



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
RESTAURANT PAKUWON SQUARE SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

Angga Bayu Christianto
NRP. 3112030012

Janita Bayu Andriani
NRP. 3112030124

Dosen Pembimbing:
Ir. Sungkono, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVENBER
SURABAYA 2015



APPLIED FINAL PROJECT - RC 145501

STRUCTURAL DESIGN OF PAKUWON *SQUARE* RESTAURANT SURABAYA BUILDING WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME METHOD

Angga Bayu Christianto
NRP. 3112030012

Janita Bayu Andriani
NRP. 3112030124

Counsellor Lecturer:
Ir. Sungkono, CES
NIP. 19591130 198601 1 001

DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
RESTAURANT PAKUWON SQUARE SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

TUGAS AKHIR TERAPAN


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada


Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MAHASISWA 1

MAHASISWA 2


Angga Bayu Christianto
NRP. 3112. 030. 012


Janita Bayu Andriani
NRP. 3112. 030. 124

Disetujui oleh,
DOSEN PEMBIMBING:


Ir. Sungkono, CES


NIP. 19591130 198601 1 001

15
06 JUL 2015

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
RESTAURANT PAKUWON SQUARE SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada
Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MAHASISWA 1

MAHASISWA 2


Angga Bayu Christianto
NRP. 3112. 030. 012


Janita Bayu Andriani
NRP. 3112. 030. 124

Disetujui oleh,
DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono, CES



15
06 JUL 2015

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK SIPIL
NIP. 19591130 198601 1 001

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
RESTAURANT PAKUWON SQUARE SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

Nama Mahasiswa 1 : Angga Bayu Christianto
Nrp : 3112.030.012
Nama Mahasiswa 2 : Janita Bayu Andriani
Nrp : 3112.030.124
Jurusan : Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CES

ABSTRAK

Proyek akhir ini menggunakan Gedung Restaurant Pakuwon Square Surabaya di Pakuwon Indah, Surabaya. Berdasarkan zona kegempaan, *Restaurant Pakuwon Square* Surabaya akan direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dengan periode ulang 500 tahun.

Peraturan yang digunakan adalah standar desain yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013, PPIUG 1983, PPIUG 1987, PBBI 1971, dan Peta *Hazard*. Beban gempa dihitung dengan statik ekuivalen dan analisa struktur program SAP 2000. Sedangkan perhitungan lainnya mengacu pada peraturan yang berlaku di Indonesia.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, diperoleh hasil dimensi struktur dan penulangan beton bertulang yang terdiri dari struktur Pelat, Tangga, Balok bordes, Balok, Kolom dan Sloof. Untuk struktur bawah dari bahan beton bertulang menggunakan pondasi borpile. Hasil perhitungan ini adalah bangunan mampu menahan gaya gempa yang terjadi

Kata kunci : Peta *Hazard*, SRPMM, Statik Ekuivalen

STRUCTURAL DESIGN OF PAKUWON SQUARE RESTAURANT SURABAYA BUILDING WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME METHODE

Student Name 1 : Angga Bayu Christianto
Nrp : 3112.030.012
Student Name 2 : Janita Bayu Andriani
Nrp : 3112.030.124
Jurusan : Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS
Counsellor Lecturer : Ir. Sungkono,CES

ABSTRACT

This final project is using pakuwon square restaurant Surabaya building is located at pakuwon indah, Surabaya. Based on seismic zone, pakuwon square restaurant Surabaya will be planned with intermediate moment resisting frame method with return period of 500 years.

The regulations is using applicable design standards in Indonesia, like SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013, PPIUG 1983, PPIUG 1987, PBI 1971, and the hazard map. Earthquake load is calculated with equivalent static and structure SAP 2000 program. Other calculations refer to the regulations in Indonesia

From analysis and calculation which have been done, it has gained some result and reinforcement of reinforced concrete is consisting of structure plates, stairs, beams, columns, and tie beam. Meanwhile, the under ground from reinforced concrete is using bored pile. The result of this calculation is that the building is able to withstand the force of the earthquake

Keywords : The Hazard map, SRPMM, Equivalent static

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah, hidayah dan rahmat-Nya, sehingga terselesaikan proyek Akhir dengan judul “Perencanaan Struktur Gedung *Restaurant Pakuwon Square* Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”.

Tersusunnya Proposal Tugas Akhir ini tidak lepas dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada :

1. Kedua Orang tua dan saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materiil, serta doanya.
2. Bapak Ir. M. Sigit Darmawan, Msc, PhD., selaku koordinator Program Studi Diploma Teknik Sipil
3. Bapak Ir. Soengkono, CES., Selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir.
4. Teman-teman terdekat kami yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan proyek akhir ini

Menyadari bahwa dalam penyusunan proyek Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu diharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proyek Akhir ini.

Akhir kata, semoga apa yang tersajikan dalam laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis, dan semua pihak.

Surabaya, Juni 2015

Penulis



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
BAB II	5
DASAR TEORI	5
2.1 Pembebanan.....	5
2.1.1 Beban Mati.....	6
2.1.2 Beban Hidup.....	6
2.1.3 Beban Angin.....	6
2.1.4 Beban Gempa.....	6
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	7
2.2.1 Ketentuan Sistem Rangka Pemikul Momen.....	8
2.3 Komponen Struktur Gedung.....	9

2.3.1 Struktur Primer	9
2.3.2 Struktur Sekunder	11
2.3.3 Struktur Pondasi	12
BAB III	13
METODOLOGI	13
3.1 Pengumpulan Data	13
3.2 Perencanaan Dimensi Struktur	14
3.2.1 Struktur Primer	15
3.2.2 Struktur Sekunder	17
3.2.3 Struktur Pondasi	23
3.3 Analisa Pembebanan	24
3.4 Pemodelan Struktur	32
3.5 Analisa Gaya Dalam	33
3.6 Perhitungan Penulangan Struktur	13
3.6.1 Penulangan Struktur Sekunder	39
3.6.2 Penulangan Struktur Primer	43
3.6.3 Penulangan Struktur Pondasi	60
3.7 Gambar Perencanaan	67
3.8 Flow Chart	69
3.8.1 Langkah Perencanaan Struktur	69
3.8.2 Langkah Komponen Struktur Primer	70
3.8.3 Langkah Komponen Struktur Sekunder	73
3.8.4 langkah Komponen Struktur Pondasi	74

BAB IV	75
ANALISIS DAN PERENCANAAN	75
4.1 Gambar Perencanaan	67
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok	75
4.1.2 Perencanaan Dimensi Sloof	84
4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom	93
4.1.4 Perencanaan Tebal Pelat	100
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga	108
4.2 Perencanaan Pembebanan	111
4.2.1 Pembebananp Pelat	111
4.2.2 Pembebanan Tangga	111
4.2.3 Pembebanan Dinding	112
4.2.4 Perhitungan Beban Angin.....	113
4.2.5 Perhitungan Beban Gempa	113
4.3 Perhitungan Beton Bertulang	122
4.3.1 Penulangan Pelat.....	122
4.3.2 Penulangan Tangga.....	138
4.3.3 Pernulangan Balok Bordes.....	151
4.3.4 Pernulangan Balok.....	183
4.3.5 Pernulangan Kolom.....	219
4.3.6 Pernulangan Sloof.....	251
4.3.7 Perhitungan Struktur Bawah	268
BAB V	295
PENUTUP	295

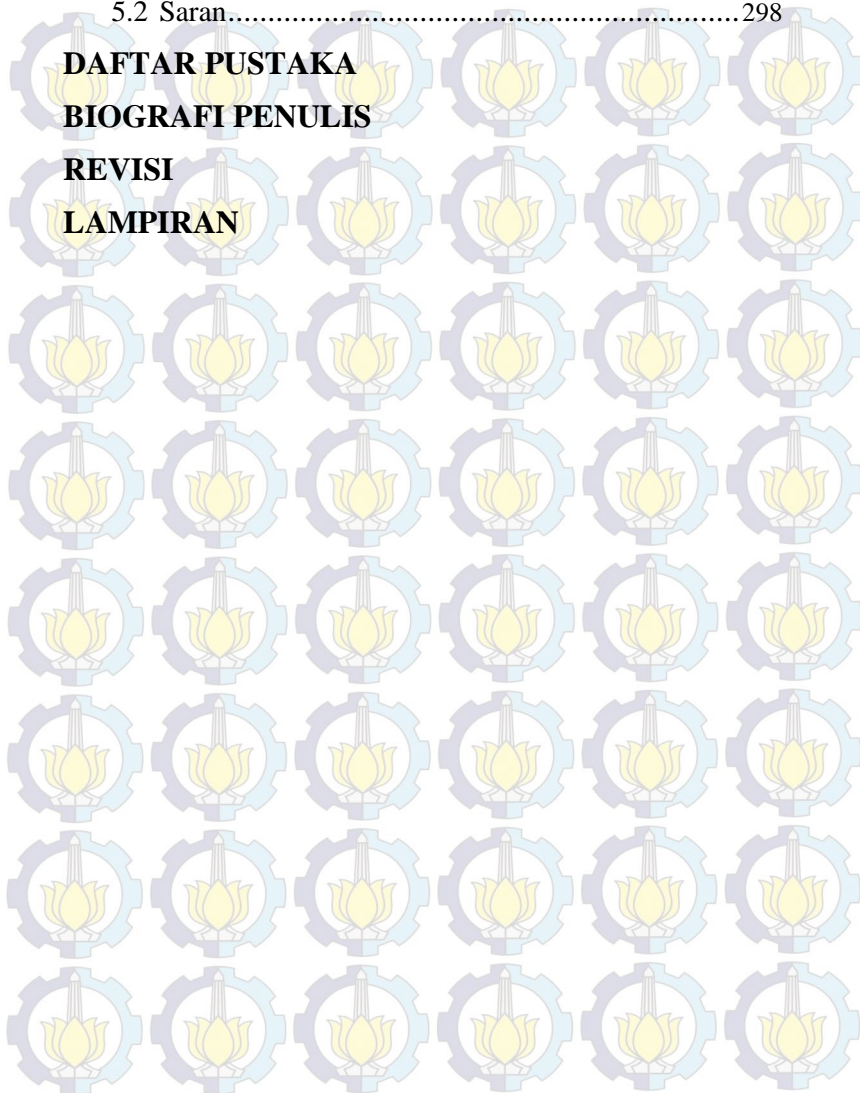
5.1 Kesimpulan295

5.2 Saran.....298

DAFTAR PUSTAKA
BIOGRAFI PENULIS

REVISI

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan	15
Tabel 3.2 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan	18
Tabel 3.3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior ^a	20
Tabel 3.4 Klasifikasi Situs.....	25
Tabel 3.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	27
Tabel 3.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	27
Tabel 3.7 Koefisien Situs, F_a	28
Tabel 3.8 Koefisien Situs, F_v	28
Tabel 3.9 Kategori Risiko	30
Tabel 3.10 Faktor Keutamaan Gempa.....	30
Tabel 3.11 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	31
Tabel 3.12 Rumus Penulangan Pelat.....	39
Tabel 3.13 Rasio tulangan susut dan suhu.....	40
Tabel 3.14 Perhitungan Penulangan Balok dan Sloof	43
Tabel 3.15 Perhitungan Geser	46
Tabel 3.16 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir.....	50
Tabel 3.17 Perhitungan Kontrol Kelangsingan Kolom	55
Tabel 3.18 Perhitungan pembesaran momen Pada kolom.....	55
Tabel 4.1 Tahanan Penetrasi Tanah.....	114
Tabel 4.2 Spektrum Respon Desain	116



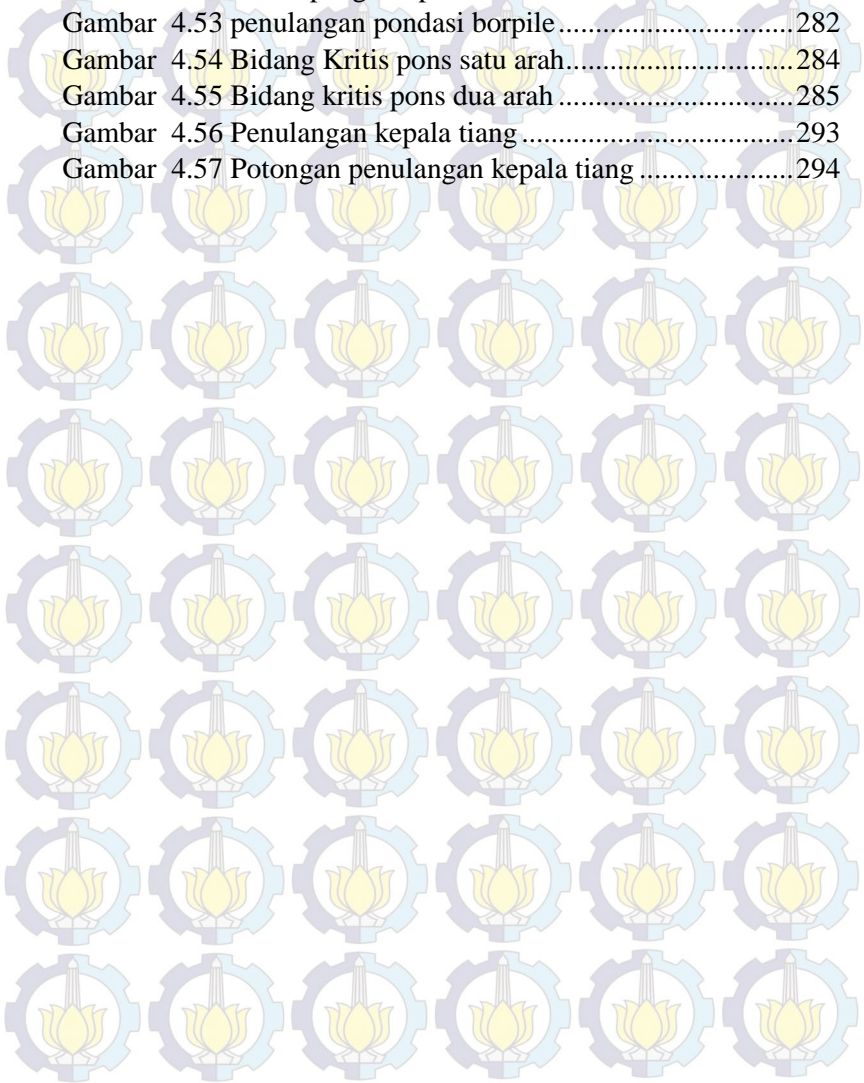
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM.....	9
Gambar 3.1 Pemodelan Struktur Tangga 3D	33
Gambar 3.2 Perletakan Pada Struktur Tangga	33
Gambar 3.3 Kerangka Pemodelan Struktur 3D.....	33
Gambar 3.4 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)	36
Gambar 3.5 Gaya lintang rencana pada kolom untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)	37
Gambar 3.6 Pemodelan Struktur Tangga	42
Gambar 3.7 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM...	46
Gambar 3.8 Gaya Lintang rencana pada kolom untuk SRPMM	59
Gambar 3. 9 Bidang kritis akibat geser 1 arah	66
Gambar 3.10 Bidang kritis akibat geser 2 arah	67
Gambar 4.1 Denah Arsitektur Lantai 2	76
Gambar 4.2 Dimensi penampang balok induk B2.....	77
Gambar 4.3 Denah Arsitektur Lantai 2	78
Gambar 4 Dimensi penampang balok induk B3.....	79
Gambar 4.5 Denah Arsitektur Lantai 2	80
Gambar 4.6 Dimensi penampang balok anak BA2	81
Gambar 4.7 Denah Arsitektur Lantai 2	82
Gambar 4.8 Dimensi penampang balok anak BA3	83
Gambar 4.9 Denah Arsitektur Lantai 1	85
Gambar 4.10 Dimensi penampang sloof induk S2	86
Gambar 4.11 Denah Arsitektur Lantai 1	87
Gambar 4.12 Dimensi penampang sloof induk S3	88
Gambar 4.13 Denah Arsitektur Lantai 1	89
Gambar 4.14 Dimensi penampang sloof anak SA2.....	90
Gambar 4.15 Denah Arsitektur Lantai 1	91
Gambar 4.16 Dimensi penampang sloof anak SA3.....	92
Gambar 4.17 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4	93
Gambar 4.18 Dimensi Penampang Kolom 55/55.....	95

Gambar 4.19 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4	96
Gambar 4.20 Dimensi Penampang Kolom 50/50	97
Gambar 4.21 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4	98
Gambar 4.22 Dimensi Penampang Kolom 45/45	99
Gambar 4.23 Denah Struktur Balok Lantai 2	100
Gambar 4.24 Pemodelan struktur tangga	108
Gambar 4.25 Denah Arsitektur Lantai 1-4	113
Gambar 4.26 Denah Pelat lantai 2-4 Tipe A	123
Gambar 4.27 Koefisien Momen pada pelat	123
Gambar 4.28 Potongan pelat lantai	124
Gambar 4.29 Penulangan Pelat Lantai tipe A	137
Gambar 4.30 Pemodelan 3D tangga pada SAP 2000	139
Gambar 4.31 Potongan pelat tangga	139
Gambar 4.32 Penulangan plat bordes dan tangga	150
Gambar 4.33 Balok bordes yang ditinjau	152
Gambar 4.34 Diagram tegangan regangan penampang balok ..	153
Gambar 4.35 Penulangan Balok bordes 40/55	182
Gambar 4.36 Letak balok yang ditinjau	184
Gambar 4.37 Diagram tegangan regangan penampang balok ..	186
Gambar 4.38 penulangan balok induk 40/70	218
Gambar 4.39 Letak kolom yang ditinjau	219
Gambar 4.40 Grafik aligment	225
Gambar 4.41 Grafik aligment	235
Gambar 4.42 Penampang kolom 55 x 55	242
Gambar 4.43 penampang tulangan kolom 55/55	249
Gambar 4.44 Penulangan kolom 55/55	250
Gambar 4.45 Letak sloof yang ditinjau	252
Gambar 4.46 pembebanan pada sloof	252
Gambar 4.47 Grafik akibat momen pada program pcaColoumn	256
Gambar 4.48 Analisa dari cek pcaColoumn sloof	257
Gambar 4.49 penulangan sloof 40/65	267
Gambar 4.50 Penampang Poer Tipe PC1	271

Gambar 4.51 penampang poer.....	273
Gambar 4.52 Penampang Borpile	280
Gambar 4.53 penulangan pondasi borpile.....	282
Gambar 4.54 Bidang Kritis pons satu arah.....	284
Gambar 4.55 Bidang kritis pons dua arah	285
Gambar 4.56 Penulangan kepala tiang.....	293
Gambar 4.57 Potongan penulangan kepala tiang	294





DAFTAR NOTASI

A_g	= luas bruto penampang beton, mm^2
A_p	= luas permukaan ujung tiang, mm^2
A_s	= luas tulangan tarik longitudinal non-prategang, mm^2
A_{sc}	= luas tulangan tarik utama dalam korbel atau brakit (<i>bracket</i>), mm^2
A_{sel}	= luas selimut tiang, mm^2
A_{st}	= luas total tulangan longitudinal non-prategang, mm^2
A_s'	= luas tulangan tekan, mm^2
A_t	= luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan torsi dalam spasi s , mm^2
$A_{v_{min}}$	= luas minimum tulangan geser dalam spasi s , mm^2
b	= lebar muka tekan komponen struktur, mm
b_o	= keliling penampang kritis untuk geser pada <i>slab</i> dan fondasi tapak (<i>footings</i>), mm
b_w	= lebar badan (<i>web</i>) suatu komponen struktur, mm
C_m	= faktor yang menghubungkan diagram momen aktual ke diagram momen seragam ekuivalen
C_s	= koefisien respons gempa
d	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal, mm
db	= diameter nominal batang tulangan, mm
d_i	= tebal suatu lapisan tanah di dalam lapisan 30m paling atas
d'	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tekan longitudinal, mm
d''	= <i>cover</i> atau selimut beton, mm
E_c	= modulus elastisitas beton, Mpa
EI	= kekakuan lentur komponen struktur tekan, Nmm^2
F_a	= koefisien situs untuk periode pendek (0,2 detik)

f_c'	= kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa
f_s'	= tegangan dalam tulangan tekan yang terkena beban terfaktor, Mpa
F_v	= koefisien situs untuk periode panjang (1 detik)
F_i, F_x	= bagian dari gaya geser, V , pada tingkat i atau x
f_y	= kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, Mpa
f_{yt}	= kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan, Mpa
h	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm
h_i, h_x	= tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x
h_n	= tinggi bersih dari suatu kolom, mm
H_p	= tebal <i>slab</i> atau pelat, mm
h_x	= spasi horisontal kait silang atau kaki sengkang tertutup (<i>hoop</i>) pusat ke pusat maksimum pada semua muka kolom, mm
I	= momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm ⁴
I_e	= faktor keutamaan gempa
I_g	= momen inersia penampang beton bruto terhadap sumbu pusat yang mengabaikan tulangan, mm ⁴
I_{se}	= momen inersia tulangan terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur, mm ⁴
k	= faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
l	= panjang bentang suatu komponen struktur dari as ke as, mm
l_c	= panjang kolom dari as ke as, mm
l_n	= panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok, mm
l_o	= panjang, yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur, dimana tulangan transversal khusus harus disediakan, mm

l_u	= panjang tak tertumpu komponen struktur tekan, mm
L_x	= panjang bentang <i>slab</i> terpendek, mm
L_y	= panjang bentang <i>slab</i> terpanjang, mm
M_n	= kekuatan lentur nominal pada penampang, Nmm
M_{nb}	= kekuatan lentur nominal pada ujung bawah suatu kolom, Nmm
M_{nc}	= kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam <i>joint</i> , yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur yang terendah, Nmm
M_{nl}	= kekuatan lentur nominal pada ujung kiri suatu balok, Nmm
M_{nr}	= kekuatan lentur nominal pada ujung kanan suatu balok, Nmm
M_{nt}	= kekuatan lentur nominal pada ujung atas suatu kolom, Nmm
M_u	= momen terfaktor pada penampang, Nmm
M_x	= momen terfaktor arah sumbu x pada penampang, Nmm
M_y	= momen terfaktor arah sumbu y pada penampang, Nmm
M_1	= momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen struktur tekan, Nmm
M_{1ns}	= momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm
M_{1s}	= momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm

M_2 = momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen struktur tekan, Nmm

M_{2ns} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm

M_{2s} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm

N = nilai SPT pada ujung tiang

N_{av} = rata-rata nilai SPT sepanjang tiang

n_i = tahanan penetrasi standar pada ketebalan d_i dalam lapisan 30m paling atas

N_u = gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang yang terjadi serentak dengan V_u atau T_u , diambil positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N

\bar{N} = tahanan penetrasi standar rata-rata dalam lapisan 30m paling atas

P_c = beban tekuk kritis, N

P_h = keliling garis pusat tulangan torsi transversal tertutup terluar, mm

P_u = gaya aksial terfaktor, diambil positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N

Q = indeks stabilitas untuk suatu tingkat

q = beban aksial terfaktor, diambil positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N

Q_p = daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung selimut tiang

Qu	= beban ultimate (ton)
R	= koefisien modifikasi respons
r	= radius girasi penampang komponen struktur tekan, mm
S	= spasi pusat ke pusat suatu tulangan, baik tulangan longitudinal maupun transversal, mm
SDS	= parameter percepatan respons spektral pada periode pendek (0,2detik)
SD1	= parameter percepatan respons spektral pada periode panjang (0,2detik)
SF	= <i>safety factor</i>
S _{MS}	= parameter percepatan respons spectral MCE pada periode pendek (0,2detik) yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S _{M1}	= parameter percepatan respons spectral MCE pada periode panjang (1detik) yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S ₀	= spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang <i>l_o</i>
T _n	= kekuatan momen torsi nominal, Nmm
T ₀	= $0,2 \times \frac{SD1}{SDS}$
T _s	= $\frac{SD1}{SDS}$
T _u	= momen torsi terfaktor pada penampang, Nmm
V	= geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau
V _c	= kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton, N
V _n	= kekuatan geser nominal, N
V _{smin}	= kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser minimum, N
V _u	= gaya geser terfaktor pada penampang, N
V _{ul}	= gaya geser terfaktor pada ujung kiri penampang, N

V_{ur}	= gaya geser terfaktor pada ujung kanan penampang, N
V_{us}	= geser horisontal terfaktor pada suatu tingkat, N
W	= berat struktur total suatu bangunan, kg
W_i, W_x	= berat struktur pada tingkat i atau x suatu bangunan, kg
x	= jarak dari pusat komponen ke sumbu y
y	= jarak dari pusat komponen ke sumbu x
α_f	= rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.
α_m	= nilai rata-rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel
B	= rasio bentang berih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat
β_{dns}	= rasio yang digunakan untuk memperhitungkan reduksi kekakuan kolom akibat beban aksial tetap
δ	= faktor pembesaran momen
Δ_0	= defleksi lateral relatif antara bagian atas dan bawah suatu tingkat akibat dari gaya lateral yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama
λ	= faktor modifikasi
ρ	= rasio A_s terhadap $b.d$
ρ_b	= rasio A_s terhadap $b.d$ yang menghasilkan kondisi regangan seimbang
ϕ	= faktor reduksi kekuatan
η	= efisiensi tiang pancang
$\sum x$	= total masing-masing jarak dari pusat komponen ke sumbu y
$\sum y$	= total masing-masing jarak dari pusat komponen ke sumbu x

BIOGRAFI PENULIS



ANGGA BAYU CHRISTIANTO

Penulis dilahirkan di Surabaya 12 Juli 1994. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kurniawati Surabaya, SD Negeri 57 Surabaya, SMP Negeri 38 Surabaya, SMA Negeri 7 Surabaya. Penulis mengikuti Tes Masuk Program Diploma III Teknik yang diselenggarakan oleh ITS Surabaya dan diterima di jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112.030.012. di Jurusan Diploma III Teknik Sipil penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung.

BIOGRAFI PENULIS

JANITA BAYU ANDRIANI



Penulis dilahirkan di Lamongan 05 Juni 1994. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK YPPI 1945, SDN BABAT VII, SMP Negeri 1 Babat, SMA Negeri 1 Bojonegoro. Setelah lulus SMA Negeri 1 Bojonegoro pada tahun 2012, Penulis terdaftar menjadi mahasiswa jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS dengan NRP 3112.030.124 tahun 2012. Penulis pernah aktif dalam organisasi di Jurusan sebagai Anggota Departemen HUBLU Himpunan Mahasiswa Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS periode 2013-2014, dan aktif dalam berbagai kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan gedung bertingkat perlu memperhatikan beberapa kriteria yaitu: kriteria kekuatan, kekakuan, serta ekonomis. Dalam merencanakan bangunan bertingkat rendah atau tinggi dari segi struktur memerlukan pertimbangan yang matang, terutama gedung tersebut dirancang terhadap semua beban khususnya beban gempa

Berdasarkan resiko kegempaan salah satu metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dapat digunakan untuk merencanakan struktur tahan gempa. Sesuai dengan pembagian zona gempa sistem ini terdiri dari Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) yang besar gaya gempa didasarkan atas percepatan batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana

Perencanaan gedung *Restaurant Pakuwon Square* Surabaya yang terletak di Pakuwon Indah akan direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan periode ulang 500 tahun dan asumsi umur bangunan adalah 50 tahun. Yang berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012

Bangunan *Restaurant Pakuwon Square* Surabaya. yang asal mula terdiri dari 1 lantai basement, 4 lantai utama. dan pada konstruksi atap menggunakan atap rangka baja. Namun pada perencanaan proyek akhir ini, struktur

atas menggunakan dek beton sedangkan lantai basement digunakan sebagai lantai 1 serta lantai 4 mezanin Gedung tersebut akan di hilangkan. Akan tetapi fungsi dari gedung ini tetap direncanakan sebagai gedung *Restaurant*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan dimensi struktur bangunan gedung (pre-liminary desain).
2. Bagaimana cara membebani bangunan dengan adanya beban-beban yang bekerja pada struktur gedung dengan ketahanan gempa 500 tahun
3. Bagaimana menganalisis gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur gedung tersebut.
4. Bagaimana merencanakan Tulangan dari struktur gedung dengan menggunakan SRPMM
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan dalam bentuk gambar teknik.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan proyek ini adalah :

1. Menentukan dimensi struktur beton gedung,
2. Beban-beban yang bekerja pada struktur gedung,
3. Menganalisa gaya-gaya dalam struktur gedung yang digunakan untuk menghitung kekuatan struktur bangunan dalam merespon beban gempa yang dialami.
4. Tulangan yang digunakan dalam struktur gedung
5. Menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan dalam bentuk gambar teknik (*shop drawing*)

1.4 Manfaat

Manfaat dari proyek akhir ini antara lain :

1. Memberikan referensi tentang perhitungan struktur gedung dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
2. Mendapatkan desain struktur bangunan gedung yang mampu menahan gempa, khususnya dengan periode ulang 500 tahun dan asumsi umur bangunan 50 tahun.



BAB II

DASAR TEORI

Dasar Teori berikut ini akan menjelaskan secara garis besar mengenai teori yang digunakan agar perencanaan struktur gedung dapat memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan yang dibutuhkan sebuah gedung.

Berikut merupakan kutipan dari peraturan-peraturan yang tercantum dalam (SNI 03-2847-2002) Tata Cara Perencanaan ketahanan gempa untuk Struktur Beton Bangunan Gedung dan non Gedung, (SNI 2847:2013) persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung; (SNI 1726:2012) Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung; Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) tahun 1971; Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPUIG1983) dan (PPUIG 1987);

Buku penunjang Sebagai refresensi dalam Perencanaan Gedung restaurant ini adalah Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 1 (Chu-Kia Wang Dan Wang G. Salmon), Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang DAN Wang G. Salmon), Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa (Iswandi Imran Dan Hendrik Fajar) serta Dasar – dasar perencanaan beton bertulang Ir.W.S.Vis dan Ir.Gideon H.Kusuma M.Eng yang merupakan acuan dasar dalam pengerjaan proyek ini.

2.1 Pembebanan

Pada suatu struktur gedung mempunyai beban-beban yang dipikul oleh bangunan dan beban yang bekerja sangat tergantung dari jenis struktur. Dalam penentuan beban yang terjadi pada bangunan, menurut ketentuan dibedakan sebagai berikut :

2.1.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut yang sesuai dengan PPUIG 1983 pasal 1.0.1

2.1.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat di ganti selama masa hidup gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut sesuai dengan PPUIG 1983 pasal 1.0.2

2.1.3 Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara yang sesuai dengan PPUIG 1983 pasal 1.0.3

2.1.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa it yang dijelaskan oleh PPUIG 1983 pasal 1.0.4 dan Dalam

perencanaan beban gempa pada gedung *Restaurant Pakuwon Square* dihitung dengan menggunakan statik ekuivalen. Dengan mengacu pada kombinasi pembebanan SNI 1726:2012 serta buku Peta Hazard Gempa 2010.

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah suatu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah ditetapkan dalam Standart Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan gedung, bahwa sistem rangka pemikul momen dibagi dalam 3 (Tiga) kelas yaitu

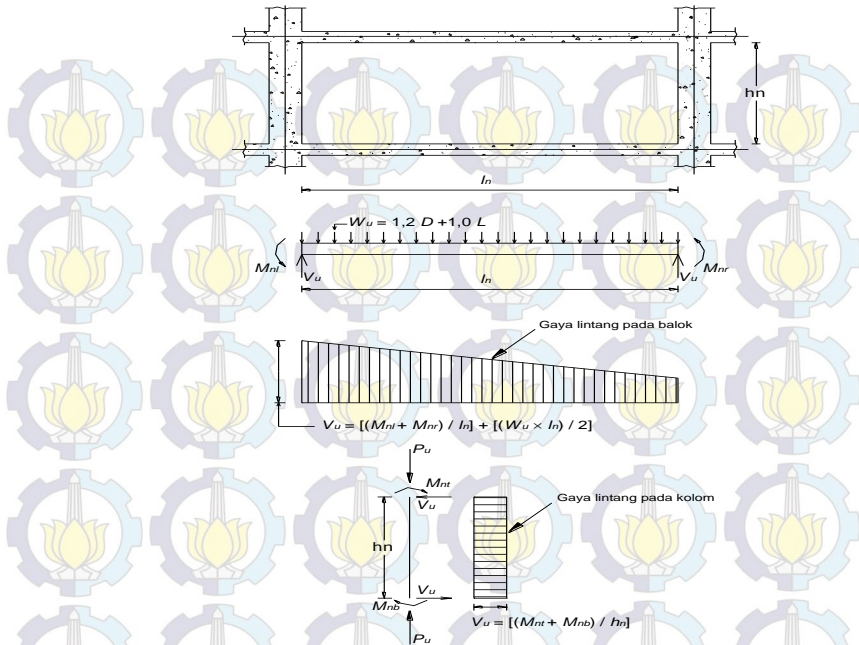
- a) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
- b) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
- c) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Pada perencanaan bangunan gedung *Restaurant Pakuwon Square* ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah di mana semua rangka struktur bangunan memikul beban gravitasi dan beban lateral yang diakibatkan oleh beban gempa sedang.

2.2.1 Kententuan Sistem Rangka Pemikul Momen

Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan sistem rangka pemikul momen menengah menurut SNI-03-2847-2002 :

- 1) Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $(A_g f_c' / 10)$. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi $(A_g f_c' / 10)$, maka pasal 23.10(5) harus dipenuhi.. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka detail penulangannya harus memenuhi pasal 23.10(6).
- 2) Kuat geser rencana balok, kolom dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada:
 - a. Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor (lihat Gambar 47), atau
 - b. Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa, E , dimana nilai E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.



Gambar 2.1 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM

2.3 Komponen Struktur Gedung

2.3.1 Struktur Primer

Komponen Struktur Primer dalam gedung Restaurant Pakuwon Square ini meliputi Balok, Sloof, dan Kolom. Berikut uraiannya berdasarkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

a. Balok

- Perencanaan dimensi balok sesuai dengan SNI 2847:2013 pada tabel 9.5(a).
- Pelindung beton untuk tulangan sesuai dengan SNI 2847:2013 pada pasal 7.7.1
- Persyaratan Spasi Tulangan Sesuai dengan SNI 2847:2013 pada pasal 7.6
- Perencanaan Kuat Lentur Dan Kuat Geser Berdasarkan SNI 03-2847-2013

b. Sloof

Komponen Struktur ini prinsipnya sama seperti Balok dengan Mencarai nilai moment ultimate kanan dan kiri beserta gaya tarik (N_u) dari 10% gaya aksial pada kolom kanan atau kiri.

c. Kolom

- Perencanaan dimensi kolom sesuai dengan SNI 03-2847-2002
- Luas tulangan longitudinal untuk komponen tekan sesuai SNI 2847:2013 Pasal 10.9.1
- Kuat geser pada kolom yang menahan pengaruh gempa harus memenuhi persyaratan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.3.2
- Persyaratan Panjang L_o sesuai SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1
- Pu terfaktor akibat pengaruh gempa $> A_g \cdot f_c' / 10$
- Sambungan pada kolom berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.16 dan 12.17
- Kelangsingan Pada Kolom

2.3.2 Struktur Sekunder

Komponen Struktur Primer dalam gedung Restaurant Pakuwon Square ini meliputi Pelat Lantai, Atap serta pelat tangga. Berikut uraiannya berdasarkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

a. Pelat lantai/ Atap

- Pada Perencanaan Pelat terdiri menjadi 2 macam yaitu perencanaan Pelat satu arah dan dua arah
- Perencanaan Pelat Satu arah diatur pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.2, ketebalan minimum pelat ini sesuai SNI 2847-2013 Tabel 9.5 (a) dan lendutan digunakan metode lendutan elastis pasal 9.5.2.2 SNI 2847-2013.
- Perencanaan Pelat Dua Arah diatur pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3 dan Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sesuai SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3
- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Diatur dalam SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2
- Kontrol Perlu Tulangan Susut Dan Suhu diatur dalam SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.1.a sampai pasal 7.12.2.1.c
- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Susut Dan Suhu sesuai SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.2
- Kontrol Retak sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6.4

b. Pelat Tangga

- Perencanaan Dimensi Pada Tangga
- Pembebanan sesuai PPIUG 1987
- Penulangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perencanaan plat

2.3.3 Struktur Pondasi

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi borpile. Data tanah yang digunakan adalah data spt. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pondasi dalam adalah sebagai berikut:

- Perhitungan Daya Dukung Tanah

$$C_n = \frac{C_{n1} + C_{n2}}{2}$$

$$Q_u = Q_p + Q_s \\ = 40 \cdot N \cdot A_p + (N_{av} \cdot A_s) / 5$$

- Kekuatan tanah

$$P_{t\text{ijin}} = \frac{A_{\text{tiang}} + C_n}{SF1} + \frac{K_{\text{ell.tiang}} \times JHP}{SF2}$$

$$\text{Dimana: SF-1 Conus} = 2-3$$

$$\text{SF-2 cleef} = 5$$

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{Q_u}{SF}$$

- Perencanaan borpile Dan Poer
- Panjang Penyaluran Tulangan Kolom Ke Pile cap
- Kontrol Geser Pons

BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah dalam Perencanaan Struktur Bangunan *Restaurant Pakuwon Square* Surabaya menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah

3.1 Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dalam Perencanaan Struktur Gedung *Restaurant Pakuwon Square* adalah :

1. Data Gambar

Pengumpulan gambar rencana meliputi Gambar Struktur dan Arsitek yang berguna untuk menentukan dimensi komponen struktur gedung

2. Data Perencanaan

a. Data Umum Bangunan

- Nama Gedung : *Restaurant Pakuwon Square*
- Lokasi : Pakuwon indah
- Luas Bangunan : 392 m²
- Tinggi Bangunan : 18,1 m

b. Data Bahan

- Mutu Beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 320 Mpa
- Mutu Baja (f_{ys}) : 240 Mpa

3. Data Tanah (*Terlampir*)

Didapat dari laboratorium uji tanah kampus Diploma Teknik Sipil ITS Manyar Surabaya. Data tanah berupa data SPT (*Standart Penetration Test*) yang nantinya akan digunakan untuk merencanakan struktur pondasi dan tiang pancang.

4. Peraturan-Peraturan

Peraturan yang dipakai adalah SNI 2847:2013 untuk persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 03-2837-2002 Untuk Peraturan Struktur Beton, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987, Peta Hazard 2010, dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)

5. Buku Penunjang

Buku penunjang Sebagai referensi dalam Perencanaan Gedung restaurant ini adalah Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 1 (Chu-Kia Wang Dan Wang G. Salmon), Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang DAN Wang G. Salmon), Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa (Iswandi Imran Dan Hendrik Fajar) serta Dasar – dasar perencanaan beton bertulang Ir.W.S.Vis dan Ir.Gideon H.Kusuma M.Eng.

3.2 Perencanaan Dimensi Struktur

Preliminary desain merupakan suatu tahap awal untuk memperkirakan dimensi berdasarkan gambar arsitektural dan struktural dari gedung tersebut agar memperoleh dimensi yang kuat dan efisien. Berikut Komponen struktur bangunan, antara lain :

1. Struktur Primer

Adalah komponen struktur utama bangunan yang terdiri balok, sloof, dan kolom

2. Struktur Sekunder

Adalah komponen struktur bangunan yang terdiri dari pelat lantai, atap, dan tangga

3. Struktur Pondasi

3.2.1 Struktur Primer

a) Menentukan dimensi balok

Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan acuan SNI 2847:2013 pada Tabel 9.5

(a) sebagai berikut :

Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	Dua Tumpuan Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat Masif Satu Arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok Atau Pelat Rusuk Satu Arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

CATATAN :

Panjang bentang dalam mm

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), W_c diantara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $[1,65 - 0,0003.w_c]$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Untuk nilai dimensi (h) pada balok dapat ditentukan sebagai berikut :

1. Dimensi h pada balok induk

$$H \geq \frac{1}{16} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika f_y selain 420 Mpa

2. Dimensi h pada balok anak

$$H \geq \frac{1}{21} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika f_y selain 420 Mpa

3. Dimensi h pada balok kantilever

$$H \geq \frac{1}{8} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika f_y selain 420 Mpa

Sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai 2/3 dari tinggi balok yang telah didapat.

b) Menentukan dimensi sloof

Perhitungan dimensi pada sloof sama dengan perhitungan dimensi pada balok

c) Menentukan dimensi kolom

Untuk menentukan dimensi kolom, dapat menggunakan acuan *SNI 03-2847-2002 pada Tabel 8* sebagai berikut :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \leq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Dimana: I_{kolom} = inersia kolom ($1/12 \times b \times h^3$)
 L_{kolom} = tinggi bersih kolom
 I_{balok} = inersia balok ($1/12 \times b \times h^3$)
 L_{balok} = tinggi bersih balok

$$b_k \text{ dan } d_k \geq 250 \text{ mm}$$

$$\frac{h_k}{b_k \text{ atau } d_k} \geq 25$$

3.2.2 Struktur Sekunder

a) Menentukan Tebal Pelat Lantai dan Atap

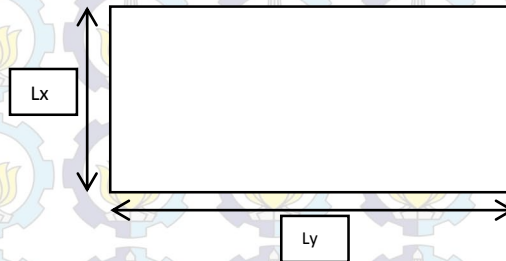
Langkah-langkah dalam perencanaan dimensi ketebalan pelat lantai dan atap adalah sebagai berikut :

1. Menentukan posisi pelat yang akan ditinjau
2. Mengetahui data – data perencanaan
3. Perhitungan perencanaan tebal pelat lantai

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

Untuk Menghitung Tebal Pelat adapun caranya sebagai berikut :

➤ **Pelat satu arah**



- Apabila, $\frac{Ly}{Lx} > 2$, maka termasuk ke dalam pelat satu arah maka tebal minimum untuk pelat satu arah telah diatur pada table berikut sesuai SNI 2847-2013 pada table 9.5.2

Tabel 3.2 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	Dua Tumpuan Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			

Pelat Masif Satu Arah	l/20	l/24	l/28	l/10
Balok Atau Pelat Rusuk Satu Arah	l/16	l/18,5	l/21	l/8

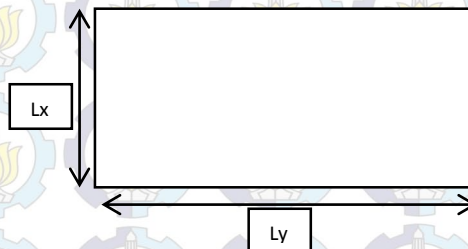
CATATAN :

Panjang bentang dalam mm

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- c) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c diantara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $[1,65 - 0,0003 \cdot w_c]$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- d) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

➤ **Pelat dua arah**



1. Apabila $\frac{L_y}{L_x} < 2$, maka termasuk pelat dua arah
Tebal minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut sesuai berikut:
 - a. Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal minimum pelat tanpa

balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua, dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

1. Pelat tanpa penebalan > 125 mm
2. Pelat dengan penebalan > 100 mm

Tabel 3.3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior^a

Tegangan Leleh F_y Mpa ^b	Tanpa Penebalan ^c			Dengan Penebalan ^c		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^d		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^d	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$
i. Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain. ii. Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier. iii. Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5 iv. Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8						

- b. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tidak lebih dari 2h, ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan berikut

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- c. Untuk α_m lebih besar dari 2h, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut sesuai SNI 2847-2013.

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$\alpha =$ Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} > 1,0$$

Apabila $E_{cb} = E_{cs}$; maka $\alpha = \frac{I_b}{I_s}$

2. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_1 tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 9.12 dan 9.13 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus sesuai SNI 2847-2013.

b) Menentukan dimensi tangga

Tangga merupakan bagian dari elemen konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai satu dengan lantai yang lain. Tangga merupakan elemen penting yang harus ada pada bangunan bertingkat, baik sebagai tangga utama maupun tangga darurat.

Berikut akan dibahas perencanaan dimensi tangga sesuai ketentuan perhitungan menggunakan metode SRPMM.

1. Data-data perencanaan
2. Perhitungan perencanaan dimensi tangga sebagai berikut :

$$0,6 < (2t + i) < 0,65 \dots(\text{meter})$$

Dimana: t = tanjakan $< 25\text{cm}$,
 i = injakan dengan $25\text{ m} < i < 40\text{ cm}$ dan
maksimal sudut tangga 40° .

- Sudut kemiringan tangga (α)

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

- Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi tangga}}{t}$$

- Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1$$

- Tebal efektif pelat anak tangga (d) dengan perbandingan luas segitiga :

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

$$\frac{1}{2}x_i \times t = \frac{1}{2}x \left(\sqrt{i^2 + t^2} \right) \times d$$

Maka Tebal Efektif Pelat Tangga = Tebal pelat tangga rencana + $\frac{1}{2}d$

3.2.3 Struktur Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari suatu struktur bangunan yang dikategorikan sebagai stuktur bangunan bawah. Pondasi berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung dibawahnya tanpa terjadi penurunan tak sama pada sistem strukturnya, juga tanpa terjadinya keruntuhan pada tanah.

Perencanaan pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi, dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi diatasnya. Dalam perencanaan suatu pondasi yang baik tidak hanya pondasi harus kuat dan aman namun harus di tinjau dari segi efisien dan memungkinkan pelaksanaannya di lapangan. Preliminari pondasi dan poer direncanakan setelah dilakukan pemodelan struktur dan analisis gaya dalam.

3.3 Analisa Pembebanan

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan (PPIUG 1983)
Analisa pembebanan adalah sebagai berikut:

- a. Beban pelat atap
 - Beban mati:
 - Berat sendiri
 - Berat lain-lain yang meliputi :
Spesi, Keramik, Instalasi Listrik, dll
 - Beban hidup:
 - Beban sesuai fungsi bangunan sesuai PPIUG 1983
- b. Beban pelat lantai
 - Beban mati:
 - Berat sendiri lantai
 - Berat lain-lain yang meliputi :
Spesi, Keramik, Instalasi Listrik, dll
 - Beban hidup:
 - Beban sesuai fungsi bangunan sesuai PPIUG 1983
- c. Beban tangga dan bordes
 - Beban mati:
 - Berat sendiri tangga dan bordes
 - Berat lain-lain yang meliputi :
Spesi, Keramik, Instalasi Listrik, dll
 - Beban hidup:
 - Beban sesuai fungsi tangga sesuai PPIUG 1983
- d. Beban gravitasi
 - Berat dinding

e. Beban gempa

Analisa beban gempa ditentukan dengan menggunakan Beban Statik Ekuivalen merupakan pembebanan gempa terhadap struktur gedung yang beraturan. Perhitungan beban gempa dihitung sesuai dengan SNI 1726-2012 dan *Peta Hazard 2010*. perhitungan gempa statik ekuivalen dijelaskan sebagai berikut :

1. Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata – rata (\bar{N}_{SPT}) sesuai SNI 1726-2012.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n_i}}$$

2. Dari nilai \bar{N}_{SPT} dapat ditentukan Kelas Situs Tanah dengan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012.

Tabel 3.4 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100

SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa <p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa 		

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

3. Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726-2012 Tabel 6

Tabel 3.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai <i>SDS</i>	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS \leq 0,50$	C	D
$0,33 \leq SDS$	D	D

Tabel 3.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai <i>SDI</i>	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDI < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDI \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq SDI \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq SDI$	D	D

4. Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan PETA HAZARD GEMPA INDONESIA 2010.

5. Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik (F_a) dan Koefisien Situs Periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012.

Tabel 3.7 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Tabel 3.8 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, S_l				
	$S_l \leq 0,25$	$S_l = 0,5$	$S_l = 0,75$	$S_l = 1,0$	$S_l \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

6. Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 0,2 detik (S_{MS}) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

7. Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

8. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 0,2 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

9. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

10. Kemudian menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan sesuai SNI 1726-2012.

$$T = C_t \times h_n^x$$

h_n = Tinggi bangunan (m)

$C_t = 0,0466$

$x = 0,9$

11. Membuat Respon Spektrum Gempa sesuai SNI 1726-2012.

- Untuk perioda lebih kecil T_0 , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar T_s , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

12. Menentukan Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa (I) struktur bangunan sesuai SNI 1726-2012

Tabel 3.9 Kategori Risiko

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan ; rumah toko dan rumah kantor/restaurant - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Tabel 3.10 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (I)
II	1,0

13. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respon (R) sesuai SNI 1726-2012.

Tabel 3.11 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon, R	Faktor Kuat-lebih sistem, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
6. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI

14. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik (V) sesuai SNI 1726-2012.

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)}$$

Sehingga,

$$V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)} \times W$$

15. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F) sesuai SNI 1726-2012.

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k}$$

Sehingga,

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \times V$$

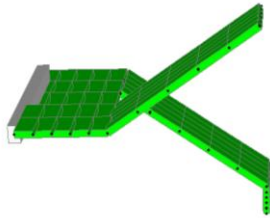
16. Input ke dalam SAP 2000 gaya geser dasar seismik per lantai

f. Beban angin

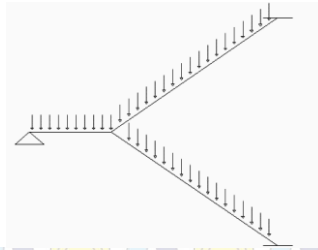
Ditentukan menurut peraturan PPIUG 1983 pada Bab 4 pasal 4.2.1 dengan tekanan tiup angin 25 kg/m²

3.4 Pemodelan Struktur

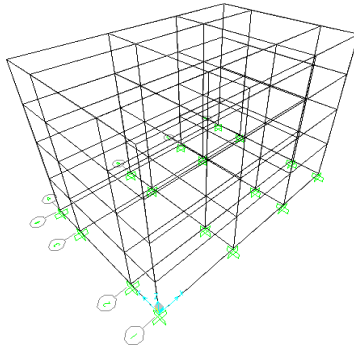
Perhitungan struktur bangunan ini menggunakan analisis sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan menggunakan program bantu komputer yaitu SAP 2000. Dimana komponen – komponen struktur dari gedung, ada yang dimodelkan seperti balok, kolom, sloof, pelat lantai, tangga, atap, dan pondasi. Pada program SAP 2000 diasumsikan menggunakan perletakan jepit pada dasar perletakan pemodelan struktur bangunan. Untuk perencanaan terhadap gempa digunakan analisa pembebanan dengan menggunakan pembebanan gempa “Statik Ekuivalen”. Kerangka Pemodelan struktur 3D gedung Restaurant Pakuwon Square seperti berikut.



Gambar 3.1 Pemodelan Struktur Tangga 3D



Gambar 3.2 Perletakan Pada Struktur Tangga



Gambar 3.3 Kerangka Pemodelan Struktur 3D

3.5 Analisa Gaya Dalam

Gaya dalam adalah gaya – gaya yang muncul pada suatu elemen struktur sebagai akibat dari munculnya beban yang diterima oleh elemen struktur. Gaya dalam yang menyebabkan pelenturan disebut gaya momen. Komponen Struktur yang menerima gaya tegak lurus dengan arah sumbu batang disebut gaya lintang. Sedangkan yang komponen struktur yang menerima gaya searah dengan sumbu batang disebut gaya normal. Nilai gaya dalam

diperoleh menggunakan bantuan software dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11.2 sebagai berikut :

Kombinasi Pembebanan akibat gaya – gaya gravitasi

- $U = 1,0D + 1,0L$
- $U = 1,2D + 1,6L$
- $U = 1,2D + 1,6L \pm 0,8W$

Kombinasi Pembebanan akibat gaya – gaya gempa

- $U = 1,2D + 1,6L + 0,3Ex \pm 1,0Ey$
- $U = 1,2D + 1,6L + 1,0Ex \pm 0,3Ey$

Kombinasi Pembebanan untuk tegangan ijin

- D
- $D + L$
- $D + (Lr \text{ atau } R)$
- $D + 0,75L + 0,75(Lr \text{ atau } R)$
- $D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
- $D + 0,75(0,6W \text{ atau } 0,7E) + 0,75L + 0,75(Lr \text{ atau } R)$
- $0,6D + 0,6W$
- $0,6D + 0,7E$

Keterangan :

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- Lr = Beban Hidup pada Atap
- W = Beban Angin
- R = Beban Air Hujan
- Ex = Beban gempa arah X
- Ey = Beban gempa arah Y

Setiap kombinasi pembebanan memiliki nilai yang berbeda – beda. Nilai tersebut digunakan untuk mengetahui tulangan yang sesuai dengan gaya – gaya yang terjadi.

1. Struktur Primer

a. Balok

Pada balok gaya momen yang terjadi digunakan untuk mengetahui kapasitas tulangan lentur yang sesuai. Tulangan lentur balok pada daerah lapangan dengan daerah tumpuan menggunakan nilai dari kombinasi yang berbeda – beda tetapi pada balok yang sama, misal :

⊕ Kombinasi 1,4D



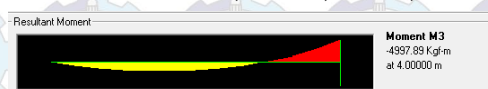
⊕ Kombinasi 1,2D + 1,6L



⊕ Kombinasi 1,2D + 1,0L + 0,3Ex ± 1,0Ey



⊕ Kombinasi 1,2D + 1,0L + 1,0Ex ± 0,3Ey

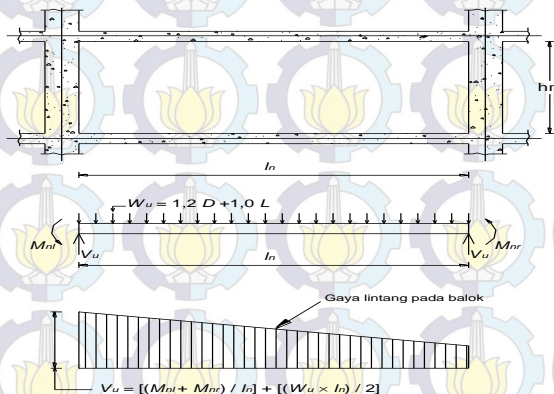


Terlihat dari keempat kombinasi tersebut memiliki kondisi atau perilaku momen yang berbeda-beda, dimana dalam perhitungan balok tulangan lentur momen yang digunakan untuk tumpuan kanan atau kiri merupakan nilai momen

yang paling kritis atau nilai momen yang terbesar meskipun didalam kombinasi yang berbeda antara kanan dan kiri, begitu juga untuk tulangan lentur lapangan nilai momen yang diambil merupakan nilai momen yang terbesar dari keempat kombinasi tersebut. Dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam perhitungan tulangan lentur balok untuk nilai momen tumpuan atau lapangan tidak hanya diambil didalam satu kombinasi saja, dimana kombinasi yang memiliki nilai momen terbesar hanya pada satu bidang, melainkan diambil dari nilai momen yang terbesar dari salah satu kombinasi yang ada untuk tumpuan ataupun lapangan.

Untuk menghitung tulangan geser maka digunakan perhitungan manual bukan dari analisa struktur atau software dengan perumusan sesuai dengan penulangan komponen SRPMM.

$$V_u = \left[\frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2} \right]$$



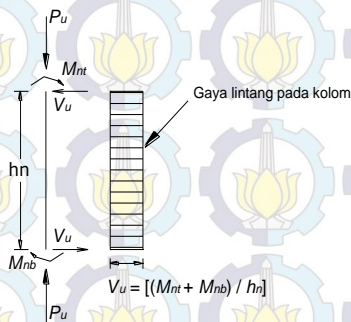
Gambar 3.4 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)

b. Kolom

Setiap kolom menerima gaya dalam dengan nilai yang berbeda - beda, untuk itulah perhitungan kolom dilakukan dengan meninjau beberapa kolom. Antara lain kolom yang berada pada tengah bangunan, kolom pada ujung bangunan, dan kolom pada daerah tepi bangunan.

Pada kolom gaya momen dan gaya aksial yang terjadi digunakan untuk mengetahui kapasitas tulangan lentur yang terjadi. Untuk menghitung tulangan geser maka digunakan perhitungan manual bukan dari analisa struktur atau software dengan perumusan sesuai dengan penulangan komponen SRPMM.

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$



Gambar 3.5 Gaya lintang rencana pada kolom untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)

2. Struktur Sekunder

a. Pelat Lantai

Komponen struktur pelat merupakan salah satu komponen struktur sekunder yang mana kondisi komponen struktur sekunder mengalami kehancuran lebih awal daripada komponen struktur primer.

Perencanaan pelat lantai pada Hotel Anggrek Surabaya menggunakan pelat cor ditempat yang dalam perhitungannya menjadi dua macam yaitu :

- Pelat Satu Arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya sama dengan 2 atau lebih dari 2, dan arah pembebanannya akan diteruskan pada balok-balok.
- Pelat Dua Arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya kuran dari 2, dan arah pembebanannya akan diteruskan pada keseluruhan pemikul disekeliling panel dari pelat tersebut.

b. Pelat Tangga

Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa macam alternatif, baik konstruksi maupun perletakkannya. Konstruksi tangga dapat direncanakan sebagai balok tipis, pelat maupun sebagai konstruksi balok dan pelat. Perbedaan asumsi menentukan besarnya gaya reaksi yang terjadi pada struktur tangga.

3. Struktur Pondasi

Daya dukung ijin pondasi dalam dihitung berdasarkan data dari SPT dengan metode Meyerhoft, dan faktor keamanan $SF_1=3$, dan $SF_2=5$. Gaya dalam yang digunakan pada perhitungan penulangan pondasi adalah gaya aksial dan momen arah x dan y.

3.6 Perhitungan Penulangan Struktur

3.6.1 Penulangan Struktur Sekunder

a. Perencanaan penulangan pada pelat lantai dan atap

❖ Analisis struktur pelat

Rasio kekakuan balok terhadap plat:

$$\alpha = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cp} \times I_p} > 1$$

Dimana:

E_{cb} = modulus elastisitas balok beton

E_{cp} = modulus elastisitas pelat beton

I_b = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

I_p = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat

❖ Penulangan pelat

Tabel 3.12 Rumus Penulangan Pelat

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 10.5.1</i>	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
<i>SNI-03-2847-2013</i> <i>Lampiran B.8.4.2</i>	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_{cr}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
<i>SNI-03-2847-2013</i> <i>Lampiran B.10.3.3</i>	$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$
<i>Wang, C. Salmon hal.</i> <i>55 pers.3.8.4.a</i>	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{cr}}$

Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{f_y}} \right)$$

Jika, $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \\ AS &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \end{aligned}$$

Jika, $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$ maka dimensi Plat diperbesar.

- ❖ Kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan (SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2)

$$S \leq H_p$$

- ❖ Kontrol tulangan susut dan suhu

Dimana tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton tidak kurang dari 0,0014 sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.1.a - pasal 7.12.2.1.c. Berikut Tabel rasio tulangan susut dan suhu :

Tabel 3.13 Rasio tulangan susut dan suhu

		Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto
a	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 Mpa	0,0020
b	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos ulir) mutu 400 Mpa	0,0018

c	Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35	$0,0018 \times \frac{400}{f_y}$
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------

❖ Kontrol Jarak Spasi Tulangan Susut Dan Suhu

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.2 Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

❖ Kontrol Retak

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6.4 Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 Mpa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian sehingga nilai z yang diberikan oleh:

$$z = f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A}$$

Tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. tegangan pada tulangan akibat beban kerja f_s (MPa) harus dihitung sebagai momen maksimum tak terfaktor sebagai dengan hasil kali luas tulangan baja dengan lengan momen dalam. Bila tidak dihitung dengan cara di atas, f_s boleh diambil sebesar 60% dari kuat leleh f_y yang disyaratkan.

$$A = 2 \times d_c \times s$$

Dimana s adalah jarak antara batang tulangan. Untuk lebar retak yang digunakan adalah:

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A}$$

$\omega \leq 0,4$ mm untuk penampang di dalam ruangan ω
 $\leq 0,3$ mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

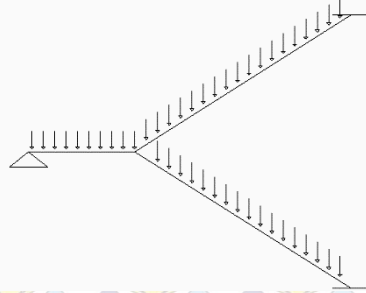
Spasi tulangan yang berada paling dekat pada permukaan tarik tidak boleh melebihi:

$$s = \frac{9500}{f_y} - 2,5C_c$$

Tetapi tidak boleh melebihi,

$$s = 300 \left(\frac{252}{f_s} \right)$$

b. Perencanaan penulangan pada pelat tangga



Gambar 3.6 Pemodelan Struktur Tangga

Langkah – langkah perencanaan penulangan pada pelat tangga sama dengan pada pelat lantai.

3.6.2 Penulangan Struktur Primer

a. Penulangan Balok

1. Perhitungan tulangan lentur

- Menentukan nilai momen tumpuan dan lapangan pada balok (dari hasil output SAP 2000)
- Cek jenis tulangan, merupakan tulangan rangkap atau tulangan tunggal.
- Rencanakan d , d' , dan d'' .
 - Dimana :
 - $d = bw - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.utama}$
 - $d' = \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.utama}$
- Perhitungan Tulangan :

Tabel 3.14 Perhitungan Penulangan Balok dan Sloof

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2013</i>	$M_n = \frac{Mu}{\phi}$
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 10.5.1</i>	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
<i>SNI-03-2847-2013</i> <i>Lampiran B.8.4.2</i>	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
<i>SNI-03-2847-2013</i> <i>Lampiran B.10.3.3</i>	$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$
<i>Wang, C. Salmon</i> <i>hal. 55 pers.3.8.4.a</i>	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$
<i>Wang, C. Salmon</i> <i>hal. 55 pers.3.8.4.a</i>	$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$

	$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$
	X _{coba-coba} dimana $x < 0,75 \cdot b$
	$C_c = T_1 = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x$
	$A_{sc} = \frac{T_1}{f_y}$
	$M_{ns} = M_n - M_{nc}$
	$M_{ns} = \frac{M_u}{\phi} - M_{nc}$

- Jika $(M_n - M_{nc}) > 0$, maka perlu tulangan rangkap, untuk menentukan kebutuhan tulangan rangkapnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$C_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

$$f_s' = \left(\frac{x - d''}{x} \right) \times 600$$

Jika $f_s' > f_y$, maka tulangan tekan leleh

Jika $f_s' = f_y$, maka tulangan tekan

Jika $f_s' < f_y$, maka tulangan tekan tidak leleh

$$A_s' = \frac{C_s}{f_s' - 0,85f_c'}$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

- Jika $(M_n - M_{nc}) < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan, untuk menentukan kebutuhannya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

Jika $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{min}}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

Jika, $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$ maka dimensi Balok diperbesar.

- Tulangan perlu :

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s = A_s'$$

- Kontrol spasi tulangan sesuai SNI 2847:2013 pasal 7.6.2 :

$$s = \frac{bw - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \cdot \text{tul. sengkang}) - (n \cdot \text{tul. sengkang})}{n - 1}$$

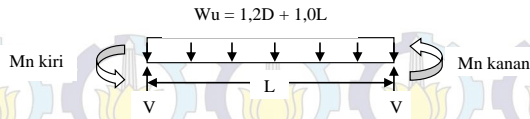
Dimana : $s \geq 25\text{mm}$

- Kontrol kekuatan momen penampang sesuai SNI 2847:2013 pasal 22.5.1 :
 - $\emptyset / M_n \geq M_u$

2. Perhitungan tulangan geser

- Penentuan V_u , V_c , V_s , dan V_n

Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E), dimana E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.



Gambar 3.7 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM

$$V_u = \frac{Mn_{kiri} + Mn_{kanan}}{Ln} + \frac{Wu}{2}$$

Nilai f_c' yang digunakan di dalam pasal ini tidak boleh melebihi 25/3 Mpa, kecuali seperti yang diizinkan di dalam SNI 03-2847-2002 13.1(2(1))

Kekuatan geser nominal beton bertulang V_n pada dasarnya merupakan kombinasi kekuatan antara geser yang mampu dipikul beton V_c dengan kekuatan geser yang mampu dipikul oleh baja tulangan V_s , dimana :

Tabel 3.15 Perhitungan Geser

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 11.1.1</i>	$\Phi V_n \geq V_u$ $V_n = V_c + V_s$
<i>SNI 2847-2013</i> <i>Pasal 11.2.1.1</i>	$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times bw \times d$
<i>SNI 2847-2013</i> <i>Pasal 11.2.1.3</i>	$V_c = 0$
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 11.4.6</i>	$V_{s_{min}} = \frac{1}{3} \times bw \times d$

<i>SNI 2847- 2013</i> <i>Pasal 21.3.4</i>	$V_{s_{\max}} = \phi \sqrt{f_c'} \times \frac{1}{3} b w \times d$
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 11.4.5.1</i>	$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 11.4.7</i>	$A_v = \frac{b \times w}{3 f_y}$

✚ Kontrol kondisi penulangan geser balok.

➤ **Kondisi 1**

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

(tidak perlu tulangan geser)

➤ **Kondisi 2**

$$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$$

(tulangan geser minimum)

$$A_v(\min) = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi 3**

$$\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_s \min)$$

(tulangan geser minimum)

$$A_v(\min) = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi 4 (perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) < V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d)$$

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$s \leq \frac{d}{2} \text{ dan } s_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi 5 (perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d) < V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b_w d)$$

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$s \leq \frac{d}{4} \text{ dan } s_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi 6**

$$V_s > \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \text{ (perbesar penampang)}$$

3. Perhitungan tulangan torsi (puntir)

Klasifikasikan Apakah Torsi Terapan Merupakan Torsi kesetimbangan atau kompatibilitas. Tentukan penampang kritis dan hitung momen torsi terfaktor T_u . Penampang kritis diambil sebesar d dari muka pendukung pada balok beton bertulang dan $h/2$ pada balok beton prategang.

Jika T_u kurang dari $\frac{\emptyset \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$ untuk anggota non

prategang atau kurang dari $\frac{\emptyset \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{3fp_c}{\sqrt{f_c}}}$

untuk anggota prategang, efek torsi diabaikan.

Cek apakah momen torsi berfaktor T_u mengakibatkan torsi kesetimbangan atau kompatibilitas. Untuk torsi kompatibilitas, batasi momen torsi desain sampai yang lebih kecil dari momen actual T_u atau $T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}$ untuk anggota beton bertulang dan $T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{3f_{pc}}{\sqrt{f_c}}}}$ untuk anggota beton prategang. Harga kekuatan nominal desain T_n harus paling sedikit ekuivalen dengan T_u/ϕ berfaktor, dengan mempoporsikan penampang tersebut sehingga :

Untuk penampang solid :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7A^2 oh} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bwd} + \frac{2\sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

Untuk penampang berongga :

$$\left(\frac{Vu}{bw \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7A^2 oh} \right)^2 \leq \phi \left(\frac{Vc}{bwd} + \frac{2\sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

Jika ketebalan dinding kurang dari A_{oh}/Ph , suku kedua perumusan harus diambil sebesar $T_u/(1,7 \cdot A_{oh} \cdot t)$

- Tulangan torsi diabaikan apabila sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.1.
- Tulangan torsi minimum sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.5.5 Apabila $\phi T_u \geq T_u$ pada $A_v +$

$2A_t = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{bw s}{f_{yt}}$ tetapi tidak boleh kurang

dari $\frac{0,35 bw s}{f_{yt}}$

- Spasi tulangan torsi sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.6

* Spasi tulangan torsi transversal $\leq \frac{ph}{8}$ atau 300 mm

* Tulangan torsi longitudinal dengan spasi maksimum 300 mm

- Sedangkan tulangan sengkang yang dibutuhkan untuk menahan puntir adalah sebagai berikut:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}}{s} \cot \theta$$

4. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

- Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai l_d/d_b harus diambil sesuai SNI 03-2847-2002 Tabel 11

Tabel 3.16 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung kurang dari d_b , dan sengkang atau	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}}$

<p>senggang ikat yang dipasang disepanjang l_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan atau spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b</p>		
<p>Kasus-kasus lain</p>	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{18 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{10 \sqrt{f_c'}}$

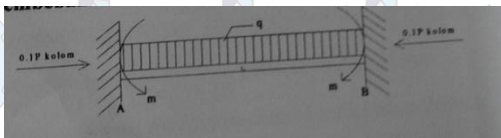
Sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3 Panjang penyaluran (l_d) dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar l_{db} . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 200 mm.

Panjang penyaluran dasar l_{db} harus diambil sebesar $\frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}}$; dan tidak kurang dari $0,04 \times d_b \times f_y$

b. Penulangan Sloof

1. Perhitungan tulangan Lentur.

- Mencarai nilai moment ultimate kanan dan kiri beserta gaya tarik (N_u) dari 10% gaya aksial pada kolom kanan atau kiri.



Perhitungan Tulangan Lentur :

- Hitung Mn

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

- Cari nilai ρ_t dari diagram interaksi ,dengan menghitung :

$$\frac{Mu}{bh^2} \text{ dan } \frac{Nu}{bh}$$

- Hitung Ast = $\rho_t \cdot b \cdot h$

- Cek Perencanaan.

$$a = \frac{As \text{ pasang} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$Mn \text{ pasang} = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b \cdot \left(d \text{ pasang} - \frac{a}{2} \right) \geq Mn$$

- Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \phi \cdot \text{tul. sengkang}) - (n \cdot \text{tul. sengkang})}{n - 1}$$

$$\text{Dimana : } s \geq 25 \text{ mm}$$

2. Perhitungan Geser Sloof

a. Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \phi Vc$$

(tidak perlu tulangan geser)

b. Kondisi 2

$$0,5 \phi Vc < Vu \leq \phi Vc$$

(tulangan geser minimum)

$$Av(\text{min}) = \frac{0,35 S}{fy}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

c. Kondisi 3

$$\phi V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_s \text{ min})$$

(tulangan geser minimum)

$$A_v(\text{min}) = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

d. Kondisi 4 (perlu tulangan geser)

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u \leq \phi(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f_c'}bw d)$$

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

e. Kondisi 5 (perlu tulangan geser)

$$\phi(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f_c'}bw d) < V_u \leq \phi(V_c + \frac{2}{3}\sqrt{f_c'}bw d)$$

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{S}$$

$$S \leq \frac{d}{4} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm}$$

f. Kondisi 6

$$V_s > \frac{2}{3}\sqrt{f_c'}bw d$$

(perbesar penampang)

3. Perhitungan Panjang Penyaluran

- Tulangan Kondisi Tarik sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.2

$$\frac{\lambda d}{ds} = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f_c}} \geq 300 \text{ mm}$$

Dimana : $\alpha = 1$; $\beta = 1.5$; $\lambda = 1$

$$\text{Tulangan Lebih} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As Pasang}} \times \lambda d$$

4. Kontrol Retak

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6 adalah $z = fs \sqrt[3]{dcA} \leq 30 \text{ Mn/m}$ untuk Struktur didalam Ruangan serta $z = fs \sqrt[3]{dcA} \leq 25 \text{ Mn/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

$$A = \frac{2dc \times bw}{n}$$

Dimana : n = jumlah batang tulangan

Sebagai Alternatif terhadap perhitungan nilai z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\omega = 11 \times 10^6 \times \beta \times fs \sqrt[3]{dcA}$$

Nilai Lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $fc' \leq 30 \text{ Mpa}$

c. Penulangan Kolom

Menentukan nilai axial, momen arah X, dan momen arah Y pada kolom (dari hasil output SAP 2000), lalu :

- Kontrol kelangsingan kolom

Tabel 3.17 Perhitungan Kontrol Kelangsingan Kolom

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.11.6</i>	$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{balok}}}$
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.12.3</i>	$EI = \frac{(0,2E_c I_g) + (E_c I_g)}{1 + \beta_d}$ atau $EI = \frac{0,4 \times E_c I_g}{1 + \beta_d}, \text{ ambil nilai terkecil}$
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.12.3</i>	$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{\text{kolom}}}{(k \times \lambda_y)^2}$
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.12.2</i>	$\frac{k \times l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2}\right)$ Untuk rangka portal tak bergoyang
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.13.2</i>	$\frac{k \times l_u}{r} \leq 22$ Untuk rangka portal bergoyang
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.11.5</i>	Apabila $\frac{k \times l_u}{r} \geq 100$, maka diperlukan perhitungan momen orde dua

- Pembesaran momen

Tabel 3.18 Perhitungan pembesaran momen Pada kolom

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.12.3</i>	$M_c = \delta_{ns} \times M_2, \text{ untuk rangka portal tak bergoyang}$

	$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \geq 1$
SNI 03-2847-2002 Pasal 12.13.3	$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$
SNI 03-2847-2002 Pasal 12.12.3	$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$ untuk rangka portal bergoyang

- Perhitungan Penulangan Lentur

- Hitung nilai ψ , untuk mendapatkan nilai “k” dari table, yaitu :

- $$\beta = \frac{P_u \text{ dead}}{P_u \text{ max}}$$

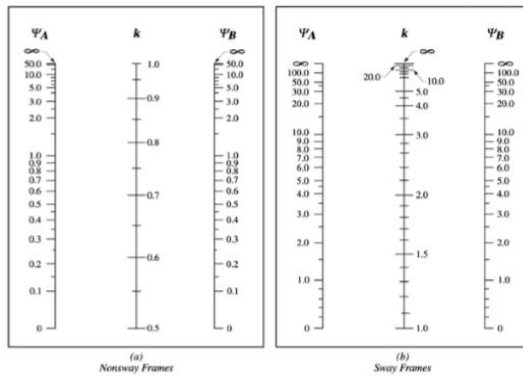
- $$E_c = 4700 \sqrt{f'c}$$

- $$EI = \frac{(0,2E_c I_g) + (E_c I_g)}{1 + \beta_d} \quad \text{atau} \quad EI = \frac{0,4 \times E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

ambil nilai terkecil

- $$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{balok}}}$$

- nilai k didapat dari table :



$\Psi =$ ratio of $\Sigma(EI/\ell)$ of compression members to $\Sigma(EI)$ of flexural members in a plane at one end of a compression member
 $\ell =$ span length of flexural member measured center to center of joints

- Kontrol kelangsingan kolom :

- $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$

- Hitung factor pembesaran momen Arah X dan Arah Y

- Ambil nilai μ pakai yang terbesar dari momen Arah X atau arah Y

- Hitung nilai e :

- Eksentrisitas terjadi (e) :

No.	Kondisi	Kolom Pendek	Kolom Langsing
1.	Braced	$\frac{k \cdot L_u}{r} < 34 - 12 \cdot \frac{M_1}{M_2}$	$\frac{k \cdot L_u}{r} \geq 34 - 12 \cdot \frac{M_1}{M_2}$
2.	Unbraced	$\frac{k \cdot L_u}{r} < 22$	$\frac{k \cdot L_u}{r} \geq 22$

$$e = \frac{\mu M_u}{P_{dead}}$$

- Eksentrisitas minimum (e_{min}) :

$$e_{min} = (15 + 0,03h)$$

- Tentukan nilai ρ_{perlu} , bila didapat dari grafik interaksi perlu menghitung nilai:

- Sumbu horizontal :

$$\frac{Pu \cdot e}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot h}$$

- Sumbu vertical :

$$\frac{Pu}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c}$$

- Bila nilai ρ_{perlu} didapat dari output sap, langsung menghitung A_s perlu.

- Nilai A_s perlu :

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$$

- Kontrol kemampuan kolom

Kondisi penampang kolom terbagi menjadi 4 kondisi, yaitu :

- Kondisi P konsentris.

Termasuk dalam kondisi P konsentris bila mana eksentrisitas yang terjadi (e) lebih kecil atau sama dengan eksentris minimum (e_{min})

$$e \leq e_{\text{min}}$$

- Kondisi Tekan menentukan.

Termasuk dalam kondisi Tekan menentukan bila mana eksentrisitas yang terjadi (e) lebih kecil dari eksentrisitas balanced (e_{balanced}).

$$e < e_{\text{balanced}}$$

- Kondisi Balanced

Termasuk kondisi Balanced bila mana eksentrisitas yang terjadi (e) sama dengan eksentrisitas balanced (e_{balanced}).

$$e = e_{\text{balanced}}$$

- Kondisi Tarik menentukan Termasuk kondisi Tarik menentukan bila mana eksentrisitas yang terjadi (e) lebih besar dari eksentrisitas balanced (e balanced).

$e > e$ balanced

- Perhitungan penulangan geser

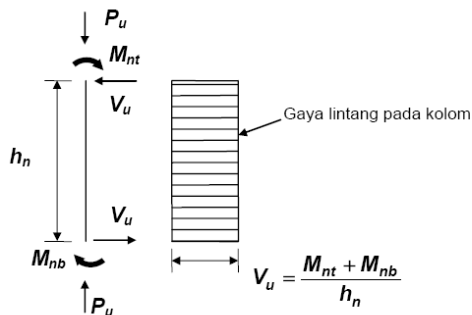
$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$

Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya tekan aksial

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g}\right) \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d\right)$$

(untuk daerah lapangan nilai V_c diambil setengah dari nilai tumpuan)

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n} + V_{1,2DL+1LL}$$



Gambar 3.8 Gaya Lintang rencana pada kolom untuk SRPMM

- Jarak spasi tulangan pada kolom

Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10, syarat untuk menentukan jarak spasi maksimum tulangan pada kolom adalah sebagai berikut:

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- $\leq 8 \times \emptyset$ tulangan longitudinal terkecil
- $\leq 24 \times \emptyset$ sengkang ikat
- $\leq 300\text{mm}$

Panjang l_0 tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini :

- $1/6 \times$ tinggi bersih kolom
- Dimensi terbesar penampang kolom
- 500 mm
- Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_0$ dari muka hubungan balok-kolom. (S_0 adalah spasi maksimum tulangan transversal)
- Spasi sengkang ikat pada sembarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_0$

3.6.3 Penulangan Struktur Pondasi

Sebelum melakukan perhitungan penulangan pondasi, perhitungan dimensi pada pondasi harus dihitung terlebih dahulu. Berikut langkah - langkahnya:

1. Mengetahui data – data perencanaan
2. Perhitungan daya dukung tanah

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT diperoleh nilai konus dan dalam perhitungannya menggunakan **Metode Meyerhoff**. Faktor keamanan $SF_1 = 3$. Daya dukung ultimate tiang (Q_u) adalah sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

Dan daya dukung ijin tiang adalah :

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung ultimate tiang (Ton)

Q_{ijin} = Daya dukung ijin tiang (Ton)

Q_p = Daya dukung ujung tiang (Ton)

Q_s = Daya dukung selimut tiang (Ton)

N = Nilai SPT pada ujung tiang (blow/feet, blow/m)

N_{AV} = Nilai rata - rata SPT sepanjang tiangn (blow/feet, blow/m) (1 feet = 0,3408 m)

A_p = Luas permukaan ujung tiang (m^2)

A_s = Luas selimut tiang (m^2)

SF = Angka keamanan ($SF=3$)

Cek persyaratan :

$$Q_{ijin} < Q_{bahan}$$

3. Perencanaan kebutuhan tiang pancang

Mengetahui gaya dalam aksial (gaya tekan) dari output program SAP, dengan kombinasi pembebanan yang telah di input sebelumnya dan kombinasi yang digunakan merupakan kombisai ijin ,yaitu :

- D
- D + L
- D + (Lr atau R)

- $D + 0.75L + 0.75(Lr \text{ atau } R)$
- $D + (0.6W \text{ atau } 0.7E)$
- $D + 0.75(0.6W \text{ atau } 0.7E) + 0.75L + 0.75(Lr \text{ atau } R)$
- $0.6D + 0.6W$
- $0.6D + 0.7E$

Kemudian diambil gaya aksial terbesar (P_{\max}) dari kombinasi – kombinasi pembebanan ijin diatas yang belum ditambahkan dengan berat sendiri poer, maka jumlah tiang pancang (n) :

$$n = \frac{P_{\max}}{ijin}$$

4. Perencanaan borpile

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (s) menurut buku karangan **Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2** disebutkan bahwa :

- ✓ Perhitungan jarak antar borpile (s) :
 $2,5 D \leq s \leq 3D$
- ✓ Perhitungan jarak borpile ke tepi poer (s') :
 $1,5D \leq s' \leq 2D$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan dimensi pada poer, panjang dan lebarnya.

5. Perencanaan kelompok tiang pancang perhitungan pile berdasarkan Efisiensi dengan metode AASHTO

- ✓ Efisiensi (η) = $1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$

$\theta = \arctg (D/S)$; dengan D adalah diameter tiang pancang dan S adalah jarak antar tiang pancang.

$$P_{\text{ijin tanah}} = (\eta) \times Q_{\text{ijin}}$$

$$P_{\text{ijin tanah total}} = \text{jumlah tiang} \times P_{\text{ijin tanah}}$$

✓ Gaya yang dipikul tiang

$$P \text{ satu TP} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\text{max}}}{\sum y^2}$$

✓ Kontrol tiang pancang

$$P_{\text{max}} \leq P_{\text{ijin}}$$

$$P_{\text{min}} \leq P_{\text{ijin}}$$

$$P_{\text{max}} \leq P_{\text{group tiang}}$$

Setelah itu dilakukan perencanaan pondasi pada struktur bangunan maka selanjutnya stuk Adapun langkahnya sebagai berikut :

1. Perencanaan Pile Cap (poer)

✓ Penulangan Lentur Poer

- Rencanakan ketinggian (h) poer

- Tentukan momen yang terjadi :

$$M_u = (P \cdot x) - (1/2 \cdot q \cdot l^2)$$

- Hitung Penulangan :

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$m = \frac{f_c}{f_y}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

✓ Penulangan Geser Poer

Untuk perencanaan poer, nilai V_c harus diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut:

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} b_o d}{6}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} b_o d}{12}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\phi V_c > V_u$$

2. Panjang penyaluran tulangan kolom

a. Tulangan kondisi tarik berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.2

$$\frac{\lambda_d}{d_s} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5\sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

Tulangan lebih berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.5

$$\frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{pasang}}} \times \lambda_d$$

b. Tulangan kondisi tekan berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.2

$$\lambda_d = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} \geq 0.04 \times d_b \times f_y$$

Tulangan lebih berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.5

$$\frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{pasang}}} \times \lambda_d$$

c. Tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2

$$\lambda_{hb} = \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}}$$

(untuk batang dengan f_y sama dengan 400 MPa)

3. Kontrol geser pons poer

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, dimana V_c diambil dari persamaan-persamaan berikut:

1. Geser satu arah pada poer

- Tentukan beban poer $q_t = \frac{P}{\text{LuasPoyer}}$

- Menentukan luasan tributary akibat geser satu arah

- Kontrol "d" (tebal poer) berdasarkan gaya geser satu arah

- $\sigma_u = \frac{\sum P}{A}$

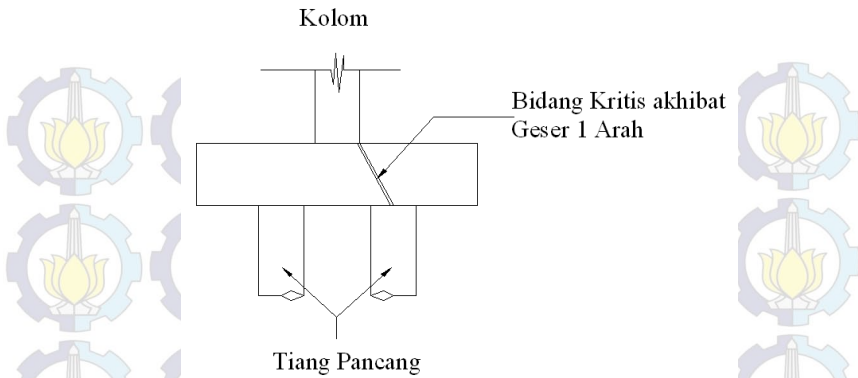
- $V_u = \sigma_u \times (\text{luas total poer} - \text{luas pons})$

- Kontrol perlu tulangan geser

$\phi V_c > V_u$ (tidak perlu tulangan geser)

$\phi V_c < V_u$ (Perlu tulangan geser)

Jika $\phi V_c < V_u$ (perlu tulangan geser), maka dimensi poer diperbesar



Gambar 3. 9 Bidang kritis akibat geser 1 arah

2. Geser dua arah pada poer

- Kontrol kemampuan beton :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Dimana :

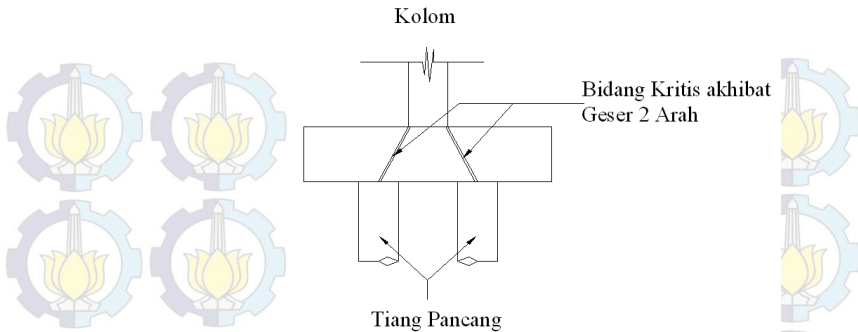
β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_o = keliling dari penampang kritis

$$b_o = 4(0,5d + b \text{ kolom} + 0,5d)$$

$$V_c = \left[\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$



Gambar 3.10 Bidang kritis akhibat geser 2 arah

3.7 Gambar Perencanaan

a. Gambar arsitektur, terdiri dari :

- ✓ Gambar denah
- ✓ Gambar tampak

b. Gambar struktural, terdiri dari :

- ✓ Gambar potongan :
 - Memanjang
 - Melintang

✓ Gambar denah :

- Sloof
- Pondasi
- Plat
- Balok
- Kolom

✓ Gambar penulangan :

- Sloof
- Pondasi
- Plat
- Balok

-

- Kolom

- Tangga

✓ Gambar detail :

Gambar detail panjang penyaluran, meliputi:

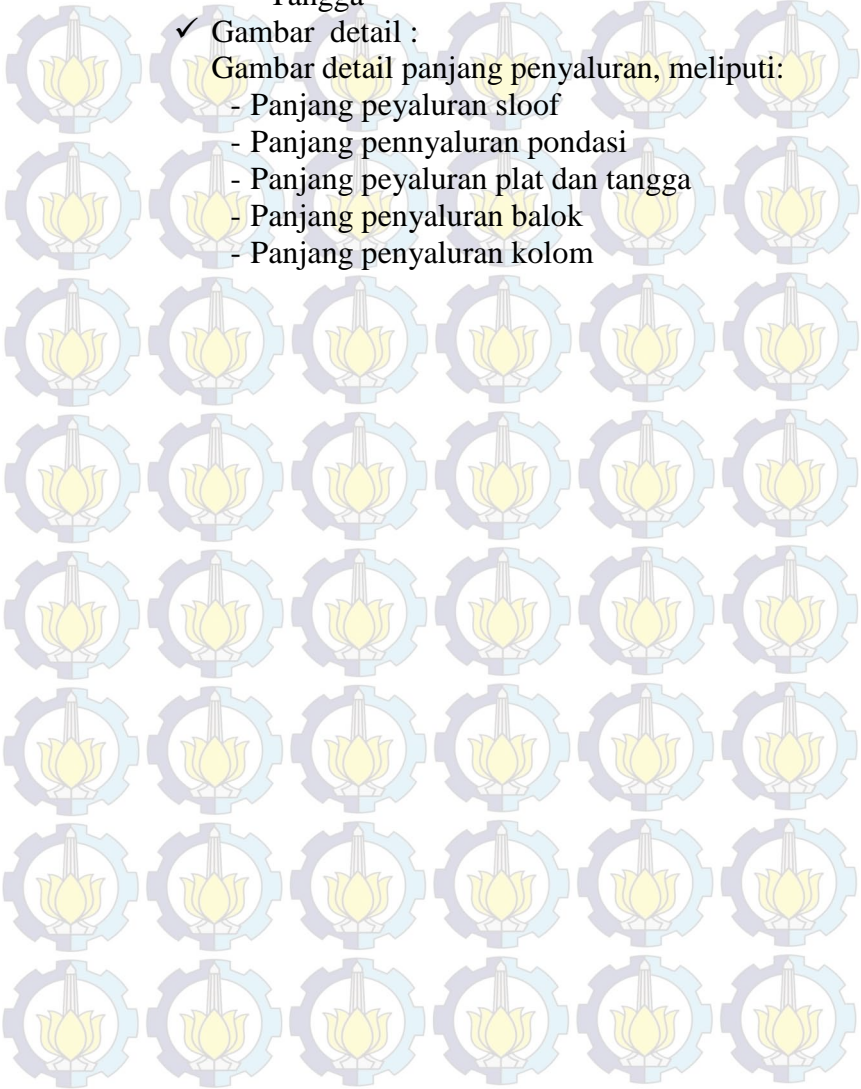
- Panjang peyaluran sloof

- Panjang penyaluran pondasi

- Panjang peyaluran plat dan tangga

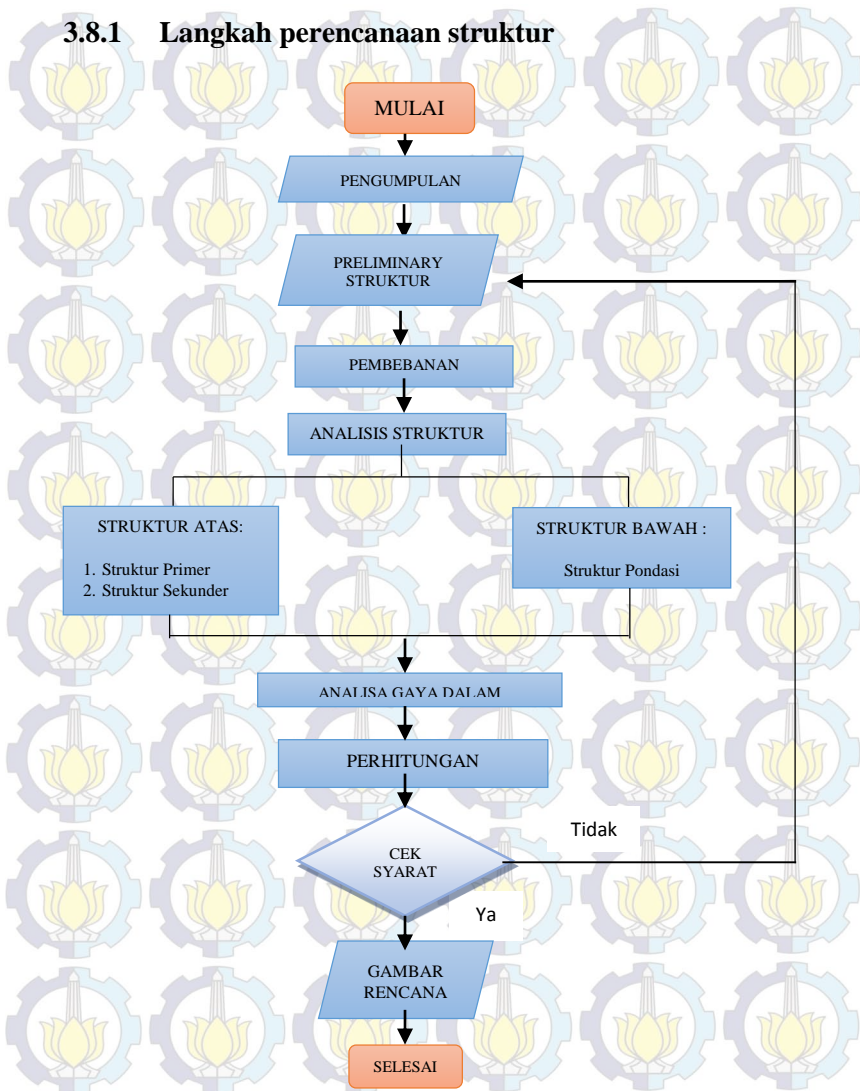
- Panjang penyaluran balok

- Panjang penyaluran kolom



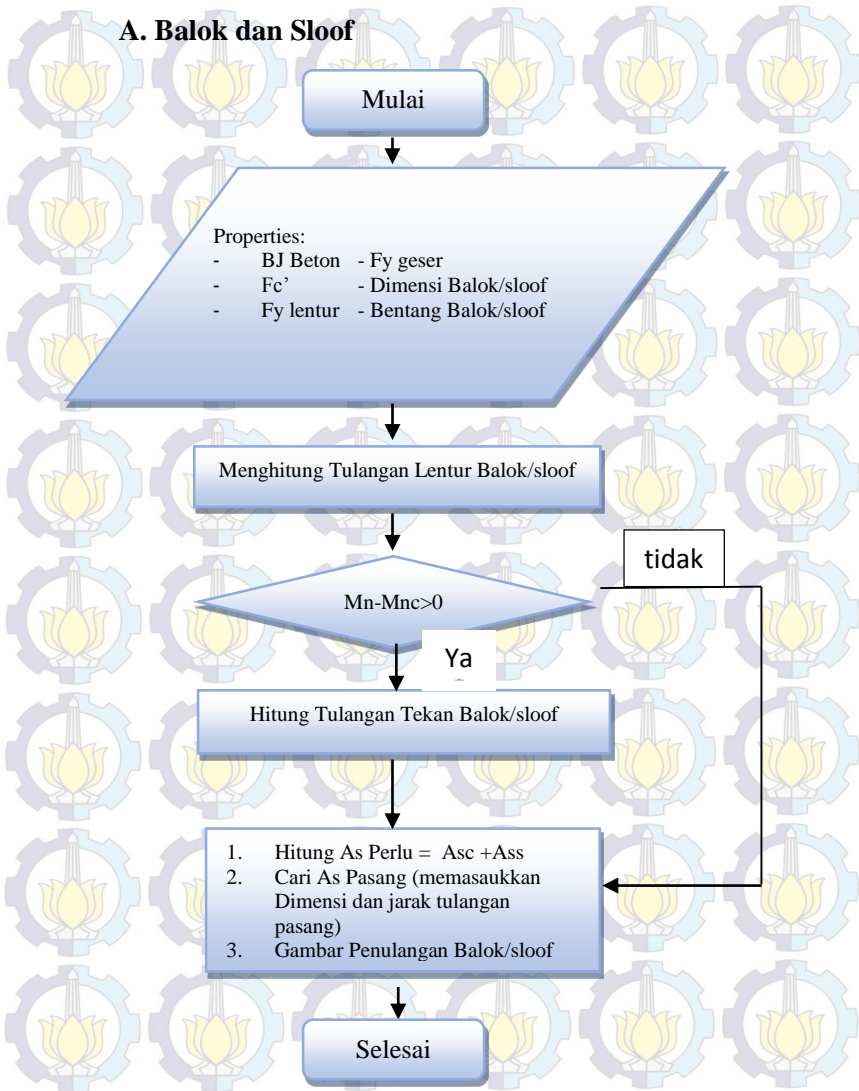
3.8 Flow Chart

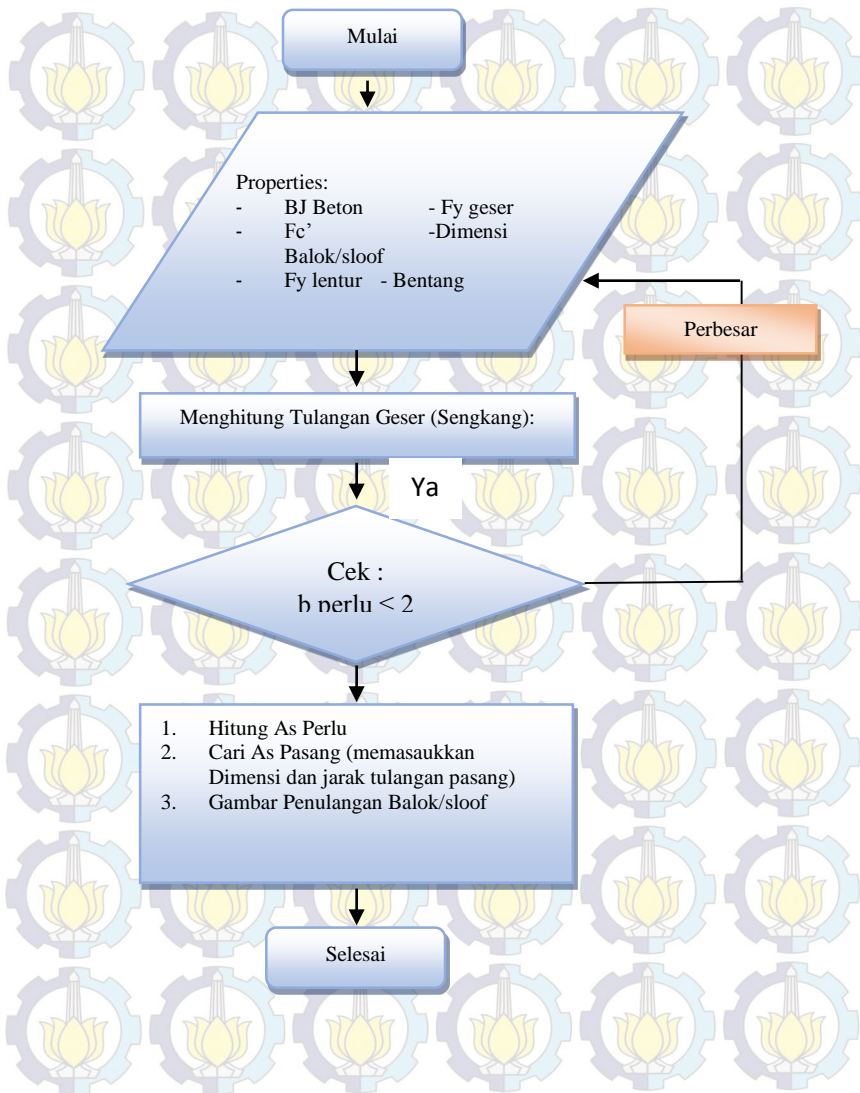
3.8.1 Langkah perencanaan struktur



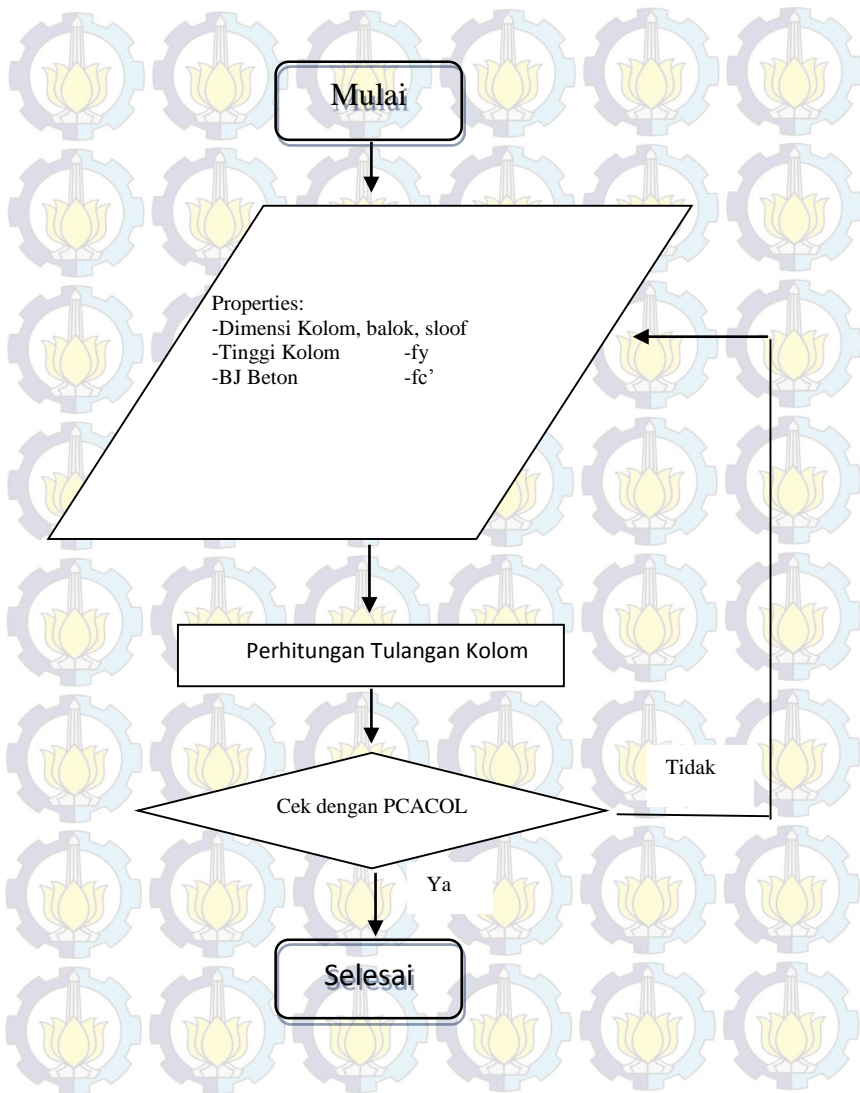
3.8.2 Langkah komponen struktur primer

A. Balok dan Sloof



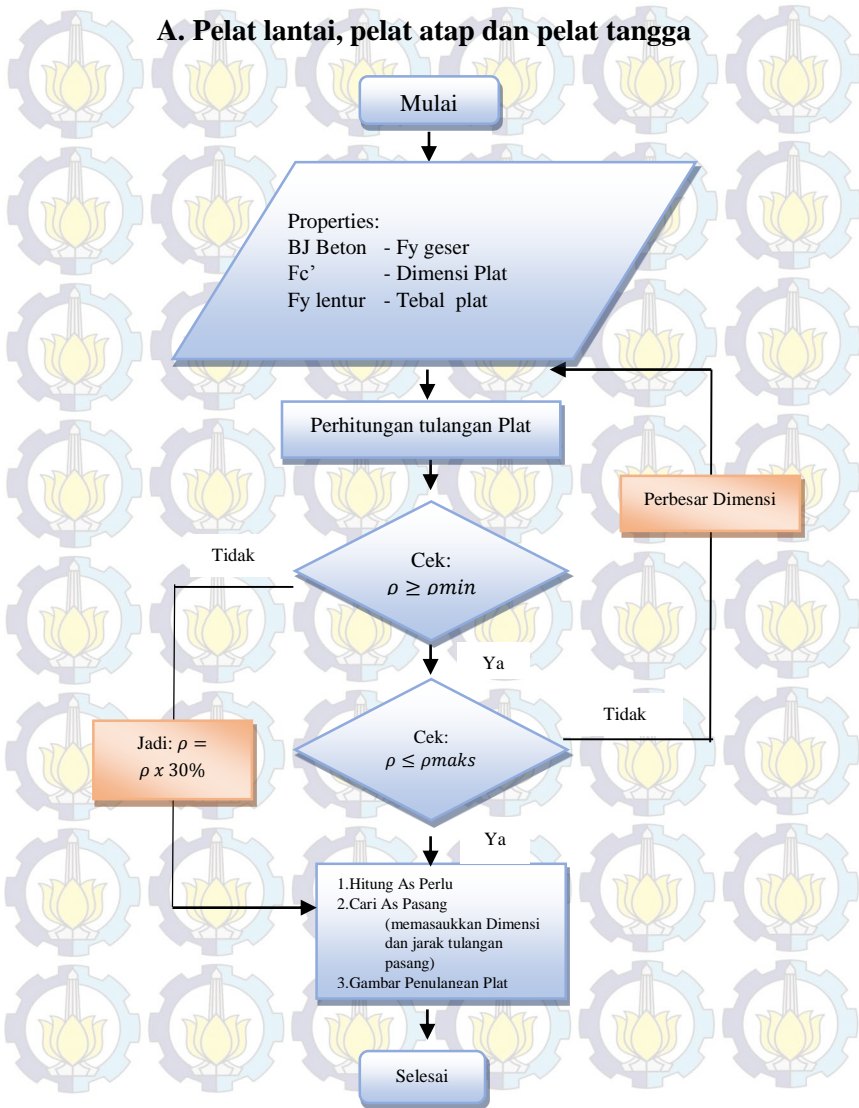


B. Kolom

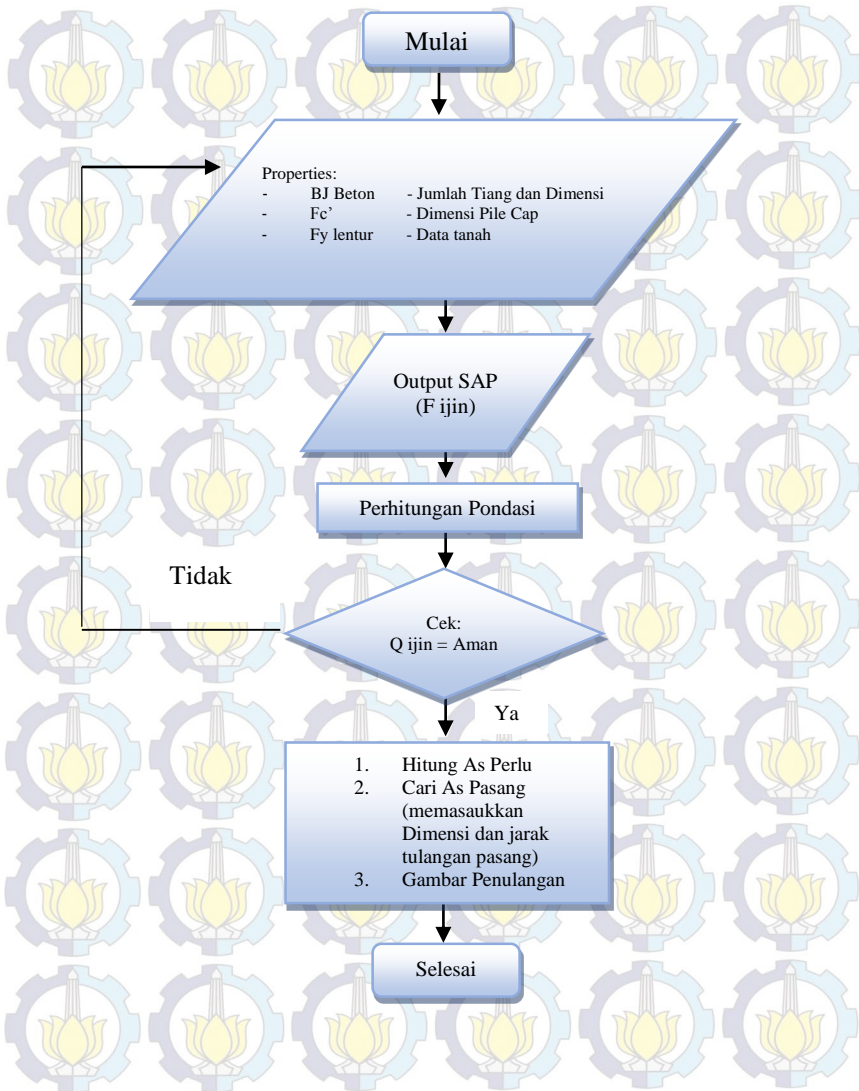


3.8.3 Langkah komponen struktur sekunder

A. Pelat lantai, pelat atap dan pelat tangga



3.8.4 Langkah komponen struktur pondasi



BAB IV ANALISIS DAN PERENCANAAN

Bab ini akan menjelaskan analisa dan pembahasan dari perhitungan perencana sesuai dengan metodologi pada bab 3.

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

Dalam merencanakan struktur bangunan gedung, langkah awal yang perlu diketahui adalah menentukan dimensi struktur-struktur utama yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Penentuan tinggi balok min (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pada Tabel 9.5 (a) persyaratan beton structural dimana bila persyaratan telah terpenuhi maka tidak perlu dikontrol terhadap lendutan

1. Dua tumpuan sederhana :

$$h_{\min} = \frac{1}{12} \times Lb$$

2. Dua tumpuan menerus :

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times Lb$$

3. Kantilever atau Balok konsol :

$$h_{\min} = \frac{1}{8} \times Lb$$

Adapun data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan, hasil gambar perencanaan dimensi balok dalam perencanaan struktur gedung *Restaurant Pakuwon Square* adalah sebagai berikut :

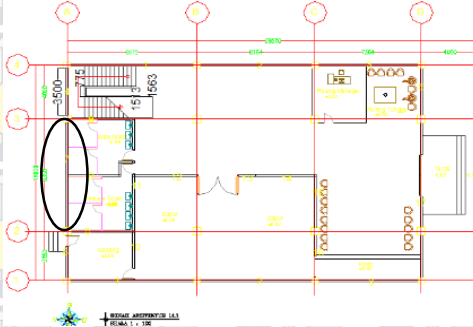
A. Balok Induk

1. Balok Induk Melintang

a. Data Perencanaan

- Tipe balok = B2
- As balok = A(2-3)
- Bentang balok = 8350 mm
- Kuat leleh tul.lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.1 Denah Arsitektur Lantai 2

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + \frac{f_y}{700})$

Tinggi balok :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 835 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 67,6 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

Lebar Balok :

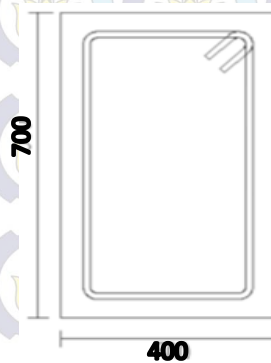
$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 67,6 \text{ cm}$$

$$= 45,1 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok induk melintang (B2) dengan ukuran 40/70

d. Gambar Perencanaan Balok B2 adalah



Gambar 4.2 Dimensi penampang balok induk B2

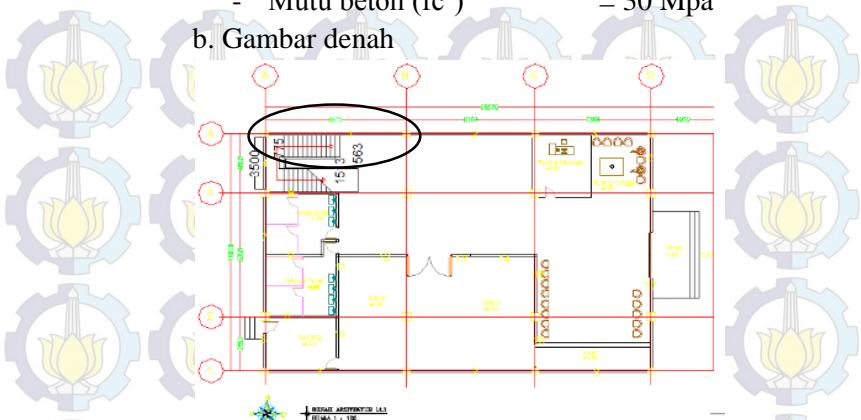
2. Balok Induk Memanjang

a. Data Perencanaan

- Tipe balok = B3
- As balok = 4 (A-B)
- Bentang balok = 8972 mm

- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.3 Denah Arsitektur Lantai 2

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi balok :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 897,2 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 72,6 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$$

Lebar Balok :

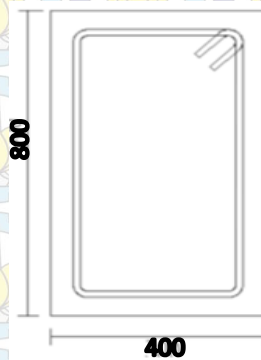
$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 72,6 \text{ cm}$$

$$= 48,4 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok induk melintang (B3) dengan ukuran 40/80

d. Gambar Perencanaan Balok B3 adalah



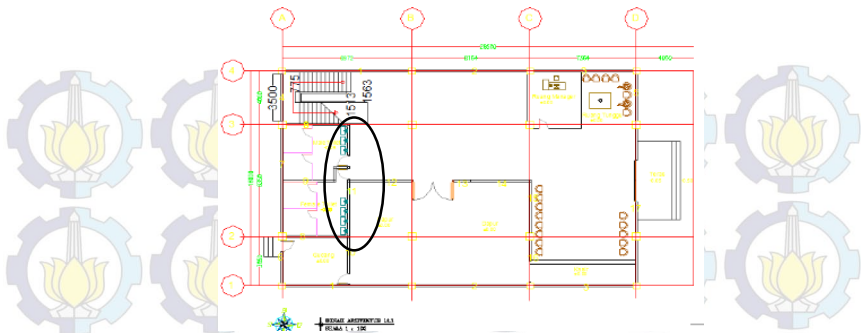
Gambar 4 Dimensi penampang balok induk B3

B. Balok Anak**1. Balok Anak Melintang**

a. Data Perencanaan

- Tipe balok = BA2
- As balok = A' (2-3)
- Bentang balok = 8350 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.5 Denah Arsitektur Lantai 2

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi balok :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 835 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 50,7 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

Lebar Balok :

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 50,7 \text{ cm}$$

$$= 33,8 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok anak melintang (BA3) dengan ukuran 40/55

d. Gambar Perencanaan Balok BA2 adalah



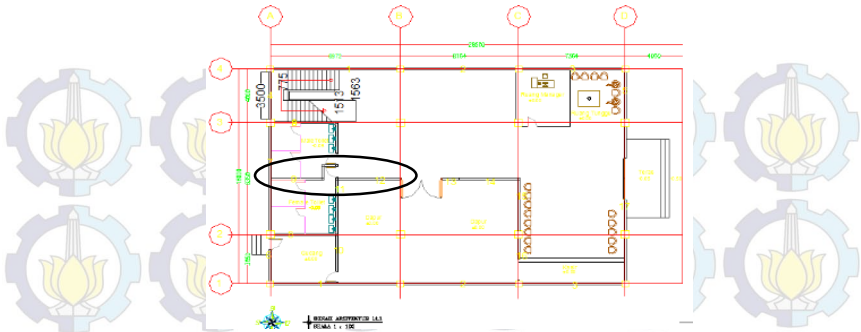
Gambar 4.6 Dimensi penampang balok anak BA2

2. Balok Anak Memanjang

a. Data Perencanaan

- Tipe balok = BA3
- As balok = 2' (A-B)
- Bentang balok = 8972 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.7 Denah Arsitektur Lantai 2

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi balok :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 897,2 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 54,5 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

Lebar Balok :

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 54,5 \text{ cm}$$

$$= 36,3 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok anak melintang (BA3) dengan ukuran 40/55

d. Gambar Perencanaan Balok BA3 adalah



Gambar 4.8 Dimensi penampang balok anak BA3

4.1.2 Perencanaan Dimensi Sloof

Penentuan tinggi balok min (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pada Tabel 9.5 (a) persyaratan beton structural dimana bila persyaratan telah terpenuhi maka tidak perlu dikontrol terhadap lendutan

1. Dua tumpuan sederhana :

$$h_{\min} = \frac{1}{12} \times Lb$$

2. Dua tumpuan menerus :

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times Lb$$

3. Kantilever atau Balok konsol :

$$h_{\min} = \frac{1}{8} \times Lb$$

Adapun data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan, hasil gambar perencanaan dimensi balok dalam perencanaan struktur gedung Restaurant Pakuwon Square adalah sebagai berikut :

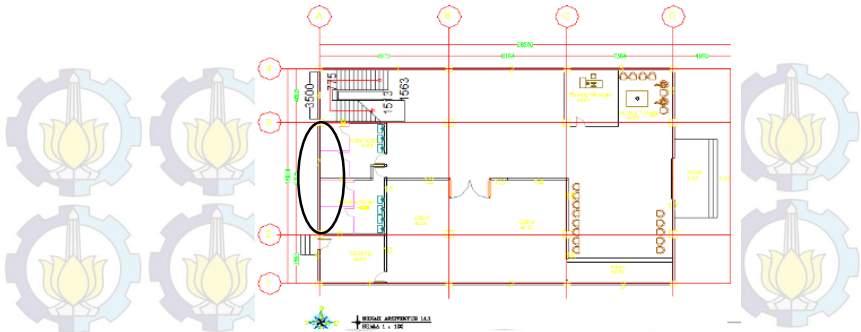
A. Sloof Induk

1. Sloof Induk Melintang

a. Data Perencanaan

- Tipe Sloof = S2
- As Sloof = A(2-3)
- Bentang Sloof = 8350 Mmm
- Kuat leleh tul.lentur (f_y) = 400Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.9 Denah Arsitektur Lantai 1

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi Sloof :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 835 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 67,6 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Lebar Sloof :

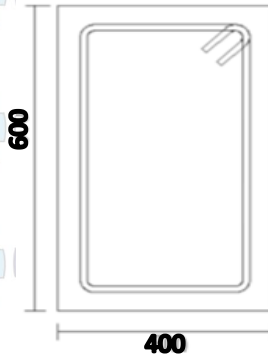
$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 67,7 \text{ cm}$$

$$= 45,1 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan sloof induk melintang (S2) dengan ukuran 40/60

d. Gambar Perencanaan Sloof S2 adalah



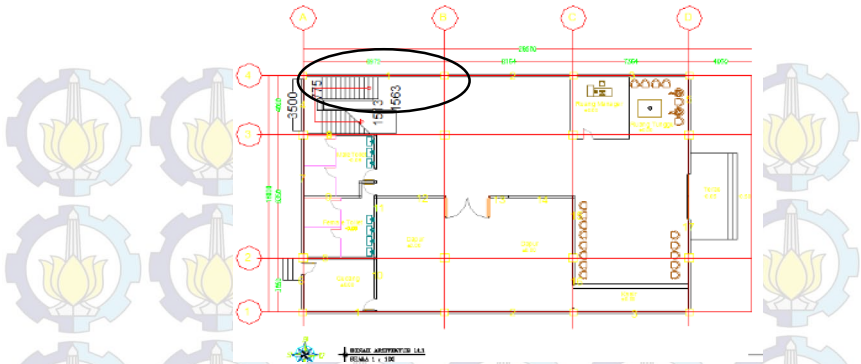
Gambar 4.10 Dimensi penampang sloof induk S2

2. Sloof Induk Memanjang

a. Data Perencanaan

- Tipe Sloof = S3
- As Sloof = 4 (A-B)
- Bentang Sloof = 8972 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.11 Denah Arsitektur Lantai 1

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi Sloof :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 897,2 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 72,6 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$$

Lebar Sloof :

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 72,6 \text{ cm}$$

$$= 48,4 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Maka direncanakan sloof induk melintang (S3) dengan ukuran 45/65

d. Gambar Perencanaan Sloof S3 adalah



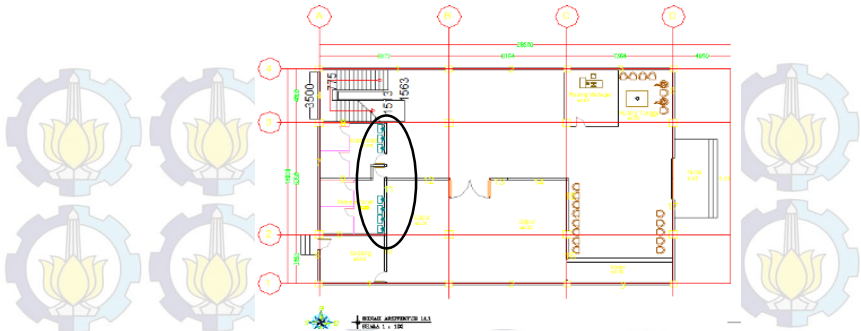
Gambar 4.12 Dimensi penampang sloof induk S3

B. Sloof Anak**1. Sloof Anak Melintang**

a. Data Perencanaan

- Tipe Sloof = SA2
- As Sloof = A' (2-3)
- Bentang Sloof = 8350 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.13 Denah Arsitektur Lantai 1

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi Sloof :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 835 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 54,5 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Lebar Sloof :

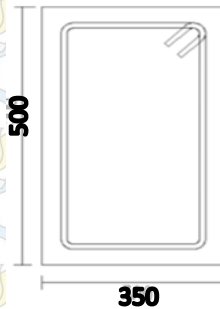
$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 54,5 \text{ cm}$$

$$= 36,3 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan sloof anak melintang (SA2) dengan ukuran 35/50

d. Gambar Perencanaan Sloof SA2 adalah



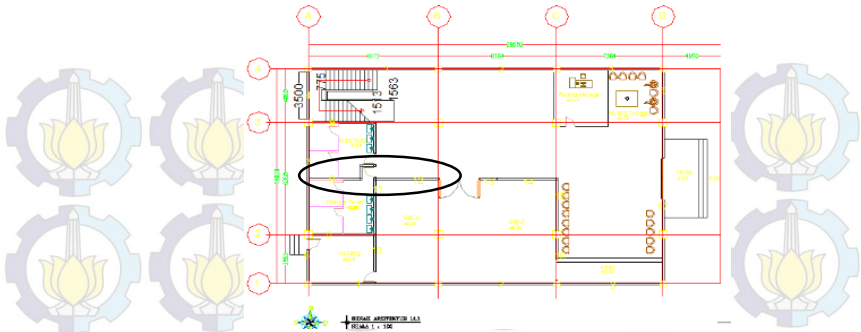
Gambar 4.14 Dimensi penampang sloof anak SA2

2. Sloof Anak Memanjang

a. Data Perencanaan

- Tipe Sloof = BA3
- As Sloof = 2' (A-B)
- Bentang Sloof = 8972 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.15 Denah Arsitektur Lantai 1

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi Sloof :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 897,2 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 54,5 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Lebar Sloof :

$$b = \frac{2}{3} \times h$$
$$= \frac{2}{3} \times 54,5 \text{ cm}$$

$$= 36,3 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan sloof induk melintang (SA3) dengan ukuran 35/50

d. Gambar Perencanaan Sloof SA3 adalah



Gambar 4.16 Dimensi penampang sloof anak SA3

4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Data-data perencanaan gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan, hasil gambar perencanaan awal struktur gedung *Restaurant Pakuwon Square Surabaya*.

A. Kolom Lantai 1

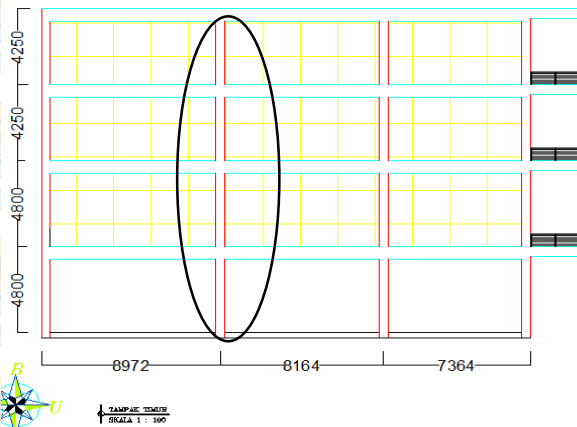
a. Data perencanaan

- Tipe Sloof = K1

Menentukan dimensi kolom

- Tinggi Kolom (H_{Kolom}) = 480 cm
- Bentang Balok (L_{Balok}) = 897,2 cm
- Lebar Balok (b_{Balok}) = 40 cm
- Tinggi Balok (h_{Balok}) = 80 cm

b. Gambar denah



Gambar 4.17 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4

c. Ketentuan perencanaan

Dimensi Kolom ditentukan berdasarkan ketentuan dalam bangunan SRPMM yaitu dengan kolom kuat balok lemah

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

Dimana $h=b$

Menentukan Dimensi Kolom

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{H \text{ kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L \text{ balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{480 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 40 \text{ cm} \cdot (80 \text{ cm}^3)}{897,2 \text{ cm}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{480 \text{ cm}} \geq 1902,21 \text{ cm}^3$$

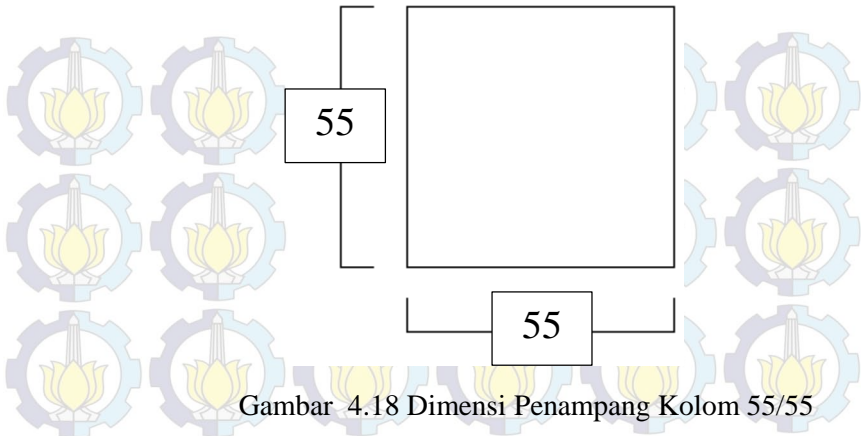
$$h^4 \geq 1902,21 \text{ cm}^3 \cdot 480 \text{ cm} \cdot 12$$

$$h^4 \geq 10956754,35 \text{ cm}^4$$

$$h \geq 57,5 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom Lantai 1 (K1) dengan ukuran 55/55

e. Gambar Perencanaan Kolom (K1)



Gambar 4.18 Dimensi Penampang Kolom 55/55

B. Kolom Lantai 2-3

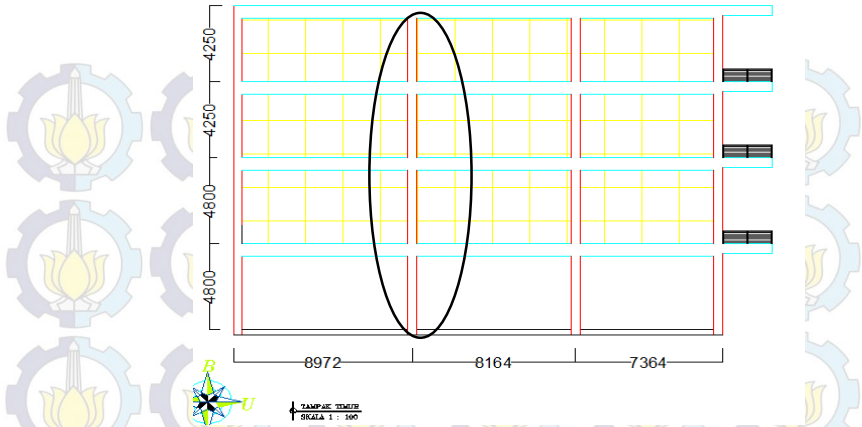
a. Data perencanaan

- Tipe Sloof = K2

Menentukan dimensi kolom

- Tinggi Kolom (H_{Kolom}) = 425 cm
- Bentang Balok (L_{Balok}) = 897,2 cm
- Lebar Balok (b_{Balok}) = 40 cm
- Tinggi Balok (h_{Balok}) = 80 cm

b. Gambar denah



Gambar 4.19 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4

c. Ketentuan perencanaan

Dimensi Kolom ditentukan berdasarkan ketentuan dalam bangunan SRPMM yaitu dengan kolom kuat balok lemah

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

Dimana $h=b$

Menentukan Dimensi Kolom

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{H \text{ kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L \text{ balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{425 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 40 \text{ cm} \cdot (80 \text{ cm}^3)}{897,2 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \geq 1902,21 \text{ cm}^3$$

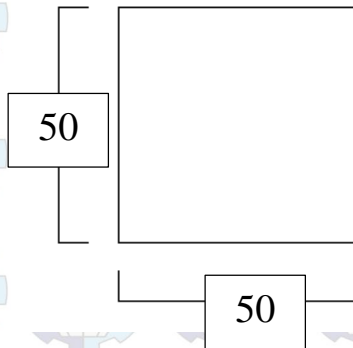
$$h^4 \geq 1902,21 \text{ cm}^3 \cdot 480 \text{ cm} \cdot 12$$

$$h^4 \geq 9701271 \text{ cm}^4$$

$$h \geq 55,8 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom Lantai 2-3 (K2) dengan ukuran 50/50

e. Gambar Perencanaan Kolom (K2)



Gambar 4.20 Dimensi Penampang Kolom 50/50

C. Kolom Lantai 4

a. Data perencanaan

- Tipe Sloof = K3

Menentukan dimensi kolom

- Tinggi Kolom (H_{Kolom}) = 425 cm

- Bentang Balok (L_{Balok}) = 897,2 cm

- Lebar Balok (b_{Balok}) = 40 cm

- Tinggi Balok (h_{Balok}) = 80 cm

b. Gambar denah



Gambar 4.21 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4

c. Ketentuan perencanaan

Dimensi Kolom ditentukan berdasarkan ketentuan dalam bangunan SRPMM yaitu dengan kolom kuat balok lemah

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

Dimana $h=b$

Menentukan Dimensi Kolom

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{H \text{ kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L \text{ balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{425 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 40 \text{ cm} \cdot (80 \text{ cm}^3)}{897,2 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \geq 1902,21 \text{ cm}^3$$

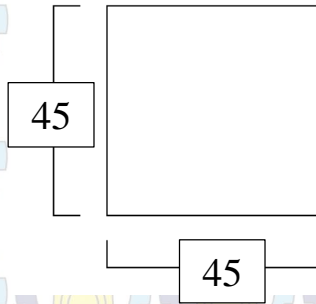
$$425 \text{ cm} \cdot h^3 \geq 1902,21 \text{ cm}^3 \cdot 480 \text{ cm} \cdot 12$$

$$h^3 \geq 9701271 \text{ cm}^4$$

$$h \geq 55,8 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom Lantai 4 (K3) dengan ukuran 45/45

e. Gambar Perencanaan Kolom (K3)



Gambar 4.22 Dimensi Penampang Kolom 45/45

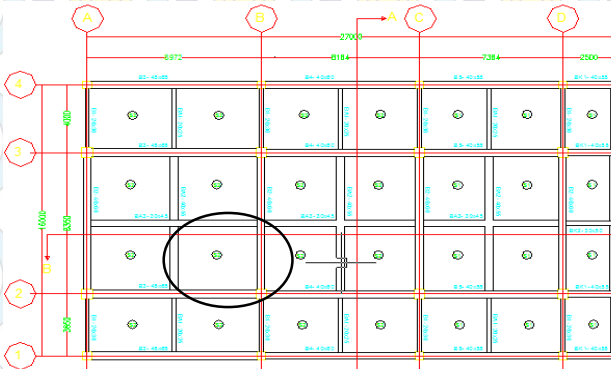
4.1.4 Perencanaan Tebal Pelat

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi pelat Lantai 1 tipe B adalah sebagai berikut :

a. Data Perencanaan

- Tipe Pelat : B
- Kuat Tekan Beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat Leleh Tulangan Lentur (f_y) : 400 Mpa
- Rencana Tebal Pelat : 120 cm
- Bentang Pelat Sumbu Panjang (L_y) : 448,6 cm
- Bentang Pelat Sumbu Pendek (S_x) : 417,5 cm
- Balok 1 as 2 (A'-B) : 40/80 cm
- Balok 2 as B (2-2') : 40/70 cm
- Balok 3 as 2' (A'-B) : 40/55 cm
- Balok 4 as A' (2-2') : 40/55 cm

b. Gambar Denah



Gambar 4.23 Denah Struktur Balok Lantai 2

c. Perhitungan Perencanaan

- Bentang Bersih pelat Sumbu Panjang :

$$\begin{aligned} L_n &= L_y - \left(\frac{b_{\text{balok 2}}}{2} + \frac{b_{\text{balok 4}}}{2} \right) \\ &= 448,6 \text{ cm} - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) \\ &= 408,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Bentang Bersih Pelat Sumbu Pendek

$$\begin{aligned} S_n &= S_x - \left(\frac{b_{\text{balok 1}}}{2} + \frac{b_{\text{balok 3}}}{2} \right) \\ &= 417,5 \text{ cm} - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) \\ &= 377,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \beta &= \frac{L_n}{S_n} \\ &= \frac{406,1 \text{ cm}}{372,5 \text{ cm}} \\ &= 1,090 \end{aligned}$$

1. Balok as A' joint 2-2'

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada pasal 15.2.4 menentukan lebar efektif sayap untuk balok L adalah $be = bw + 2hw \leq bw + 8hf$

$$\begin{aligned} \checkmark be &= bw + 2hw \\ &= 40 \text{ cm} + 2(55 \text{ cm} - 12 \text{ cm}) \\ &= 126 \text{ cm} \\ \checkmark be &= bw + 8hf \\ &= 40 \text{ cm} + 8(12 \text{ cm}) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipilih nilai terkecil $be = 126 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

Momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan K

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$= \frac{1 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)}$$

$$= 1,608$$

- Momen inersia penampang T :

$$\checkmark I_b = K \cdot \frac{bw \cdot h^3}{12}$$

$$= 1,608 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (55 \text{ cm})^3}{12}$$

$$= 891770 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$\checkmark I_p = \frac{bp \cdot t^3}{12}$$

$$= \frac{\{0,5 \cdot (448,6 \text{ cm} + 448,6 \text{ cm})\} \cdot 12^3}{12}$$

$$= 64598,4 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$= \frac{891770 \text{ cm}^4}{64598,4 \text{ cm}^4}$$

$$= 13,80$$

2. Balok as B joint 2-2'

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada pasal 15.2.4 menentukan lebar efektif sayap untuk balok L adalah $be = bw + 2 hw \leq bw + 8hf$

$$\begin{aligned} \checkmark be &= bw + 2hw \\ &= 40 \text{ cm} + 2(70 \text{ cm} - 12 \text{ cm}) \\ &= 156 \text{ cm} \\ \checkmark be &= bw + 8hf \\ &= 40 \text{ cm} + 8(12 \text{ cm}) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipilih nilai terkecil $be = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

Momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan K

$$\begin{aligned} K &= \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} \\ &= \frac{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right)} \\ &= 1,612 \end{aligned}$$

- Momen inersia penampang T :

$$\begin{aligned} \checkmark I_b &= K \cdot \frac{bw \cdot h^3}{12} \\ &= 1,612 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (70 \text{ cm})^3}{12} \\ &= 1843053,33 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$\begin{aligned} \checkmark I_p &= \frac{bp \cdot t^3}{12} \\ &= \frac{\{0,5 \cdot (365 \text{ cm} + 417,5 \text{ cm})\} \cdot 12^3}{12} \\ &= 56340 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \frac{I_b}{I_p} \\ &= \frac{1843053,33 \text{ cm}^4}{56340 \text{ cm}^4} \\ &= 32,71 \end{aligned}$$

3. Balok as 2' joint A'-B

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada pasal 15.2.4 menentukan lebar efektif sayap untuk balok L adalah $be = bw + 2hw \leq bw + 8hf$

$$\begin{aligned} \checkmark be &= bw + 2hw \\ &= 40 \text{ cm} + 2(55 \text{ cm} - 12 \text{ cm}) \\ &= 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark be &= bw + 8hf \\ &= 40 \text{ cm} + 8(12 \text{ cm}) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipilih nilai terkecil $be = 126 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

Momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan K

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$= \frac{1 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)}$$

$$= 1,608$$

- Momen inersia penampang T :

$$\begin{aligned} \checkmark \quad I_b &= K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} \\ &= 1,608 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (55 \text{ cm})^3}{12} \\ &= 891770 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$\begin{aligned} \checkmark \quad I_p &= \frac{b_p \cdot t^3}{12} \\ &= \frac{\{0,5 \cdot (408,2 \text{ cm} + 417,5 \text{ cm})\} \cdot 12^3}{12} \\ &= 59450,4 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\begin{aligned} \alpha_3 \quad \frac{I_b}{I_p} &= \frac{891770 \text{ cm}^4}{59450,4 \text{ cm}^4} \\ &= 15,00 \end{aligned}$$

4. Balok as 2 joint A'-B

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada pasal 15.2.4 menentukan lebar efektif sayap untuk balok L adalah $be = bw + 2 hw \leq bw + 8hf$

$$\begin{aligned} \checkmark \quad be &= bw + 2hw \\ &= 40 \text{ cm} + 2(80 \text{ cm} - 12 \text{ cm}) \\ &= 176 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \quad be &= bw + 8hf \\ &= 40 \text{ cm} + 8(12 \text{ cm}) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipilih nilai terkecil $be = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

Momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan K

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$= \frac{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right)}$$

$$= 1,582$$

- Momen inersia penampang T :

$$\checkmark I_b = K \cdot \frac{bw \cdot h^3}{12}$$

$$= 1,582 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (80 \text{ cm})^3}{12}$$

$$= 2699946.667 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$\checkmark I_p = \frac{bp \cdot t^3}{12}$$

$$= \frac{\{0,5 \cdot (417,5 \text{ cm} + 408,2 \text{ cm})\} \cdot 12^3}{12}$$

$$= 59450,4 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$= \frac{2699946.667 \text{ cm}^4}{59450,4 \text{ cm}^4}$$

$$= 45.42 > 2 \text{ (Jepit Penuh)}$$

Dari keempat balok diatas didapatkan rata-rata :

$$\begin{aligned}\alpha_m &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \\ &= \frac{13,80 + 32,71 + 15,00 + 45,42}{4} \\ &= 26,73\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 11.5 Karena $\alpha_m > 2$, maka ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang

$$\text{dari } h = \frac{L \ln \left(0,80 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} > 90 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}h &= \frac{4486 \text{ mm} \times \left(0,80 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + (9 \cdot 1,090)} > 90 \text{ mm} \\ &= 104,45 \text{ mm} > 90 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan dimensi tebal pelat lantai yang digunakan adalah 120 mm = 12 cm

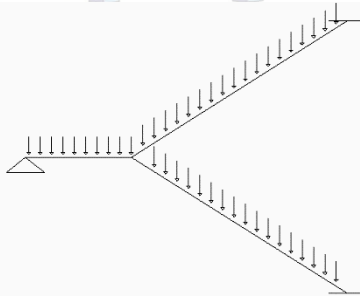
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir perencanaan dimensi tangga adalah sebagai berikut :

a. Data Perencanaan

- Mutu Beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa
- Panjang Bordes = 4 meter
- Panjang Tangga = 4 meter
- Lebar Tangga = 4,474 meter
- Tebal Pelat Bordes = 12 cm
- Diameter tulangan lentur = 16 mm
- Tebal Selimut Beton = 20 mm
- Lebar Injakan (i) = 30 cm
- Tinggi Injakan (t) = 17 cm

b. Gambar Denah



Gambar 4.24 Pemodelan struktur tangga

c. Perhitungan dimensi

- Syarat Perencanaan :

$$60 \leq 2 \cdot t + i \leq 65$$

Lebar injakan (i) diambil = 30 cm

Tinggi tanjakan diambil = 17 cm

$$60 \leq 2 \cdot t + i \leq 65$$

$$60 \leq 2 \cdot 20 + 30 \leq 65$$

- Panjang Miring anak tangga (c) = $\sqrt{i^2 + t^2}$

$$= \sqrt{30^2 + 17^2}$$

$$= 34,48 \text{ cm}$$

- Jumlah Tanjakan (ni) = $nt - 1$

$$= 22 - 1$$

$$= 21 \text{ tanjakan}$$

- Panjang Miring Tangga (b)

$$= \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (l. \text{tangga} - l. \text{bordes})^2}$$

$$= \sqrt{(265)^2 + (447,4 - 120)^2}$$

$$= 419,11 \text{ cm} \approx 420 \text{ cm}$$

- Sudut Kemiringan Tangga (α) = $\text{arc tan } \frac{200}{300}$

$$= 33,69^\circ$$

Syarat Kemiringan Tangga $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ jadi $25^\circ \leq 33,69^\circ \leq 40^\circ$

- Tebal Efektif Plat Tangga, $\text{Cos } \alpha = \frac{m}{17}$
 $\text{Cos } 33,69^\circ = \frac{m}{17}$

$$m = 14,14$$

- Rata-rata $= \frac{m}{2} = \frac{14,14}{2} = 7,07$

- Tebal efektif $= 120 + 7,07$
 $= 127,07 \approx 150 \text{ cm}$

Dari perhitungan diatas, didapat dimensi tebal efektif tangga yaitu 15 cm

4.2 Perencanaan Pembebanan

4.2.1 Pembebanan Pelat

Pembebanan yang ada pada komponen struktur pelat disesuaikan dengan fungsi bangunan, hal ini tercantum pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83).

A. Beban Mati Pelat

Beban mati sesuai PPIUG 1983 tabel 2.1 :

- Berat pelat (12 cm)	$= 0.12 \times 2400 = 288$	kg/m^2
- Berat spesi (1,5cm)	$= 1,5 \times 21 = 31,5$	kg/m^2
- Berat keramik (1cm)	$= 1 \times 24 = 24$	kg/m^2
- Berat plafond dan pengantung	$= 18$	kg/m^2
- Pemipaan air	$= 25$	kg/m^2
- Instalasi listrik, AC, dll	$= 15$	$\text{kg/m}^2 +$
Beban Mati Total	$= 401,5$	kg/m^2

B. Beban Hidup Pelat

Beban Hidup sesuai PPIUG 1983 tabel 3.1 :

- Beban hidup lantai <i>Restaurant</i>	$= 250$	kg/m^2
- Beban hidup lantai atap	$= 100$	kg/m^2

4.2.2 Pembebanan Tangga

Pembebanan yang ada pada komponen struktur Tangga disesuaikan dengan fungsi bangunan, hal ini tercantum pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83).

A. Beban Mati Tangga

Beban mati sesuai PPIUG 1983 tabel 2.1 :

- Berat pelat (15 cm) = $0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
- Berat Anak Tangga = $0,0707 \times 2400 = 169,68 \text{ kg/m}^2$
- Berat keramik (1cm) = $1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi (1cm) = $1 \times 21 = 21 \text{ kg/m}^2$
- Berat pegangan = $10 \text{ kg/m}^2 +$

Beban Mati Total = $224,68 \text{ kg/m}^2$

B. Beban Hidup Tangga

Beban Hidup sesuai PPIUG 1983 tabel 3.1 :

- Beban hidup tangga = 300 kg/m^2

4.2.3 Pembebanan Dinding

Pembebanan yang ada pada komponen struktur dinding disesuaikan dengan PPIUG 1983 tabel 3 sebesar 250 kg/m^2

A. Beban Dinding

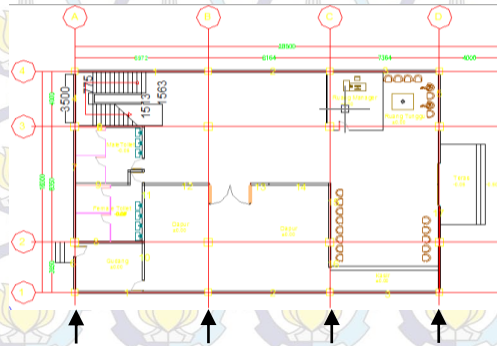
- Tinggi dinding tiap lantai
 - Lantai 1 (H1) = 4,8 m
 - Lantai 2 (H2) = 4,8 m
 - Lantai 3 (H3) = 4,25 m
 - Lantai 4 (H4) = 4,25 m

▪ Perhitungan

Untuk perhitungan pembebanan dinding disertakan dalam lampiran.

4.2.4 Perhitungan Beban Angin

Karena bangunan Restaurant ini terletak jauh dari tepi laut, maka tekanan tiup yang terjadi sebesar 25 kg/m^2 . Berikut ini adalah beban angin yang diterima oleh kolom :



Gambar 4.25 Denah Arsitektur Lantai 1-4

- Kolom As A-1 : $25 \text{ kg/m}^2 \times 4,486 \text{ m}$
: $112,15 \text{ kg/m}$
- Kolom As B-1 : $25 \text{ kg/m}^2 \times 8,568 \text{ m}$
: $214,2 \text{ kg/m}$
- Kolom As C-1 : $25 \text{ kg/m}^2 \times 7,764 \text{ m}$
: $194,1 \text{ kg/m}$
- Kolom As D-1 : $25 \text{ kg/m}^2 \times 3,682 \text{ m}$
: $92,05 \text{ kg/m}$

4.2.5 Perhitungan Beban Gempa

1. Tahanan Penetrasi standar rata-rata

Tabel 4.1 Tahanan Penetrasi Tanah

Jenis Tanah	di	Ni	di/Ni
Pasir Berlanau Abu-abu	5	49	0,102
Lempung Berpasir Abu-abu	5	36	0,139
Lempung Berlanau Abu-abu	20	33,7	0,593
TOTAL	30	116	0,834

$$\bar{N} = \frac{\sum_{t=1}^n di}{\sum_{t=1}^n \frac{di}{Ni}} = \frac{30}{0,834} = 35,96$$

2. Sesuai dengan tabel 2.2 klasifikasi situs, apabila $\bar{N} = 15$ sampai 50 maka tanah masuk ke dalam kelas situs SD (Tanah Sedang).
3. Lihat Gambar 8 Peta Hazard: Lokasi Surabaya untuk percepatan batuan dasar pada perioda pendek)

$$S_s = 0,4 \text{ g}$$
4. Lihat Gambar 9 Peta Hazard: Lokasi Surabaya untuk percepatan batuan dasar pada perioda 1detik)

$$S_1 = 0,15 \text{ g}$$
5. Lihat Tabel 2.5 Koefisien Fa (Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek)

$$F_a = 1,48$$
6. Lihat Tabel 2.6 Koefisien Fv (Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik)

$$F_v = 2,2$$
7. Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a * S_s \\ &= 1,48 * 0,4 \\ &= 0,592 \end{aligned}$$

8. Parameter spectrum respons percepatan pada periode 1 detik

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v * S_1 \\ &= 2,2 * 0,15 \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

9. Parameter percepatan spectral desain untuk perioda pendek

$$\begin{aligned} S_{DS} &= (2/3) * S_{MS} \\ &= (2/3) * 0,592 \\ &= 0,395 \end{aligned}$$

10. Parameter percepatan spectral desain untuk perioda 1 detik

$$\begin{aligned} S_{D1} &= (2/3) * S_{M1} \\ &= (2/3) * 0,33 \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

11. Pembuatan kurva spectrum respons desain

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 * (S_{D1} / S_{DS}) \\ &= 0,2 * (0,22 / 0,395) \\ &= 0,111 \end{aligned}$$

12. Pembuatan kurva spectrum respons desain

$$\begin{aligned} T_s &= S_{D1} / S_{DS} \\ &= 0,22 / 0,395 \\ &= 0,557 \end{aligned}$$

13. Periode Fundamental Pendekatan

- $C_t = 0,0466$
- $x = 0,9$
- $h_n = 18,1 \text{ m}$
- $T = C_t * (h_n)^x$

$$\begin{aligned} &= 0,0466 * (18,1^{0,9}) \\ &= 0,632 \end{aligned}$$

14. Buat tabel Spektrum Respon Desain

- a. Untuk Periode Yang Lebih Kecil T_0 , $S_a = SDS$
($0,4+0,6 T/T_0$)
- b. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0
dan dari atau sama dengan T_s , $S_a = SDS$
- c. Untuk Periode Lebih besar dari T_s , $S_a = SD1/T$

Tabel 4.2 Spektrum Respon Desain

T (detik)	T (detik)	S_a (g)
0	0	0.158
T_0	0.111	0.395
T_s	0.557	0.395
$T_s+0,1$	0.657	0.335
$T_s+0,2$	0.757	0.290
$T_s+0,3$	0.857	0.257
$T_s+0,4$	0.957	0.230
$T_s+0,5$	1.057	0.208
$T_s+0,6$	1.157	0.190
$T_s+0,7$	1.257	0.175
$T_s+0,8$	1.357	0.162
$T_s+0,9$	1.457	0.151
$T_s+1,0$	1.557	0.141
$T_s+1,1$	1.657	0.133
$T_s+1,2$	1.757	0.125
$T_s+1,3$	1.857	0.118
$T_s+1,4$	1.957	0.112
$T_s+1,5$	2.057	0.107
$T_s+1,6$	2.157	0.102
$T_s+1,7$	2.257	0.097
$T_s+1,8$	2.357	0.093

Ts+1,9	2.457	0.090
Ts+2,0	2.557	0.086
Ts+2,1	2.657	0.083
Ts+2,2	2.757	0.080
Ts+2,3	2.857	0.077
Ts+2,4	2.957	0.074
Ts+2,5	3.057	0.072
Ts+2,6	3.157	0.070
Ts+2,7	3.257	0.068
Ts+2,8	3.357	0.066
Ts+2,9	3.457	0.064
Ts+3,0	3.557	0.062

15. Tinggi Bangunan

- $H_0 = 0$ m
- $H_1 = 4,8$ m
- $H_2 = 9,6$ m
- $H_3 = 13,85$ m
- $H_4 = 18,1$ m

16. Berat Bangunan

W	Jenis Beban	Ket.	Berat	Sat.	Total	Sat.
0	Mati	- Kolom	22118,4	Kg	55383,4	Kg
		- Dinding	16389,6	Kg		
		- Tangga	7640,5	Kg		
	Hidup	- Lantai	0	Kg		
		- Tangga	3474,9	Kg		
1	Mati	- Balok	132572,5	Kg		
		- Pelat	164737,9	Kg		
		- Kolom	46080,0	Kg		
		- Tangga	11057,4	Kg		
		- Dinding	6347,6	Kg		
	Hidup	- Lantai	102576,5	Kg		

		- Tangga	5127,3	Kg		
					468498,8	Kg
2	Mati	- Balok	132572,2	Kg		
		- Pelat	164737,9	Kg		
		- Kolom	43440,0	Kg		
		- Tangga	10936,4	Kg		
		- Dinding	5887,1	Kg		
	Hidup	- Lantai	102576,5	Kg		
		- Tangga	5026,5	Kg		
					465176,5	Kg
3	Mati	- Balok	132572,2	Kg		
		- Pelat	165023,9	Kg		
		- Kolom	36924,0	Kg		
		- Tangga	3494,7	Kg		
		- Dinding	5926,8	Kg		
	Hidup	- Lantai	102754,6	Kg		
		- Tangga	1574,1	Kg		
					448270,4	Kg
4	Mati	- Balok	132572,2	Kg		
		- Pelat	161568,0	Kg		
		- Kolom	16524,0	Kg		
	Hidup	- Lantai	108000,0	Kg		
					418664,2	Kg
Wt Total					1855993,2	Kg

17. Nilai percepatan respon spectra untuk gempa 500 tahun sebesar 0,395

18. Sesuai dengan Tabel 3.9 dan Table 3.10 Faktor Keutamaan Gempa (I_e) untuk bangunan *Restaurant* yakni sebesar 1,0

19. Nilai koefisien modifikasi respon (R) sesuai dengan tabel 3.11 sebesar 5

20. Gaya Geser Seismik (V)

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R I_e}$$

Sehingga,

$$V = \frac{S_a \times I_e \times W_t}{R}$$

$$V = \frac{0.395 \times 1 \times 1855993,2 \text{ kg}}{5}$$

$$V = \frac{1464997,3 \text{ kg}}{5}$$

$$V = 292999,5 \text{ kg}$$

21. Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F)

Ket.	Wi	hi	Wi x hi	Fi
	(kg)	(m)	(kgm)	(kg)
0	55383,37	0	0	0
1	468498,76	4,8	491072,58	74527,42
2	465176,52	9,6	497835,57	75553,81
3	448270,38	13,85	485046,68	73612,91
4	418664,16	18,10	456663,33	69305,32
Σ	1855993,19		1930618,16	292999,46

$$\bullet F_0 = \frac{W_0 \times h_0}{\sum W_i \times h_i} \times V$$

$$F_0 = \frac{0}{1930618,16} \times 292999,46$$

$$F_0 = 0$$

$$\bullet F_1 = \frac{W_1 \times h_1}{\Sigma W_i \times h_i} \times V$$

$$F_1 = \frac{491072,58}{1930618,16} \times 292999,46$$

$$F_1 = 74527,42kg$$

$$\bullet F_2 = \frac{W_2 \times h_2}{\Sigma W_i \times h_i} \times V$$

$$F_2 = \frac{497835,57}{1930618,16} \times 292999,46$$

$$F_2 = 75553,81kg$$

$$\bullet F_3 = \frac{W_3 \times h_3}{\Sigma W_i \times h_i} \times V$$

$$F_3 = \frac{485046,68}{1930618,16} \times 292999,46$$

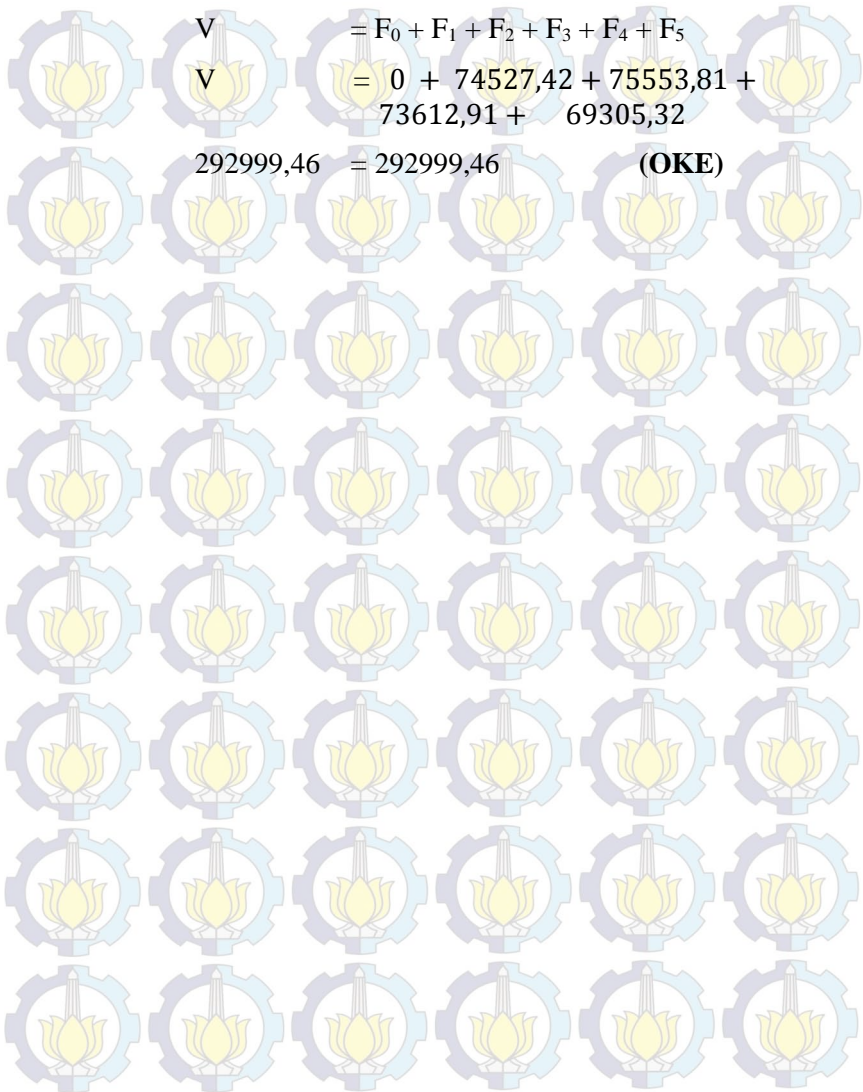
$$F_3 = 73612,91kg$$

$$\bullet F_4 = \frac{W_4 \times h_4}{\Sigma W_i \times h_i} \times V$$

$$F_4 = \frac{456663,33}{1930618,16} \times 292999,46$$

$$F_4 = 69305,32kg$$

22. Cek Gaya Geser (Cek V)


$$\begin{aligned}V &= F_0 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\V &= 0 + 74527,42 + 75553,81 + \\ & 73612,91 + 69305,32 \\292999,46 &= 292999,46 \quad \text{(OKE)}\end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Beton Bertulang

4.3.1 Penulangan Pelat

Karena $om > 2$ maka dengan menggunakan tebal pelat 12 cm merupakan pelat jepit-penuh Berikut perhitungan Penulangan Pelat Lantai Tipe A :

A. Data Perencanaan :

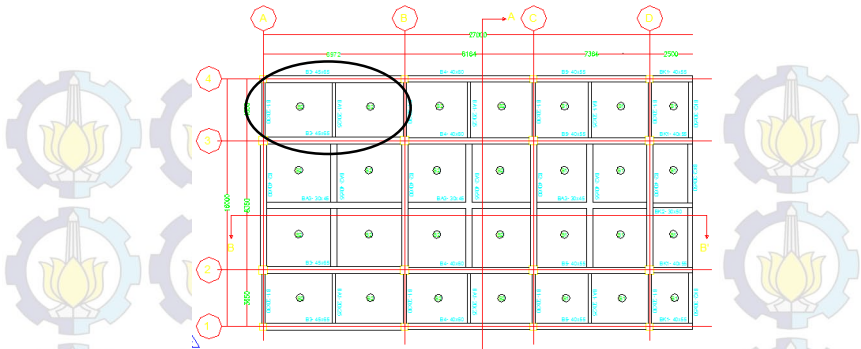
- Lx = 4 m
- Ly = 4,486 m
- Bj Beton = 2400 kg/m³
- fc' = 30 Mpa
- fy lentur = 400 Mpa
- fy geser = 240 Mpa
- Tebal Pelat = 12 cm
- Cover = 20 mm
- b = 1 m = 1000 mm
- ϕ = 0,8
- \varnothing Tul. Lentur = 10 mm
- \varnothing Tul.Susut = 8 mm

Karena $fc' = 30 \text{ Mpa} \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow$ maka $\beta_1 = 0,85$

Tipe Penulangan Pelat $\rightarrow \frac{Ly}{Lx} = \frac{4,486 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 1,12$

Karena $\frac{Ly}{Lx} = 1,12 < 2$ Maka tipe pelat A termasuk dalam pelat 2 arah (*two way slab*).

- Gambar denah :



Gambar 4.26 Denah Pelat lantai 2-4 Tipe A

B. Pembebanan Pada Pelat

1. Beban Mati Pelat Lantai Tipe A = $401,5 \text{ Kg/m}^2$
2. Beban Hidup *Restaurant* = 250 Kg/m^2

Beban Ultimate Rencana

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \\
 &= 1,2 (401,5 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (250 \text{ Kg/m}^2) \\
 &= 881,80 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Tulangan

Dalam perhitungan penulangan pelat ini direncanakan jepit penuh dengan menggunakan metode koefisien momen dimana koefisiennya di dapat pada gambar 4.26 berikut :

Tipe Pelat	Momen	ly / lx									
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
II	$M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40
	$M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12
	$M_{tx} = +0.001 q l_x^2 X$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83
	$M_{ty} = +0.001 q l_y^2 X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57

Gambar 4.27 Koefisien Momen pada pelat

Karena L_y/L_x pada pelat lantai tipe A ini 1,12 maka koefisien momen pada pelat jepit penuh didapatkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Lapangan} &\rightarrow X = 25 \\ &Y = 21 \\ \text{Tumpuan} &\rightarrow X = 59 \\ &Y = 54 \end{aligned}$$

Perhitungan Momen Pelat :

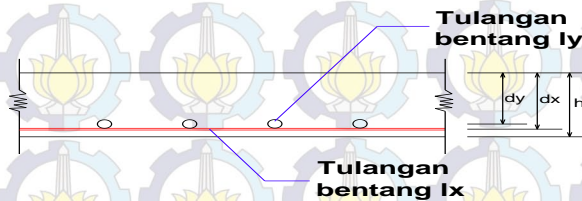
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 881,8 \text{ Kg/m}^2 \cdot (4\text{m})^2 \cdot 25 \\ &= 352,72 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 881,8 \text{ Kg/m}^2 \cdot (4\text{m})^2 \cdot 21 \\ &= 296,28 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 881,8 \text{ Kg/m}^2 \cdot (4\text{m})^2 \cdot 59 \\ &= 832,42 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 881,8 \text{ Kg/m}^2 \cdot (4\text{m})^2 \cdot 54 \\ &= 761,88 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Perhitungan pelat :



Gambar 4.28 Potongan pelat lantai

- $dx = \text{Tebal Pelat} - (\text{Cover Pelat} + (\frac{1}{2} \phi \text{ Tul. Bawah}))$
 $= 120 \text{ mm} - (20 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}))$
 $= 95 \text{ mm}$

- $dy = \text{Tebal pelat} - (\text{cover pelat} + \phi \text{ sengkang} + (\frac{1}{2} \phi \text{ tul bawah}))$
 $= 120 \text{ mm} - (20 \text{ mm} + 8 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}))$
 $= 87 \text{ mm}$

- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$

- $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400}$
 $= 0,0325$

- $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$
 $= 0,75 \cdot 0,0325$
 $= 0,0244$

1. Tulangan Tumpuan

➤ Arah X

$$M_{tx} = 832,42 \text{ Kgm} = 832,42 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{832,42 \cdot 10^4}{0,8}$$

$$= 10405240,00 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot dx^2} = \frac{10405240 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (95 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,15 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot Rn}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,15)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0030$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 > 0,0030 < 0,0244$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$
 $= 0,0030 \times 1,3$
 $= 0,0038$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d_x$
 $= 0,0038 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}$
 $= 364,40 \text{ mm}^2$

Maka digunakan $\varnothing 10$
 $A_{D10} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2$
 $= 78,57 \text{ mm}^2$

Jumlah $= \frac{As}{A_{D10}}$
 $= \frac{364,40 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2}$
 $= 4,64$

Jarak antar tulangan (s) $= \frac{b}{\text{Jumlah tulangan}}$
 $= \frac{1000 \text{ mm}}{4,64}$
 $= 215,62 \text{ mm}$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 2h$
- $S_{maks} = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

$$S = 215,62 \text{ mm} < S_{maks} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 200$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{S_{pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 364,40 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu:

$$\text{Didapatkan } \rho_{susut} \text{ pakai} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \text{As susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{As} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} \\ &= 232,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 5h$
- $S_{maks} = 5 \cdot 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$

$$S = 232,71 \text{ mm} < S_{maks} = 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 200$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = \\ &232,71 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Sehingga memakai Tulangan $\emptyset 10-200$ mm dan tulangan susut dan suhu $\emptyset 8-200$ mm

➤ **Arah Y**

$$M_{tx} = 761,88 \text{ Kgm} = 761,88 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{761,88 \cdot 10^4}{0,8} \\ &= 9523440 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{9523440 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (87 \text{ mm})^2} \\ &= 1,26 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] \\ &= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,26)}{400} \right)} \right] \\ &= 0,0032 \end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 > 0,0032 < 0,0244$

$$\begin{aligned} \text{Maka diperbesar 30\%} &= \rho \times 1,3 \\ &= 0,0032 \times 1,3 \\ &= 0,0042 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0042 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 87 \text{ mm} \\ &= 365 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka digunakan } \varnothing 10 \\ A_{D10} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \\ &= 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah} &= \frac{A_s}{A_{D10}} \\ &= \frac{365 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2} \\ &= 4,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{b}{\text{Jumlah tulangan}} \\ &= \frac{1000 \text{ mm}}{4,65} \\ &= 215,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{\text{maks}} \leq 2h$
- $S_{\text{maks}} = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

$$S = 215,62 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\varnothing 10 - 200$

$$\text{Aspakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \varnothing^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$= 392,5 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 365 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan $\rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$

As susut perlu = $0,0018 \times b \times h$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 120$$

$$= 216 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{As}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216}$$

$$= 232,71 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

$$\text{Smaks} \leq 5h$$

$$\text{Smaks} = 5 \cdot 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

$$S = 232,71 \text{ mm} < \text{Smaks} = 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

$$\text{maka Spakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 200$

$$\text{Aspakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200}$$

$$= 251,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} =$$

$$232,71 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Sehingga memakai Tulangan $\emptyset 10-200$ mm dan tulangan susut dan suhu $\emptyset 8-200$ mm

2. Lapangan

➤ Arah X

$$M_{tx} = 352,72 \text{ Kgm} = 352,72 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{352,72 \cdot 10^4}{0,8}$$

$$= 4409000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{4409000 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (95 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,49 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (0,49)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0012$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 > 0,0012 < 0,0244$$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$

$$= 0,0012 \times 1,3$$

$$= 0,0016$$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d$

$$= 0,0016 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}$$

$$= 152,31 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan $\emptyset 10$

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2$$

$$= 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah} &= \frac{A_s}{AD10} \\ &= \frac{152,31 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2} \\ &= 1,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{b}{\text{Jumlah tulangan}} \\ &= \frac{1000 \text{ mm}}{1,94} \\ &= 515,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{\text{maks}} \leq 2h$
- $S_{\text{maks}} = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

$$S = 515,87 \text{ mm} > S_{\text{maks}} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{TIDAK OKE}$$

$$\text{maka } S_{\text{pakai}} = 240 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\phi 10 - 240$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{240} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 327,25 \text{ mm}^2 > A_{\text{sperlu}} = \\ &152,31 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu:

$$\text{Didapatkan } \rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$$

$$\text{As susut perlu} = 0,0018 \times b \times h$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 120$$

$$= 216 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} = \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} = 232,71 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

$$\begin{aligned} \text{Smaks} &\leq 5h \\ \text{Smaks} &= 5 \cdot 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 232,71 \text{ mm} < \text{Smaks} = 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 200 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 200$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 232,71 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Sehingga memakai Tulangan $\emptyset 10-240$ mm dan tulangan susut dan suhu $\emptyset 8-200$ mm

➤ **Arah Y**

$$\text{Mtx} = 296,28 \text{ Kgm} = 296,28 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\emptyset} = \frac{296,28 \cdot 10^4}{0,8} = 3703560 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{3703560 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (87 \text{ mm})^2} = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (0,49)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0012$$

Sehingga $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$
 $0,0035 > 0,0012 < 0,0244$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$
 $= 0,0012 \times 1,3$
 $= 0,0016$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d_y$
 $= 0,0016 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 87 \text{ mm}$
 $= 139,70 \text{ mm}^2$

Maka digunakan $\varnothing 10$

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2$$

$$= 78,57 \text{ mm}^2$$

Jumlah $= \frac{As}{A_{D10}}$
 $= \frac{139,70 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2}$
 $= 1,78$

Jarak antar tulangan (s) $= \frac{b}{\text{Jumlah tulangan}}$
 $= \frac{1000 \text{ mm}}{1,78}$
 $= 562,41 \text{ mm}$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 2h$
- $S_{maks} = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

$$S = 562,41 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{TIDAK OKE}$$

maka $S_{\text{pakai}} = 240 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 240$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{240} \\ &= 327,25 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = \\ &139,70 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan $\rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$

$$\begin{aligned} \text{As susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} \\ &= 232,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 5h \\ S_{\text{maks}} &= 5 \cdot 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S = 232,71 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$

maka $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 200$

$$\text{Aspakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200}$$

$$= 251,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 232,71 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Sehingga memakai Tulangan $\emptyset 10$ -240 mm dan tulangan susut dan suhu $\emptyset 8$ -200 mm

Kontrol Retak

- Apabila $z = f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A} \leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur di dalam ruangan atau

$$z = f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A} \leq 25 \text{ MN/m}$$

untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar,

- f_s diambil 60 % dari kuat leleh yang disyaratkan dimana :

d_c = jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar.

A = $2d_c \times s$; dengan s adalah jarak antar batang tulangan

- Perhitungan Kontrol Retak :

$$d_c = 20 + \frac{1}{2} \times 10 = 30 \text{ mm}$$

$$A = 2 \times 30 \times 240 = 14400 \text{ mm}^2$$

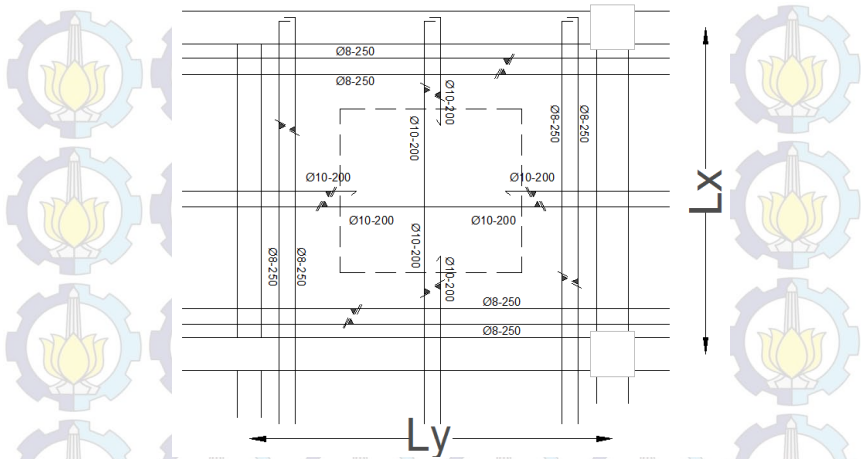
$$z = 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{30 \times 14400}$$

$$= 18142,86 \text{ N/mm}$$

$$= 18,14286 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m} \text{ OK}$$

Sehingga Pelat tipe A aman terhadap retak

D. Penulangan Pelat



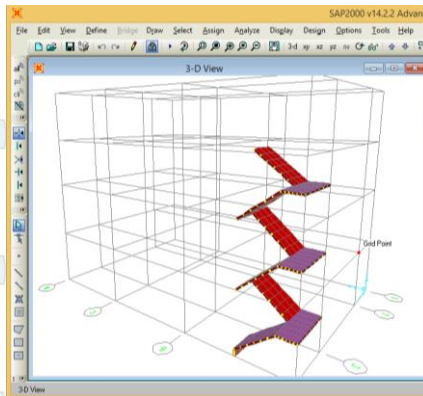
Gambar 4.29 Penulangan Pelat Lantai tipe A

4.3.2 Penulangan Tangga

Pada bangunan bertingkat diperlukan Tangga yang merupakan salah satu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai. Adapun data dan perhitungan penulangan tangga sebagai berikut :

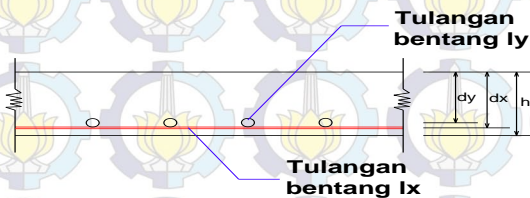
A. Data Perencanaan :

- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- Berat jenis beton = 2400 Kg/m³
- β = 0,85
- Tebal pelat tangga = 150 mm
- Tebal pelat bordes = 150 mm
- Tebal selimut beton = 20 mm
- \varnothing Tulangan Arah X = 10 mm
- \varnothing Tulangan Arah Y = 10 mm
- \varnothing Tulangan susut arah X = 8 mm
- \varnothing Tulangan susut arah Y = 8mm
- Faktor Reduksi (ϕ) = 0,80
- Gambar Pemodelan Tangga



Gambar 4.30 Pemodelan 3D tangga pada SAP 2000

B. Perhitungan Tulangan



Gambar 4.31 Potongan pelat tangga

- dx = Tebal Pelat – (Cover Pelat + $(\frac{1}{2} \phi$ Tulangan))
 $= 150 \text{ mm} - (20 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}))$
 $= 125 \text{ mm}$
- dy = Tebal pelat – (cover pelat + ϕ tulangan + $(\frac{1}{2} \phi$ tulangan))
 $= 150 \text{ mm} - (20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (1/2 \cdot 10 \text{ mm}))$
 $= 115 \text{ mm}$

$$\bullet \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\bullet \rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \\ = 0,0325$$

$$\bullet \rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \\ = 0,75 \cdot 0,0325 \\ = 0,0244$$

1. Penulangan pelat anak tangga

Berdasarkan analisa output SAP 2000 didapatkan momen ultimate sebagai berikut :

- M 1-1 = 1292,62 kgm
- M 2-2 = 2055,13 kgm

❖ Penulangan Arah X

$$M_{11} = 1292,62 \text{ Kgm} = 1292,62 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1292,62 \cdot 10^4}{0,8} \\ = 16157750 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{16157750 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (125 \text{ mm})^2} \\ = 1,034 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,034)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0026$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 > 0,0026 < 0,0244$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$
 $= 0,0026 \times 1,3$
 $= 0,0034$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d_x$
 $= 0,0034 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}$
 $= 429 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{429}$$

$$= 182,99 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{\max} \leq 2h$
- $S_{\max} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$S = 182,99 \text{ mm} < S_{\max} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 150$

$$\begin{aligned}
 A_{Spakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{Spakai} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{150} \\
 &= 523,33 \text{ mm}^2 > A_{sperlu} \text{ 429} \\
 &\text{mm}^2 \rightarrow \text{OKE}
 \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan ρ_{susut} pakai = 0,0018

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 150 \\
 &= 270 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{270} \\
 &= 186,07 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 5h$
- $S_{maks} = 5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$

$$S = 186,07 \text{ mm} < S_{maks} = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 150$

$$\begin{aligned}
 A_{Spakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{Spakai} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{150} \\
 &= 334,93 \text{ mm}^2 > A_{sperlu} = 270 \\
 &\text{mm}^2 \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

❖ Penulangan Arah Y

$$M_{11} = 2055,13 \text{ Kgm} = 2055,13 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2055,13 \cdot 10^4}{0,8}$$

$$= 25689125 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{25689125 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (115 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,94 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,034)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0051$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0051 < 0,003$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d_y$$

$$= 0,0051 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm}$$

$$= 582 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{582}$$

$$= 135,0 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 2h$
- $S_{maks} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$S = 135 \text{ mm} < S_{maks} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{pakai} = 150 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 100$

$$A_{Spakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{Spakai}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{100}$$

$$= 785 \text{ mm}^2 > A_{sperlu} 582 \text{ mm}^2$$

$\rightarrow \text{OKE}$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan ρ_{susut} pakai = 0,0018

$$A_s \text{ susut perlu} = 0,0018 \times b \times h$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 150$$

$$= 270 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{270}$$

$$= 186,07 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 5h$
- $S_{maks} = 5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$

$$S = 186,07 \text{ mm} < S_{maks} = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{pakai} = 150 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 150$

$$\begin{aligned}
 \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{150} \\
 &= 334,93 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 270 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

2. Penulangan Pelat Bordes

Berdasarkan analisa output SAP 2000 didapatkan momen ultimate sebagai berikut :

- M 1-1 = 3705.43 kgm
- M 2-2 = 1324.23 kgm

❖ Penulangan Arah X

$$M_{11} = 3705.43 \text{ Kgm} = 3705.43 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{3705.43 \cdot 10^4}{0,8} \\
 &= 46317875 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{16157750 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (125 \text{ mm})^2} \\
 &= 2,964 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] \\
 &= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (2,964)}{400} \right)} \right]
 \end{aligned}$$

$$= 0,0079$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0079 < 0,0244$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,0079 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} \\ &= 988 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{988} \\ &= 79,48 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{\text{maks}} \leq 2h$
- $S_{\text{maks}} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$S = 79,48 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{\text{pakai}} = 75 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 75$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{75}$$

$$= 1046,67 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = 988 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OKE}$$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan $\rho_{\text{susut}} \text{ pakai} = 0,0018$

$$\begin{aligned} A_s \text{ susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 150 \\ &= 270 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} = \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{270} = 186,07 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- Smaks $\leq 5h$
- Smaks $= 5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$

$$S = 186,07 \text{ mm} < \text{Smaks} = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 150$

$$\text{Aspakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{150} = 334,93 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 270 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

❖ Penulangan Arah Y

$$M_{11} = 1324.23 \text{ Kgm} = 1324.23 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{1324.23 \cdot 10^4}{0,8} = 13242300 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{13242300 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (115 \text{ mm})^2} = 1,25 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{f_y} \right)} \right] \\ &= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,25)}{400} \right)} \right] \\ &= 0,0032\end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0032 < 0,0244$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$
 $= 0,0032 \times 1,3$
 $= 0,0042$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d_y$
 $= 0,0042 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm}$
 $= 480 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{480} \\ &= 163,6 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{\max} \leq 2h$
- $S_{\max} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$S = 163,6 \text{ mm} < S_{\max} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$

maka Spakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 150$

$$A_{\text{Spakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{150}$$

$$= 523,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu } 480 \text{ mm}^2$$

→ OKE

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan ρ_{susut} pakai = 0,0018

As susut perlu = $0,0018 \times b \times h$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 150$$

$$= 270 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{270}$$

$$= 186,07 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- Smaks $\leq 5h$
- Smaks = $5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$

$$S = 186,07 \text{ mm} < \text{Smaks} = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 150 mm

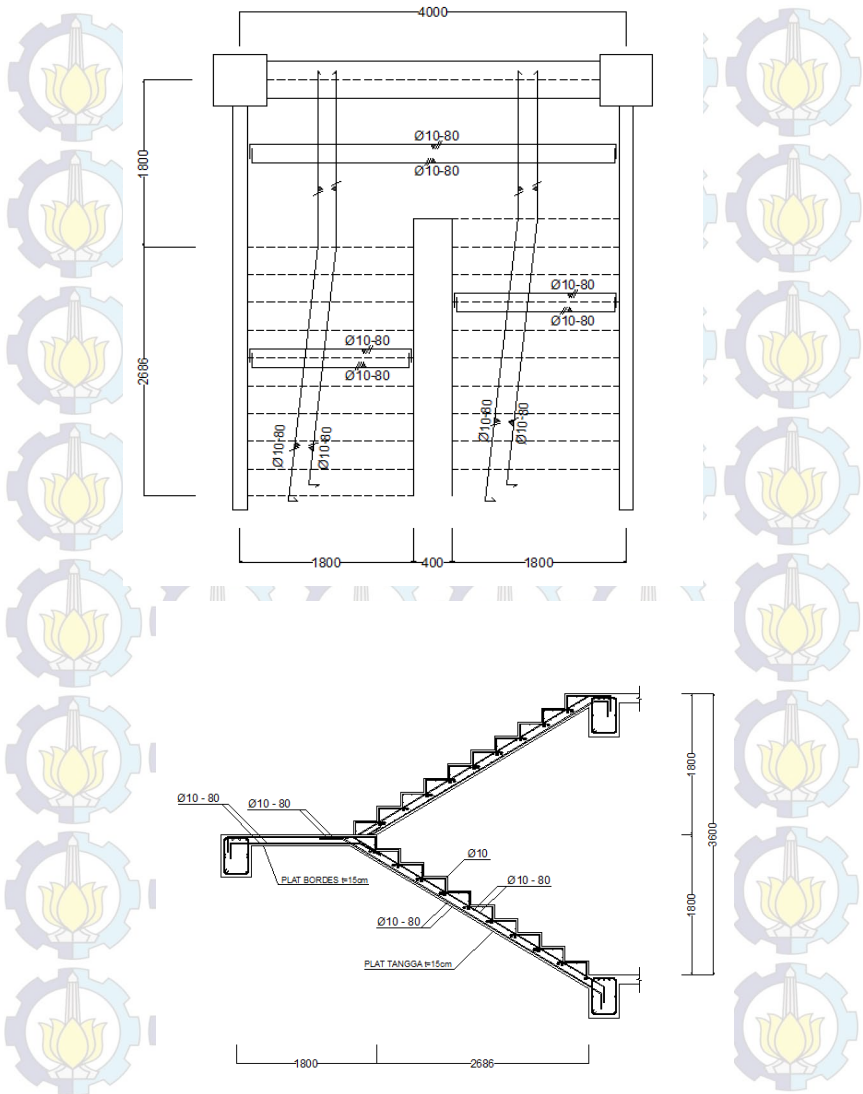
Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 150$

$$A_{\text{Spakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{150}$$

$$= 334,93 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 270 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

C. Penulangan tangga dan bordes



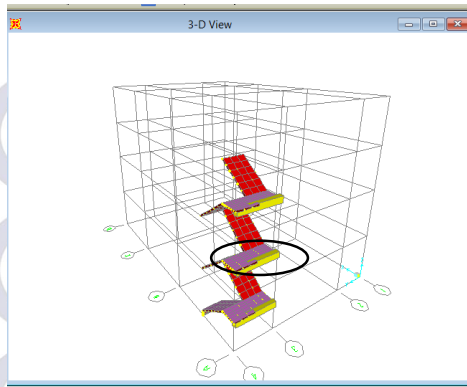
Gambar 4.32 Penulangan plat bordes dan tangga

4.3.3 Penulangan Balok Bordes

Perhitungan tulangan Balok bordes 40/55 Adapun data-data perencanaan, gambar denah pembalokan, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar balok induk adalah sebagai berikut:

A. Data Perencanaan :

- Tipe balok = B 40/55
- Dimensi balok (b_{balok}) = 400 mm
- Dimensi balok (h_{balok}) = 550 mm
- Bentang balok = 4000 mm
- Kuat tekan beton = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser = 240 Mpa
- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan lentur = 0,8
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan geser = 0,75
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan torsi = 0,75
- Faktor β_1 = 0,85
- Diameter tulangan lentur (\emptyset) = 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) = 12 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset) = 16 mm
- Gambar Denah Balok



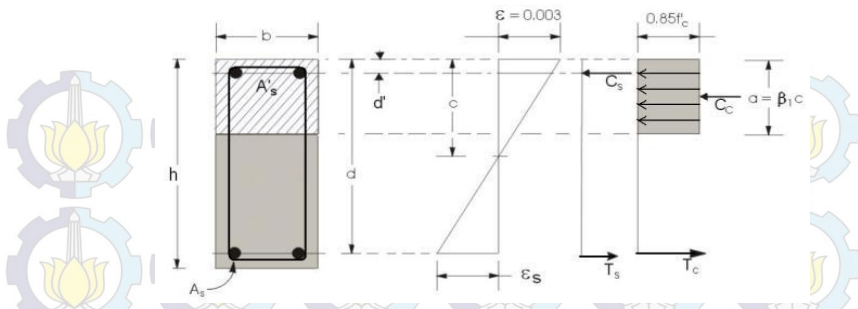
Gambar 4.33 Balok bordes yang ditinjau

B. Perhitungan Tulangan

❖ Hasil Output gaya dalam pada SAP 2000

Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Berikut diperoleh hasil gaya dalam yang maksimum :

- Momen Puntir = 39842611,44 Nmm
- Momen Tumpuan kanan = 292044838 Nmm
- Momen Lapangan = 138500346,10 Nmm
- Momen Tumpuan Kiri = 287777087,70 Nmm
- Gaya geser tumpuan kiri = 21472,72 N
- Gaya geser tumpuan kanan = 25927,17 N
- Gaya geser lapangan = 24314,77 N



Gambar 4.34 Diagram tegangan regangan penampang balok

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \varnothing \text{ Tul. Sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul Lentur} \\ &= 550\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - 11\text{mm} \\ &= 487\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \varnothing \text{ Tul. Sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul Lentur} \\ &= 40\text{mm} + 12\text{mm} + 11\text{mm} \\ &= 63\text{mm} \end{aligned}$$

1. Penulangan Puntir

- Momen puntir ultimate :
 $T_u = 39842611,44 \text{ Nmm}$

- Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{39842611,44 \text{ Nmm}}{0,75} = 53123481,92 \text{ Nmm}$$

- Luas yang dibatasi oleh keliling penampang beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400\text{mm} \times 550\text{mm} \\ &= 220000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling Luar penampang beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400\text{mm} + 550\text{mm}) \\ &= 1900 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas yang dilingkupi torsi tertutup terluar :

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \times t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\ &= (400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) \times (550\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) \\ &= 141064 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling garis pusat torsi tertutup terluar :

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b_{balok} - 2 \times t_{decking} - \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \times t_{decking} - \emptyset_{geser})) \\ &= 2 \times ((400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) + (550\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm})) \\ &= 1532 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \times 487 \\ &= 177827,26 \text{ N} \end{aligned}$$

- $Tu_{\min} = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12}$
 $= \frac{0,75 \sqrt{30 \text{ Mpa}} \left(\frac{220000^2}{1900} \right)}{12}$
 $= 8720319,67 \text{ Nmm}$

- Cek pengaruh momen puntir :

Karena $Tu_{\min} = 8720319,67 \text{ Nmm} \leq Tu = 39842611,44 \text{ Nmm}$, Maka balok bordes 40/50 “PERLU” tulangan puntir.

- Cek kuat lentur puntir penampang :

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh^2}\right)^2} \leq \varphi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{fc'} \times b \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{fc'}}{3} \right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{25927,17}{400 \times 637}\right)^2 + \left(\frac{39842611,44 \times 1532}{1,7 \times 187264^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 487}{400 \times 487} + \left(\frac{2 \times \sqrt{30}}{3} \right) \right)$$

$$1,809 \leq 3,423$$

Maka penampang balok “MAMPU” untuk menahan momen puntir yang terjadi.

- Tulangan puntir untuk geser

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}}{s} \times \cot \theta$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 141064 \text{ mm}^2 \\ &= 119904,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yv} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{53123481,92 \text{ Nmm}}{2 \times 119904,40 \times 240 \times \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,923 \text{ mm}^2$$

- Tulangan puntir untuk lentur :

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 A_{I\text{perlu}} &= \frac{At}{s} \times Ph \times \left(\frac{fyv}{fyt}\right) \times \cot^2\theta \\
 &= 0,923 \times 1532 \times \left(\frac{240}{400}\right) \times \cot^2 45 \\
 &= 1196,39 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{I\text{min}} &= \frac{5\sqrt{fc'} Acp}{12 fyt} - \frac{At}{s} \times Ph \times \left(\frac{fyv}{fyt}\right) \\
 &= \frac{5\sqrt{30} 220000}{12 \times 400} - 0,923 \times 1532 \times \left(\frac{240}{400}\right) \\
 &= 406,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan puntir perlu $A_{I\text{perlu}} = 1196,39 \text{ mm}^2 \leq$ Tulangan puntir minimal $A_{I\text{min}} = 406,76 \text{ mm}^2$, maka dipakai tulangan puntir $A_{I\text{pakai}} = 1196,39 \text{ mm}^2$

- Penyebaran tulangan puntir :
Tulangan disebar merata disekeliling penampang

$$\begin{aligned}
 A_{S\text{Perlu}} &= \frac{A_I}{4} \\
 &= \frac{1196,39}{4} \\
 &= 299,10 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$\begin{aligned}
 2 \times \frac{A_I}{4} &= 2 \times 299,10 \text{ mm}^2 \\
 &= 598,20 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal :

$$n = \frac{2 \times \frac{A_I}{4}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

$$= \frac{598,20}{\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}$$

$$= 2,975 \approx 4 \text{ buah}$$

- $A_{\text{Spasang}} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2$
 $= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$
 $= 804,25 \text{ mm}^2$

$A_{\text{spasang}} = 804,25 \text{ mm}^2 > A_{\text{perlu}} = 299,10 \text{ mm}^2$, maka balok bordes 40/55 “MEMENUHI” dipasang tulangan puntir.

2. Penulangan Lentur

➤ Daerah Tumpuan Kiri

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 287777087,70 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
 $= \frac{287777087,70}{0,8}$
 $= 359721359,63 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$X_b = \frac{600}{(600 + f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400 \text{ Mpa})} 487 \text{ mm}$$

$$= 292,2 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum :

$$X_{\text{max}} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 292,2 \text{ mm}$$

$$= 219,15 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
 $= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$
 $= 867000 \text{ N}$

- $Asc = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2$

- $Mnc = Asc \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{2} \right)$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(487 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$
 $= 385381500 \text{ Nmm}$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$Mns > 0$, maka perlu tulangan lentur rangkap

$Mns < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} Mns &= Mn - Mnc \\ &= 359721359,63 \text{ Nmm} - 385381500 \text{ Nmm} \\ &= -2566014038 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena $Mns = -2566014038 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{359721359,63 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (487 \text{ mm})^2} = 3,792 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] = \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (3,792)}{400} \right)} \right] = 0,010$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,010 < 0,0244$

- Tulangan Perlu Tarik :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,010 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 487 \text{ mm} = 2009,15 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= A_{s\text{perlu}} + A_{s\text{tors}} \\
 &= 2009,15 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\
 &= 2308,24 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tarik} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ tors}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \\
 &= \frac{2009,15 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\
 &= 6,07 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\
 &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 2660,93 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $A_{s\text{pakai}} = 2660,93 \text{ mm}^2 > A_s = 2308,24 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned}
 A_s' &= A_s' \text{ perlu} + A_{s\text{tors}} \\
 &= 0 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\
 &= 299,10 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ tors}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \\
 &= \frac{0 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\
 &= 0,787 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s'\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\
 &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 1140,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $A_{s'\text{pakai}} = 1140,40 \text{ mm}^2 > A_s' = 299,10 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (7 \times 22)}{7 - 1}$$

$$= 23,67 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $23,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 5 buah tulangan

Lapis 2 = 2 buah tulangan

- Spasi tulangan Tekan :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 115 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $115 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_{s_{pakai}} = 2280,80 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{pakai}} = 1140,40 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan (-)}}$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq 886,98 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

• Cek Momen Nominal Pasang Balok :

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_{s_{pakai}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 104,35 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 104,35 \text{ mm}$$

$$= 1064372 \text{ N}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$M_n = C_c' \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 1064372 \text{ N} \times \left(487 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$= 462815554,9 \text{ Nmm}$$

Syarat : $M_{n_{pasang}} \geq M_{n_{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok

$M_{n_{pasang}} < M_{n_{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $462815554,9 \text{ Nmm} \geq 359721359,63 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

➤ Daerah Lapangan

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 138500346,10 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
 $= \frac{138500346,10 \text{ Nmm}}{0,8}$
 $= 173125432,63 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$X_b = \frac{600}{(600+fy)} d$$

$$= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 487 \text{ mm}$$

$$= 292,2 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum :

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 292,2 \text{ mm}$$

$$= 219,15 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
 $= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$
 $= 867000 \text{ N}$

- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2$

- $$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{renc}}{2} \right)$$

$$= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(487 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 385381500 \text{ Nmm}$$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur rangkap

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 173125432,63 \text{ Nmm} - 385381500 \text{ Nmm}$$

$$= -212256067,38 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{ns} = -212256067,38 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}}$$

$$= 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0325$$

$$= 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{173125432,63 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (487 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,825 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,825)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,005$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,005 < 0,0244$$

• Tulangan Perlu Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,005 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 487 \text{ mm}$$

$$= 923,04 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{S_{\text{perlu}}} + A_{S_{\text{torsi}}}$$

$$= 923,04 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2$$

$$= 1222,14 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan tarik} = \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2}$$

$$= \frac{923,04 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2}$$

$$= 3,21 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2$$

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{S_{\text{pakai}}} = 1520,53 \text{ mm}^2 > A_s = 1222,14 \text{ mm}^2$, maka "MEMENUHI".

- Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s'_{\text{perlu}} + A_s'_{\text{tors}} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\ &= 299,10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{A_s'_{\text{perlu}} + A_s'_{\text{tors}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\ &= \frac{0 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 0,645 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_s'_{\text{pakai}} = 760,27 \text{ mm}^2 > A_s' = 299,10 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times \text{tdecking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah.tul.} \times \text{Dlentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 22)}{4 - 1} \\ &= 69,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $69,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Spasi tulangan Tekan :

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times \text{tdecking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah.tul.} \times \text{Dlentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1} \\ &= 252 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $252 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

• Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{\text{pakai}}} = 760,27 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 506,78 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

• Cek Momen Nominal Pasang Balok :

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 59,62 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 59,62 \text{ mm} \\ &= 608132 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 608132 \text{ N} \times \left(487 \text{ mm} - \frac{59,62 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 278031869,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat : $M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok
 $M_{n\text{pasang}} < M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $278031869,1 \text{ Nmm} \geq 173125432,63 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

➤ Daerah Tumpuan Kanan

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 292044838 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{292044838 \text{ Nmm}}{0,8} = 292044838 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600+fy)} d \\ &= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 487 \text{ mm} \\ &= 292,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral maksimum :

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 292,2 \text{ mm} \\ &= 219,15 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral minimum :

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
 $= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$
 $= 867000 \text{ N}$

- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2$

- $M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{2} \right)$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(487 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$
 $= 385381500 \text{ Nmm}$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur rangkap
 $M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 292044838 \text{ Nmm} - 385381500 \text{ Nmm} \\ &= -20325452,50 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena $M_{ns} = -212256067,38 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} \\ &= 15,69 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0325 \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{292044838 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (487 \text{ mm})^2} \\ &= 3,848 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] \\ &= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (3,848)}{400} \right)} \right] \\ &= 0,010 \end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,010 < 0,0244$

- Tulangan Perlu Tarik :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,010 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 487 \text{ mm} \\ &= 2041,87 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_{S_{\text{perlu}}} + A_{S_{\text{torsi}}} \\ &= 2041,87 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\ &= 2340,97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tarik} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2} \\ &= \frac{2041,87 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 6,15 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 2660,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_{S_{\text{pakai}}} = 2660,93 \text{ mm}^2 > A_s = 2340,97 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned} A_{s'} &= A_{s' \text{ perlu}} + A_{S_{\text{torsi}}} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\ &= 299,10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2} \\ &= \frac{0 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 0,645 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1140,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $As'_{pakai} = 1140,40 \text{ mm}^2 > As' = 299,10 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

• Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (7 \times 22)}{7 - 1}$$

$$= 23,67 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $23,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 5 buah tulangan

Lapis 2 = 2 buah tulangan

- Spasi tulangan Tekan :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jumlah.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 115 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $115 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= 2660,93 \text{ mm}^2 \\ A_{S'_{\text{pakai}}} &= 1140,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq 886,98 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Cek Momen Nominal Pasang Balok :
Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_{S_{\text{pakai}}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\ &= 104,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 104,35 \text{ mm} \\ &= 1064372 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 1064372 \text{ N} \times \left(487 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 462815554,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat : $M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok
 $M_{n\text{pasang}} < M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $462815554,9 \text{ Nmm} \geq 359721359,63 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kanan memenuhi.

3. Penulangan Geser

➤ Daerah Tumpuan

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kiri dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kiri :

- $V_u = 21472,72 \text{ N}$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tarik)
 $= 2660,93 \text{ mm}^2$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tekan)
 $= 1140,40 \text{ mm}^2$

- $a = \frac{(\text{Aspasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$
 $= \frac{(2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$
 $= 104,35 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{nl} &= (A_{spasang} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}) \times \\
 &\quad \left(487 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right) \\
 &= 462815554,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kanan dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kanan :

$$\bullet \quad V_u = 25927,17 \text{ N}$$

As pakai tumpuan kanan (Tul.Tarik)
= 2660,93 mm²

As pakai tumpuan kanan (Tul.Tekan)
= 1140,40 mm²

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad a &= \frac{(A_{spasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 104,35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{nr} &= (A_{spasang} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}) \times \\
 &\quad \left(487 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right) \\
 &= 211949494,38 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output SAP didapat gaya geser terfaktor tumpuan kanan dan kiri maka digunakan gaya terfaktor tumpuan yang paling besar adapun hasilnya sebagai berikut :

- $V_u = 25927,17 \text{ N}$ (output SAP)

$$M_{nl} = 462815554,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{nr} = 211949494,38 \text{ Nmm}$$

- $$V_{u_i} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

$$= \frac{(462815554,9 + 211949494,38) \text{ Nmm}}{4000 \text{ mm}} + 25927,17 \text{ N}$$

$$= 217056,72 \text{ N}$$

- Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm}$$

$$= 177827,26 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm}$$

$$= 64933,33 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm}$$

$$= 355654,51 \text{ N}$$

$$2V_{S_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm}$$

$$= 711309,03 \text{ N}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

$$\text{bila: } V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 2**

$$\text{bila: } 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 3,**

$$\text{bila: } \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$$

- **Kondisi 4,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$$

- **Kondisi 5,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$$

Kontrol :

- **Kondisi 1**

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 217056,72 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 177827,26 \text{ N} \\ 217056,72 \text{ N} &\leq 66685,22 \text{ N} \quad \text{(Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- **Kondisi 2**

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\ 66685,22 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 0,75 \cdot x \\ 177827,26 \text{ N} & \\ 66685,22 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 133370,44 \text{ N} \\ \text{(Tidak Oke)} & \end{aligned}$$

- **Kondisi 3**

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \\ 133370,44 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 0,75 \cdot x \\ &+ 64933,33 \text{ N} \\ 133370,44 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 182070,44 \text{ N} \\ \text{(Tidak Oke)} & \end{aligned}$$

- Kondisi 4

$$\begin{aligned} \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) &\leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \\ 182070,44 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 0,75 \times \\ (177827,26 \text{ N} + 355654,51 \text{ N}) & \\ 238149,63 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 400111,33 \text{ N} \end{aligned}$$

(Oke)

- Penulangan geser kondisi = 4

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{perlu}}} &= \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi} \\ &= \frac{217056,72 \text{ N} - (0,75 \times 177827,26 \text{ N})}{0,75} \\ &= 111581,7 \text{ N} \end{aligned}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{V_{\min}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $A_v/s = V_{\text{perlu}} / d \cdot f_{yv}$
 $= 111581,7 \text{ N} / 487 \text{ mm} \cdot 240 \text{ Mpa}$
 $= 0,955$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{2 \frac{A_t}{s} + \frac{A_v}{s}}$
 $= \frac{226,19 \text{ mm}^2}{2 \cdot 0,923 + 0,955}$
 $= 80,753 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 75 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq d/4 \\ S_{\text{pakai}} &\leq 8 D_{\text{lentur}} \\ S_{\text{pakai}} &\leq 24 \phi_{\text{geser}} \\ S_{\text{pakai}} &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$75 \text{ mm} \leq 121,75 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$75 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$75 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$75 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Maka dipasang ϕ 12-75 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

➤ Daerah Lapangan

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor lapangan adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Lapangan

- $V_u = 24314,77 \text{ N}$ (Output SAP)

- $$\begin{aligned} V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times ((\frac{1}{2} \times L_n) - (\frac{1}{4} \times L_n))}{\frac{1}{2} \times L_n} \\ &= \frac{217056,72 \text{ N} \times ((\frac{1}{2} \times 4000 \text{ mm}) - (\frac{1}{4} \times 4000 \text{ mm}))}{\frac{1}{2} \times 4000 \text{ mm}} \\ &= 108528,36 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm} \\ &= 177827,26 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm} \\ &= 64933,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm} \\ &= 355654,51 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm} \\ &= 711309,03 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

bila: $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$

- **Kondisi 2**

bila: $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

- **Kondisi 3,**

bila: $\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$

- **Kondisi 4,**

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$

- **Kondisi 5,**

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$

Kontrol :

- **Kondisi 1**

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 108528,36 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 177827,26 \text{ N} \\ 108528,36 \text{ N} &\leq 66685,22 \text{ N} \quad \text{(Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- **Kondisi 2**

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\ 66685,22 \text{ N} &\leq 108528,36 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 177827,26 \text{ N} \\ 66685,22 \text{ N} &\leq 108528,36 \text{ N} \leq 133370,44 \text{ N} \\ \text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Penulangan geser kondisi = 2

$$\begin{aligned} V_{\text{perlu}} &= V_{S_{\min}} \\ &= 64933,33 \text{ N} \end{aligned}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{v_{\min}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $A_v/s = bw/ 3 \cdot f_{yv}$
 $= 400 \text{ mm} / 3 \cdot 240 \text{ Mpa}$
 $= 0,555$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{2 \frac{A_t}{s} + \frac{a_v}{s}}$
 $= \frac{226,19 \text{ mm}^2}{2 \cdot 0,923 + 0,555}$
 $= 94,21 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \varnothing_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$100 \text{ mm} \leq 121,75 \text{ mm (memenuhi)}$$

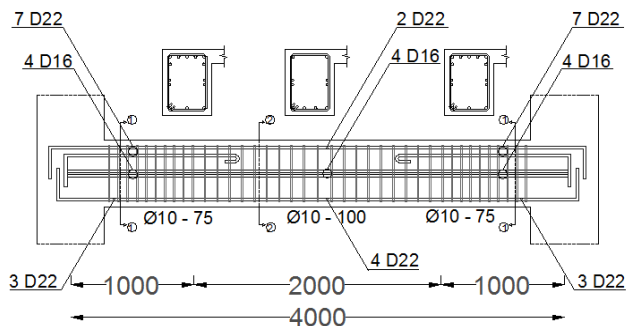
$$100 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipasang $\varnothing 12-100$ mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

C. Penulangan balok bordes



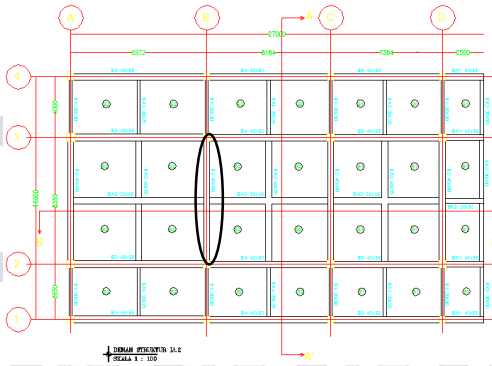
Gambar 4.35 Penulangan Balok bordes 40/55

4.3.4 Penulangan Balok

Perhitungan tulangan Balok Induk B2 40/70 As B (2-3). Adapun data-data perencanaan, gambar denah pembalokan, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar balok induk adalah sebagai berikut:

A. Data Perencanaan :

- Tipe balok = B2 40/70
- As balok = B (2-3)
- Dimensi balok (b_{balok}) = 400 mm
- Dimensi balok (h_{balok}) = 700 mm
- Bentang balok = 8350 mm
- Kuat tekan beton = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser = 240 Mpa
- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan lentur = 0,8
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan geser = 0,75
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan torsi = 0,75
- Faktor β_1 = 0,85
- Diameter tulangan lentur (\emptyset) = 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) = 12 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset) = 16 mm
- Gambar Denah Balok



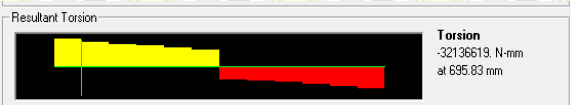
Gambar 4.36 Letak balok yang ditinjau

B. Perhitungan Tulangan

❖ Hasil Output gaya dalam pada SAP 2000

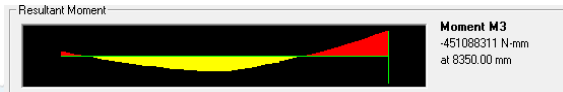
Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Berikut diperoleh hasil gaya dalam yang maksimum :

- Diagram momen puntir
- Kombinasi 1,2D+1,0L+1,0EqX+0,3EqY



Momen Puntir = 32136619 Nmm

- Diagram momen lentur
- Kombinasi 1,2D+1,0L+0,3EqX+0,3EqY



Momen Tumpuan kanan = 451088311 Nmm

- Kombinasi 1,2D+1,6L



Momen Lapangan = 314182568 Nmm

- Kombinasi 1,2D+1,6L

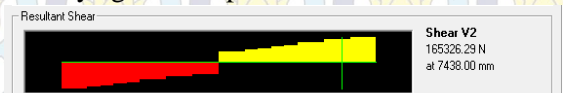


Momen Tumpuan Kiri = 324410970 Nmm

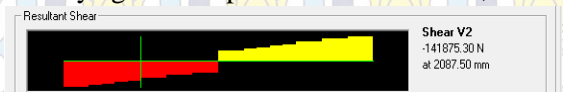
- Diagram Gaya Geser
- Kombinasi 1,2D+1,0L



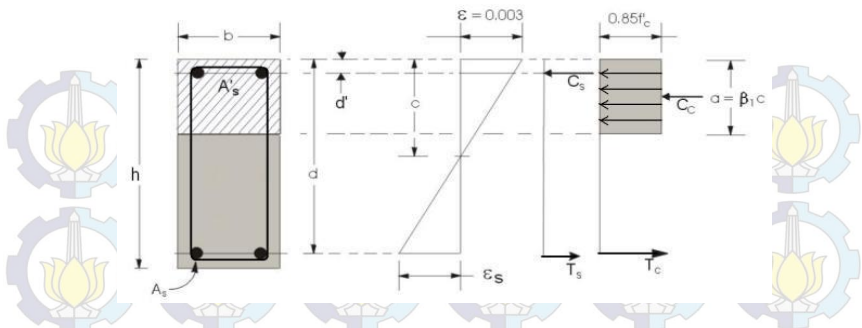
Gaya geser tumpuan kiri = 168092,47 N



Gaya geser tumpuan kanan = 165326,29 N



Gaya geser lapangan = 141875,30 N



Gambar 4.37 Diagram tegangan regangan penampang balok

$$d = h - \text{decking} - \phi_{\text{Tul. Sengkang}} - \frac{1}{2} D_{\text{tul Lentur}}$$

$$= 700\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - 11\text{mm}$$

$$= 637\text{mm}$$

$$d' = \text{decking} + \phi_{\text{Tul. Sengkang}} + \frac{1}{2} D_{\text{tul Lentur}}$$

$$= 40\text{mm} + 12\text{mm} + 11\text{mm}$$

$$= 63\text{mm}$$

1. Penulangan Puntir

- Momen puntir ultimate :

$$T_u = 32136619 \text{ Nmm}$$

- Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$= \frac{32136619}{0,75}$$

$$= 42848825 \text{ Nmm}$$

- Luas yang dibatasi oleh keliling penampang beton :

$$A_{cp} = b \times h$$

$$= 400\text{mm} \times 700\text{mm}$$

$$= 280000 \text{ mm}^2$$

- Keliling Luar penampang beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400\text{mm} + 700\text{mm}) \\ &= 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas yang dilingkupi torsi tertutup terluar :

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}}) \\ &= (400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) \times \\ &\quad (700\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) \\ &= 187264 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling garis pusat torsi tertutup terluar :

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}})) \\ &= 2 \times ((400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) + \\ &\quad (700\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm})) \\ &= 1832 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \times 637 \\ &= 232599,51 \text{ N} \end{aligned}$$

- $T_{u_{\min}} = \frac{\phi \sqrt{f_c'} (A_{cp})^2}{12 P_{cp}}$
 $= \frac{0,75 \sqrt{30 \text{ Mpa}} \left(\frac{280000^2}{2200}\right)}{12}$
 $= 12199275,14 \text{ Nmm}$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} }{3} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{3} \left(\frac{280000^2}{2200} \right) \\
 &= 48797100,58 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

• Cek pengaruh momen puntir :

Karena $T_{u_{\min}} = 12199275,14 \text{ Nmm} \leq T_u = 32136619 \text{ Nmm} \leq T_{u_{\max}} = 48797100,58 \text{ Nmm}$, Maka balok B2 40/70 “PERLU” tulangan puntir.

• Cek kuat lentur puntir penampang :

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{168092,47}{400 \times 637} \right)^2 + \left(\frac{32136619 \times 1832}{1,7 \times 187264^2} \right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 637}{400 \times 637} + \left(\frac{2 \times \sqrt{30}}{3} \right) \right)$$

$$1,188 \leq 3,423$$

Maka penampang balok “MAMPU” untuk menahan momen puntir yang terjadi.

• Tulangan puntir untuk geser

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}}{s} \times \cot \theta$$

$$\text{Dimana, } A_o = 0,85 \times A_{oh}$$

$$= 0,85 \times 187264 \text{ mm}^2$$

$$= 159174,4 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yv} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{42848825}{2 \times 159174,4 \times 240 \times \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,561 \text{ mm}^2$$

- Tulangan puntir untuk lentur :

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} A_{l\text{perlu}} &= \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta \\ &= 0,561 \times 1832 \times \left(\frac{240}{400} \right) \times \cot^2 45 \\ &= 869,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{l\text{min}} &= \frac{5 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yt}} - \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \\ &= \frac{5 \sqrt{30} 280000}{12 \times 400} - 0,561 \times 1832 \times \left(\frac{240}{400} \right) \\ &= 981,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan puntir perlu $A_{l\text{perlu}} = 869,27 \text{ mm}^2 \leq$ Tulangan puntir minimal $A_{l\text{min}} = 981,07 \text{ mm}^2$, maka dipakai tulangan puntir $A_l = 981,07 \text{ mm}^2$

- Penyebaran tulangan puntir :

Tulangan disebar merata disekeliling penampang

$$\begin{aligned} A_{S\text{Perlu}} &= \frac{A_l}{4} \\ &= \frac{981,07}{4} \\ &= 245,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 245,27 \text{ mm}^2$$

$$= 490,53 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal :

$$n = \frac{2 \times \frac{A_l}{4}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

$$= \frac{490,53}{\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}$$

$$= 2,439 \approx 4 \text{ buah}$$

- $A_{Spasang} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2$
- $$= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$$
- $$= 804,27 \text{ mm}^2$$

$A_{spasang} = 804,27 \text{ mm}^2 > A_{sperlu} = 245,27 \text{ mm}^2$, maka bal, ok B2 40/70 “MEMENUHI” dipasang tulangan puntir.

2. Penulangan Lentur

➤ Daerah Tumpuan Kiri

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 324410970 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
- $$= \frac{324410970}{0,8}$$
- $$= 405513712,50 \text{ Nmm}$$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$X_b = \frac{600}{(600+f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 637 \text{ mm}$$

$$= 382,2 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum :

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 382,2 \text{ mm}$$

$$= 286,65 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
- $$= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$$
- $$= 867000 \text{ N}$$

- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$
- $$= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$$
- $$= 2167,50 \text{ mm}^2$$

- $M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{2} \right)$
- $$= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(637 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$$
- $$= 515413500 \text{ Nmm}$$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan letur rangkap
 $M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 405513712,50 \text{ Nmm} - 515413500 \text{ Nmm} \\ &= -109917787,50 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena $M_{ns} = -109917787,50 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} \\ &= 15,69 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0325 \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{405513712,50 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (637 \text{ mm})^2} \\ &= 2,498 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot Rn}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (2,498)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0066$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0066 < 0,0244$

• Tulangan Perlu Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0066 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 637 \text{ mm}$$

$$= 1678,19 \text{ mm}^2$$

$$A_S = A_{S_{\text{perlu}}} + A_{S_{\text{torsi}}}$$

$$= 1678,19 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2$$

$$= 1923,46 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan tarik} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}} + A_{S_{\text{torsi}}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2}$$

$$= \frac{1678,19 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2}$$

$$= 5,06 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2$$

$$= 6 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2$$

$$= 2280,80 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{S_{\text{pakai}}} = 2280,80 \text{ mm}^2 > A_S = 1923,46 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

• Tulangan Perlu Tekan :

$$A_{S'} = A_{S'_{\text{perlu}}} + A_{S'_{\text{torsi}}}$$

$$= 0 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2$$

$$= 245,27 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan tekan} = \frac{\text{As perlu} + \text{As torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2}$$

$$= \frac{0 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2}$$

$$= 0,645 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As}'_{\text{pakai}} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2$$

$$= 760,27 \text{ mm}^2$$

Karena $\text{As}'_{\text{pakai}} = 760,27 \text{ mm}^2 > \text{As}' = 245,27 \text{ mm}^2$, maka "MEMENUHI".

• Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$S_{\text{max}} = \frac{b - (2 \times \text{tdecking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah.tul.} \times \text{Dlentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (6 \times 22)}{6 - 1}$$

$$= 32,8 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $32,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Spasi tulangan Tekan :

$$S_{\text{max}} = \frac{b - (2 \times \text{tdecking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah.tul.} \times \text{Dlentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1}$$

$$= 252 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $252 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= 2280,80 \text{ mm}^2 \\ A_{\text{S'pakai}} &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2280,80 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 760,27 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Cek Momen Nominal Pasang Balok :
Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_{\text{Spakai}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\ &= 89,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 89,44 \text{ mm} \\ &= 912288 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 912288 \text{ N} \times \left(637 \text{ mm} - \frac{89,44 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 540329936,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat : $M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok
 $M_{n\text{pasang}} < M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $540329936,6 \text{ Nmm} \geq 405513712,50 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

➤ Daerah Lapangan

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 314182568 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{314182568}{0,8} = 392728210,63 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600+fy)} d \\ &= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 637 \text{ mm} \\ &= 382,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral maksimum :

$$\begin{aligned} X_{\text{max}} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 382,2 \text{ mm} \\ &= 286,65 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$

$$= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$$

$$= 867000 \text{ N}$$

- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$

$$= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$$

$$= 2167,50 \text{ mm}^2$$

- $M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{2} \right)$

$$= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(637 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 515413500 \text{ Nmm}$$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan letur rangkap

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 392728210,63 \text{ Nmm} - 515413500 \text{ Nmm}$$

$$= -122703289,38 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{ns} = -122703289,38 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{392728210,63 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (637 \text{ mm})^2} = 2,420 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] = \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (2,420)}{400} \right)} \right] = 0,0064$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0064 < 0,0244$

- Tulangan Perlu Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0064 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 637 \text{ mm} = 1622,34 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= A_{s\text{perlu}} + A_{s\text{torsi}} \\
 &= 1622,34 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2 \\
 &= 1867,60 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tarik} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\
 &= \frac{1622,34 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\
 &= 4,91 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\
 &= 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 1900,66 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $A_{s\text{pakai}} = 1900,66 \text{ mm}^2 > A_s = 1867,60 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

• Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned}
 A_{s'} &= A_{s'\text{perlu}} + A_{s'\text{torsi}} \\
 &= 0 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2 \\
 &= 245,27 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\
 &= \frac{0 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\
 &= 0,645 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s'\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 760,27 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $A_{s'\text{pakai}} = 760,27 \text{ mm}^2 > A_{s'} = 245,27 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (5 \times 22)}{5 - 1}$$

$$= 46,5 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $46,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Spasi tulangan Tekan :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1}$$

$$= 252 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $252 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil seperti kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= 1900,66 \text{ mm}^2 \\ A_{s'_{\text{pakai}}} &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1900,66 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 633,55 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

• Cek Momen Nominal Pasang Balok :

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1900,66 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\ &= 74,53 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 74,53 \text{ mm} \\ &= 760206 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 760206 \text{ N} \times \left(637 \text{ mm} - \frac{74,53 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 455922145,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat : $M_{n_{\text{pasang}}} \geq M_{n_{\text{perlu}}} \rightarrow$ Perencanaan Ok

$M_{n_{\text{pasang}}} < M_{n_{\text{perlu}}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $455922145,4 \text{ Nmm} \geq 392728210,63 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

➤ Daerah Tumpuan Kanan

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 451088311 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
 $= \frac{451088311 \text{ Nmm}}{0,8}$
 $= 563860388,75 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$X_b = \frac{600}{(600+f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 637 \text{ mm}$$

$$= 382,2 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum :

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 382,2 \text{ mm}$$

$$= 286,65 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
 $= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$
 $= 867000 \text{ N}$

- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2$

- $$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{renc}}{2} \right)$$

$$= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(637 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 515413500 \text{ Nmm}$$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur rangkap

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 563860388,75 \text{ Nmm} - 515413500 \text{ Nmm}$$

$$= 48428888,75 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{ns} = 48428888,75 \text{ Nmm} > 0$, maka diperlukan tulangan lentur rangkap.

- Perencanaan tulangan lentur rangkap :

Gaya tekan dan Tarik tulangan lentur rangkap

$$C_s' = T_s = \frac{M_{ns}}{d - d'}$$

$$= \frac{48428888,75 \text{ Nmm}}{637 - 63}$$

$$= 84370,9 \text{ N}$$

- Cek kondisi tulangan lentur tekan :

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{x} \right) \times 600$$

$$= \left(1 - \frac{63 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \right) \times 600$$

$$= 222 \text{ Mpa}$$

Syarat :

$f_s' \geq f_y \rightarrow$ tulangan lentur tekan leleh, dipakai f_y

$f_s' < f_y \rightarrow$ tulangan lentur tekan tidak leleh,
dipakai f_s'

Kontrol : $222 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa}$, maka tulangan
lentur tekan $f_s' = f_s'$ dan tidak leleh

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } A_s' &= \frac{C s'}{f_s' - (0,85 \times f_c')} + \frac{A_l}{4} \\ &= \frac{84370,9 \text{ N}}{222 \text{ Mpa} - (0,85 \times 30 \text{ Mpa})} + 245,27 \text{ mm}^2 \\ &= 674,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } A_{ss} &= \frac{C s'}{f_y} \\ &= \frac{84370,9 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 210,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } A_s &= A_{sc} + A_{ss} + \frac{A_l}{4} \\ &= 2167,50 \text{ mm}^2 + 210,93 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2 \\ &= 2623,69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Tulangan lentur tarik :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tarik} &= \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \\ &= \frac{2623,69 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 6,90 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{spakai} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 2660,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_{spakai} = 2660,93 \text{ mm}^2 > A_s = 2623,69 \text{ mm}^2$, maka "MEMENUHI".

- Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{As'}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\ &= \frac{674,64 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 1,77 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As'_{\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1140,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $As'_{\text{pakai}} = 1140,40 \text{ mm}^2 > As' = 674,64 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (7 \times 22)}{7 - 1} \\ &= 23,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $23,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 5 buah tulangan

Lapis 2 = 2 buah tulangan

- Spasi tulangan Tekan :

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 22)}{3 - 1} \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $115 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

• Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_{\text{Spakai}} = 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{S'pakai}} = 1140,40 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq 886,98 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

• Cek Momen Nominal Pasang Balok :

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_{\text{Spakai}} \times f_y) - (A_{\text{S'pakai}} \times f_s')}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{(2660,93 \times 400) - (1140,40 \times 222)}{0,85 \times 30 \times 400}$$

$$= 79,53 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 79,53 \text{ mm} \\ &= 895592,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_s'_{\text{pakai}} \times f_s' \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \times 222 \text{ Mpa} \\ &= 168778,92 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} Mn &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' (d - d') \\ &= 760206 \text{ N} \times \left(637 \text{ mm} - \frac{74,53 \text{ mm}}{2}\right) + \\ &\quad 168778,92 \text{ N} (637 \text{ mm} - 63 \text{ mm}) \\ &= 629308942,93 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat : $Mn_{\text{pasang}} \geq Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok
 $Mn_{\text{pasang}} < Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $629308942,93 \text{ Nmm} \geq 563860388,75 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

3. Penulangan Geser

➤ Daerah Tumpuan

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kiri dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kiri :

- $V_u = 168092,47 \text{ N}$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tarik) = $2280,80 \text{ mm}^2$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tekan) = $760,27 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad a &= \frac{(A_{\text{pasang}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 89,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{nl} &= (A_{\text{pasang}} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}) \times \\
 &\quad \left(637 \text{ mm} - \frac{89,44 \text{ mm}}{2}\right) \\
 &= 540346640,79 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kanan dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kanan :

$$\bullet \quad V_u = 165326,29 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tumpuan kanan (Tul.Tarik)} \\
 &= 2660,93 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tumpuan kanan (Tul.Tekan)} \\
 &= 1140,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad a &= \frac{(A_{\text{pasang}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 104,35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{nr} &= (A_{\text{pasang}} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}) \times \\
 &\quad \left(637 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right) \\
 &= 266773299,74 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output SAP didapat gaya geser terfaktor tumpuan kanan dan kiri maka digunakan gaya terfaktor tumpuan yang paling besar adapun hasilnya sebagai berikut :

- $V_u = 168092,47 \text{ N}$ (output SAP)

$$M_{nl} = 21190064,34 \text{ Nmm}$$

$$M_{nr} = 24410628,73 \text{ Nmm}$$

- $$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

$$= \frac{(540346640,79 + 266773299,74) \text{ Nmm}}{8350 \text{ mm}} + 168092,47 \text{ N}$$

$$= 271569,39 \text{ N}$$

- Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm}$$

$$= 232599,51 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$V_{S_{min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm}$$

$$= 84933,33 \text{ N}$$

$$V_{S_{max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm}$$

$$= 465199,03 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\
 &= 930398,05 \text{ N}
 \end{aligned}$$

• Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

$$\text{bila: } V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 2**

$$\text{bila: } 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 3,**

$$\text{bila: } \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{min}})$$

- **Kondisi 4,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{max}})$$

- **Kondisi 5,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{max}})$$

Kontrol :

- **Kondisi 1**

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\
 271569,39 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 232599,51 \text{ N} \\
 271569,39 \text{ N} &\leq 87224,82 \text{ N} \quad \text{(Tidak Oke)}
 \end{aligned}$$

- **Kondisi 2**

$$\begin{aligned}
 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\
 87224,82 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 232599,51 \text{ N} \\
 87224,82 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 174449,63 \text{ N}
 \end{aligned}$$

(Tidak Oke)

- Kondisi 3

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \\ 174449,63 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 0,75 \times \\ &(232599,51 \text{ N} + 84933,33 \text{ N}) \\ 174449,63 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 238149,63 \text{ N} \\ &\text{(Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- Kondisi 4

$$\begin{aligned} \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) &\leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \\ 238149,63 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 0,75 \times \\ &(232599,51 \text{ N} + 465199,03 \text{ N}) \\ 238149,63 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 523348,91 \text{ N} \\ &\text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Penulangan geser kondisi = 4

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{perlu}}} &= \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi} \\ &= \frac{271569,39 \text{ N} - (0,75 \times 232599,51 \text{ N})}{0,75} \\ &= 129493,01 \text{ N} \end{aligned}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{v_{\min}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $A_v/s = V_{S_{\text{perlu}}} / d \cdot f_{yv}$
 $= 129493,01 \text{ N} / 637 \text{ mm} \cdot 240 \text{ Mpa}$
 $= 0,847$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{2 \frac{A_t}{s} + \frac{a_v}{s}}$
 $= \frac{226,19 \text{ mm}^2}{2 \cdot 0,561 + 0,847}$
 $= 114,87 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$125 \text{ mm} \leq 159,25 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$125 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$125 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$125 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipasang ϕ 12-125 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

➤ **Daerah Lapangan**

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor lapangan adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Lapangan

- $V_u = 141875,30 \text{ N (Output SAP)}$

- $$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times ((\frac{1}{2} \times Ln) - (\frac{1}{4} \times Ln))}{\frac{1}{2} \times Ln}$$

$$= \frac{271569,39 \text{ N} \times ((\frac{1}{2} \times 8350 \text{ mm}) - (\frac{1}{4} \times 8350 \text{ mm}))}{\frac{1}{2} \times 8350 \text{ mm}}$$

$$= 135784,69 \text{ N}$$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\ &= 232599,51 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\ &= 84933,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\ &= 465199,03 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\ &= 930398,05 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

bila: $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$

- **Kondisi 2**

bila: $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

- **Kondisi 3,**

bila: $\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$

- **Kondisi 4,**

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$

- **Kondisi 5,**

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$

Kontrol :

- Kondisi 1

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 135784,69 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 232599,51 \text{ N} \\ 135784,69 \text{ N} &\leq 87224,82 \text{ N} \quad \text{(Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- Kondisi 2

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\ 87224,82 \text{ N} &\leq 135784,69 \text{ N} \leq 0,75 \cdot x \cdot 232599,51 \text{ N} \\ 87224,82 \text{ N} &\leq 135784,69 \text{ N} \leq 174449,63 \text{ N} \\ \text{(Oke)} \end{aligned}$$

• Penulangan geser kondisi = 1

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{perlu}}} &= V_{S_{\text{min}}} \\ &= 84933,33 \text{ N} \end{aligned}$$

• Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{v_{\text{min}}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad A_v/s &= bw / 3 \cdot f_{yv} \\ &= 400 \text{ mm} / 3 \cdot 240 \text{ Mpa} \\ &= 0,555 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v}{\frac{2A_t}{s} + \frac{a_v}{s}} \\ &= \frac{226,19 \text{ mm}^2}{2 \cdot 0,561 + 0,555} \\ &= 134,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

• Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$150 \text{ mm} \leq 159,25 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipasang ϕ 12-150 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

C. Perhitungan Panjang penyaluran dan kontrol retak

Gaya Tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan.

1. Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \times \sqrt{f_c'}}$$

Dimana :

λ_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi Tarik.

d_b = diameter tulangan

α = faktor lokasi penulangan = 1

β = faktor pelapis = 1,5

λ = faktor digunakan agregat ringan = 1

$$\lambda_d = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times d_b}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 22}{5 \times \sqrt{30}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 1445,99 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{\text{As perlu}}{\text{As pasang}} \times \lambda_d$$

$$= \frac{2623,69}{2660,93} \times 1445,99$$

$$= 1425,75 \text{ mm} \approx 1500 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi Tarik 1500 mm

2. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm.

Panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau berakhir dengan kaitan adalah :

$$\lambda_{hd} = \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \times d_b$$

$$= \frac{100 \times 22 \text{ mm}}{\sqrt{30 \text{ Mpa}}} \geq 8 \times d_b$$

$$= 401,66 \text{ mm} \geq 176 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hd \text{ modifikasi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{hd} && \geq 150 \text{ mm} \\
 &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_{hd} && \geq 150 \text{ mm} \\
 &= \frac{2623,69}{2660,93} \times 401,66 && \geq 150 \text{ mm} \\
 &= 396,04 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 400 mm

3. Panjang tulangan dalam kondisi tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm.

$$\begin{aligned}
 \lambda_{db} &= \frac{db \times fy}{4 \times \sqrt{fc'}} && \geq 0,04 \cdot db \cdot fy \\
 &= \frac{22 \text{ mm} \times 400 \text{ Mpa}}{4 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}} && \geq 0,04 \cdot db \cdot fy \\
 &= 401,66 \text{ mm} && \geq 352 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hd \text{ modifikasi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{db} && \geq 200 \text{ mm} \\
 &= \frac{As' \text{ perlu}}{As' \text{ pasang}} \times \lambda_{db} && \geq 200 \text{ mm} \\
 &= \frac{674,64}{1140,40} \times 401,66 && \geq 200 \text{ mm} \\
 &= 237,61 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 250 mm

4. Kontrol retak

$$z = fs \sqrt[3]{dcA}$$

Apabila, $z \leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur dalam ruangan dan $z \leq 25 \text{ MN/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

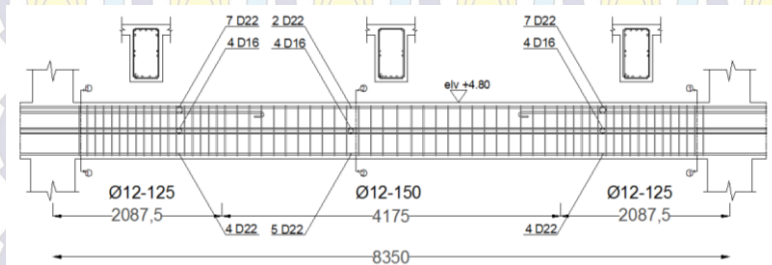
Perhitungan Kontrol Retak :

$$\begin{aligned} d_c &= \text{decking} + 0,5 \phi_{\text{tulangan}} \\ &= 40 \text{ mm} + (0,5 \times 22) \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{2d_c \times b_w}{n} \\ &= \frac{2 \times 51 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}}{7} \\ &= 5828,57 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z &= 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{51 \times 5828,57} \\ &= 16017,27 \text{ N/mm} \\ &= 16,01727 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

D. Penulangan balok induk



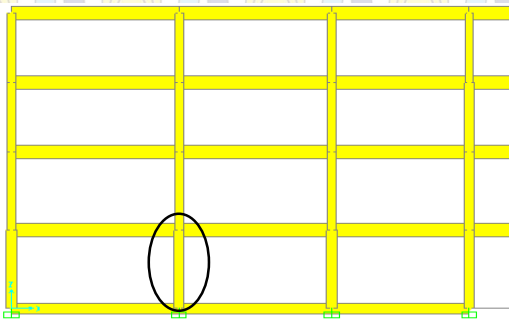
Gambar 4.38 penulangan balok induk 40/70

4.3.5 Penulangan Kolom

Perhitungan tulangan kolom K1 dengan dimensi 550 mm x 550 mm yang berada di AS 2 joint B Adapun data-data perencanaan, gambar denah kolom, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar kolom adalah sebagai berikut:

A. Data Perencanaan :

- Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur = 400 Mpa
 - Kuat leleh tulangan geser = 240 Mpa
 - Berat jenis beton = 2400 kg/m³
 - Berat jenis baja tulangan (E_s) = 200000 Mpa
 - Dimensi kolom (b_{Kolom}) = 550 mm
 - Dimensi kolom (h_{Kolom}) = 550 mm
 - Tebal selimut beton = 40 mm
 - Diameter tulangan lentur (\emptyset) = 22 mm
 - Diameter tulangan geser (\emptyset) = 12 mm
- Gambar denah kolom



Gambar 4.39 Letak kolom yang ditinjau

B. Perhitungan Tulangan

1. Penulangan Aksial dan Lentur Kolom

Berikut perhitungan tulangan kolom K1 lantai 1 (Elv.0.00 - 4.80), As 2 joint B sebagai berikut:

➤ **Momen X**

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- Aksial :

$$P_{DL} = 1673320.97 \text{ N}$$

$$P_{LL} = 464661.91 \text{ N}$$

$$P_u = (1.2 P_{DL} + 1.6 P_{LL})$$

$$= 2751444,22 \text{ N}$$

- Momen akibat pengaruh beban Gempa :

M_{1s} = Momen ujung terfaktor terkecil pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar (SNI 2847:2013)

M_{2s} = Momen ujung terfaktor terbesar pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar (SNI 2847:2013)

Akibat Combo Gempa X :

$$M_{1s} = 480093900 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 412194490 \text{ Nmm}$$

- Momen akibat pengaruh beban grafitasi :

M_{1ns} = Momen ujung terfaktor terkecil pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar. (SNI 2847:2013)

M_{2ns} = Momen ujung terfaktor terbesar pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar. (SNI 2847:2013)

Akibat Combo :

$$M_{1ns} = 36745372.49 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 47314643.00 \text{ Nmm}$$

- Kelangsingan Kolom :

- Kontrol Kelangsingan Kolom

B_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$B_d = \frac{1,2 \times P \text{ DL}}{(1,2 \times P \text{ DL}) + (1,6 \times P \text{ LL})}$$

$$= \frac{2007985,16}{2751444,22}$$

$$= 0,730$$

- Panjang Tekuk Kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{balok}}}$$

Untuk kolom 55/55 :

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d}$$

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 550 \times (550)^3 \\ &= 5337864583 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_k &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5337864583}{1 + 0,730} \\ &= 31775460544385 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/80 :

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 400 \times (800)^3 \\ &= 5973333333 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5973333333}{1 + 0,730} \\ &= 35558305140305 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/70 :

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 400 \times (700)^3 \\ &= 4001666667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 4001666667}{1 + 0,730} \\ &= 23821286451415 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/80 :

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 400 \times (800)^3 \\ &= 5973333333 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5973333333}{1 + 0,730} \\ &= 35558305140305 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/70 :

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 400 \times (700)^3 \\ &= 4001666667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 4001666667}{1 + 0,730} \\ &= 23821286451415 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

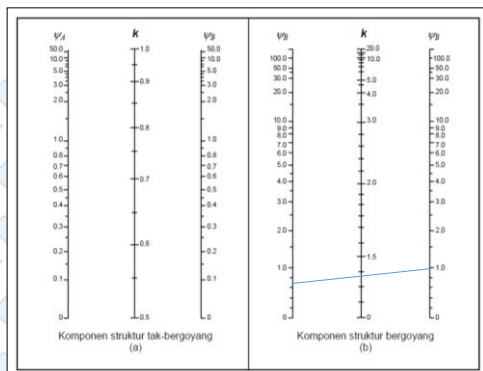
Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik factor panjang efektif k.

Kolom atas

$$\begin{aligned} \Psi &= \frac{\sum EI_k/L}{\sum EI_b/L} \\ &= \frac{6619887613 + 6619887613}{3963252914 + 4355500385 + 6526379850 + 2852848677} \\ &= 0,748 \end{aligned}$$

Kolom bawah

$$\begin{aligned} \Psi &= \frac{\sum EI_k/L}{\sum EI_b/L} \\ &= 1 \text{ (karena menumpu pada pondasi)} \end{aligned}$$



Gambar 4.40 Grafik aligment

Dari grafik aligment didapatkan $K = 0,95$

- Inersia Kolom :

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 550 \text{ mm} \times (550 \text{ mm})^3 \\ &= 7625520833 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- $A = b \times h$
 $= 550 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$
 $= 302500 \text{ mm}^2$

- Radius girasi

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I_g}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{7625520833}{302500}} \\ &= 158,77 \end{aligned}$$

- Kontrol kelangsingan kolom :

$$\frac{K \times \lambda u}{r} \leq 22$$

$$\frac{0,95 \times 4800}{158,77} \leq 22$$

$$28,721 \geq 22 \quad (\text{Maka termasuk kolom langsing})$$

- Menghitung Factor Pembesaran Momen :

$$\text{Jumlah kolom (n)} = 16 \text{ buah}$$

$$P_u = 2751444,22 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 16 \times 2751444,22 \text{ N} \\ &= 44023107,52 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times E I_k}{(k \times L_u)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 31775460544385}{(0,95 \times 4800)^2} \\ &= 15082103,48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= n \times P_c \\ &= 16 \times 15082103,48 \text{ N} \\ &= 241313654,4 \text{ N} \end{aligned}$$

- Faktor pembesaran Momen (δ)

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{1 - \left(\frac{\Sigma P_u}{0,75 \times \Sigma P_c} \right)} \geq 1 \\ &= \frac{1}{1 - \left(\frac{4489107,65}{0,75 \times 241313654,4} \right)} \geq 1 \\ &= 1,32 \geq 1 \end{aligned}$$

Sehingga faktor pembesaran momen yang digunakan $\delta_s = 1,32$

- Nilai momen akibat factor pembesaran momen :

$$\begin{aligned} M1 &= M1_{ns} + (\delta_s \times M1_s) \\ &= 36745372,49 + (1,32 \times 480093900,00) \\ &= 671153643 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M2 &= M2_{ns} + (\delta_s \times M2_s) \\ &= 147314643,00 + (1,32 \times 412194490,00) \\ &= 591998908,97 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$M_u = 671153643 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 27514444,22 \text{ N}$$

- Cek Kondisi Balance :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{tul.lentur} \\ &= 550 - 40 - 12 - \frac{22}{2} = 487 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{cover} + \text{tul.geser} + \frac{1}{2} \text{tul.lentur} \\ &= 40 + 12 + \frac{22}{2} = 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{tul.lentur} - \frac{1}{2} h \\ &= 400 - 40 - 12 - \frac{22}{2} - \frac{275}{2} = 212 \text{ mm} \end{aligned}$$

Coba digunakan tulangan 20 D 22

$$\begin{aligned} A_s &= A_s' = 10 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \\ &= 10 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \right) \\ &= 3801,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{\min} &= (15 + 0,03h) \\ &= [15 + (0,03 \times 550)] \\ &= 31,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600 \times d}{600 \times f_y} \\
 &= \frac{600 \times 487}{600 \times 400} \\
 &= 292,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= \beta_1 \cdot x_b \\
 &= 0,85 \cdot 292,2 \\
 &= 248,37 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 3801,33 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 1423597,003 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 3801,33 \times 400 \\
 &= 1520530,84 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 292,2 \times 550 \\
 &= 3483389,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 33483389,25 + 1423597,003 - \\
 &\quad 1520530,84 \\
 &= 3386455,41 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= C_c'(d-d''-ab/2) + C_s'(d-d''-d')+T \cdot d'' \\
 &= [33483389,25 \times (487 - 212 - 248/2)] + \\
 &\quad [1423597,003 \times (487 - 212 - 63)] + \\
 &\quad (1520530,84 \times 212) \\
 &= 1149502453 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b/P_b \\
 &= 1149502453/3386455,41 \\
 &= 339,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{1032544066,16}{4232991,11}$$

$$= 243,93 \text{ mm}$$

$$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$31,5 \text{ mm} < 243,93 \text{ mm} < 339,44 \text{ mm}$$

(Tekan menentukan)

- Kondisi tekan menentukan :

$$e < e_b$$

$$243,93 \text{ mm} < 339,44 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Diambil nilai, $x = 300 \text{ mm}$

$$a = 0,85 \cdot X$$

$$= 0,85 \times 300$$

$$= 255 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y, (f_y > f_s = 400 \text{ MPa})$$

$$\epsilon_s = [(d/x) - 1] \times 0,003$$

$$= [(487/185) - 1] \times 0,003$$

$$= 0,002$$

$$f_s = [(d/x) - 1] \times 600$$

$$= [(487/300) - 1] \times 600$$

$$= 374 \text{ Mpa}$$

$$f_s < f_y$$

$$374 < 400 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

$$\epsilon_y = f_s / E_s$$

$$= 374 \text{ Mpa} / 200000 \text{ Mpa}$$

$$= 0,002$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As' \times (fy - 0,85 \times fc') \\
 &= 3801,33 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 1423597,003 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times X \times \beta 1 \\
 &= 0,85 \times 30 \times 550 \times 300 \times 0,85 \\
 &= 3576375 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= As \times fs \\
 &= 3801,33 \times 374 \text{ Mpa} \\
 &= 1421696,34 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 3576375 + 1423597,003 - 1421696,34 \\
 &= 3578275,66 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &> Pb \\
 3578275,66 \text{ N} &> 3386455,41 \text{ N} \text{ (Oke)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= Cc'(d-d''-a/2) + Cs'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= [3576375 \times (487-212-255/2)] + \\
 &\quad [1423597,003 \times (487-212-63)] + \\
 &\quad (1421696,34 \times 212) \\
 &= 1130717501 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

• Cek syarat :

$$\begin{aligned}
 \emptyset \cdot Mn &\geq Mu \\
 0,65 \cdot 1130717501 \text{ Nmm} &\geq 671153643 \text{ Nmm} \\
 734966375,7 \text{ Nmm} &\geq 671153643 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

(memenuhi)

Jadi dapat digunakan tulangan utama pada arah x kolom sebesar 20 D 22

➤ Momen Y

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- Aksial :

$$P_{DL} = 1673320.97 \text{ N}$$

$$P_{LL} = 464661.91 \text{ N}$$

$$P_u = (1.2 P_{DL} + 1.6 P_{LL}) \\ = 2751444.22 \text{ N}$$

- Momen akibat pengaruh beban Gempa :

M_{1s} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar. (SNI 2847:2013)

M_{2s} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar. (SNI 2847:2013)

Akibat Combo Gempa Y :

$$M_{1s} = 5881924.47 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 60374666.30 \text{ Nmm}$$

- Momen akibat pengaruh beban grafitasi :

M_{1ns} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar (SNI 2847:2013)

M_{2ns} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang

mengakibatkan goyangan samping tidak besar (SNI 2847:2013)

Akibat Combo :

$$M_{1ns} = 61569238,00 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 114038529,40 \text{ Nmm}$$

• Kelangsingan Kolom :

- Kontrol Kelangsingan Kolom

Bd = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\begin{aligned} Bd &= \frac{1,2 \times P \text{ DL}}{(1,2 \times P \text{ DL}) + (1,6 \times P \text{ LL})} \\ &= \frac{2007985,16}{2751444,22} \\ &= 0,730 \end{aligned}$$

- Panjang Tekuk Kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{balok}}}$$

Untuk kolom 55/55 :

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 550 \times (550)^3 \\ &= 5337864583 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_k &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5337864583}{1 + 0,730} \\
 &= 31775460544385 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/80 :

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 400 \times (800)^3 \\
 &= 5973333333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30} \\
 &= 25742,96 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 597333333}{1 + 0,730} \\
 &= 35558305140305 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/70 :

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 400 \times (700)^3 \\
 &= 4001666667 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30} \\
 &= 25742,96 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 4001666667}{1 + 0,730} \\
 &= 23821286451415 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/80 :

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 400 \times (800)^3 \\
 &= 5973333333 \text{ mm}^4 \\
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30} \\
 &= 25742,96 \text{ N.mm} \\
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5973333333}{1 + 0,730} \\
 &= 35558305140305 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/70 :

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 400 \times (700)^3 \\
 &= 4001666667 \text{ mm}^4 \\
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30} \\
 &= 25742,96 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EIb &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 4001666667}{1 + 0,730} \\
 &= 23821286451415 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik factor panjang efektif.

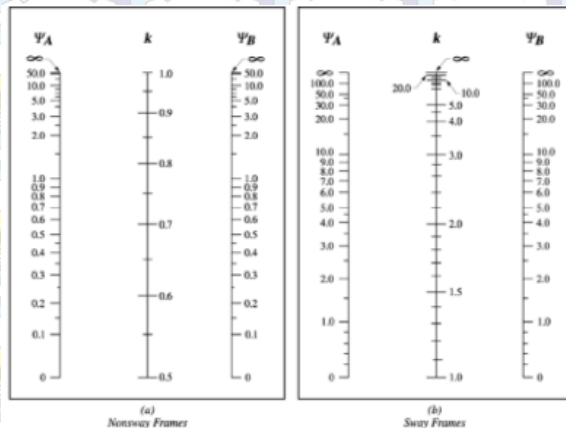
Kolom atas

$$\begin{aligned}
 \Psi &= \frac{\sum EI_k/L}{\sum EI_b/L} \\
 &= \frac{6619887613 + 6619887613}{3963252914 + 4355500385 + 6526379850 + 2852848677}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,748
 \end{aligned}$$

Kolom bawah

$$\begin{aligned}
 \Psi &= \frac{\sum EI_k/L}{\sum EI_b/L} \\
 &= 1 \text{ (karena menumpu pada pondasi)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.41 Grafik alignment

Dari grafik alignment didapatkan $K = 0,95$

• Inersia Kolom :

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 550 \text{ mm} \times (550 \text{ mm}^3) \\ &= 7625520833 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

• $A = b \times h$
 $= 550 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$
 $= 302500 \text{ mm}^2$

• Radius girasi

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I_g}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{7625520833}{302500}} \\ &= 158,77 \end{aligned}$$

• Kontrol kelangsingan kolom :

$$\begin{aligned} \frac{K \times \lambda_u}{r} &\leq 22 \\ \frac{0,95 \times 4800}{158,77} &\leq 22 \\ 28,721 &\geq 22 \quad (\text{Maka termasuk kolom langsing}) \end{aligned}$$

• Menghitung Factor Pembesaran Momen :

Jumlah kolom (n) = 16 buah

$$P_u = 2751444,22 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 16 \times 2751444,22 \text{ N} \\ &= 44023107,52 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_c &= \frac{\pi^2 \times E I_k}{(k \times L_u)^2} \\
 &= \frac{\pi^2 \times 31775460544385}{(0,95 \times 4800)^2} \\
 &= 15082103,48 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma P_c &= n \times P_c \\
 &= 16 \times 15082103,48 \text{ N} \\
 &= 241313654,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Faktor pembesaran Momen (δ)

$$\begin{aligned}
 \delta_s &= \frac{1}{1 - \left(\frac{\Sigma P_u}{0,75 \times \Sigma P_c} \right)} \geq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - \left(\frac{4489107,65}{0,75 \times 241313654,4} \right)} \geq 1 \\
 &= 1,32 \geq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga faktor pembesaran momen yang digunakan $\delta_s = 1,32$

- Nilai momen akibat factor pembesaran momen :

$$\begin{aligned}
 M_1 &= M_{1ns} + (\delta_s \times M_{1s}) \\
 &= 61569238,00 + (1,32 \times 5881924,47) \\
 &= 69341762,35 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= M_{2ns} + (\delta_s \times M_{2s}) \\
 &= 114038529,40 + (1,32 \times 60374666,30) \\
 &= 193819146,55 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_u = 193819146,55 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 27514444,22 \text{ N}$$

• Cek Kondisi Balance :

$$d = h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{tul.lentur} \\ = 550 - 40 - 12 - 22/2 = 487 \text{ mm}$$

$$d' = \text{cover} + \text{tul.geser} + \frac{1}{2} \text{tul.lentur} \\ = 40 + 12 + 22/2 = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{tul.lentur} - \frac{1}{2} h \\ = 400 - 40 - 12 - 22/2 - 275 = 212 \text{ mm}$$

Coba digunakan tulangan 20 D 22

$$A_s = A_s' = 10 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\ = 10 \times (1/4 \times \pi \times 22^2) \\ = 3801,33 \text{ mm}^2$$

$$e_{\min} = (15 + 0,03h) \\ = [15 + (0,03 \times 550)] \\ = 31.5 \text{ mm}$$

$$X_b = \frac{600 \times d}{600 \times f_y} \\ = \frac{600 \times 487}{600 \times 400} \\ = 292,2 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot x_b \\ = 0,85 \cdot 292,2 \\ = 248.37 \text{ mm}$$

$$C_s' = A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\ = 3801,33 \times (400 - 0,85 \times 30) \\ = 1423597,003 \text{ N}$$

$$T = A_s \times f_y \\ = 3801,33 \times 400 \\ = 1520530,84 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0.85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times (x_b) \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 292,2 \times 550 \\
 &= 3483389,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= Cc' + C_s' - T \\
 &= 33483389,25 + 1423597,003 - 1520530,84 \\
 &= 3386455,41 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= Cc'(d-d''-ab/2) + C_s'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= [33483389,25 \times (487 - 212 - 248/2)] + \\
 &\quad [1423597,003 \times (487 - 212 - 63)] + \\
 &\quad (1520530,84 \times 212) \\
 &= 1149502453 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= 1149502453 / 3386455,41 \\
 &= 339,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{perlu}} &= \frac{M_u}{P_u} \\
 &= \frac{298183302,38}{4232991,11} \\
 &= 70,443 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{min}} &< e_{\text{perlu}} < e_b \\
 31,5 \text{ mm} &< 70,443 \text{ mm} < 339,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Tekan menentukan)

- Kondisi tekan menentukan :

$$\begin{aligned}
 e &< e_b \\
 70,443 \text{ mm} &< 339,44 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Diambil nilai, $x = 300 \text{ mm}$

$$a = 0,85 \cdot X \\ = 0,85 \times 300 \\ = 255 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y, (f_y > f_s = 400 \text{ MPa})$$

$$\epsilon_s = [(d/x) - 1] \times 0,003 \\ = [(487/185) - 1] \times 0,003 \\ = 0,002$$

$$f_s = [(d/x) - 1] \times 600 \\ = [(487/300) - 1] \times 600 \\ = 374 \text{ Mpa}$$

$$f_s < f_y \\ 374 < 400 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

$$\epsilon_y = f_s / E_s \\ = 374 \text{ Mpa} / 200000 \text{ Mpa} \\ = 0,002$$

$$C_s' = A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\ = 3801,33 \times (400 - 0,85 \times 30) \\ = 1423597,003 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times X \times \beta_1 \\ = 0,85 \times 30 \times 550 \times 300 \times 0,85 \\ = 3576375 \text{ N}$$

$$T = A_s \times f_s \\ = 3801,33 \times 374 \text{ Mpa} \\ = 1421696,34 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 P &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 3576375 + 1423597,003 - 1421696,34 \\
 &= 3578275,66 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &> P_b \\
 3578275,66 \text{ N} &> 3386455,41 \text{ N (Oke)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cc'(d-d'' - a/2) + Cs'(d-d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= [3576375 \times (487 - 212 - 255/2)] + \\
 &\quad [1423597,003 \times (487 - 212 - 63)] + \\
 &\quad (1421696,34 \times 212) \\
 &= 1130717501 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

• Cek syarat :

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot M_n &\geq M_u \\
 0,65 \cdot 1130717501 \text{ Nmm} &\geq 193819146,55 \text{ Nmm} \\
 734966375,7 \text{ Nmm} &\geq 193819146,55 \text{ Nmm} \\
 \text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

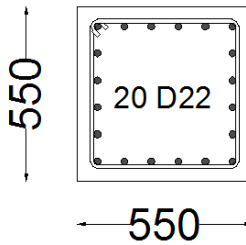
Jadi dapat digunakan tulangan utama pada arah y kolom sebesar 20 D 22

Kesimpulan :

Setelah menghitung nilai momen nominal yang terpasang pada arah x dan arah y maka dipakai tulangan 20 D 22 yang dimana setiap sisi kolom terdapat tulangan 6 D 22

Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas bruto penampang A_g .

Maka direncanakan penulangan kolom 550 x 550 mm peninjauan arah x sebesar 20 D 22 yang disebar sepanjang kanan dan kiri kolom, begitu pula untuk tulangan arah y



Gambar 4.42 Penampang kolom 55 x 55

Luas tulangan yang digunakan :

$$\begin{aligned} A_s &= 20 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\ &= 20 \times (1/4 \times \pi \times 22^2) \\ &= 7605,714 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

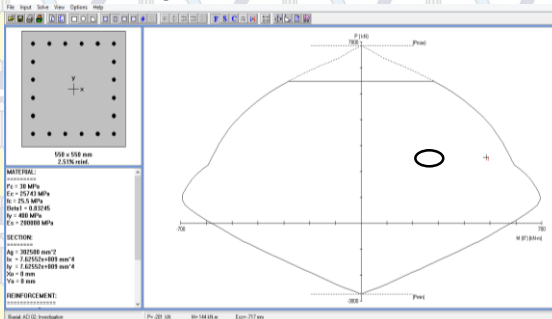
$$\begin{aligned} \% \text{ tul.} &= (A_s \text{ Pasang} / A_{\text{Kolom}}) \times 100\% \\ &= (7605,714 / 302500) \times 100\% \\ &= 2,51\% < 8\% \quad \text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Cek dengan program pcaColumn:

Semua Output perhitungan dimasukkan ke dalam analisa PCA COL, sehingga diperoleh grafik momen berikut :

- Mutu beton f_c' = 30 Mpa
- Mutu baja tulangan f_y = 400 MPa
- BJ baja tulangan E_s = 200000 MPa
- β = 0,85

- Dimensi kolom: $b = 550 \text{ mm}$
 $h = 550 \text{ mm}$
- Tulangan kolom $= 20D22$



Material Properties:

$f'_c = 30 \text{ MPa}$ $E_c = 29743 \text{ MPa}$
 $f_y = 400 \text{ MPa}$ $E_s = 200000 \text{ MPa}$
 Ultimate Strain = 0.003 mm/mm
 Beta1 = 0.8245

Section:

Rectangular Width = 550 mm Depth = 550 mm
 Gross section area, $A_g = 302500 \text{ mm}^2$
 $I_x = 7.62321e+009 \text{ mm}^4$ $I_y = 7.62321e+009 \text{ mm}^4$
 $X_c = 0 \text{ mm}$ $Y_c = 0 \text{ mm}$

Reinforcement:

Bar	Size	Area (mm ²)	Count	Total Area (mm ²)
# 3	10	75	4	300
# 4	13	204	7	1428
# 5	20	400	10	4000
# 14	13	204	10	2040

Confined: 12x13 #3 bars with 810 bars, #6 with larger bars.
 $\rho_{min} = 0.8$, $\rho_{max} = 0.8$, $\rho_{min} = 0.45$

Layout: Rectangular
 Pattern: Spiral Bar Spacing (Close to transverse reinforcement)
 Total steel area, $A_s = 7604 \text{ mm}^2$ at 2.31x
 22 #7 Core = 10 mm

Patterned Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

	P_u	M_x	M_y	R_{px}	R_{py}
1	2049.3	479.8	64.3	574.1	77.0

*** Program completed as requested! ***

Berdasarkan Output dari pcaColumn :

$$M_{ux} = 479,8 \text{ kNm} < M_{nx} = 574,1 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 64,3 \text{ kNm} < M_{ny} = 77,0 \text{ kNm}$$

Jadi kolom dapat menahan gaya lentur dan aksial yang terjadi

2. Penulangan Geser

Berdasarkan hasil output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom K1 sebagai berikut :

- Aksial :

$$P_u = 2751444,22 \text{ N}$$

$$d = h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{ tul.lentur} \\ = 550 - 40 - 12 - \frac{22}{2} = 487 \text{ mm}$$

$$d' = \text{cover} + \text{tul.geser} + \frac{1}{2} \text{ tul.lentur} \\ = 40 + 12 + \frac{22}{2} = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{ tul.lentur} - \frac{1}{2} h \\ = 400 - 40 - 12 - \frac{22}{2} - \frac{275}{2} = 212 \text{ mm}$$

- Gaya lintang pada kolom untuk SRPMM :

Momen nominal pasang top Kolom :

$$M_{nt} = 574100000 \text{ Nmm}$$

Momen nominal pasang bottom Kolom :

$$M_{nb} = 574100000 \text{ Nmm}$$

Gaya lintang Kolom :

$$V_u = (M_{nt} + M_{nb})/h_n \\ = (574100000 + 574100000)/4800 \\ = 239208,33 \text{ N}$$

- $V_n = V_u/\phi \\ = 239208,33 \text{ N}/0,75 \\ = 318944,44 \text{ N}$

- Kuat geser pada beton :

$$V_c = \left[1 + \frac{P_u}{14A_g} \right] \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] b_w \times d$$

$$= \left[1 + \frac{2751444,22}{14(550 \times 550)} \right] \left[\frac{\sqrt{30}}{6} \right] 550 \times 487$$

$$= 403370,20 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$V_s \text{ min.} = 1/3 \times b_w \times d$$

$$= 1/3 \times 550 \times 487$$

$$= 89283,333 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 1/3 \times \sqrt{30} \times 550 \times 487$$

$$= 489024,957 \text{ N}$$

$$2V_s \text{ max} = 2/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 2/3 \times \sqrt{30} \times 550 \times 487$$

$$= 978049,914 \text{ N}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

bila: $V_u \leq 0,5 \cdot \varphi \cdot V_c$

- **Kondisi 2**

bila: $0,5 \cdot \varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot V_c$

- **Kondisi 3,**

bila: $\varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot (V_c + V_{s \text{ min}})$

- **Kondisi 4,**

bila: $\varphi \cdot (V_c + V_{s \text{ min}}) \leq V_u \leq \varphi \cdot (V_c + V_{s \text{ max}})$

- **Kondisi 5,**

bila: $\varphi \cdot (V_c + V_{s \text{ max}}) \leq V_u \leq \varphi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{s \text{ max}})$

Kontrol :

- Kondisi 1

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 239208,33 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 403370,20 \text{ N} \\ 239208,33 \text{ N} &\leq 151263,82 \text{ N} \text{ (Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- Kondisi 2

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\ 151263,82 \text{ N} &\leq 239208,33 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 403370,20 \text{ N} \\ 151263,82 \text{ N} &\leq 239208,33 \text{ N} \leq 302527,65 \text{ N} \\ \text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Penulangan geser kondisi = 2

$$\begin{aligned} V_{\text{perlu}} &= V_{\text{Smin}} \\ &= 89283,333 \text{ N} \end{aligned}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{V_{\text{min}}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times 3}{b_w}$
 $= \frac{226,19 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Mpa} \times 3}{550 \text{ mm}}$
 $= 296,11 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq d/2 \\ S_{\text{pakai}} &\leq 600 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$150 \text{ mm} \leq 243,5 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

- Panjang Lo tidak boleh kurang dari :

- Seperenam tinggi bersih kolom :

$$L_o = 1/6 \times L_n$$

$$= 1/6 \times 4800$$

$$= 800 \text{ mm}$$

- dimensi terbesar penampang kolom

$$L_o = 550 \text{ mm}$$

- $L_o > 500 \text{ mm}$

$$\text{Maka } L_o = 800 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

- Spasi sengkang ikat sebarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

3. Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom

$$0,07 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \times 400 \text{ Mpa} \times 22 \geq 300 \text{ mm}$$

$$1616 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 650 mm

4. Perhitungan penyaluran tulangan kolom

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y}{10 \times \sqrt{f_c'}} \times \frac{\alpha \times \beta \times \gamma \times \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_h}\right)}$$

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai

α = faktor lokasi penulangan

β = faktor pelapis

λ = faktor beton agregat ringan

c = spasi atau dimensi selimut beton

K_{tr} = Indeks tulangan transversal, sebagai penyederhanaan perencanaan, diperbolehkan mengasumsikan $K_{tr} = 0$ bahkan untuk kondisi dimana tulangan transversal dipasang.

Diketahui :

sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.2

α = 1

β = 1,5

λ = 1

d_b = 22 mm

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y}{10 \times \sqrt{f_c'}} \times \frac{\alpha \times \beta \times \gamma \times \lambda}{\left(\frac{c+K_{tr}}{d_h}\right)}$$

$$= \frac{9 \times 400 \text{ Mpa}}{10 \times \sqrt{30}} \times \frac{1 \times 1,5 \times 1 \times 1}{\left(\frac{40 \text{ mm} + 0}{22}\right)}$$

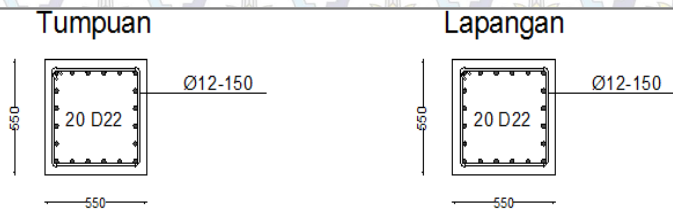
$$= 1192,94 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f_s &= 60\% \times f_y \\ &= 60\% \times 400 \text{ Mpa} \\ &= 240 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

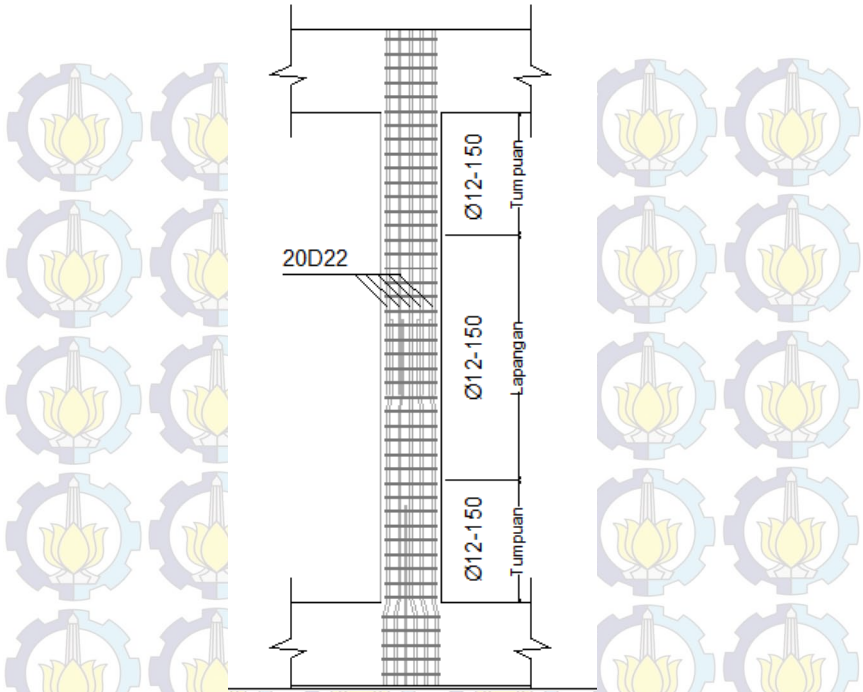
Karena $f_s > 0,5 \times f_y$, maka :

$$\begin{aligned} \text{Idpakai} &= 1,3 \times l_d \\ &= 1,3 \times 1192,94 \text{ mm} \\ &= 1550,82 \text{ mm} \approx 1600 \text{ mm} \end{aligned}$$

C. Penulangan kolom



Gambar 4.43 penampang tulangan kolom 55/55



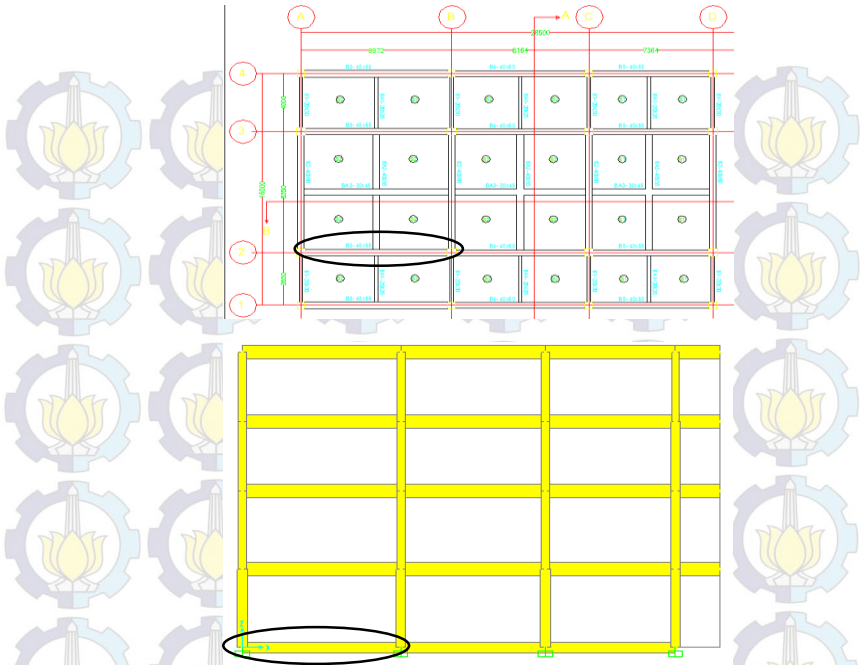
Gambar 4.44 Penulangan kolom 55/55

4.3.6 Penulangan Sloof

Perhitungan tulangan sloof 40/65 As 2 (A-B). Adapun data-data perencanaan, gambar denah pembalokan, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar balok induk adalah sebagai berikut:

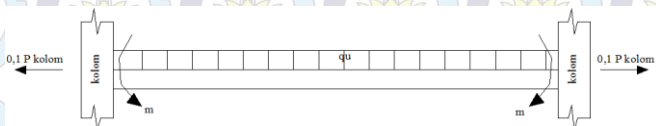
A. Data Perencanaan :

- Tipe sloof = S3 40/65
- As sloof = B (2-3)
- Dimensi sloof (b_{balok}) = 400 mm
- Dimensi sloof (h_{balok}) = 650 mm
- Bentang sloof = 8972 mm
- Kuat tekan beton = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser = 240 Mpa
- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Tebal selimut beton = 50 mm
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan lentur = 0,8
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan geser = 0,75
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan torsi = 0,75
- Faktor β_1 = 0,85
- Diameter tulangan lentur (\emptyset) = 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) = 10 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset) = 12 mm
- Gambar Denah Sloof



Gambar 4.45 Letak sloof yang ditinjau

B. Perhitungan Tulangan



Gambar 4.46 pembebanan pada sloof

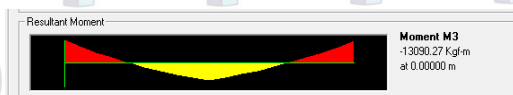
- Tinggi efektif sloof :
 $d = h - \text{decking} - \phi_{\text{senggang}} - (\frac{1}{2} \phi \text{ Tul.lentur})$
 $= 650 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm})$
 $= 579 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \phi_{\text{senggang}} + \left(\frac{1}{2} \phi \text{ tul.lentur}\right) \\
 &= 50 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm}\right) \\
 &= 71 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Hasil Output gaya dalam pada SAP 2000

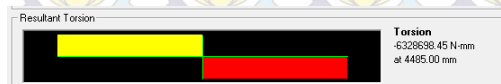
Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Berikut diperoleh hasil gaya dalam yang maksimum :

- Momen lentur yang terjadi pada sloof :
Kombinasi 1,4 D



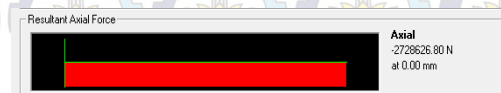
$$M_{u \text{ maksimum}} = 13090.27 \text{ Kgm} = 130902700 \text{ Nmm}$$

- Momen torsi yang terjadi pada sloof :
Kombinasi 1,4 D



$$M_{\text{torsi}} (T_u) = 6328698.45 \text{ Nmm}$$

- Gaya aksial kolom :
Kombinasi 1,2D + 1,0L + 0,3EqX + 1,0EqY



$$P_u \text{ kolom kanan} = 2728626.8 \text{ N}$$



Pu kolom kiri = 1469054.22 N

Maka digunakan nilai p maks antara kolom kiri dan kolom kanan yaitu sebesar :

$$P_{\text{maksimum}} = 2728626.8 \text{ N}$$

- Gaya geser sloof :
Kombinasi 1,2D + 1,0 L



Gaya Geser tumpuan kiri = 54906.1 N



Gaya Geser tumpuan kanan = 51450.95 N



Gaya geser lapangan = 42254.51 N

1. Perhitungan tulangan puntir

- Momen puntir ultimate :
 $T_u = 6328698.45 \text{ Nmm}$
- Momen puntir nominal :
$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$= \frac{6328698.45}{0,75}$$

$$= 8438264,6 \text{ Nmm}$$

- Luas yang dibatasi oleh keliling penampang beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400\text{mm} \times 650\text{mm} \\ &= 260000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling Luar penampang beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400\text{mm} + 650\text{mm}) \\ &= 2100 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $Tu_{\min} = \frac{\phi \sqrt{f_{c'}}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$
 $= \frac{0,75 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{12} \left(\frac{260000^2}{2100} \right)$
 $= 11019656,22 \text{ Nmm}$

- Cek pengaruh momen puntir :

Syarat :

$Tu_{\min} > Tu \rightarrow$ tidak memerlukan tulangan puntir

$Tu_{\min} < Tu \rightarrow$ memerlukan tulangan puntir

Kontrol :

$$\begin{aligned} Tu_{\min} &> Tu \\ 11019656,22 \text{ Nmm} &> 6328698,45 \text{ Nmm} \\ &\text{(Tidak memerlukan tulangan puntir)} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Tulangan Lentur

- Akibat kombinasi 1,4 D

$$Mu_{\max} = 130902700 \text{ Nmm}$$

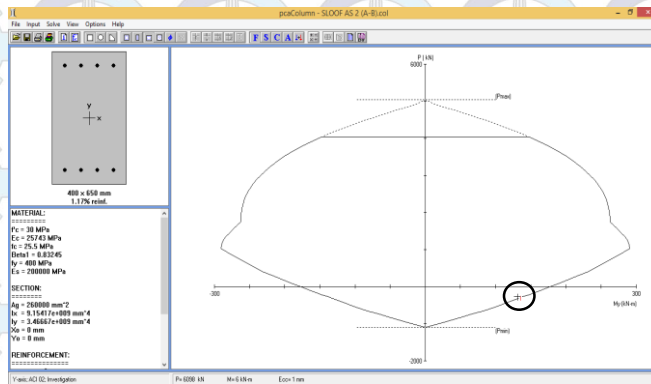
$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{130902700}{0,8} \\
 &= 163628375 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kombinasi diatas, sloof juga akan dihitung terhadap gaya normal 10 % dari gaya aksial terbesar pada kolom. Atau 10 % gaya yang terbesar diantara kedua kolom yang menjepit kanan maupun kiri sloof.

$$P \text{ maksimum} = 2728626,8 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \text{Gaya tarik yang terjadi pada sloof (Pn)} : \\
 P_n &= 10 \% \times P_{\text{maks}} \\
 &= 10 \% \times 2728626,8 \text{ N} \\
 &= 272862,68 \text{ N}
 \end{aligned}$$

• Cek dengan pcaColoumn :



Gambar 4.47 Grafik akibat momen pada program pcaColoumn


```

File Edit View Help
E0 - * 25'43 MW          Ea = 200000 N/m
Ultimate strain = 0.009 mm/mm
Strain = 0.00242

Reinforce:
-----
Rectangular: Width = 400 mm      Depth = 450 mm
Gross section area, Ag = 240000 mm^2
Ie = 9.1547e+009 mm^4          Iy = 3.4667e+009 mm^4
So = 0 mm                      Yo = 0 mm

Reinforcement:
-----
Rebar Database: User-defined
Size Dia (mm) Area (mm^2)      Size Dia (mm) Area (mm^2)      Size Dia (mm) Area (mm^2)
-----
# 3   10   71   # 4   13   129   # 5   14   200
# 6   16   204   # 7   22   380   # 8   25   510
# 9   25   492   # 10  52   819   # 11  36   1006
# 14  43   1472   # 16  87   2351

Confinement: Tied: #1 size with #10 bars, #1 with larger bars.
phi(s) = 0.8, phi(sh) = 0.9, phi(c) = 0.65

Layout: Rectangular
Reinforce Size Increment (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 2041 mm^2 at 1.17%
-----
Type          Section          Left          Right
-----
Base          # 4 7          # 4 7          # 3 3          # 3 3
Cover (mm)   50             50             50             50

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities (see user's manual for notation)
-----
No.      Pu      MuY      MuX      Pn/Mn      Mn/Mn
-----
1        -272.9   130.9    138.7    1.058

*** Program completed as requested ***

```

Gambar 4.48 Analisa dari cek pcaColumn sloof

Momen kapasitas penampang yang dihasilkan pada program pcaColumn sebagai berikut :

- $\phi M_n \geq \mu_u$
 $0,8 \cdot 163628375 \text{ Nmm} \geq 130902700 \text{ Nmm}$
 $130902700 \text{ Nmm} \geq 130902700 \text{ Nmm}$
(Memenuhi)

Jadi Pada perencanaan dipasang tulangan sloof sebanyak 8 D 22 dengan rincian :
 4 D 22 (Tulangan Atas)
 4 D 22 (Tulangan bawah)

- As pasang $= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2$
 $= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$
 $= 1520.53 \text{ mm}^2$
- As' pasang $= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2$
 $= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$
 $= 1520.53 \text{ mm}^2$
- As total pasang = 3041,06 mm²

- Cek Jarak Spasi Tulangan Pakai :

- Kontrol :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 22)}{4 - 1}$$

$$= 69,3 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $69,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

Jadi penulangan lentur untuk sloof (40/65) dipakai tulangan tarik 1 lapis 4 D 22 dan tulangan tekan 1 lapis 4 D 22.

3. Penulangan Geser

➤ Daerah Tumpuan

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kiri dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kiri :

- $V_u = 54906,1 \text{ N}$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tarik)

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tekan)

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

- Tinggi balok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(Aspasang \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{(2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 89,44 \text{ mm}$$

- Gaya tekan beton :

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 59,63 \text{ mm}$$

$$= 608212,34 \text{ N}$$

- $M_{nl} = Cc' \times (d - \frac{a}{2})$
- $$= 608212,34 \text{ N} \times (579 \text{ mm} - \frac{56,63 \text{ mm}}{2})$$
- $$= 334021500 \text{ Nmm}$$

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kanan dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kanan :

- $V_u = 51450,95 \text{ N}$

As pakai tumpuan kanan (Tul.Tarik)

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

As pakai tumpuan kanan (Tul.Tekan)

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

- Tinggi balok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(Aspasang \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{(1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 59,63 \text{ mm}$$

- Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 59,63 \text{ mm} \\ &= 608212,34 \text{ N} \end{aligned}$$

- $Mnr = Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$
 $= 608212,34 \text{ N} \times \left(579 \text{ mm} - \frac{59,63 \text{ mm}}{2}\right)$
 $= 334021500 \text{ Nmm}$

Dari hasil output SAP didapat gaya geser terfaktor tumpuan kanan dan kiri maka digunakan gaya terfaktor tumpuan yang paling besar adapun hasilnya sebagai berikut :

- $Vu = 54906.1 \text{ N}$ (output SAP)

$$Mnl = 334021500 \text{ Nmm}$$

$$Mnr = 334021500 \text{ Nmm}$$

- $Vu_1 = \frac{Mnl + Mnr}{Ln} + Vu$
 $= \frac{(334021500 + 334021500) \text{ Nmm}}{8350 \text{ mm}} + 54906.1 \text{ N}$
 $= 129364,75 \text{ N}$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} Vc &= \frac{1}{6} \times \sqrt{fc'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 211420,91 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 77200 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 422841,81 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 845683,63 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

$$\text{bila: } V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 2**

$$\text{bila: } 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 3,**

$$\text{bila: } \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$$

- **Kondisi 4,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$$

- **Kondisi 5,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$$

Kontrol :

- **Kondisi 1**

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 129364,75 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 211420,91 \text{ N} \\ 129364,75 \text{ N} &\leq 79282,84 \text{ N} \quad (\text{Tidak Oke}) \end{aligned}$$

- Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$79282,84 \text{ N} \leq 129364,75 \text{ N} \leq 0,75 \cdot x$$

$$211420,91 \text{ N}$$

$$79282,84 \text{ N} \leq 129364,75 \text{ N} \leq 158565,68 \text{ N}$$

(Oke)

- Penulangan geser kondisi = 2

$$V_{\text{perlu}} = V_{\text{Smin}} \\ = 77200 \text{ N}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$A_{v\text{min}} = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \\ = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ = 157,08 \text{ mm}^2$$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s}$
 $= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Mpa} \times 579 \text{ mm}}{77200 \text{ N}}$
 $= 282,74 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4 \\ S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}} \\ S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}} \\ S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$100 \text{ mm} \leq 144,75 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Maka dipasang \varnothing 10-100 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

➤ **Daerah Lapangan**

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor lapangan adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Lapangan

- $V_u = 42254,51 \text{ N}$ (Output SAP)

- $$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times ((\frac{1}{2} \times L_n) - (\frac{1}{4} \times L_n))}{\frac{1}{2} \times L_n}$$

$$= \frac{42254,51 \text{ N} \times ((\frac{1}{2} \times 8350 \text{ mm}) - (\frac{1}{4} \times 8350 \text{ mm}))}{\frac{1}{2} \times 8350 \text{ mm}}$$

$$= 64682,37 \text{ N}$$

- Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm}$$

$$= 211420,91 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 77200 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 422841,81 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 845683,63 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- Kondisi 1

bila: $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$

- Kondisi 2

bila: $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

- Kondisi 3,

bila: $\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$

- Kondisi 4,

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$

- Kondisi 5,

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$

Kontrol :

- Kondisi 1

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 64682,37 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 211420,91 \text{ N} \\ 64682,37 \text{ N} &\leq 79282,84 \text{ N} \quad \text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Penulangan geser kondisi = 1

$$V_{\text{Sperlu}} = V_{\text{Smin}} \\ = 77200 \text{ N}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$A_{v\text{min}} = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ = 157,08 \text{ mm}^2$$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s}$
 $= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Mpa} \times 579 \text{ mm}}{77200 \text{ N}}$
 $= 282,74 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4 \\ S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}} \\ S_{\text{pakai}} \leq 24 \varnothing_{\text{geser}} \\ S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$150 \text{ mm} \leq 144,75 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 240,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Maka dipasang \varnothing 10-125 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

C. Perhitungan Panjang penyaluran

Gaya Tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan.

1. Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \times \sqrt{f_c'}}$$

Dimana :

λ_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi Tarik.

d_b = diameter tulangan

α = faktor lokasi penulangan = 1

β = faktor pelapis = 1,5

λ = faktor digunakan agregat ringan = 1

$$\begin{aligned} \lambda_d &= \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times d_b}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 22}{5 \times \sqrt{30}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= 1445,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{d\text{reduksi}} &= \frac{\text{Asperlu}}{\text{As pasang}} \times \lambda_d \\ &= \frac{1520,53}{1520,53} \times 1445,99 \\ &= 1445,99 \text{ mm} \approx 1500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi Tarik 1500 mm

2. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm.

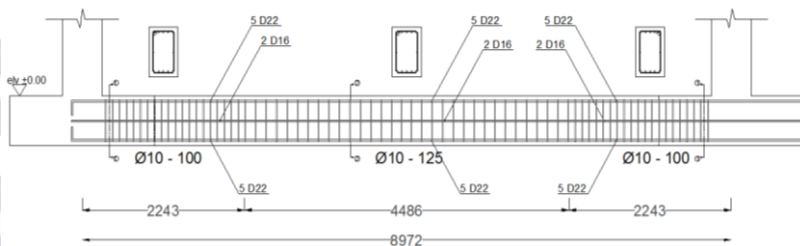
Panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau berakhir dengan kaitan adalah :

$$\begin{aligned}\lambda_{hd} &= \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \times d_b \\ &= \frac{100 \times 22 \text{ mm}}{\sqrt{30 \text{ Mpa}}} \geq 8 \times d_b \\ &= 401,66 \text{ mm} \geq 176 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{hd \text{ modifikasi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{hd} \geq 150 \text{ mm} \\ &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_{hd} \geq 150 \text{ mm} \\ &= \frac{1520,53}{1520,53} \times 401,66 \geq 150 \text{ mm} \\ &= 401,66 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 400 mm

D. Penulangan Sloof



Gambar 4.49 penulangan sloof 40/65

4.3.7 Perhitungan Struktur Bawah

Dalam perencanaan perhitungan struktur bawah harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. maka dari itu diperlukan perencanaan struktur bawah yang aman, efisien, dan ekonomis dalam pelaksanaan

4.3.7.1 Perencanaan Pondasi

Gaya-gaya yang bekerja pada suatu bangunan akan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan dari jenis bangunan *Restaurant pakuwon square* Surabaya. Adapun data perencanaannya sebagai berikut :

A. Data Perencanaan

- F_c' = 30 Mpa
- F_y tulangan utama = 400 MPa
- BJ Beton = 2400 kg/m³
- BJ Baja tulangan (E_s) = 200000 MPa
- Cover = 50 mm
- Faktor reduksi (ϕ) = 0,8
- Faktor β_1 = 0,85
- Diameter bor pile (D) = 300 mm
- Kedalaman bor pile (l) = 9000 mm
- Tulangan utama (\emptyset) = 16 mm
- Tulangan sengkang (\emptyset) = 10 mm
- SF = 3

B. Pehitungan Pondasi

1. Perhitungan Perencanaan Borpile

- Keliling borpile :

$$\begin{aligned} K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 300 \\ &= 942,857 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas borpile :

$$\begin{aligned} A_{tp} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 300^2 \\ &= 70714,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas permukaan ujung borpile :

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 300^2 \\ &= 70714,286 \text{ mm}^2 \\ &= 0,071 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas selimut borpile :

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times l \\ &= \pi \times 300 \times 9000 \\ &= 8485714,286 \text{ mm}^2 \\ &= 8,486 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Daya dukung tanah :

- Nilai SPT pada ujung tiang :

$$\begin{aligned} N &= 20 \text{ blow/feet} \\ &= 20 / 0,3408 \\ &= 58,685 \text{ blow/m} \end{aligned}$$

(**keterangan** : satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan bow/m, 1feet=0,3408m)

- Nav = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$\text{- Nilai SPT} = (49 + 52 + 20) = 121 \text{ blow/feet}$$

$$\begin{aligned}
 - N_{av} &= \frac{121 \text{ blow/feet}}{3} \\
 &= \frac{40,333 \text{ blow/feet}}{0,3408} \\
 &= 118,349 \text{ blow/m}
 \end{aligned}$$

- Daya dukung ultimate borpile :

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai conus dan dalam perhitungannya menggunakan Metode Mayerhoff.

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5} \right) \\
 &= (40 \times 58,685 \times 0,071) + \left(\frac{118,349 \times 8,486}{5} \right) \\
 &= 366,851 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ijin} &= Q_u / SF \\
 &= 366,851 / 3 \\
 &= 122,284 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Jadi, kekuatan ijin bor pile adalah 122,284 Ton

- Kebutuhan borpile :

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqX)

$$P = 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595,98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679,648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039,209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

- Perencanaan dimensi poer :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 2000 \text{ mm} &&= 2 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 2000 \text{ mm} &&= 2 \text{ m} \\ \text{Tebal} &= 650 \text{ mm} &&= 0,65 \text{ m} \end{aligned}$$

- Perhitungan beban pondasi :

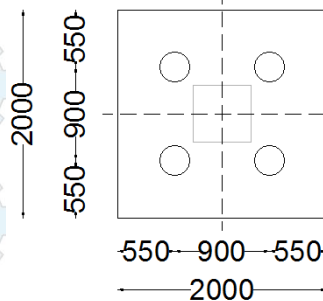
$$\begin{aligned} \text{Berat poer} &= 2 \times 2 \times 0,65 \times 2400 \\ &= 6240 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{\max} = 258595,98 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P &= 6240 \text{ kg} + 258595,98 \text{ kg} \\ &= 264835,98 \text{ kg} \\ &= 264,836 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \Sigma P / P_{\text{ijin}} \\ &= 264,836 / 122,284 \\ &= 2,166 \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka direncanakan bor pile sebanyak 4 buah



Gambar 4.50 Penampang Poer Tipe PC1

- Perhitungan jarak antara tiang (s) :

$$\begin{array}{rclcl} 2,5 D & \leq & s & \leq & 3D \\ 2,5 \times 300 & \leq & s & \leq & 3 \times 300 \\ 750 & \leq & s & \leq & 900 \end{array}$$

Spakai Arah x = 900 mm

Spakai Arah y = 900 mm

- Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (s') :

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 D & \leq & s & \leq & 2D \\ 1,5 \times 300 & \leq & s & \leq & 2 \times 300 \\ 450 & \leq & s & \leq & 600 \end{array}$$

Dipakai s' = 550 mm

2. Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

- Efisiensi :

$$\eta = (1 - \theta) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right)$$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam 1 baris

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

θ = arc tg D/s

= arc tg 300/900

= 18,435

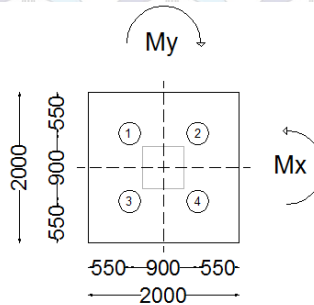
$$\eta = (1 - 18,435) \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90.2.2} \right)$$

= 0,795

- $P_{ijin \text{ borpile}} = \eta \times P_{ijin}$
 $= 0,795 \times 122,284$
 $= 97,236 \text{ Ton}$

- P_{ijin} borpile total = n tiang x Pijin borpile
 = $4 \times 97,236$
 = 388,944 Ton

3. Perhitungan Daya Dukung Borpile Dalam Kelompok



Gambar 4.51 penampang poer

- Perhitungan Jarak X dan Y

	X (m)	X^2 (m)
X1	0.450	0.2025
X2	0.450	0.2025
X3	0.450	0.2025
X4	0.450	0.2025
ΣX^2		0.8100

	Y (m)	Y^2 (m)
Y1	0.450	0.2025
Y2	0.450	0.2025
Y3	0.450	0.2025
Y4	0.450	0.2025
ΣY^2		0.8100

- P akibat pengaruh beban tetap :

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2 \times 2 \times 0,65 \times 2400 = 6240 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = 227352,66 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 233592,66 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{233592,66}{4} - \frac{(418,403 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(3803,751 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 60278,914 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{233592,66}{4} + \frac{(418,403 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(3803,751 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 60743,806 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{233592,66}{4} - \frac{(418,403 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(3803,751 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 56052,524 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{233592,66}{4} + \frac{(418,403 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(3803,751 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 56517,416 \text{ kg}$$

Cek kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2), untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$P_{\max} < 1,3 \times P_{\text{ijin}}$$

$$86694,771 \text{ kg} < 1,3 \times 97235,924$$

$$86694,771 \text{ kg} < 126406,701 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

- P akibat pengaruh beban sementara :

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2 \times 2 \times 0,65 \times 2400 = 6240 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = 231259,99 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 237499,99 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{237499,99}{4} - \frac{(45684,7 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(3490,893 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 35933,994 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{237499,99}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(3490,893 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 86694,771 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{237499,99}{4} - \frac{(45684,7 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(3490,893 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 32055,224 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{237499,99}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(3490,893 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 82816,001 \text{ kg}$$

Cek Kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2), untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &< 1,3 \times P_{\text{ijin}} \\
 86694,771 \text{ kg} &< 1,3 \times 97235,924 \\
 86694,771 \text{ kg} &< 126406,701 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- P akibat pengaruh beban sementara :

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595.98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679.648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039.209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2 \times 2 \times 0,65 \times 2400 = 6240 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = 258595.98 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 264835,98 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{264835,98}{4} - \frac{(2039,209 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(44679,648 \cdot 0,450)}{0,81} \\
 &= 89898,128 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{264835,98}{4} + \frac{(2039,209 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(44679,648 \cdot 0,450)}{0,81} \\
 &= 92163,916 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{264835,98}{4} - \frac{(2039,209 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(44679,648 \cdot 0,450)}{0,81} \\
 &= 40254,074 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \frac{264835,98}{4} + \frac{(2039,209 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(44679,648 \cdot 0,450)}{0,81} \\
 &= 42519,862 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2),

untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &< 1,3 \times P_{\text{ijin}} \\
 92163,916 \text{ kg} &< 1,3 \times 97235,924 \\
 92163,916 \text{ kg} &< 126406,701 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan tulangan borpile

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Aksial :

$$P_u = 2663835.14 \text{ N}$$

$$P_n = P_u / \phi$$

$$= 2663835.14 / 0,8$$

$$= 3329793,925 \text{ N}$$

- Momen :

$$M_u = 61551806 \text{ N.mm}$$

$$M_u = 36160865.84 \text{ N.mm}$$

$$M_n = M_u \text{ max} / \phi$$

$$= 61551806 / 0,8$$

$$= 76939757,5 \text{ N.mm}$$

- $e_{\text{perlu}} = M/P$

$$= 76939757,5 / 3329793,925$$

$$= 23,11 \text{ mm}$$

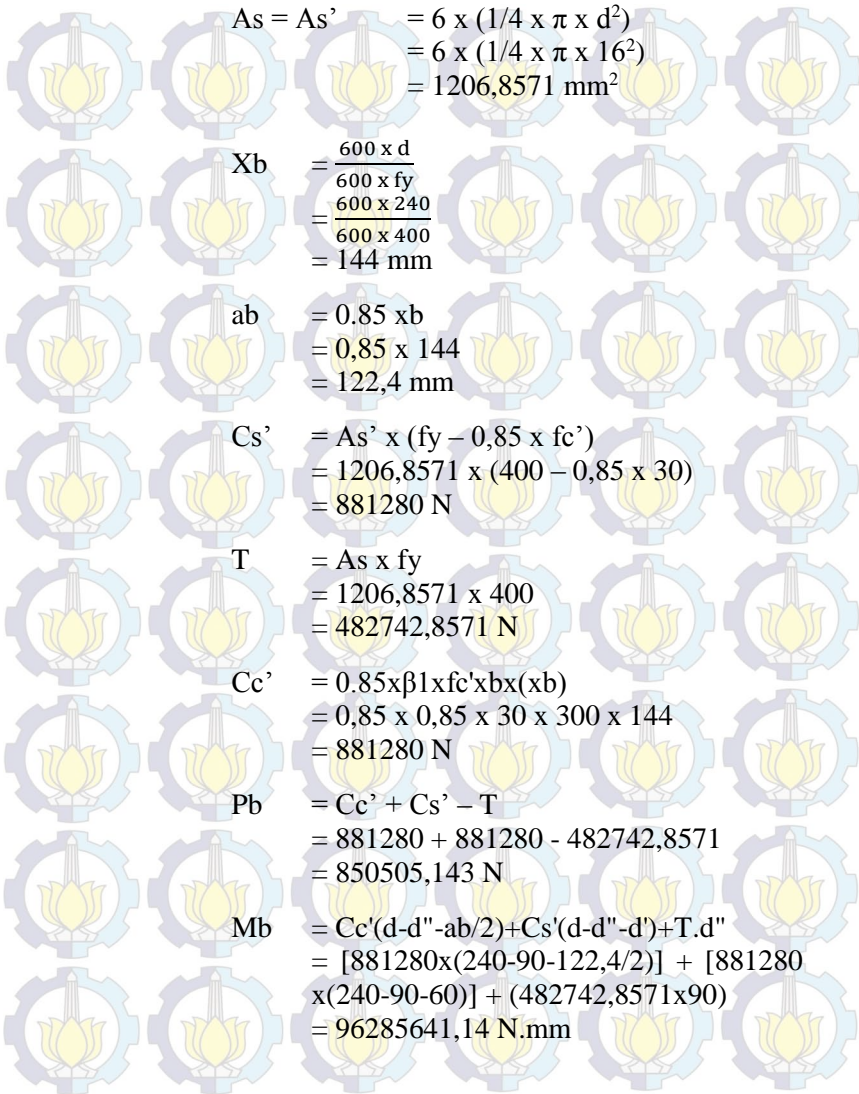
- Cek kondisi balance :

$$d = 0,8 \times 300 = 240 \text{ mm}$$

$$d' = 300 - 240 = 60 \text{ mm}$$

$$d'' = 300/2 - 60 = 90 \text{ mm}$$

Coba 6D16:



$$\begin{aligned}
 A_s &= A_s' &= 6 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\
 &&= 6 \times (1/4 \times \pi \times 16^2) \\
 &&= 1206,8571 \text{ mm}^2 \\
 X_b &= \frac{600 \times d}{600 \times f_y} \\
 &= \frac{600 \times 240}{600 \times 400} \\
 &= 144 \text{ mm} \\
 a_b &= 0,85 \times x_b \\
 &= 0,85 \times 144 \\
 &= 122,4 \text{ mm} \\
 C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 1206,8571 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 881280 \text{ N} \\
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 1206,8571 \times 400 \\
 &= 482742,8571 \text{ N} \\
 C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 300 \times 144 \\
 &= 881280 \text{ N} \\
 P_b &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 881280 + 881280 - 482742,8571 \\
 &= 850505,143 \text{ N} \\
 M_b &= C_c'(d-d''-a_b/2) + C_s'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= [881280 \times (240 - 90 - 122,4/2)] + [881280 \\
 &\quad \times (240 - 90 - 60)] + (482742,8571 \times 90) \\
 &= 96285641,14 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= 96285641,14 / 850505,143 \\
 &= 113,21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &\geq \text{eperlu} \\
 113,21 \text{ mm} &\geq 23,11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Kondisi Tekan menentukan)

- Cek Kontrol kondisi tekan menentukan :

$$\text{Diambil nilai, } x = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 0,85 \cdot X \\
 &= 0,85 \times 150 \\
 &= 127,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y, (f_y > f_s = 400 \text{ MPa})$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_y &= f_s / E_s \\
 &= 400 / 200000 \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s &= [(d/x) - 1] \times 0,003 \\
 &= [(240/150) - 1] \times 0,003 \\
 &= 0,0018
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \varepsilon_s \times E_s \\
 &= 0,0018 \times 200000 \\
 &= 360 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s &< \varepsilon_y \\
 0,0018 &< 0,002 \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 1206,8571 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 451968 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times d \\
 &= 0,85 \times 30 \times 300 \times 240 \\
 &= 1836000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times [(d/x)-1] \times x f_y \\
 &= 1206,8571 \times [(240/150)-1] \times 400 \\
 &= 289645,7143 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 1836000 + 451968 - 289645,7143 \\
 &= 1998322,286 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c'(d-d''-a/2) + C_s'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= [1836000 \times (240-90-127,5/2)] + \\
 &\quad [451968 \times (240-90-60)] + \\
 &\quad (289645,7143 \times 90) \\
 &= 87400234,29 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

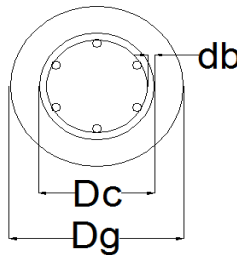
Cek syarat :

$$\begin{aligned}
 P &\geq P_b \\
 1998322,286 \text{ N} &\geq 850505,143 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &\geq M_u \\
 87400234,29 \text{ N.mm} &\geq 76939757,5 \text{ N.mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi, dapat digunakan untuk tulangan utama pada borpile berdiameter 300 mm sebesar 6D16 yang akan disebarakan di setiap sisi penampang.

5. Perhitungan Geser Spiral



Gambar 4.52 Penampang Borpile

• Direncanakan :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$F_y \text{ geser} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan sengkang } (\emptyset) = 12 \text{ mm}$$

$$D_g = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Cover} = 50 \text{ mm}$$

$$D_c = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } a_{sv} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 113 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } A_g &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 300^2 \\ &= 70650 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } A_{ch} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 200^2 \\ &= 31400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } \rho_s &= 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \left(\frac{f_c'}{f_{yt}} \right) \\ &= 0,45 \times \left(\frac{70650}{31400} - 1 \right) \times \left(\frac{30}{240} \right) \\ &= 0,070313 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } S &= \frac{a_s \times \pi \times (D_c - db)}{\left(\frac{\pi \times D_c^2}{4} \right) \times \rho_s} \\ &= \frac{113 \times \pi \times (200 - 12)}{\left(\frac{\pi \times 200^2}{4} \right) \times 0,070313} \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ } S_{\max} = 75 \text{ mm}$$

$$S_{\min} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 30 \text{ mm}$$

- Detaileng :

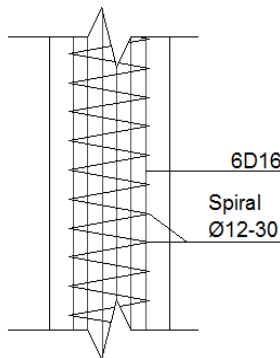
Ties pada joint tulangan spiral tidak boleh lebih kurang dari = 150 mm

6. Panjang penyaluran tulangan borpile :

$$\begin{array}{l} db \times fy / (4 \times \sqrt{fc'}) \\ 19 \times 400 / (4 \times \sqrt{30}) \\ 292,119 \text{ mm} \end{array} \geq \begin{array}{l} 0,04 \times db \times fy \\ 0,04 \times 19 \times 400 \\ 256 \text{ mm} \end{array}$$

Jadi, panjang penyaluran = 300 mm

C. Penulangan pondasi



Gambar 4.53 penulangan pondasi borpile

4.3.7.2 Perencanaan pilecap (Poer)

Perencanaan tebal pilecap efektif yang diperlukan dengan asumsi kerja balok lebar dan balok 2 arah pada pilecap. Kemudian digunakan nilai terbesar diantara keduanya.

Dalam perencanaannya tebal pile cap harus memenuhi syarat kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi

A. Data Perencanaan

- ΣP total = 388943,7 Kg
- Dimensi poer = 2000 mm

- Reaksi perlawanan tanah

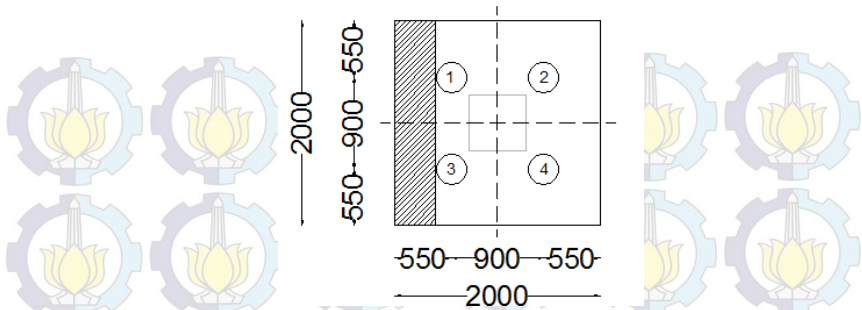
$$\begin{aligned}
 q_t &= \frac{\Sigma P \text{ total}}{\text{luas poer}} \\
 &= \frac{388943,7}{(2000 \times 2000)} \\
 &= 0,097 \text{ kg/mm}^2 \\
 &= 0,97 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan Pilecap

1. Perhitungan Geser pilecap

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil d terbesar diantara keduanya).

- Geser satu arah pada pilecap akibat kolom :



Gambar 4.54 Bidang Kritis pons satu arah

Luas tributary :

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{P_{poer} - b_{kolom} - 2d}{2} \times L_{poer} \\
 &= \frac{2000 - 550 - 2d}{2} \times 2000 \\
 &= 1450000 - 2000d
 \end{aligned}$$

Beban gaya geser V_u :

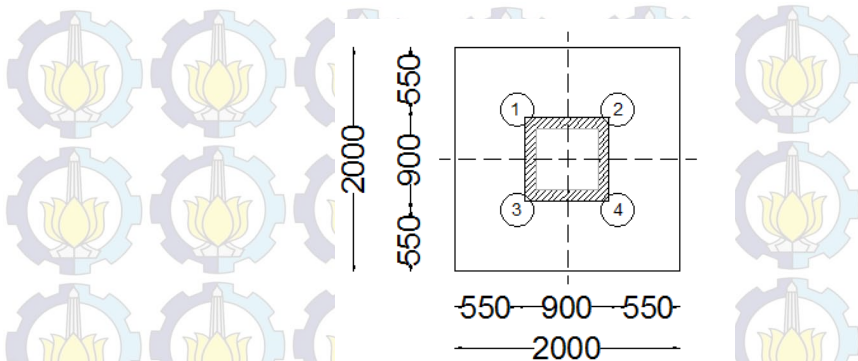
$$\begin{aligned}
 V_u &= qt \times A_t \\
 &= 0,97 \times (1450000 - 2000d) \\
 &= 1406500 - 1940d
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
 &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 2000 \times d \\
 &= 1825,742d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \times V_c &> V_u \\
 0,75 \times (1825,742d) &> 1406500 - 1940d \\
 1369,3065d + 1940d &> 1406500 \\
 d &> 1406500/3309,3065 \\
 d &= 425,013 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Geser dua arah pada pilecap akibat kolom :



Gambar 4.55 Bidang kritis pons dua arah

Luas tributary :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (L \text{ poer} \times B \text{ poer}) - [(L \text{ kolom} + \text{tebal poer}) \times (B \text{ kolom} + \text{tebal poer})] \\
 &= (2000 \times 2000) - [(550 + d) \times (550 + d)] \\
 &= 3697500 - 110d + d^2
 \end{aligned}$$

Beban gaya geser V_u :

$$\begin{aligned}
 V_u &= q_t \times A_t \\
 &= 0,97 \times (3697500 - 110d + d^2) \\
 &= 3586575 - 106,7d - 0,97d^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= (1 + 2/\beta_c) \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= (1 + 2/(550/550)) \times 1/6 \times \sqrt{30} \times [(2 \times (550+550)) + 4d] \times d \\
 &= 6069,8d + 11,036d^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \times V_c &> V_u \\
 0,75 \times (6069,8d + 11,036d^2) &> 3586575 - 106,7d - 0,97d^2 \\
 4552,35d + 106,7d + 8,277d^2 + 0,97d^2 - 3586575 &> 0 \\
 4552,35d + 4659,05d - 3586575 &> 0 \\
 d^2 + 503,8445d - 387863,631 &> 0
 \end{aligned}$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$= \frac{-503,845 \pm \sqrt{(503,845^2 - (4 \times 1 \times (-387863,631)))}}{2 \times 1}$$

$$= -251,922 \pm 671,81$$

$$d_1 = -251,922 - 671,81$$

$$= -923,732 \text{ mm}$$

$$d_2 = -251,922 + 671,81$$

$$= 419,888 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 = 419,888 \text{ mm}$$

$$V_c = \left[\frac{a s x d}{b o} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{f c'} x b o x d}{12} \right]$$

$$= \left[\frac{40 x d}{4d + 2200} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{30 x (4d - 2200) x d}}{12} \right]$$

$$= (48d + 4400) x 0,456d$$

$$= 21,909d^2 + 2008,316d$$

$$\phi \times V_c > V_u$$

$$0,75 \cdot (21,909d^2 + 2008,316d) > 3586575 - 106,7d$$

$$- 0,97d^2$$

$$16,432 d^2 + 0,97d^2 + 1506,237d + 106,7d - 3586575 > 0$$

$$17,402d^2 + 1612,987d - 3586575 > 0$$

$$d^2 + 92,687d - 206101,3102 > 0$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$= \frac{-92,687 \pm \sqrt{(92,687^2 - (4 \times 1 \times (-206101,3102)))}}{2 \times 1}$$

$$= -46,344 \pm 456,343$$

$$\begin{aligned} d1 &= -46,344 - 456,343 \\ &= 502,687 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= -46,344 + 456,343 \\ &= 409,999 \text{ mm} \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d2 = 409,999 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai, } d = 425,013 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{dipakai, } h &= (\text{tebal selimut} + D \text{ tulangan} \\ &\text{poer} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan poer}) + d \\ &\text{rencana} \\ &= (50 + 19 + (19/2) + 423,013) \\ &= 503,513 \text{ mm} \\ &= 650 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek berdasarkan panjang penyaluran tulangan kolom :

Panjang sambungan lewatan kolom.

$$\begin{aligned} Ld &= 0,071 \times f_y \times db \geq 300 \text{ mm} \\ &= 0,071 \times 400 \times 22 \geq 300 \text{ mm} \\ &= 624,8 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned} L &= 12 \times db \\ &= 12 \times 22 \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ld \text{ vertical} &= 624,8 \text{ mm} - 264 \text{ mm} \\ &= 360,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat,

$h > L_d \text{ vertical}$
 $650 \text{ mm} > 360,8 \text{ mm (memenuhi)}$
 Maka dipakai tinggi Poer 650 mm.

2. Perhitungan Tulangan Lentur• Direncanakan :

$f_c' = 30 \text{ MPa}$
 $f_y \text{ tulangan utama} = 400 \text{ MPa}$
 $\text{BJ Beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$
 $\text{BJ Baja tulangan (Es)} = 200000 \text{ MPa}$
 $\text{Tulangan utama} = D 19$
 $\text{Cover} = 50 \text{ mm}$
 $\phi = 0,8$
 $\beta_i = 0,85$
 $\text{Diameter borpile (D)} = 300 \text{ mm}$
 $\text{Kedalaman Borpile (l)} = 9000 \text{ mm}$
 $\text{Jumlah tiang (n)} = 4 \text{ buah}$
 $\text{Dimensi poer: (b)} = 2000 \text{ mm}$
 $\text{(h)} = 2000 \text{ mm}$
 $\text{Tebal} = 650 \text{ mm}$

• $d_x = \text{Tebal} - \text{cover} - (D \text{ tulangan utama}/2)$
 $= 650 - 50 - (19/2)$
 $= 590,5 \text{ mm}$

• $d_y = \text{Tebal} - \text{cover} - D \text{ tulangan utama} - (D \text{ tulangan utama}/2)$
 $= 650 - 50 - 19 - (19/2)$
 $= 571,5 \text{ mm}$

➤ Penulangan Arah sumbu X :

- $q_u = \text{Berat poer}$
 $= 2 \times 0,65 \times 2400$
 $= 3120 \text{ kg/m}$

- $Q = q_u \times l$
 $= 3120 \times 0,4\text{m}$
 $= 1248 \text{ kg}$

- $M_u = MQ - M_p$
 $= [1248 \times (0,4/2)] - (92163,92 \times 0,4)$
 $= 36615,966 \text{ kg.m}$
 $= 366159662,2 \text{ N.m}$

- $M_n = M_u / \phi$
 $= 366159662,2 / 0,8$
 $= 457699577,8 \text{ N.mm}$

- $\rho_{\text{balance}} = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,8}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,0306$

- $\rho_{\text{min.}} = 1,4 / f_y$
 $= 1,4 / 400$
 $= 0,0035$

- $\rho_{\text{max.}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \times 0,0306$
 $= 0,02295$

$$\begin{aligned}
 \bullet R_n &= \frac{Mn}{b \times dx^2} \\
 &= \frac{457699577,8}{2000 \times 590,5^2} \\
 &= 0,6563
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,6863
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,6863} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6863 \times 0,6563}{400}} \right) \\
 &= 0,001662458
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min.}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max.}} \\
 0,0035 &> 0,001662458 < 0,02295
 \end{aligned}$$

(tidak memenuhi)

Maka dipakai $\rho_{\text{min.}} = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\text{min.}} \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 2000 \times 590,5 \\
 &= 4133,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{D-19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\
 &= 283,643 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{As}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 2000}{4133,5} \\
 &= 137,241 \text{ mm} \\
 &= 135 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Penulangan Arah sumbu Y :

- $q_u = \text{Berat poer}$
 $= 2 \times 0,65 \times 2400$
 $= 3120 \text{ kg/m}$

- $Q = q_u \times l$
 $= 3120 \times 0,4\text{m}$
 $= 1248 \text{ kg}$

- $M_u = MQ - M_p$
 $= [1248 \times (0,4/2)] - (92163,92 \times 0,4)$
 $= 36615,966 \text{ kg.m}$
 $= 366159662,2 \text{ N.m}$

- $M_n = M_u / \phi$
 $= 366159662,2 / 0,8$
 $= 457699577,8 \text{ N.mm}$

- $\rho_{\text{balance}} = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,8}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,0306$

- $\rho_{\text{min.}} = 1,4 / f_y$
 $= 1,4 / 400$
 $= 0,0035$

- $\rho_{\text{max.}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \times 0,0306$
 $= 0,02295$

$$\begin{aligned} \bullet R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= \frac{457699577,8}{2000 \times 571,5^2} \\ &= 0,7007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,6863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,6863} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6863 \times 0,7007}{400}} \right) \\ &= 0,00178 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min.}} & < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\text{max.}} \\ 0,0035 & > & 0,00178 < & 0,02295 \end{array}$$

(tidak memenuhi)

Maka dipakai $\rho_{\text{min.}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{min.}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 2000 \times 571,5 \\ &= 4000,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan :

$$\begin{aligned} D-19 &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,643 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times b}{As} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 2000}{4000,5} \\ &= 141,804 \text{ mm} \\ &= 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Penyaluran Tulangan Stek Kolom :

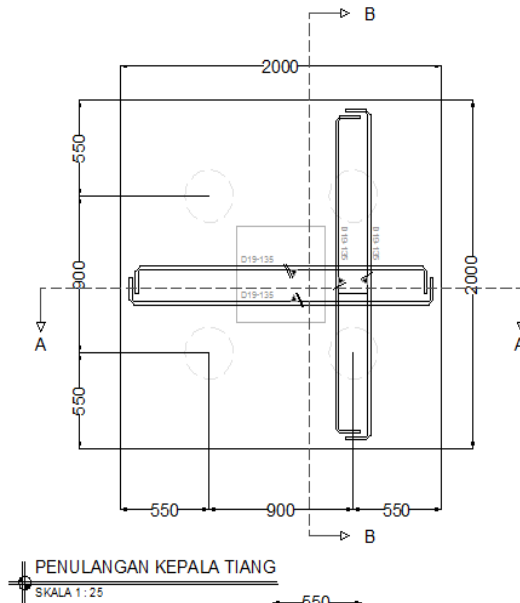
Panjang sambungan penjangkaran kolom.

$$\begin{aligned} L_d &= 0,071 \times f_y \times d_b && \geq 300 \text{ mm} \\ &= 0,071 \times 400 \times 22 && \geq 300 \text{ mm} \\ &= 624,8 \text{ mm} && \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

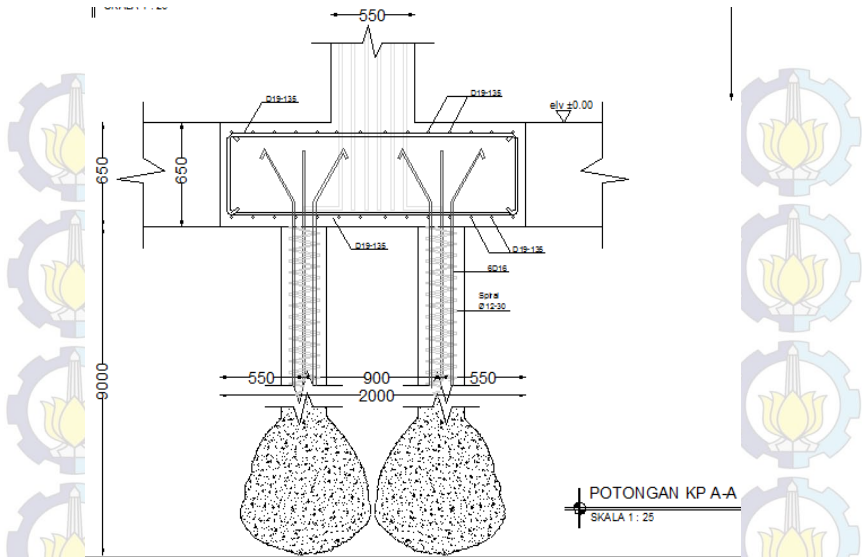
Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned} L &= 12 \times d_b \\ &= 12 \times 22 \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

C. Gambar penulangan



Gambar 4.56 Penulangan kepala tiang



Gambar 4.57 Potongan penulangan kepala tiang

DAFTAR PUSTAKA

Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, (1996), **STRUKTUR BETON BERTULANG Jilid 1**, Jakarta: Penerbit AIRLANGGA.

Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, 1996, **STRUKTUR BETON BERTULANG Jilid 2**, Jakarta: Penerbit AIRLANGGA.

Departemen Pekerjaan Umum, (1983), **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPUIG)**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung

Departemen Pekerjaan Umum, (1987), **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPUIG)**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung

Departemen Pekerjaan Umum, (2002), **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)**, Jakarta

Departemen Pekerjaan Umum, (2002), **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan gedung (SNI 03-2847-2002)**, Jakarta

Sosrodarsono, Ir. Suyono dan Nakazawa, Kazuto, (1983), **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi cetakan kedua**, PT. Pradnya Paramita, Jakarta



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan beton bertulang yang telah diuraikan merupakan hasil perhitungan perencanaan gedung restaurant pakuwon square Surabaya dengan sistem rangka pemikul momen menengah diperoleh hasil sebagai berikut :

A. Perencanaan Awal

1. Perencanaan Dimensi balok

- Dimensi balok induk B2 : 40/70
- Dimensi balok induk B3 : 40/80
- Dimensi balok anak BA2 : 40/55
- Dimensi balok induk BA3 : 40/55

2. Perencanaan Dimensi sloof

- Dimensi sloof induk S2 : 40/60
- Dimensi sloof induk S3 : 40/65
- Dimensi sloof anak SA2 : 35/50
- Dimensi sloof induk SA3 : 35/50

3. Perencanaan Dimensi kolom

- Dimensi kolom K1 : 55/55
- Dimensi kolom K2 : 50/50
- Dimensi kolom K3 : 45/45

4. Perencanaan Dimensi pelat

- Tebal pelat lantai : 120 cm

5. Perencanaan Dimensi pelat tangga

- Tebal pelat tangga : 150 cm

B. Perhitungan Beton bertulang

1. Penulangan pelat lantai Tipe A

- Tumpuan arah x (1-1) : $\emptyset 10-200$ mm
- Tumpuan arah y (2-2) : $\emptyset 10-200$ mm
- Lapangan arah x (1-1) : $\emptyset 10-240$ mm
- Lapangan arah y (2-2) : $\emptyset 10-240$ mm

2. Penulangan pelat tangga

- Tulangan arah x (1-1) : $\emptyset 10-150$ mm
- Tulangan arah y (2-2) : $\emptyset 10-100$ mm

3. Penulangan pelat bordes

- Tulangan arah x (1-1) : $\emptyset 10-75$ mm
- Tulangan arah y (2-2) : $\emptyset 10-150$ mm

4. Penulangan balok bordes

- Tulangan Torsi : 4 D 16 mm
- Tulangan Lentur Tumpuan kiri
 - Tarik : 7 D 22 mm
 - Tekan : 3 D 22 mm
- Tulangan Lentur Lapangan
 - Tarik : 4 D 22 mm
 - Tekan : 2 D 22 mm
- Tulangan Lentur Tumpuan Kanan
 - Tarik : 7 D 22 mm
 - Tekan : 3 D 22 mm
- Tulangan Geser Tumpuan : $\emptyset 12 - 75$ mm
- Tulangan Geser Lapangan : $\emptyset 12 - 100$ mm

5. Penulangan balok induk B2

- Tulangan Torsi : 4 D 16 mm

- Tulangan Lentur Tumpuan kiri

- Tarik : 6 D 22 mm

- Tekan : 2 D 22 mm

- Tulangan Lentur Lapangan

- Tarik : 5 D 22 mm

- Tekan : 2 D 22 mm

- Tulangan Lentur Tumpuan Kanan

- Tarik : 7 D 22 mm

- Tekan : 3 D 22 mm

- Tulangan Geser Tumpuan

- Tulangan Geser Lapangan : ϕ 12 – 150 mm

6. Penulangan kolom K1

- Tulangan Lentur : 20 D 22

- Tulangan geser : ϕ 12 – 150 mm

- Panjang penyaluran : 1500 mm

7. Penulangan sloof S3

- Tulangan Lentur Tumpuan

- Tarik : 8 D 22 mm

- Tekan : 8 D 22 mm

- Tulangan Lentur Lapangan

- Tarik : 8 D 22 mm

- Tekan : 8 D 22 mm

- Tulangan Geser Tumpuan

- Tulangan Geser Lapangan : ϕ 10 – 125 mm

8. Penulangan stuktur bawah

- Tulangan borpile : 6 D 16 mm
- Diameter borpile : 30 cm
- Tulangan geser spiral : \varnothing 12 – 30 mm
- Panjang penyaluran borpile : 300 mm
- Tulangan poer arah X : D19-135 mm
- Tulangan poer arah Y : D19-135 mm
- Panjang penjangkaran kolom : 624,8 mm

5.2 Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut dan mendalam untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dengan mempertimbangkan aspek teknis, nilai ekonomis dan estetika, sehingga hasil dari perbandingan yang telah dilakukan akan menjadi semakin lengkap.



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Angga Bayu Christianto, Janita Bayu Andriani
NRP : 3112030012, 3112030124
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur Gedung Restaurant Pakuwon Square Surabaya dengan menggunakan Sistem Rangka pemikul Momen Menengah
Dosen Pembimbing : Ir. Sunarkono, CEs

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1.	27 Februari 2015	- Sloof, Plat, Balok, Kolom (dimensi) - tipe plat berdasarkan ukuran, elevasi, tebal pelat 80 - tulangan kolom dibagi rata setiap sisinya		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
2.	17 Maret 2015	- Beban gempa di Koreksi apakah sudah benar - Penulangan pada balok lentur & desain menggunakan (beban gravitasi) - Perhatikan saat penulangan geser dengan melihat kombinasi tidak hanya beban mati / beban hidup / beban gempa. - Revisi kolom (dimensi)		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Angga Bayu Christianto, Janita Bayu Andriani
NRP : 3112.030.012, 3112.030.024
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur Gedung Restaurant Pakuwon Square Surabaya dengan menggunakan sistem Rangka pemikul Momen Menengah Ir. Sungkono, CES
Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
3.	1 April 2015	Beban Mati di excell kan untuk mengetahui momen balok sesuai fidat dengan SAP		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		berat dinding menggunakan batu bata ringan lebih rapat lebih kecil dari 250 kg/m ³ (batu bata)		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		Perhitungan portal bisa B-hitung a portal tetapi lebih baik B-hitung semua sampai ketemu tulangan baru di samakan / perhitungan plat sama saja		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
4	7 April 2015	pada balok border berdiri dengan		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		tulangan 2 lapis tinggi efektif 85% , 1 lapis 90% tinggi pada balok di Koreksi (Ditroboh) / Koreksi SAP		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

Pembebanannya

- Ket.** :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Angga Bayu Christianto, Jawita Bayu Andriani
NRP : 3112 030 012 , 3112 030 124
Judul Tugas Akhir : perencanaan struktur Gedung Restaurant Pakuwon Square Surabaya Dengan menggunakan sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
Dosen Pembimbing : Ir. Sungono, CES

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
5	24 April 2015	perhitungan tulangan puntir lentur, geser pada balok dikoreksi dengan standar SNI • rotasi saat perhitungan tulangan direvisikan dengan SNI 2013 (beton)		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
6	30 April 2015	• Perencanaan dan rotasi masing-masing balok kolom pada satu tingkat • Sisa besi • Perhitungan tulangan sengkang • RUM sama seperti kolom akan tetapi untuk membatasi torsi pada perhitungannya ditinjau dari segi momen saja.		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Araga Bayu Christianto, Jenita Bayu Andriani
NRP : 3112.030.0123, 3112.030.124
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur Gedung Restaurant Patuwon Square Surabaya Pengaruh menggunakan Sistem Rangka pemikul momen Menengah
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CES

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan																								
7	25 Mei 2015	• Perhitungan Pondasi diperbaiki terutama penulangan Bor pile. • Perbaikan daftar Isi tugas akhir dan pembahasannya • Penyajian tabel hasil Perhitungan dibuat pedes-pedesnya saja. • Algoritma urutan perhitungan dibuat tidak perlu memasukkan diagram elle di bab II.		<table border="1"><tr><td></td><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td></td><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td></td><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K																									
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
	B	C	K																									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
	B	C	K																									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
8	4 Juni 2015	• Lampiran dibuat sesederhana mungkin agar mudah di baca • dibuat detail tiap sambungan antara komponen struktur • Tipe komponen struktur Perampang dan bentang.		<table border="1"><tr><td></td><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td></td><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
	B	C	K																									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
	B	C	K																									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Angra Baii Christiano, Janita Bayu Andriani
NRP : 312 090 612 ; 311 2030124
Judul Tugas Akhir : perancangan struktur gedung Restaurant Pakuwon Square Surabaya dengan menggunakan sistem Rangka pemikul Momen Menengah
Dosen Pembimbing : Ir. Suryono, CES

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
19	18-juni-2015	o pada laporan buku TA. direvisi Pada BAB IV, ditambahkan analisis struktur dengan membandingkan gaya dalam & luar		B C K
		o pada pemotif diiringi dari pendahuluan - kesimpulan		B C K
		o penamaan pada gambar istilah diadilkan & bahwa kep sesuai gambar, garis di putu-putu kees pada sloof		B C K
		Menyitari antar kolom		B C K
				B C K
				B C K
				B C K

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

Perhitungan Struktur Bawah

Dalam perencanaan perhitungan struktur bawah harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. maka dari itu diperlukan perencanaan struktur bawah yang aman, efisien, dan ekonomis dalam pelaksanaan

1. Perencanaan Pondasi

Gaya-gaya yang bekerja pada suatu bangunan akan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan dari jenis bangunan *Restaurant* pakuwon *square* Surabaya. Adapun data perencanaannya sebagai berikut :

A. Data Perencanaan

- F_c' = 30 Mpa
- F_y tulangan utama = 400 MPa
- BJ Beton = 2400 kg/m³
- BJ Baja tulangan (E_s) = 200000 MPa
- Cover = 50 mm
- Faktor reduksi (ϕ) = 0,8
- Faktor β_1 = 0,85
- Tulangan utama (\emptyset) = 16 mm
- Tulangan sengkang (\emptyset) = 10 mm
- SF = 3

B. Pehitungan Pondasi

➤ Data Tanah 1

Direncanakan menggunakan pondasi borpile, dengan data sebagai berikut :

- Diameter borpile (D) = 400 mm
- Kedalaman borpile (l) = 18000 mm

1. Perhitungan Perencanaan Borpile

- Keliling tiang pancang :

$$\begin{aligned} K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 400 \\ &= 1256,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas tiang pancang :

$$\begin{aligned} A_{tp} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas permukaan ujung borpile :

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \\ &= 0,126 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas selimut borpile :

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times l \\ &= \pi \times 400 \times 18000 \\ &= 22619467,1 \text{ mm}^2 \\ &= 22,619 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Daya dukung tanah 1 :

- Nilai SPT pada ujung tiang :

$$N = 45 \text{ blow/feet}$$

- Nav = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$\begin{aligned} \text{- Nilai SPT} &= (11 + 15 + 22 + 29 + 30 + 45) \\ &= 152 \text{ blow/feet} \end{aligned}$$

$$- N_{av} = \frac{152 \text{ blow/feet}}{6} = 25,3 \text{ blow/feet}$$

• Daya dukung ultimate borpile :

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai conus dan dalam perhitungannya menggunakan Metode Mayerhoff.

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{(50\% N_{av}) \times A_s}{5} \right) \\ &= (40 \times 45 \times 0,126) + \left(\frac{(50\% \times 25,333) \times 22,619}{5} \right) \\ &= 283,497 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{ijin} &= Q_u / SF \\ &= 283,497 / 3 \\ &= 94,50 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Jadi, kekuatan ijin borpile adalah 94,05 Ton

• Kebutuhan Borpile :

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqX)

$$P = 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595,98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679,648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039,209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

- Perencanaan dimensi poer :

Panjang = 2200 mm = 2,2 m
 Lebar = 2200 mm = 2,2 m
 Tebal = 650 mm = 0,65 m

- Perhitungan beban pondasi :

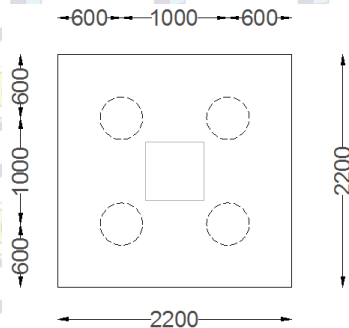
Berat poer = $2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400$
 = 7550,4 kg

P_{max} = 258595.98 kg

ΣP = $7550,4 \text{ kg} + 258595.98 \text{ kg}$
 = 266146 kg
 = 266,146 Ton

n = $\Sigma P / P_{ijin}$
 = $266,146 / 94,50$
 = 2,8164
 = 4 buah

Maka direncanakan tiang sebanyak 4 buah



Gambar 1. Penampang Poer Tipe PC1

- Perhitungan jarak antara tiang (s) :

$$\begin{array}{rclcl} 2,5 D & \leq & s & \leq & 3D \\ 2,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 3 \times 400 \\ 1000 & \leq & s & \leq & 1200 \end{array}$$

Spakai Arah x = 1000 mm

Spakai Arah y = 1000 mm

- Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (s') :

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 D & \leq & s & \leq & 2D \\ 1,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 2 \times 400 \\ 600 & \leq & s & \leq & 800 \end{array}$$

Dipakai s' = 600 mm

2. Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

- Efisiensi :

$$\eta = (1 - \theta) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right)$$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam 1 baris

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

θ = arc tg D/s

= arc tg 400/18000

= 21,8

$$\eta = (1 - 21,8) \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90.2.2} \right)$$

= 0,758

- $P_{ijin \text{ borpile}} = \eta \times P_{ijin}$
 $= 0,758 \times 94,50$
 $= 71,608 \text{ Ton}$

- P_{ijin} borpile total = n tiang x Pijin borpile
= 4 x 97,236
= 286,43 Ton

➤ Data Tanah 2

Direncanakan menggunakan pondasi borpile, dengan data sebagai berikut :

- Diameter borpile (D) = 400 mm
- Kedalaman borpile (l) = 18000 mm

3. Perhitungan Perencanaan Borpile

- Keliling tiang pancang :

$$\begin{aligned} K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 400 \\ &= 1256,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas tiang pancang :

$$\begin{aligned} A_{tp} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas permukaan ujung borpile :

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \\ &= 0,126 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas selimut borpile :

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times l \\ &= \pi \times 400 \times 18000 \\ &= 22619467,1 \text{ mm}^2 \\ &= 22,619 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Daya dukung tanah 2 :

- Nilai SPT pada ujung tiang :

$$N = 34 \text{ blow/feet}$$

- Nav = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

- Nilai SPT = (9 + 18 + 23 + 27 + 32 + 34)
= 143 blow/feet

- Nav = $\frac{143 \text{ blow/feet}}{6}$
= 23,8 blow/feet

- Daya dukung ultimate borpile :

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai conus dan dalam perhitungannya menggunakan Metode Mayerhoff.

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{(50\% \text{Nav}) \times A_s}{5} \right) \\ &= (40 \times 34 \times 0,126) + \left(\frac{(50\% \times 23,8) \times 22,619}{5} \right) \\ &= 224,812 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin}} &= Q_u / SF \\ &= 224,812 / 3 \\ &= 74,94 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Jadi, kekuatan ijin borpile adalah 74,94 Ton

- Kebutuhan Borpile :

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqX)

$$P = 231259.99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490.893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684.7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595.98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679.648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039.209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

• Perencanaan dimensi poer :

$$\text{Panjang} = 2200 \text{ mm} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2200 \text{ mm} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = 650 \text{ mm} = 0,65 \text{ m}$$

• Perhitungan beban pondasi :

$$\text{Berat poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400$$

$$= 7550,4 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 258595.98 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 7550,4 \text{ kg} + 258595.98 \text{ kg}$$

$$= 266146 \text{ kg}$$

$$= 266,146 \text{ Ton}$$

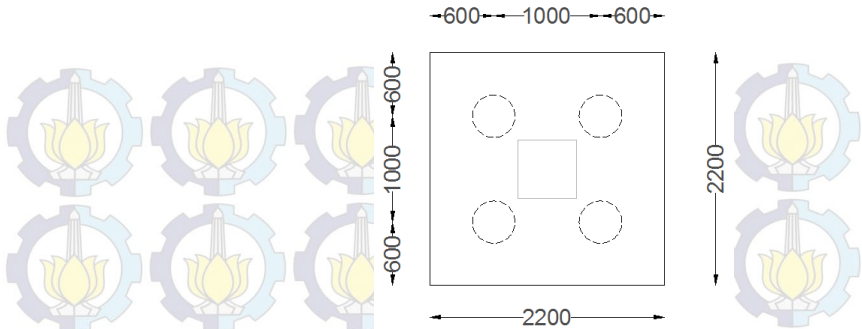
$$n = \Sigma P / P_{\text{ijin}}$$

$$= 266,146 / 74,94$$

$$= 3,4508$$

$$= 4 \text{ buah}$$

Maka direncanakan tiang sebanyak 4 buah



Gambar 2. Penampang Poer Tipe PC1

- Perhitungan jarak antara tiang (s) :

$$\begin{array}{rclcl}
 2,5 D & \leq & s & \leq & 3D \\
 2,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 3 \times 400 \\
 1000 & \leq & s & \leq & 1200
 \end{array}$$

Spakai Arah x = 1000 mm

Spakai Arah y = 1000 mm

- Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (s') :

$$\begin{array}{rclcl}
 1,5 D & \leq & s & \leq & 2D \\
 1,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 2 \times 400 \\
 600 & \leq & s & \leq & 800
 \end{array}$$

Dipakai s' = 600 mm

4. Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

- Efisiensi :

$$\eta = (1 - \theta) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right)$$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam 1 baris

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

$$\begin{aligned}\theta &= \text{arc tg } D/s \\ &= \text{arc tg } 400/18000 \\ &= 21,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta &= (1 - 21,8) \left(\frac{(2-1)^2 + (2-1)^2}{90.2.2} \right) \\ &= 0,758\end{aligned}$$

- $P_{ijin \text{ borpile}} = \eta \times P_{ijin}$
 $= 0,758 \times 74.94$
 $= 56,785 \text{ Ton}$

- $P_{ijin \text{ borpile total}} = n \text{ tiang} \times P_{ijin \text{ borpile}}$
 $= 4 \times 56,785$
 $= 227,14 \text{ Ton}$

➤ Data Tanah 3

Direncanakan menggunakan pondasi borpile, dengan data sebagai berikut :

- Diameter borpile (D) = 400 mm
- Kedalaman borpile (l) = 18000 mm

5. Perhitungan Perencanaan Borpile

- Keliling tiang pancang :

$$\begin{aligned}K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 400 \\ &= 1256,6 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Luas tiang pancang :

$$\begin{aligned}A_{tp} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Luas permukaan ujung borpile :

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \\ &= 0,126 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas selimut borpile :

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times l \\ &= \pi \times 400 \times 18000 \\ &= 22619467,1 \text{ mm}^2 \\ &= 22,619 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Daya dukung tanah 3 :

- Nilai SPT pada ujung tiang :

$$N = 34 \text{ blow/feet}$$

- Nav = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$\begin{aligned} \text{- Nilai SPT} &= (49 + 52 + 20 + 30 + 32 + 34) \\ &= 217 \text{ blow/feet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Nav} &= \frac{217 \text{ blow/feet}}{6} \\ &= 36,2 \text{ blow/feet} \end{aligned}$$

- Daya dukung ultimate borpile :

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai conus dan dalam perhitungannya menggunakan Metode Mayerhoff.

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{(50\% \text{Nav}) \times A_s}{5} \right) \\ &= (40 \times 34 \times 0,126) + \left(\frac{(50\% \times 36,2) \times 22,619}{5} \right) \\ &= 252,710 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ijin} &= Qu/SF \\
 &= 252,710/3 \\
 &= 84,24 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Jadi, kekuatan ijin borpile adalah 84,24 Ton

- Kebutuhan Borpile :

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint

B diperoleh :

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqX)

$$P = 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595,98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679,648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039,209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

- Perencanaan dimensi poer :

$$\text{Panjang} = 2200 \text{ mm} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2200 \text{ mm} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = 650 \text{ mm} = 0,65 \text{ m}$$

- Perhitungan beban pondasi :

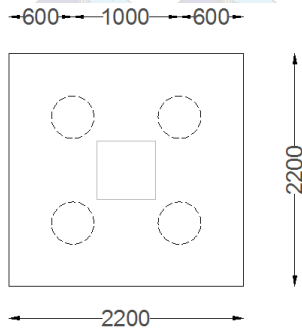
$$\text{Berat poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400$$

$$= 7550,4 \text{ kg}$$

$$P_{max} = 258595,98 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma P &= 7550,4 \text{ kg} + 258595,98 \text{ kg} \\
 &= 266146 \text{ kg} \\
 &= 266,146 \text{ Ton} \\
 n &= \Sigma P / \text{Pijin} \\
 &= 266,146 / 84,24 \\
 &= 3,1595 \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan tiang sebanyak 4 buah



Gambar 3. Penampang Poer Tipe PC1

• Perhitungan jarak antara tiang (s) :

$$\begin{array}{lcl}
 2,5 D & \leq & s & \leq & 3D \\
 2,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 3 \times 400 \\
 1000 & \leq & s & \leq & 1200
 \end{array}$$

Spakai Arah x = 1000 mm
Spakai Arah y = 1000 mm

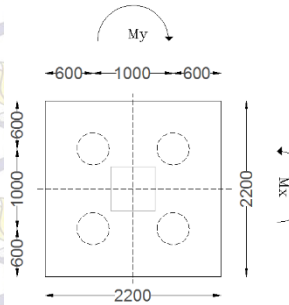
• Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (s') :

$$\begin{array}{lcl}
 1,5 D & \leq & s' & \leq & 2D \\
 1,5 \times 400 & \leq & s' & \leq & 2 \times 400 \\
 600 & \leq & s' & \leq & 800
 \end{array}$$

Dipakai s' = 600 mm

Jadi, Untuk perhitungan selanjutnya digunakan nilai P_{ijin} pada data tanah 2 dengan nilai 74,94 Ton.

6. Perhitungan Daya Dukung Borpile Dalam Kelompok



Gambar 4. Penampang poer

- Perhitungan Jarak X dan Y

	X (m)	X^2 (m)
X1	0.5	0.25
X2	0.5	0.25
X3	0.5	0.25
X4	0.5	0.25
	ΣX^2	1

	Y (m)	Y^2 (m)
Y1	0.5	0.25
Y2	0.5	0.25
Y3	0.5	0.25
Y4	0.5	0.25
	ΣY^2	1

- P akibat pengaruh beban tetap :

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400 = 7550 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = 227352,66 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 234903,06 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{234903,06}{4} - \frac{(418,403 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(3803,751 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 60418,439 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{234903,06}{4} + \frac{(418,403 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(3803,751 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 60836,842 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{234903,06}{4} - \frac{(418,403 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3803,751 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 56614,688 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{234903,06}{4} + \frac{(418,403 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3803,751 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 57033,091 \text{ kg}$$

Cek kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2), untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$P_{\max} < 1,3 \times P_{\text{ijin}}$$

$$60836,842 \text{ kg} < 1,3 \times 56785$$

$$60836,842 \text{ kg} < 97418,694 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

- P akibat pengaruh beban sementara :

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400 = 7550 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = \frac{231259,99 \text{ kg}}{4} = 238810,39 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 238810,39 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{238810,39}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3490,893 \cdot 0,5)}{1} = 77964,004 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{238810,39}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(3490,893 \cdot 0,5)}{1} = 86120,84 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{238810,39}{4} - \frac{(45684,7 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3490,893 \cdot 0,5)}{1} = 33284,356 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{238810,39}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3490,893 \cdot 0,5)}{1} = 53676,446 \text{ kg}$$

Cek Kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2), untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &< 1,3 \times P_{\text{ijin}} \\
 86120,84 \text{ kg} &< 1,3 \times 56785 \\
 86120,84 \text{ kg} &< 97418,694 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

• P akibat pengaruh beban sementara :

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595,98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679,648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2,039 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400 = 7550 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = 258595,98 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 266146,38 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{266146,38}{4} - \frac{(2039,209 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(44679,648 \cdot 0,5)}{1} \\
 &= 87856,815 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{266146,38}{4} + \frac{(2039,209 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(44679,648 \cdot 0,5)}{1} \\
 &= 89896,024 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{266146,38}{4} - \frac{(2039,209 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(44679,648 \cdot 0,5)}{1} \\
 &= 45216,376 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \frac{266146,38}{4} + \frac{(2039,209 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(44679,648 \cdot 0,5)}{1} \\
 &= 48275,189 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2),

untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$\begin{array}{rcl} P_{\max} & < & 1,3 \times P_{\text{ijin}} \\ 89896,024 \text{ kg} & < & 1,3 \times 56785 \\ 89896,024 \text{ kg} & < & 97418,694 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{array}$$

7. Perhitungan tulangan borpile

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Aksial :

$$P_u = 2663835.14 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} P_n &= P_u / \phi \\ &= 2663835.14 / 0,8 \\ &= 3329793,925 \text{ N} \end{aligned}$$

- Momen :

$$\begin{aligned} M_u &= 61551806 \text{ N.mm} \\ M_u &= 36160865.84 \text{ N.mm} \\ M_n &= M_u \text{ max} / \phi \\ &= 61551806 / 0,8 \\ &= 76939757,5 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

- $e_{\text{perlu}} = M/P$
$$\begin{aligned} &= 76939757,5 / 3329793,925 \\ &= 23,11 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Cek kondisi balance :

$$\begin{aligned} d &= 0,8 \times 400 &= 320 \text{ mm} \\ d' &= 400 - 320 &= 80 \text{ mm} \\ d'' &= 400/2 - 80 &= 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

Coba 8D16:

$$\begin{aligned} A_s &= A_s' &= 8 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\ & &= 8 \times (1/4 \times \pi \times 16^2) \\ & &= 1609,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600 \times d}{600 \times f_y} \\ &= \frac{600 \times 320}{600 \times 400} \\ &= 192 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= 0,85 \times x_b \\ &= 0,85 \times 192 \\ &= 163,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 1609,143 \times (400 - 0,85 \times 30) \\ &= 602624 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 1609,143 \times 400 \\ &= 643657,14 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times x_b \times (x_b) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 400 \times 192 \\ &= 1566720 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_b &= C_c' + C_s' - T \\ &= 1566720 + 602624 - 643657,14 \\ &= 1525686,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= C_c' \times (d - d'' - a_b/2) + C_s' \times (d - d'' - d') + T \times d'' \\ &= [1566720 \times (320 - 120 - 163,2/2)] + \\ &\quad [602624 \times (320 - 120 - 80)] + \\ &\quad (643657,14 \times 120) \\ &= 335053385 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= 335053385 / 1525686,9 \\
 &= 219,608 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &\geq e_{\text{perlu}} \\
 219,608 \text{ mm} &\geq 23,11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Kondisi Tekan menentukan)

- Cek Kontrol kondisi tekan menentukan :
Diambil nilai, $x = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 a &= 0,85 \cdot X \\
 &= 0,85 \times 200 \\
 &= 170 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_Y, (f_y > f_s = 400 \text{ MPa})$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_Y &= f_s / E_s \\
 &= 400 / 200000 \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &= [(d/x) - 1] \times 0,003 \\
 &= [(320/200) - 1] \times 0,003 \\
 &= 0,0018
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \epsilon_s \times E_s \\
 &= 0,0018 \times 200000 \\
 &= 360 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &< \epsilon_Y \\
 0,0018 &< 0,002 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 1609,143 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 602624 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times x \times d \\
 &= 0,85 \times 30 \times 400 \times 320 \\
 &= 3264000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times [(d/x)-1] \times f_y \\
 &= 1609,143 \times [(320/200)-1] \times 400 \\
 &= 386194,29 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 3264000 + 602624 - 386194,29 \\
 &= 3480429,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c'(d-d''-a/2) + C_s'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= [[3264000 \times (320-120-170/2)] + \\
 &\quad [602624 \times (320-120-80)] + \\
 &\quad (386194,29 \times 120)] \\
 &= 494018194 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

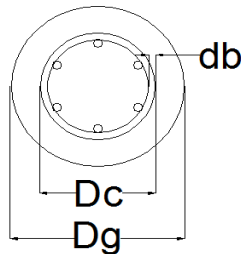
Cek syarat :

$$\begin{aligned}
 P &\geq P_b \\
 3480429,7 \text{ N} &\geq 1525686,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &\geq M_u \\
 494018194 \text{ N.mm} &\geq 76939757,5 \text{ N.mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi, dapat digunakan untuk tulangan utama pada borpile berdiameter 400 mm sebesar 8D16 yang akan disebarakan di setiap sisi penampang.

8. Perhitungan Geser Spiral



Gambar 5. Penampang Borpile

- Direncanakan :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$F_y \text{ geser} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan sengkang } (\emptyset) = 12 \text{ mm}$$

$$D_g = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Cover} = 50 \text{ mm}$$

$$D_c = 300 \text{ mm}$$

- $a_{s_v} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2$
 $= 113 \text{ mm}^2$

- $A_g = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2$
 $= 125714,29 \text{ mm}^2$

- $A_{ch} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 300^2$
 $= 70714,286 \text{ mm}^2$

- $\rho_s = 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \left(\frac{f_c'}{f_{yt}} \right)$
 $= 0,45 \times \left(\frac{125714,29}{70714,286} - 1 \right) \times \left(\frac{30}{240} \right)$
 $= 0,04375$

- $S = \frac{a_s \times \pi \times (D_c - db)}{\left(\frac{\pi \times D_c^2}{4} \right) \times \rho_s}$
 $= \frac{113 \times \pi \times (300 - 12)}{\left(\frac{\pi \times 300^2}{4} \right) \times 0,04375}$
 $= 50 \text{ mm}$

- $S_{\max} = 75 \text{ mm}$

$$S_{\min} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 50 \text{ mm}$$

• Detaileng :

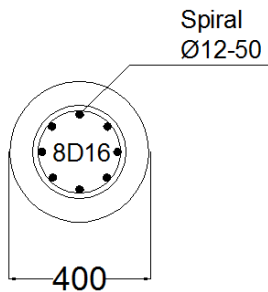
Ties pada joint tulangan spiral tidak boleh lebih kurang dari = 150 mm

9. Panjang penyaluran tulangan borpile :

$$\begin{aligned} db \times f_y / (4 \times \sqrt{f_c'}) &\geq 0,04 \times db \times f_y \\ 19 \times 400 / (4 \times \sqrt{30}) &\geq 0,04 \times 19 \times 400 \\ 292,119 \text{ mm} &\geq 256 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, panjang penyaluran = 300 mm

C. Penulangan pondasi



Gambar 6. Penulangan pondasi borpile

2. Perencanaan pilecap (Poer)

Perencanaan tebal pilecap efektif yang diperlukan dengan asumsi kerja balok lebar dan balok 2 arah pada pilecap. Kemudian digunakan nilai terbesar diantara keduanya.

Dalam perencanaannya tebal pile cap harus memenuhi syarat kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi

A. Data Perencanaan

- ΣP total = 227139,06 Kg
- Dimensi poer = 2200 mm
- Reaksi perlawanan tanah

$$q_t = \frac{\Sigma P \text{ total}}{\text{luas poer}}$$

$$= \frac{227139,06}{(2200 \times 2200)}$$

$$= 0,047 \text{ kg/mm}^2$$

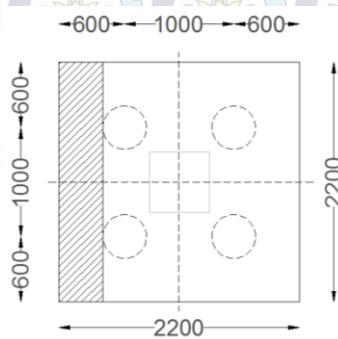
$$= 0,47 \text{ N/mm}^2$$

B. Perhitungan Pilecap

1. Perhitungan Geser pilecap

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil d terbesar diantara keduanya).

- Geser satu arah pada pilecap akibat kolom :



Gambar 7. Bidang Kritis pons satu arah

Luas tributary :

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{P_{poer} - b_{kolom} - 2d}{2} \times L_{poer} \\ &= \frac{2200 - 550 - 2d}{2} \times 2200 \\ &= 1815000 - 2200d \end{aligned}$$

Beban gaya geser V_u :

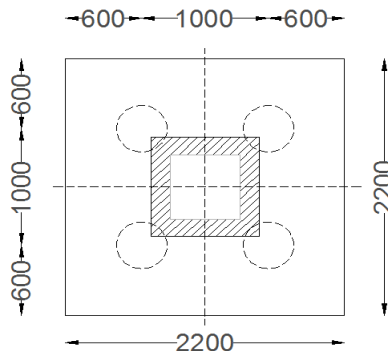
$$\begin{aligned} V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,47 \times (1815000 - 2200d) \\ &= 851771,49 - 1032,5d \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 2200 \times d \\ &= 2008,316d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \times V_c &> V_u \\ 0,75 \times (2008,316d) &> 851771,49 - 1032,5d \\ 1506,237d &> 851771,49 - 1032,5d \\ d &> 335,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Geser dua arah pada pilecap akibat kolom :



Gambar 8. Bidang kritis pons dua arah

Luas tributary :

$$\begin{aligned} A_t &= (L \text{ poer} \times B \text{ poer}) - [(L \text{ kolom} + \text{tebal} \\ &\text{poer}) \times (B \text{ kolom} + \text{tebal poer})] \\ &= (2200 \times 2200) - [(550 + d) \times (550 + d)] \\ &= 4537500 - 110d - d^2 \end{aligned}$$

Beban gaya geser Vu :

$$\begin{aligned} V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,47 \times (4537500 - 110d - d^2) \\ &= 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= (1 + 2/\beta_c) \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= (1 + 2/(550/550)) \times 1/6 \times \sqrt{30} \times [(2 \times \\ &(550+550)) + 4d] \times d \\ &= 6216,6d + 11,3d^2 \end{aligned}$$

$$\phi \times V_c > V_u$$

$$\begin{aligned} 0,75 \times (6216,6d + 11,3d^2) &> 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2 \\ 8,95d^2 + 5178,7d - 2129428,7 &> 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a} \\ &= \frac{-5178,7 \pm \sqrt{(5178,7^2 - (4 \times 8,95 \times (-2129428,7))}}{2 \times 8,95} \\ &= -289,425 \pm 567,261 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= -289,425 - 567,261 \\ &= -856,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= -289,425 + 567,261 \\ &= 277,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 = 277,84 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left[\frac{\alpha s x d}{b o} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{f_c' x b o x d}}{12} \right] \\
 &= \left[\frac{40 x d}{4d+2200} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{30 x (4d-2200) x d}}{12} \right] \\
 &= (48d + 4400) x 0,456d \\
 &= 21,909d^2 + 2008,316d
 \end{aligned}$$

$$\phi x V_c > V_u$$

$$0,75 \cdot (21,909d^2 + 2008,316d) > 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2$$

$$1506,2d + 16,4d^2 > 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2$$

$$16,9d^2 + 2022,5d - 2129428,7 > 0$$

$$d_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-2022,5 \pm \sqrt{(2022,5^2 - (4 \times 16,9x(-2129428,7)))}}{2 \times 16,9}$$

$$= -59,833 \pm 359,964$$

$$d_1 = -59,833 + 359,964$$

$$= -419,80 \text{ mm}$$

$$d_2 = -59,833 - 359,964$$

$$= 300,13 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 = 300,13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/3 x \sqrt{f_c'} x b_w x d \\
 &= 1/3 x \sqrt{30} x (4d+2200) x d \\
 &= 1,83 x (4d^2 + 2200d) \\
 &= 7,3d^2 + 4016,6d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \times V_c &> V_u \\ 0,75 \cdot (7,3d^2 + 4016,6d) &> 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2 \\ 3012,5d + 5,48d^2 &> 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2 \\ 5,9d^2 + 3528,7d - 2129428,7 &> 0 \end{aligned}$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$= \frac{-3528,7 \pm \sqrt{(3528,7^2 - (4 \times 5,9 \times (-2129428,7)))}}{2 \times 5,9}$$

$$= -296,703 \pm 667,929$$

$$d_1 = -296,703 - 667,929$$

$$= -964,63 \text{ mm}$$

$$d_2 = -296,703 + 667,929$$

$$= 371,23 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 = 371,23 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai, } d = 371,23 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai, } h = (\text{tebal selimut} + D \text{ tulangan poer} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan poer}) + d \text{ rencana}$$

$$= (50 + 19 + (19/2) + 356,401)$$

$$= 434,9 \text{ mm}$$

$$= 650 \text{ mm}$$

Cek berdasarkan panjang penyaluran tulangan kolom :

Panjang sambungan lewatan kolom.

$$L_d = 0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 0,071 \times 400 \times 19 \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 532 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned} L &= 12 \times \text{db} \\ &= 12 \times 19 \\ &= 228 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_d \text{ vertical} &= 532 \text{ mm} - 228 \text{ mm} \\ &= 304 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned} h &> L_d \text{ vertical} \\ 650 \text{ mm} &> 304 \text{ mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

Maka dipakai tinggi Poer 650 mm.

Dari perhitungan geser pons diatas diperoleh hasil sebagai berikut :

- Geser pons satu arah :

Luas tributary :

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{P_{\text{poer}} - b_{\text{kolom}} - 2d}{2} \times L_{\text{poer}} \\ &= \frac{2200 - 550 - 2d}{2} \times 2200 \\ &= 1815000 - 2200 \times 591 \\ &= 515900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Beban gaya geser Vu :

$$\begin{aligned} V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,47 \times 515900 \\ &= 242109,59 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton :

$$\begin{aligned}V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 2200 \times 591 \\ &= 2008,316d\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi \times V_c &> V_u \\ 0,75 \times (2008,316 \times 591) &> 242109,59 \text{ N} \\ 889432,97 \text{ N} &> 242109,59 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

- Geser pons dua arah :

Luas tributary :

$$\begin{aligned}A_t &= (L \text{ poer} \times B \text{ poer}) - [(L \text{ kolom} + \text{tebal} \\ &\text{poer}) \times (B \text{ kolom} + \text{tebal} \text{poer})] \\ &= (2200 \times 2200) - [(550 + d) \times (550 + d)] \\ &= 4840000 - 110d - d^2 \\ &= 4840000 - 1100 \times 591 + 591^2 \\ &= 3539259,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Beban gaya geser V_u :

$$\begin{aligned}V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,49 \text{ N/mm}^2 \times 3539259,8 \text{ mm}^2 \\ &= 1660959 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_c &= (1 + 2/\beta_c) \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= (1 + 2/(550/550)) \times 1/6 \times \sqrt{30} \times [(2 \times \\ &(550+550)) + 4d] \times d \\ &= 6216,6d + 11,3d^2 \\ &= (6216,6 \times 591) + (11,3 \times 591^2) \\ &= 7612155,8 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}\Phi \times V_c &\geq V_u \\ 0,75 \times 7612155,8 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N} \\ 5709116,8 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

Persamaan 2.

$$\begin{aligned}V_c &= \left[\frac{\alpha s x d}{b_o} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{f_c'} x b_o x d}{12} \right] \\ &= \left[\frac{40 x d}{4d+2200} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{30} x (4d-2200) x d}{12} \right] \\ &= (48d + 4400) x 0,456d \\ &= 21,9d^2 + 2008,3d \\ &= 21,9 \times 591^2 + 2008,3 \times 591 \\ &= 8825331,2 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}\Phi \times V_c &\geq V_u \\ 0,75 \times 8825331,2 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N} \\ 6618998,4 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

Persamaan 3.

$$\begin{aligned}V_c &= 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 1/3 \times \sqrt{30} \times (4d + 2200) \times d \\ &= 1,83 \times (4d^2 + 2200d) \\ &= 7,3d^2 + 4016,6d \\ &= 7,3 \times 591^2 + 4016,6 \times 591 \\ &= 4918294,8 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}\Phi \times V_c &\geq V_u \\ 0,75 \times 4918294,8 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N} \\ 3688721,1 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

2. Perhitungan Tulangan Lentur

- Direncanakan :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ tulangan utama} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{BJ Beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{BJ Baja tulangan (Es)} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama} = D 19$$

$$\text{Cover} = 50 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\beta_i = 0,85$$

$$\text{Diameter tiang (D)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Kedalaman tiang (l)} = 18000 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah tiang (n)} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Dimensi poer: (b)} = 2100 \text{ mm}$$

$$\text{(h)} = 2100 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 650 \text{ mm}$$

- $dx = \text{Tebal} - \text{cover} - (D \text{ tulangan utama}/2)$
 $= 650 - 50 - (19/2)$
 $= 590,5 \text{ mm}$

- $dy = \text{Tebal} - \text{cover} - D \text{ tulangan utama} - (D \text{ tulangan utama}/2)$
 $= 650 - 50 - 19 - (19/2)$
 $= 571,5 \text{ mm}$

➤ Penulangan Arah sumbu X :

- $q_u = \text{Berat poer}$

$$= 2,2 \times 0,65 \times 2400$$

$$= 3432 \text{ kg/m}$$

- $P = P_{\max} \times (n \text{ tiang}/2)$
 $= 89896,024 \times 2$
 $= 179792,05 \text{ kg}$

- $M_u = MQ - M_p$
 $= [(3432 \times \frac{1}{2} \times 0,83) - (179792,05 \times 0,225)]$
 $= 39037,5106 \text{ kg.m}$
 $= 39037510,6 \text{ N.mm}$

- $M_n = M_u / \phi$
 $= 39037510,6 / 0,8$
 $= 487968882,2 \text{ N.mm}$

- $\rho_{\text{balance}} = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,8}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,0325$

- $\rho_{\text{min.}} = 1,4 / f_y$
 $= 1,4 / 400$
 $= 0,0035$

- $\rho_{\text{max.}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \times 0,0325$
 $= 0,0244$

- $R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$
 $= \frac{487968882,2}{2200 \times 590,5^2}$
 $= 0,636$

$$\begin{aligned} \bullet \quad m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,6863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,6863} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6863 \times 0,636}{400}} \right) \\ &= 0,00161 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min.}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max.}} \\ 0,0035 &> 0,00161 < 0,0244 \end{aligned}$$

(tidak memenuhi)

Maka dipakai $\rho_{\text{min.}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{min.}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 2200 \times 590,5 \\ &= 4546,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{D-19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,643 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times b}{\text{As}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 2200}{4133,5} \\ &= 137,186 \text{ mm} \\ &= 135 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Penulangan Arah sumbu Y :

- $q_u = \text{Berat poer}$
 $= 2,2 \times 0,65 \times 2400$
 $= 3432 \text{ kg/m}$

- $P = P_{\text{max.}} \times (n \text{ tiang}/2)$
 $= 89896,024 \times 2$
 $= 179792,05 \text{ kg}$

- $M_u = M_Q - M_p$
 $= [(3432 \times \frac{1}{2} \times 0,83) - (179792,05 \times 0,225)]$
 $= 39037,5106 \text{ kg.m}$
 $= 390375106 \text{ N.mm}$

- $M_n = M_u / \phi$
 $= 390375106 / 0,8$
 $= 487968882,2 \text{ N.mm}$

- $\rho_{\text{balance}} = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,8}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,0325$

- $\rho_{\text{min.}} = 1,4 / f_y$
 $= 1,4 / 400$
 $= 0,0035$

- $\rho_{\text{max.}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \times 0,0306$
 $= 0,0244$

$$\begin{aligned} \bullet R_n &= \frac{Mn}{b \times d y^2} \\ &= \frac{487968882,2}{2200 \times 571,5^2} \\ &= 0,679 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,6863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,6863} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6863 \times 0,679}{400}} \right) \\ &= 0,00172 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min.}} < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\text{max.}} \\ 0,0035 > & 0,00172 < & 0,0244 \end{array}$$

(tidak memenuhi)

Maka dipakai $\rho_{\text{min.}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{min.}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 2200 \times 571,5 \\ &= 4400,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan :} \\ \text{D-19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,643 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times \theta^2 \times b}{As} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 2200}{4000,5} \\
 &= 141,747 \text{ mm} \\
 &= 135 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Penyaluran Tulangan Stek Kolom :

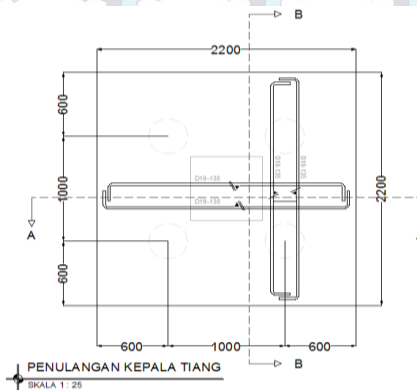
Panjang sambungan penjangkaran kolom.

$$\begin{aligned}
 L_d &= 0,071 \times f_y \times db \geq 300 \text{ mm} \\
 &= 0,071 \times 400 \times 19 \geq 300 \text{ mm} \\
 &= 539,6 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

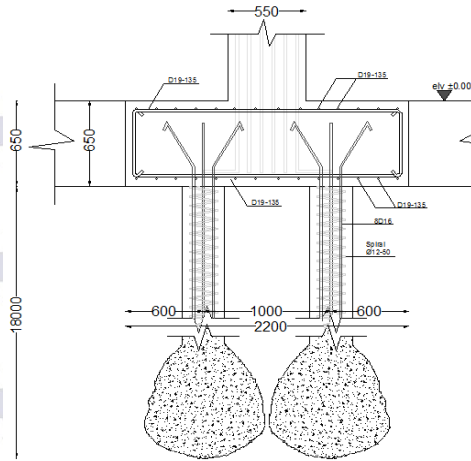
Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned}
 L &= 12 \times db \\
 &= 12 \times 19 \\
 &= 228 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

C. Gambar penulangan

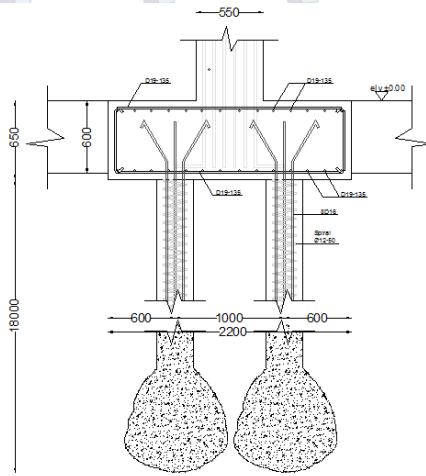


Gambar 9. Penulangan kepala tiang



POTONGAN KP A-A
SKALA 1 : 25

Gambar 10. Potongan A-A penulangan kepala tiang



POTONGAN PC 1 B-B
SKALA 1 : 25

Gambar 11. Potongan B-B penulangan kepala tiang

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RESTAURANT PAKUWON SQUARE SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

Nama Mahasiswa 1 : Angga Bayu Christianto
Nrp : 3112.030.012
Nama Mahasiswa 2 : Janita Bayu Andriani
Nrp : 3112.030.124
Jurusan : Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CES

ABSTRAK

Proyek akhir ini menggunakan Gedung Restaurant Pakuwon Square Surabaya di Pakuwon Indah, Surabaya. Berdasarkan zona kegempaan, *Restaurant Pakuwon Square* Surabaya akan direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dengan periode ulang 500 tahun.

Peraturan yang digunakan adalah standar desain yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013, PPIUG 1983, PPIUG 1987, PBBI 1971, dan Peta *Hazard*. Beban gempa dihitung dengan statik ekuivalen dan analisa struktur program SAP 2000. Sedangkan perhitungan lainnya mengacu pada peraturan yang berlaku di Indonesia.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, diperoleh hasil dimensi struktur dan penulangan beton bertulang yang terdiri dari struktur Pelat, Tangga, Balok bordes, Balok, Kolom dan Sloof. Untuk struktur bawah dari bahan beton bertulang menggunakan pondasi borpile. Hasil perhitungan ini adalah bangunan mampu menahan gaya gempa yang terjadi

Kata kunci : Peta *Hazard*, SRPMM, Statik Ekuivalen

STRUCTURAL DESIGN OF PAKUWON SQUARE RESTAURANT SURABAYA BUILDING WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME METHODE

Student Name 1 : Angga Bayu Christianto
Nrp : 3112.030.012
Student Name 2 : Janita Bayu Andriani
Nrp : 3112.030.124
Jurusan : Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS
Counsellor Lecturer : Ir. Sungkono,CES

ABSTRACT

This final project is using pakuwon square restaurant Surabaya building is located at pakuwon indah, Surabaya. Based on seismic zone, pakuwon square restaurant Surabaya will be planned with intermediate momen resisting frame metodhe with return periode of 500 years.

The regulations is using applicable design standards in Indonesia, like SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013, PPIUG 1983,PPIUG 1987, PBT 1971, and the hazard map. Earthquake load is calculated with equivalent static and structure SAP 2000 program. Other calculations refer to the regulations in Indonesia

From analysis and calculation which have been done, it has gained some result and reinforcement of reincored concrete is consisting of structure plates,stairs, beams,coloumns,and tie beam. Meanwhile, the under ground from reincored concrete is using borpile. The result of this calculation is that the building is able to withstand the force of the earthquake

Keywords : *The Hazard map, SRPMM, Equivalent static*

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah, hidayah dan rahmat-Nya, sehingga terselesaikan proyek Akhir dengan judul “Perencanaan Struktur Gedung *Restaurant Pakuwon Square* Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”.

Tersusunnya Proposal Tugas Akhir ini tidak lepas dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada :

1. Kedua Orang tua dan saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materiil, serta doanya.
2. Bapak Ir. M. Sigit Darmawan, Msc, PhD., selaku koordinator Program Studi Diploma Teknik Sipil
3. Bapak Ir. Soengkono, CES., Selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir.
4. Teman-teman terdekat kami yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan proyek akhir ini

Menyadari bahwa dalam penyusunan proyek Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu diharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proyek Akhir ini.

Akhir kata, semoga apa yang tersajikan dalam laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis, dan semua pihak.

Surabaya, Juni 2015

Penulis



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
BAB II	5
DASAR TEORI	5
2.1 Pembebanan.....	5
2.1.1 Beban Mati.....	6
2.1.2 Beban Hidup.....	6
2.1.3 Beban Angin.....	6
2.1.4 Beban Gempa.....	6
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	7
2.2.1 Ketentuan Sistem Rangka Pemikul Momen.....	8
2.3 Komponen Struktur Gedung.....	9

2.3.1 Struktur Primer	9
2.3.2 Struktur Sekunder	11
2.3.3 Struktur Pondasi	12
BAB III	13
METODOLOGI	13
3.1 Pengumpulan Data	13
3.2 Perencanaan Dimensi Struktur	14
3.2.1 Struktur Primer	15
3.2.2 Struktur Sekunder	17
3.2.3 Struktur Pondasi	23
3.3 Analisa Pembebanan	24
3.4 Pemodelan Struktur	32
3.5 Analisa Gaya Dalam	33
3.6 Perhitungan Penulangan Struktur	13
3.6.1 Penulangan Struktur Sekunder	39
3.6.2 Penulangan Struktur Primer	43
3.6.3 Penulangan Struktur Pondasi	60
3.7 Gambar Perencanaan	67
3.8 Flow Chart	69
3.8.1 Langkah Perencanaan Struktur	69
3.8.2 Langkah Komponen Struktur Primer	70
3.8.3 Langkah Komponen Struktur Sekunder	73
3.8.4 langkah Komponen Struktur Pondasi	74

BAB IV	75
ANALISIS DAN PERENCANAAN	75
4.1 Gambar Perencanaan	67
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok	75
4.1.2 Perencanaan Dimensi Sloof	84
4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom	93
4.1.4 Perencanaan Tebal Pelat	100
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga	108
4.2 Perencanaan Pembebanan	111
4.2.1 Pembebananp Pelat	111
4.2.2 Pembebanan Tangga	111
4.2.3 Pembebanan Dinding	112
4.2.4 Perhitungan Beban Angin.....	113
4.2.5 Perhitungan Beban Gempa	113
4.3 Perhitungan Beton Bertulang	122
4.3.1 Penulangan Pelat.....	122
4.3.2 Penulangan Tangga	138
4.3.3 Pernulangan Balok Bordes.....	151
4.3.4 Pernulangan Balok	183
4.3.5 Pernulangan Kolom.....	219
4.3.6 Pernulangan Sloof.....	251
4.3.7 Perhitungan Struktur Bawah	268
BAB V	295
PENUTUP	295

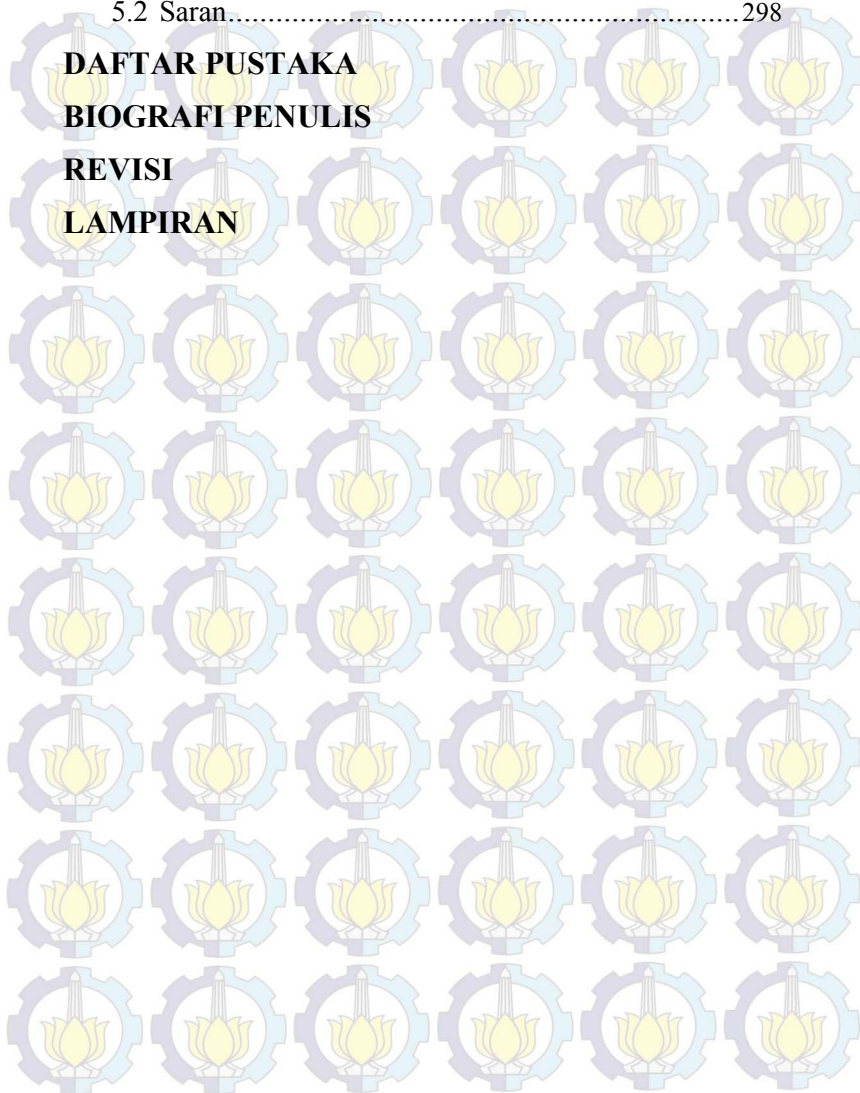
5.1 Kesimpulan 295

5.2 Saran 298

DAFTAR PUSTAKA
BIOGRAFI PENULIS

REVISI

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan	15
Tabel 3.2 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan	18
Tabel 3.3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior ^a	20
Tabel 3.4 Klasifikasi Situs.....	25
Tabel 3.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	27
Tabel 3.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	27
Tabel 3.7 Koefisien Situs, F_a	28
Tabel 3.8 Koefisien Situs, F_v	28
Tabel 3.9 Kategori Risiko	30
Tabel 3.10 Faktor Keutamaan Gempa.....	30
Tabel 3.11 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	31
Tabel 3.12 Rumus Penulangan Pelat.....	39
Tabel 3.13 Rasio tulangan susut dan suhu.....	40
Tabel 3.14 Perhitungan Penulangan Balok dan Sloof.....	43
Tabel 3.15 Perhitungan Geser	46
Tabel 3.16 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir.....	50
Tabel 3.17 Perhitungan Kontrol Kelangsingan Kolom	55
Tabel 3.18 Perhitungan pembesaran momen Pada kolom.....	55
Tabel 4.1 Tahanan Penetrasi Tanah.....	114
Tabel 4.2 Spektrum Respon Desain	116



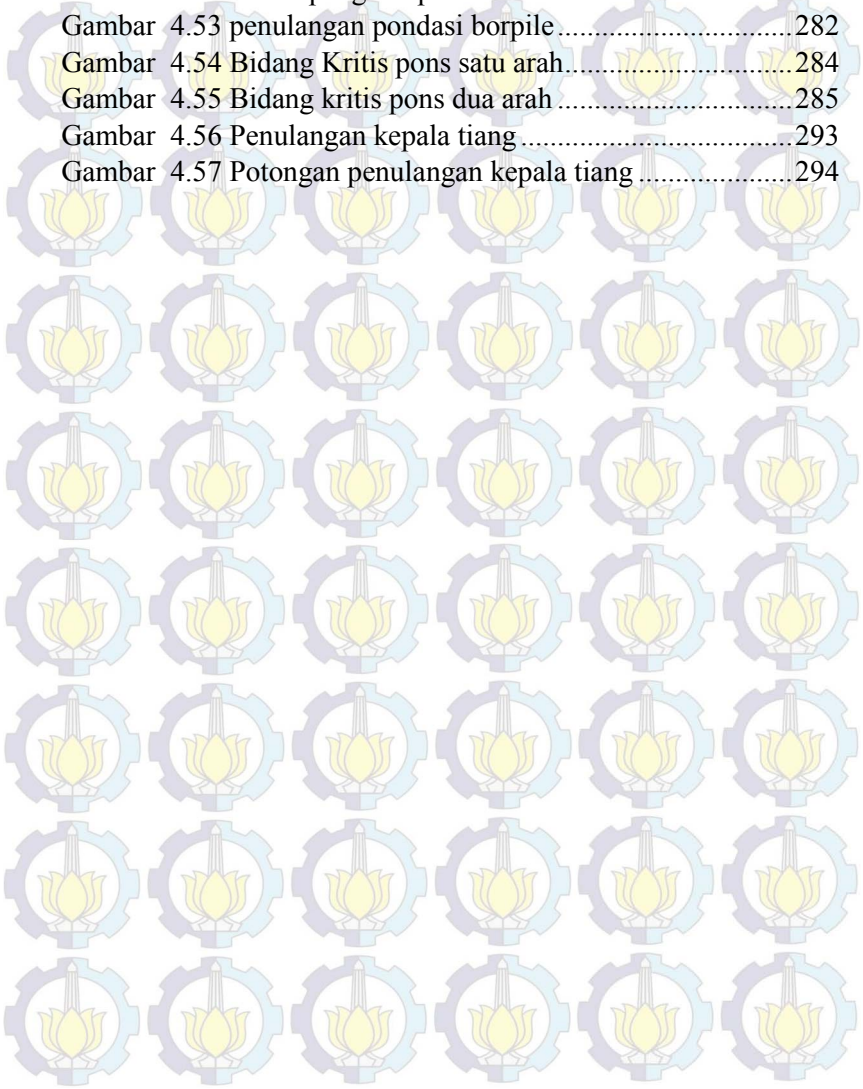
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM.....	9
Gambar 3.1 Pemodelan Struktur Tangga 3D	33
Gambar 3.2 Perletakan Pada Struktur Tangga	33
Gambar 3.3 Kerangka Pemodelan Struktur 3D.....	33
Gambar 3.4 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)	36
Gambar 3.5 Gaya lintang rencana pada kolom untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)	37
Gambar 3.6 Pemodelan Struktur Tangga	42
Gambar 3.7 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM.....	46
Gambar 3.8 Gaya Lintang rencana pada kolom untuk SRPMM.....	59
Gambar 3. 9 Bidang kritis akibat geser 1 arah	66
Gambar 3.10 Bidang kritis akibat geser 2 arah	67
Gambar 4.1 Denah Arsitektur Lantai 2	76
Gambar 4.2 Dimensi penampang balok induk B2.....	77
Gambar 4.3 Denah Arsitektur Lantai 2	78
Gambar 4 Dimensi penampang balok induk B3.....	79
Gambar 4.5 Denah Arsitektur Lantai 2	80
Gambar 4.6 Dimensi penampang balok anak BA2	81
Gambar 4.7 Denah Arsitektur Lantai 2	82
Gambar 4.8 Dimensi penampang balok anak BA3	83
Gambar 4.9 Denah Arsitektur Lantai 1	85
Gambar 4.10 Dimensi penampang sloof induk S2	86
Gambar 4.11 Denah Arsitektur Lantai 1	87
Gambar 4.12 Dimensi penampang sloof induk S3	88
Gambar 4.13 Denah Arsitektur Lantai 1	89
Gambar 4.14 Dimensi penampang sloof anak SA2.....	90
Gambar 4.15 Denah Arsitektur Lantai 1	91
Gambar 4.16 Dimensi penampang sloof anak SA3.....	92
Gambar 4.17 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4	93
Gambar 4.18 Dimensi Penampang Kolom 55/55.....	95

Gambar 4.19 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4	96
Gambar 4.20 Dimensi Penampang Kolom 50/50	97
Gambar 4.21 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4	98
Gambar 4.22 Dimensi Penampang Kolom 45/45	99
Gambar 4.23 Denah Struktur Balok Lantai 2	100
Gambar 4.24 Pemodelan struktur tangga	108
Gambar 4.25 Denah Arsitektur Lantai 1-4	113
Gambar 4.26 Denah Pelat lantai 2-4 Tipe A	123
Gambar 4.27 Koefisien Momen pada pelat	123
Gambar 4.28 Potongan pelat lantai	124
Gambar 4.29 Penulangan Pelat Lantai tipe A	137
Gambar 4.30 Pemodelan 3D tangga pada SAP 2000	139
Gambar 4.31 Potongan pelat tangga	139
Gambar 4.32 Penulangan plat bordes dan tangga	150
Gambar 4.33 Balok bordes yang ditinjau	152
Gambar 4.34 Diagram tegangan regangan penampang balok ..	153
Gambar 4.35 Penulangan Balok bordes 40/55	182
Gambar 4.36 Letak balok yang ditinjau	184
Gambar 4.37 Diagram tegangan regangan penampang balok ..	186
Gambar 4.38 penulangan balok induk 40/70	218
Gambar 4.39 Letak kolom yang ditinjau	219
Gambar 4.40 Grafik aligment	225
Gambar 4.41 Grafik aligment	235
Gambar 4.42 Penampang kolom 55 x 55	242
Gambar 4.43 penampang tulangan kolom 55/55	249
Gambar 4.44 Penulangan kolom 55/55	250
Gambar 4.45 Letak sloof yang ditinjau	252
Gambar 4.46 pembebanan pada sloof	252
Gambar 4.47 Grafik akibat momen pada program pcaColoumn	256
Gambar 4.48 Analisa dari cek pcaColoumn sloof	257
Gambar 4.49 penulangan sloof 40/65	267
Gambar 4.50 Penampang Poer Tipe PC1	271

Gambar 4.51 penampang poer.....	273
Gambar 4.52 Penampang Borpile	280
Gambar 4.53 penulangan pondasi borpile.....	282
Gambar 4.54 Bidang Kritis pons satu arah.....	284
Gambar 4.55 Bidang kritis pons dua arah	285
Gambar 4.56 Penulangan kepala tiang.....	293
Gambar 4.57 Potongan penulangan kepala tiang.....	294





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR NOTASI

A_g	= luas bruto penampang beton, mm^2
A_p	= luas permukaan ujung tiang, mm^2
A_s	= luas tulangan tarik longitudinal non-prategang, mm^2
A_{sc}	= luas tulangan tarik utama dalam korbel atau brakit (<i>bracket</i>), mm^2
A_{sel}	= luas selimut tiang, mm^2
A_{st}	= luas total tulangan longitudinal non-prategang, mm^2
$A_{s'}$	= luas tulangan tekan, mm^2
A_t	= luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan torsi dalam spasi s , mm^2
$A_{v_{min}}$	= luas minimum tulangan geser dalam spasi s , mm^2
b	= lebar muka tekan komponen struktur, mm
b_o	= keliling penampang kritis untuk geser pada <i>slab</i> dan fondasi tapak (<i>footings</i>), mm
b_w	= lebar badan (<i>web</i>) suatu komponen struktur, mm
C_m	= faktor yang menghubungkan diagram momen aktual ke diagram momen seragam ekuivalen
C_s	= koefisien respons gempa
d	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal, mm
db	= diameter nominal batang tulangan, mm
d_i	= tebal suatu lapisan tanah di dalam lapisan 30m paling atas
d'	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tekan longitudinal, mm
d''	= <i>cover</i> atau selimut beton, mm
E_c	= modulus elastisitas beton, Mpa
EI	= kekakuan lentur komponen struktur tekan, Nmm^2
F_a	= koefisien situs untuk periode pendek (0,2 detik)

f_c'	= kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa
f_s'	= tegangan dalam tulangan tekan yang terkena beban terfaktor, Mpa
F_v	= koefisien situs untuk periode panjang (1 detik)
F_i, F_x	= bagian dari gaya geser, V , pada tingkat i atau x
f_y	= kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, Mpa
f_{yt}	= kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan, Mpa
h	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm
h_i, h_x	= tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x
h_n	= tinggi bersih dari suatu kolom, mm
H_p	= tebal <i>slab</i> atau pelat, mm
h_x	= spasi horisontal kait silang atau kaki sengkang tertutup (<i>hoop</i>) pusat ke pusat maksimum pada semua muka kolom, mm
I	= momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm ⁴
I_e	= faktor keutamaan gempa
I_g	= momen inersia penampang beton bruto terhadap sumbu pusat yang mengabaikan tulangan, mm ⁴
I_{se}	= momen inersia tulangan terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur, mm ⁴
k	= faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
l	= panjang bentang suatu komponen struktur dari as ke as, mm
l_c	= panjang kolom dari as ke as, mm
l_n	= panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok, mm
l_o	= panjang, yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur, dimana tulangan transversal khusus harus disediakan, mm

- l_u = panjang tak tertumpu komponen struktur tekan, mm
- L_x = panjang bentang *slab* terpendek, mm
- L_y = panjang bentang *slab* terpanjang, mm
- M_n = kekuatan lentur nominal pada penampang, Nmm
- M_{nb} = kekuatan lentur nominal pada ujung bawah suatu kolom, Nmm
- M_{nc} = kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam *joint*, yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur yang terendah, Nmm
- M_{nl} = kekuatan lentur nominal pada ujung kiri suatu balok, Nmm
- M_{nr} = kekuatan lentur nominal pada ujung kanan suatu balok, Nmm
- M_{nt} = kekuatan lentur nominal pada ujung atas suatu kolom, Nmm
- M_u = momen terfaktor pada penampang, Nmm
- M_x = momen terfaktor arah sumbu x pada penampang, Nmm
- M_y = momen terfaktor arah sumbu y pada penampang, Nmm
- M_1 = momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen struktur tekan, Nmm
- M_{1ns} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm
- M_{1s} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm

M_2 = momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen struktur tekan, Nmm

M_{2ns} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm

M_{2s} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm

N = nilai SPT pada ujung tiang

N_{av} = rata-rata nilai SPT sepanjang tiang

n_i = tahanan penetrasi standar pada ketebalan d_i dalam lapisan 30m paling atas

N_u = gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang yang terjadi serentak dengan V_u atau T_u , diambil positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N

\bar{N} = tahanan penetrasi standar rata-rata dalam lapisan 30m paling atas

P_c = beban tekuk kritis, N

P_h = keliling garis pusat tulangan torsi transversal tertutup terluar, mm

P_u = gaya aksial terfaktor, diambil positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N

Q = indeks stabilitas untuk suatu tingkat

q = beban aksial terfaktor, diambil positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N

Q_p = daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung selimut tiang

Qu	= beban ultimate (ton)
R	= koefisien modifikasi respons
r	= radius girasi penampang komponen struktur tekan, mm
S	= spasi pusat ke pusat suatu tulangan, baik tulangan longitudinal maupun transversal, mm
SDS	= parameter percepatan respons spektral pada periode pendek (0,2detik)
SD1	= parameter percepatan respons spektral pada periode panjang (0,2detik)
SF	= <i>safety factor</i>
S _{MS}	= parameter percepatan respons spectral MCE pada periode pendek (0,2detik) yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S _{M1}	= parameter percepatan respons spectral MCE pada periode panjang (1detik) yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S ₀	= spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang <i>l_o</i>
T _n	= kekuatan momen torsi nominal, Nmm
T ₀	= $0,2 \times \frac{SD1}{SDS}$
T _s	= $\frac{SD1}{SDS}$
T _u	= momen torsi terfaktor pada penampang, Nmm
V	= geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau
V _c	= kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton, N
V _n	= kekuatan geser nominal, N
V _{smin}	= kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser minimum, N
V _u	= gaya geser terfaktor pada penampang, N
V _{ul}	= gaya geser terfaktor pada ujung kiri penampang, N

V_{ur}	= gaya geser terfaktor pada ujung kanan penampang, N
V_{us}	= geser horisontal terfaktor pada suatu tingkat, N
W	= berat struktur total suatu bangunan, kg
W_i, W_x	= berat struktur pada tingkat i atau x suatu bangunan, kg
x	= jarak dari pusat komponen ke sumbu y
y	= jarak dari pusat komponen ke sumbu x
α_f	= rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.
α_m	= nilai rata-rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel
B	= rasio bentang berih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat
β_{dns}	= rasio yang digunakan untuk memperhitungkan reduksi kekakuan kolom akibat beban aksial tetap
δ	= faktor pembesaran momen
Δ_0	= defleksi lateral relatif antara bagian atas dan bawah suatu tingkat akibat dari gaya lateral yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama
λ	= faktor modifikasi
ρ	= rasio A_s terhadap $b.d$
ρ_b	= rasio A_s terhadap $b.d$ yang menghasilkan kondisi regangan seimbang
ϕ	= faktor reduksi kekuatan
η	= efisiensi tiang pancang
$\sum x$	= total masing-masing jarak dari pusat komponen ke sumbu y
$\sum y$	= total masing-masing jarak dari pusat komponen ke sumbu x

BIOGRAFI PENULIS



ANGGA BAYU CHRISTIANTO

Penulis dilahirkan di Surabaya 12 Juli 1994. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kurniawati Surabaya, SD Negeri 57 Surabaya, SMP Negeri 38 Surabaya, SMA Negeri 7 Surabaya. Penulis mengikuti Tes Masuk Program Diploma III Teknik yang diselenggarakan oleh ITS Surabaya dan diterima di jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112.030.012. di Jurusan Diploma III Teknik Sipil penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung.

BIOGRAFI PENULIS

JANITA BAYU ANDRIANI



Penulis dilahirkan di Lamongan 05 Juni 1994. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK YPPI 1945, SDN BABAT VII, SMP Negeri 1 Babat, SMA Negeri 1 Bojonegoro. Setelah lulus SMA Negeri 1 Bojonegoro pada tahun 2012, Penulis terdaftar menjadi mahasiswa jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS dengan NRP 3112.030.124 tahun 2012. Penulis pernah aktif dalam organisasi di Jurusan sebagai Anggota Departemen HUBLU Himpunan Mahasiswa Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS periode 2013-2014, dan aktif dalam berbagai kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan gedung bertingkat perlu memperhatikan beberapa kriteria yaitu: kriteria kekuatan, kekakuan, serta ekonomis. Dalam merencanakan bangunan bertingkat rendah atau tinggi dari segi struktur memerlukan pertimbangan yang matang, terutama gedung tersebut dirancang terhadap semua beban khususnya beban gempa

Berdasarkan resiko kegempaan salah satu metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dapat digunakan untuk merencanakan struktur tahan gempa. Sesuai dengan pembagian zona gempa sistem ini terdiri dari Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) yang besar gaya gempa didasarkan atas percepatan batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana

Perencanaan gedung *Restaurant Pakuwon Square* Surabaya yang terletak di Pakuwon Indah akan direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan periode ulang 500 tahun dan asumsi umur bangunan adalah 50 tahun. Yang berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012

Bangunan *Restaurant Pakuwon Square* Surabaya. yang asal mula terdiri dari 1 lantai basement, 4 lantai utama dan pada konstruksi atap menggunakan atap rangka baja. Namun pada perencanaan proyek akhir ini, struktur

atas menggunakan dek beton sedangkan lantai basement digunakan sebagai lantai 1 serta lantai 4 mezanin Gedung tersebut akan di hilangkan. Akan tetapi fungsi dari gedung ini tetap direncanakan sebagai gedung *Restaurant*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan dimensi struktur bangunan gedung (pre-liminary desain).
2. Bagaimana cara membebani bangunan dengan adanya beban-beban yang bekerja pada struktur gedung dengan ketahanan gempa 500 tahun
3. Bagaimana menganalisis gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur gedung tersebut.
4. Bagaimana merencanakan Tulangan dari struktur gedung dengan menggunakan SRPMM
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan dalam bentuk gambar teknik.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan proyek ini adalah :

1. Menentukan dimensi struktur beton gedung,
2. Beban-beban yang bekerja pada struktur gedung,
3. Menganalisa gaya-gaya dalam struktur gedung yang digunakan untuk menghitung kekuatan struktur bangunan dalam merespon beban gempa yang dialami.
4. Tulangan yang digunakan dalam struktur gedung
5. Menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan dalam bentuk gambar teknik (*shop drawing*)

1.4 Manfaat

Manfaat dari proyek akhir ini antara lain :

1. Memberikan referensi tentang perhitungan struktur gedung dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
2. Mendapatkan desain struktur bangunan gedung yang mampu menahan gempa, khususnya dengan periode ulang 500 tahun dan asumsi umur bangunan 50 tahun.





BAB II

DASAR TEORI

Dasar Teori berikut ini akan menjelaskan secara garis besar mengenai teori yang digunakan agar perencanaan struktur gedung dapat memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan yang dibutuhkan sebuah gedung.

Berikut merupakan kutipan dari peraturan-peraturan yang tercantum dalam (SNI 03-2847-2002) Tata Cara Perencanaan ketahanan gempa untuk Struktur Beton Bangunan Gedung dan non Gedung, (SNI 2847:2013) persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung; (SNI 1726:2012) Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung; Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) tahun 1971; Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPUIG1983) dan (PPUIG 1987);

Buku penunjang Sebagai refresensi dalam Perencanaan Gedung restaurant ini adalah Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 1 (Chu-Kia Wang Dan Wang G. Salmon), Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang DAN Wang G. Salmon), Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa (Iswandi Imran Dan Hendrik Fajar) serta Dasar – dasar perencanaan beton bertulang Ir.W.S.Vis dan Ir.Gideon H.Kusuma M.Eng yang merupakan acuan dasar dalam pengerjaan proyek ini.

2.1 Pembebanan

Pada suatu struktur gedung mempunyai beban-beban yang dipikul oleh bangunan dan beban yang bekerja sangat tergantung dari jenis struktur. Dalam penentuan beban yang terjadi pada bangunan, menurut ketentuan dibedakan sebagai berikut :

2.1.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut yang sesuai dengan PPUIG 1983 pasal 1.0.1

2.1.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat di ganti selama masa hidup gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut sesuai dengan PPUIG 1983 pasal 1.0.2

2.1.3 Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara yang sesuai dengan PPUIG 1983 pasal 1.0.3

2.1.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa it yang dijelaskan oleh PPUIG 1983 pasal 1.0.4 dan Dalam

perencanaan beban gempa pada gedung *Restaurant Pakuwon Square* dihitung dengan menggunakan statik ekuivalen. Dengan mengacu pada kombinasi pembebanan SNI 1726:2012 serta buku Peta Hazard Gempa 2010.

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah suatu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah ditetapkan dalam Standart Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan gedung, bahwa sistem rangka pemikul momen dibagi dalam 3 (Tiga) kelas yaitu

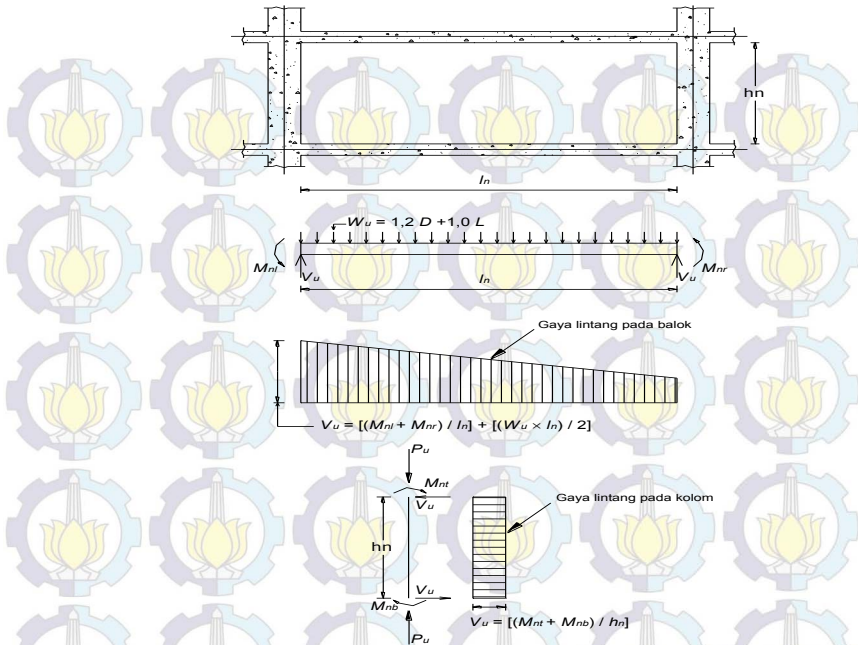
- a) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
- b) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
- c) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Pada perencanaan bangunan gedung *Restaurant Pakuwon Square* ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah di mana semua rangka struktur bangunan memikul beban gravitasi dan beban lateral yang diakibatkan oleh beban gempa sedang.

2.2.1 Kententuan Sistem Rangka Pemikul Momen

Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan sistem rangka pemikul momen menengah menurut SNI-03-2847-2002 :

- 1) Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $(A_g f_c' / 10)$. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi $(A_g f_c' / 10)$, maka pasal 23.10(5) harus dipenuhi.. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka detail penulangannya harus memenuhi pasal 23.10(6).
- 2) Kuat geser rencana balok, kolom dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada:
 - a. Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor (lihat Gambar 47), atau
 - b. Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa, E , dimana nilai E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.



Gambar 2.1 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM

2.3 Komponen Struktur Gedung

2.3.1 Struktur Primer

Komponen Struktur Primer dalam gedung Restaurant Pakuwon Square ini meliputi Balok, Sloof, dan Kolom. Berikut uraiannya berdasarkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

a. Balok

- Perencanaan dimensi balok sesuai dengan SNI 2847:2013 pada tabel 9.5(a).
- Pelindung beton untuk tulangan sesuai dengan SNI 2847:2013 pada pasal 7.7.1
- Persyaratan Spasi Tulangan Sesuai dengan SNI 2847:2013 pada pasal 7.6
- Perencanaan Kuat Lentur Dan Kuat Geser Berdasarkan SNI 03-2847-2013

b. Sloof

Komponen Struktur ini prinsipnya sama seperti Balok dengan Mencarai nilai moment ultimate kanan dan kiri beserta gaya tarik (N_u) dari 10% gaya aksial pada kolom kanan atau kiri.

c. Kolom

- Perencanaan dimensi kolom sesuai dengan SNI 03-2847-2002
- Luas tulangan longitudinal untuk komponen tekan sesuai SNI 2847:2013 Pasal 10.9.1
- Kuat geser pada kolom yang menahan pengaruh gempa harus memenuhi persyaratan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.3.2
- Persyaratan Panjang L_o sesuai SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1
- Pu terfaktor akibat pengaruh gempa $> A_g \cdot f_c' / 10$
- Sambungan pada kolom berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.16 dan 12.17
- Kelangsingan Pada Kolom

2.3.2 Struktur Sekunder

Komponen Struktur Primer dalam gedung Restaurant Pakuwon Square ini meliputi Pelat Lantai, Atap serta pelat tangga. Berikut uraiannya berdasarkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

a. Pelat lantai/ Atap

- Pada Perencanaan Pelat terdiri menjadi 2 macam yaitu perencanaan Pelat satu arah dan dua arah
- Perencanaan Pelat Satu arah diatur pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.2, ketebalan minimum pelat ini sesuai SNI 2847-2013 Tabel 9.5 (a) dan lendutan digunakan metode lendutan elastis pasal 9.5.2.2 SNI 2847-2013.
- Perencanaan Pelat Dua Arah diatur pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3 dan Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sesuai SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3
- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Diatur dalam SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2
- Kontrol Perlu Tulangan Susut Dan Suhu diatur dalam SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.1.a sampai pasal 7.12.2.1.c
- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Susut Dan Suhu sesuai SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.2
- Kontrol Retak sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6.4

b. Pelat Tangga

- Perencanaan Dimensi Pada Tangga
- Pembebanan sesuai PPIUG 1987
- Penulangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perencanaan plat

2.3.3 Struktur Pondasi

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi borpile. Data tanah yang digunakan adalah data spt. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pondasi dalam adalah sebagai berikut:

- Perhitungan Daya Dukung Tanah

$$C_n = \frac{C_{n1} + C_{n2}}{2}$$

$$Q_u = Q_p + Q_s \\ = 40 \cdot N \cdot A_p + (N_{av} \cdot A_s) / 5$$

- Kekuatan tanah

$$P_{t\text{ijin}} = \frac{A_{\text{tiang}} + C_n}{SF1} + \frac{K_{\text{ell.tiang}} \times JHP}{SF2}$$

$$\text{Dimana: SF-1 Conus} = 2-3$$

$$\text{SF-2 cleef} = 5$$

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{Q_u}{SF}$$

- Perencanaan borpile Dan Poer
- Panjang Penyaluran Tulangan Kolom Ke Pile cap
- Kontrol Geser Pons

BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah dalam Perencanaan Struktur Bangunan *Restaurant Pakuwon Square* Surabaya menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah

3.1 Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dalam Perencanaan Struktur Gedung *Restaurant Pakuwon Square* adalah :

1. Data Gambar
Pengumpulan gambar rencana meliputi Gambar Struktur dan Arsitek yang berguna untuk menentukan dimensi komponen struktur gedung
2. Data Perencanaan
 - a. Data Umum Bangunan
 - Nama Gedung : *Restaurant Pakuwon Square*
 - Lokasi : Pakuwon indah
 - Luas Bangunan : 392 m²
 - Tinggi Bangunan : 18,1 m
 - b. Data Bahan
 - Mutu Beton (f_c') : 30 Mpa
 - Mutu Baja (f_y) : 320 Mpa
 - Mutu Baja (f_{ys}) : 240 Mpa
3. Data Tanah (*Terlampir*)
Didapat dari laboratorium uji tanah kampus Diploma Teknik Sipil ITS Manyar Surabaya. Data tanah berupa data SPT (*Standart Penetration Test*) yang nantinya akan digunakan untuk merencanakan struktur pondasi dan tiang pancang.

4. Peraturan-Peraturan

Peraturan yang dipakai adalah SNI 2847:2013 untuk persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 03-2837-2002 Untuk Peraturan Struktur Beton, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987, Peta Hazard 2010, dan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)

5. Buku Penunjang

Buku penunjang Sebagai referensi dalam Perencanaan Gedung restaurant ini adalah Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 1 (Chu-Kia Wang Dan Wang G. Salmon), Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang DAN Wang G. Salmon), Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa (Iswandi Imran Dan Hendrik Fajar) serta Dasar – dasar perencanaan beton bertulang Ir.W.S.Vis dan Ir.Gideon H.Kusuma M.Eng.

3.2 Perencanaan Dimensi Struktur

Preliminary desain merupakan suatu tahap awal untuk memperkirakan dimensi berdasarkan gambar arsitektural dan struktural dari gedung tersebut agar memperoleh dimensi yang kuat dan efisien. Berikut Komponen struktur bangunan, antara lain :

1. Struktur Primer

Adalah komponen struktur utama bangunan yang terdiri balok, sloof, dan kolom

2. Struktur Sekunder

Adalah komponen struktur bangunan yang terdiri dari pelat lantai, atap, dan tangga

3. Struktur Pondasi

3.2.1 Struktur Primer

a) Menentukan dimensi balok

Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan acuan SNI 2847:2013 pada Tabel 9.5

(a) sebagai berikut :

Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	Dua Tumpuan Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
		Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar		
Pelat Masif Satu Arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok Atau Pelat Rusuk Satu Arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

CATATAN :

Panjang bentang dalam mm

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), W_c diantara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $[1,65 - 0,0003 \cdot w_c]$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Untuk nilai dimensi (h) pada balok dapat ditentukan sebagai berikut :

1. Dimensi h pada balok induk

$$H \geq \frac{1}{16} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika f_y selain 420 Mpa

2. Dimensi h pada balok anak

$$H \geq \frac{1}{21} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika f_y selain 420 Mpa

3. Dimensi h pada balok kantilever

$$H \geq \frac{1}{8} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Jika f_y selain 420 Mpa

Sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai 2/3 dari tinggi balok yang telah didapat.

b) Menentukan dimensi sloof

Perhitungan dimensi pada sloof sama dengan perhitungan dimensi pada balok

c) Menentukan dimensi kolom

Untuk menentukan dimensi kolom, dapat menggunakan acuan *SNI 03-2847-2002 pada Tabel 8* sebagai berikut :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \leq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Dimana: I_{kolom} = inersia kolom ($1/12 \times b \times h^3$)
 L_{kolom} = tinggi bersih kolom
 I_{balok} = inersia balok ($1/12 \times b \times h^3$)
 L_{balok} = tinggi bersih balok

$$b_k \text{ dan } d_k \geq 250 \text{ mm}$$

$$\frac{h_k}{b_k \text{ atau } d_k} \geq 25$$

3.2.2 Struktur Sekunder

a) Menentukan Tebal Pelat Lantai dan Atap

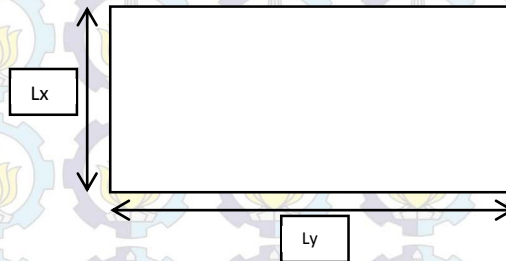
Langkah-langkah dalam perencanaan dimensi ketebalan pelat lantai dan atap adalah sebagai berikut :

1. Menentukan posisi pelat yang akan ditinjau
2. Mengetahui data – data perencanaan
3. Perhitungan perencanaan tebal pelat lantai

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

Untuk Menghitung Tebal Pelat adapun caranya sebagai berikut :

➤ **Pelat satu arah**



- Apabila, $\frac{Ly}{Lx} > 2$, maka termasuk ke dalam pelat satu arah telah diatur pada table berikut sesuai SNI 2847-2013 pada table 9.5.2

Tabel 3.2 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	Dua Tumpuan Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			

Pelat Masif Satu Arah	l/20	l/24	l/28	l/10
Balok Atau Pelat Rusuk Satu Arah	l/16	l/18,5	l/21	l/8

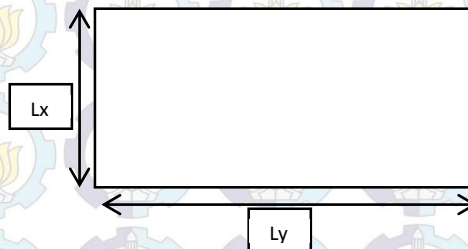
CATATAN :

Panjang bentang dalam mm

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- c) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c diantara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $[1,65 - 0,0003 \cdot w_c]$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- d) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

➤ **Pelat dua arah**



1. Apabila $\frac{L_y}{L_x} < 2$, maka termasuk pelat dua arah
Tebal minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut sesuai berikut:
 - a. Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal minimum pelat tanpa

balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua, dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

1. Pelat tanpa penebalan > 125 mm
2. Pelat dengan penebalan > 100 mm

Tabel 3.3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior^a

Tegangan Leleh F_y Mpa ^b	Tanpa Penebalan ^c			Dengan Penebalan ^c		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^d		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^d	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$
i. Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain. ii. Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier. iii. Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5 iv. Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8						

- b. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tidak lebih dari 2h, ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan berikut

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- c. Untuk α_m lebih besar dari 2h, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut sesuai SNI 2847-2013.

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$\alpha =$ Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

$$\alpha_1 = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} > 1,0$$

Apabila $E_{cb} = E_{cs}$, maka $\alpha = \frac{I_b}{I_s}$

2. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_1 tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 9.12 dan 9.13 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus sesuai SNI 2847-2013.

b) Menentukan dimensi tangga

Tangga merupakan bagian dari elemen konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai satu dengan lantai yang lain. Tangga merupakan elemen penting yang harus ada pada bangunan bertingkat, baik sebagai tangga utama maupun tangga darurat.

Berikut akan dibahas perencanaan dimensi tangga sesuai ketentuan perhitungan menggunakan metode SRPMM.

1. Data-data perencanaan
2. Perhitungan perencanaan dimensi tangga sebagai berikut :

$$0,6 < (2t + i) < 0,65 \dots(\text{meter})$$

Dimana: t = tanjakan $< 25\text{cm}$,

i = injakan dengan $25\text{ m} < i < 40\text{ cm}$ dan maksimal sudut tangga 40° .

- Sudut kemiringan tangga (α)

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

- Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi tangga}}{t}$$

- Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1$$

- Tebal efektif pelat anak tangga (d) dengan perbandingan luas segitiga :

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

$$\frac{1}{2} \times i \times t = \frac{1}{2} \times (\sqrt{i^2 + t^2}) \times d$$

Maka Tebal Efektif Pelat Tangga = Tebal pelat tangga rencana + $\frac{1}{2} d$

3.2.3 Struktur Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari suatu struktur bangunan yang dikategorikan sebagai stuktur bangunan bawah. Pondasi berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung dibawahnya tanpa terjadi penurunan tak sama pada sistem strukturnya, juga tanpa terjadinya keruntuhan pada tanah.

Perencanaan pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi, dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi diatasnya. Dalam perencanaan suatu pondasi yang baik tidak hanya pondasi harus kuat dan aman namun harus di tinjau dari segi efisien dan memungkinkan pelaksanaannya di lapangan. Preliminari pondasi dan poer direncanakan setelah dilakukan pemodelan struktur dan analisis gaya dalam.

3.3 Analisa Pembebanan

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan (PPIUG 1983) Analisa pembebanan adalah sebagai berikut:

- a. Beban pelat atap
 - Beban mati:
 - Berat sendiri
 - Berat lain-lain yang meliputi :
Spesi, Keramik, Instalasi Listrik, dll
 - Beban hidup:
 - Beban sesuai fungsi bangunan sesuai PPIUG 1983
- b. Beban pelat lantai
 - Beban mati:
 - Berat sendiri lantai
 - Berat lain-lain yang meliputi :
Spesi, Keramik, Instalasi Listrik, dll
 - Beban hidup:
 - Beban sesuai fungsi bangunan sesuai PPIUG 1983
- c. Beban tangga dan bordes
 - Beban mati:
 - Berat sendiri tangga dan bordes
 - Berat lain-lain yang meliputi :
Spesi, Keramik, Instalasi Listrik, dll
 - Beban hidup:
 - Beban sesuai fungsi tangga sesuai PPIUG 1983
- d. Beban gravitasi
 - Berat dinding

e. Beban gempa

Analisa beban gempa ditentukan dengan menggunakan Beban Statik Ekuivalen merupakan pembebanan gempa terhadap struktur gedung yang beraturan. Perhitungan beban gempa dihitung sesuai dengan SNI 1726-2012 dan *Peta Hazard 2010*. perhitungan gempa statik ekuivalen dijelaskan sebagai berikut :

1. Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata – rata (\bar{N}_{SPT}) sesuai SNI 1726-2012.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n_i}}$$

2. Dari nilai \bar{N}_{SPT} dapat ditentukan Kelas Situs Tanah dengan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012.

Tabel 3.4 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100

SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa <p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa 		

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

3. Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726-2012 Tabel 6

Tabel 3.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai <i>SDS</i>	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS \leq 0,50$	C	D
$0,33 \leq SDS$	D	D

Tabel 3.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai <i>SDI</i>	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDI < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDI \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq SDI \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq SDI$	D	D

4. Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan PETA HAZARD GEMPA INDONESIA 2010.

5. Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik (F_a) dan Koefisien Situs Periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012.

Tabel 3.7 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Tabel 3.8 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, S_l				
	$S_l \leq 0,25$	$S_l = 0,5$	$S_l = 0,75$	$S_l = 1,0$	$S_l \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

6. Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 0,2 detik (S_{MS}) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

7. Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

8. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 0,2 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

9. Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

10. Kemudian menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan sesuai SNI 1726-2012.

$$T = C_t \times h_n^x$$

h_n = Tinggi bangunan (m)

$C_t = 0,0466$

$x = 0,9$

11. Membuat Respon Spektrum Gempa sesuai SNI 1726-2012.

- Untuk perioda lebih kecil T_0 , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar T_s , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

12. Menentukan Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa (I) struktur bangunan sesuai SNI 1726-2012

Tabel 3.9 Kategori Risiko

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan ; rumah toko dan rumah kantor/restaurant - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Tabel 3.10 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (I)
II	1,0

13. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respon (R) sesuai SNI 1726-2012.

Tabel 3.11 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon, R	Faktor Kuat-lebih sistem, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
6. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI

14. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik (V) sesuai SNI 1726-2012.

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)}$$

Sehingga,

$$V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)} \times W$$

15. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F) sesuai SNI 1726-2012.

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k}$$

Sehingga,

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \times V$$

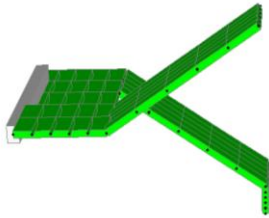
16. Input ke dalam SAP 2000 gaya geser dasar seismik per lantai

f. Beban angin

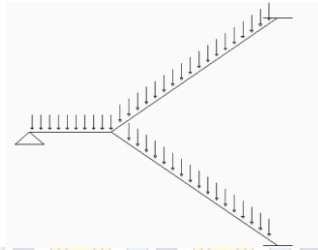
Ditentukan menurut peraturan PPIUG 1983 pada Bab 4 pasal 4.2.1 dengan tekanan tiup angin 25 kg/m²

3.4 Pemodelan Struktur

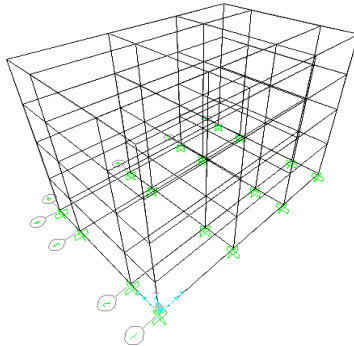
Perhitungan struktur bangunan ini menggunakan analisis sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan menggunakan program bantu komputer yaitu SAP 2000. Dimana komponen – komponen struktur dari gedung, ada yang dimodelkan seperti balok, kolom, sloof, pelat lantai, tangga, atap, dan pondasi. Pada program SAP 2000 diasumsikan menggunakan perletakan jepit pada dasar perletakan pemodelan struktur bangunan. Untuk perencanaan terhadap gempa digunakan analisa pembebanan dengan menggunakan pembebanan gempa “Statik Ekuivalen”. Kerangka Pemodelan struktur 3D gedung Restaurant Pakuwon Square seperti berikut.



Gambar 3.1 Pemodelan Struktur Tangga 3D



Gambar 3.2 Perletakan Pada Struktur Tangga



Gambar 3.3 Kerangka Pemodelan Struktur 3D

3.5 Analisa Gaya Dalam

Gaya dalam adalah gaya – gaya yang muncul pada suatu elemen struktur sebagai akibat dari munculnya beban yang diterima oleh elemen struktur. Gaya dalam yang menyebabkan pelenturan disebut gaya momen. Komponen Struktur yang menerima gaya tegak lurus dengan arah sumbu batang disebut gaya lintang. Sedangkan yang komponen struktur yang menerima gaya searah dengan sumbu batang disebut gaya normal. Nilai gaya dalam

diperoleh menggunakan bantuan software dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11.2 sebagai berikut :

Kombinasi Pembebanan akibat gaya – gaya gravitasi

- $U = 1,0D + 1,0L$
- $U = 1,2D + 1,6L$
- $U = 1,2D + 1,6L \pm 0,8W$

Kombinasi Pembebanan akibat gaya – gaya gempa

- $U = 1,2D + 1,6L + 0,3Ex \pm 1,0Ey$
- $U = 1,2D + 1,6L + 1,0Ex \pm 0,3Ey$

Kombinasi Pembebanan untuk tegangan ijin

- D
- D + L
- D + (Lr atau R)
- $D + 0,75L + 0,75(Lr \text{ atau } R)$
- D + (0.6W atau 0.7E)
- $D + 0,75(0,6W \text{ atau } 0,7E) + 0,75L + 0,75(Lr \text{ atau } R)$
- $0,6D + 0,6W$
- $0,6D + 0,7E$

Keterangan :

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- Lr = Beban Hidup pada Atap
- W = Beban Angin
- R = Beban Air Hujan
- Ex = Beban gempa arah X
- Ey = Beban gempa arah Y

Setiap kombinasi pembebanan memiliki nilai yang berbeda – beda. Nilai tersebut digunakan untuk mengetahui tulangan yang sesuai dengan gaya – gaya yang terjadi.

1. Struktur Primer

a. Balok

Pada balok gaya momen yang terjadi digunakan untuk mengetahui kapasitas tulangan lentur yang sesuai. Tulangan lentur balok pada daerah lapangan dengan daerah tumpuan menggunakan nilai dari kombinasi yang berbeda – beda tetapi pada balok yang sama, misal :

⊕ Kombinasi 1,4D



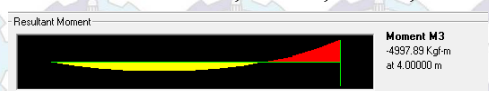
⊕ Kombinasi 1,2D + 1,6L



⊕ Kombinasi 1,2D + 1,0L + 0,3Ex ± 1,0Ey



⊕ Kombinasi 1,2D + 1,0L + 1,0Ex ± 0,3Ey

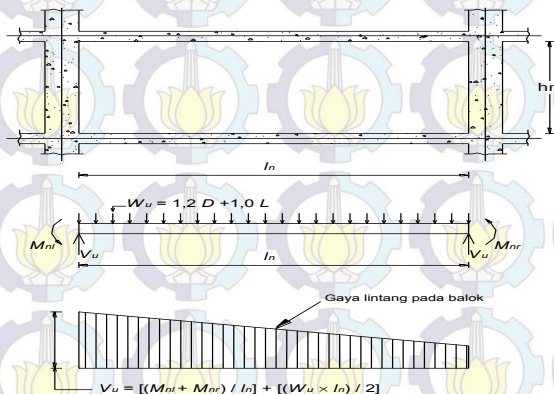


Terlihat dari keempat kombinasi tersebut memiliki kondisi atau perilaku momen yang berbeda-beda, dimana dalam perhitungan balok tulangan lentur momen yang digunakan untuk tumpuan kanan atau kiri merupakan nilai momen

yang paling kritis atau nilai momen yang terbesar meskipun didalam kombinasi yang berbeda antara kanan dan kiri, begitu juga untuk tulangan lentur lapangan nilai momen yang diambil merupakan nilai momen yang terbesar dari keempat kombinasi tersebut. Dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam perhitungan tulangan lentur balok untuk nilai momen tumpuan atau lapangan tidak hanya diambil didalam satu kombinasi saja, dimana kombinasi yang memiliki nilai momen terbesar hanya pada satu bidang, melainkan diambil dari nilai momen yang terbesar dari salah satu kombinasi yang ada untuk tumpuan ataupun lapangan.

Untuk menghitung tulangan geser maka digunakan perhitungan manual bukan dari analisa struktur atau software dengan perumusan sesuai dengan penulangan komponen SRPMM.

$$V_u = \left[\frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2} \right]$$



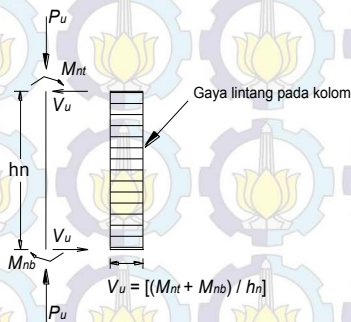
Gambar 3.4 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)

b. Kolom

Setiap kolom menerima gaya dalam dengan nilai yang berbeda - beda, untuk itulah perhitungan kolom dilakukan dengan meninjau beberapa kolom. Antara lain kolom yang berada pada tengah bangunan, kolom pada ujung bangunan, dan kolom pada daerah tepi bangunan.

Pada kolom gaya momen dan gaya aksial yang terjadi digunakan untuk mengetahui kapasitas tulangan lentur yang terjadi. Untuk menghitung tulangan geser maka digunakan perhitungan manual bukan dari analisa struktur atau software dengan perumusan sesuai dengan penulangan komponen SRPMM.

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$



Gambar 3.5 Gaya lintang rencana pada kolom untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)

2. Struktur Sekunder

a. Pelat Lantai

Komponen struktur pelat merupakan salah satu komponen struktur sekunder yang mana kondisi komponen struktur sekunder mengalami kehancuran lebih awal daripada komponen struktur primer.

Perencanaan pelat lantai pada Hotel Anggrek Surabaya menggunakan pelat cor ditempat yang dalam perhitungannya menjadi dua macam yaitu :

- Pelat Satu Arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya sama dengan 2 atau lebih dari 2, dan arah pembebanannya akan diteruskan pada balok-balok.
- Pelat Dua Arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya kurang dari 2, dan arah pembebanannya akan diteruskan pada keseluruhan pemikul disekeliling panel dari pelat tersebut.

b. Pelat Tangga

Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa macam alternatif, baik konstruksi maupun perletakkannya. Konstruksi tangga dapat direncanakan sebagai balok tipis, pelat maupun sebagai konstruksi balok dan pelat. Perbedaan asumsi menentukan besarnya gaya reaksi yang terjadi pada struktur tangga.

3. Struktur Pondasi

Daya dukung ijin pondasi dalam dihitung berdasarkan data dari SPT dengan metode Meyerhoff, dan faktor keamanan $SF_1=3$, dan $SF_2=5$. Gaya dalam yang digunakan pada perhitungan penulangan pondasi adalah gaya aksial dan momen arah x dan y.

3.6 Perhitungan Penulangan Struktur

3.6.1 Penulangan Struktur Sekunder

a. Perencanaan penulangan pada pelat lantai dan atap

❖ Analisis struktur pelat

Rasio kekakuan balok terhadap plat:

$$\alpha = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cp} \times I_p} > 1$$

Dimana:

E_{cb} = modulus elastisitas balok beton

E_{cp} = modulus elastisitas pelat beton

I_b = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

I_p = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat

❖ Penulangan pelat

Tabel 3.12 Rumus Penulangan Pelat

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 10.5.1</i>	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
<i>SNI-03-2847-2013</i> <i>Lampiran B.8.4.2</i>	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_{cr}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
<i>SNI-03-2847-2013</i> <i>Lampiran B.10.3.3</i>	$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$
<i>Wang, C. Salmon hal.</i> <i>55 pers.3.8.4.a</i>	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{cr}}$

Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{f_y}} \right)$$

Jika, $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \\ AS &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \end{aligned}$$

Jika, $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$ maka dimensi Plat diperbesar.

- ❖ Kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan (SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2)

$$S \leq H_p$$

- ❖ Kontrol tulangan susut dan suhu

Dimana tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton tidak kurang dari 0,0014 sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.1.a - pasal 7.12.2.1.c. Berikut Tabel rasio tulangan susut dan suhu :

Tabel 3.13 Rasio tulangan susut dan suhu

		Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto
a	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 Mpa	0,0020
b	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos ulir) mutu 400 Mpa	0,0018

c	Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35	$0,0018 \times \frac{400}{f_y}$
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------

❖ Kontrol Jarak Spasi Tulangan Susut Dan Suhu

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.2 Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

❖ Kontrol Retak

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6.4 Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 Mpa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian sehingga nilai z yang diberikan oleh:

$$z = fs \times \sqrt[3]{dc \times A}$$

Tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. tegangan pada tulangan akibat beban kerja f_s (MPa) harus dihitung sebagai momen maksimum tak terfaktor sebagai dengan hasil kali luas tulangan baja dengan lengan momen dalam. Bila tidak dihitung dengan cara di atas, f_s boleh diambil sebesar 60% dari kuat leleh f_y yang disyaratkan.

$$A = 2 \times dc \times s$$

Dimana s adalah jarak antara batang tulangan. Untuk lebar retak yang digunakan adalah:

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \times \beta \times fs \times \sqrt[3]{dc \times A}$$

$\omega \leq 0,4$ mm untuk penampang di dalam ruangan ω
 $\leq 0,3$ mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

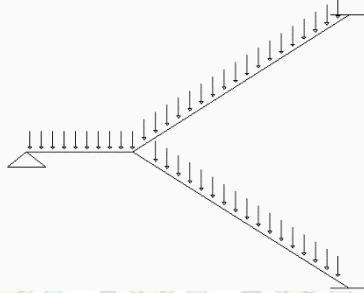
Spasi tulangan yang berada paling dekat pada permukaan tarik tidak boleh melebihi:

$$s = \frac{9500}{f_y} - 2,5C_c$$

Tetapi tidak boleh melebihi,

$$s = 300 \left(\frac{252}{f_s} \right)$$

b. Perencanaan penulangan pada pelat tangga



Gambar 3.6 Pemodelan Struktur Tangga

Langkah – langkah perencanaan penulangan pada pelat tangga sama dengan pada pelat lantai.

3.6.2 Penulangan Struktur Primer

a. Penulangan Balok

1. Perhitungan tulangan lentur

- Menentukan nilai momen tumpuan dan lapangan pada balok (dari hasil output SAP 2000)
- Cek jenis tulangan, merupakan tulangan rangkap atau tulangan tunggal.
- Rencanakan d , d' , dan d'' .
 - Dimana :
 - $d = bw - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.utama}$
 - $d' = \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.utama}$
- Perhitungan Tulangan :

Tabel 3.14 Perhitungan Penulangan Balok dan Sloof

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2013</i>	$M_n = \frac{Mu}{\phi}$
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 10.5.1</i>	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
<i>SNI-03-2847-2013</i> <i>Lampiran B.8.4.2</i>	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
<i>SNI-03-2847-2013</i> <i>Lampiran B.10.3.3</i>	$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$
<i>Wang, C. Salmon</i> <i>hal. 55 pers.3.8.4.a</i>	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$
<i>Wang, C. Salmon</i> <i>hal. 55 pers.3.8.4.a</i>	$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$

	$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$
	X _{coba-coba} dimana $x < 0,75 \cdot b$
	$C_c = T_1 = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x$
	$A_{sc} = \frac{T_1}{f_y}$
	$M_{ns} = M_n - M_{nc}$
	$M_{ns} = \frac{M_u}{\phi} - M_{nc}$

- Jika $(M_n - M_{nc}) > 0$, maka perlu tulangan rangkap, untuk menentukan kebutuhan tulangan rangkapnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$C_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

$$f_s' = \left(\frac{x - d''}{x} \right) \times 600$$

Jika $f_s' > f_y$, maka tulangan tekan leleh

Jika $f_s' = f_y$, maka tulangan tekan

Jika $f_s' < f_y$, maka tulangan tekan tidak leleh

$$A_s' = \frac{C_s}{f_s' - 0,85f_c'}$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

- Jika $(M_n - M_{nc}) < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan, untuk menentukan kebutuhannya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

Jika $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{min}}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

Jika, $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$ maka dimensi Balok diperbesar.

- Tulangan perlu :

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s = A_s'$$

- Kontrol spasi tulangan sesuai SNI 2847:2013 pasal 7.6.2 :

$$s = \frac{bw - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \cdot \text{tul. sengkang}) - (n \cdot \text{tul. sengkang})}{n - 1}$$

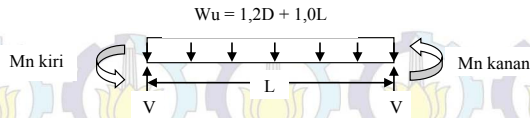
Dimana : $s \geq 25\text{mm}$

- Kontrol kekuatan momen penampang sesuai SNI 2847:2013 pasal 22.5.1 :
 - $\emptyset / M_n \geq M_u$

2. Perhitungan tulangan geser

- Penentuan V_u , V_c , V_s , dan V_n

Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E), dimana E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.



Gambar 3.7 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM

$$V_u = \frac{Mn_{kiri} + Mn_{kanan}}{Ln} + \frac{Wu}{2}$$

Nilai f_c' yang digunakan di dalam pasal ini tidak boleh melebihi 25/3 Mpa, kecuali seperti yang diizinkan di dalam SNI 03-2847-2002 13.1(2(1))

Kekuatan geser nominal beton bertulang V_n pada dasarnya merupakan kombinasi kekuatan antara geser yang mampu dipikul beton V_c dengan kekuatan geser yang mampu dipikul oleh baja tulangan V_s , dimana :

Tabel 3.15 Perhitungan Geser

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 11.1.1</i>	$\Phi V_n \geq V_u$ $V_n = V_c + V_s$
<i>SNI 2847-2013</i> <i>Pasal 11.2.1.1</i>	$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times bw \times d$
<i>SNI 2847-2013</i> <i>Pasal 11.2.1.3</i>	$V_c = 0$
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 11.4.6</i>	$V_{s_{min}} = \frac{1}{3} \times bw \times d$

<i>SNI 2847- 2013</i> <i>Pasal 21.3.4</i>	$V_{s_{\max}} = \phi \sqrt{f_c'} \times \frac{1}{3} b w \times d$
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 11.4.5.1</i>	$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$
<i>SNI 03-2847-2013</i> <i>pasal 11.4.7</i>	$A_v = \frac{b \times w}{3 f_y}$

✚ Kontrol kondisi penulangan geser balok.

➤ **Kondisi 1**

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

(tidak perlu tulangan geser)

➤ **Kondisi 2**

$$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$$

(tulangan geser minimum)

$$A_v(\min) = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi 3**

$$\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_s \min)$$

(tulangan geser minimum)

$$A_v(\min) = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\max} \leq 600 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi 4 (perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) < V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b w d)$$

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$s \leq \frac{d}{2} \text{ dan } s_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi 5 (perlu tulangan geser)**

$$\emptyset (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b w d) < V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b w d)$$

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$s \leq \frac{d}{4} \text{ dan } s_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi 6**

$$V_s > \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b w d \text{ (perbesar penampang)}$$

3. Perhitungan tulangan torsi (puntir)

Klasifikasikan Apakah Torsi Terapan Merupakan Torsi kesetimbangan atau kompatibilitas. Tentukan penampang kritis dan hitung momen torsi terfaktor T_u . Penampang kritis diambil sebesar d dari muka pendukung pada balok beton bertulang dan $h/2$ pada balok beton prategang.

Jika T_u kurang dari $\frac{\emptyset \sqrt{f_c'} (A_{cp}^2)}{12 P_{cp}}$ untuk anggota non

prategang atau kurang dari $\frac{\emptyset \sqrt{f_c'} (A_{cp}^2)}{12 P_{cp}} \sqrt{1 + \frac{3 f_p c}{\sqrt{f_c}}}$

untuk anggota prategang, efek torsi diabaikan.

Cek apakah momen torsi berfaktor T_u mengakibatkan torsi kesetimbangan atau kompatibilitas. Untuk torsi kompatibilitas, batasi momen torsi desain sampai yang lebih kecil dari momen actual T_u atau $T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}$ untuk anggota beton bertulang dan $T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{3f_{pc}}{\sqrt{f_c}}}}$ untuk anggota beton prategang. Harga kekuatan nominal desain T_n harus paling sedikit ekuivalen dengan T_u/ϕ berfaktor, dengan mempoporsikan penampang tersebut sehingga :

Untuk penampang solid :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7A^2 oh} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bwd} + \frac{2\sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

Untuk penampang berongga :

$$\left(\frac{Vu}{bw \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7A^2 oh} \right)^2 \leq \phi \left(\frac{Vc}{bwd} + \frac{2\sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

Jika ketebalan dinding kurang dari A_{oh}/Ph , suku kedua perumusan harus diambil sebesar $T_u/(1,7 \cdot A_{oh} \cdot t)$

- Tulangan torsi diabaikan apabila sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.1.
- Tulangan torsi minimum sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.5.5 Apabila $\phi T_u \geq T_u$ pada $A_v +$

$2A_t = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{bw s}{f_{yt}}$ tetapi tidak boleh kurang

dari $\frac{0,35 bw s}{f_{yt}}$

- Spasi tulangan torsi sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.6

* Spasi tulangan torsi transversal $\leq \frac{ph}{8}$ atau 300 mm

* Tulangan torsi longitudinal dengan spasi maksimum 300 mm

- Sedangkan tulangan sengkang yang dibutuhkan untuk menahan puntir adalah sebagai berikut:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}}{s} \cot \theta$$

4. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

- Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai l_d/d_b harus diambil sesuai SNI 03-2847-2002 Tabel 11

Tabel 3.16 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung kurang dari d_b , dan sengkang atau	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}}$

<p>senggang ikat yang dipasang disepanjang l_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan atau spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b</p>		
<p>Kasus-kasus lain</p>	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{18 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{10 \sqrt{f_c'}}$

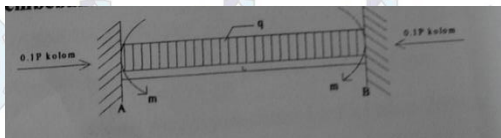
Sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3 Panjang penyaluran (l_d) dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar l_{db} . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 200 mm.

Panjang penyaluran dasar l_{db} harus diambil sebesar $\frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}}$; dan tidak kurang dari $0,04 \times d_b \times f_y$

b. Penulangan Sloof

1. Perhitungan tulangan Lentur.

- Mencarai nilai moment ultimate kanan dan kiri beserta gaya tarik (N_u) dari 10% gaya aksial pada kolom kanan atau kiri.



Perhitungan Tulangan Lentur :

- Hitung M_n

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

- Cari nilai ρ_t dari diagram interaksi, dengan menghitung :

$$\frac{M_u}{bh^2} \text{ dan } \frac{N_u}{bh}$$

- Hitung $A_{st} = \rho_t \cdot b \cdot h$

- Cek Perencanaan.

$$a = \frac{A_{s \text{ pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$M_n \text{ pasang} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot \left(d \text{ pasang} - \frac{a}{2} \right) \geq M_n$$

- Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{b_w - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \phi \cdot \text{tul. sengkang}) - (n \cdot \text{tul. sengkang})}{n - 1}$$

Dimana : $s \geq 25 \text{ mm}$

2. Perhitungan Geser Sloof

a. Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

(tidak perlu tulangan geser)

b. Kondisi 2

$$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$$

(tulangan geser minimum)

$$A_v(\text{min}) = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

c. Kondisi 3

$$\phi V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_s \text{ min})$$

(tulangan geser minimum)

$$A_v(\text{min}) = \frac{0,35 S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

d. Kondisi 4 (perlu tulangan geser)

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_u \leq \phi(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f_c'} b w d)$$

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

e. Kondisi 5 (perlu tulangan geser)

$$\phi(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f_c'} b w d) < V_u \leq \phi(V_c + \frac{2}{3}\sqrt{f_c'} b w d)$$

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c ; V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{4} \text{ dan } S_{\text{maks}} \leq 300 \text{ mm}$$

f. Kondisi 6

$$V_s > \frac{2}{3}\sqrt{f_c'} b w d$$

(perbesar penampang)

3. Perhitungan Panjang Penyaluran

- Tulangan Kondisi Tarik sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.2

$$\frac{\lambda d}{d_s} = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f_c}} \geq 300 \text{ mm}$$

Dimana : $\alpha = 1$; $\beta = 1.5$; $\lambda = 1$

$$\text{Tulangan Lebih} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As Pasang}} \times \lambda d$$

4. Kontrol Retak

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6 adalah $z = f_s \sqrt[3]{dc A} \leq 30 \text{ Mn/m}$ untuk Struktur didalam Ruangan serta $z = f_s \sqrt[3]{dc A} \leq 25 \text{ Mn/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

$$A = \frac{2dc \times bw}{n}$$

Dimana : n = jumlah batang tulangan

Sebagai Alternatif terhadap perhitungan nilai z, dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\omega = 11 \times 10^6 \times \beta \times f_s \sqrt[3]{dcA}$$

Nilai Lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$

c. Penulangan Kolom

Menentukan nilai axial, momen arah X, dan momen arah Y pada kolom (dari hasil output SAP 2000), lalu :

- Kontrol kelangsingan kolom

Tabel 3.17 Perhitungan Kontrol Kelangsingan Kolom

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.11.6</i>	$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{balok}}}$
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.12.3</i>	$EI = \frac{(0,2E_c I_g) + (E_c I_g)}{1 + \beta_d}$ atau $EI = \frac{0,4 \times E_c I_g}{1 + \beta_d}$, ambil nilai terkecil
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.12.3</i>	$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{\text{kolom}}}{(k \times \lambda_y)^2}$
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.12.2</i>	$\frac{k \times l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2}\right)$ Untuk rangka portal tak bergoyang
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.13.2</i>	$\frac{k \times l_u}{r} \leq 22$ Untuk rangka portal bergoyang
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.11.5</i>	Apabila $\frac{k \times l_u}{r} \geq 100$, maka diperlukan perhitungan momen orde dua

- Pembesaran momen

Tabel 3.18 Perhitungan pembesaran momen Pada kolom

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2002</i> <i>Pasal 12.12.3</i>	$M_c = \delta_{ns} \times M_2$, untuk rangka portal tak bergoyang

	$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \geq 1$
SNI 03-2847-2002 Pasal 12.13.3	$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$
SNI 03-2847-2002 Pasal 12.12.3	$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$ untuk rangka portal bergoyang

- Perhitungan Penulangan Lentur

- Hitung nilai ψ , untuk mendapatkan nilai “k” dari table, yaitu :

- $$\beta = \frac{P_u \text{ dead}}{P_u \text{ max}}$$

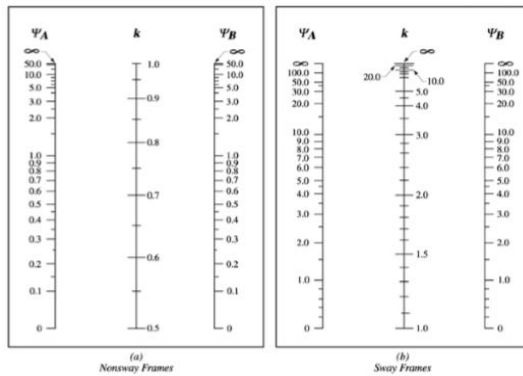
- $$E_c = 4700 \sqrt{f'c}$$

- $$EI = \frac{(0,2E_c I_g) + (E_c I_g)}{1 + \beta_d} \quad \text{atau} \quad EI = \frac{0,4 \times E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

ambil nilai terkecil

- $$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{balok}}}$$

- nilai k didapat dari table :



Ψ = ratio of $\Sigma(EI_c)$ of compression members to $\Sigma(EI_f)$ of flexural members in a plane at one end of a compression member
 ℓ = span length of flexural member measured center to center of joints

- Kontrol kelangsingan kolom :

- $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$

- Hitung factor pembesaran momen Arah X dan Arah Y

- Ambil nilai M_u pakai yang terbesar dari momen Arah X atau arah Y

- Hitung nilai e :

- Eksentrisitas terjadi (e) :

No.	Kondisi	Kolom Pendek	Kolom Langsing
1.	Braced	$\frac{k \cdot L_u}{r} < 34 - 12 \cdot \frac{M_1}{M_2}$	$\frac{k \cdot L_u}{r} \geq 34 - 12 \cdot \frac{M_1}{M_2}$
2.	Unbraced	$\frac{k \cdot L_u}{r} < 22$	$\frac{k \cdot L_u}{r} \geq 22$

$$e = \frac{M_u}{P_{dead}}$$

- Eksentrisitas minimum (e_{min}) :

$$e_{min} = (15 + 0,03h)$$

- Tentukan nilai ρ_{perlu} , bila didapat dari grafik interaksi perlu menghitung nilai:

- Sumbu horizontal :
$$\frac{Pu \cdot e}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c' \cdot h}$$

- Sumbu vertical :
$$\frac{Pu}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c'}$$

- Bila nilai ρ_{perlu} didapat dari output sap, langsung menghitung A_s perlu.

- Nilai A_s perlu :

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h$$

- Kontrol kemampuan kolom

Kondisi penampang kolom terbagi menjadi 4 kondisi, yaitu :

- Kondisi P konsentris.

Termasuk dalam kondisi P konsentris bila mana eksentrisitas yang terjadi (e) lebih kecil atau sama dengan eksentris minimum (e_{min})

$$e \leq e_{\text{min}}$$

- Kondisi Tekan menentukan.

Termasuk dalam kondisi Tekan menentukan bila mana eksentrisitas yang terjadi (e) lebih kecil dari eksentrisitas balanced (e_{balanced}).

$$e < e_{\text{balanced}}$$

- Kondisi Balanced

Termasuk kondisi Balanced bila mana eksentrisitas yang terjadi (e) sama dengan eksentrisitas balanced (e_{balanced}).

$$e = e_{\text{balanced}}$$

- Kondisi Tarik menentukan Termasuk kondisi Tarik menentukan bila mana eksentrisitas yang terjadi (e) lebih besar dari eksentrisitas balanced (e balanced).

$e > e$ balanced

- Perhitungan penulangan geser

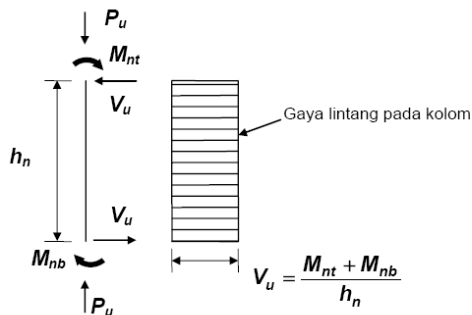
$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$

Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya tekan aksial

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g}\right) \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d\right)$$

(untuk daerah lapangan nilai V_c diambil setengah dari nilai tumpuan)

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n} + V_{1,2DL+1LL}$$



Gambar 3.8 Gaya Lintang rencana pada kolom untuk SRPMM

- Jarak spasi tulangan pada kolom

Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10, syarat untuk menentukan jarak spasi maksimum tulangan pada kolom adalah sebagai berikut:

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- $\leq 8 \times \emptyset$ tulangan longitudinal terkecil
- $\leq 24 \times \emptyset$ sengkang ikat
- $\leq 300\text{mm}$

Panjang l_0 tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini :

- $1/6 \times$ tinggi bersih kolom
- Dimensi terbesar penampang kolom
- 500 mm
- Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_0$ dari muka hubungan balok-kolom. (S_0 adalah spasi maksimum tulangan transversal)
- Spasi sengkang ikat pada sembarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_0$

3.6.3 Penulangan Struktur Pondasi

Sebelum melakukan perhitungan penulangan pondasi, perhitungan dimensi pada pondasi harus dihitung terlebih dahulu. Berikut langkah - langkahnya:

1. Mengetahui data – data perencanaan
2. Perhitungan daya dukung tanah

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT diperoleh nilai konus dan dalam perhitungannya menggunakan **Metode Meyerhoff**. Faktor keamanan $SF_1 = 3$. Daya dukung ultimate tiang (Q_u) adalah sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{AV} \times A_s}{5} \right)$$

Dan daya dukung ijin tiang adalah :

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung ultimate tiang (Ton)

Q_{ijin} = Daya dukung ijin tiang (Ton)

Q_p = Daya dukung ujung tiang (Ton)

Q_s = Daya dukung selimut tiang (Ton)

N = Nilai SPT pada ujung tiang (blow/feet, blow/m)

N_{AV} = Nilai rata - rata SPT sepanjang tiangn (blow/feet, blow/m) (1 feet = 0,3408 m)

A_p = Luas permukaan ujung tiang (m^2)

A_s = Luas selimut tiang (m^2)

SF = Angka keamanan ($SF=3$)

Cek persyaratan :

$$Q_{ijin} < Q_{bahan}$$

3. Perencanaan kebutuhan tiang pancang

Mengetahui gaya dalam aksial (gaya tekan) dari output program SAP, dengan kombinasi pembebanan yang telah di input sebelumnya dan kombinasi yang digunakan merupakan kombisai ijin ,yaitu :

- D
- D + L
- D + (Lr atau R)

- $D + 0.75L + 0.75(Lr \text{ atau } R)$
- $D + (0.6W \text{ atau } 0.7E)$
- $D + 0.75(0.6W \text{ atau } 0.7E) + 0.75L + 0.75(Lr \text{ atau } R)$
- $0.6D + 0.6W$
- $0.6D + 0.7E$

Kemudian diambil gaya aksial terbesar (P_{\max}) dari kombinasi – kombinasi pembebanan ijin diatas yang belum ditambahkan dengan berat sendiri poer, maka jumlah tiang pancang (n) :

$$n = \frac{P_{\max}}{ijin}$$

4. Perencanaan borpile

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (s) menurut buku karangan **Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2** disebutkan bahwa :

- ✓ Perhitungan jarak antar borpile (s) :
 $2,5 D \leq s \leq 3D$
- ✓ Perhitungan jarak borpile ke tepi poer (s') :
 $1,5D \leq s' \leq 2D$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan dimensi pada poer, panjang dan lebarnya.

5. Perencanaan kelompok tiang pancang perhitungan pile berdasarkan Efisiensi dengan metode AASHTO

- ✓ Efisiensi (η) = $1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$

$\theta = \arctg (D/S)$; dengan D adalah diameter tiang pancang dan S adalah jarak antar tiang pancang.

$$P_{\text{ijin tanah}} = (\eta) \times Q_{\text{ijin}}$$

$$P_{\text{ijin tanah total}} = \text{jumlah tiang} \times P_{\text{ijin tanah}}$$

✓ Gaya yang dipikul tiang

$$P \text{ satu TP} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\text{max}}}{\sum y^2}$$

✓ Kontrol tiang pancang

$$P_{\text{max}} \leq P_{\text{ijin}}$$

$$P_{\text{min}} \leq P_{\text{ijin}}$$

$$P_{\text{max}} \leq P_{\text{group tiang}}$$

Setelah itu dilakukan perencanaan pondasi pada struktur bangunan maka selanjutnya stuk Adapun langkahnya sebagai berikut :

1. Perencanaan Pile Cap (poer)

✓ Penulangan Lentur Poer

- Rencanakan ketinggian (h) poer

- Tentukan momen yang terjadi :

$$M_u = (P \cdot x) - (1/2 \cdot q \cdot l^2)$$

- Hitung Penulangan :

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$m = \frac{f_c}{f_y}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

✓ Penulangan Geser Poer

Untuk perencanaan poer, nilai V_c harus diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut:

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} b_o d}{6}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} b_o d}{12}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\phi V_c > V_u$$

2. Panjang penyaluran tulangan kolom

- a. Tulangan kondisi tarik berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.2

$$\frac{\lambda_d}{d_s} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5\sqrt{f_c'}} \geq 300\text{mm}$$

Tulangan lebih berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.5

$$\frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{pasang}}} \times \lambda_d$$

- b. Tulangan kondisi tekan berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.2

$$\lambda_d = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} \geq 0.04 \times d_b \times f_y$$

Tulangan lebih berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.5

$$\frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{pasang}}} \times \lambda_d$$

c. Tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2

$$\lambda_{hb} = \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}}$$

(untuk batang dengan f_y sama dengan 400 MPa)

3. Kontrol geser pons poer

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, dimana V_c diambil dari persamaan-persamaan berikut:

1. Geser satu arah pada poer

- Tentukan beban poer $q_t = \frac{P}{\text{LuasPoyer}}$

- Menentukan luasan tributary akibat geser satu arah

- Kontrol "d" (tebal poer) berdasarkan gaya geser satu arah

- $\sigma_u = \frac{\sum P}{A}$

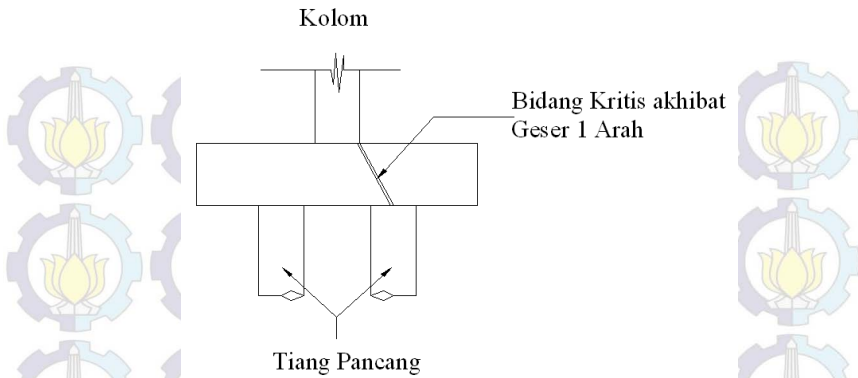
- $V_u = \sigma_u \times (\text{luas total poer} - \text{luas pons})$

- Kontrol perlu tulangan geser

$\phi V_c > V_u$ (tidak perlu tulangan geser)

$\phi V_c < V_u$ (Perlu tulangan geser)

Jika $\phi V_c < V_u$ (perlu tulangan geser), maka dimensi poer diperbesar



Gambar 3. 9 Bidang kritis akibat geser 1 arah

2. Geser dua arah pada poer

- Kontrol kemampuan beton :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Dimana :

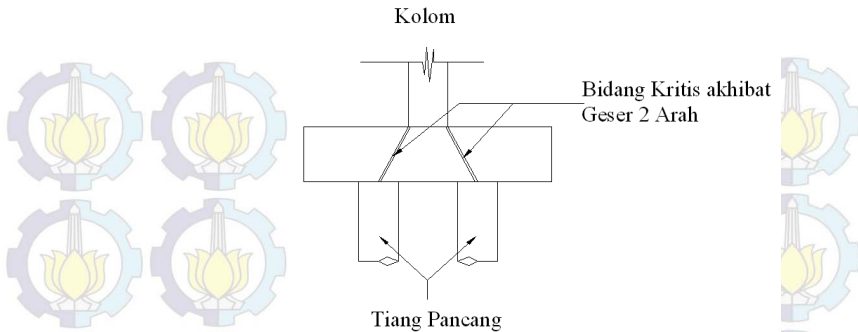
β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_o = keliling dari penampang kritis

$$b_o = 4(0,5d + b \text{ kolom} + 0,5d)$$

$$V_c = \left[\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$



Gambar 3.10 Bidang kritis akhibat geser 2 arah

3.7 Gambar Perencanaan

a. Gambar arsitektur, terdiri dari :

- ✓ Gambar denah
- ✓ Gambar tampak

b. Gambar struktural, terdiri dari :

✓ Gambar potongan :

- Memanjang
- Melintang

✓ Gambar denah :

- Sloof
- Pondasi
- Plat
- Balok
- Kolom

✓ Gambar penulangan :

- Sloof
- Pondasi
- Plat
- Balok

-

- Kolom

- Tangga

✓ Gambar detail :

Gambar detail panjang penyaluran, meliputi:

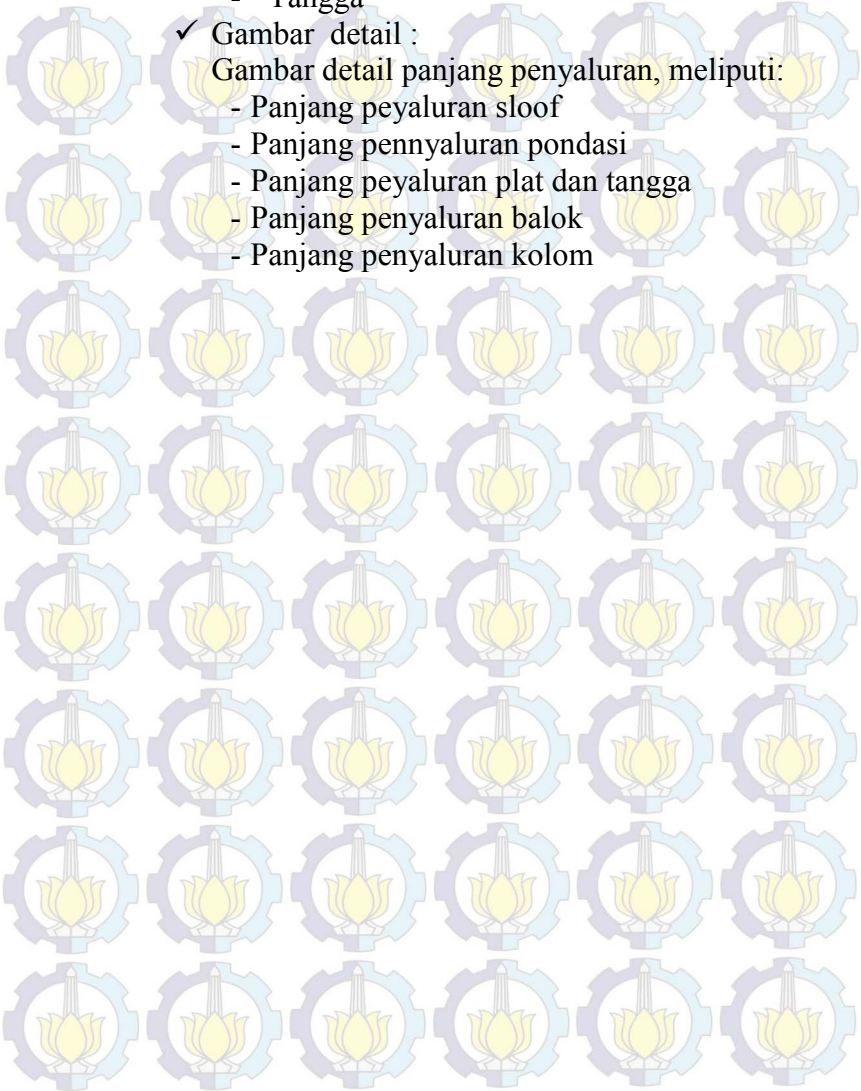
- Panjang peyaluran sloof

- Panjang penyaluran pondasi

- Panjang peyaluran plat dan tangga

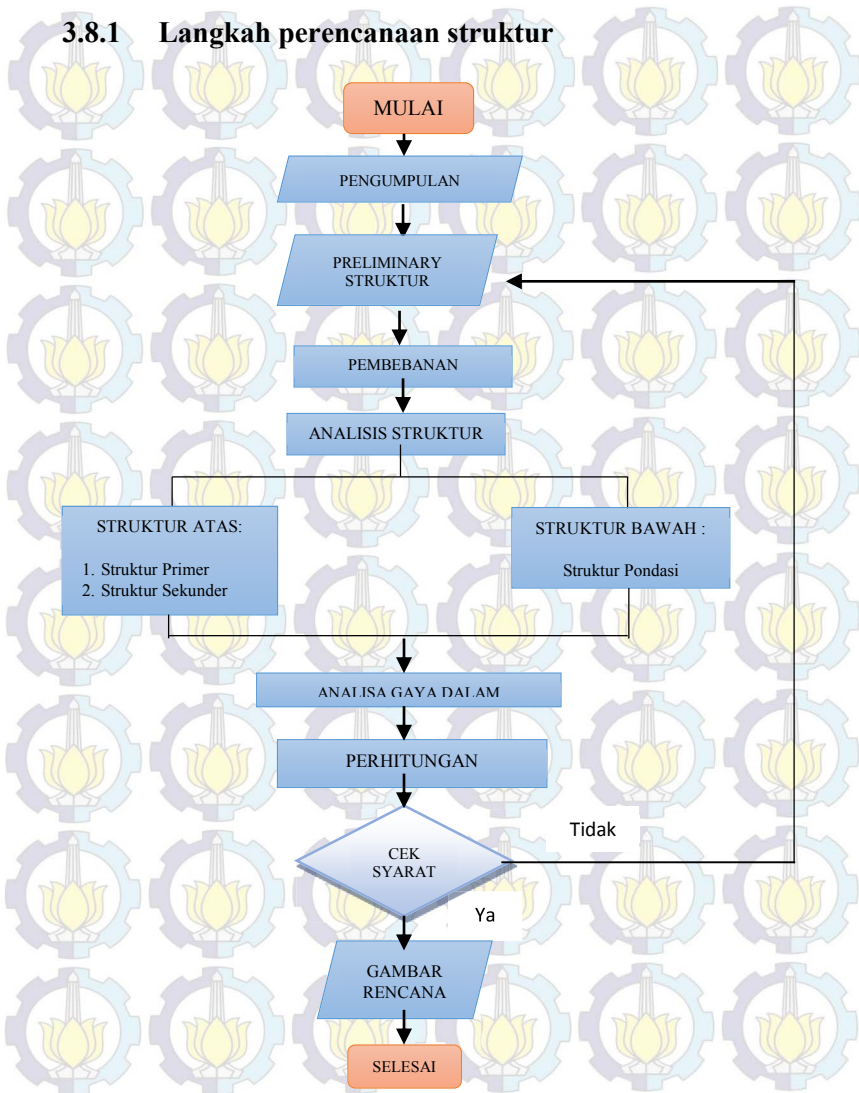
- Panjang penyaluran balok

- Panjang penyaluran kolom



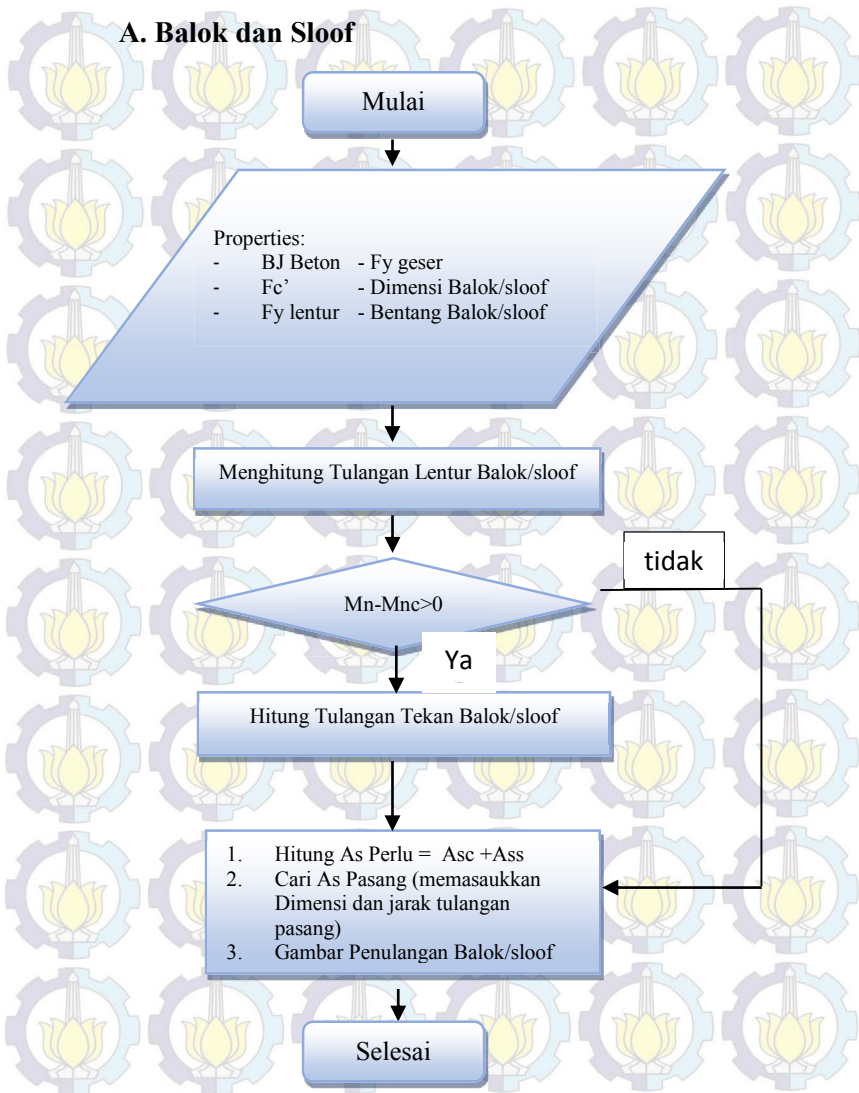
3.8 Flow Chart

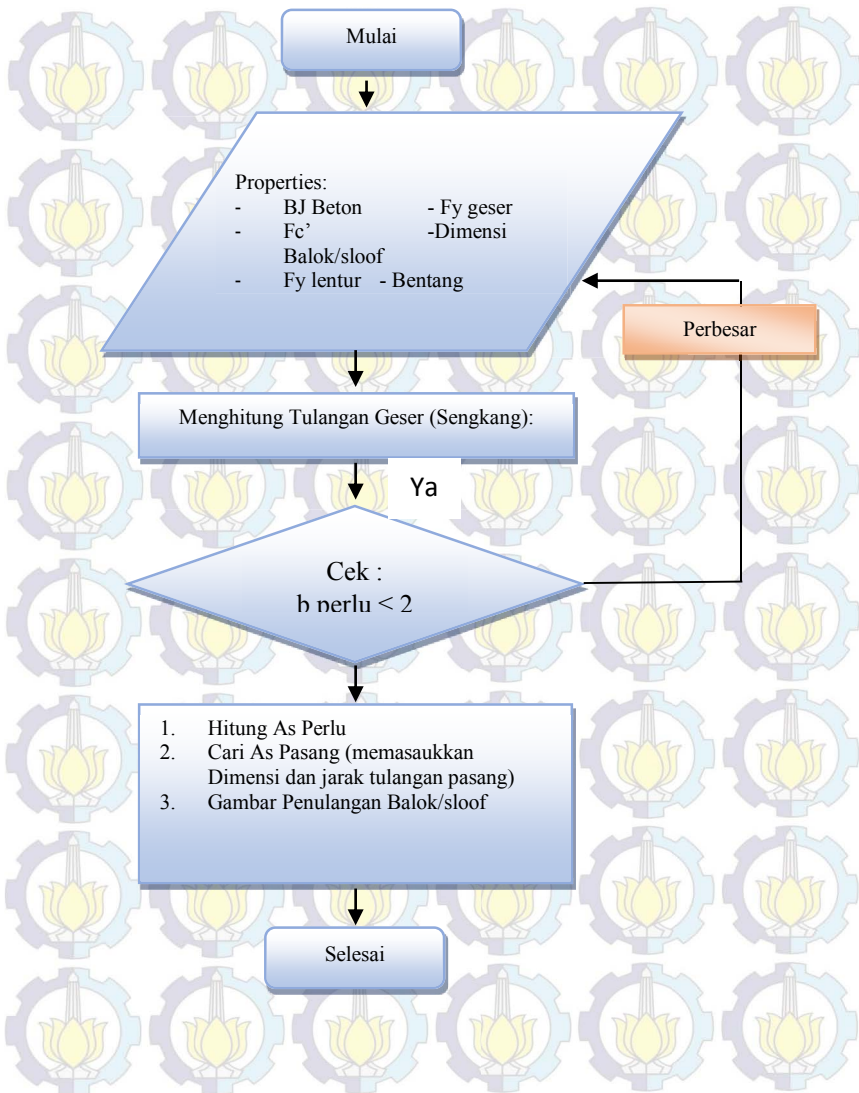
3.8.1 Langkah perencanaan struktur

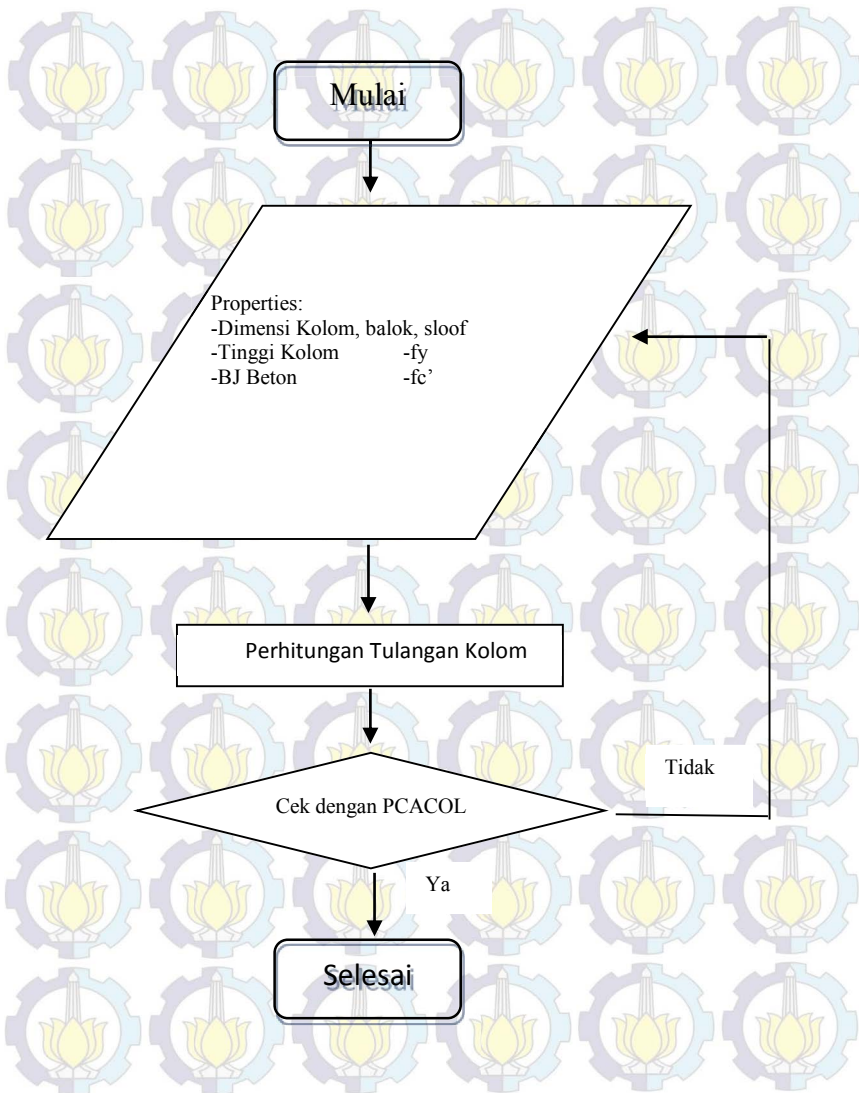


3.8.2 Langkah komponen struktur primer

A. Balok dan Sloof

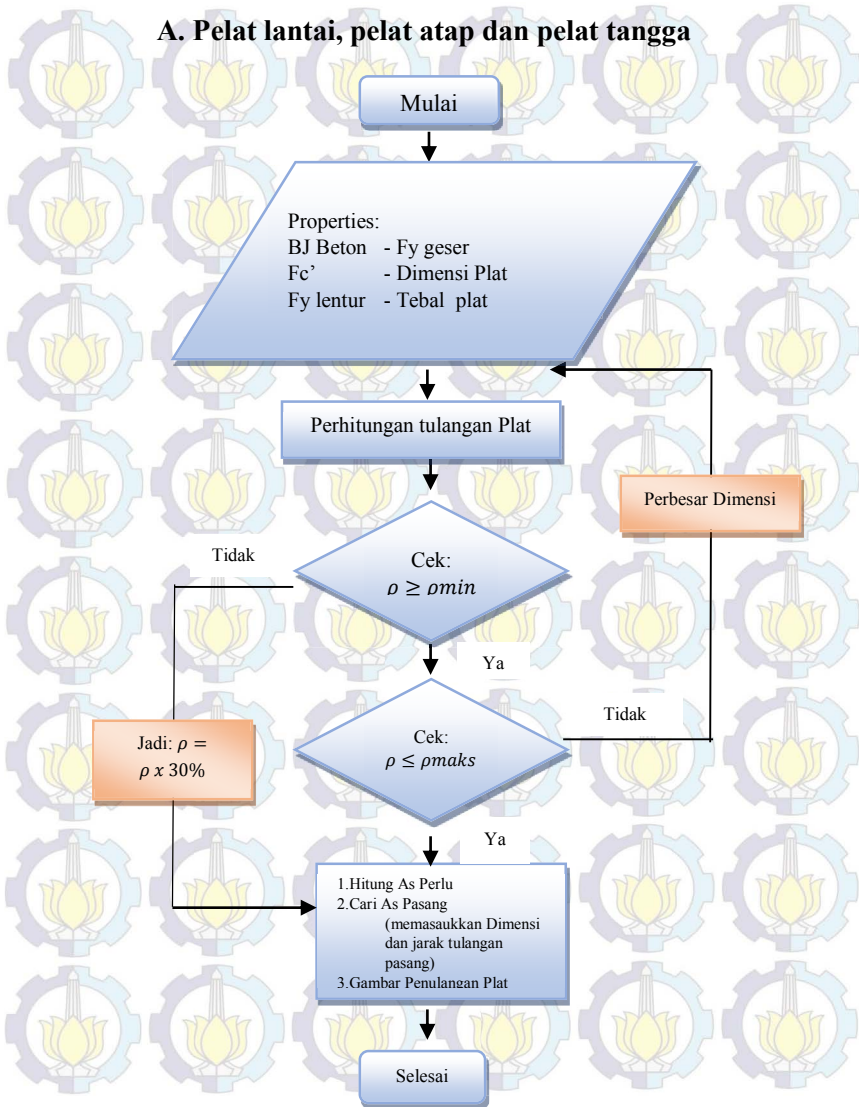




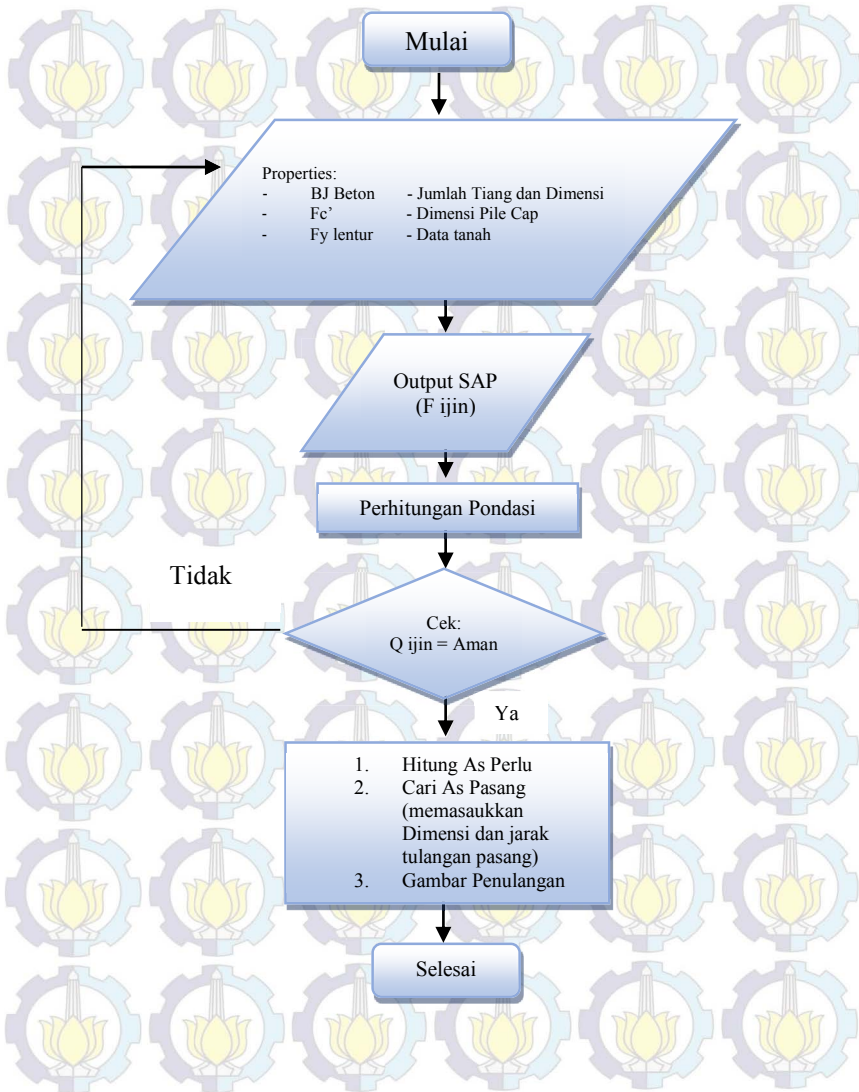
B. Kolom

3.8.3 Langkahah komponen struktur sekunder

A. Pelat lantai, pelat atap dan pelat tangga



3.8.4 Langkah komponen struktur pondasi



BAB IV ANALISIS DAN PERENCANAAN

Bab ini akan menjelaskan analisa dan pembahasan dari perhitungan perencana sesuai dengan metodologi pada bab 3.

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

Dalam merencanakan struktur bangunan gedung, langkah awal yang perlu diketahui adalah menentukan dimensi struktur-struktur utama yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Penentuan tinggi balok min (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pada Tabel 9.5 (a) persyaratan beton structural dimana bila persyaratan telah terpenuhi maka tidak perlu dikontrol terhadap lendutan

1. Dua tumpuan sederhana :

$$h_{\min} = \frac{1}{12} \times Lb$$

2. Dua tumpuan menerus :

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times Lb$$

3. Kantilever atau Balok konsol :

$$h_{\min} = \frac{1}{8} \times Lb$$

Adapun data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan, hasil gambar perencanaan dimensi balok dalam perencanaan struktur gedung *Restaurant Pakuwon Square* adalah sebagai berikut :

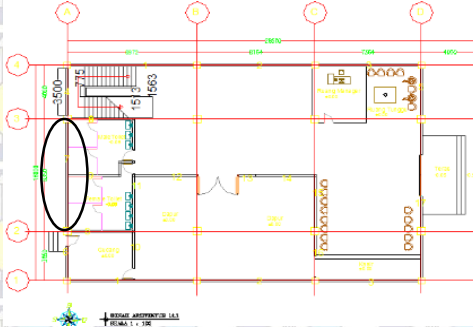
A. Balok Induk

1. Balok Induk Melintang

a. Data Perencanaan

- Tipe balok = B2
- As balok = A(2-3)
- Bentang balok = 8350 mm
- Kuat leleh tul.lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.1 Denah Arsitektur Lantai 2

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + \frac{f_y}{700})$

Tinggi balok :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 835 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 67,6 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

Lebar Balok :

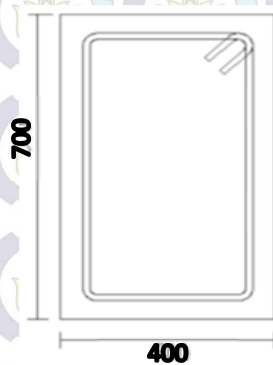
$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 67,6 \text{ cm}$$

$$= 45,1 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok induk melintang (B2) dengan ukuran 40/70

d. Gambar Perencanaan Balok B2 adalah



Gambar 4.2 Dimensi penampang balok induk B2

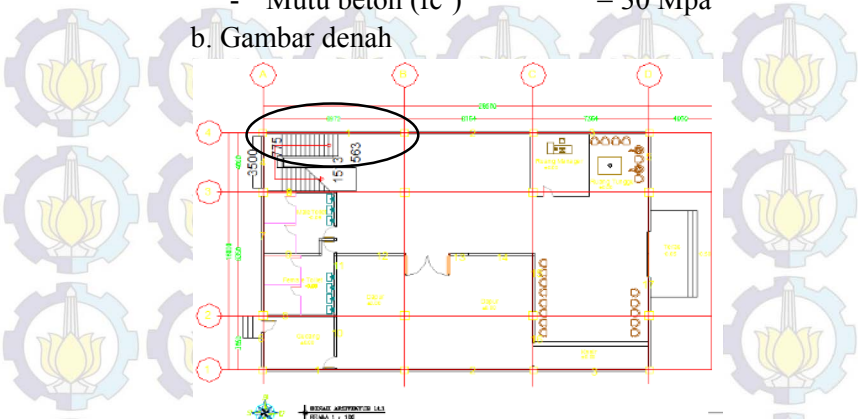
2. Balok Induk Memanjang

a. Data Perencanaan

- Tipe balok = B3
- As balok = 4 (A-B)
- Bentang balok = 8972 mm

- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.3 Denah Arsitektur Lantai 2

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi balok :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 897,2 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 72,6 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$$

Lebar Balok :

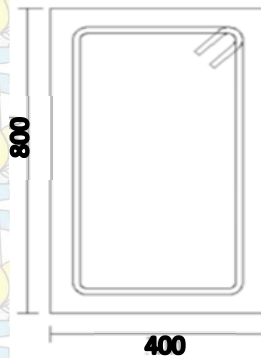
$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 72,6 \text{ cm}$$

$$= 48,4 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok induk melintang (B3) dengan ukuran 40/80

d. Gambar Perencanaan Balok B3 adalah



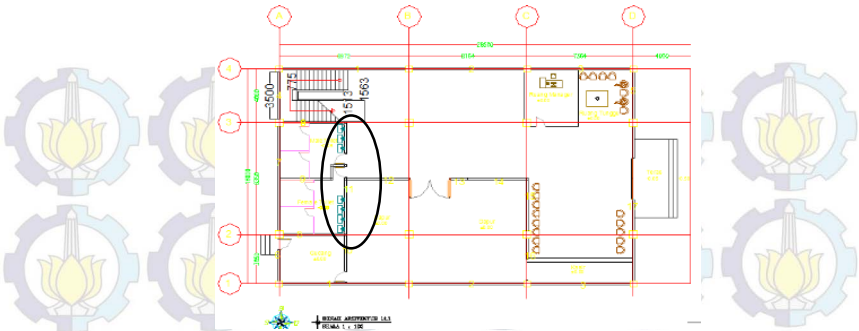
Gambar 4 Dimensi penampang balok induk B3

B. Balok Anak**1. Balok Anak Melintang**

a. Data Perencanaan

- Tipe balok = BA2
- As balok = A' (2-3)
- Bentang balok = 8350 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.5 Denah Arsitektur Lantai 2

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi balok :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 835 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 50,7 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

Lebar Balok :

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 50,7 \text{ cm}$$

$$= 33,8 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok anak melintang (BA3) dengan ukuran 40/55

d. Gambar Perencanaan Balok BA2 adalah



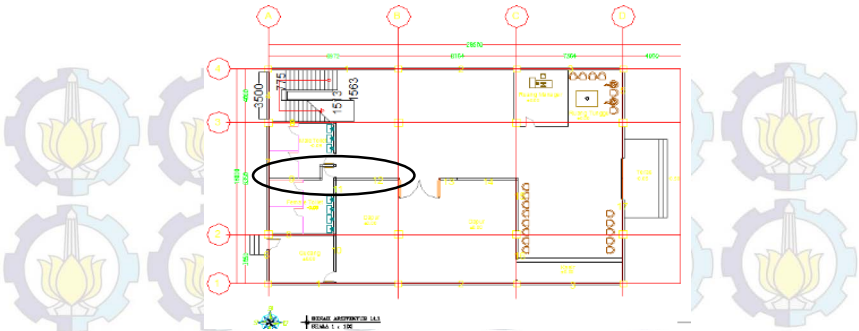
Gambar 4.6 Dimensi penampang balok anak BA2

2. Balok Anak Memanjang

a. Data Perencanaan

- Tipe balok = BA3
- As balok = 2' (A-B)
- Bentang balok = 8972 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.7 Denah Arsitektur Lantai 2

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi balok :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 897,2 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 54,5 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

Lebar Balok :

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 54,5 \text{ cm}$$

$$= 36,3 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok anak melintang (BA3) dengan ukuran 40/55

d. Gambar Perencanaan Balok BA3 adalah



Gambar 4.8 Dimensi penampang balok anak BA3

4.1.2 Perencanaan Dimensi Sloof

Penentuan tinggi balok min (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pada Tabel 9.5 (a) persyaratan beton structural dimana bila persyaratan telah terpenuhi maka tidak perlu dikontrol terhadap lendutan

1. Dua tumpuan sederhana :

$$h_{\min} = \frac{1}{12} \times Lb$$

2. Dua tumpuan menerus :

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times Lb$$

3. Kantilever atau Balok konsol :

$$h_{\min} = \frac{1}{8} \times Lb$$

Adapun data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan, hasil gambar perencanaan dimensi balok dalam perencanaan struktur gedung Restaurant Pakuwon Square adalah sebagai berikut :

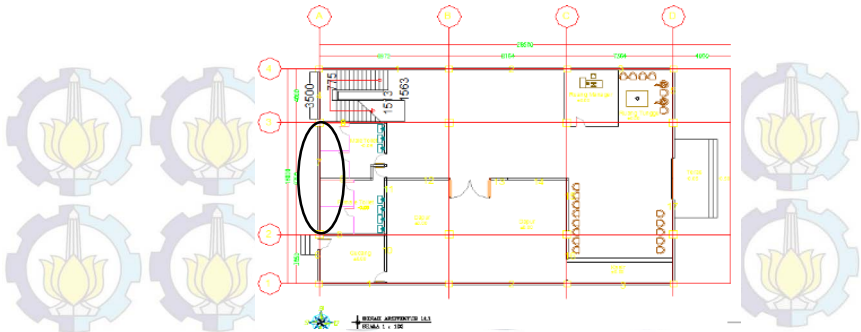
A. Sloof Induk

1. Sloof Induk Melintang

a. Data Perencanaan

- Tipe Sloof = S2
- As Sloof = A(2-3)
- Bentang Sloof = 8350 Mmm
- Kuat leleh tul.lentur (f_y) = 400Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.9 Denah Arsitektur Lantai 1

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi Sloof :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 835 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 67,6 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Lebar Sloof :

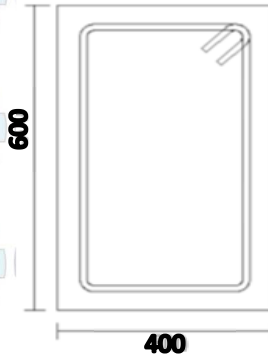
$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 67,7 \text{ cm}$$

$$= 45,1 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan sloof induk melintang (S2) dengan ukuran 40/60

d. Gambar Perencanaan Sloof S2 adalah



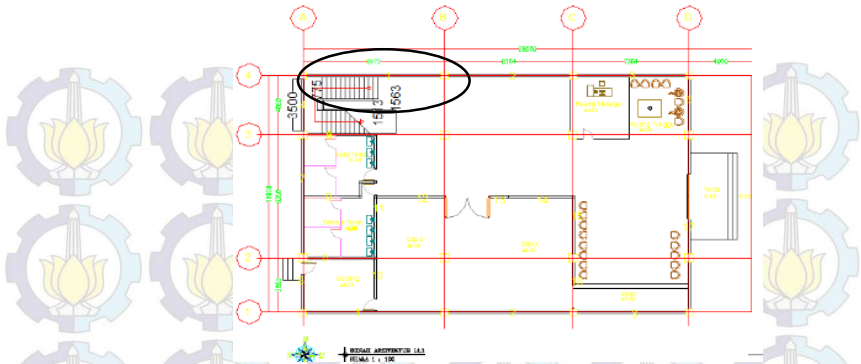
Gambar 4.10 Dimensi penampang sloof induk S2

2. Sloof Induk Memanjang

a. Data Perencanaan

- Tipe Sloof = S3
- As Sloof = 4 (A-B)
- Bentang Sloof = 8972 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.11 Denah Arsitektur Lantai 1

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi Sloof :

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 897,2 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 72,6 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$$

Lebar Sloof :

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{2}{3} \times h \\
 &= \frac{2}{3} \times 72,6 \text{ cm} \\
 &= 48,4 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan sloof induk melintang (S3) dengan ukuran 45/65

d. Gambar Perencanaan Sloof S3 adalah



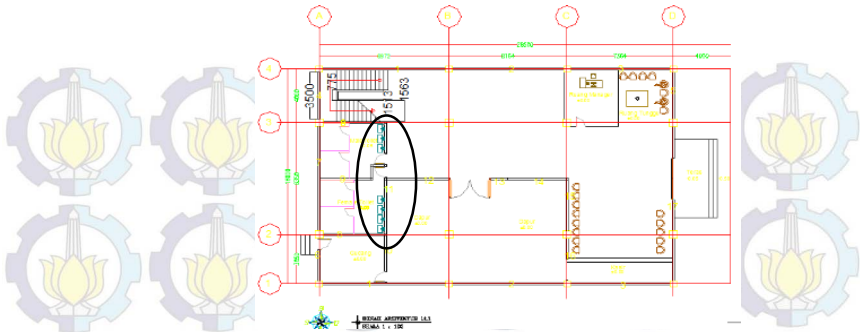
Gambar 4.12 Dimensi penampang sloof induk S3

B. Sloof Anak**1. Sloof Anak Melintang**

a. Data Perencanaan

- Tipe Sloof = SA2
- As Sloof = A' (2-3)
- Bentang Sloof = 8350 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.13 Denah Arsitektur Lantai 1

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi Sloof :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 835 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 54,5 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Lebar Sloof :

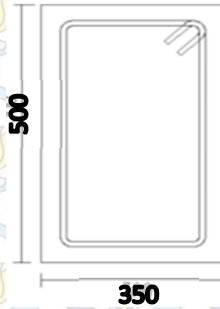
$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$= \frac{2}{3} \times 54,5 \text{ cm}$$

$$= 36,3 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan sloof anak melintang (SA2) dengan ukuran 35/50

d. Gambar Perencanaan Sloof SA2 adalah



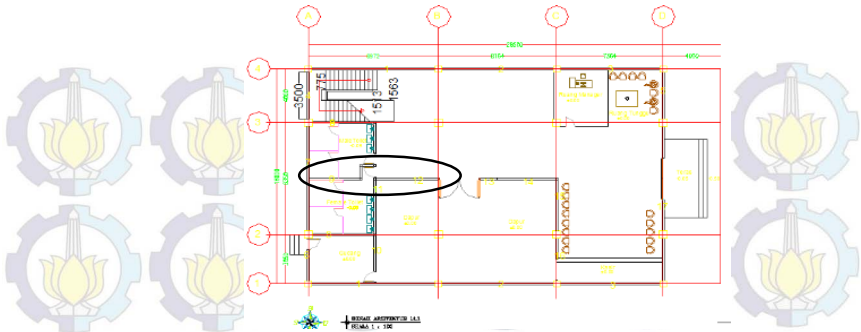
Gambar 4.14 Dimensi penampang sloof anak SA2

2. Sloof Anak Memanjang

a. Data Perencanaan

- Tipe Sloof = BA3
- As Sloof = 2' (A-B)
- Bentang Sloof = 8972 mm
- Kuat leleh tul. lentur (f_y) = 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

b. Gambar denah



Gambar 4.15 Denah Arsitektur Lantai 1

c. Perhitungan perencanaan

- Dengan ketentuan pada SNI 2847 : 2013 Table 9.5 (a)
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{L}{12}$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 420 Mpa, Hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Tinggi Sloof :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 897,2 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h \geq 54,5 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Lebar Sloof :

$$b = \frac{2}{3} \times h$$
$$= \frac{2}{3} \times 54,5 \text{ cm}$$

$$= 36,3 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan sloof induk melintang (SA3) dengan ukuran 35/50

d. Gambar Perencanaan Sloof SA3 adalah



Gambar 4.16 Dimensi penampang sloof anak SA3

4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Data-data perencanaan gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan, hasil gambar perencanaan awal struktur gedung *Restaurant Pakuwon Square* Surabaya.

A. Kolom Lantai 1

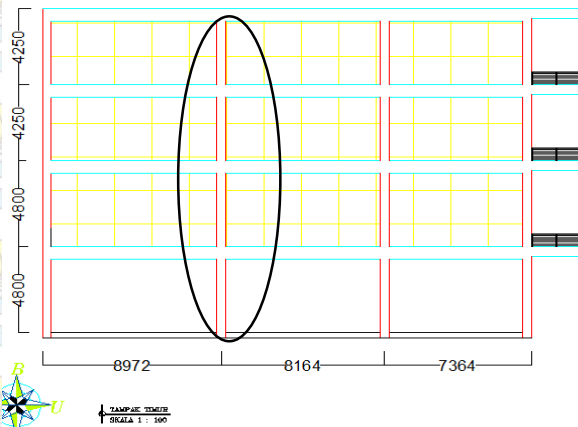
a. Data perencanaan

- Tipe Sloof = K1

Menentukan dimensi kolom

- Tinggi Kolom (H_{Kolom}) = 480 cm
- Bentang Balok (L_{Balok}) = 897,2 cm
- Lebar Balok (b_{Balok}) = 40 cm
- Tinggi Balok (h_{Balok}) = 80 cm

b. Gambar denah



Gambar 4.17 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4

c. Ketentuan perencanaan

Dimensi Kolom ditentukan berdasarkan ketentuan dalam bangunan SRPMM yaitu dengan kolom kuat balok lemah

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

Dimana $h=b$

Menentukan Dimensi Kolom

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{H \text{ kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L \text{ balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{480 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 40 \text{ cm} \cdot (80 \text{ cm}^3)}{897,2 \text{ cm}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{480 \text{ cm}} \geq 1902,21 \text{ cm}^3$$

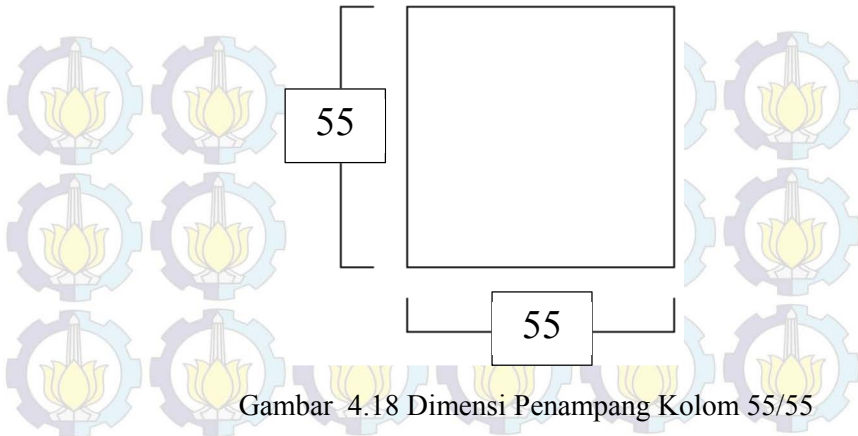
$$h^4 \geq 1902,21 \text{ cm}^3 \cdot 480 \text{ cm} \cdot 12$$

$$h^4 \geq 10956754,35 \text{ cm}^4$$

$$h \geq 57,5 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom Lantai 1 (K1) dengan ukuran 55/55

e. Gambar Perencanaan Kolom (K1)



Gambar 4.18 Dimensi Penampang Kolom 55/55

B. Kolom Lantai 2-3

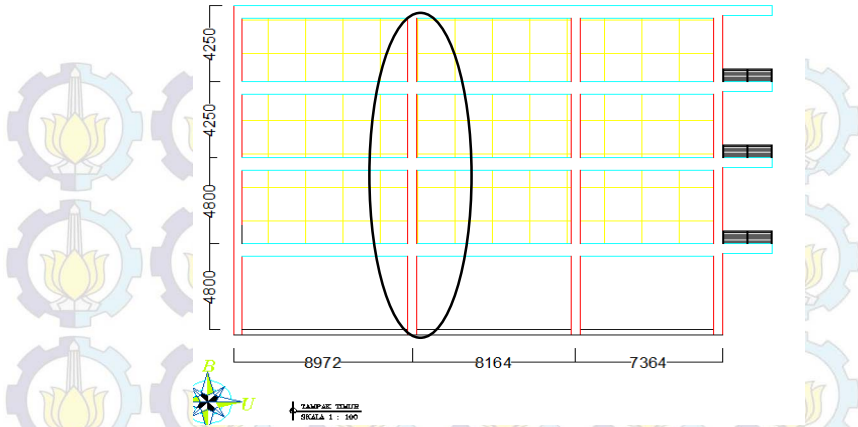
a. Data perencanaan

- Tipe Sloof = K2

Menentukan dimensi kolom

- Tinggi Kolom (H_{Kolom}) = 425 cm
- Bentang Balok (L_{Balok}) = 897,2 cm
- Lebar Balok (b_{Balok}) = 40 cm
- Tinggi Balok (h_{Balok}) = 80 cm

b. Gambar denah



Gambar 4.19 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4

c. Ketentuan perencanaan

Dimensi Kolom ditentukan berdasarkan ketentuan dalam bangunan SRPMM yaitu dengan kolom kuat balok lemah

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

Dimana $h=b$

Menentukan Dimensi Kolom

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{H \text{ kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L \text{ balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{425 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 40 \text{ cm} \cdot (80 \text{ cm}^3)}{897,2 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \geq 1902,21 \text{ cm}^3$$

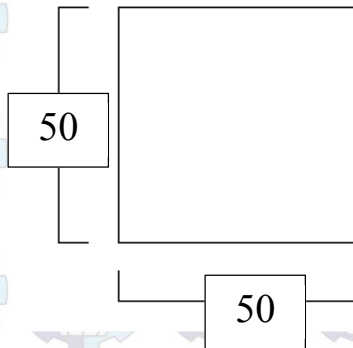
$$h^4 \geq 1902,21 \text{ cm}^3 \cdot 480 \text{ cm} \cdot 12$$

$$h^4 \geq 9701271 \text{ cm}^4$$

$$h \geq 55,8 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom Lantai 2-3 (K2) dengan ukuran 50/50

e. Gambar Perencanaan Kolom (K2)



Gambar 4.20 Dimensi Penampang Kolom 50/50

C. Kolom Lantai 4

a. Data perencanaan

- Tipe Sloof = K3

Menentukan dimensi kolom

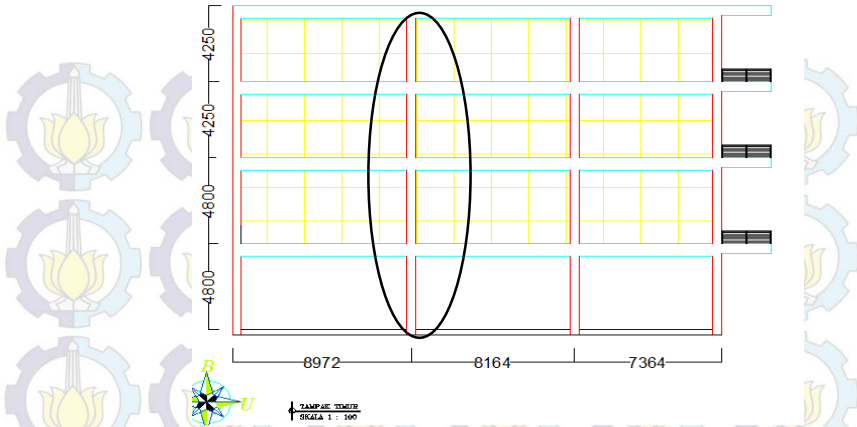
- Tinggi Kolom (H_{Kolom}) = 425 cm

- Bentang Balok (L_{Balok}) = 897,2 cm

- Lebar Balok (b_{Balok}) = 40 cm

- Tinggi Balok (h_{Balok}) = 80 cm

b. Gambar denah



Gambar 4.21 Denah Arsitektur Kolom Lantai 1-4

c. Ketentuan perencanaan

Dimensi Kolom ditentukan berdasarkan ketentuan dalam bangunan SRPMM yaitu dengan kolom kuat balok lemah

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

$$\frac{I \text{ kolom}}{L \text{ kolom}} \geq \frac{I \text{ balok}}{L \text{ balok}}$$

Dimana $h=b$

Menentukan Dimensi Kolom

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{H \text{ kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L \text{ balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{425 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 40 \text{ cm} \cdot (80 \text{ cm}^3)}{897,2 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \geq 1902,21 \text{ cm}^3$$

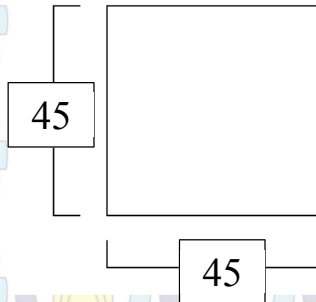
$$h^4 \geq 1902,21 \text{ cm}^3 \cdot 480 \text{ cm} \cdot 12$$

$$h^4 \geq 9701271 \text{ cm}^4$$

$$h \geq 55,8 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi Kolom Lantai 4 (K3) dengan ukuran 45/45

e. Gambar Perencanaan Kolom (K3)



Gambar 4.22 Dimensi Penampang Kolom 45/45

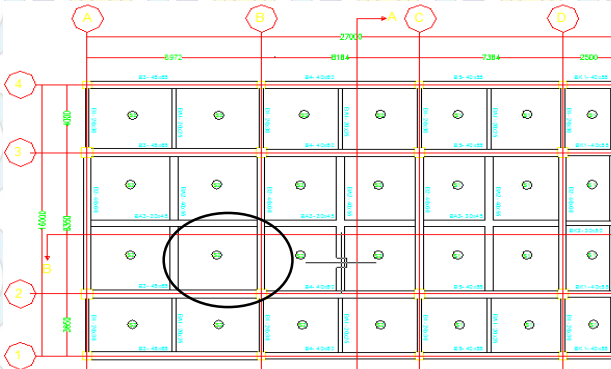
4.1.4 Perencanaan Tebal Pelat

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi pelat Lantai 1 tipe B adalah sebagai berikut :

a. Data Perencanaan

- Tipe Pelat : B
- Kuat Tekan Beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat Leleh Tulangan Lentur (f_y) : 400 Mpa
- Rencana Tebal Pelat : 120 cm
- Bentang Pelat Sumbu Panjang (L_y) : 448,6 cm
- Bentang Pelat Sumbu Pendek (S_x) : 417,5 cm
- Balok 1 as 2 (A'-B) : 40/80 cm
- Balok 2 as B (2-2') : 40/70 cm
- Balok 3 as 2' (A'-B) : 40/55 cm
- Balok 4 as A' (2-2') : 40/55 cm

b. Gambar Denah



Gambar 4.23 Denah Struktur Balok Lantai 2

c. Perhitungan Perencanaan

- Bentang Bersih pelat Sumbu Panjang :

$$\begin{aligned} L_n &= L_y - \left(\frac{b_{\text{balok 2}}}{2} + \frac{b_{\text{balok 4}}}{2} \right) \\ &= 448,6 \text{ cm} - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) \\ &= 408,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Bentang Bersih Pelat Sumbu Pendek

$$\begin{aligned} S_n &= S_x - \left(\frac{b_{\text{balok 1}}}{2} + \frac{b_{\text{balok 3}}}{2} \right) \\ &= 417,5 \text{ cm} - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) \\ &= 377,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \beta &= \frac{L_n}{S_n} \\ &= \frac{406,1 \text{ cm}}{372,5 \text{ cm}} \\ &= 1,090 \end{aligned}$$

1. Balok as A' joint 2-2'

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada pasal 15.2.4 menentukan lebar efektif sayap untuk balok L adalah $be = bw + 2hw \leq bw + 8hf$

$$\begin{aligned} \checkmark be &= bw + 2hw \\ &= 40 \text{ cm} + 2(55 \text{ cm} - 12 \text{ cm}) \\ &= 126 \text{ cm} \\ \checkmark be &= bw + 8hf \\ &= 40 \text{ cm} + 8(12 \text{ cm}) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipilih nilai terkecil $be = 126 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

Momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan K

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$= \frac{1 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)}$$

$$= 1,608$$

- Momen inersia penampang T :

$$\checkmark I_b = K \cdot \frac{bw \cdot h^3}{12}$$

$$= 1,608 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (55 \text{ cm})^3}{12}$$

$$= 891770 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$\checkmark I_p = \frac{bp \cdot t^3}{12}$$

$$= \frac{\{0,5 \cdot (448,6 \text{ cm} + 448,6 \text{ cm})\} \cdot 12^3}{12}$$

$$= 64598,4 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$= \frac{891770 \text{ cm}^4}{64598,4 \text{ cm}^4}$$

$$= 13,80$$

2. Balok as B joint 2-2'

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada pasal 15.2.4 menentukan lebar efektif sayap untuk balok L adalah $be = bw + 2hw \leq bw + 8hf$

$$\begin{aligned} \checkmark be &= bw + 2hw \\ &= 40 \text{ cm} + 2(70 \text{ cm} - 12 \text{ cm}) \\ &= 156 \text{ cm} \\ \checkmark be &= bw + 8hf \\ &= 40 \text{ cm} + 8(12 \text{ cm}) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipilih nilai terkecil $be = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

Momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan K

$$\begin{aligned} K &= \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} \\ &= \frac{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{70 \text{ cm}}\right)} \\ &= 1,612 \end{aligned}$$

- Momen inersia penampang T :

$$\begin{aligned} \checkmark I_b &= K \cdot \frac{bw \cdot h^3}{12} \\ &= 1,612 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (70 \text{ cm})^3}{12} \\ &= 1843053,33 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$\begin{aligned} \checkmark I_p &= \frac{bp \cdot t^3}{12} \\ &= \frac{\{0,5 \cdot (365 \text{ cm} + 417,5 \text{ cm})\} \cdot 12^3}{12} \\ &= 56340 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \frac{I_b}{I_p} \\ &= \frac{1843053,33 \text{ cm}^4}{56340 \text{ cm}^4} \\ &= 32,71 \end{aligned}$$

3. Balok as 2' joint A'-B

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada pasal 15.2.4 menentukan lebar efektif sayap untuk balok L adalah $be = bw + 2hw \leq bw + 8hf$

$$\begin{aligned} \checkmark be &= bw + 2hw \\ &= 40 \text{ cm} + 2(55 \text{ cm} - 12 \text{ cm}) \\ &= 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark be &= bw + 8hf \\ &= 40 \text{ cm} + 8(12 \text{ cm}) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipilih nilai terkecil $be = 126 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

Momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan K

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$= \frac{1 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{55 \text{ cm}}\right)}$$

$$= 1,608$$

- Momen inersia penampang T :

$$\checkmark I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$= 1,608 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (55 \text{ cm})^3}{12}$$

$$= 891770 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$\checkmark I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$= \frac{\{0,5 \cdot (408,2 \text{ cm} + 417,5 \text{ cm})\} \cdot 12^3}{12}$$

$$= 59450,4 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$= \frac{891770 \text{ cm}^4}{59450,4 \text{ cm}^4}$$

$$= 15,00$$

4. Balok as 2 joint A'-B

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada pasal 15.2.4 menentukan lebar efektif sayap untuk balok L adalah $be = bw + 2 hw \leq bw + 8hf$

$$\checkmark be = bw + 2hw$$

$$= 40 \text{ cm} + 2(80 \text{ cm} - 12 \text{ cm})$$

$$= 176 \text{ cm}$$

$$\checkmark be = bw + 8hf$$

$$= 40 \text{ cm} + 8(12 \text{ cm})$$

$$= 136 \text{ cm}$$

Dipilih nilai terkecil $be = 136 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

Momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang dimodifikasi dengan K

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$= \frac{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \left(\frac{12 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}\right)}$$

$$= 1,582$$

- Momen inersia penampang T :

$$\checkmark I_b = K \cdot \frac{bw \cdot h^3}{12}$$

$$= 1,582 \cdot \frac{40 \text{ cm} \cdot (80 \text{ cm})^3}{12}$$

$$= 2699946.667 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$\checkmark I_p = \frac{bp \cdot t^3}{12}$$

$$= \frac{\{0,5 \cdot (417,5 \text{ cm} + 408,2 \text{ cm})\} \cdot 12^3}{12}$$

$$= 59450,4 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$= \frac{2699946.667 \text{ cm}^4}{59450,4 \text{ cm}^4}$$

$$= 45.42 > 2 \text{ (Jepit Penuh)}$$

Dari keempat balok diatas didapatkan rata-rata :

$$\begin{aligned}\alpha_m &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \\ &= \frac{13,80 + 32,71 + 15,00 + 45,42}{4} \\ &= 26,73\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 11.5 Karena $\alpha_m > 2$, maka ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang

$$\text{dari } h = \frac{L_n \left(0,80 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} > 90 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}h &= \frac{4486 \text{ mm} \times \left(0,80 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + (9 \cdot 1,090)} > 90 \text{ mm} \\ &= 104,45 \text{ mm} > 90 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan dimensi tebal pelat lantai yang digunakan adalah 120 mm = 12 cm

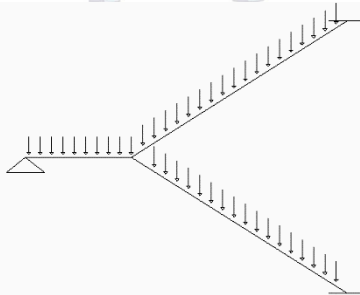
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir perencanaan dimensi tangga adalah sebagai berikut :

a. Data Perencanaan

- Mutu Beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa
- Panjang Bordes = 4 meter
- Panjang Tangga = 4 meter
- Lebar Tangga = 4,474 meter
- Tebal Pelat Bordes = 12 cm
- Diameter tulangan lentur = 16 mm
- Tebal Selimut Beton = 20 mm
- Lebar Injakan (i) = 30 cm
- Tinggi Injakan (t) = 17 cm

b. Gambar Denah



Gambar 4.24 Pemodelan struktur tangga

c. Perhitungan dimensi

- Syarat Perencanaan :

$$60 \leq 2 \cdot t + i \leq 65$$

Lebar injakan (i) diambil = 30 cm

Tinggi tanjakan diambil = 17 cm

$$60 \leq 2 \cdot t + i \leq 65$$

$$60 \leq 2 \cdot 20 + 30 \leq 65$$

- Panjang Miring anak tangga (c) = $\sqrt{i^2 + t^2}$

$$= \sqrt{30^2 + 17^2}$$

$$= 34,48 \text{ cm}$$

- Jumlah Tanjakan (ni) = $nt - 1$

$$= 22 - 1$$

$$= 21 \text{ tanjakan}$$

- Panjang Miring Tangga (b)

$$= \sqrt{(\text{tinggi bordes})^2 + (l. \text{tangga} - l. \text{bordes})^2}$$

$$= \sqrt{(265)^2 + (447,4 - 120)^2}$$

$$= 419,11 \text{ cm} \approx 420 \text{ cm}$$

- Sudut Kemiringan Tangga (α) = $\text{arc tan } \frac{200}{300}$

$$= 33,69^\circ$$

Syarat Kemiringan Tangga $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ jadi $25^\circ \leq 33,69^\circ \leq 40^\circ$

- Tebal Efektif Plat Tangga, $\text{Cos } \alpha = \frac{m}{17}$
 $\text{Cos } 33,69^\circ = \frac{m}{17}$
 $m = 14,14$

- Rata-rata $= \frac{m}{2} = \frac{14,14}{2} = 7,07$

- Tebal efektif $= 120 + 7,07$
 $= 127,07 \approx 150 \text{ cm}$

Dari perhitungan diatas, didapat dimensi tebal efektif tangga yaitu 15 cm

4.2 Perencanaan Pembebanan

4.2.1 Pembebanan Pelat

Pembebanan yang ada pada komponen struktur pelat disesuaikan dengan fungsi bangunan, hal ini tercantum pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83).

A. Beban Mati Pelat

Beban mati sesuai PPIUG 1983 tabel 2.1 :

- Berat pelat (12 cm)	= 0.12 x 2400 = 288	kg/m ²
- Berat spesi (1,5cm)	= 1,5 x 21 = 31,5	kg/m ²
- Berat keramik (1cm)	= 1 x 24 = 24	kg/m ²
- Berat plafond dan pengantung	= 18	kg/m ²
- Pemipaan air	= 25	kg/m ²
- Instalasi listrik, AC, dll	= 15	kg/m ² +
Beban Mati Total	= 401,5	kg/m²

B. Beban Hidup Pelat

Beban Hidup sesuai PPIUG 1983 tabel 3.1 :

- Beban hidup lantai <i>Restaurant</i>	= 250	kg/m ²
- Beban hidup lantai atap	= 100	kg/m ²

4.2.2 Pembebanan Tangga

Pembebanan yang ada pada komponen struktur Tangga disesuaikan dengan fungsi bangunan, hal ini tercantum pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83).

A. Beban Mati Tangga

Beban mati sesuai PPIUG 1983 tabel 2.1 :

- Berat pelat (15 cm) = $0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
- Berat Anak Tangga = $0,0707 \times 2400 = 169,68 \text{ kg/m}^2$
- Berat keramik (1cm) = $1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi (1cm) = $1 \times 21 = 21 \text{ kg/m}^2$
- Berat pegangan = 10 kg/m^2 +

Beban Mati Total = $224,68 \text{ kg/m}^2$

B. Beban Hidup Tangga

Beban Hidup sesuai PPIUG 1983 tabel 3.1 :

- Beban hidup tangga = 300 kg/m^2

4.2.3 Pembebanan Dinding

Pembebanan yang ada pada komponen struktur dinding disesuaikan dengan PPIUG 1983 tabel 3 sebesar 250 kg/m^2

A. Beban Dinding

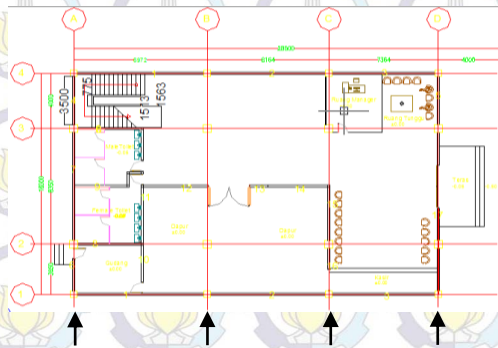
- Tinggi dinding tiap lantai
 - Lantai 1 (H1) = 4,8 m
 - Lantai 2 (H2) = 4,8 m
 - Lantai 3 (H3) = 4,25 m
 - Lantai 4 (H4) = 4,25 m

▪ Perhitungan

Untuk perhitungan pembebanan dinding disertakan dalam lampiran.

4.2.4 Perhitungan Beban Angin

Karena bangunan Restaurant ini terletak jauh dari tepi laut, maka tekanan tiup yang terjadi sebesar 25 kg/m^2 . Berikut ini adalah beban angin yang diterima oleh kolom :



Gambar 4.25 Denah Arsitektur Lantai 1-4

- Kolom As A-1 : $25 \text{ kg/m}^2 \times 4,486 \text{ m}$
: $112,15 \text{ kg/m}$
- Kolom As B-1 : $25 \text{ kg/m}^2 \times 8,568 \text{ m}$
: $214,2 \text{ kg/m}$
- Kolom As C-1 : $25 \text{ kg/m}^2 \times 7,764 \text{ m}$
: $194,1 \text{ kg/m}$
- Kolom As D-1 : $25 \text{ kg/m}^2 \times 3,682 \text{ m}$
: $92,05 \text{ kg/m}$

4.2.5 Perhitungan Beban Gempa

1. Tahanan Penetrasi standar rata-rata

Tabel 4.1 Tahanan Penetrasi Tanah

Jenis Tanah	di	Ni	di/Ni
Pasir Berlanau Abu-abu	5	49	0,102
Lempung Berpasir Abu-abu	5	36	0,139
Lempung Berlanau Abu-abu	20	33,7	0,593
TOTAL	30	116	0,834

$$\bar{N} = \frac{\sum_{t=1}^n di}{\sum_{t=1}^n \frac{di}{Ni}} = \frac{30}{0,834} = 35,96$$

2. Sesuai dengan tabel 2.2 klasifikasi situs, apabila $\bar{N} = 15$ sampai 50 maka tanah masuk ke dalam kelas situs SD (Tanah Sedang).
3. Lihat Gambar 8 Peta Hazard: Lokasi Surabaya untuk percepatan batuan dasar pada perioda pendek)

$$S_s = 0,4 \text{ g}$$
4. Lihat Gambar 9 Peta Hazard: Lokasi Surabaya untuk percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik)

$$S_1 = 0,15 \text{ g}$$
5. Lihat Tabel 2.5 Koefisien Fa (Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek)

$$F_a = 1,48$$
6. Lihat Tabel 2.6 Koefisien Fv (Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik)

$$F_v = 2,2$$
7. Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a * S_s \\ &= 1,48 * 0,4 \\ &= 0,592 \end{aligned}$$

8. Parameter spectrum respons percepatan pada periode 1 detik

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v * S_1 \\ &= 2,2 * 0,15 \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

9. Parameter percepatan spectral desain untuk perioda pendek

$$\begin{aligned} S_{DS} &= (2/3) * S_{MS} \\ &= (2/3) * 0,592 \\ &= 0,395 \end{aligned}$$

10. Parameter percepatan spectral desain untuk perioda 1 detik

$$\begin{aligned} S_{D1} &= (2/3) * S_{M1} \\ &= (2/3) * 0,33 \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

11. Pembuatan kurva spectrum respons desain

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 * (S_{D1} / S_{DS}) \\ &= 0,2 * (0,22 / 0,395) \\ &= 0,111 \end{aligned}$$

12. Pembuatan kurva spectrum respons desain

$$\begin{aligned} T_s &= S_{D1} / S_{DS} \\ &= 0,22 / 0,395 \\ &= 0,557 \end{aligned}$$

13. Periode Fundamental Pendekatan

- $C_t = 0,0466$
- $x = 0,9$
- $h_n = 18,1 \text{ m}$
- $T = C_t * (h_n^x)$

$$\begin{aligned} &= 0,0466 * (18,1^{0,9}) \\ &= 0,632 \end{aligned}$$

14. Buat tabel Spektrum Respon Desain

- a. Untuk Periode Yang Lebih Kecil T_0 , $S_a = SDS$
 ($0,4+0,6 T/T_0$)
 b. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0
 dan dari atau sama dengan T_s , $S_a = SDS$
 c. Untuk Periode Lebih besar dari T_s , $S_a = SD1/T$

Tabel 4.2 Spektrum Respon Desain

T (detik)	T (detik)	S_a (g)
0	0	0.158
T_0	0.111	0.395
T_s	0.557	0.395
$T_s+0,1$	0.657	0.335
$T_s+0,2$	0.757	0.290
$T_s+0,3$	0.857	0.257
$T_s+0,4$	0.957	0.230
$T_s+0,5$	1.057	0.208
$T_s+0,6$	1.157	0.190
$T_s+0,7$	1.257	0.175
$T_s+0,8$	1.357	0.162
$T_s+0,9$	1.457	0.151
$T_s+1,0$	1.557	0.141
$T_s+1,1$	1.657	0.133
$T_s+1,2$	1.757	0.125
$T_s+1,3$	1.857	0.118
$T_s+1,4$	1.957	0.112
$T_s+1,5$	2.057	0.107
$T_s+1,6$	2.157	0.102
$T_s+1,7$	2.257	0.097
$T_s+1,8$	2.357	0.093

Ts+1,9	2.457	0.090
Ts+2,0	2.557	0.086
Ts+2,1	2.657	0.083
Ts+2,2	2.757	0.080
Ts+2,3	2.857	0.077
Ts+2,4	2.957	0.074
Ts+2,5	3.057	0.072
Ts+2,6	3.157	0.070
Ts+2,7	3.257	0.068
Ts+2,8	3.357	0.066
Ts+2,9	3.457	0.064
Ts+3,0	3.557	0.062

15. Tinggi Bangunan

- $H_0 = 0$ m
- $H_1 = 4,8$ m
- $H_2 = 9,6$ m
- $H_3 = 13,85$ m
- $H_4 = 18,1$ m

16. Berat Bangunan

W	Jenis Beban	Ket.	Berat	Sat.	Total	Sat.
0	Mati	- Kolom	22118,4	Kg	55383,4	Kg
		- Dinding	16389,6	Kg		
		- Tangga	7640,5	Kg		
	Hidup	- Lantai	0	Kg		
		- Tangga	3474,9	Kg		
1	Mati	- Balok	132572,5	Kg		
		- Pelat	164737,9	Kg		
		- Kolom	46080,0	Kg		
		- Tangga	11057,4	Kg		
		- Dinding	6347,6	Kg		
	Hidup	- Lantai	102576,5	Kg		

		- Tangga	5127,3	Kg		
					468498,8	Kg
2	Mati	- Balok	132572,2	Kg		
		- Pelat	164737,9	Kg		
		- Kolom	43440,0	Kg		
		- Tangga	10936,4	Kg		
		- Dinding	5887,1	Kg		
	Hidup	- Lantai	102576,5	Kg		
		- Tangga	5026,5	Kg		
					465176,5	Kg
3	Mati	- Balok	132572,2	Kg		
		- Pelat	165023,9	Kg		
		- Kolom	36924,0	Kg		
		- Tangga	3494,7	Kg		
		- Dinding	5926,8	Kg		
	Hidup	- Lantai	102754,6	Kg		
		- Tangga	1574,1	Kg		
					448270,4	Kg
4	Mati	- Balok	132572,2	Kg		
		- Pelat	161568,0	Kg		
		- Kolom	16524,0	Kg		
	Hidup	- Lantai	108000,0	Kg		
					418664,2	Kg
Wt Total					1855993,2	Kg

17. Nilai percepatan respon spectra untuk gempa 500 tahun sebesar 0,395

18. Sesuai dengan Tabel 3.9 dan Table 3.10 Faktor Keutamaan Gempa (I_e) untuk bangunan *Restaurant* yakni sebesar 1,0

19. Nilai koefisien modifikasi respon (R) sesuai dengan tabel 3.11 sebesar 5

20. Gaya Geser Seismik (V)

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} \cdot I_e$$

Sehingga,

$$V = \frac{S_a \times I_e \times W_t}{R}$$

$$V = \frac{0.395 \times 1 \times 1855993,2 \text{ kg}}{5}$$

$$V = \frac{1464997,3 \text{ kg}}{5}$$

$$V = 292999,5 \text{ kg}$$

21. Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F)

Ket.	Wi	hi	Wi x hi	Fi
	(kg)	(m)	(kgm)	(kg)
0	55383,37	0	0	0
1	468498,76	4,8	491072,58	74527,42
2	465176,52	9,6	497835,57	75553,81
3	448270,38	13,85	485046,68	73612,91
4	418664,16	18,10	456663,33	69305,32
Σ	1855993,19		1930618,16	292999,46

$$F_0 = \frac{W_0 \times h_0}{\sum W_i \times h_i} \times V$$

$$F_0 = \frac{0}{1930618,16} \times 292999,46$$

$$F_0 = 0$$

$$\bullet F_1 = \frac{W_1 \times h_1}{\Sigma W_i \times h_i} \times V$$

$$F_1 = \frac{491072,58}{1930618,16} \times 292999,46$$

$$F_1 = 74527,42kg$$

$$\bullet F_2 = \frac{W_2 \times h_2}{\Sigma W_i \times h_i} \times V$$

$$F_2 = \frac{497835,57}{1930618,16} \times 292999,46$$

$$F_2 = 75553,81kg$$

$$\bullet F_3 = \frac{W_3 \times h_3}{\Sigma W_i \times h_i} \times V$$

$$F_3 = \frac{485046,68}{1930618,16} \times 292999,46$$

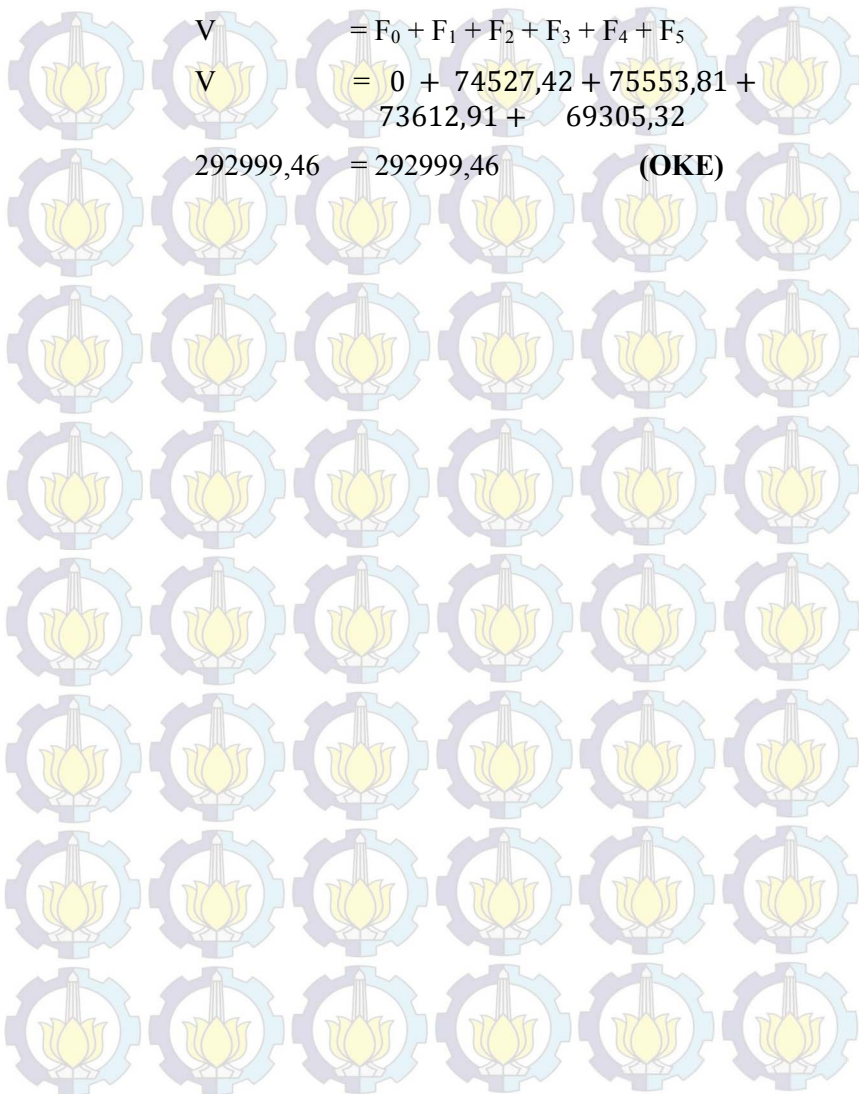
$$F_3 = 73612,91kg$$

$$\bullet F_4 = \frac{W_4 \times h_4}{\Sigma W_i \times h_i} \times V$$

$$F_4 = \frac{456663,33}{1930618,16} \times 292999,46$$

$$F_4 = 69305,32kg$$

22. Cek Gaya Geser (Cek V)


$$\begin{aligned} V &= F_0 + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ V &= 0 + 74527,42 + 75553,81 + \\ &73612,91 + 69305,32 \\ 292999,46 &= 292999,46 \quad \text{(OKE)} \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Beton Bertulang

4.3.1 Penulangan Pelat

Karena $om > 2$ maka dengan menggunakan tebal pelat 12 cm merupakan pelat jepit-penuh Berikut perhitungan Penulangan Pelat Lantai Tipe A :

A. Data Perencanaan :

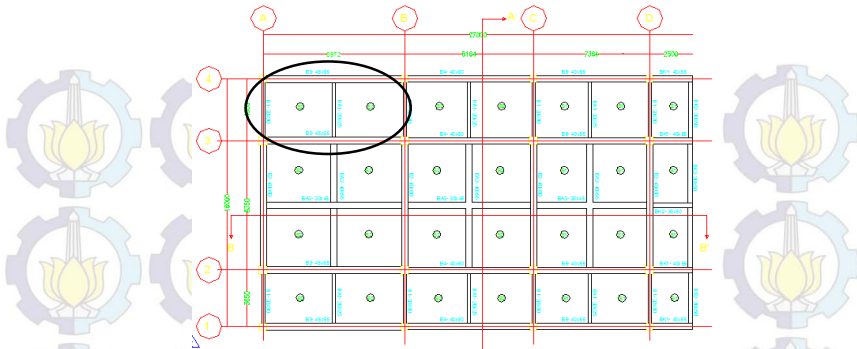
- L_x = 4 m
- L_y = 4,486 m
- B_j Beton = 2400 kg/m³
- f_c' = 30 Mpa
- f_y lentur = 400 Mpa
- f_y geser = 240 Mpa
- Tebal Pelat = 12 cm
- Cover = 20 mm
- b = 1 m = 1000 mm
- ϕ = 0,8
- \emptyset Tul. Lentur = 10 mm
- \emptyset Tul.Susut = 8 mm

Karena $f_c' = 30 \text{ Mpa} \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow$ maka $\beta_1 = 0,85$

Tipe Penulangan Pelat $\rightarrow \frac{L_y}{L_x} = \frac{4,486 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 1,12$

Karena $\frac{L_y}{L_x} = 1,12 < 2$ Maka tipe pelat A termasuk dalam pelat 2 arah (*two way slab*).

- Gambar denah :



Gambar 4.26 Denah Pelat lantai 2-4 Tipe A

B. Pembebanan Pada Pelat

1. Beban Mati Pelat Lantai Tipe A = $401,5 \text{ Kg/m}^2$
2. Beban Hidup *Restaurant* = 250 Kg/m^2

Beban Ultimate Rencana

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \\
 &= 1,2 (401,5 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (250 \text{ Kg/m}^2) \\
 &= 881,80 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Tulangan

Dalam perhitungan penulangan pelat ini direncanakan jepit penuh dengan menggunakan metode koefisien momen dimana koefisiennya di dapat pada gambar 4.26 berikut :

Tipe Pelat	Momen	ly / lx									
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
II	$M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40
	$M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12
	$M_{tx} = +0.001 q l_x^2 X$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83
	$M_{ty} = +0.001 q l_y^2 X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57

Gambar 4.27 Koefisien Momen pada pelat

Karena L_y/L_x pada pelat lantai tipe A ini 1,12 maka koefisien momen pada pelat jepit penuh didapatkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Lapangan} &\rightarrow X = 25 \\ &Y = 21 \\ \text{Tumpuan} &\rightarrow X = 59 \\ &Y = 54 \end{aligned}$$

Perhitungan Momen Pelat :

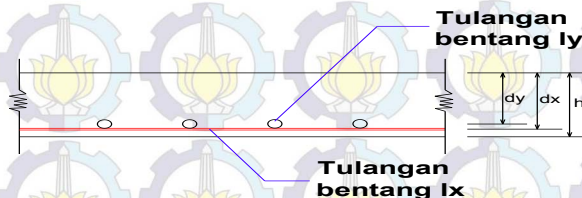
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 881,8 \text{ Kg/m}^2 \cdot (4\text{m})^2 \cdot 25 \\ &= 352,72 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 881,8 \text{ Kg/m}^2 \cdot (4\text{m})^2 \cdot 21 \\ &= 296,28 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 881,8 \text{ Kg/m}^2 \cdot (4\text{m})^2 \cdot 59 \\ &= 832,42 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 881,8 \text{ Kg/m}^2 \cdot (4\text{m})^2 \cdot 54 \\ &= 761,88 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Perhitungan pelat :



Gambar 4.28 Potongan pelat lantai

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad dx &= \text{Tebal Pelat} - (\text{Cover Pelat} + \\
 &\quad (\frac{1}{2} \varnothing \text{ Tul. Bawah})) \\
 &= 120 \text{ mm} - (20 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm})) \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad dy &= \text{Tebal pelat} - (\text{cover pelat} + \varnothing \text{ sengkang} \\
 &\quad + (\frac{1}{2} \varnothing \text{ tul bawah})) \\
 &= 120 \text{ mm} - (20 \text{ mm} + 8 \text{ mm} \\
 &\quad + (1/2 \cdot 10 \text{ mm})) \\
 &= 87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\bullet \quad \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600+400} \\
 &= 0,0325
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0325 \\
 &= 0,0244
 \end{aligned}$$

1. Tulangan Tumpuan

➤ Arah X

$$M_{tx} = 832,42 \text{ Kgm} = 832,42 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\varnothing} = \frac{832,42 \cdot 10^4}{0,8} \\
 &= 10405240,00 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot dx^2} = \frac{10405240 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (95 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,15 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,15)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0030$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 > 0,0030 < 0,0244$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$
 $= 0,0030 \times 1,3$
 $= 0,0038$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d_x$
 $= 0,0038 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}$
 $= 364,40 \text{ mm}^2$

Maka digunakan $\text{Ø } 10$
 $A_{D10} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \text{Ø}^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2$
 $= 78,57 \text{ mm}^2$

Jumlah $= \frac{A_s}{A_{D10}}$
 $= \frac{364,40 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2}$
 $= 4,64$

Jarak antar tulangan (s) $= \frac{b}{\text{Jumlah tulangan}}$
 $= \frac{1000 \text{ mm}}{4,64}$
 $= 215,62 \text{ mm}$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 2h$
- $S_{maks} = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

$$S = 215,62 \text{ mm} < S_{maks} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 200$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 364,40 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan ρ_{susut} pakai = 0,0018

$$\begin{aligned} \text{As susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{\text{As}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} \\ &= 232,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 5h$
- $S_{maks} = 5 \cdot 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$

$$S = 232,71 \text{ mm} < S_{maks} = 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{pakai} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 200$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = \\ &232,71 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Sehingga memakai Tulangan $\emptyset 10-200$ mm dan tulangan susut dan suhu $\emptyset 8-200$ mm

➤ **Arah Y**

$$M_{tx} = 761,88 \text{ Kgm} = 761,88 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{761,88 \cdot 10^4}{0,8} \\ &= 9523440 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{9523440 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (87 \text{ mm})^2} \\ &= 1,26 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] \\ &= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,26)}{400} \right)} \right] \\ &= 0,0032 \end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 > 0,0032 < 0,0244$

$$\begin{aligned} \text{Maka diperbesar 30\%} &= \rho \times 1,3 \\ &= 0,0032 \times 1,3 \\ &= 0,0042 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0042 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 87 \text{ mm} \\ &= 365 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka digunakan } \varnothing 10 \\ A_{D10} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \\ &= 78,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah} &= \frac{A_s}{A_{D10}} \\ &= \frac{365 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2} \\ &= 4,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{b}{\text{Jumlah tulangan}} \\ &= \frac{1000 \text{ mm}}{4,65} \\ &= 215,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{\text{maks}} \leq 2h$
- $S_{\text{maks}} = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

$$S = 215,62 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

$$\text{maka } S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\varnothing 10 - 200$

$$\text{Aspakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \varnothing^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$= 392,5 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 365 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan ρ_{susut} pakai = 0,0018

$$\begin{aligned} \text{As susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{As}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} \\ &= 232,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

$$\begin{aligned} \text{Smaks} &\leq 5h \\ \text{Smaks} &= 5 \cdot 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 232,71 \text{ mm} < \text{Smaks} = 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 200 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 200$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = \\ &232,71 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Sehingga memakai Tulangan $\emptyset 10-200$ mm dan tulangan susut dan suhu $\emptyset 8-200$ mm

2. Lapangan

➤ Arah X

$$M_{tx} = 352,72 \text{ Kgm} = 352,72 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{352,72 \cdot 10^4}{0,8}$$

$$= 4409000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{4409000 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (95 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,49 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (0,49)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0012$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 > 0,0012 < 0,0244$$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$

$$= 0,0012 \times 1,3$$

$$= 0,0016$$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d$

$$= 0,0016 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm}$$

$$= 152,31 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan $\emptyset 10$

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2$$

$$= 78,57 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah} &= \frac{A_s}{AD10} \\ &= \frac{152,31 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2} \\ &= 1,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{b}{\text{Jumlah tulangan}} \\ &= \frac{1000 \text{ mm}}{1,94} \\ &= 515,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{\text{maks}} \leq 2h$
- $S_{\text{maks}} = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

$$S = 515,87 \text{ mm} > S_{\text{maks}} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{TIDAK OKE}$$

$$\text{maka } S_{\text{pakai}} = 240 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\phi 10 - 240$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{240} \end{aligned}$$

$$= 327,25 \text{ mm}^2 > A_{\text{sperlu}} = 152,31 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Tulangan susut dan suhu:

$$\text{Didapatkan } \rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$$

$$\text{As susut perlu} = 0,0018 \times b \times h$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 120$$

$$= 216 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} = \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} = 232,71 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

$$\begin{aligned} \text{Smaks} &\leq 5h \\ \text{Smaks} &= 5 \cdot 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 232,71 \text{ mm} < \text{Smaks} = 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 200 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 200$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 232,71 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Sehingga memakai Tulangan $\emptyset 10-240$ mm dan tulangan susut dan suhu $\emptyset 8-200$ mm

➤ **Arah Y**

$$\text{Mtx} = 296,28 \text{ Kgm} = 296,28 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\emptyset} = \frac{296,28 \cdot 10^4}{0,8} = 3703560 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{3703560 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (87 \text{ mm})^2} = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (0,49)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0012$$

Sehingga $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$
 $0,0035 > 0,0012 < 0,0244$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$
 $= 0,0012 \times 1,3$
 $= 0,0016$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d_y$
 $= 0,0016 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 87 \text{ mm}$
 $= 139,70 \text{ mm}^2$

Maka digunakan $\emptyset 10$

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2$$

$$= 78,57 \text{ mm}^2$$

Jumlah $= \frac{As}{A_{D10}}$
 $= \frac{139,70 \text{ mm}^2}{78,57 \text{ mm}^2}$
 $= 1,78$

Jarak antar tulangan (s) $= \frac{b}{\text{Jumlah tulangan}}$
 $= \frac{1000 \text{ mm}}{1,78}$
 $= 562,41 \text{ mm}$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 2h$
- $S_{maks} = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

$$S = 562,41 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{TIDAK OKE}$$

$$\text{maka } S_{\text{pakai}} = 240 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\phi 10 - 240$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{240} \\ &= 327,25 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = \\ &139,70 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu:

$$\text{Didapatkan } \rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \text{As susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\phi 8$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} \\ &= 232,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 5h \\ S_{\text{maks}} &= 5 \cdot 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 232,71 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

$$\text{maka } S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai $\phi 8 - 200$

$$\text{Aspakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200}$$

$$= 251,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 232,71 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Sehingga memakai Tulangan $\emptyset 10$ -240 mm dan tulangan susut dan suhu $\emptyset 8$ -200 mm

Kontrol Retak

- Apabila $z = f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A} \leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur di dalam ruangan atau

$$z = f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A} \leq 25 \text{ MN/m}$$

untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar,

- f_s diambil 60 % dari kuat leleh yang disyaratkan dimana :

d_c = jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar.

A = $2d_c \times s$; dengan s adalah jarak antar batang tulangan

- Perhitungan Kontrol Retak :

$$d_c = 20 + \frac{1}{2} \times 10 = 30 \text{ mm}$$

$$A = 2 \times 30 \times 240 = 14400 \text{ mm}^2$$

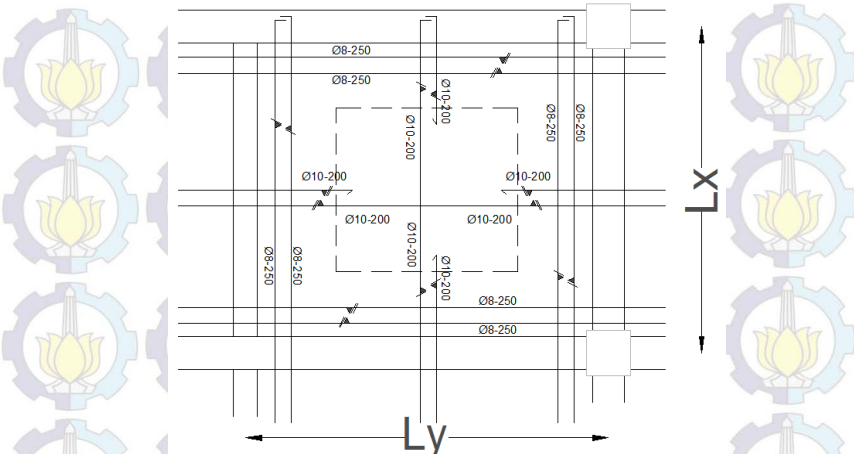
$$z = 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{30 \times 14400}$$

$$= 18142,86 \text{ N/mm}$$

$$= 18,14286 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m} \text{ OK}$$

Sehingga Pelat tipe A aman terhadap retak

D. Penulangan Pelat



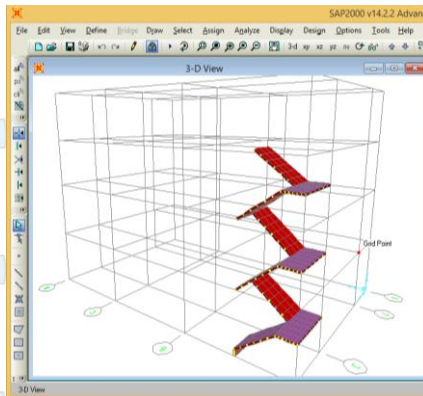
Gambar 4.29 Penulangan Pelat Lantai tipe A

4.3.2 Penulangan Tangga

Pada bangunan bertingkat diperlukan Tangga yang merupakan salah satu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai. Adapun data dan perhitungan penulangan tangga sebagai berikut :

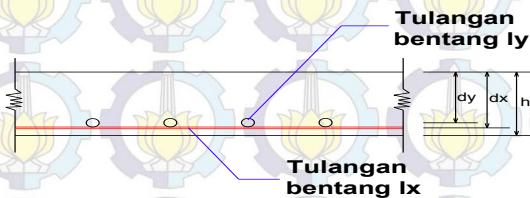
A. Data Perencanaan :

- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- Berat jenis beton = 2400 Kg/m³
- β = 0,85
- Tebal pelat tangga = 150 mm
- Tebal pelat bordes = 150 mm
- Tebal selimut beton = 20 mm
- \varnothing Tulangan Arah X = 10 mm
- \varnothing Tulangan Arah Y = 10 mm
- \varnothing Tulangan susut arah X = 8 mm
- \varnothing Tulangan susut arah Y = 8mm
- Faktor Reduksi (ϕ) = 0,80
- Gambar Pemodelan Tangga



Gambar 4.30 Pemodelan 3D tangga pada SAP 2000

B. Perhitungan Tulangan



Gambar 4.31 Potongan pelat tangga

- dx = Tebal Pelat – (Cover Pelat + $(\frac{1}{2} \text{ } \varnothing$ Tulangan))
 $= 150 \text{ mm} - (20 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}))$
 $= 125 \text{ mm}$
- dy = Tebal pelat – (cover pelat + \varnothing tulangan + $(\frac{1}{2} \varnothing$ tulangan))
 $= 150 \text{ mm} - (20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}))$
 $= 115 \text{ mm}$

- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$

- $\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400}$
 $= 0,0325$

- $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$
 $= 0,75 \cdot 0,0325$
 $= 0,0244$

1. Penulangan pelat anak tangga

Berdasarkan analisa output SAP 2000 didapatkan momen ultimate sebagai berikut :

- M 1-1 = 1292,62 kgm
- M 2-2 = 2055,13 kgm

❖ Penulangan Arah X

$$M_{11} = 1292,62 \text{ Kgm} = 1292,62 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1292,62 \cdot 10^4}{0,8}$$

$$= 16157750 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{16157750 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (125 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,034 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,034)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0026$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 > 0,0026 < 0,0244$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$
 $= 0,0026 \times 1,3$
 $= 0,0034$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d_x$
 $= 0,0034 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}$
 $= 429 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{429}$$

$$= 182,99 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- Smaks $\leq 2h$
- Smaks $= 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$S = 182,99 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 150$

$$\begin{aligned}
 A_{Spakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{Spakai} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{150} \\
 &= 523,33 \text{ mm}^2 > A_{Spelui} \text{ 429} \\
 &\text{mm}^2 \rightarrow \text{OKE}
 \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan ρ_{susut} pakai = 0,0018

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 150 \\
 &= 270 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{270} \\
 &= 186,07 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- Smaks $\leq 5h$
- Smaks = $5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$

$$S = 186,07 \text{ mm} < S_{maks} = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 150$

$$\begin{aligned}
 A_{Spakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{Spakai} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{150} \\
 &= 334,93 \text{ mm}^2 > A_{Spelui} = 270 \\
 &\text{mm}^2 \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

❖ Penulangan Arah Y

$$M_{11} = 2055,13 \text{ Kgm} = 2055,13 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2055,13 \cdot 10^4}{0,8}$$

$$= 25689125 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{25689125 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (115 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,94 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,034)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0051$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,0051 < 0,003$$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d \cdot y$$

$$= 0,0051 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm}$$

$$= 582 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{582}$$

$$= 135,0 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 2h$
- $S_{maks} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$S = 135 \text{ mm} < S_{maks} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{pakai} = 150 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 100$

$$A_{Spakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{Spakai}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{100}$$

$$= 785 \text{ mm}^2 > A_{sperlu} 582 \text{ mm}^2$$

$\rightarrow \text{OKE}$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan ρ_{susut} pakai = 0,0018

$$A_s \text{ susut perlu} = 0,0018 \times b \times h$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 150$$

$$= 270 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{270}$$

$$= 186,07 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{maks} \leq 5h$
- $S_{maks} = 5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$

$$S = 186,07 \text{ mm} < S_{maks} = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{pakai} = 150 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 150$

$$\begin{aligned}
 \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{150} \\
 &= 334,93 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 270 \\
 &\text{mm}^2 \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

2. Penulangan Pelat Bordes

Berdasarkan analisa output SAP 2000 didapatkan momen ultimate sebagai berikut :

- M 1-1 = 3705.43 kgm
- M 2-2 = 1324.23 kgm

❖ Penulangan Arah X

$$M_{11} = 3705.43 \text{ Kgm} = 3705.43 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3705.43 \cdot 10^4}{0,8} = 46317875 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{16157750 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (125 \text{ mm})^2} \\
 &= 2,964 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] \\
 &= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (2,964)}{400} \right)} \right]
 \end{aligned}$$

$$= 0,0079$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0079 < 0,0244$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,0079 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} \\ &= 988 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{988} \\ &= 79,48 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{\text{maks}} \leq 2h$
- $S_{\text{maks}} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$$S = 79,48 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka $S_{\text{pakai}} = 75 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 75$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{75} \\ &= 1046,67 \text{ mm}^2 > A_{\text{sperlu}} = 988 \\ &\text{mm}^2 \rightarrow \text{OKE} \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan $\rho_{\text{susut}} \text{ pakai} = 0,0018$

$$\begin{aligned} A_s \text{ susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 150 \\ &= 270 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} = \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{270} = 186,07 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- Smaks $\leq 5h$
- Smaks $= 5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$

$$S = 186,07 \text{ mm} < \text{Smaks} = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 150$

$$\begin{aligned} \text{Aspakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{150} \\ &= 334,93 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 270 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

❖ Penulangan Arah Y

$$M_{11} = 1324.23 \text{ Kgm} = 1324.23 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{1324.23 \cdot 10^4}{0,8} \\ &= 13242300 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d \cdot y^2} = \frac{13242300 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (115 \text{ mm})^2} \\ &= 1,25 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{f_y} \right)} \right] \\ &= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,25)}{400} \right)} \right] \\ &= 0,0032\end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0032 < 0,0244$

Maka diperbesar 30% $= \rho \times 1,3$
 $= 0,0032 \times 1,3$
 $= 0,0042$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d_y$
 $= 0,0042 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm}$
 $= 480 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{480} \\ &= 163,6 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- $S_{\max} \leq 2h$
- $S_{\max} = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

$S = 163,6 \text{ mm} < S_{\max} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$

maka Spakai = 150 mm

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 150$

$$A_{\text{pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{150}$$

$$= 523,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu } 480 \text{ mm}^2$$

→ OKE

Tulangan susut dan suhu:

Didapatkan ρ_{susut} pakai = 0,0018

As susut perlu = $0,0018 \times b \times h$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 150$$

$$= 270 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{270}$$

$$= 186,07 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan:

- Smaks $\leq 5h$
- Smaks = $5 \cdot 150 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$

$$S = 186,07 \text{ mm} < \text{Smaks} = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{OKE}$$

maka Spakai = 150 mm

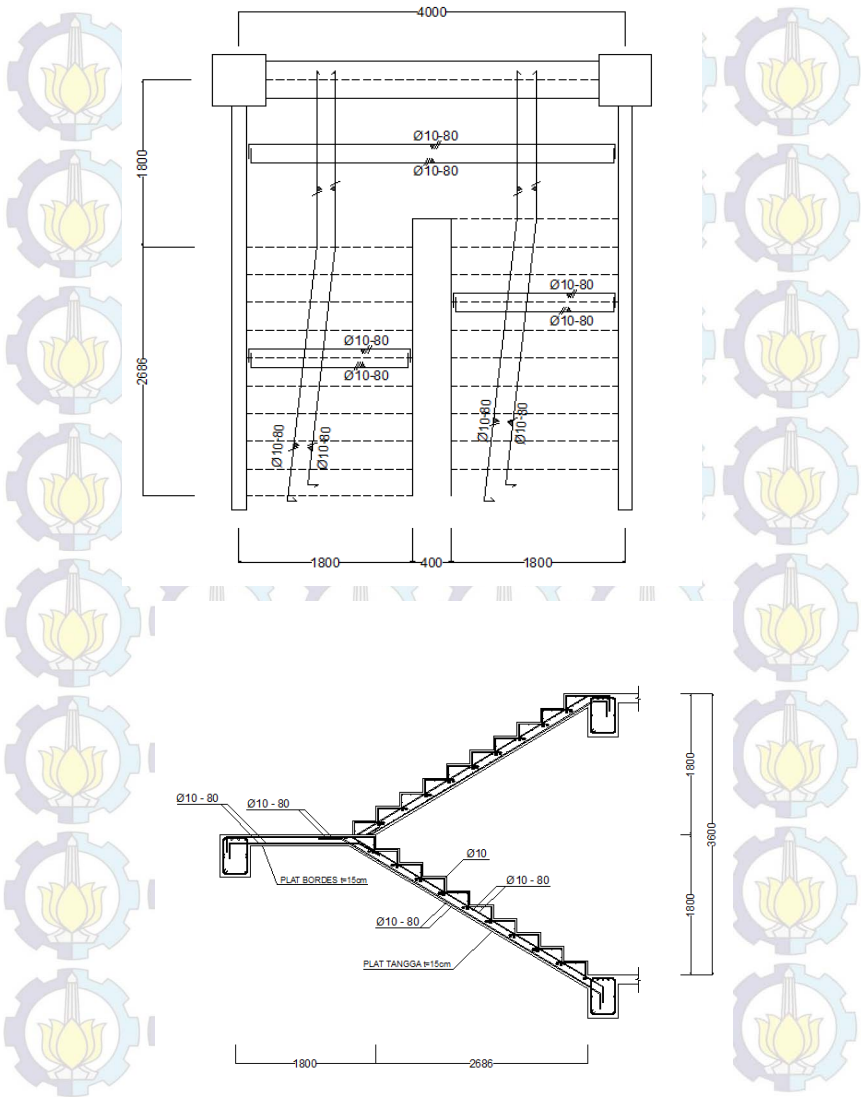
Tulangan yang dipakai $\emptyset 8 - 150$

$$A_{\text{pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{\text{Spakai}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{150}$$

$$= 334,93 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 270 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

C. Penulangan tangga dan bordes



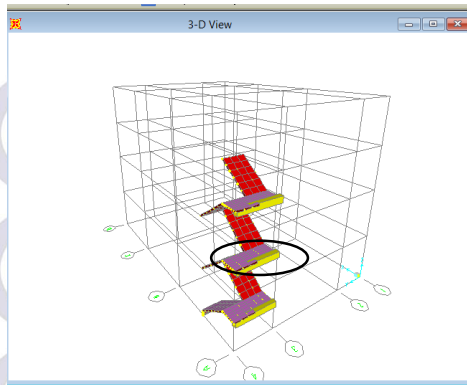
Gambar 4.32 Penulangan plat bordes dan tangga

4.3.3 Penulangan Balok Bordes

Perhitungan tulangan Balok bordes 40/55 Adapun data-data perencanaan, gambar denah pembalokan, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar balok induk adalah sebagai berikut:

A. Data Perencanaan :

- Tipe balok = B 40/55
- Dimensi balok (b_{balok}) = 400 mm
- Dimensi balok (h_{balok}) = 550 mm
- Bentang balok = 4000 mm
- Kuat tekan beton = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser = 240 Mpa
- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan lentur = 0,8
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan geser = 0,75
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan torsi = 0,75
- Faktor β_1 = 0,85
- Diameter tulangan lentur (\emptyset) = 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) = 12 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset) = 16 mm
- Gambar Denah Balok



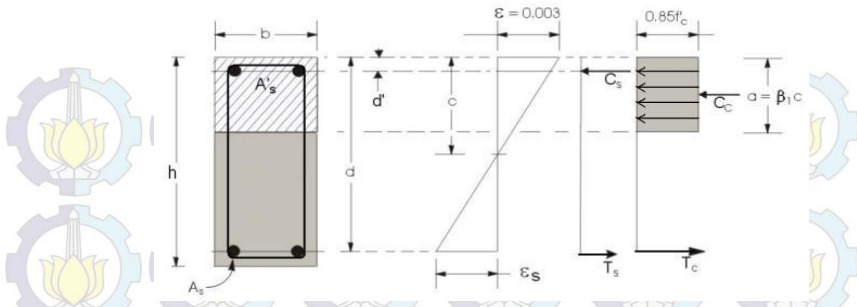
Gambar 4.33 Balok bordes yang ditinjau

B. Perhitungan Tulangan

❖ Hasil Output gaya dalam pada SAP 2000

Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Berikut diperoleh hasil gaya dalam yang maksimum :

- Momen Puntir = 39842611,44 Nmm
- Momen Tumpuan kanan = 292044838 Nmm
- Momen Lapangan = 138500346,10 Nmm
- Momen Tumpuan Kiri = 287777087,70 Nmm
- Gaya geser tumpuan kiri = 21472,72 N
- Gaya geser tumpuan kanan = 25927,17 N
- Gaya geser lapangan = 24314,77 N



Gambar 4.34 Diagram tegangan regangan penampang balok

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ Tul. Sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul Lentur} \\ &= 550\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - 11\text{mm} \\ &= 487\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ Tul. Sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul Lentur} \\ &= 40\text{mm} + 12\text{mm} + 11\text{mm} \\ &= 63\text{mm} \end{aligned}$$

1. Penulangan Puntir

- Momen puntir ultimate :
 $T_u = 39842611,44 \text{ Nmm}$

- Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$= \frac{39842611,44 \text{ Nmm}}{0,75}$$

$$= 53123481,92 \text{ Nmm}$$

- Luas yang dibatasi oleh keliling penampang beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400\text{mm} \times 550\text{mm} \\ &= 220000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling Luar penampang beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400\text{mm} + 550\text{mm}) \\ &= 1900 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas yang dilingkupi torsi tertutup terluar :

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \\ &= (400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) \times (550\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) \\ &= 141064 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling garis pusat torsi tertutup terluar :

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}})) \\ &= 2 \times ((400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) + (550\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm})) \\ &= 1532 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \times 487 \\ &= 177827,26 \text{ N} \end{aligned}$$

- $T_{u_{\min}} = \frac{\phi \sqrt{f'c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$
 $= \frac{0,75 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{12} \left(\frac{220000^2}{1900} \right)$
 $= 8720319,67 \text{ Nmm}$

- Cek pengaruh momen puntir :

Karena $T_{u_{\min}} = 8720319,67 \text{ Nmm} \leq T_u = 39842611,44 \text{ Nmm}$, Maka balok bordes 40/50 “PERLU” tulangan puntir.

- Cek kuat lentur puntir penampang :

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times b \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{f'c}}{3} \right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{25927,17}{400 \times 637}\right)^2 + \left(\frac{39842611,44 \times 1532}{1,7 \times 187264^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 487}{400 \times 487} + \left(\frac{2 \times \sqrt{30}}{3} \right) \right)$$

$$1,809 \leq 3,423$$

Maka penampang balok “MAMPU” untuk menahan momen puntir yang terjadi.

- Tulangan puntir untuk geser

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}}{s} \times \cot \theta$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 141064 \text{ mm}^2 \\ &= 119904,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yv} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{53123481,92 \text{ Nmm}}{2 \times 119904,40 \times 240 \times \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,923 \text{ mm}^2$$

- Tulangan puntir untuk lentur :

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 A_{l\text{perlu}} &= \frac{At}{s} \times Ph \times \left(\frac{fyv}{fyt}\right) \times \cot^2\theta \\
 &= 0,923 \times 1532 \times \left(\frac{240}{400}\right) \times \cot^2 45 \\
 &= 1196,39 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{l\text{min}} &= \frac{5\sqrt{fc'} Acp}{12 fyt} - \frac{At}{s} \times Ph \times \left(\frac{fyv}{fyt}\right) \\
 &= \frac{5\sqrt{30} 220000}{12 \times 400} - 0,923 \times 1532 \times \left(\frac{240}{400}\right) \\
 &= 406,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan puntir perlu $A_{l\text{perlu}} = 1196,39 \text{ mm}^2 \leq$ Tulangan puntir minimal $A_{l\text{min}} = 406,76 \text{ mm}^2$, maka dipakai tulangan puntir $A_{l\text{pakai}} = 1196,39 \text{ mm}^2$

- Penyebaran tulangan puntir :
Tulangan disebar merata disekeliling penampang

$$\begin{aligned}
 A_{S\text{Perlu}} &= \frac{Al}{4} \\
 &= \frac{1196,39}{4} \\
 &= 299,10 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$\begin{aligned}
 2 \times \frac{Al}{4} &= 2 \times 299,10 \text{ mm}^2 \\
 &= 598,20 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal :

$$n = \frac{2 \times \frac{Al}{4}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

$$= \frac{598,20}{\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}$$

$$= 2,975 \approx 4 \text{ buah}$$

- $A_{\text{Spasang}} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2$
 $= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$
 $= 804,25 \text{ mm}^2$

$A_{\text{spasang}} = 804,25 \text{ mm}^2 > A_{\text{perlu}} = 299,10 \text{ mm}^2$, maka balok bordes 40/55 “MEMENUHI” dipasang tulangan puntir.

2. Penulangan Lentur

➤ Daerah Tumpuan Kiri

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 287777087,70 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
 $= \frac{287777087,70}{0,8}$
 $= 359721359,63 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$X_b = \frac{600}{(600 + f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400 \text{ Mpa})} 487 \text{ mm}$$

$$= 292,2 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum :

$$X_{\text{max}} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 292,2 \text{ mm}$$

$$= 219,15 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
 $= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$
 $= 867000 \text{ N}$

- $Asc = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{fy}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2$

- $Mnc = Asc \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{2} \right)$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(487 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$
 $= 385381500 \text{ Nmm}$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$Mns > 0$, maka perlu tulangan lentur rangkap

$Mns < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} Mns &= Mn - Mnc \\ &= 359721359,63 \text{ Nmm} - 385381500 \text{ Nmm} \\ &= -2566014038 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena $Mns = -2566014038 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{359721359,63 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (487 \text{ mm})^2} = 3,792 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] = \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (3,792)}{400} \right)} \right] = 0,010$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,010 < 0,0244$

- Tulangan Perlu Tarik :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,010 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 487 \text{ mm} = 2009,15 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_{s\text{perlu}} + A_{s\text{tors}} \\ &= 2009,15 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\ &= 2308,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tarik} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ tors}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \\ &= \frac{2009,15 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 6,07 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 2660,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_{s\text{pakai}} = 2660,93 \text{ mm}^2 > A_s = 2308,24 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s' \text{ perlu} + A_{s\text{tors}} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\ &= 299,10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ tors}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \\ &= \frac{0 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 0,787 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1140,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_{s'\text{pakai}} = 1140,40 \text{ mm}^2 > A_s' = 299,10 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (7 \times 22)}{7 - 1}$$

$$= 23,67 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $23,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 5 buah tulangan

Lapis 2 = 2 buah tulangan

- Spasi tulangan Tekan :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 115 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $115 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_{s_{pakai}} = 2280,80 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{pakai}} = 1140,40 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentuk \text{ tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentuk \text{ tumpuan (-)}}$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq 886,98 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

• Cek Momen Nominal Pasang Balok :

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_{s_{pakai}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 104,35 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 104,35 \text{ mm}$$

$$= 1064372 \text{ N}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$M_n = C_c' \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 1064372 \text{ N} \times \left(487 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$= 462815554,9 \text{ Nmm}$$

Syarat : $M_{n_{pasang}} \geq M_{n_{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok

$M_{n_{pasang}} < M_{n_{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $462815554,9 \text{ Nmm} \geq 359721359,63 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

➤ Daerah Lapangan

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 138500346,10 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
 $= \frac{138500346,10 \text{ Nmm}}{0,8}$
 $= 173125432,63 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$X_b = \frac{600}{(600+fy)} d$$

$$= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 487 \text{ mm}$$

$$= 292,2 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum :

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 292,2 \text{ mm}$$

$$= 219,15 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
 $= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$
 $= 867000 \text{ N}$

- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{fy}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2$

- $$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{renc}}{2} \right) \\
 &= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(487 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 385381500 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur rangkap

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 173125432,63 \text{ Nmm} - 385381500 \text{ Nmm} \\
 &= -212256067,38 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Karena $M_{ns} = -212256067,38 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} \\
 &= 15,69
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0,0325
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0325 \\
 &= 0,0244
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{173125432,63 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (487 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,825 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (1,825)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,005$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,005 < 0,0244$$

• Tulangan Perlu Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,005 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 487 \text{ mm}$$

$$= 923,04 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{S_{\text{perlu}}} + A_{S_{\text{torsi}}}$$

$$= 923,04 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2$$

$$= 1222,14 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan tarik} = \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2}$$

$$= \frac{923,04 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2}$$

$$= 3,21 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2$$

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{S_{\text{pakai}}} = 1520,53 \text{ mm}^2 > A_s = 1222,14 \text{ mm}^2$, maka "MEMENUHI".

- Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s'_{\text{perlu}} + A_s'_{\text{tors}} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\ &= 299,10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{A_s'_{\text{perlu}} + A_s'_{\text{tors}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\ &= \frac{0 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 0,645 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_s'_{\text{pakai}} = 760,27 \text{ mm}^2 > A_s' = 299,10 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times \text{tdecking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah.tul.} \times \text{Dlentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 22)}{4 - 1} \\ &= 69,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $69,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Spasi tulangan Tekan :

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times \text{tdecking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah.tul.} \times \text{Dlentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1} \\ &= 252 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $252 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

• Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{\text{pakai}}} = 760,27 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 506,78 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

• Cek Momen Nominal Pasang Balok :

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 59,62 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 59,62 \text{ mm} \\ &= 608132 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 608132 \text{ N} \times \left(487 \text{ mm} - \frac{59,62 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 278031869,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat : $M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok
 $M_{n\text{pasang}} < M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $278031869,1 \text{ Nmm} \geq 173125432,63 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

➤ Daerah Tumpuan Kanan

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 292044838 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{292044838 \text{ Nmm}}{0,8} = 292044838 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600+fy)} d \\ &= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 487 \text{ mm} \\ &= 292,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral maksimum :

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 292,2 \text{ mm} \\ &= 219,15 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral minimum :

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
 $= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$
 $= 867000 \text{ N}$

- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2$

- $M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{2} \right)$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(487 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$
 $= 385381500 \text{ Nmm}$

- Cek momen nominal tulangan letur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan letur rangkap
 $M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan letur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 292044838 \text{ Nmm} - 385381500 \text{ Nmm} \\ &= -20325452,50 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena $M_{ns} = -212256067,38 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{292044838 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (487 \text{ mm})^2} = 3,848 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] = \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (3,848)}{400} \right)} \right] = 0,010$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,010 < 0,0244$

- Tulangan Perlu Tarik :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,010 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 487 \text{ mm} \\ &= 2041,87 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_{S_{\text{perlu}}} + A_{S_{\text{torsi}}} \\ &= 2041,87 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\ &= 2340,97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tarik} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \\ &= \frac{2041,87 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 6,15 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 2660,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_{S_{\text{pakai}}} = 2660,93 \text{ mm}^2 > A_s = 2340,97 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned} A_{S'} &= A_{S'_{\text{perlu}}} + A_{S'_{\text{torsi}}} \\ &= 0 \text{ mm}^2 + 299,10 \text{ mm}^2 \\ &= 299,10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \\ &= \frac{0 + 299,10}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 0,645 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S'_{\text{pakai}}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1140,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $As'_{pakai} = 1140,40 \text{ mm}^2 > As' = 299,10 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

• Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (7 \times 22)}{7 - 1}$$

$$= 23,67 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $23,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 5 buah tulangan

Lapis 2 = 2 buah tulangan

- Spasi tulangan Tekan :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 22)}{3 - 1}$$

$$= 115 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $115 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= 2660,93 \text{ mm}^2 \\ A_{S'_{\text{pakai}}} &= 1140,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq 886,98 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Cek Momen Nominal Pasang Balok :
Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_{S_{\text{pakai}}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\ &= 104,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 104,35 \text{ mm} \\ &= 1064372 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 1064372 \text{ N} \times \left(487 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 462815554,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat : $M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok
 $M_{n\text{pasang}} < M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $462815554,9 \text{ Nmm} \geq 359721359,63 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kanan memenuhi.

3. Penulangan Geser

➤ Daerah Tumpuan

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kiri dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kiri :

- $V_u = 21472,72 \text{ N}$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tarik)
 $= 2660,93 \text{ mm}^2$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tekan)
 $= 1140,40 \text{ mm}^2$

- $a = \frac{(\text{Aspasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$
 $= \frac{(2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$
 $= 104,35 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Mnl} &= (A_{\text{spasang}} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}) \times \\
 &\quad \left(487 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right) \\
 &= 462815554,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kanan dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kanan :

$$\bullet \text{ Vu} = 25927,17 \text{ N}$$

As pakai tumpuan kanan (Tul.Tarik)
= 2660,93 mm²

As pakai tumpuan kanan (Tul.Tekan)
= 1140,40 mm²

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ a} &= \frac{(A_{\text{spasang}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 104,35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Mnr} &= (A_{\text{spasang}} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}) \times \\
 &\quad \left(487 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right) \\
 &= 211949494,38 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output SAP didapat gaya geser terfaktor tumpuan kanan dan kiri maka digunakan gaya terfaktor tumpuan yang paling besar adapun hasilnya sebagai berikut :

- $V_u = 25927,17 \text{ N}$ (output SAP)

$$M_{nl} = 462815554,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{nr} = 211949494,38 \text{ Nmm}$$

- $$V_{u_i} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

$$= \frac{(462815554,9 + 211949494,38) \text{ Nmm}}{4000 \text{ mm}} + 25927,17 \text{ N}$$

$$= 217056,72 \text{ N}$$

- Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm}$$

$$= 177827,26 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm}$$

$$= 64933,33 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm}$$

$$= 355654,51 \text{ N}$$

$$2V_{S_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm}$$

$$= 711309,03 \text{ N}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

$$\text{bila: } V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 2**

$$\text{bila: } 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 3,**

$$\text{bila: } \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$$

- **Kondisi 4,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$$

- **Kondisi 5,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$$

Kontrol :

- **Kondisi 1**

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 217056,72 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 177827,26 \text{ N} \\ 217056,72 \text{ N} &\leq 66685,22 \text{ N} \quad \text{(Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- **Kondisi 2**

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\ 66685,22 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 0,75 \cdot x \\ 177827,26 \text{ N} & \\ 66685,22 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 133370,44 \text{ N} \\ \text{(Tidak Oke)} & \end{aligned}$$

- **Kondisi 3**

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \\ 133370,44 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 0,75 \cdot x \\ (177827,26 \text{ N} &+ 64933,33 \text{ N}) \\ 133370,44 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 182070,44 \text{ N} \\ \text{(Tidak Oke)} & \end{aligned}$$

- Kondisi 4

$$\begin{aligned} \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) &\leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \\ 182070,44 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 0,75 \times \\ (177827,26 \text{ N} + 355654,51 \text{ N}) & \\ 238149,63 \text{ N} &\leq 217056,72 \text{ N} \leq 400111,33 \text{ N} \end{aligned}$$

(Oke)

- Penulangan geser kondisi = 4

$$\begin{aligned} V_{S_{\text{perlu}}} &= \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi} \\ &= \frac{217056,72 \text{ N} - (0,75 \times 177827,26 \text{ N})}{0,75} \\ &= 111581,7 \text{ N} \end{aligned}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{V_{\min}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $A_v/s = V_{\text{perlu}} / d \cdot f_{yv}$
 $= 111581,7 \text{ N} / 487 \text{ mm} \cdot 240 \text{ Mpa}$
 $= 0,955$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{2 \frac{A_t}{s} + \frac{A_v}{s}}$
 $= \frac{226,19 \text{ mm}^2}{2 \cdot 0,923 + 0,955}$
 $= 80,753 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 75 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq d/4 \\ S_{\text{pakai}} &\leq 8 D_{\text{lentur}} \\ S_{\text{pakai}} &\leq 24 \phi_{\text{geser}} \\ S_{\text{pakai}} &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$75 \text{ mm} \leq 121,75 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$75 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$75 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$75 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Maka dipasang ϕ 12-75 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

➤ Daerah Lapangan

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor lapangan adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Lapangan

- $V_u = 24314,77 \text{ N}$ (Output SAP)

- $$\begin{aligned} V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times ((\frac{1}{2} \times L_n) - (\frac{1}{4} \times L_n))}{\frac{1}{2} \times L_n} \\ &= \frac{217056,72 \text{ N} \times ((\frac{1}{2} \times 4000 \text{ mm}) - (\frac{1}{4} \times 4000 \text{ mm}))}{\frac{1}{2} \times 4000 \text{ mm}} \\ &= 108528,36 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm} \\ &= 177827,26 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm} \\ &= 64933,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm} \\ &= 355654,51 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 487 \text{ mm} \\ &= 711309,03 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

bila: $V_u \leq 0,5 \cdot \varphi \cdot V_c$

- **Kondisi 2**

bila: $0,5 \cdot \varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot V_c$

- **Kondisi 3,**

bila: $\varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$

- **Kondisi 4,**

bila: $\varphi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \varphi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$

- **Kondisi 5,**

bila: $\varphi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \varphi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$

Kontrol :

- **Kondisi 1**

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 108528,36 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 177827,26 \text{ N} \\ 108528,36 \text{ N} &\leq 66685,22 \text{ N} \quad \text{(Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- **Kondisi 2**

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\ 66685,22 \text{ N} &\leq 108528,36 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 177827,26 \text{ N} \\ 66685,22 \text{ N} &\leq 108528,36 \text{ N} \leq 133370,44 \text{ N} \\ \text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Penulangan geser kondisi = 2

$$\begin{aligned} V_{\text{perlu}} &= V_{\text{Smin}} \\ &= 64933,33 \text{ N} \end{aligned}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{v_{\text{min}}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $A_v/s = bw/ 3 \cdot f_{yv}$
 $= 400 \text{ mm}/ 3 \cdot 240 \text{ Mpa}$
 $= 0,555$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{2 \frac{A_t}{s} + \frac{a_v}{s}}$
 $= \frac{226,19 \text{ mm}^2}{2 \cdot 0,923 + 0,555}$
 $= 94,21 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \varnothing_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$100 \text{ mm} \leq 121,75 \text{ mm (memenuhi)}$$

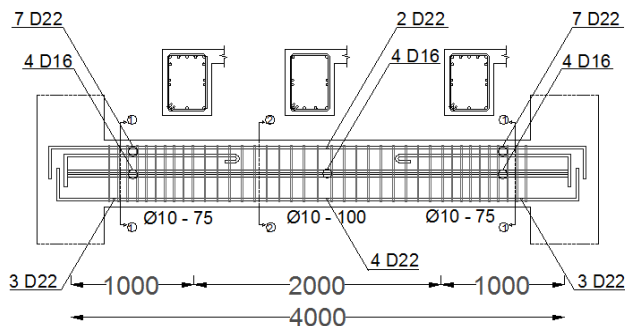
$$100 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipasang $\varnothing 12-100$ mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

C. Penulangan balok bordes



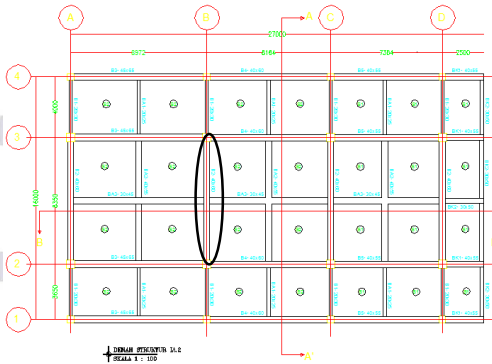
Gambar 4.35 Penulangan Balok bordes 40/55

4.3.4 Penulangan Balok

Perhitungan tulangan Balok Induk B2 40/70 As B (2-3). Adapun data-data perencanaan, gambar denah pembalokan, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar balok induk adalah sebagai berikut:

A. Data Perencanaan :

- Tipe balok = B2 40/70
- As balok = B (2-3)
- Dimensi balok (b_{balok}) = 400 mm
- Dimensi balok (h_{balok}) = 700 mm
- Bentang balok = 8350 mm
- Kuat tekan beton = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser = 240 Mpa
- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan lentur = 0,8
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan geser = 0,75
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan torsi = 0,75
- Faktor β_1 = 0,85
- Diameter tulangan lentur (\emptyset) = 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) = 12 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset) = 16 mm
- Gambar Denah Balok



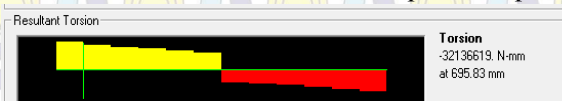
Gambar 4.36 Letak balok yang ditinjau

B. Perhitungan Tulangan

❖ Hasil Output gaya dalam pada SAP 2000

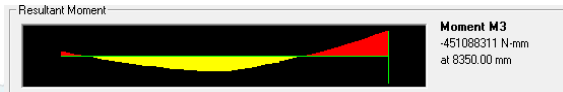
Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Berikut diperoleh hasil gaya dalam yang maksimum :

- Diagram momen puntir
- Kombinasi 1,2D+1,0L+1,0EqX+0,3EqY



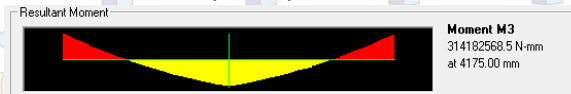
Momen Puntir = 32136619 Nmm

- Diagram momen lentur
- Kombinasi 1,2D+1,0L+0,3EqX+0,3EqY



Momen Tumpuan kanan = 451088311 Nmm

- Kombinasi 1,2D+1,6L



Momen Lapangan = 314182568 Nmm

- Kombinasi 1,2D+1,6L



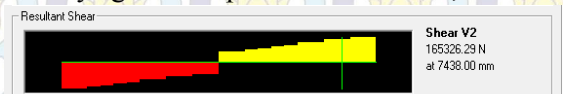
Momen Tumpuan Kiri = 324410970 Nmm

■ Diagram Gaya Geser

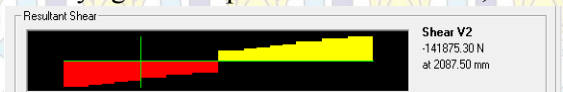
- Kombinasi 1,2D+1,0L



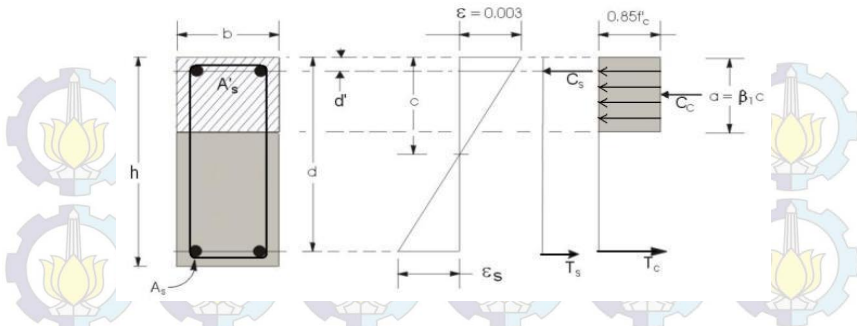
Gaya geser tumpuan kiri = 168092,47 N



Gaya geser tumpuan kanan = 165326,29 N



Gaya geser lapangan = 141875,30 N



Gambar 4.37 Diagram tegangan regangan penampang balok

$$d = h - \text{decking} - \emptyset \text{ Tul. Sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul Lentur}$$

$$= 700\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - 11\text{mm}$$

$$= 637\text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \emptyset \text{ Tul. Sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul Lentur}$$

$$= 40\text{mm} + 12\text{mm} + 11\text{mm}$$

$$= 63\text{ mm}$$

1. Penulangan Puntir

- Momen puntir ultimate :

$$T_u = 32136619 \text{ Nmm}$$

- Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$= \frac{32136619}{0,75}$$

$$= 42848825 \text{ Nmm}$$

- Luas yang dibatasi oleh keliling penampang beton :

$$A_{cp} = b \times h$$

$$= 400\text{mm} \times 700\text{mm}$$

$$= 280000 \text{ mm}^2$$

- Keliling Luar penampang beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400\text{mm} + 700\text{mm}) \\ &= 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas yang dilingkupi torsi tertutup terluar :

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \\ &= (400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) \times \\ &\quad (700\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) \\ &= 187264 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling garis pusat torsi tertutup terluar :

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \times t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}})) \\ &= 2 \times ((400\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm}) + \\ &\quad (700\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - 12\text{mm})) \\ &= 1832 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \times 637 \\ &= 232599,51 \text{ N} \end{aligned}$$

- $T_{u_{\min}} = \frac{\phi \sqrt{f'c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$
 $= \frac{0,75 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{12} \left(\frac{280000^2}{2200} \right)$
 $= 12199275,14 \text{ Nmm}$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} }{3} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{3} \left(\frac{280000^2}{2200} \right) \\
 &= 48797100,58 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

• Cek pengaruh momen puntir :

Karena $T_{u_{\min}} = 12199275,14 \text{ Nmm} \leq T_u = 32136619 \text{ Nmm} \leq T_{u_{\max}} = 48797100,58 \text{ Nmm}$, Maka balok B2 40/70 “PERLU” tulangan puntir.

• Cek kuat lentur puntir penampang :

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{168092,47}{400 \times 637} \right)^2 + \left(\frac{32136619 \times 1832}{1,7 \times 187264^2} \right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 637}{400 \times 637} + \left(\frac{2 \times \sqrt{30}}{3} \right) \right)$$

$$1,188 \leq 3,423$$

Maka penampang balok “MAMPU” untuk menahan momen puntir yang terjadi.

• Tulangan puntir untuk geser

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}}{s} \times \cot \theta$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\
 &= 0,85 \times 187264 \text{ mm}^2 \\
 &= 159174,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yv} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{42848825}{2 \times 159174,4 \times 240 \times \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,561 \text{ mm}^2$$

- Tulangan puntir untuk lentur :

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} A_{l\text{perlu}} &= \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta \\ &= 0,561 \times 1832 \times \left(\frac{240}{400} \right) \times \cot^2 45 \\ &= 869,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{l\text{min}} &= \frac{5 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yt}} - \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \\ &= \frac{5 \sqrt{30} 280000}{12 \times 400} - 0,561 \times 1832 \times \left(\frac{240}{400} \right) \\ &= 981,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan puntir perlu $A_{l\text{perlu}} = 869,27 \text{ mm}^2 \leq$ Tulangan puntir minimal $A_{l\text{min}} = 981,07 \text{ mm}^2$, maka dipakai tulangan puntir $A_l = 981,07 \text{ mm}^2$

- Penyebaran tulangan puntir :

Tulangan disebar merata disekeliling penampang

$$\begin{aligned} A_{S\text{perlu}} &= \frac{A_l}{4} \\ &= \frac{981,07}{4} \\ &= 245,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 245,27 \text{ mm}^2 \\ = 490,53 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal :

$$n = \frac{2 \times \frac{A_l}{4}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} \\ = \frac{490,53}{\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2} \\ = 2,439 \approx 4 \text{ buah}$$

- $A_{Spasang} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \\ = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\ = 804,27 \text{ mm}^2$

$A_{spasang} = 804,27 \text{ mm}^2 > A_{sperlu} = 245,27 \text{ mm}^2$, maka bal, ok B2 40/70 “MEMENUHI” dipasang tulangan puntir.

2. Penulangan Lentur

➤ Daerah Tumpuan Kiri

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 324410970 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi} \\ = \frac{324410970}{0,8} \\ = 405513712,50 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$X_b = \frac{600}{(600+f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 637 \text{ mm}$$

$$= 382,2 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum :

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 382,2 \text{ mm}$$

$$= 286,65 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
- $$= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$$
- $$= 867000 \text{ N}$$

- $Asc = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$
- $$= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$$
- $$= 2167,50 \text{ mm}^2$$

- $M_{nc} = Asc \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{2} \right)$
- $$= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(637 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$$
- $$= 515413500 \text{ Nmm}$$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan letur rangkap
 $M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 405513712,50 \text{ Nmm} - 515413500 \text{ Nmm} \\ &= -109917787,50 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena $M_{ns} = -109917787,50 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} \\ &= 15,69 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0325 \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{405513712,50 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (637 \text{ mm})^2} \\ &= 2,498 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot Rn}{f_y} \right)} \right]$$

$$= \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (2,498)}{400} \right)} \right]$$

$$= 0,0066$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0066 < 0,0244$

• Tulangan Perlu Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0066 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 637 \text{ mm}$$

$$= 1678,19 \text{ mm}^2$$

$$A_S = A_{S_{\text{perlu}}} + A_{S_{\text{torsi}}}$$

$$= 1678,19 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2$$

$$= 1923,46 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan tarik} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}} + A_{S_{\text{torsi}}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2}$$

$$= \frac{1678,19 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2}$$

$$= 5,06 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2$$

$$= 6 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2$$

$$= 2280,80 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{S_{\text{pakai}}} = 2280,80 \text{ mm}^2 > A_S = 1923,46 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

• Tulangan Perlu Tekan :

$$A_{S'} = A_{S'_{\text{perlu}}} + A_{S'_{\text{torsi}}}$$

$$= 0 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2$$

$$= 245,27 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan tekan} = \frac{\text{As perlu} + \text{As torsi}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2}$$

$$= \frac{0 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2}$$

$$= 0,645 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{As}'_{\text{pakai}} = \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2$$

$$= 760,27 \text{ mm}^2$$

Karena $\text{As}'_{\text{pakai}} = 760,27 \text{ mm}^2 > \text{As}' = 245,27 \text{ mm}^2$, maka "MEMENUHI".

• Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$S_{\text{max}} = \frac{b - (2 \times \text{tdecking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah.tul.} \times \text{Dlentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (6 \times 22)}{6 - 1}$$

$$= 32,8 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : $32,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Spasi tulangan Tekan :

$$S_{\text{max}} = \frac{b - (2 \times \text{tdecking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah.tul.} \times \text{Dlentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1}$$

$$= 252 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun ≥ 1 lapis

Kontrol : 252 mm > 25 mm

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

• Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= 2280,80 \text{ mm}^2 \\ A_{\text{S' pakai}} &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2280,80 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 760,27 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

• Cek Momen Nominal Pasang Balok :
Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_{\text{Spakai}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\ &= 89,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 89,44 \text{ mm} \\ &= 912288 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 912288 \text{ N} \times \left(637 \text{ mm} - \frac{89,44 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 540329936,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat : $M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok
 $M_{n\text{pasang}} < M_{n\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $540329936,6 \text{ Nmm} \geq 40513712,50 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

➤ **Daerah Lapangan**

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 314182568 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{314182568}{0,8} = 392728210,63 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600+fy)} d \\ &= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 637 \text{ mm} \\ &= 382,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral maksimum :

$$\begin{aligned} X_{\text{max}} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 382,2 \text{ mm} \\ &= 286,65 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
- $$= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$$
- $$= 867000 \text{ N}$$

- $A_{sc} = \frac{Cc'}{f_y}$
- $$= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$$
- $$= 2167,50 \text{ mm}^2$$

- $M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{rencana}}{2} \right)$
- $$= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(637 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$$
- $$= 515413500 \text{ Nmm}$$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur rangkap

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 392728210,63 \text{ Nmm} - 515413500 \text{ Nmm}$$

$$= -122703289,38 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{ns} = -122703289,38 \text{ Nmm} < 0$, maka tidak diperlukan tulangan lentur tekan.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{392728210,63 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (637 \text{ mm})^2} = 2,420 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] = \frac{1}{15,69} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{(2 \cdot 15,69) \cdot (2,420)}{400} \right)} \right] = 0,0064$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0064 < 0,0244$

- Tulangan Perlu Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0064 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 637 \text{ mm} = 1622,34 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= A_{s\text{perlu}} + A_{s\text{tors}} \\
 &= 1622,34 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2 \\
 &= 1867,60 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tarik} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ tors}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\
 &= \frac{1622,34 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\
 &= 4,91 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times 1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\
 &= 5 \times 1/4 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 1900,66 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $A_{s\text{pakai}} = 1900,66 \text{ mm}^2 > A_s = 1867,60 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

• Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned}
 A_s' &= A_s' \text{ perlu} + A_s' \text{ tors} \\
 &= 0 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2 \\
 &= 245,27 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{A_s \text{ perlu} + A_s \text{ tors}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\
 &= \frac{0 + 245,27}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\
 &= 0,645 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s'\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times 1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\
 &= 2 \times 1/4 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 760,27 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $A_{s'\text{pakai}} = 760,27 \text{ mm}^2 > A_s' = 245,27 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (5 \times 22)}{5 - 1}$$

$$= 46,5 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $46,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Spasi tulangan Tekan :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1}$$

$$= 252 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $252 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

- Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_{s_{pakai}} = 1900,66 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{pakai}} = 760,27 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan (-)}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1900,66 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 633,55 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

• Cek Momen Nominal Pasang Balok :

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_{s_{pakai}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{1900,66 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$= 74,53 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 74,53 \text{ mm}$$

$$= 760206 \text{ N}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$M_n = C_c' \times (d - \frac{a}{2})$$

$$= 760206 \text{ N} \times (637 \text{ mm} - \frac{74,53 \text{ mm}}{2})$$

$$= 455922145,4 \text{ Nmm}$$

Syarat : $M_{n_{pasang}} \geq M_{n_{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok

$M_{n_{pasang}} < M_{n_{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $455922145,4 \text{ Nmm} \geq 392728210,63 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

➤ Daerah Tumpuan Kanan

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- $M_u = 451088311 \text{ Nmm}$

- $M_n = \frac{M_u}{\phi}$
 $= \frac{451088311 \text{ Nmm}}{0,8}$
 $= 563860388,75 \text{ Nmm}$

- Garis netral pada kondisi balance :

$$X_b = \frac{600}{(600+f_y)} d$$

$$= \frac{600}{(600+400 \text{ Mpa})} 637 \text{ mm}$$

$$= 382,2 \text{ mm}$$

- Garis netral maksimum :

$$X_{\max} = 0,75 \times X_b$$

$$= 0,75 \times 382,2 \text{ mm}$$

$$= 286,65 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum :

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

- $C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}$
 $= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}$
 $= 867000 \text{ N}$

- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400}$
 $= 2167,50 \text{ mm}^2$

- $$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_{renc}}{2} \right)$$

$$= 2167,50 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(637 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 515413500 \text{ Nmm}$$

- Cek momen nominal tulangan lentur rangkap :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur rangkap

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 563860388,75 \text{ Nmm} - 515413500 \text{ Nmm}$$

$$= 48428888,75 \text{ Nmm}$$

Karena $M_{ns} = 48428888,75 \text{ Nmm} > 0$, maka diperlukan tulangan lentur rangkap.

- Perencanaan tulangan lentur rangkap :

Gaya tekan dan Tarik tulangan lentur rangkap

$$C_s' = T_s = \frac{M_{ns}}{d - d'}$$

$$= \frac{48428888,75 \text{ Nmm}}{637 - 63}$$

$$= 84370,9 \text{ N}$$

- Cek kondisi tulangan lentur tekan :

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{x} \right) \times 600$$

$$= \left(1 - \frac{63 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \right) \times 600$$

$$= 222 \text{ Mpa}$$

Syarat :

$f_s' \geq f_y \rightarrow$ tulangan lentur tekan leleh, dipakai f_y

$f_s' < f_y \rightarrow$ tulangan lentur tekan tidak leleh,
dipakai f_s'

Kontrol : $222 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa}$, maka tulangan
lentur tekan $f_s' = f_s'$ dan tidak leleh

$$\begin{aligned} \bullet \text{ As}' &= \frac{Cs'}{f_s' - (0,85 \times f_c')} + \frac{Al}{4} \\ &= \frac{84370,9 \text{ N}}{222 \text{ Mpa} - (0,85 \times 30 \text{ Mpa})} + 245,27 \text{ mm}^2 \\ &= 674,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Ass} &= \frac{Cs'}{f_y} \\ &= \frac{84370,9 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 210,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ As} &= \text{Asc} + \text{Ass} + \frac{Al}{4} \\ &= 2167,50 \text{ mm}^2 + 210,93 \text{ mm}^2 + 245,27 \text{ mm}^2 \\ &= 2623,69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Tulangan lentur tarik :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tarik} &= \frac{\text{As}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\ &= \frac{2623,69 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 6,90 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\ &= 7 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 2660,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $\text{As}_{\text{pakai}} = 2660,93 \text{ mm}^2 > \text{As} = 2623,69 \text{ mm}^2$, maka "MEMENUHI".

- Tulangan Perlu Tekan :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan} &= \frac{As'}{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2} \\ &= \frac{674,64 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2} \\ &= 1,77 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As'_{\text{pakai}} &= \text{Jumlah} \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1140,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $As'_{\text{pakai}} = 1140,40 \text{ mm}^2 > As' = 674,64 \text{ mm}^2$, maka “MEMENUHI”.

- Cek Jarak Spasi Tulangan :

- Spasi tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (7 \times 22)}{7 - 1} \\ &= 23,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis

$S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $23,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 5 buah tulangan

Lapis 2 = 2 buah tulangan

- Spasi tulangan Tekan :

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (3 \times 22)}{3 - 1} \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $115 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

• Cek syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negative balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$A_{S'_{\text{pakai}}} = 1140,40 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$1140,40 \text{ mm}^2 \geq 886,98 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

• Cek Momen Nominal Pasang Balok :

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_{S_{\text{pakai}}} \times f_y) - (A_{S'_{\text{pakai}}} \times f_s')}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{(2660,93 \times 400) - (1140,40 \times 222)}{0,85 \times 30 \times 400}$$

$$= 79,53 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 79,53 \text{ mm} \\ &= 895592,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= As'_{\text{pakai}} \times fs' \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \times 222 \text{ Mpa} \\ &= 168778,92 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} Mn &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' (d - d') \\ &= 760206 \text{ N} \times \left(637 \text{ mm} - \frac{74,53 \text{ mm}}{2}\right) + \\ &\quad 168778,92 \text{ N} (637 \text{ mm} - 63 \text{ mm}) \\ &= 629308942,93 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat : $Mn_{\text{pasang}} \geq Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Ok
 $Mn_{\text{pasang}} < Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ Perencanaan Tidak Ok

Kontrol : $629308942,93 \text{ Nmm} \geq 563860388,75 \text{ Nmm}$, maka penulangan lentur tumpuan kiri memenuhi.

3. Penulangan Geser

➤ Daerah Tumpuan

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kiri dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kiri :

- $V_u = 168092,47 \text{ N}$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tarik) = $2280,80 \text{ mm}^2$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tekan) = $760,27 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad a &= \frac{(A_{\text{pasang}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 89,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{nl} &= (A_{\text{pasang}} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}) \times \\
 &\quad \left(637 \text{ mm} - \frac{89,44 \text{ mm}}{2}\right) \\
 &= 540346640,79 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kanan dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kanan :

$$\bullet \quad V_u = 165326,29 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{As pakai tumpuan kanan (Tul.Tarik)} \\
 &= 2660,93 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{As pakai tumpuan kanan (Tul.Tekan)} \\
 &= 1140,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad a &= \frac{(A_{\text{pasang}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(2660,93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 104,35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{nr} &= (A_{\text{pasang}} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= (1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}) \times \\
 &\quad \left(637 \text{ mm} - \frac{104,35 \text{ mm}}{2}\right) \\
 &= 266773299,74 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output SAP didapat gaya geser terfaktor tumpuan kanan dan kiri maka digunakan gaya terfaktor tumpuan yang paling besar adapun hasilnya sebagai berikut :

- $V_u = 168092,47 \text{ N}$ (output SAP)

$$M_{nl} = 21190064,34 \text{ Nmm}$$

$$M_{nr} = 24410628,73 \text{ Nmm}$$

- $$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

$$= \frac{(540346640,79 + 266773299,74) \text{ Nmm}}{8350 \text{ mm}} + 168092,47 \text{ N}$$

$$= 271569,39 \text{ N}$$

- Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm}$$

$$= 232599,51 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$V_{S_{min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm}$$

$$= 84933,33 \text{ N}$$

$$V_{S_{max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm}$$

$$= 465199,03 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\
 &= 930398,05 \text{ N}
 \end{aligned}$$

• Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

$$\text{bila: } V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 2**

$$\text{bila: } 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 3,**

$$\text{bila: } \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$$

- **Kondisi 4,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$$

- **Kondisi 5,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$$

Kontrol :

- **Kondisi 1**

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\
 271569,39 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 232599,51 \text{ N} \\
 271569,39 \text{ N} &\leq 87224,82 \text{ N} \quad \text{(Tidak Oke)}
 \end{aligned}$$

- **Kondisi 2**

$$\begin{aligned}
 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\
 87224,82 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 0,75 \cdot x \\
 232599,51 \text{ N} & \\
 87224,82 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 174449,63 \text{ N}
 \end{aligned}$$

(Tidak Oke)

- Kondisi 3

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \\ 174449,63 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 0,75 \times \\ &(232599,51 \text{ N} + 84933,33 \text{ N}) \\ 174449,63 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 238149,63 \text{ N} \\ &\text{(Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- Kondisi 4

$$\begin{aligned} \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) &\leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \\ 238149,63 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 0,75 \times \\ &(232599,51 \text{ N} + 465199,03 \text{ N}) \\ 238149,63 \text{ N} &\leq 271569,39 \text{ N} \leq 523348,91 \text{ N} \\ &\text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Penulangan geser kondisi = 4

$$\begin{aligned} V_{\text{Sperlu}} &= \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi} \\ &= \frac{271569,39 \text{ N} - (0,75 \times 232599,51 \text{ N})}{0,75} \\ &= 129493,01 \text{ N} \end{aligned}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{v_{\min}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $A_v/s = V_{\text{sperlu}} / d \cdot f_{yv}$
 $= 129493,01 \text{ N} / 637 \text{ mm} \cdot 240 \text{ Mpa}$
 $= 0,847$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{2 \frac{A_t}{s} + \frac{a_v}{s}}$
 $= \frac{226,19 \text{ mm}^2}{2 \cdot 0,561 + 0,847}$
 $= 114,87 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$125 \text{ mm} \leq 159,25 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$125 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$125 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$125 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipasang ϕ 12-125 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

➤ **Daerah Lapangan**

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor lapangan adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Lapangan

- $V_u = 141875,30 \text{ N (Output SAP)}$

- $$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times ((\frac{1}{2} \times L_n) - (\frac{1}{4} \times L_n))}{\frac{1}{2} \times L_n}$$

$$= \frac{271569,39 \text{ N} \times ((\frac{1}{2} \times 8350 \text{ mm}) - (\frac{1}{4} \times 8350 \text{ mm}))}{\frac{1}{2} \times 8350 \text{ mm}}$$

$$= 135784,69 \text{ N}$$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\ &= 232599,51 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\ &= 84933,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\ &= 465199,03 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 637 \text{ mm} \\ &= 930398,05 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

bila: $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$

- **Kondisi 2**

bila: $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

- **Kondisi 3,**

bila: $\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$

- **Kondisi 4,**

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$

- **Kondisi 5,**

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$

Kontrol :

- Kondisi 1

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 135784,69 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 232599,51 \text{ N} \\ 135784,69 \text{ N} &\leq 87224,82 \text{ N} \quad \text{(Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- Kondisi 2

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\ 87224,82 \text{ N} &\leq 135784,69 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 232599,51 \text{ N} \\ 87224,82 \text{ N} &\leq 135784,69 \text{ N} \leq 174449,63 \text{ N} \\ \text{(Oke)} \end{aligned}$$

• Penulangan geser kondisi = 1

$$\begin{aligned} V_{\text{Sperlu}} &= V_{\text{Smin}} \\ &= 84933,33 \text{ N} \end{aligned}$$

• Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{v\text{min}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad A_v/s &= bw / 3 \cdot f_{yv} \\ &= 400 \text{ mm} / 3 \cdot 240 \text{ Mpa} \\ &= 0,555 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v}{2 \frac{A_t}{s} + \frac{a_v}{s}} \\ &= \frac{226,19 \text{ mm}^2}{2 \cdot 0,561 + 0,555} \\ &= 134,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

• Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$150 \text{ mm} \leq 159,25 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipasang ϕ 12-150 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

C. Perhitungan Panjang penyaluran dan kontrol retak

Gaya Tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan.

1. Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$\frac{\lambda d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \times \sqrt{f_c'}}$$

Dimana :

λ_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi Tarik.

d_b = diameter tulangan

α = faktor lokasi penulangan = 1

β = faktor pelapis = 1,5

λ = faktor digunakan agregat ringan = 1

$$\lambda_d = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times d_b}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 22}{5 \times \sqrt{30}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 1445,99 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{reduksi}} = \frac{\text{As perlu}}{\text{As pasang}} \times \lambda_d$$

$$= \frac{2623,69}{2660,93} \times 1445,99$$

$$= 1425,75 \text{ mm} \approx 1500 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi Tarik 1500 mm

2. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm.

Panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau berakhir dengan kaitan adalah :

$$\lambda_{hd} = \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \times d_b$$

$$= \frac{100 \times 22 \text{ mm}}{\sqrt{30 \text{ Mpa}}} \geq 8 \times d_b$$

$$= 401,66 \text{ mm} \geq 176 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hd \text{ modifikasi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{hd} && \geq 150 \text{ mm} \\
 &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_{hd} && \geq 150 \text{ mm} \\
 &= \frac{2623,69}{2660,93} \times 401,66 && \geq 150 \text{ mm} \\
 &= 396,04 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 400 mm

3. Panjang tulangan dalam kondisi tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm.

$$\begin{aligned}
 \lambda_{db} &= \frac{db \times fy}{4 \times \sqrt{fc'}} && \geq 0,04 \cdot db \cdot fy \\
 &= \frac{22 \text{ mm} \times 400 \text{ Mpa}}{4 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}}} && \geq 0,04 \cdot db \cdot fy \\
 &= 401,66 \text{ mm} && \geq 352 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hd \text{ modifikasi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{db} && \geq 200 \text{ mm} \\
 &= \frac{As' \text{ perlu}}{As' \text{ pasang}} \times \lambda_{db} && \geq 200 \text{ mm} \\
 &= \frac{674,64}{1140,40} \times 401,66 && \geq 200 \text{ mm} \\
 &= 237,61 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 250 mm

4. Kontrol retak

$$z = fs \sqrt[3]{dcA}$$

Apabila, $z \leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur dalam ruangan dan $z \leq 25 \text{ MN/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

Perhitungan Kontrol Retak :

$$d_c = \text{decking} + 0,5 \varnothing_{\text{tulangan}}$$

$$= 40 \text{ mm} + (0,5 \times 22)$$

$$= 51 \text{ mm}$$

$$A = \frac{2d_c \times b_w}{n}$$

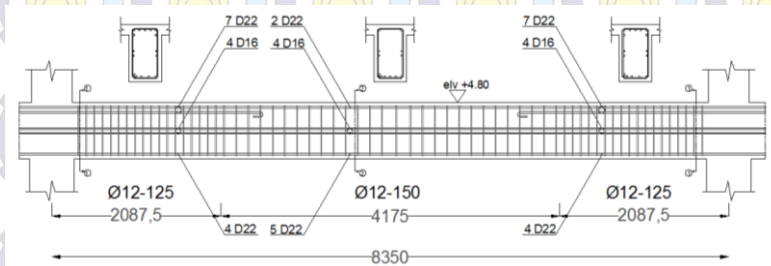
$$= \frac{2 \times 51 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}}{7}$$

$$= 5828,57 \text{ mm}^3$$

$$z = 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{51 \times 5828,57}$$

$$= 16017,27 \text{ N/mm}$$

$$= 16,01727 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m} \dots \text{OK}$$

D. Penulangan balok induk

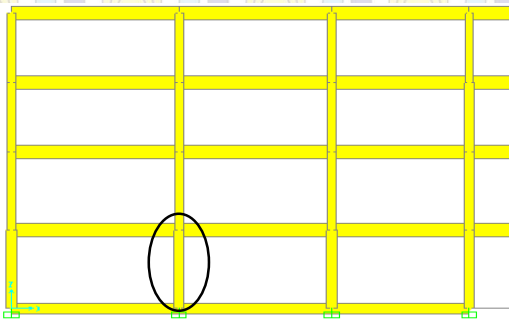
Gambar 4.38 penulangan balok induk 40/70

4.3.5 Penulangan Kolom

Perhitungan tulangan kolom K1 dengan dimensi 550 mm x 550 mm yang berada di AS 2 joint B Adapun data-data perencanaan, gambar denah kolom, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar kolom adalah sebagai berikut:

A. Data Perencanaan :

- Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur = 400 Mpa
 - Kuat leleh tulangan geser = 240 Mpa
 - Berat jenis beton = 2400 kg/m³
 - Berat jenis baja tulangan (E_s) = 200000 Mpa
 - Dimensi kolom (b_{Kolom}) = 550 mm
 - Dimensi kolom (h_{Kolom}) = 550 mm
 - Tebal selimut beton = 40 mm
 - Diameter tulangan lentur (\emptyset) = 22 mm
 - Diameter tulangan geser (\emptyset) = 12 mm
- Gambar denah kolom



Gambar 4.39 Letak kolom yang ditinjau

B. Perhitungan Tulangan

1. Penulangan Aksial dan Lentur Kolom

Berikut perhitungan tulangan kolom K1 lantai 1 (Elv.0.00 - 4.80), As 2 joint B sebagai berikut:

➤ **Momen X**

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

• Aksial :

$$P_{DL} = 1673320.97 \text{ N}$$

$$P_{LL} = 464661.91 \text{ N}$$

$$P_u = (1.2 P_{DL} + 1.6 P_{LL}) \\ = 2751444,22 \text{ N}$$

• Momen akibat pengaruh beban Gempa :

M_{1s} = Momen ujung terfaktor terkecil pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar (SNI 2847:2013)

M_{2s} = Momen ujung terfaktor terbesar pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar (SNI 2847:2013)

Akibat Combo Gempa X :

$$M_{1s} = 480093900 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 412194490 \text{ Nmm}$$

- Momen akibat pengaruh beban grafitasi :

M_{1ns} = Momen ujung terfaktor terkecil pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar. (SNI 2847:2013)

M_{2ns} = Momen ujung terfaktor terbesar pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar. (SNI 2847:2013)

Akibat Combo :

$$M_{1ns} = 36745372.49 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 47314643,00 \text{ Nmm}$$

- Kelangsingan Kolom :

- Kontrol Kelangsingan Kolom

B_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$B_d = \frac{1,2 \times P \text{ DL}}{(1,2 \times P \text{ DL}) + (1,6 \times P \text{ LL})}$$

$$= \frac{2007985,16}{2751444,22}$$

$$= 0,730$$

- Panjang Tekuk Kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right) \text{kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right) \text{balok}}$$

Untuk kolom 55/55 :

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 550 \times (550)^3 \\ &= 5337864583 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_k &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5337864583}{1 + 0,730} \\ &= 31775460544385 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/80 :

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 400 \times (800)^3 \\ &= 5973333333 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5973333333}{1 + 0,730} \\ &= 35558305140305 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/70 :

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 400 \times (700)^3 \\ &= 4001666667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 4001666667}{1 + 0,730} \\ &= 23821286451415 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/80 :

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 400 \times (800)^3 \\ &= 5973333333 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5973333333}{1 + 0,730} \\ &= 35558305140305 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/70 :

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 400 \times (700)^3 \\ &= 4001666667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\ &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 4001666667}{1 + 0,730} \\ &= 23821286451415 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik factor panjang efektif k.

Kolom atas

$$\Psi = \frac{\sum EI_k/L}{\sum EI_b/L}$$

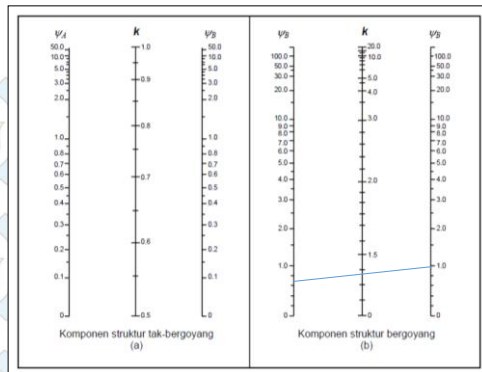
$$= \frac{6619887613 + 6619887613}{3963252914 + 4355500385 + 6526379850 + 2852848677}$$

$$= 0,748$$

Kolom bawah

$$\Psi = \frac{\sum EI_k/L}{\sum EI_b/L}$$

$$= 1 \text{ (karena menumpu pada pondasi)}$$



Gambar 4.40 Grafik aligment

Dari grafik aligment didapatkan $K = 0,95$

- Inersia Kolom :

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 550 \text{ mm} \times (550 \text{ mm})^3 \\ &= 7625520833 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- $A = b \times h$
 $= 550 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$
 $= 302500 \text{ mm}^2$

- Radius girasi

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I_g}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{7625520833}{302500}} \\ &= 158,77 \end{aligned}$$

- Kontrol kelangsingan kolom :

$$\frac{K \times \lambda u}{r} \leq 22$$

$$\frac{0,95 \times 4800}{158,77} \leq 22$$

$$28,721 \geq 22 \quad (\text{Maka termasuk kolom langsing})$$

- Menghitung Factor Pembesaran Momen :
Jumlah kolom (n) = 16 buah

$$P_u = 2751444,22 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 16 \times 2751444,22 \text{ N} \\ &= 44023107,52 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times E I k}{(k \times L u)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 31775460544385}{(0,95 \times 4800)^2} \\ &= 15082103,48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= n \times P_c \\ &= 16 \times 15082103,48 \text{ N} \\ &= 241313654,4 \text{ N} \end{aligned}$$

- Faktor pembesaran Momen (δ)

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{1 - \left(\frac{\Sigma P_u}{0,75 \times \Sigma P_c} \right)} \geq 1 \\ &= \frac{1}{1 - \left(\frac{4489107,65}{0,75 \times 241313654,4} \right)} \geq 1 \\ &= 1,32 \geq 1 \end{aligned}$$

Sehingga faktor pembesaran momen yang digunakan $\delta_s = 1,32$

- Nilai momen akibat factor pembesaran momen :

$$\begin{aligned} M1 &= M1_{ns} + (\delta_s \times M1_s) \\ &= 36745372,49 + (1,32 \times 480093900,00) \\ &= 671153643 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M2 &= M2_{ns} + (\delta_s \times M2_s) \\ &= 147314643,00 + (1,32 \times 412194490,00) \\ &= 591998908,97 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$M_u = 671153643 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 27514444,22 \text{ N}$$

- Cek Kondisi Balance :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{tul.lentur} \\ &= 550 - 40 - 12 - 22/2 = 487 \text{ mm} \end{aligned}$$

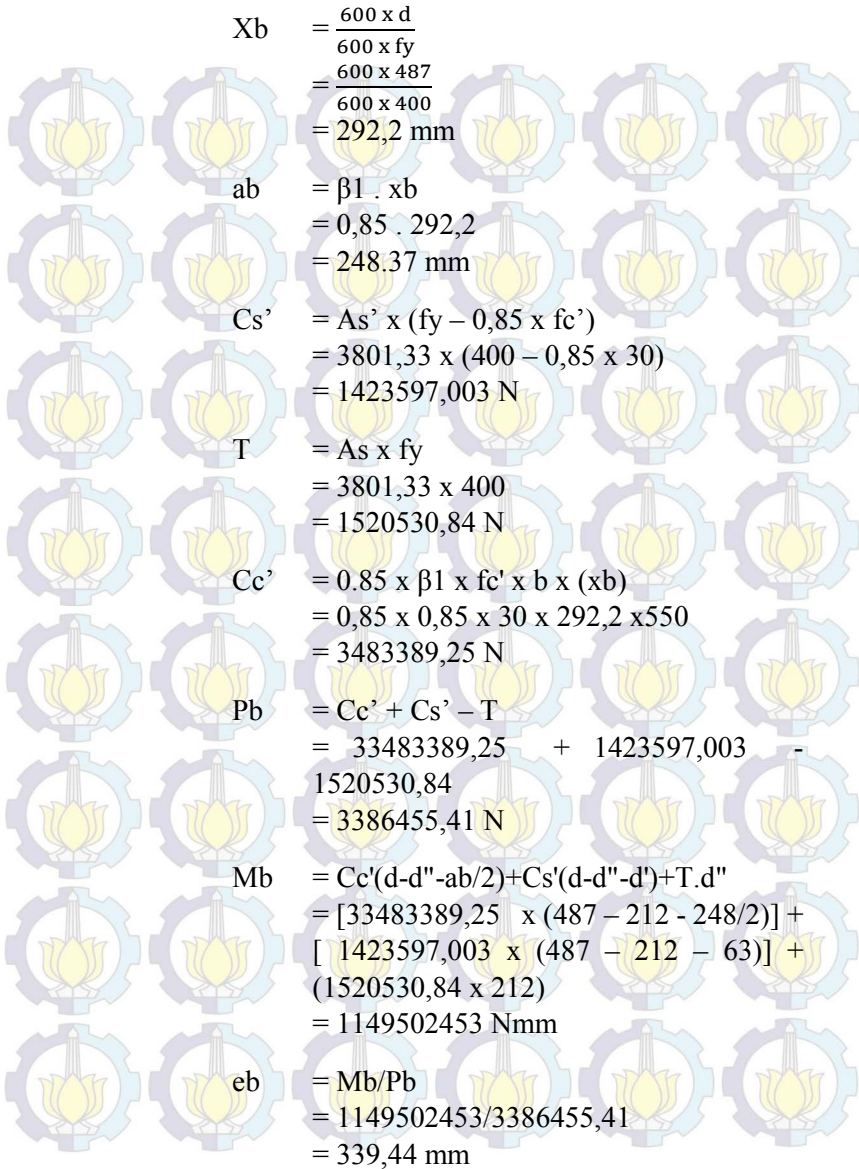
$$\begin{aligned} d' &= \text{cover} + \text{tul.geser} + \frac{1}{2} \text{tul.lentur} \\ &= 40 + 12 + 22/2 = 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{tul.lentur} - \frac{1}{2} h \\ &= 400 - 40 - 12 - 22/2 - 275 = 212 \text{ mm} \end{aligned}$$

Coba digunakan tulangan 20 D 22

$$\begin{aligned} A_s &= A_s' = 10 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\ &= 10 \times (1/4 \times \pi \times 22^2) \\ &= 3801,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{min} &= (15 + 0,03h) \\ &= [15 + (0,03 \times 550)] \\ &= 31,5 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600 \times d}{600 \times f_y} \\
 &= \frac{600 \times 487}{600 \times 400} \\
 &= 292,2 \text{ mm} \\
 a_b &= \beta_1 \cdot x_b \\
 &= 0,85 \cdot 292,2 \\
 &= 248,37 \text{ mm} \\
 C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 3801,33 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 1423597,003 \text{ N} \\
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 3801,33 \times 400 \\
 &= 1520530,84 \text{ N} \\
 C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 292,2 \times 550 \\
 &= 3483389,25 \text{ N} \\
 P_b &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 33483389,25 + 1423597,003 - \\
 &\quad 1520530,84 \\
 &= 3386455,41 \text{ N} \\
 M_b &= C_c'(d-d''-a_b/2) + C_s'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= [33483389,25 \times (487 - 212 - 248/2)] + \\
 &\quad [1423597,003 \times (487 - 212 - 63)] + \\
 &\quad (1520530,84 \times 212) \\
 &= 1149502453 \text{ Nmm} \\
 e_b &= M_b/P_b \\
 &= 1149502453/3386455,41 \\
 &= 339,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{1032544066,16}{4232991,11}$$

$$= 243,93 \text{ mm}$$

$$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$31,5 \text{ mm} < 243,93 \text{ mm} < 339,44 \text{ mm}$$

(Tekan menentukan)

- Kondisi tekan menentukan :

$$e < e_b$$

$$243,93 \text{ mm} < 339,44 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Diambil nilai, } x = 300 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot X$$

$$= 0,85 \times 300$$

$$= 255 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y, (f_y > f_s = 400 \text{ MPa})$$

$$\epsilon_s = [(d/x) - 1] \times 0,003$$

$$= [(487/185) - 1] \times 0,003$$

$$= 0,002$$

$$f_s = [(d/x) - 1] \times 600$$

$$= [(487/300) - 1] \times 600$$

$$= 374 \text{ Mpa}$$

$$f_s < f_y$$

$$374 < 400 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

$$\epsilon_y = f_s / E_s$$

$$= 374 \text{ Mpa} / 200000 \text{ Mpa}$$

$$= 0,002$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 3801,33 \times (400 - 0,85 \times 30) \\ &= 1423597,003 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times X \times \beta_1 \\ &= 0,85 \times 30 \times 550 \times 300 \times 0,85 \\ &= 3576375 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_s \\ &= 3801,33 \times 374 \text{ Mpa} \\ &= 1421696,34 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= C_c' + C_s' - T \\ &= 3576375 + 1423597,003 - 1421696,34 \\ &= 3578275,66 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P > P_b$$

$$3578275,66 \text{ N} > 3386455,41 \text{ N} \text{ (Oke)}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c'(d-d''-a/2) + C_s'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\ &= [3576375 \times (487-212-255/2)] + \\ &\quad [1423597,003 \times (487-212-63)] + \\ &\quad (1421696,34 \times 212) \\ &= 1130717501 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

• Cek syarat :

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &\geq M_u \\ 0,65 \cdot 1130717501 \text{ Nmm} &\geq 671153643 \text{ Nmm} \\ 734966375,7 \text{ Nmm} &\geq 671153643 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(memenuhi)

Jadi dapat digunakan tulangan utama pada arah x kolom sebesar 20 D 22

➤ Momen Y

Dari hasil output SAP didapatkan sebagai berikut :

- Aksial :

$$P_{DL} = 1673320.97 \text{ N}$$

$$P_{LL} = 464661.91 \text{ N}$$

$$P_u = (1.2 P_{DL} + 1.6 P_{LL}) \\ = 2751444.22 \text{ N}$$

- Momen akibat pengaruh beban Gempa :

M_{1s} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar. (SNI 2847:2013)

M_{2s} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar. (SNI 2847:2013)

Akibat Combo Gempa Y :

$$M_{1s} = 5881924.47 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 60374666.30 \text{ Nmm}$$

- Momen akibat pengaruh beban grafitasi :

M_{1ns} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar (SNI 2847:2013)

M_{2ns} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M_2 bekerja, akibat beban yang

mengakibatkan goyangan samping tidak besar (SNI 2847:2013)

Akibat Combo :

$$M_{1ns} = 61569238,00 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 114038529,40 \text{ Nmm}$$

• Kelangsingan Kolom :

- Kontrol Kelangsingan Kolom

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\begin{aligned} \beta_d &= \frac{1,2 \times P \text{ DL}}{(1,2 \times P \text{ DL}) + (1,6 \times P \text{ LL})} \\ &= \frac{2007985,16}{2751444,22} \\ &= 0,730 \end{aligned}$$

- Panjang Tekuk Kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda}\right)_{\text{balok}}}$$

Untuk kolom 55/55 :

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d}$$

$$\begin{aligned} I_k &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times 1/12 \times 550 \times (550)^3 \\ &= 5337864583 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_{c'}} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_k &= \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5337864583}{1 + 0,730} \\
 &= 31775460544385 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/80 :

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 400 \times (800)^3 \\
 &= 5973333333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30} \\
 &= 25742,96 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 597333333}{1 + 0,730} \\
 &= 35558305140305 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/70 :

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 400 \times (700)^3 \\
 &= 4001666667 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30} \\
 &= 25742,96 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 4001666667}{1 + 0,730} \\
 &= 23821286451415 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/80 :

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 400 \times (800)^3 \\
 &= 5973333333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30} \\
 &= 25742,96 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 5973333333}{1 + 0,730} \\
 &= 35558305140305 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk balok 40/70 :

$$\begin{aligned}
 EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d} \\
 I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 400 \times (700)^3 \\
 &= 4001666667 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30} \\
 &= 25742,96 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EIb &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 4001666667}{1 + 0,730} \\
 &= 23821286451415 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik factor panjang efektif k.

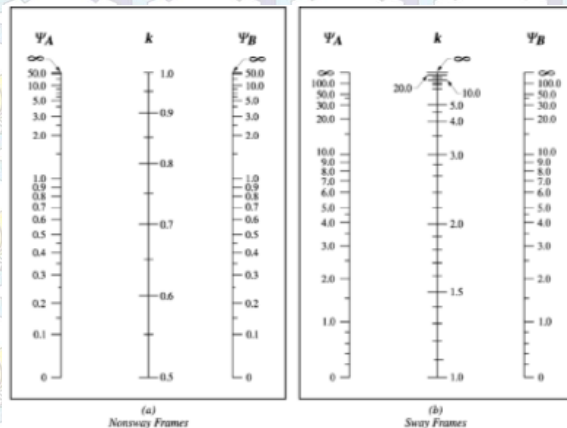
Kolom atas

$$\begin{aligned}
 \Psi &= \frac{\sum EI_k/L}{\sum EI_b/L} \\
 &= \frac{6619887613 + 6619887613}{3963252914 + 4355500385 + 6526379850 + 2852848677}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,748
 \end{aligned}$$

Kolom bawah

$$\begin{aligned}
 \Psi &= \frac{\sum EI_k/L}{\sum EI_b/L} \\
 &= 1 \text{ (karena menumpu pada pondasi)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.41 Grafik alignment

Dari grafik alignment didapatkan $K = 0,95$

• Inersia Kolom :

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 550 \text{ mm} \times (550 \text{ mm}^3) \\ &= 7625520833 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

• A

$$\begin{aligned} &= b \times h \\ &= 550 \text{ mm} \times 550 \text{ mm} \\ &= 302500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Radius girasi

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I_g}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{7625520833}{302500}} \\ &= 158,77 \end{aligned}$$

• Kontrol kelangsingan kolom :

$$\begin{aligned} \frac{K \times \lambda_u}{r} &\leq 22 \\ \frac{0,95 \times 4800}{158,77} &\leq 22 \\ 28,721 &\geq 22 \quad (\text{Maka termasuk kolom langsing}) \end{aligned}$$

• Menghitung Factor Pembesaran Momen :

Jumlah kolom (n) = 16 buah

$$P_u = 2751444,22 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n \times P_u \\ &= 16 \times 2751444,22 \text{ N} \\ &= 44023107,52 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_c &= \frac{\pi^2 \times E I_k}{(k \times L_u)^2} \\
 &= \frac{\pi^2 \times 31775460544385}{(0,95 \times 4800)^2} \\
 &= 15082103,48 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma P_c &= n \times P_c \\
 &= 16 \times 15082103,48 \text{ N} \\
 &= 241313654,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Faktor pembesaran Momen (δ)

$$\begin{aligned}
 \delta_s &= \frac{1}{1 - \left(\frac{\Sigma P_u}{0,75 \times \Sigma P_c} \right)} \geq 1 \\
 &= \frac{1}{1 - \left(\frac{4489107,65}{0,75 \times 241313654,4} \right)} \geq 1 \\
 &= 1,32 \geq 1
 \end{aligned}$$

Sehingga faktor pembesaran momen yang digunakan $\delta_s = 1,32$

- Nilai momen akibat factor pembesaran momen :

$$\begin{aligned}
 M_1 &= M_{1ns} + (\delta_s \times M_{1s}) \\
 &= 61569238,00 + (1,32 \times 5881924,47) \\
 &= 69341762,35 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= M_{2ns} + (\delta_s \times M_{2s}) \\
 &= 114038529,40 + (1,32 \times 60374666,30) \\
 &= 193819146,55 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_u = 193819146,55 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 27514444,22 \text{ N}$$

• Cek Kondisi Balance :

$$d = h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{tul.lentur}$$

$$= 550 - 40 - 12 - 22/2 = 487 \text{ mm}$$

$$d' = \text{cover} + \text{tul.geser} + \frac{1}{2} \text{tul.lentur}$$

$$= 40 + 12 + 22/2 = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{tul.lentur} - \frac{1}{2} h$$

$$= 400 - 40 - 12 - 22/2 - 275 = 212 \text{ mm}$$

Coba digunakan tulangan 20 D 22

$$A_s = A_s' = 10 \times (1/4 \times \pi \times d^2)$$

$$= 10 \times (1/4 \times \pi \times 22^2)$$

$$= 3801,33 \text{ mm}^2$$

$$e_{\min} = (15 + 0,03h)$$

$$= [15 + (0,03 \times 550)]$$

$$= 31.5 \text{ mm}$$

$$X_b = \frac{600 \times d}{600 \times f_y}$$

$$= \frac{600 \times 487}{600 \times 400}$$

$$= 292,2 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot x_b$$

$$= 0,85 \cdot 292,2$$

$$= 248.37 \text{ mm}$$

$$C_s' = A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c')$$

$$= 3801,33 \times (400 - 0,85 \times 30)$$

$$= 1423597,003 \text{ N}$$

$$T = A_s \times f_y$$

$$= 3801,33 \times 400$$

$$= 1520530,84 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0.85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times (x_b) \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 292,2 \times 550 \\
 &= 3483389,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 33483389,25 + 1423597,003 - 1520530,84 \\
 &= 3386455,41 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= Cc'(d-d''-ab/2) + Cs'(d-d''-d'') + T \cdot d'' \\
 &= [33483389,25 \times (487 - 212 - 248/2)] + \\
 &\quad [1423597,003 \times (487 - 212 - 63)] + \\
 &\quad (1520530,84 \times 212) \\
 &= 1149502453 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= 1149502453 / 3386455,41 \\
 &= 339,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{perlu}} &= \frac{M_u}{P_u} \\
 &= \frac{298183302,38}{4232991,11} \\
 &= 70,443 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{min}} &< e_{\text{perlu}} < e_b \\
 31,5 \text{ mm} &< 70,443 \text{ mm} < 339,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Tekan menentukan)

- Kondisi tekan menentukan :

$$\begin{aligned}
 e &< e_b \\
 70,443 \text{ mm} &< 339,44 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Diambil nilai, $x = 300 \text{ mm}$

$$a = 0,85 \cdot X$$

$$= 0,85 \times 300$$

$$= 255 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y, (f_y > f_s = 400 \text{ MPa})$$

$$\epsilon_s = [(d/x) - 1] \times 0,003$$

$$= [(487/185) - 1] \times 0,003$$

$$= 0,002$$

$$f_s = [(d/x) - 1] \times 600$$

$$= [(487/300) - 1] \times 600$$

$$= 374 \text{ Mpa}$$

$$f_s < f_y$$

$$374 < 400 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

$$\epsilon_y = f_s / E_s$$

$$= 374 \text{ Mpa} / 200000 \text{ Mpa}$$

$$= 0,002$$

$$C_s' = A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c')$$

$$= 3801,33 \times (400 - 0,85 \times 30)$$

$$= 1423597,003 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times X \times \beta_1$$

$$= 0,85 \times 30 \times 550 \times 300 \times 0,85$$

$$= 3576375 \text{ N}$$

$$T = A_s \times f_s$$

$$= 3801,33 \times 374 \text{ Mpa}$$

$$= 1421696,34 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 P &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 3576375 + 1423597,003 - 1421696,34 \\
 &= 3578275,66 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &> P_b \\
 3578275,66 \text{ N} &> 3386455,41 \text{ N (Oke)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cc'(d-d''-a/2) + Cs'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= [3576375 \times (487-212-255/2)] + \\
 &\quad [1423597,003 \times (487-212-63)] + \\
 &\quad (1421696,34 \times 212) \\
 &= 1130717501 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

• Cek syarat :

$$\begin{aligned}
 \emptyset \cdot M_n &\geq M_u \\
 0,65 \cdot 1130717501 \text{ Nmm} &\geq 193819146,55 \text{ Nmm} \\
 734966375,7 \text{ Nmm} &\geq 193819146,55 \text{ Nmm} \\
 \text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

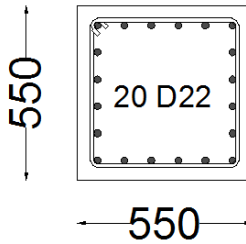
Jadi dapat digunakan tulangan utama pada arah y kolom sebesar 20 D 22

Kesimpulan :

Setelah menghitung nilai momen nominal yang terpasang pada arah x dan arah y maka dipakai tulangan 20 D 22 yang dimana setiap sisi kolom terdapat tulangan 6 D 22

Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas bruto penampang A_g .

Maka direncanakan penulangan kolom 550 x 550 mm peninjauan arah x sebesar 20 D 22 yang disebar sepanjang kanan dan kiri kolom, begitu pula untuk tulangan arah y



Gambar 4.42 Penampang kolom 55 x 55

Luas tulangan yang digunakan :

$$\begin{aligned} A_s &= 20 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\ &= 20 \times (1/4 \times \pi \times 22^2) \\ &= 7605,714 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

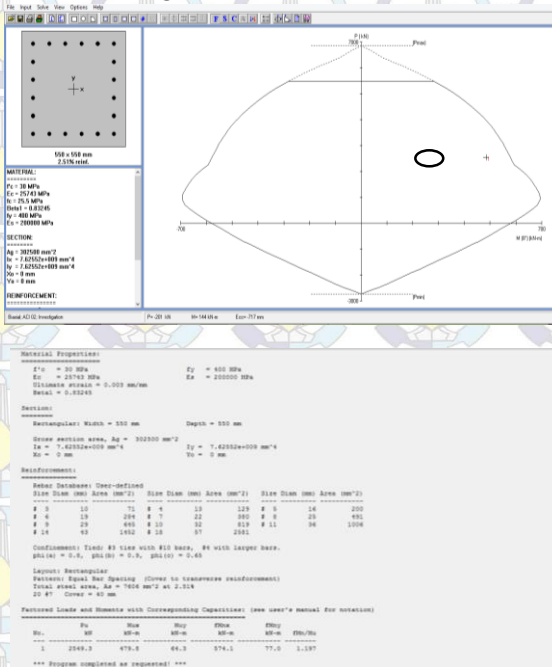
$$\begin{aligned} \% \text{ tul.} &= (A_s \text{ Pasang} / A_{\text{Kolom}}) \times 100\% \\ &= (7605,714 / 302500) \times 100\% \\ &= 2,51\% < 8\% \quad \text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Cek dengan program pcaColumn:

Semua Output perhitungan dimasukkan ke dalam analisa PCA COL, sehingga diperoleh grafik momen berikut :

- Mutu beton f_c' = 30 Mpa
- Mutu baja tulangan f_y = 400 MPa
- BJ baja tulangan E_s = 200000 MPa
- β = 0,85

- Dimensi kolom: $b = 550 \text{ mm}$
 $h = 550 \text{ mm}$
- Tulangan kolom $= 20D22$



Berdasarkan Output dari pcaColumn :

$$M_{ux} = 479,8 \text{ kNm} < M_{nx} = 574,1 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 64,3 \text{ kNm} < M_{ny} = 77,0 \text{ kNm}$$

Jadi kolom dapat menahan gaya lentur dan aksial yang terjadi

2. Penulangan Geser

Berdasarkan hasil output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom K1 sebagai berikut :

- Aksial :

$$P_u = 2751444,22 \text{ N}$$

$$d = h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{ tul.lentur} \\ = 550 - 40 - 12 - 22/2 = 487 \text{ mm}$$

$$d' = \text{cover} + \text{tul.geser} + \frac{1}{2} \text{ tul.lentur} \\ = 40 + 12 + 22/2 = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = h - \text{cover} - \text{tul.geser} - \frac{1}{2} \text{ tul.lentur} - \frac{1}{2} h \\ = 400 - 40 - 12 - 22/2 - 275 = 212 \text{ mm}$$

- Gaya lintang pada kolom untuk SRPMM :

Momen nominal pasang top Kolom :

$$M_{nt} = 574100000 \text{ Nmm}$$

Momen nominal pasang bottom Kolom :

$$M_{nb} = 574100000 \text{ Nmm}$$

Gaya lintang Kolom :

$$V_u = (M_{nt} + M_{nb})/h_n \\ = (574100000 + 574100000)/4800 \\ = 239208,33 \text{ N}$$

- $V_n = V_u/\phi$
 $= 239208,33 \text{ N}/0,75$
 $= 318944,44 \text{ N}$

- Kuat geser pada beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left[1 + \frac{P_u}{14A_g} \right] \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] b_w \times d \\
 &= \left[1 + \frac{2751444,22}{14(550 \times 550)} \right] \left[\frac{\sqrt{30}}{6} \right] 550 \times 487 \\
 &= 403370,20 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min.}} &= 1/3 \times b_w \times d \\
 &= 1/3 \times 550 \times 487 \\
 &= 89283,333 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ max}} &= 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= 1/3 \times \sqrt{30} \times 550 \times 487 \\
 &= 489024,957 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{s \text{ max}} &= 2/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= 2/3 \times \sqrt{30} \times 550 \times 487 \\
 &= 978049,914 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

$$\text{bila: } V_u \leq 0,5 \cdot \varphi \cdot V_c$$

- **Kondisi 2**

$$\text{bila: } 0,5 \cdot \varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot V_c$$

- **Kondisi 3,**

$$\text{bila: } \varphi \cdot V_c \leq V_u \leq \varphi \cdot (V_c + V_{s \text{ min}})$$

- **Kondisi 4,**

$$\text{bila: } \varphi \cdot (V_c + V_{s \text{ min}}) \leq V_u \leq \varphi \cdot (V_c + V_{s \text{ max}})$$

- **Kondisi 5,**

$$\text{bila: } \varphi \cdot (V_c + V_{s \text{ max}}) \leq V_u \leq \varphi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{s \text{ max}})$$

Kontrol :

- Kondisi 1

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 239208,33 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 403370,20 \text{ N} \\ 239208,33 \text{ N} &\leq 151263,82 \text{ N} \text{ (Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- Kondisi 2

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &\leq V_u \leq \phi \cdot V_c \\ 151263,82 \text{ N} &\leq 239208,33 \text{ N} \leq 0,75 \cdot x \cdot 403370,20 \text{ N} \\ 151263,82 \text{ N} &\leq 239208,33 \text{ N} \leq 302527,65 \text{ N} \\ \text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Penulangan geser kondisi = 2

$$\begin{aligned} V_{\text{perlu}} &= V_{\text{Smin}} \\ &= 89283,333 \text{ N} \end{aligned}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$\begin{aligned} A_{V_{\text{min}}} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times 3}{b_w}$
 $= \frac{226,19 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Mpa} \times 3}{550 \text{ mm}}$
 $= 296,11 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai}} &\leq d/2 \\ S_{\text{pakai}} &\leq 600 \end{aligned}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D_{lentur}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \phi_{geser}$$

$$S_{pakai} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$150 \text{ mm} \leq 243,5 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 288,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

- Panjang Lo tidak boleh kurang dari :

- Seperenam tinggi bersih kolom :

$$Lo = 1/6 \times Ln$$

$$= 1/6 \times 4800$$

$$= 800 \text{ mm}$$

- dimensi terbesar penampang kolom

$$Lo = 550 \text{ mm}$$

- $Lo > 500 \text{ mm}$

$$\text{Maka } Lo = 800 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

- Spasi sengkang ikat sebarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times So = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

3. Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom

$$0,07 \times f_y \times db \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \times 400 \text{ Mpa} \times 22 \geq 300 \text{ mm}$$

$$1616 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 650 mm

4. Perhitungan penyaluran tulangan kolom

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y}{10 \times \sqrt{f_c'}} \times \frac{\alpha \times \beta \times \gamma \times \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_h}\right)}$$

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai

α = faktor lokasi penulangan

β = faktor pelapis

λ = faktor beton agregat ringan

c = spasi atau dimensi selimut beton

K_{tr} = Indeks tulangan transversal, sebagai penyederhanaan perencanaan, diperbolehkan mengasumsikan $K_{tr} = 0$ bahkan untuk kondisi dimana tulangan transversal dipasang.

Diketahui :

sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.2

α = 1

β = 1,5

λ = 1

d_b = 22 mm

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y}{10 \times \sqrt{f_c'}} \times \frac{\alpha \times \beta \times \gamma \times \lambda}{\left(\frac{c+K_{tr}}{d_h}\right)}$$

$$= \frac{9 \times 400 \text{ Mpa}}{10 \times \sqrt{30}} \times \frac{1 \times 1,5 \times 1 \times 1}{\left(\frac{40 \text{ mm} + 0}{22}\right)}$$

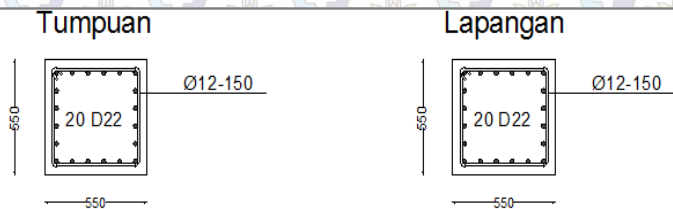
$$= 1192,94 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f_s &= 60\% \times f_y \\ &= 60\% \times 400 \text{ Mpa} \\ &= 240 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

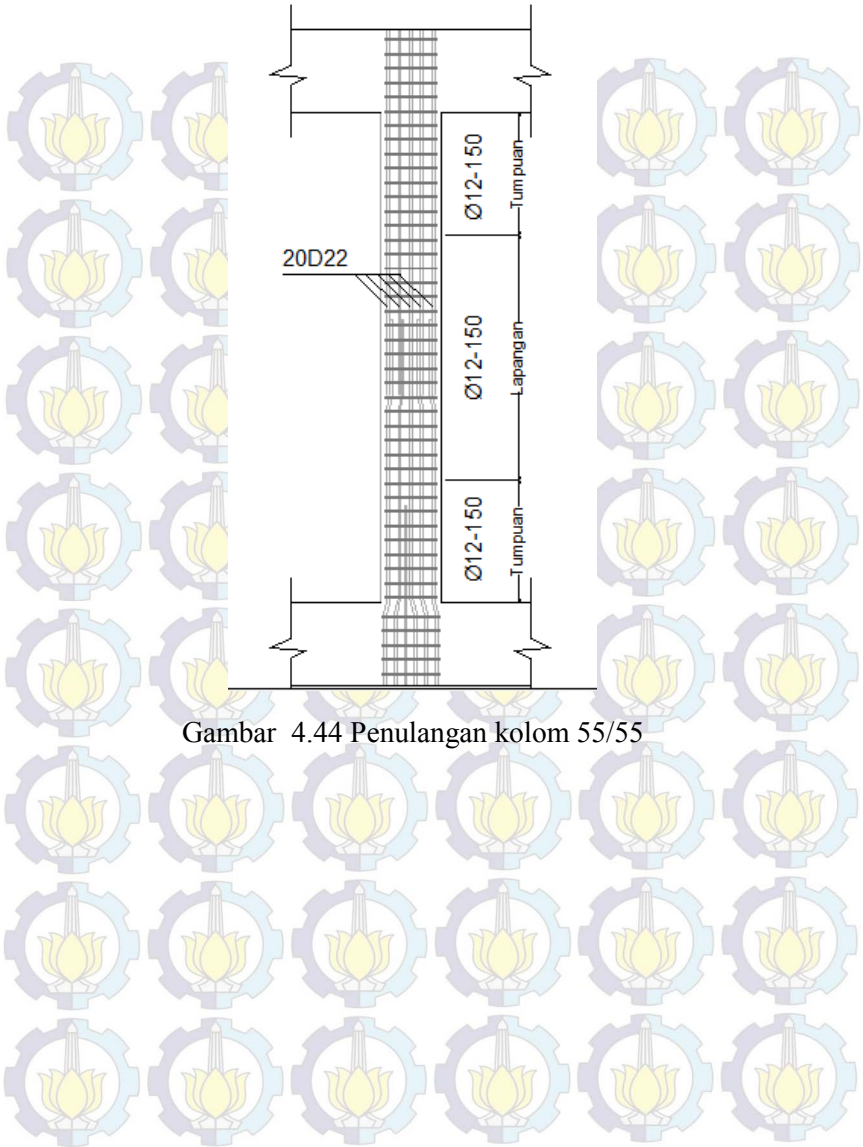
Karena $f_s > 0,5 \times f_y$, maka :

$$\begin{aligned} l_{dpakai} &= 1,3 \times l_d \\ &= 1,3 \times 1192,94 \text{ mm} \\ &= 1550,82 \text{ mm} \approx 1600 \text{ mm} \end{aligned}$$

C. Penulangan kolom



Gambar 4.43 penampang tulangan kolom 55/55



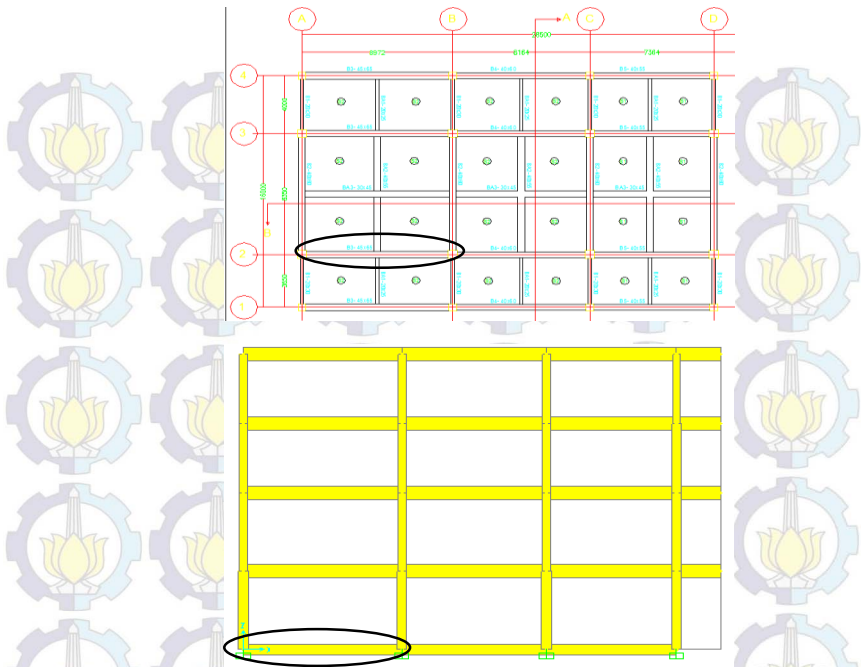
Gambar 4.44 Penulangan kolom 55/55

4.3.6 Penulangan Sloof

Perhitungan tulangan sloof 40/65 As 2 (A-B). Adapun data-data perencanaan, gambar denah pembalokan, hasil output diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar balok induk adalah sebagai berikut:

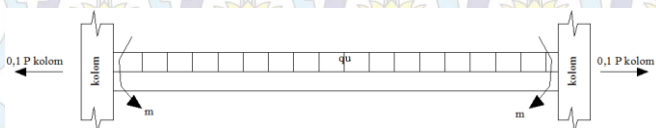
A. Data Perencanaan :

- Tipe sloof = S3 40/65
- As sloof = B (2-3)
- Dimensi sloof (b_{balok}) = 400 mm
- Dimensi sloof (h_{balok}) = 650 mm
- Bentang sloof = 8972 mm
- Kuat tekan beton = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser = 240 Mpa
- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Tebal selimut beton = 50 mm
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan lentur = 0,8
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan geser = 0,75
- Faktor reduksi (ϕ) kekuatan torsi = 0,75
- Faktor β_1 = 0,85
- Diameter tulangan lentur (\emptyset) = 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) = 10 mm
- Diameter tulangan puntir (\emptyset) = 12 mm
- Gambar Denah Sloof



Gambar 4.45 Letak sloof yang ditinjau

B. Perhitungan Tulangan



Gambar 4.46 pembebanan pada sloof

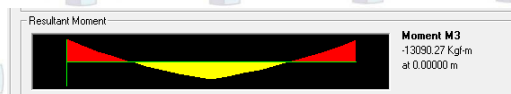
- Tinggi efektif sloof :
 $d = h - \text{decking} - \varnothing_{\text{senggang}} - (\frac{1}{2} \varnothing \text{Tul.lentur})$
 $= 650 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm})$
 $= 579 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \varnothing_{\text{senggang}} + \left(\frac{1}{2} \varnothing \text{ tul.lentur}\right) \\
 &= 50 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm}\right) \\
 &= 71 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Hasil Output gaya dalam pada SAP 2000

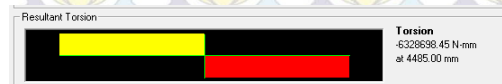
Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Berikut diperoleh hasil gaya dalam yang maksimum :

- Momen lentur yang terjadi pada sloof :
Kombinasi 1,4 D



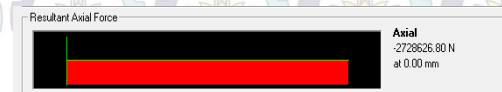
$$M_{u \text{ maksimum}} = 13090.27 \text{ Kgm} = 130902700 \text{ Nmm}$$

- Momen torsi yang terjadi pada sloof :
Kombinasi 1,4 D



$$M_{\text{torsi}} (T_u) = 6328698.45 \text{ Nmm}$$

- Gaya aksial kolom :
Kombinasi 1,2D + 1,0L + 0,3EqX + 1,0EqY



$$P_u \text{ kolom kanan} = 2728626.8 \text{ N}$$

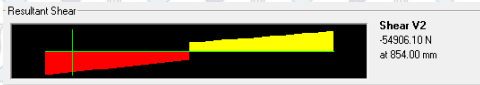


Pu kolom kiri = 1469054.22 N

Maka digunakan nilai p maks antara kolom kiri dan kolom kanan yaitu sebesar :

$$P_{\text{maksimum}} = 2728626.8 \text{ N}$$

- Gaya geser sloof :
Kombinasi 1,2D + 1,0 L



Gaya Geser tumpuan kiri = 54906.1 N



Gaya Geser tumpuan kanan = 51450.95 N



Gaya geser lapangan = 42254.51 N

1. Perhitungan tulangan puntir

- Momen puntir ultimate :
 $T_u = 6328698.45 \text{ Nmm}$
- Momen puntir nominal :
$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$= \frac{6328698.45}{0,75}$$

$$= 8438264,6 \text{ Nmm}$$

- Luas yang dibatasi oleh keliling penampang beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400\text{mm} \times 650\text{mm} \\ &= 260000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling Luar penampang beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400\text{mm} + 650\text{mm}) \\ &= 2100 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $T_{u_{\min}} = \frac{\phi \sqrt{f_{c'}}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$
 $= \frac{0,75 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{12} \left(\frac{260000^2}{2100} \right)$
 $= 11019656,22 \text{ Nmm}$

- Cek pengaruh momen puntir :

Syarat :

$T_{u_{\min}} > T_u \rightarrow$ tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{u_{\min}} < T_u \rightarrow$ memerlukan tulangan puntir

Kontrol :

$$\begin{aligned} T_{u_{\min}} &> T_u \\ 11019656,22 \text{ Nmm} &> 6328698,45 \text{ Nmm} \\ \text{(Tidak memerlukan tulangan puntir)} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Tulangan Lentur

- Akibat kombinasi 1,4 D

$$M_{u_{\max}} = 130902700 \text{ Nmm}$$

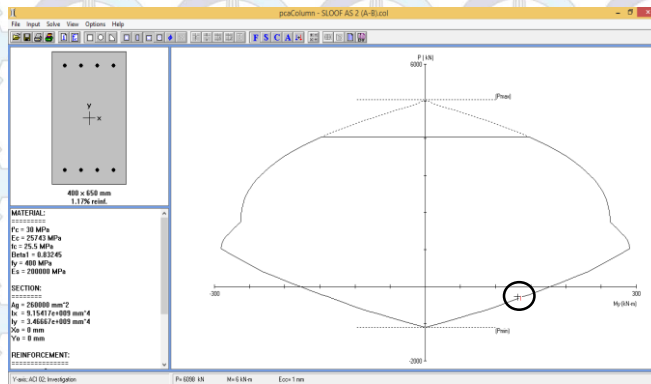
$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{130902700}{0,8} \\
 &= 163628375 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kombinasi diatas, sloof juga akan dihitung terhadap gaya normal 10 % dari gaya aksial terbesar pada kolom. Atau 10 % gaya yang terbesar diantara kedua kolom yang menjepit kanan maupun kiri sloof.

$$P \text{ maksimum} = 2728626,8 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \text{Gaya tarik yang terjadi pada sloof (Pn)} : \\
 P_n &= 10 \% \times P_{\text{maks}} \\
 &= 10 \% \times 2728626,8 \text{ N} \\
 &= 272862,68 \text{ N}
 \end{aligned}$$

• Cek dengan pcaColoumn :



Gambar 4.47 Grafik akibat momen pada program pcaColoumn

```

File Edit View Help
E1 - * 25'43 NHA          E4 = 200000 NHA
Ultimate strain = 0.009 mm/mm
Stress = 0.332424

Reinforce:
Rectangular: Width = 400 mm      Depth = 450 mm
Gross section area, Ag = 240000 mm^2
Ie = 0.1547e+009 mm^4          Iy = 3.4667e+009 mm^4
Ic = 0 mm                       Ix = 0 mm

Reinforcement:
Rebar Database: User-defined
Size Dia (mm) Area (mm^2)      Size Dia (mm) Area (mm^2)      Size Dia (mm) Area (mm^2)
# 3   10   71   # 4   13   129   # 5   14   200
# 6   16   204   # 7   22   380   # 8   25   510
# 9   25   490   # 10  50   2513 # 11  36   1006
# 14  43   1472 # 15  57   2551

Confinement: Tied: #1 size with #10 bars, #1 with larger bars.
phi(cc) = 0.8, phi(st) = 0.9, phi(c) = 0.65

Layout: Rectangular
Reinforce Size Increment (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 2041 mm^2 at 1.17%
              Top              Bottom      Left              Right
Barrs        # 4 7      # 4 7      0 # 3      0 # 3
Cover (mm)   50         50         50         50

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities (see user's manual for notation)
-----
No.      Pu      MuY      MuX      Pn/Mn      Mn/Mn
-----
1       -272.9   130.9    138.7    1.058

*** Program completed as requested ***

```

Gambar 4.48 Analisa dari cek pcaColumn sloof

Momen kapasitas penampang yang dihasilkan pada program pcaColumn sebagai berikut :

- $$\phi M_n \geq \mu_u$$

$$0,8 \cdot 163628375 \text{ Nmm} \geq 130902700 \text{ Nmm}$$

$$130902700 \text{ Nmm} \geq 130902700 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi Pada perencanaan dipasang tulangan sloof sebanyak 8 D 22 dengan rincian :

- 4 D 22 (Tulangan Atas)
- 4 D 22 (Tulangan bawah)

- $$\text{As pasang} = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$$

$$= 1520.53 \text{ mm}^2$$

- $$\text{As' pasang} = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$$

$$= 1520.53 \text{ mm}^2$$

- $$\text{As total pasang} = 3041,06 \text{ mm}^2$$

- Cek Jarak Spasi Tulangan Pakai :

- Kontrol :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{juml.tul.} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 22)}{4 - 1}$$

$$= 69,3 \text{ mm}$$

Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ Susun \geq 1 lapis

Kontrol : $69,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

Maka : Tulangan lentur Tarik susun 1 lapis

Jadi penulangan lentur untuk sloof (40/65) dipakai tulangan tarik 1 lapis 4 D 22 dan tulangan tekan 1 lapis 4 D 22.

3. Penulangan Geser

➤ Daerah Tumpuan

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kiri dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kiri :

- $V_u = 54906,1 \text{ N}$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tarik)

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

As pakai tumpuan kiri (Tul.Tekan)

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

- Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\text{Aspasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(2280,80 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 89,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 59,63 \text{ mm} \\
 &= 608212,34 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- $M_{nl} = Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$
 $= 608212,34 \text{ N} \times \left(579 \text{ mm} - \frac{56,63 \text{ mm}}{2}\right)$
 $= 334021500 \text{ Nmm}$

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor tumpuan kanan dimana diambil sejarak d dari muka kolom adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Tumpuan Kanan :

- $V_u = 51450,95 \text{ N}$

As pakai tumpuan kanan (Tul.Tarik)
 $= 1520,53 \text{ mm}^2$

As pakai tumpuan kanan (Tul.Tekan)
 $= 1520,53 \text{ mm}^2$

- Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\text{Aspasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa})}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\
 &= 59,63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm} \times 59,63 \text{ mm} \\ &= 608212,34 \text{ N} \end{aligned}$$

- $M_{nr} = Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$
 $= 608212,34 \text{ N} \times \left(579 \text{ mm} - \frac{59,63 \text{ mm}}{2}\right)$
 $= 334021500 \text{ Nmm}$

Dari hasil output SAP didapat gaya geser terfaktor tumpuan kanan dan kiri maka digunakan gaya terfaktor tumpuan yang paling besar adapun hasilnya sebagai berikut :

- $V_u = 54906.1 \text{ N}$ (output SAP)

$$M_{nl} = 334021500 \text{ Nmm}$$

$$M_{nr} = 334021500 \text{ Nmm}$$

- $V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$
 $= \frac{(334021500 + 334021500) \text{ Nmm}}{8350 \text{ mm}} + 54906.1 \text{ N}$
 $= 129364,75 \text{ N}$

- Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 211420,91 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 77200 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 422841,81 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 845683,63 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

$$\text{bila: } V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 2**

$$\text{bila: } 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

- **Kondisi 3,**

$$\text{bila: } \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$$

- **Kondisi 4,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$$

- **Kondisi 5,**

$$\text{bila: } \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$$

Kontrol :

- **Kondisi 1**

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 129364,75 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 211420,91 \text{ N} \\ 129364,75 \text{ N} &\leq 79282,84 \text{ N} \quad \text{(Tidak Oke)} \end{aligned}$$

- Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$79282,84 \text{ N} \leq 129364,75 \text{ N} \leq 0,75 \cdot x$$

$$211420,91 \text{ N}$$

$$79282,84 \text{ N} \leq 129364,75 \text{ N} \leq 158565,68 \text{ N}$$

(Oke)

- Penulangan geser kondisi = 2

$$V_{\text{Sperlu}} = V_{\text{Smin}}$$

$$= 77200 \text{ N}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$A_{v\text{min}} = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s}$
- $$= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Mpa} \times 579 \text{ mm}}{77200 \text{ N}}$$
- $$= 282,74 \text{ mm}$$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$100 \text{ mm} \leq 144,75 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$100 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Maka dipasang \varnothing 10-100 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

► **Daerah Lapangan**

Dari hasil output SAP didapatkan gaya geser terfaktor lapangan adapun hasilnya sebagai berikut :

Gaya Geser Lapangan

- $V_u = 42254,51 \text{ N}$ (Output SAP)

- $$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times ((\frac{1}{2} \times L_n) - (\frac{1}{4} \times L_n))}{\frac{1}{2} \times L_n}$$

$$= \frac{42254,51 \text{ N} \times ((\frac{1}{2} \times 8350 \text{ mm}) - (\frac{1}{4} \times 8350 \text{ mm}))}{\frac{1}{2} \times 8350 \text{ mm}}$$

$$= 64682,37 \text{ N}$$

- Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm}$$

$$= 211420,91 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 77200 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 422841,81 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 400 \text{ mm} \times 579 \text{ mm} \\ &= 845683,63 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi :

Syarat perencanaan :

- **Kondisi 1**

bila: $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$

- **Kondisi 2**

bila: $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

- **Kondisi 3,**

bila: $\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}})$

- **Kondisi 4,**

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}})$

- **Kondisi 5,**

bila: $\phi \cdot (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + 2 \cdot V_{S_{\max}})$

Kontrol :

- **Kondisi 1**

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ 64682,37 \text{ N} &\leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 211420,91 \text{ N} \\ 64682,37 \text{ N} &\leq 79282,84 \text{ N} \quad \text{(Oke)} \end{aligned}$$

- Penulangan geser kondisi = 1

$$V_{\text{Sperlu}} = V_{\text{Smin}} \\ = 77200 \text{ N}$$

- Dipakai 2 sengkang

$$A_{v\text{min}} = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ = 157,08 \text{ mm}^2$$

- $S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_{yv} \times d}{V_s}$
 $= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ Mpa} \times 579 \text{ mm}}{77200 \text{ N}}$
 $= 282,74 \text{ mm}$

- Cek spasi tulangan geser :

$$S_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM :

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4 \\ S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}} \\ S_{\text{pakai}} \leq 24 \varnothing_{\text{geser}} \\ S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$150 \text{ mm} \leq 144,75 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 240,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Maka dipasang \varnothing 10-125 mm (dengan sengkang 2 kaki pada tumpuan kanan dan kiri balok sepanjang seperempat bentang bersih balok.

C. Perhitungan Panjang penyaluran

Gaya Tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan.

1. Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \times \sqrt{f_c'}}$$

Dimana :

λ_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi Tarik.

d_b = diameter tulangan

α = faktor lokasi penulangan = 1

β = faktor pelapis = 1,5

λ = faktor digunakan agregat ringan = 1

$$\begin{aligned} \lambda_d &= \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times d_b}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 22}{5 \times \sqrt{30}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= 1445,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{d\text{reduksi}} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As pasang}} \times \lambda_d \\ &= \frac{1520,53}{1520,53} \times 1445,99 \\ &= 1445,99 \text{ mm} \approx 1500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi Tarik 1500 mm

2. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm.

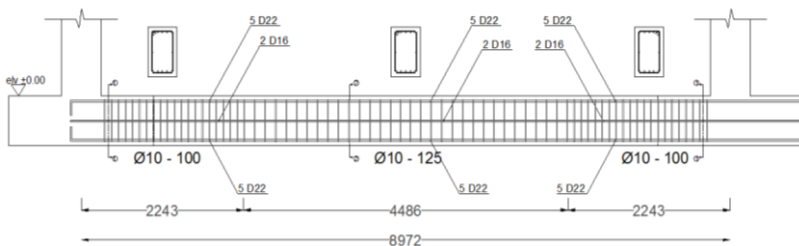
Panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau berakhir dengan kaitan adalah :

$$\begin{aligned}\lambda_{hd} &= \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \times d_b \\ &= \frac{100 \times 22 \text{ mm}}{\sqrt{30 \text{ Mpa}}} \geq 8 \times d_b \\ &= 401,66 \text{ mm} \geq 176 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{hd \text{ modifikasi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{hd} \geq 150 \text{ mm} \\ &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_{hd} \geq 150 \text{ mm} \\ &= \frac{1520,53}{1520,53} \times 401,66 \geq 150 \text{ mm} \\ &= 401,66 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 400 mm

D. Penulangan Sloof



Gambar 4.49 penulangan sloof 40/65

4.3.7 Perhitungan Struktur Bawah

Dalam perencanaan perhitungan struktur bawah harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. maka dari itu diperlukan perencanaan struktur bawah yang aman, efisien, dan ekonomis dalam pelaksanaan

4.3.7.1 Perencanaan Pondasi

Gaya-gaya yang bekerja pada suatu bangunan akan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan dari jenis bangunan *Restaurant pakuwon square* Surabaya. Adapun data perencanaannya sebagai berikut :

A. Data Perencanaan

- F_c' = 30 Mpa
- F_y tulangan utama = 400 MPa
- BJ Beton = 2400 kg/m³
- BJ Baja tulangan (E_s) = 200000 MPa
- Cover = 50 mm
- Faktor reduksi (ϕ) = 0,8
- Faktor β_1 = 0,85
- Diameter bor pile (D) = 300 mm
- Kedalaman bor pile (l) = 9000 mm
- Tulangan utama (\emptyset) = 16 mm
- Tulangan sengkang (\emptyset) = 10 mm
- SF = 3

B. Pehitungan Pondasi

1. Perhitungan Perencanaan Borpile

- Keliling borpile :

$$\begin{aligned} K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 300 \\ &= 942,857 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas borpile :

$$\begin{aligned} A_{tp} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 300^2 \\ &= 70714,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas permukaan ujung borpile :

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 300^2 \\ &= 70714,286 \text{ mm}^2 \\ &= 0,071 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas selimut borpile :

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times l \\ &= \pi \times 300 \times 9000 \\ &= 8485714,286 \text{ mm}^2 \\ &= 8,486 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Daya dukung tanah :

- Nilai SPT pada ujung tiang :

$$\begin{aligned} N &= 20 \text{ blow/feet} \\ &= 20 / 0,3408 \\ &= 58,685 \text{ blow/m} \end{aligned}$$

(**keterangan** : satuan blow/feet dikonversikan kedalam satuan bow/m, 1feet=0,3408m)

- Nav = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$\text{- Nilai SPT} = (49 + 52 + 20) = 121 \text{ blow/feet}$$

$$\begin{aligned}
 - N_{av} &= \frac{121 \text{ blow/feet}}{3} \\
 &= \frac{40,333 \text{ blow/feet}}{0,3408} \\
 &= 118,349 \text{ blow/m}
 \end{aligned}$$

- Daya dukung ultimate borpile :

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai conus dan dalam perhitungannya menggunakan Metode Mayerhoff.

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5} \right) \\
 &= (40 \times 58,685 \times 0,071) + \left(\frac{118,349 \times 8,486}{5} \right) \\
 &= 366,851 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ijin} &= Q_u / SF \\
 &= 366,851 / 3 \\
 &= 122,284 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Jadi, kekuatan ijin bor pile adalah 122,284 Ton

- Kebutuhan borpile :

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqX)

$$P = 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595,98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679,648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039,209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

- Perencanaan dimensi poer :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 2000 \text{ mm} &= 2 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 2000 \text{ mm} &= 2 \text{ m} \\ \text{Tebal} &= 650 \text{ mm} &= 0,65 \text{ m} \end{aligned}$$

- Perhitungan beban pondasi :

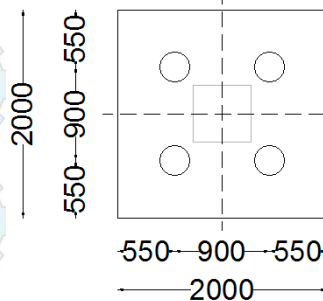
$$\begin{aligned} \text{Berat poer} &= 2 \times 2 \times 0,65 \times 2400 \\ &= 6240 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{\max} = 258595,98 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P &= 6240 \text{ kg} + 258595,98 \text{ kg} \\ &= 264835,98 \text{ kg} \\ &= 264,836 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \Sigma P / P_{\text{ijin}} \\ &= 264,836 / 122,284 \\ &= 2,166 \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka direncanakan bor pile sebanyak 4 buah



Gambar 4.50 Penampang Poer Tipe PC1

- Perhitungan jarak antara tiang (s) :

$$\begin{array}{rclcl} 2,5 D & \leq & s & \leq & 3D \\ 2,5 \times 300 & \leq & s & \leq & 3 \times 300 \\ 750 & \leq & s & \leq & 900 \end{array}$$

Spakai Arah x = 900 mm

Spakai Arah y = 900 mm

- Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (s') :

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 D & \leq & s & \leq & 2D \\ 1,5 \times 300 & \leq & s & \leq & 2 \times 300 \\ 450 & \leq & s & \leq & 600 \end{array}$$

Dipakai s' = 550 mm

2. Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

- Efisiensi :

$$\eta = (1 - \theta) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right)$$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam 1 baris

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

θ = arc tg D/s

= arc tg 300/900

= 18,435

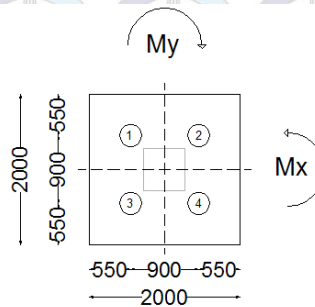
$$\eta = (1 - 18,435) \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90.2.2} \right)$$

= 0,795

- $P_{ijin \text{ borpile}} = \eta \times P_{ijin}$
 $= 0,795 \times 122,284$
 $= 97,236 \text{ Ton}$

- P_{ijin} borpile total = n tiang x Pijin borpile
 = $4 \times 97,236$
 = 388,944 Ton

3. Perhitungan Daya Dukung Borpile Dalam Kelompok



Gambar 4.51 penampang poer

- Perhitungan Jarak X dan Y

	X (m)	X^2 (m)
X1	0.450	0.2025
X2	0.450	0.2025
X3	0.450	0.2025
X4	0.450	0.2025
ΣX^2		0.8100

	Y (m)	Y^2 (m)
Y1	0.450	0.2025
Y2	0.450	0.2025
Y3	0.450	0.2025
Y4	0.450	0.2025
ΣY^2		0.8100

- P akibat pengaruh beban tetap :

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2 \times 2 \times 0,65 \times 2400 = 6240 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = 227352,66 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 233592,66 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{233592,66}{4} - \frac{(418,403 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(3803,751 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 60278,914 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{233592,66}{4} + \frac{(418,403 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(3803,751 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 60743,806 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{233592,66}{4} - \frac{(418,403 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(3803,751 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 56052,524 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{233592,66}{4} + \frac{(418,403 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(3803,751 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 56517,416 \text{ kg}$$

Cek kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2), untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$P_{\max} < 1,3 \times P_{\text{ijin}}$$

$$86694,771 \text{ kg} < 1,3 \times 97235,924$$

$$86694,771 \text{ kg} < 126406,701 \text{ kg (OK)}$$

- P akibat pengaruh beban sementara :
Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$\begin{aligned} P &= 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton} \\ M_x &= 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton} \\ M_y &= 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Berat Poer} &= 2 \times 2 \times 0,65 \times 2400 = 6240 \text{ kg} \\ P \text{ kolom} &= 231259,99 \text{ kg} + \\ \Sigma P &= 237499,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{237499,99}{4} - \frac{(45684,7 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(3490,893 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 35933,994 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{237499,99}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(3490,893 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 86694,771 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{237499,99}{4} - \frac{(45684,7 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(3490,893 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 32055,224 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{237499,99}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(3490,893 \cdot 0,450)}{0,81}$$

$$= 82816,001 \text{ kg}$$

Cek Kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2), untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &< 1,3 \times P_{\text{ijin}} \\
 86694,771 \text{ kg} &< 1,3 \times 97235,924 \\
 86694,771 \text{ kg} &< 126406,701 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- P akibat pengaruh beban sementara :

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595.98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679.648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039.209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2 \times 2 \times 0,65 \times 2400 = 6240 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = 258595.98 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 264835,98 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{264835,98}{4} - \frac{(2039,209 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(44679,648 \cdot 0,450)}{0,81} \\
 &= 89898,128 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{264835,98}{4} + \frac{(2039,209 \cdot 0,450)}{0,81} + \frac{(44679,648 \cdot 0,450)}{0,81} \\
 &= 92163,916 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{264835,98}{4} - \frac{(2039,209 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(44679,648 \cdot 0,450)}{0,81} \\
 &= 40254,074 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \frac{264835,98}{4} + \frac{(2039,209 \cdot 0,450)}{0,81} - \frac{(44679,648 \cdot 0,450)}{0,81} \\
 &= 42519,862 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2),

untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &< 1,3 \times P_{\text{ijin}} \\
 92163,916 \text{ kg} &< 1,3 \times 97235,924 \\
 92163,916 \text{ kg} &< 126406,701 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan tulangan borpile

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Aksial :

$$P_u = 2663835.14 \text{ N}$$

$$P_n = P_u / \phi$$

$$= 2663835.14 / 0,8$$

$$= 3329793,925 \text{ N}$$

- Momen :

$$M_u = 61551806 \text{ N.mm}$$

$$M_u = 36160865.84 \text{ N.mm}$$

$$M_n = M_u \text{ max} / \phi$$

$$= 61551806 / 0,8$$

$$= 76939757,5 \text{ N.mm}$$

- $e_{\text{perlu}} = M/P$

$$= 76939757,5 / 3329793,925$$

$$= 23,11 \text{ mm}$$

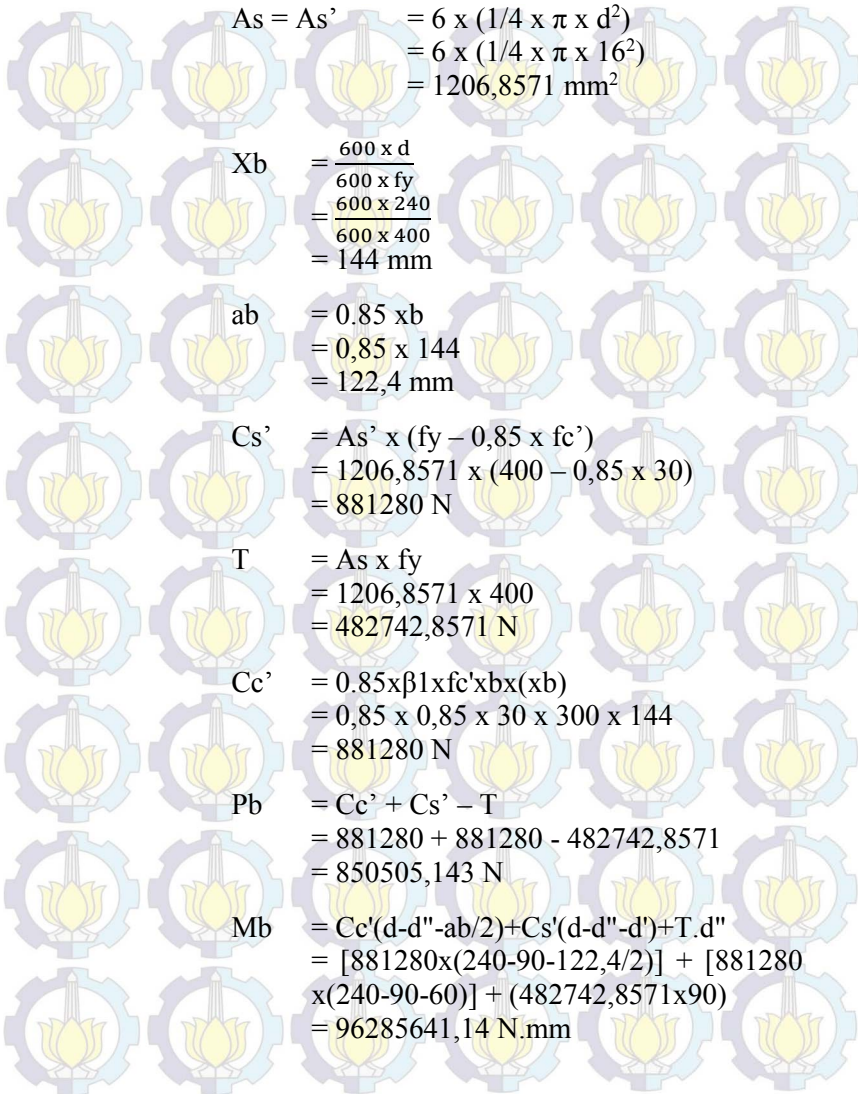
- Cek kondisi balance :

$$d = 0,8 \times 300 = 240 \text{ mm}$$

$$d' = 300 - 240 = 60 \text{ mm}$$

$$d'' = 300/2 - 60 = 90 \text{ mm}$$

Coba 6D16:



$$\begin{aligned}
 A_s &= A_s' &= 6 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\
 &&= 6 \times (1/4 \times \pi \times 16^2) \\
 &&= 1206,8571 \text{ mm}^2 \\
 X_b &= \frac{600 \times d}{\frac{600 \times f_y}{600 \times 240}} \\
 &= \frac{600 \times 240}{600 \times 400} \\
 &= 144 \text{ mm} \\
 a_b &= 0,85 \times x_b \\
 &= 0,85 \times 144 \\
 &= 122,4 \text{ mm} \\
 C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 1206,8571 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 881280 \text{ N} \\
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 1206,8571 \times 400 \\
 &= 482742,8571 \text{ N} \\
 C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 300 \times 144 \\
 &= 881280 \text{ N} \\
 P_b &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 881280 + 881280 - 482742,8571 \\
 &= 850505,143 \text{ N} \\
 M_b &= C_c' \times (d - d'' - a_b/2) + C_s' \times (d - d'' - d') + T \times d'' \\
 &= [881280 \times (240 - 90 - 122,4/2)] + [881280 \\
 &\quad \times (240 - 90 - 60)] + (482742,8571 \times 90) \\
 &= 96285641,14 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= 96285641,14 / 850505,143 \\
 &= 113,21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &\geq \text{perlu} \\
 113,21 \text{ mm} &\geq 23,11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Kondisi Tekan menentukan)

- Cek Kontrol kondisi tekan menentukan :

$$\text{Diambil nilai, } x = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 0,85 \cdot X \\
 &= 0,85 \times 150 \\
 &= 127,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y, (f_y > f_s = 400 \text{ MPa})$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_y &= f_s / E_s \\
 &= 400 / 200000 \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s &= [(d/x) - 1] \times 0,003 \\
 &= [(240/150) - 1] \times 0,003 \\
 &= 0,0018
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \varepsilon_s \times E_s \\
 &= 0,0018 \times 200000 \\
 &= 360 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_s &< \varepsilon_y \\
 0,0018 &< 0,002 \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 1206,8571 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 451968 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times d \\
 &= 0,85 \times 30 \times 300 \times 240 \\
 &= 1836000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times [(d/x)-1] \times f_y \\
 &= 1206,8571 \times [(240/150)-1] \times 400 \\
 &= 289645,7143 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 1836000 + 451968 - 289645,7143 \\
 &= 1998322,286 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c'(d-d''-a/2) + C_s'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= [1836000 \times (240-90-127,5/2)] + \\
 &\quad [451968 \times (240-90-60)] + \\
 &\quad (289645,7143 \times 90) \\
 &= 87400234,29 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

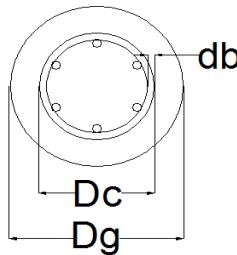
Cek syarat :

$$\begin{aligned}
 P &\geq P_b \\
 1998322,286 \text{ N} &\geq 850505,143 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &\geq M_u \\
 87400234,29 \text{ N.mm} &\geq 76939757,5 \text{ N.mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi, dapat digunakan untuk tulangan utama pada borpile berdiameter 300 mm sebesar 6D16 yang akan disebarakan di setiap sisi penampang.

5. Perhitungan Geser Spiral



Gambar 4.52 Penampang Borpile

• Direncanakan :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$F_y \text{ geser} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan sengkang } (\emptyset) = 12 \text{ mm}$$

$$D_g = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Cover} = 50 \text{ mm}$$

$$D_c = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } a_{sv} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 113 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } A_g &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 300^2 \\ &= 70650 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } A_{ch} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 200^2 \\ &= 31400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } \rho_s &= 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \left(\frac{f_c'}{f_{yt}} \right) \\ &= 0,45 \times \left(\frac{70650}{31400} - 1 \right) \times \left(\frac{30}{240} \right) \\ &= 0,070313 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } S &= \frac{a_s \times \pi \times (D_c - db)}{\left(\frac{\pi \times D_c^2}{4} \right) \times \rho_s} \\ &= \frac{113 \times \pi \times (200 - 12)}{\left(\frac{\pi \times 200^2}{4} \right) \times 0,070313} \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ } S_{\max} = 75 \text{ mm}$$

$$S_{\min} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 30 \text{ mm}$$

- Detaileng :

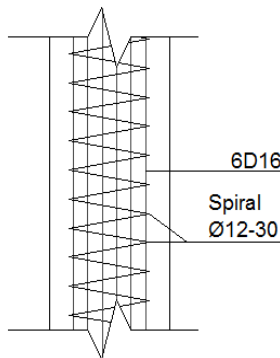
Ties pada joint tulangan spiral tidak boleh lebih kurang dari = 150 mm

6. Panjang penyaluran tulangan borpil :

$$\begin{array}{l} db \times f_y / (4 \times \sqrt{f_c'}) \geq 0,04 \times db \times f_y \\ 19 \times 400 / (4 \times \sqrt{30}) \geq 0,04 \times 19 \times 400 \\ 292,119 \text{ mm} \geq 256 \text{ mm} \end{array}$$

Jadi, panjang penyaluran = 300 mm

C. Penulangan pondasi



Gambar 4.53 penulangan pondasi borpil

4.3.7.2 Perencanaan pilecap (Poer)

Perencanaan tebal pilecap efektif yang diperlukan dengan asumsi kerja balok lebar dan balok 2 arah pada pilecap. Kemudian digunakan nilai terbesar diantara keduanya.

Dalam perencanaannya tebal pile cap harus memenuhi syarat kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi

A. Data Perencanaan

- ΣP total = 388943,7 Kg
- Dimensi poer = 2000 mm

- Reaksi perlawanan tanah

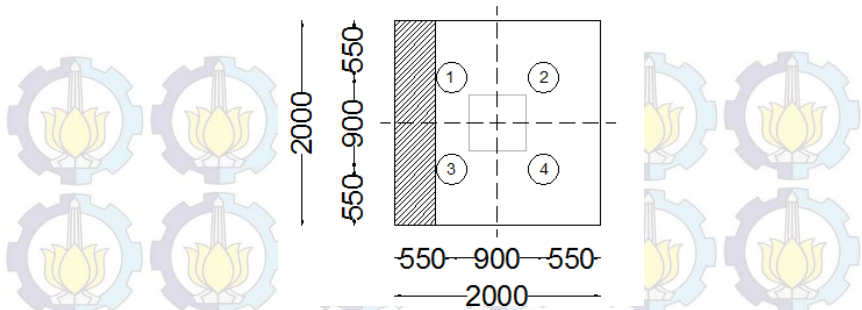
$$q_t = \frac{\Sigma P \text{ total}}{\text{luas an poer}} = \frac{388943,7}{(2000 \times 2000)} = 0,097 \text{ kg/mm}^2 = 0,97 \text{ N/mm}^2$$

B. Perhitungan Pilecap

1. Perhitungan Geser pilecap

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil d terbesar diantara keduanya).

- Geser satu arah pada pilecap akibat kolom :



Gambar 4.54 Bidang Kritis pons satu arah

Luas tributary :

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{P_{poer} - b_{kolom} - 2d}{2} \times L_{poer} \\
 &= \frac{2000 - 550 - 2d}{2} \times 2000 \\
 &= 1450000 - 2000d
 \end{aligned}$$

Beban gaya geser V_u :

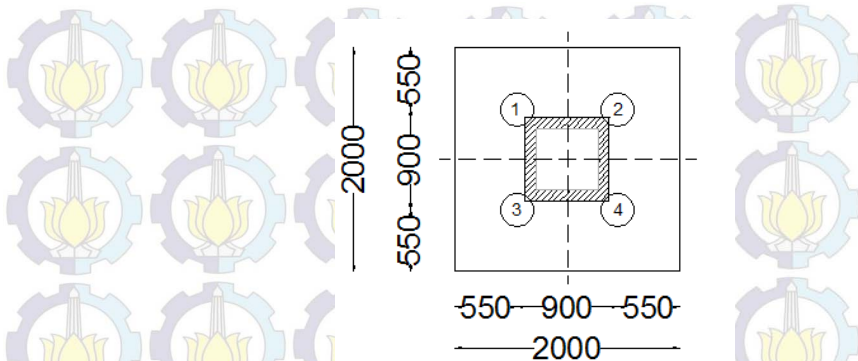
$$\begin{aligned}
 V_u &= q_t \times A_t \\
 &= 0,97 \times (1450000 - 2000d) \\
 &= 1406500 - 1940d
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
 &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 2000 \times d \\
 &= 1825,742d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \times V_c &> V_u \\
 0,75 \times (1825,742d) &> 1406500 - 1940d \\
 1369,3065d + 1940d &> 1406500 \\
 d &> 1406500 / 3309,3065 \\
 d &= 425,013 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Geser dua arah pada pilecap akibat kolom :



Gambar 4.55 Bidang kritis pons dua arah

Luas tributary :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (L \text{ poer} \times B \text{ poer}) - [(L \text{ kolom} + \text{tebal} \\
 &\quad \text{poer}) \times (B \text{ kolom} + \text{tebal poer})] \\
 &= (2000 \times 2000) - [(550 + d) \times (550 + d)] \\
 &= 3697500 - 110d + d^2
 \end{aligned}$$

Beban gaya geser V_u :

$$\begin{aligned}
 V_u &= q_t \times A_t \\
 &= 0,97 \times (3697500 - 110d + d^2) \\
 &= 3586575 - 106,7d - 0,97d^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= (1 + 2/\beta_c) \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= (1 + 2/(550/550)) \times 1/6 \times \sqrt{30} \times [(2 \times \\
 &\quad (550+550)) + 4d] \times d \\
 &= 6069,8d + 11,036d^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \times V_c &> V_u \\
 0,75 \times (6069,8d + 11,036d^2) &> 3586575 - 106,7d - 0,97d^2 \\
 4552,35d + 106,7d + 8,277d^2 + 0,97d^2 - 3586575 &> 0 \\
 4552,35d + 4659,05d - 3586575 &> 0 \\
 d^2 + 503,8445d - 387863,631 &> 0
 \end{aligned}$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$= \frac{-503,845 \pm \sqrt{(503,845^2 - (4 \times 1 \times (-387863,631)))}}{2 \times 1}$$

$$= -251,922 \pm 671,81$$

$$d_1 = -251,922 - 671,81$$

$$= -923,732 \text{ mm}$$

$$d_2 = -251,922 + 671,81$$

$$= 419,888 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 = 419,888 \text{ mm}$$

$$V_c = \left[\frac{a s x d}{b o} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{f c'} x b o x d}{12} \right]$$

$$= \left[\frac{40 x d}{4d + 2200} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{30} x (4d - 2200) x d}{12} \right]$$

$$= (48d + 4400) x 0,456d$$

$$= 21,909d^2 + 2008,316d$$

$$\phi \times V_c > V_u$$

$$0,75 \cdot (21,909d^2 + 2008,316d) > 3586575 - 106,7d - 0,97d^2$$

$$16,432 d^2 + 0,97d^2 + 1506,237d + 106,7d - 3586575 > 0$$

$$17,402d^2 + 1612,987d - 3586575 > 0$$

$$d^2 + 92,687d - 206101,3102 > 0$$

$$d_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$= \frac{-92,687 \pm \sqrt{(92,687^2 - (4 \times 1 \times (-206101,3102)))}}{2 \times 1}$$

$$= -46,344 \pm 456,343$$

$$\begin{aligned} d1 &= -46,344 - 456,343 \\ &= 502,687 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= -46,344 + 456,343 \\ &= 409,999 \text{ mm} \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d2 = 409,999 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai, } d = 425,013 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{dipakai, } h &= (\text{tebal selimut} + D \text{ tulangan} \\ &\text{poer} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan poer}) + d \\ &\text{rencana} \\ &= (50 + 19 + (19/2) + 423,013) \\ &= 503,513 \text{ mm} \\ &= 650 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek berdasarkan panjang penyaluran tulangan kolom :

Panjang sambungan lewatan kolom.

$$\begin{aligned} Ld &= 0,071 \times f_y \times db && \geq 300 \text{ mm} \\ &= 0,071 \times 400 \times 22 && \geq 300 \text{ mm} \\ &= 624,8 \text{ mm} && \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned} L &= 12 \times db \\ &= 12 \times 22 \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ld \text{ vertical} &= 624,8 \text{ mm} - 264 \text{ mm} \\ &= 360,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat,

$h > L_d \text{ vertical}$
 $650 \text{ mm} > 360,8 \text{ mm (memenuhi)}$
 Maka dipakai tinggi Poer 650 mm.

2. Perhitungan Tulangan Lentur• Direncanakan :

$f_c' = 30 \text{ MPa}$
 $f_y \text{ tulangan utama} = 400 \text{ MPa}$
 $\text{BJ Beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$
 $\text{BJ Baja tulangan (Es)} = 200000 \text{ MPa}$
 $\text{Tulangan utama} = D 19$
 $\text{Cover} = 50 \text{ mm}$
 $\phi = 0,8$
 $\beta_i = 0,85$
 $\text{Diameter borpil (D)} = 300 \text{ mm}$
 $\text{Kedalaman Borpil (l)} = 9000 \text{ mm}$
 $\text{Jumlah tiang (n)} = 4 \text{ buah}$
 $\text{Dimensi poer: (b)} = 2000 \text{ mm}$
 $\text{(h)} = 2000 \text{ mm}$
 $\text{Tebal} = 650 \text{ mm}$

• $d_x = \text{Tebal} - \text{cover} - (D \text{ tulangan utama}/2)$
 $= 650 - 50 - (19/2)$
 $= 590,5 \text{ mm}$

• $d_y = \text{Tebal} - \text{cover} - D \text{ tulangan utama} - (D \text{ tulangan utama}/2)$
 $= 650 - 50 - 19 - (19/2)$
 $= 571,5 \text{ mm}$

➤ Penulangan Arah sumbu X :

- $q_u = \text{Berat poer}$
 $= 2 \times 0,65 \times 2400$
 $= 3120 \text{ kg/m}$

- $Q = q_u \times l$
 $= 3120 \times 0,4\text{m}$
 $= 1248 \text{ kg}$

- $M_u = MQ - M_p$
 $= [1248 \times (0,4/2)] - (92163,92 \times 0,4)$
 $= 36615,966 \text{ kg.m}$
 $= 366159662,2 \text{ N.m}$

- $M_n = M_u / \phi$
 $= 366159662,2 / 0,8$
 $= 457699577,8 \text{ N.m}$

- $\rho_{\text{balance}} = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,8}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,0306$

- $\rho_{\text{min.}} = 1,4 / f_y$
 $= 1,4 / 400$
 $= 0,0035$

- $\rho_{\text{max.}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \times 0,0306$
 $= 0,02295$

$$\begin{aligned}
 \bullet R_n &= \frac{Mn}{b \times dx^2} \\
 &= \frac{457699577,8}{2000 \times 590,5^2} \\
 &= 0,6563
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,6863
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,6863} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6863 \times 0,6563}{400}} \right) \\
 &= 0,001662458
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min.}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max.}} \\
 0,0035 &> 0,001662458 < 0,02295
 \end{aligned}$$

(tidak memenuhi)

$$\text{Maka dipakai } \rho_{\text{min.}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\text{min.}} \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 2000 \times 590,5 \\
 &= 4133,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{D-19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\
 &= 283,643 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{As} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 2000}{4133,5} \\
 &= 137,241 \text{ mm} \\
 &= 135 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Penulangan Arah sumbu Y :

- $q_u = \text{Berat poer}$
 $= 2 \times 0,65 \times 2400$
 $= 3120 \text{ kg/m}$

- $Q = q_u \times l$
 $= 3120 \times 0,4\text{m}$
 $= 1248 \text{ kg}$

- $M_u = MQ - M_p$
 $= [1248 \times (0,4/2)] - (92163,92 \times 0,4)$
 $= 36615,966 \text{ kg.m}$
 $= 366159662,2 \text{ N.m}$

- $M_n = M_u / \phi$
 $= 366159662,2 / 0,8$
 $= 457699577,8 \text{ N.mm}$

- $\rho_{\text{balance}} = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,8}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,0306$

- $\rho_{\text{min.}} = 1,4 / f_y$
 $= 1,4 / 400$
 $= 0,0035$

- $\rho_{\text{max.}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \times 0,0306$
 $= 0,02295$

$$\begin{aligned} \bullet R_n &= \frac{Mn}{b \times d y^2} \\ &= \frac{457699577,8}{2000 \times 571,5^2} \\ &= 0,7007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,6863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,6863} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6863 \times 0,7007}{400}} \right) \\ &= 0,00178 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \rho_{\text{min.}} & < & \rho_{\text{perlu}} < & \rho_{\text{max.}} \\ 0,0035 & > & 0,00178 < & 0,02295 \end{array}$$

(tidak memenuhi)

Maka dipakai $\rho_{\text{min.}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{min.}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 2000 \times 571,5 \\ &= 4000,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan :

$$\begin{aligned} D-19 &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,643 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{As} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 2000}{4000,5} \\ &= 141,804 \text{ mm} \\ &= 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Penyaluran Tulangan Stek Kolom :

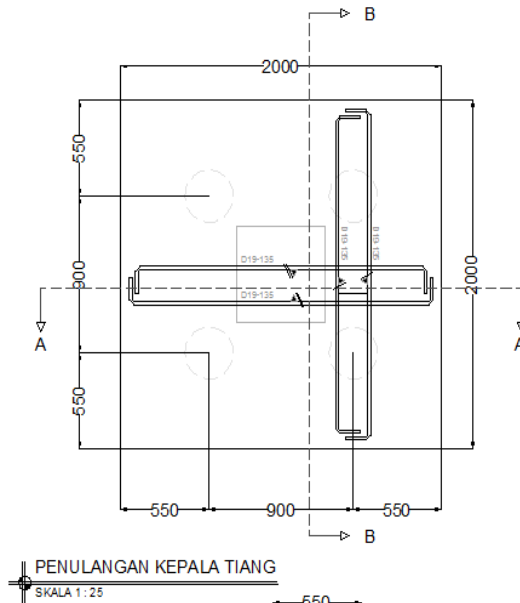
Panjang sambungan penjangkaran kolom.

$$\begin{aligned} L_d &= 0,071 \times f_y \times d_b && \geq 300 \text{ mm} \\ &= 0,071 \times 400 \times 22 && \geq 300 \text{ mm} \\ &= 624,8 \text{ mm} && \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

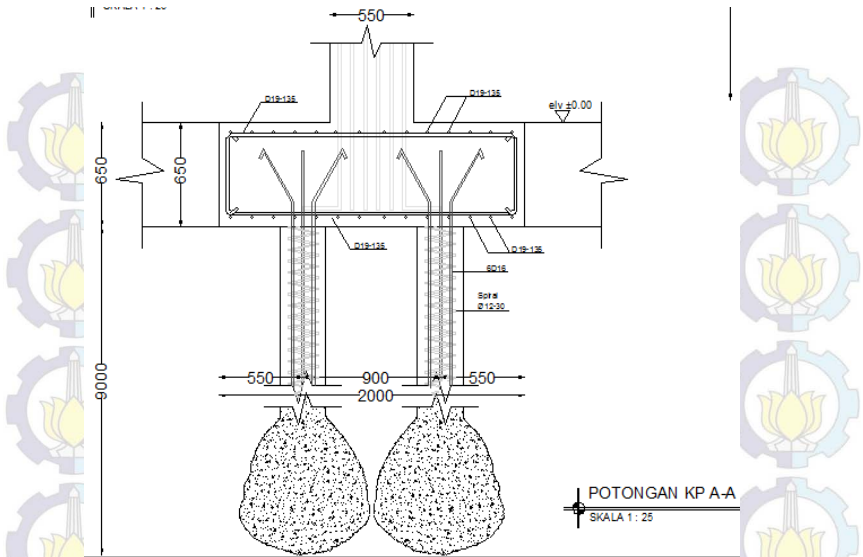
Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned} L &= 12 \times d_b \\ &= 12 \times 22 \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

C. Gambar penulangan



Gambar 4.56 Penulangan kepala tiang



Gambar 4.57 Potongan penulangan kepala tiang

DAFTAR PUSTAKA

Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, (1996), **STRUKTUR BETON BERTULANG Jilid 1**, Jakarta: Penerbit AIRLANGGA.

Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, 1996, **STRUKTUR BETON BERTULANG Jilid 2**, Jakarta: Penerbit AIRLANGGA.

Departemen Pekerjaan Umum, (1983), **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPUIG)**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung

Departemen Pekerjaan Umum, (1987), **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPUIG)**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung

Departemen Pekerjaan Umum, (2002), **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)**, Jakarta

Departemen Pekerjaan Umum, (2002), **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan gedung (SNI 03-2847-2002)**, Jakarta

Sosrodarsono, Ir. Suyono dan Nakazawa, Kazuto, (1983), **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi cetakan kedua**, PT. Pradnya Paramita, Jakarta



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan beton bertulang yang telah diuraikan merupakan hasil perhitungan perencanaan gedung restaurant pakuwon square Surabaya dengan sistem rangka pemikul momen menengah diperoleh hasil sebagai berikut :

A. Perencanaan Awal

1. Perencanaan Dimensi balok

- Dimensi balok induk B2 : 40/70
- Dimensi balok induk B3 : 40/80
- Dimensi balok anak BA2 : 40/55
- Dimensi balok induk BA3 : 40/55

2. Perencanaan Dimensi sloof

- Dimensi sloof induk S2 : 40/60
- Dimensi sloof induk S3 : 40/65
- Dimensi sloof anak SA2 : 35/50
- Dimensi sloof induk SA3 : 35/50

3. Perencanaan Dimensi kolom

- Dimensi kolom K1 : 55/55
- Dimensi kolom K2 : 50/50
- Dimensi kolom K3 : 45/45

4. Perencanaan Dimensi pelat

- Tebal pelat lantai : 120 cm

5. Perencanaan Dimensi pelat tangga

- Tebal pelat tangga : 150 cm

B. Perhitungan Beton bertulang

1. Penulangan pelat lantai Tipe A

- Tumpuan arah x (1-1) : $\varnothing 10-200$ mm
- Tumpuan arah y (2-2) : $\varnothing 10-200$ mm
- Lapangan arah x (1-1) : $\varnothing 10-240$ mm
- Lapangan arah y (2-2) : $\varnothing 10-240$ mm

2. Penulangan pelat tangga

- Tulangan arah x (1-1) : $\varnothing 10-150$ mm
- Tulangan arah y (2-2) : $\varnothing 10-100$ mm

3. Penulangan pelat bordes

- Tulangan arah x (1-1) : $\varnothing 10-75$ mm
- Tulangan arah y (2-2) : $\varnothing 10-150$ mm

4. Penulangan balok bordes

- Tulangan Torsi : 4 D 16 mm
- Tulangan Lentur Tumpuan kiri
 - Tarik : 7 D 22 mm
 - Tekan : 3 D 22 mm
- Tulangan Lentur Lapangan
 - Tarik : 4 D 22 mm
 - Tekan : 2 D 22 mm
- Tulangan Lentur Tumpuan Kanan
 - Tarik : 7 D 22 mm
 - Tekan : 3 D 22 mm
- Tulangan Geser Tumpuan : $\varnothing 12 - 75$ mm
- Tulangan Geser Lapangan : $\varnothing 12 - 100$ mm

5. Penulangan balok induk B2

- Tulangan Torsi : 4 D 16 mm

- Tulangan Lentur Tumpuan kiri

- Tarik : 6 D 22 mm

- Tekan : 2 D 22 mm

- Tulangan Lentur Lapangan

- Tarik : 5 D 22 mm

- Tekan : 2 D 22 mm

- Tulangan Lentur Tumpuan Kanan

- Tarik : 7 D 22 mm

- Tekan : 3 D 22 mm

- Tulangan Geser Tumpuan : \emptyset 12 – 125 mm

- Tulangan Geser Lapangan : \emptyset 12 – 150 mm

6. Penulangan kolom K1

- Tulangan Lentur : 20 D 22

- Tulangan geser : \emptyset 12 – 150 mm

- Panjang penyaluran : 1500 mm

7. Penulangan sloof S3

- Tulangan Lentur Tumpuan

- Tarik : 8 D 22 mm

- Tekan : 8 D 22 mm

- Tulangan Lentur Lapangan

- Tarik : 8 D 22 mm

- Tekan : 8 D 22 mm

- Tulangan Geser Tumpuan : \emptyset 10 – 100 mm

- Tulangan Geser Lapangan : \emptyset 10 – 125 mm

8. Penulangan struktur bawah

- Tulangan borpile : 6 D 16 mm
- Diameter borpile : 30 cm
- Tulangan geser spiral : \varnothing 12 – 30 mm
- Panjang penyaluran borpile : 300 mm
- Tulangan poer arah X : D19-135 mm
- Tulangan poer arah Y : D19-135 mm
- Panjang penjangkaran kolom : 624,8 mm

5.2 Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut dan mendalam untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dengan mempertimbangkan aspek teknis, nilai ekonomis dan estetika, sehingga hasil dari perbandingan yang telah dilakukan akan menjadi semakin lengkap.



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Angga Bayu Christianto, Janita Bayu Andriani
NRP : 3112030012, 3112030124
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur Gedung Restaurant Pakuwon Square Surabaya dengan menggunakan Sistem Rangka pemikul Momen Menengah
Dosen Pembimbing : Ir. Sunarkono, CEs

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1	27 Februari 2015	- Lantai, Plat Balok, kolom (dimensi) - tipe plat berdasarkan ukuran, elevasi, tebal plat 80 - tulangan kolom dibagi rata setiap sisinya		B C K
2	17 Maret 2015	- Beban gempa di Koreksi apakah sudah benar - penulangan pada balok ventur & desain menggunakan beban gravitasi - perhatikan saat penulangan geser dengan melihat kombinasi tidak hanya beban mati / beban hidup / beban gempa. - Revisi kolom (dimensi)		B C K

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Angga Bayu Christianto, Janita Bayu Andriani
NRP : 3112.030.011, 3112.030.024
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur Gedung Restaurant Pakuwon Square Surabaya dengan menggunakan sistem rangka penikul Momen Menengah Ir. Sungkono, CES
Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
3.	1 April 2015	Beban Mati di excell kan untuk mengetahui momen balok sesuai fidat dengan SAP berat dinding menggunakan batu bata ringan (bri) tebal lebih kecil dari 250 kg/m ² (batu bata)		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		- Perhitungan portal bisa B-hitung a portal cukup lebih baik B-hitung semua sampai ketemu tahanan baru di samakan / perhitungan plat sama saja		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
4	7 April 2015	pada balok border berdiri dengan		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		tulangan 2 lapis tinggi efektif 85% 1 lapis 90% tinggi pada balok di Koreksi (Dirubah) / Koreksi SAP		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

Pembebanannya

- Ket.** :
- B = Lebih cepat dari jadwal
 - C = Sesuai dengan jadwal
 - K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Angga Bayu Christianto, Jawita Bayu Andriani
NRP : 3112.030.013, 3112.030.124
Judul Tugas Akhir : perancangan struktur Gedung Restaurant Pakuwon Square Surabaya dengan menggunakan sistem Rangka Momen Menengah
Dosen Pembimbing : Ir. Sumgono, CES

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
5	24 April 2015	perhitungan tulangan panti lentur, geser pada balok dikoreksi dengan standar tni		B C K
		rotasi saat perhitungan tulangan disesuaikan dengan sni 2013 (beton)		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	30 April 2015	Pa = Desentralisasi atau masing masing kolom pada satu tumpukan		B C K
		Pa = 1/3		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Pa sama seperti kolom akan kolom untuk memuat beban tumpukan tumpukan ditinjau dari segi momen dan sagin.		B G K
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Araga Bayu Christianto, Jenia Bayu Andriani
NRP : 3112.030.012, 3112.030.124
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur Gedung Restaurant Poliwon Square Surabaya Pengaruh manggungulakan Sistem Rangka pemikul Momen Merengas
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CES

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan																		
7	25 Mei 2015	• Perhitungan Pondasi diperbaiki kemudian penulisan Bor pile. • Perbaikan daftar Isi tugas akhir dan pembahasannya • Penyajian tabel hasil Perhitungan dibuat pedes pedocinya saja. • Algoritma urutan perhitungan dibuat tidak perlu memasukkan diagram ahk di bab II.		<table border="1"><tr><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K																				
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
B	C	K																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
B	C	K																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
8	4 Juni 2015	• Lampiran dibuat sesederhana mungkin agar mudah di baca • dibuat detail tiap sambungan antara komponen struktur • Tipe komponen struktur Perampang dan bentang.		<table border="1"><tr><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
B	C	K																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
B	C	K																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Anisa Baii, Christianto, Janita, Bayu Andriani
NRP : 3112090512 ; 3112030124 ; 3112030124 ; 3112030124
Judul Tugas Akhir : perancangan struktur gedung Restaurant Pakuwon Square
Surabaya dengan menggunakan sistem Rangka pemikul
Momen Menengah
Dosen Pembimbing : Ir. Suryono, CES

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
19	18-juni-2015	o pada laporan buku TA. direvisi Pada BAB IV, ditambahkan analisis struktur dengan membandingkan gaya dalam & luar		B C K <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		o pada pemotretan di lapangan dari pendahuluan - kerangka		B C K <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		o penamaan pada gambar istilah diadilkan & bahwa kep sesuai gambar, garis di pada paku kesi pada sloof mengitari antar kolom		B C K <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

Perhitungan Struktur Bawah

Dalam perencanaan perhitungan struktur bawah harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. maka dari itu diperlukan perencanaan struktur bawah yang aman, efisien, dan ekonomis dalam pelaksanaan

1. Perencanaan Pondasi

Gaya-gaya yang bekerja pada suatu bangunan akan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan dari jenis bangunan *Restaurant* pakuwon *square* Surabaya. Adapun data perencanaannya sebagai berikut :

A. Data Perencanaan

- F_c' = 30 Mpa
- F_y tulangan utama = 400 MPa
- BJ Beton = 2400 kg/m³
- BJ Baja tulangan (E_s) = 200000 MPa
- Cover = 50 mm
- Faktor reduksi (ϕ) = 0,8
- Faktor β_1 = 0,85
- Tulangan utama (\emptyset) = 16 mm
- Tulangan sengkang (\emptyset) = 10 mm
- SF = 3

B. Pehitungan Pondasi

➤ Data Tanah 1

Direncanakan menggunakan pondasi borpile, dengan data sebagai berikut :

- Diameter borpile (D) = 400 mm
- Kedalaman borpile (l) = 18000 mm

1. Perhitungan Perencanaan Borpile

- Keliling tiang pancang :

$$\begin{aligned} K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 400 \\ &= 1256,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas tiang pancang :

$$\begin{aligned} A_{tp} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas permukaan ujung borpile :

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \\ &= 0,126 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas selimut borpile :

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times l \\ &= \pi \times 400 \times 18000 \\ &= 22619467,1 \text{ mm}^2 \\ &= 22,619 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Daya dukung tanah 1 :

- Nilai SPT pada ujung tiang :

$$N = 45 \text{ blow/feet}$$

- Nav = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$\begin{aligned} \text{- Nilai SPT} &= (11 + 15 + 22 + 29 + 30 + 45) \\ &= 152 \text{ blow/feet} \end{aligned}$$

$$- N_{av} = \frac{152 \text{ blow/feet}}{6}$$

$$= 25,3 \text{ blow/feet}$$

- Daya dukung ultimate borpile :

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai conus dan dalam perhitungannya menggunakan Metode Mayerhoff.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{(50\% N_{av}) \times A_s}{5} \right)$$

$$= (40 \times 45 \times 0,126) + \left(\frac{(50\% \times 25,333) \times 22,619}{5} \right)$$

$$= 283,497 \text{ Ton}$$

$$P_{ijin} = Q_u / SF$$

$$= 283,497 / 3$$

$$= 94,50 \text{ Ton}$$

Jadi, kekuatan ijin borpile adalah 94,05 Ton

- Kebutuhan Borpile :

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqX)

$$P = 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595,98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679,648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039,209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

- Perencanaan dimensi poer :

Panjang = 2200 mm = 2,2 m
 Lebar = 2200 mm = 2,2 m
 Tebal = 650 mm = 0,65 m

- Perhitungan beban pondasi :

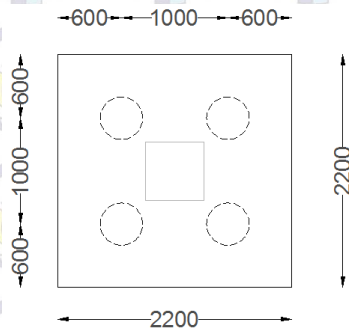
Berat poer = $2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400$
 = 7550,4 kg

P_{max} = 258595.98 kg

ΣP = $7550,4 \text{ kg} + 258595.98 \text{ kg}$
 = 266146 kg
 = 266,146 Ton

n = $\Sigma P / P_{ijin}$
 = $266,146 / 94,50$
 = 2,8164
 = 4 buah

Maka direncanakan tiang sebanyak 4 buah



Gambar 1. Penampang Poer Tipe PC1

- Perhitungan jarak antara tiang (s) :

$$\begin{array}{rclcl} 2,5 D & \leq & s & \leq & 3D \\ 2,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 3 \times 400 \\ 1000 & \leq & s & \leq & 1200 \end{array}$$

Spakai Arah x = 1000 mm

Spakai Arah y = 1000 mm

- Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (s') :

$$\begin{array}{rclcl} 1,5 D & \leq & s & \leq & 2D \\ 1,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 2 \times 400 \\ 600 & \leq & s & \leq & 800 \end{array}$$

Dipakai s' = 600 mm

2. Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

- Efisiensi :

$$\eta = (1 - \theta) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right)$$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam 1 baris

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

θ = arc tg D/s

= arc tg 400/18000

= 21,8

$$\eta = (1 - 21,8) \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90.2.2} \right)$$

= 0,758

- $P_{ijin \text{ borpile}} = \eta \times P_{ijin}$
 $= 0,758 \times 94,50$
 $= 71,608 \text{ Ton}$

- P_{ijin} borpile total = n tiang x Pijin borpile
 = 4 x 97,236
 = 286,43 Ton

➤ Data Tanah 2

Direncanakan menggunakan pondasi borpile, dengan data sebagai berikut :

- Diameter borpile (D) = 400 mm
- Kedalaman borpile (l) = 18000 mm

3. Perhitungan Perencanaan Borpile

- Keliling tiang pancang :

$$\begin{aligned} K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 400 \\ &= 1256,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas tiang pancang :

$$\begin{aligned} A_{tp} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas permukaan ujung borpile :

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \\ &= 0,126 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas selimut borpile :

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times l \\ &= \pi \times 400 \times 18000 \\ &= 22619467,1 \text{ mm}^2 \\ &= 22,619 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Daya dukung tanah 2 :

- Nilai SPT pada ujung tiang :

$$N = 34 \text{ blow/feet}$$

- Nav = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

- Nilai SPT = (9 + 18 + 23 + 27 + 32 + 34)
= 143 blow/feet

- Nav = $\frac{143 \text{ blow/feet}}{6}$
= 23,8 blow/feet

- Daya dukung ultimate borpile :

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai conus dan dalam perhitungannya menggunakan Metode Mayerhoff.

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{(50\% \text{Nav}) \times A_s}{5} \right) \\ &= (40 \times 34 \times 0,126) + \left(\frac{(50\% \times 23,8) \times 22,619}{5} \right) \\ &= 224,812 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin}} &= Q_u / SF \\ &= 224,812 / 3 \\ &= 74,94 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Jadi, kekuatan ijin borpile adalah 74,94 Ton

- Kebutuhan Borpile :

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqX)

$$P = 231259.99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490.893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684.7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595.98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679.648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039.209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

• Perencanaan dimensi poer :

$$\text{Panjang} = 2200 \text{ mm} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2200 \text{ mm} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = 650 \text{ mm} = 0,65 \text{ m}$$

• Perhitungan beban pondasi :

$$\text{Berat poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400$$

$$= 7550,4 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 258595.98 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 7550,4 \text{ kg} + 258595.98 \text{ kg}$$

$$= 266146 \text{ kg}$$

$$= 266,146 \text{ Ton}$$

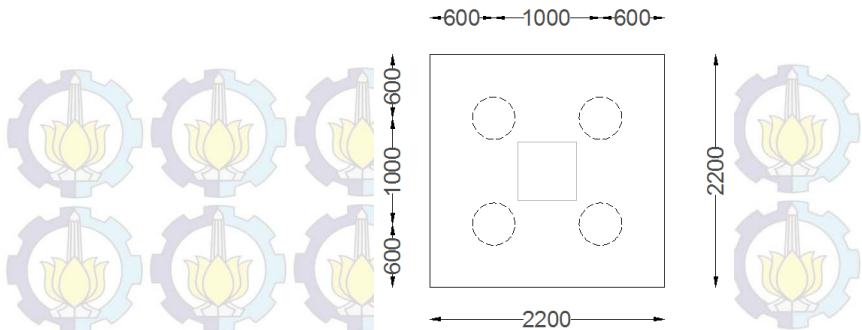
$$n = \Sigma P / P_{\text{ijin}}$$

$$= 266,146 / 74,94$$

$$= 3,4508$$

$$= 4 \text{ buah}$$

Maka direncanakan tiang sebanyak 4 buah



Gambar 2. Penampang Poer Tipe PC1

- Perhitungan jarak antara tiang (s) :

$$\begin{array}{rclcl}
 2,5 D & \leq & s & \leq & 3D \\
 2,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 3 \times 400 \\
 1000 & \leq & s & \leq & 1200
 \end{array}$$

Spakai Arah x = 1000 mm

Spakai Arah y = 1000 mm

- Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (s') :

$$\begin{array}{rclcl}
 1,5 D & \leq & s & \leq & 2D \\
 1,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 2 \times 400 \\
 600 & \leq & s & \leq & 800
 \end{array}$$

Dipakai s' = 600 mm

4. Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

- Efisiensi :

$$\eta = (1 - \theta) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right)$$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam 1 baris

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

$$\begin{aligned}\theta &= \text{arc tg } D/s \\ &= \text{arc tg } 400/18000 \\ &= 21,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta &= (1 - 21,8) \left(\frac{(2-1)^2 + (2-1)^2}{90.2.2} \right) \\ &= 0,758\end{aligned}$$

- $P_{\text{ijin borpile}} = \eta \times P_{\text{ijin}}$
 $= 0,758 \times 74.94$
 $= 56,785 \text{ Ton}$

- $P_{\text{ijin borpile total}} = n \text{ tiang} \times P_{\text{ijin borpile}}$
 $= 4 \times 56,785$
 $= 227,14 \text{ Ton}$

➤ Data Tanah 3

Direncanakan menggunakan pondasi borpile, dengan data sebagai berikut :

- Diameter borpile (D) = 400 mm
- Kedalaman borpile (l) = 18000 mm

5. Perhitungan Perencanaan Borpile

- Keliling tiang pancang :

$$\begin{aligned}K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 400 \\ &= 1256,6 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Luas tiang pancang :

$$\begin{aligned}A_{\text{tp}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Luas permukaan ujung borpile :

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 \\ &= 125664 \text{ mm}^2 \\ &= 0,126 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas selimut borpile :

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times l \\ &= \pi \times 400 \times 18000 \\ &= 22619467,1 \text{ mm}^2 \\ &= 22,619 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Daya dukung tanah 3 :

- Nilai SPT pada ujung tiang :

$$N = 34 \text{ blow/feet}$$

- Nav = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$\begin{aligned} \text{- Nilai SPT} &= (49 + 52 + 20 + 30 + 32 + 34) \\ &= 217 \text{ blow/feet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Nav} &= \frac{217 \text{ blow/feet}}{6} \\ &= 36,2 \text{ blow/feet} \end{aligned}$$

- Daya dukung ultimate borpile :

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT, diperoleh nilai conus dan dalam perhitungannya menggunakan Metode Mayerhoff.

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{(50\% \text{Nav}) \times A_s}{5} \right) \\ &= (40 \times 34 \times 0,126) + \left(\frac{(50\% \times 36,2) \times 22,619}{5} \right) \\ &= 252,710 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ijin} &= Qu/SF \\
 &= 252,710/3 \\
 &= 84,24 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Jadi, kekuatan ijin borpile adalah 84,24 Ton

- Kebutuhan Borpile :

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint

B diperoleh :

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqX)

$$P = 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

- Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595,98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679,648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2039,209 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

- Perencanaan dimensi poer :

$$\text{Panjang} = 2200 \text{ mm} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2200 \text{ mm} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = 650 \text{ mm} = 0,65 \text{ m}$$

- Perhitungan beban pondasi :

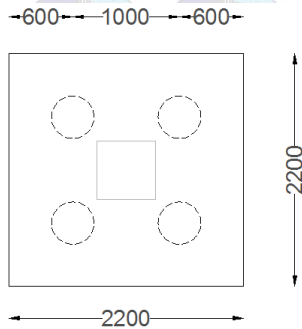
$$\text{Berat poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400$$

$$= 7550,4 \text{ kg}$$

$$P_{max} = 258595,98 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma P &= 7550,4 \text{ kg} + 258595,98 \text{ kg} \\
 &= 266146 \text{ kg} \\
 &= 266,146 \text{ Ton} \\
 n &= \Sigma P / P_{ijin} \\
 &= 266,146 / 84,24 \\
 &= 3,1595 \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan tiang sebanyak 4 buah



Gambar 3. Penampang Poer Tipe PC1

- Perhitungan jarak antara tiang (s) :

$$\begin{array}{lcl}
 2,5 D & \leq & s & \leq & 3D \\
 2,5 \times 400 & \leq & s & \leq & 3 \times 400 \\
 1000 & \leq & s & \leq & 1200
 \end{array}$$

Spakai Arah x = 1000 mm
Spakai Arah y = 1000 mm

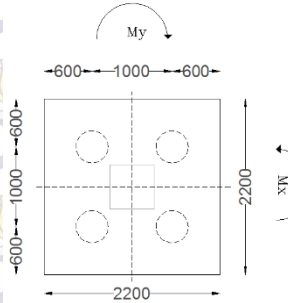
- Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (s') :

$$\begin{array}{lcl}
 1,5 D & \leq & s' & \leq & 2D \\
 1,5 \times 400 & \leq & s' & \leq & 2 \times 400 \\
 600 & \leq & s' & \leq & 800
 \end{array}$$

Dipakai s' = 600 mm

Jadi, Untuk perhitungan selanjutnya digunakan nilai P_{ijin} pada data tanah 2 dengan nilai 74,94 Ton.

6. Perhitungan Daya Dukung Borpile Dalam Kelompok



Gambar 4. Penampang poer

- Perhitungan Jarak X dan Y

	X (m)	X^2 (m)
X1	0.5	0.25
X2	0.5	0.25
X3	0.5	0.25
X4	0.5	0.25
	ΣX^2	1

	Y (m)	Y^2 (m)
Y1	0.5	0.25
Y2	0.5	0.25
Y3	0.5	0.25
Y4	0.5	0.25
	ΣY^2	1

- P akibat pengaruh beban tetap :

$$P = 227352,66 \text{ kg} = 227,353 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3803,751 \text{ kg} = 3,804 \text{ Ton}$$

$$M_y = 418,403 \text{ kg} = 0,418 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400 = 7550 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = 227352,66 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 234903,06 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{234903,06}{4} - \frac{(418,403 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(3803,751 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 60418,439 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{234903,06}{4} + \frac{(418,403 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(3803,751 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 60836,842 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{234903,06}{4} - \frac{(418,403 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3803,751 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 56614,688 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{234903,06}{4} + \frac{(418,403 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3803,751 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 57033,091 \text{ kg}$$

Cek kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2), untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$P_{\max} < 1,3 \times P_{\text{ijin}}$$

$$60836,842 \text{ kg} < 1,3 \times 56785$$

$$60836,842 \text{ kg} < 97418,694 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

- P akibat pengaruh beban sementara :

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 231259,99 \text{ kg} = 231,26 \text{ Ton}$$

$$M_x = 3490,893 \text{ kg} = 3,491 \text{ Ton}$$

$$M_y = 45684,7 \text{ kg} = 45,685 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400 = 7550 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = \frac{231259,99 \text{ kg}}{4} = 57814,99 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 238810,39 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{238810,39}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3490,893 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 77964,004 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{238810,39}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(3490,893 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 86120,84 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{238810,39}{4} - \frac{(45684,7 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3490,893 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 33284,356 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{238810,39}{4} + \frac{(45684,7 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(3490,893 \cdot 0,5)}{1}$$

$$= 53676,446 \text{ kg}$$

Cek Kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2), untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &< 1,3 \times P_{\text{ijin}} \\
 86120,84 \text{ kg} &< 1,3 \times 56785 \\
 86120,84 \text{ kg} &< 97418,694 \text{ kg} \quad (\mathbf{OK})
 \end{aligned}$$

• P akibat pengaruh beban sementara :

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1EqY)

$$P = 258595,98 \text{ kg} = 258,596 \text{ Ton}$$

$$M_x = 44679,648 \text{ kg} = 44,68 \text{ Ton}$$

$$M_y = 2,039 \text{ kg} = 2,039 \text{ Ton}$$

Beban vertical yang berkerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Poer} = 2,2 \times 2,2 \times 0,65 \times 2400 = 7550 \text{ kg}$$

$$P \text{ kolom} = \frac{258595,98 \text{ kg}}{4} = 64648,995 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 266146,38 \text{ kg}$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{(M_y \cdot X)}{\Sigma x^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y)}{\Sigma y^2}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{266146,38}{4} - \frac{(2039 \cdot 209 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(44679,648 \cdot 0,5)}{1} \\
 &= 87856,815 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{266146,38}{4} + \frac{(2039 \cdot 209 \cdot 0,5)}{1} + \frac{(44679,648 \cdot 0,5)}{1} \\
 &= 89896,024 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{266146,38}{4} - \frac{(2039 \cdot 209 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(44679,648 \cdot 0,5)}{1} \\
 &= 45216,376 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \frac{266146,38}{4} + \frac{(2039 \cdot 209 \cdot 0,5)}{1} - \frac{(44679,648 \cdot 0,5)}{1} \\
 &= 48275,189 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Kontrol,

Berdasarkan pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) pasal 1.2 (2),

untuk daya dukung pada pondasi memakai kombinasi beban sementara dinaikan 30%.

$$\begin{array}{rcl} P_{\max} & < & 1,3 \times P_{\text{ijin}} \\ 89896,024 \text{ kg} & < & 1,3 \times 56785 \\ 89896,024 \text{ kg} & < & 97418,694 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{array}$$

7. Perhitungan tulangan borpile

Berdasarkan Output SAP pada As 2 joint B diperoleh :

- Aksial :

$$P_u = 2663835.14 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} P_n &= P_u / \phi \\ &= 2663835.14 / 0,8 \\ &= 3329793,925 \text{ N} \end{aligned}$$

- Momen :

$$\begin{aligned} M_u &= 61551806 \text{ N.mm} \\ M_u &= 36160865.84 \text{ N.mm} \\ M_n &= M_u \text{ max} / \phi \\ &= 61551806 / 0,8 \\ &= 76939757,5 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

- $\epsilon_{\text{perlu}} = M/P$
$$\begin{aligned} &= 76939757,5 / 3329793,925 \\ &= 23,11 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Cek kondisi balance :

$$\begin{array}{rcl} d & = 0,8 \times 400 & = 320 \text{ mm} \\ d' & = 400 - 320 & = 80 \text{ mm} \\ d'' & = 400/2 - 80 & = 120 \text{ mm} \end{array}$$

Coba 8D16:

$$\begin{aligned} A_s &= A_s' &= 8 \times (1/4 \times \pi \times d^2) \\ & &= 8 \times (1/4 \times \pi \times 16^2) \\ & &= 1609,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600 \times d}{600 \times f_y} \\ &= \frac{600 \times 320}{600 \times 400} \\ &= 192 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= 0,85 \times x_b \\ &= 0,85 \times 192 \\ &= 163,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 1609,143 \times (400 - 0,85 \times 30) \\ &= 602624 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 1609,143 \times 400 \\ &= 643657,14 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times x_b \times (x_b) \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \times 400 \times 192 \\ &= 1566720 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_b &= C_c' + C_s' - T \\ &= 1566720 + 602624 - 643657,14 \\ &= 1525686,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= C_c'(d-d''-a_b/2) + C_s'(d-d''-d')+T \cdot d'' \\ &= [1566720 \times (320-120-163,2/2)] + \\ &\quad [602624 \times (320-120-80)] + \\ &\quad (643657,14 \times 120) \\ &= 335053385 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= 335053385 / 1525686,9 \\
 &= 219,608 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &\geq e_{\text{perlu}} \\
 219,608 \text{ mm} &\geq 23,11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Kondisi Tekan menentukan)

- Cek Kontrol kondisi tekan menentukan :

Diambil nilai, $x = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 a &= 0,85 \cdot X \\
 &= 0,85 \times 200 \\
 &= 170 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y, (f_y > f_s = 400 \text{ MPa})$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_y &= f_s / E_s \\
 &= 400 / 200000 \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &= [(d/x) - 1] \times 0,003 \\
 &= [(320/200) - 1] \times 0,003 \\
 &= 0,0018
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \epsilon_s \times E_s \\
 &= 0,0018 \times 200000 \\
 &= 360 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &< \epsilon_y \\
 0,0018 &< 0,002 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 1609,143 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 602624 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times x \times d \\
 &= 0,85 \times 30 \times 400 \times 320 \\
 &= 3264000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times [(d/x)-1] \times f_y \\
 &= 1609,143 \times [(320/200)-1] \times 400 \\
 &= 386194,29 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 3264000 + 602624 - 386194,29 \\
 &= 3480429,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c'(d-d''-a/2) + C_s'(d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= [[3264000 \times (320-120-170/2)] + \\
 &\quad [602624 \times (320-120-80)] + \\
 &\quad (386194,29 \times 120)] \\
 &= 494018194 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

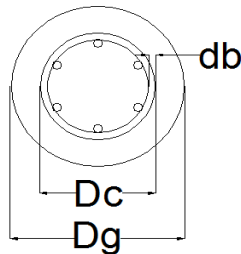
Cek syarat :

$$\begin{aligned}
 P &\geq P_b \\
 3480429,7 \text{ N} &\geq 1525686,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &\geq M_u \\
 494018194 \text{ N.mm} &\geq 76939757,5 \text{ N.mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi, dapat digunakan untuk tulangan utama pada borpile berdiameter 400 mm sebesar 8D16 yang akan disebarakan di setiap sisi penampang.

8. Perhitungan Geser Spiral



Gambar 5. Penampang Borpile

- Direncanakan :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$F_y \text{ geser} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan sengkang } (\emptyset) = 12 \text{ mm}$$

$$D_g = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Cover} = 50 \text{ mm}$$

$$D_c = 300 \text{ mm}$$

- $a_{s_v} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2$
 $= 113 \text{ mm}^2$

- $A_g = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2$
 $= 125714,29 \text{ mm}^2$

- $A_{ch} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 300^2$
 $= 70714,286 \text{ mm}^2$

- $\rho_s = 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \left(\frac{f_c'}{f_{yt}} \right)$
 $= 0,45 \times \left(\frac{125714,29}{70714,286} - 1 \right) \times \left(\frac{30}{240} \right)$
 $= 0,04375$

- $S = \frac{a_s \times \pi \times (D_c - db)}{\left(\frac{\pi \times D_c^2}{4} \right) \times \rho_s}$
 $= \frac{113 \times \pi \times (300 - 12)}{\left(\frac{\pi \times 300^2}{4} \right) \times 0,04375}$
 $= 50 \text{ mm}$

- $S_{\max} = 75 \text{ mm}$

$$S_{\min} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 50 \text{ mm}$$

- Detaileng :

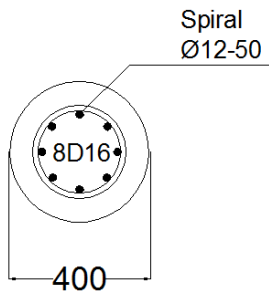
Ties pada joint tulangan spiral tidak boleh lebih kurang dari = 150 mm

9. Panjang penyaluran tulangan borpile :

$$\begin{array}{l} db \times f_y / (4 \times \sqrt{f_c'}) \geq 0,04 \times db \times f_y \\ 19 \times 400 / (4 \times \sqrt{30}) \geq 0,04 \times 19 \times 400 \\ 292,119 \text{ mm} \geq 256 \text{ mm} \end{array}$$

Jadi, panjang penyaluran = 300 mm

C. Penulangan pondasi



Gambar 6. Penulangan pondasi borpile

2. Perencanaan pilecap (Poer)

Perencanaan tebal pilecap efektif yang diperlukan dengan asumsi kerja balok lebar dan balok 2 arah pada pilecap. Kemudian digunakan nilai terbesar diantara keduanya.

Dalam perencanaannya tebal pile cap harus memenuhi syarat kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi

A. Data Perencanaan

- ΣP total = 227139,06 Kg
- Dimensi poer = 2200 mm
- Reaksi perlawanan tanah

$$q_t = \frac{\Sigma P \text{ total}}{\text{luas poer}}$$

$$= \frac{227139,06}{(2200 \times 2200)}$$

$$= 0,047 \text{ kg/mm}^2$$

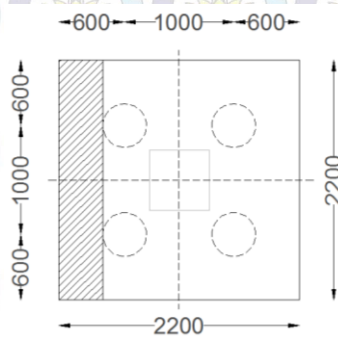
$$= 0,47 \text{ N/mm}^2$$

B. Perhitungan Pilecap

1. Perhitungan Geser pilecap

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil d terbesar diantara keduanya).

- Geser satu arah pada pilecap akibat kolom :



Gambar 7. Bidang Kritis pons satu arah

Luas tributary :

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{P_{poer} - b_{kolom} - 2d}{2} \times L_{poer} \\ &= \frac{2200 - 550 - 2d}{2} \times 2200 \\ &= 1815000 - 2200d \end{aligned}$$

Beban gaya geser V_u :

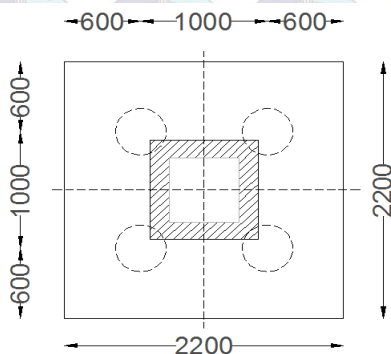
$$\begin{aligned} V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,47 \times (1815000 - 2200d) \\ &= 851771,49 - 1032,5d \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 2200 \times d \\ &= 2008,316d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \times V_c &> V_u \\ 0,75 \times (2008,316d) &> 851771,49 - 1032,5d \\ 1506,237d &> 851771,49 - 1032,5d \\ d &> 335,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Geser dua arah pada pilecap akibat kolom :



Gambar 8. Bidang kritis pons dua arah

Luas tributary :

$$\begin{aligned} A_t &= (L \text{ poer} \times B \text{ poer}) - [(L \text{ kolom} + \text{tebal} \\ &\text{poer}) \times (B \text{ kolom} + \text{tebal poer})] \\ &= (2200 \times 2200) - [(550 + d) \times (550 + d)] \\ &= 4537500 - 110d - d^2 \end{aligned}$$

Beban gaya geser V_u :

$$\begin{aligned} V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,47 \times (4537500 - 110d - d^2) \\ &= 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= (1 + 2/\beta_c) \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= (1 + 2/(550/550)) \times 1/6 \times \sqrt{30} \times [(2 \times \\ &(550+550)) + 4d] \times d \\ &= 6216,6d + 11,3d^2 \end{aligned}$$

$$\phi \times V_c > V_u$$

$$\begin{aligned} 0,75 \times (6216,6d + 11,3d^2) &> 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2 \\ 8,95d^2 + 5178,7d - 2129428,7 &> 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a} \\ &= \frac{-5178,7 \pm \sqrt{(5178,7^2 - (4 \times 8,95 \times (-2129428,7))}}{2 \times 8,95} \\ &= -289,425 \pm 567,261 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= -289,425 - 567,261 \\ &= -856,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= -289,425 + 567,261 \\ &= 277,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 = 277,84 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left[\frac{\alpha s x d}{b o} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{f'c' x b o x d}}{12} \right] \\
 &= \left[\frac{40 x d}{4d+2200} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{30 x (4d-2200) x d}}{12} \right] \\
 &= (48d + 4400) x 0,456d \\
 &= 21,909d^2 + 2008,316d
 \end{aligned}$$

$$\phi x V_c > V_u$$

$$0,75 \cdot (21,909d^2 + 2008,316d) > 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2$$

$$1506,2d + 16,4d^2 > 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2$$

$$16,9d^2 + 2022,5d - 2129428,7 > 0$$

$$d_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-2022,5 \pm \sqrt{(2022,5^2 - (4 \times 16,9x(-2129428,7)))}}{2 \times 16,9}$$

$$= -59,833 \pm 359,964$$

$$d_1 = -59,833 + 359,964$$

$$= -419,80 \text{ mm}$$

$$d_2 = -59,833 - 359,964$$

$$= 300,13 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d_2 = 300,13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/3 x \sqrt{f'c'} x b_w x d \\
 &= 1/3 x \sqrt{30} x (4d+2200) x d \\
 &= 1,83 x (4d^2 + 2200d) \\
 &= 7,3d^2 + 4016,6d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \times V_c &> V_u \\ 0,75 \cdot (7,3d^2 + 4016,6d) &> 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2 \\ 3012,5d + 5,48d^2 &> 2129428,7 - 516,23d - 0,47d^2 \\ 5,9d^2 + 3528,7d - 2129428,7 &> 0 \end{aligned}$$

$$d12 = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$= \frac{-3528,7 \pm \sqrt{(3528,7^2 - (4 \times 5,9 \times (-2129428,7))}}{2 \times 5,9}$$

$$= -296,703 \pm 667,929$$

$$d1 = -296,703 - 667,929$$

$$= -964,63 \text{ mm}$$

$$d2 = -296,703 + 667,929$$

$$= 371,23 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :

$$d2 = 371,23 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai, } d = 371,23 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai, } h = (\text{tebal selimut} + D \text{ tulangan poer} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan poer}) + d \text{ rencana}$$

$$= (50 + 19 + (19/2) + 356,401)$$

$$= 434,9 \text{ mm}$$

$$= 650 \text{ mm}$$

Cek berdasarkan panjang penyaluran tulangan kolom :

Panjang sambungan lewatan kolom.

$$Ld = 0,071 \times f_y \times db \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 0,071 \times 400 \times 19 \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 532 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned} L &= 12 \times \text{db} \\ &= 12 \times 19 \\ &= 228 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_d \text{ vertical} &= 532 \text{ mm} - 228 \text{ mm} \\ &= 304 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned} h &> L_d \text{ vertical} \\ 650 \text{ mm} &> 304 \text{ mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

Maka dipakai tinggi Poer 650 mm.

Dari perhitungan geser pons diatas diperoleh hasil sebagai berikut :

- Geser pons satu arah :

Luas tributary :

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{P_{\text{poer}} - b_{\text{kolom}} - 2d}{2} \times L_{\text{poer}} \\ &= \frac{2200 - 550 - 2d}{2} \times 2200 \\ &= 1815000 - 2200 \times 591 \\ &= 515900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Beban gaya geser Vu :

$$\begin{aligned} V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,47 \times 515900 \\ &= 242109,59 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton :

$$\begin{aligned}V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 2200 \times 591 \\ &= 2008,316d\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi \times V_c &> V_u \\ 0,75 \times (2008,316 \times 591) &> 242109,59 \text{ N} \\ 889432,97 \text{ N} &> 242109,59 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

- Geser pons dua arah :

Luas tributary :

$$\begin{aligned}A_t &= (L_{\text{poer}} \times B_{\text{poer}}) - [(L_{\text{kolom}} + \text{tebal poer}) \times (B_{\text{kolom}} + \text{tebal poer})] \\ &= (2200 \times 2200) - [(550 + d) \times (550 + d)] \\ &= 4840000 - 110d - d^2 \\ &= 4840000 - 1100 \times 591 + 591^2 \\ &= 3539259,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Beban gaya geser V_u :

$$\begin{aligned}V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,49 \text{ N/mm}^2 \times 3539259,8 \text{ mm}^2 \\ &= 1660959 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_c &= (1 + 2/\beta_c) \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= (1 + 2/(550/550)) \times 1/6 \times \sqrt{30} \times [(2 \times (550+550)) + 4d] \times d \\ &= 6216,6d + 11,3d^2 \\ &= (6216,6 \times 591) + (11,3 \times 591^2) \\ &= 7612155,8 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}\Phi \times V_c &\geq V_u \\ 0,75 \times 7612155,8 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N} \\ 5709116,8 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

Persamaan 2.

$$\begin{aligned}V_c &= \left[\frac{\alpha s x d}{b_o} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{f_c'} x b_o x d}{12} \right] \\ &= \left[\frac{40 x d}{4d+2200} + 2 \right] x \left[\frac{\sqrt{30} x (4d-2200) x d}{12} \right] \\ &= (48d + 4400) x 0,456d \\ &= 21,9d^2 + 2008,3d \\ &= 21,9 \times 591^2 + 2008,3 \times 591 \\ &= 8825331,2 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}\Phi \times V_c &\geq V_u \\ 0,75 \times 8825331,2 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N} \\ 6618998,4 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

Persamaan 3.

$$\begin{aligned}V_c &= 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 1/3 \times \sqrt{30} \times (4d + 2200) \times d \\ &= 1,83 \times (4d^2 + 2200d) \\ &= 7,3d^2 + 4016,6d \\ &= 7,3 \times 591^2 + 4016,6 \times 591 \\ &= 4918294,8 \text{ N}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}\Phi \times V_c &\geq V_u \\ 0,75 \times 4918294,8 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N} \\ 3688721,1 \text{ N} &\geq 1660959 \text{ N (OK)}\end{aligned}$$

2. Perhitungan Tulangan Lentur

- Direncanakan :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ tulangan utama} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{BJ Beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{BJ Baja tulangan (Es)} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama} = D 19$$

$$\text{Cover} = 50 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\beta_i = 0,85$$

$$\text{Diameter tiang (D)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Kedalaman tiang (l)} = 18000 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah tiang (n)} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Dimensi poer: (b)} = 2100 \text{ mm}$$

$$\text{(h)} = 2100 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 650 \text{ mm}$$

- $dx = \text{Tebal} - \text{cover} - (D \text{ tulangan utama}/2)$
 $= 650 - 50 - (19/2)$
 $= 590,5 \text{ mm}$

- $dy = \text{Tebal} - \text{cover} - D \text{ tulangan utama} - (D \text{ tulangan utama}/2)$
 $= 650 - 50 - 19 - (19/2)$
 $= 571,5 \text{ mm}$

➤ Penulangan Arah sumbu X :

- $q_u = \text{Berat poer}$

$$= 2,2 \times 0,65 \times 2400$$

$$= 3432 \text{ kg/m}$$

- $P = P_{\max.} \times (n \text{ tiang}/2)$
 $= 89896,024 \times 2$
 $= 179792,05 \text{ kg}$

- $M_u = MQ - M_p$
 $= [(3432 \times \frac{1}{2} \times 0,83) - (179792,05 \times 0,225)]$
 $= 39037,5106 \text{ kg.m}$
 $= 39037510,6 \text{ N.mm}$

- $M_n = M_u / \phi$
 $= 39037510,6 / 0,8$
 $= 487968882,2 \text{ N.mm}$

- $\rho_{\text{balance}} = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,8}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,0325$

- $\rho_{\text{min.}} = 1,4 / f_y$
 $= 1,4 / 400$
 $= 0,0035$

- $\rho_{\text{max.}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \times 0,0325$
 $= 0,0244$

- $R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$
 $= \frac{487968882,2}{2200 \times 590,5^2}$
 $= 0,636$

$$\begin{aligned} \bullet \quad m &= \frac{fy}{0,85 \times f'c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,6863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,6863} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6863 \times 0,636}{400}} \right) \\ &= 0,00161 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min.}} \quad 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} \quad 0,00161 < \rho_{\text{max.}} \quad 0,0244$$

(tidak memenuhi)

Maka dipakai $\rho_{\text{min.}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{min.}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 2200 \times 590,5 \\ &= 4546,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{D-19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,643 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times b}{\text{As}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 2200}{4133,5} \\ &= 137,186 \text{ mm} \\ &= 135 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Penulangan Arah sumbu Y :

- $q_u = \text{Berat poer}$
 $= 2,2 \times 0,65 \times 2400$
 $= 3432 \text{ kg/m}$

- $P = P_{\text{max.}} \times (n \text{ tiang}/2)$
 $= 89896,024 \times 2$
 $= 179792,05 \text{ kg}$

- $M_u = M_Q - M_p$
 $= [(3432 \times \frac{1}{2} \times 0,83) - (179792,05 \times 0,225)]$
 $= 39037,5106 \text{ kg.m}$
 $= 390375106 \text{ N.mm}$

- $M_n = M_u / \phi$
 $= 390375106 / 0,8$
 $= 487968882,2 \text{ N.mm}$

- $\rho_{\text{balance}} = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,8}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,0325$

- $\rho_{\text{min.}} = 1,4 / f_y$
 $= 1,4 / 400$
 $= 0,0035$

- $\rho_{\text{max.}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$
 $= 0,75 \times 0,0306$
 $= 0,0244$

$$\begin{aligned} \bullet R_n &= \frac{Mn}{b \times d y^2} \\ &= \frac{487968882,2}{2200 \times 571,5^2} \\ &= 0,679 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,6863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,6863} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6863 \times 0,679}{400}} \right) \\ &= 0,00172 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min.}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max.}} \\ 0,0035 &> 0,00172 < 0,0244 \end{aligned}$$

(tidak memenuhi)

Maka dipakai $\rho_{\text{min.}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{min.}} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 2200 \times 571,5 \\ &= 4000,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan :} & \\ \text{D-19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,643 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \times b \\
 &= \frac{A_s}{4} \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \times 2200 \\
 &= \frac{4000,5}{4} \\
 &= 141,747 \text{ mm} \\
 &= 135 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Penyaluran Tulangan Stek Kolom :

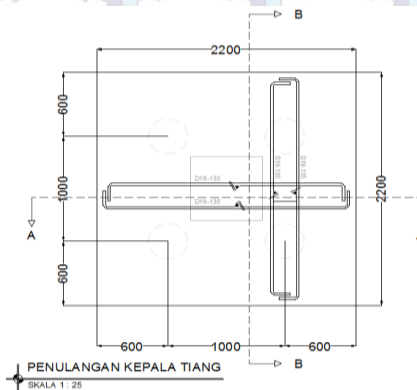
Panjang sambungan penjangkaran kolom.

$$\begin{aligned}
 L_d &= 0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm} \\
 &= 0,071 \times 400 \times 19 \geq 300 \text{ mm} \\
 &= 539,6 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

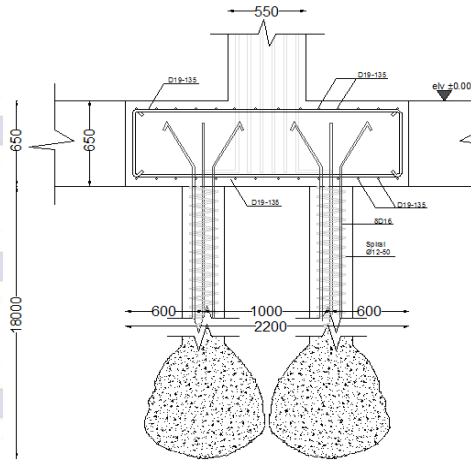
Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned}
 L &= 12 \times d_b \\
 &= 12 \times 19 \\
 &= 228 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

C. Gambar penulangan

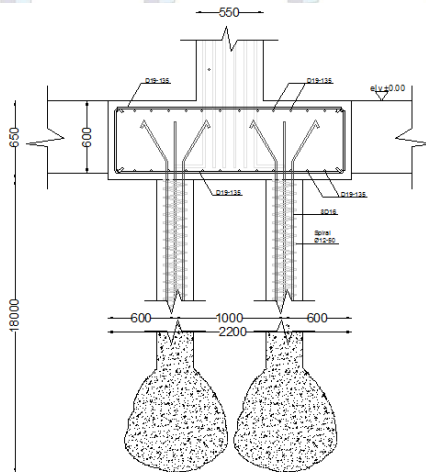


Gambar 9. Penulangan kepala tiang



POTONGAN KP A-A
SKALA 1 : 25

Gambar 10. Potongan A-A penulangan kepala tiang



POTONGAN PC 1 B-B
SKALA 1 : 25

Gambar 11. Potongan B-B penulangan kepala tiang