

PROYEK AKHIR - PS 0492

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
SD MUHAMMADIYAH 26 SURABAYA DENGAN
METODE STRUKTUR RANGKA PEMIKUL
MOMEN MENENGAH**

JIMMY KHARISMA
NRP.3106.030.040

SULTON WAHYU YORDANA
NRP.3106.030.041

Dosen Pembimbing
NUR AHMAD HUSIN, ST.MT
NIP. 132.206.862

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2009

~~36278~~

RSS

Ego. 71

Kha

P-1

2009

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	20-8-2009.
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	1773

FINAL PROJECT - PS 0492

**STRUCTURAL REDESIGN OF MUHAMMADIYAH
26 ELEMENTARY SCHOOL SURABAYA BUILDING
USING INTERMEDIATE MOMENT RESISTING
FRAME SYSTEM**

**JIMMY KHARISMA
NRP.3106.030.040**

**SULTON WAHYU YORDANA
NRP.3106.030.041**

**Consellor Lecture
NUR AHMAD HUSIN, ST.MT
NIP. 132.206.862**

**DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND DESIGN TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2009**

**PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR GEDUNG SEKOLAH DASAR
MUHAMMADIYAH 26 SURABAYA DENGAN
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM)**

TUGAS AKHIR

**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 I



Jimmy Kharisma
NRP : 3106.030.040

Mahasiswa II



Sulton Wahyu Yordana
NRP : 3106.030.041

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Surabaya,

Agustus 2009

06 AUG 2009

6/8/09

Nur Ahmad Husin, ST. MT

132.206.862

**PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR GEDUNG SEKOLAH DASAR
MUHAMMADIYAH 26 SURABAYA DENGAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

Nama Mahasiswa 1 : Jimmy Kharisma
NRP : 3106 030 040
Nama Mahasiswa 2 : Sulton Wahyu Yordana
NRP : 3106 030 041
Jurusan : Diploma III Teknik Sipil FTSP - ITS
Dosen Pembimbing : Nur Ahmad Husin, ST, MT

Abstrak

Gedung SD Muhammadiyah 26 terletak di jalan KH.Ahmad Dahlan 11, Surabaya dengan kondisi tanah sedang. Dalam analisis perhitungannya digunakan frame 3 dimensi. Untuk perhitungan beban gempa rencana menggunakan metode analisis respons statik ekuivalen. Peraturan yang digunakan yaitu standar desain yang berlaku di Indonesia. Kota Surabaya termasuk dalam zona gempa 2, akan tetapi dalam Proyek Akhir ini akan diperhitungkan sebagai zona gempa 3. Sehingga analisis strukturnya menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Struktur utama pada gedung (balok, sloof, kolom, dan pondasi) dan komponen sekundernya (pelat dan tangga) menggunakan struktur beton bertulang. Pada atap menggunakan struktur rangka baja ringan atau galvalum (rangka batang) dengan model atap pelana. Struktur bawah, poer dan sloof dari bahan beton bertulang. Untuk pondasi menggunakan tiang pancang.

Kata kunci : frame 3 dimensi, respons statik ekuivalen, SRPMM.

**STRUCTURAL REDESIGN OF MUHAMMADIYAH
26 ELEMENTARY SCHOOL BUILDING USING
INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME
SYSTEM**

1st Name : Jimmy Kharisma
Reg. Number : 3106 030 040
2nd Name : Sulton Wahyu Yordana
Reg. Number : 3106 030 041
Departement : Diploma III Teknik Sipil FTSP - ITS
Conseulor Lecturer : Nur Ahmad Husin, ST, MT

Abstract

This Muhammadiyah 26 Elementary High School built in KH. Ahmad Dahlan no 11 Street , Surabaya with intermediate existing soil. For the force analyzing used 3D frame dimension. The calculation of planning weight earthquake used the method of response static ekuivalen analyzing. These are following rules used as a basic calculation in Indonesia. Surabaya area categorize earthquake zone 2, while in this Final Project calculating with earthquake zone 3, so in the structural redesign calculation of Muhammadiyah 26 Elementary High School used a calculation with Intermediate Moment Resisting Frame System (SRPMM). The main structure of Muhammadiyah 26 Elementary High School (beam, sloof, column, and foundation) and the secondary component (slab and stairs) which are used the reinforced concrete. While roof are using rigid joint structure with 1 types of roof, which are saddle type of roof. For the substructure used poer and sloof from reinforced concrete for the foundation used the piled foundation.

Keywords : 3D frame dimension, static ekuivalen response, Intermediate Moment Resisting Frame System.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah senantiasa kami haturkan kehadiran Allah Subhanallahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya kepada kita. Serta shalawat dan salam yang semoga akan tetap selalu tercurah kepada Nabi besar, Rasullullah Salallahu Allaihi Wassalam, sehingga kami dapat menyelesaikan dan menyusun Laporan Proyek Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

Tersusunnya Laporan Proyek Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi berbagai pihak yang banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami ucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil terutama doanya.
2. Bapak Ir. Rachmad Basuki, MS. selaku koordinator Program Studi Diploma III Teknik Sipil.
3. Bapak Nur Ahmad Husin, ST, MT, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir ini.
4. Bapak Ir.A.Yusuf Zuhdi,PG.Dip.Plg, selaku dosen wali kami.
5. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan proyek akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan proyek akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proyek akhir ini.

Semoga apa yang kami sajikan dapat memberi manfaat bagi pembaca dan semua pihak. Amin.

Surabaya, Agustus 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR GRAFIK	xviii
DAFTAR NOTASI	xix
BAB I.	
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB II.	
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Data Umum Bangunan	5
2.2. Peraturan Yang Dipakai	5
2.3. Sistem Rangka Pemikul Momen	6
2.4. Tata Langkah Perhitungan Perencanaan Struktur	7
2.4.1. Pembebanan	7
2.4.2. Komponen Struktur Rangka Atap	11
2.4.3. Perencanaan Pelat	16
2.4.4. Perencanaan Balok	22
2.4.5. Perencanaan Kolom	31
2.4.6. Perencanaan Pondasi	35



BAB III.	
METODOLOGI	37
3.1. Metode Perencanaan.....	37
3.2. Sistematika Penulisan.....	41
 BAB IV.	
HASIL & PEMBAHASAN	43
4.1. PERENCANAAN DIMENSI STRUKTUR	
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok.....	44
4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom	63
4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof.....	72
4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat	75
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga	101
4.2. PEMBEBANAN STRUKTUR	
4.2.1. Pembebanan Pelat	111
4.2.2. Pembebanan Tangga	119
4.2.3. Pembebanan Dinding dan Partisi Gypsum	122
4.2.4. Distribusi Beban Ekuivalen Pelat Pada Balok....	125
4.2.5. Pembebanan Gempa.....	133
4.3. ANALISA STRUKTUR	
4.3.1. Permodelan Struktur.....	151
4.3.2. Beban Rencana Struktur	156
4.3.3. Kombinasi Pembebanan Struktur	156
4.4. PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS	
4.4.1. Perhitungan Struktur Sekunder.....	159
4.4.1.1. Perhitungan Atap.....	159
4.4.1.2. Perhitungan Pelat.	203
4.4.1.3. Perhitungan Tangga.....	235
4.4.2. Perhitungan Struktur Primer.....	291
4.4.2.1. Perhitungan Balok	291
4.4.2.2. Perhitungan Kolom	360
4.5. PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH	
4.5.1. Perhitungan Struktur Pondasi	401
4.5.1.1. Perhitungan Loof.....	401
4.5.1.2. Perhitungan Poer dan T.Pancang.....	420

BAB V.	
KESIMPULAN DAN SARAN	447
5.1. Kesimpulan	447
5.2. Saran	448
DAFTAR PUSTAKA.....	449
BIODATA PENULIS	

LAMPIRAN

- A. Data Hasil Uji Tanah.**
- B. Data Spesifikasi Tiang Pancang.**
- C. Data Spesifikasi Partisi Gypsum.**
- D. Data Spesifikasi Baja Ringan (Galvalum).**
- E. Lembar Asistensi Tugas Akhir.**
- F. Lembar Revisi Tugas Akhir.**
- G. Lampiran Revisi Tugas Akhir.**
- H. Tabel–Tabel Perhitungan (Excel Perhitungan).**
- I. Gambar Perencanaan Proyek Akhir.**

DAFTAR GAMBAR

NO.	JUDUL GAMBAR	HALAMAN
Gambar 2.1	: Gaya lintang yang bekerja pada balok dan kolom SRPMM.....	7
Gambar 4.1	: Denah Balok BI-1/1.....	45
Gambar 4.2	: Dimensi penampang balok BI-1/1	46
Gambar 4.3	: Denah balok BI-1/2	47
Gambar 4.4	: Dimensi penampang balok BI-1/2	48
Gambar 4.5	: Denah balok BI-2/1	49
Gambar 4.6	: Dimensi penampang balok BI-2/1	50
Gambar 4.7	: Denah balok BI-2/2	51
Gambar 4.8	: Dimensi penampang balok BI-2/2	52
Gambar 4.9	: Denah balok BA-1/1.....	53
Gambar 4.10	: Dimensi penampang balok BA-1/1.....	54
Gambar 4.11	: Denah balok BA-1/2.....	55
Gambar 4.12	: Dimensi penampang balok BA-1/2.....	56
Gambar 4.13	: Denah balok RB-1	57
Gambar 4.14	: Dimensi penampang RB-1.....	58
Gambar 4.15	: Denah balok RB-2	59
Gambar 4.16	: Dimensi penampang balok RB-2.....	60
Gambar 4.17	: Denah balok BB	61
Gambar 4.18	: Dimensi penampang balok BB	62
Gambar 4.19	: Denah kolom K1	63
Gambar 4.20	: Dimensi penampang kolom K1	65
Gambar 4.21	: Denah kolom K2	65
Gambar 4.22	: Dimensi penampang kolom K2	67
Gambar 4.23	: Denah kolom K3	67
Gambar 4.24	: Dimensi penampang kolom K3	69
Gambar 4.25	: Denah kolom K4	69
Gambar 4.26	: Dimensi penampang kolom K4	71

Gambar 4.27	: Denah balok sloof.....	72
Gambar 4.28	: Dimensi penampang balok sloof	74
Gambar 4.29	: Denah pelat lantai 2 [+4.00]	78
Gambar 4.30	: Detail pelat lantai Tipe A As [A-B;7-8]	78
Gambar 4.31	: Balok As A joint 7-8	79
Gambar 4.32	: Balok As 7 joint A-B.....	81
Gambar 4.33	: Balok As B joint 7-8.....	83
Gambar 4.34	: Balok As 8 joint A-B.....	85
Gambar 4.35	: Denah pelat Lantai Tipe P As [A-B;1-2]	90
Gambar 4.36	: Detail Pelat Lantai Tipe P As[A-B;1-2]	90
Gambar 4.37	: Balok As 1 joint A-B.....	91
Gambar 4.38	: Balok As B joint 1-2.....	93
Gambar 4.39	: Balok As 2 joint A-B.....	95
Gambar 4.40	: Balok As A joint 1-2	97
Gambar 4.41	: Denah perencanaan tangga utama	102
Gambar 4.42	: Denah tangga lantai 2 As [G-H;5-6]	102
Gambar 4.43	: Potongan tangga lantai 2 As [G-H;5-6]	103
Gambar 4.44	: Tebal efektif pelat anak tangga	104
Gambar 4.45	: Denah perencanaan tangga darurat.....	107
Gambar 4.46	: Denah tangga lantai 2 As [C-F;10-11]	107
Gambar 4.47	: Potongan tangga lantai 2 As [C-F;10-11]	108
Gambar 4.48	: Tebal efektif pelat anak tangga.....	109
Gambar 4.49	: Denah posisi pembebanan plat lantai 2,3,4 untuk ruang kelas	112
Gambar 4.50	: Denah posisi pembebanan pelat lantai 2 untuk perpustakaan	114
Gambar 4.51	: Denah posisi pembebanan plat lantai 4 untuk ruang pertemuan	116
Gambar 4.52	: Denah posisi pembebanan atap	118
Gambar 4.53	: Denah lokasi pembebanan tangga	120
Gambar 4.54	: Denah lokasi pembebanan pelat bordes.....	121
Gambar 4.55	: Gambar perencanaan pembebanan distribusi beban ekuivalen pelat pada balok	126
Gambar 4.56	: Luasan berat bangunan setiap tingkat pada portal	136

Gambar 4.57	: Denah posisi pembebanan gempa lantai 1	137
Gambar 4.58	: Denah posisi pembebanan gempa lantai 2	137
Gambar 4.59	: Denah posisi pembebanan gempa lantai 3	138
Gambar 4.60	: Denah posisi pembebanan gempa lantai 4	138
Gambar 4.61	: Denah pembalokan lantai 1	139
Gambar 4.62	: Denah pembalokan lantai 2	139
Gambar 4.63	: Denah pembalokan lantai 3	140
Gambar 4.64	: Denah pembalokan lantai 4	140
Gambar 4.65	: Permodelan 3D gedung dalam SAP 2000.....	141
Gambar 4.66	: Permodelan 3D portal yang ditinjau pada pembebanan gempa (samping kanan)	142
Gambar 4.67	: Permodelan 3D portal yang ditinjau pada pembebanan gempa (depan)).....	142
Gambar 4.68	: Distribusi beban gempa arah Y positif pada joint balok - kolom	150
Gambar 4.69	: Distribusi beban gempa arah Y negatif pada joint balok - kolom	150
Gambar 4.70	: Permodelan 3D tampak depan	151
Gambar 4.71	: Permodelan 2D portal melintang	152
Gambar 4.72	: Permodelan 3D tampak samping	152
Gambar 4.73	: Permodelan 2D portal memanjang	153
Gambar 4.74	: Permodelan 2D balok sloof	153
Gambar 4.75	: Permodelan 2D balok lantai 2,3, dan 4	153
Gambar 4.76	: Permodelan 2D balok atap.....	154
Gambar 4.77	: Permodelan 3D atap	154
Gambar 4.78	: Permodelan mekanika teknik tangga	155
Gambar 4.79	: Permodelan 3D Dimensi SAP tangga	155
Gambar 4.80	: Beban angin yang bekerja pada gedung.....	161
Gambar 4.81	: Permodelan 3D struktur atap	161
Gambar 4.82	: Struktur kuda-kuda rangka atap galvalum	162
Gambar 4.83	: Detail penampang gording atap	163
Gambar 4.84	: Arah gaya yang bekerja pada gording	163
Gambar 4.85	: Arah gaya angin yang bekerja	164
Gambar 4.86	: Beban merata pada reng	165

Gambar 4.87 : Momen struktur atap akibat adanya beban tetap.....	168
Gambar 4.88 : Momen struktur atap akibat adanya beban sementara	168
Gambar 4.89 : Gambar gaya batang pada SAP 2000	194
Gambar 4.90 : Angkur Dyna Bout	198
Gambar 4.91 : Panjang angkur Dyna Bout.....	202
Gambar 4.92 : Denah pelat lantai tipe A As [A-B;7-8]	210
Gambar 4.93 : Denah perletakan tumpuan pelat lantai.....	210
Gambar 4.94 : Potongan pelat lantai	212
Gambar 4.95 : Detail penulangan pelat lantai tipe A.....	221
Gambar 4.96 : Denah pelat lantai tipe P As [A-B;1-2]	223
Gambar 4.97 : Denah perletakan tumpuan pelat atap.....	223
Gambar 4.98 : Potongan pelat lantai atap.....	225
Gambar 4.99 : Detail penulangan pelat lantai atap Tipe P....	234
Gambar 4.100: Permodelan Mekanika Tangga	237
Gambar 4.101: Permodelan Struktur 3D Tangga Utama.....	237
Gambar 4.102: Permodelan Struktur 3D Tangga Darurat	238
Gambar 4.103: Potongan Pelat Tangga Utama	239
Gambar 4.104: Momen terbesar pada area 592 joint 57.....	241
Gambar 4.105: Momen terbesar pada area 110 joint 593	244
Gambar 4.106: Detail penulangan tangga utama	247
Gambar 4.107: Permodelan balok bordes yang ditinjau	248
Gambar 4.108: Penulangan balok bordes.....	290
Gambar 4.109: Denah pembalokan lantai 2 [+4.00]	295
Gambar 4.110: Permodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok.....	297
Gambar 4.111: Momen lentur COMB4 = 1,2 DL+1,0 LL + 0,3EQX + 1,0EQY	297
Gambar 4.112: Momen lentur COMB6 = 1,2 DL+1,0 LL - 0,3EQX - 1,0EQY	298
Gambar 4.113: Momen lentur COMB2 = 1,2 DL+1,6 LL	298
Gambar 4.114: Gaya geser COMB7 = 1,2 DL+1,0 LL	299
Gambar 4.115: Momen puntir COMB 3 = 1,2 DL + 1,0LL +1,0LL + 1,0QEX + 0,3EQY	299

Gambar 4.116: Gambar gaya lintang rencana komponen balok pada SRPMM	302
Gambar 4.117: Gambar luasan Acp dan keliling Pcp.....	305
Gambar 4.118: Gambar luasan Aoh dan keliling Ph	306
Gambar 4.119: Analisis lentur penampang untuk beton bertulang (Tumpuan 1)	310
Gambar 4.120: Analisis lentur penampang untuk beton bertulang (Lapangan)	321
Gambar 4.121: Analisis lentur penampang untuk beton bertulang (Tumpuan 2)	332
Gambar 4.122: Diagram gaya geser terfaktor pada bentang balok (Tumpuan)	343
Gambar 4.123: Diagram gaya geser terfaktor pada bentang balok (Lapangan)	349
Gambar 4.124: Detail penulangan balok SRPMM	355
Gambar 4.125: Detail panjang penyaluran balok	359
Gambar 4.126: Denah kolom K2 pada As [8-E]	362
Gambar 4.127: Posisi kolom K2 pada frame [121]	362
Gambar 4.128: Permodelan 3D diagram gaya dalam aksial kolom	366
Gambar 4.129: Gambar gaya lintang rencana komponen kolom pada SRPMM.....	366
Gambar 4.130: Panjang tekuk kolom	369
Gambar 4.131: Panjang tekuk kolom	376
Gambar 4.132: Gambar posisi kolom yang ditinjau pada portal	376
Gambar 4.133: Detail penulangan kolom 50 x 50	397
Gambar 4.134: Detail panjang penyaluran kolom 50 x 50	400
Gambar 4.135: Pembebanan pada sloof.....	403
Gambar 4.136: Permodelan 3D denah balok sloof.....	403
Gambar 4.137: Denah pembalokan sloof.....	404
Gambar 4.138: Diagram geser pada sloof	409
Gambar 4.139: Detail penulangan balok sloof	418
Gambar 4.140: Detail panjang penyaluran balok sloof	419
Gambar 4.141: Jenis Tipe tiang pancang.....	421

Gambar 4.142: Luasan tributari Poer TP-2	423
Gambar 4.143: Arah gaya pada Poer TP-2 akibat beban rencana	426
Gambar 4.144: Gambar mekanika penulangan poer TP-2 arah X.....	438
Gambar 4.145: Gambar mekanika penulangan poer TP-2 arah X.....	440
Gambar 4.146: Gaya geser 1 arah pada TP-2.....	443
Gambar 4.147: Gaya geser 2 arah pada TP-2.....	444



DAFTAR TABEL

NO	JUDUL TABEL	HAL
2.1	Faktor reduksi gempa	10
2.2	Keutamaan I	11
2.3	Tebal Minimum pelat tanpa balok interior Berdasarkan tabel 10 SNI 03-2847-2002	17
2.4	Persyaratan pelindung beton untuk tulangan Non prategang berdasarkan tabel 7 SNI 03-2847-2002	22
2.5	Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir Berdasarkan tabel 11 SNI 03-2847-2002	30
4.1	Tabel minimum h balok dan plat satu arah	44
4.2	Perhitungan beban ekuivalen pelat lantai	131
4.3	Perhitungan ekuivalen pelat atap	132
4.4	Faktor keutamaan I untuk berbagai kategori Gedung dan bangunan Gempa 3	135
4.5	Faktor reduksi gempa maksimum	135
4.6	Perhitungan berat bangunan portal As-3	143
4.7	Rekapitulasi berat bangunan, tinggi bangunan dan perkalian berat tinggi bangunan	148
4.8	Tabel momen dalam pelat	208

DAFTAR LAMPIRAN

NO. JUDUL LAMPIRAN

- Lampiran A : Data Hasil Uji Tanah
- Lampiran B : Data Spesifikasi Tiang Pancang
- Lampiran C : Data Spesifikasi Partisi Gypsum.
- Lampiran D : Data Spesifikasi Baja Ringan (Galvalum)
- Lampiran E : Lembar Asistensi Tugas Akhir
- Lampiran F : Lembar Revisi Tugas Akhir
- Lampiran G : Lampiran Revisi Tugas Akhir
- Lampiran H : Tabel –Tabel Perhitungan
- Lampiran F : Gambar Perencanaan Proyek Akhir

DAFTAR GRAFIK

NO	JUDUL GRAFIK	HAL
2.1	Grafik respons spektrum gempa	10
2.2	Grafik α_m	20
4.1	Respons spektrum gempa wilayah zone 3	134
4.2	Diagram tebal pelat minimum	207
4.3	Faktor panjang efektif	378
4.4	Diagram interaksi kolom	383
4.5	Hubungan interaksi lentur biaksial	386
4.6	Diagram hasil perhitungan PCA-COL kolom	390
4.7	Diagram interaksi sloof	406

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	= Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm^2
A_g	= Luas bruto penampang (mm^2)
A_n	= Luas bersih penampang (mm^2)
A_{tp}	= Luas penampang tiang pancang (mm^2)
A_l	= Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (mm^2)
A_o	= Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm^2)
A_{oh}	= Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan sengkang (mm^2)
A_s	= Luas tulangan tarik non prategang (mm^2)
A_s'	= Luas tulangan tekan non prategang (mm^2)
A_t	= Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm^2)
A_v	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm^2)
b	= Lebar daerah tekan komponen struktur (mm^2)
b_o	= Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm)
b_w	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C	= Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
C_c'	= Gaya pada tulangan tekan
C_s'	= Gaya tekan pada beton
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
d'	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)
db	= Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)

D	= Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
e	= Eksentrisitas dari pembebanan tekan pada kolom atau telapak pondasi
ex	= Jarak kolom ke pusat kekakuan arah x
ey	= Jarak kolom ke pusat kekakuan arah y
E	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
E _c	= Modulus elastisitas beton (MPa)
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
f _c '	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
f _y	= Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
f _{vy}	= Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
f _{ys}	= Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
h	= Tinggi total dari penampang
h _n	= Bentang bersih kolom
L _n	= Bentang bersih balok
M _u	= Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
M _{nb}	= Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
M _{nc}	= Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
M _n	= Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
M _{nx}	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
M _{ny}	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
M _{ox}	= Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x untuk aksial tekan yang nol

- M_{oy} = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y untuk aksial tekan yang nol
 MR_x = Momen puntir arah x
 MR_y = Momen puntir arah y
 M_1 = Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
 M_2 = Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada Komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
 M_{1ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
 M_{2ns} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
 M_{1s} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
 M_{2s} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).

N_u	= Beban aksial terfaktor
P_{cp}	= keliling luar penampang beton (mm)
P_b	= Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)
P_c	= Beban kritis (N)
P_{CP}	= Keliling penampang beton (mm)
Ph	= Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi
P_n	= Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)
P_o	= Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol (N)
P_u	= Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
S	= Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan (N)
T_c	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
T_n	= Kuat momen torsi nominal (Nmm)
T_s	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh Tulangan tarik
T_u	= Momen torsi terfaktor pada penampang (Nmm)
V_c	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (N)
V_s	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
V_u	= Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
x	= Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang
α	= 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 α untuk semua balok tepi dari suatu panel
β	= Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
β_d	= Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum

- ρ = Rasio tulangan tarik $\left(\frac{A_s}{bd} \right)$
 ρ' = Rasio tulangan tekan $\left(\frac{A_s'}{bd} \right)$
 ρ_b = Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
 ρ_{max} = Rasio tulangan tarik maksimum
 ρ_{min} = Rasio tulangan tarik minimum
 ϕ = Faktor reduksi kekuatan
 ε = Regangan (mm)
 ε_c = Regangan dalam beton (mm)
 λ_d = Panjang penyaluran (mm)
 λ_{db} = Panjang penyaluran dasar (mm)
 λ_{dh} = Panjang penyaluran kait standar tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan).(mm)
 λ_{hb} = Panjang penyaluran dasar dari kait standar tarik (mm)
 λ_n = Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang-bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif
 λ_u = Panjang bebas (tekuk) pada kolom
 δ_{ns} = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
 δ_s = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Negara Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi gempa sangat tinggi. Terutama pada wilayah-wilayah yang berada di sepanjang garis gempa, yaitu sebuah garis maya yang merupakan pertemuan antara lempeng Eurasia dengan lempeng Australia. Kondisi ini mengakibatkan frekuensi terjadinya gempa pada beberapa wilayah di Indonesia sangat tinggi.

Kondisi ini memberikan pengaruh besar dalam proses perencanaan sebuah gedung di Indonesia. Terutama untuk gedung-gedung bertingkat yang dirancang mampu menahan beban gempa.

Di Negara Indonesia ada 3 (tiga) macam sistem struktur yang digunakan yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
Metode ini digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 1 dan 2 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan rendah. Acuan perhitungan yang digunakan adalah *SNI 03-2847-2002* pasal 3 sampai dengan 20.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
Metode ini digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 3 dan 4 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan sedang. Pasal-pasal yang digunakan dalam *SNI 03-2847-2002* adalah Pasal 3 sampai 20, ditambah dengan pasal 23.2 sampai dengan 23.10.
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Metode ini digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 5 dan 6 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi.

Berdasarkan *Gambar 2.1 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar dengan Periode Ulang 500 tahun pada SNI 1726-2002*, wilayah Surabaya termasuk dalam zona gempa 2, yaitu wilayah yang memiliki intensitas gempa ringan. Akan tetapi dalam Proyek Akhir ini, akan diperhitungkan sebagai zona gempa 3. Sehingga analisis struktur bangunannya menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

1.2 Perumusan Masalah

1. Apa saja beban-beban yang bekerja pada struktur
2. Bagaimana menentukan dimensi balok, kolom dan pelat sehingga mampu menahan beban yang direncanakan.
3. Bagaimana menganalisis gaya dalam yang terjadi pada sebuah bangunan (SD Muhammadiyah 26 Surabaya) dengan struktur beton bertulang agar mampu menahan beban yang direncanakan.
4. Bagaimana merencanakan suatu konstruksi atap rangka baja ringan (galvalum).
5. Bagaimana merencanakan pondasi tiang pancang.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Perencanaan Ulang Gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya adalah :

1. Perencanaan dan perhitungan bangunan atas meliputi
 - a. Struktur atap : menggunakan konstruksi atap rangkabaja ringan (galvalum).
 - b. Struktur utama : menggunakan struktur beton bertulang pada balok dan kolom.
 - c. Struktur sekunder : menggunakan struktur beton bertulang pada tangga dan pelat.

2. Perencanaan dan perhitungan bangunan bawah meliputi :
 - a. Sloof : menggunakan beton bertulang
 - b. Poer : menggunakan beton bertulang
 - c. Pondasi : menggunakan pondasi tiang pancang (*precast*)
3. Analisis struktur
 - a. Metode perhitungan yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
 - b. Perhitungan beban gempa menggunakan metode analisis *Respons Statik Ekuivalen*.
 - c. Perhitungan gaya dalam (N, D dan M) menggunakan program komputer SAP 2000 Versi 10
 - d. Tidak mencakup bangunan pelengkap (*shaft* = terowongan sampah, dan penangkal petir)
4. Perencanaan ini tidak meninjau pada analisis biaya, manajemen konstruksi dan segi arsitektural.

Dengan adanya batasan masalah ini diharapkan apa yang disajikan tidak menyimpang dari permasalahan yang ada.

1.4 Tujuan

- a. Menentukan dimensi komponen struktur yang efektif dan efisien.
- b. Menentukan penulangan struktur yang menahan beban gempa dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

1.5 Manfaat

Diharapkan gedung yang direncanakan dengan metode SRPMM ini mampu menahan beban gempa yang dimungkinkan akan terjadi, dan memberikan rasa aman dan nyaman kepada penghuninya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Data Umum Bangunan

Gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya merupakan bangunan bertingkat yang terdiri dari bangunan 4 lantai yang akan direncanakan dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah. Dalam perencanaan struktur Gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya ini diperlukan data-data perencanaan untuk kemudian dilakukan perhitungan. Data-data perencanaan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Data umum bangunan
 - a. Nama Gedung : Gedung SD Muhammadiyah 26
 - b. Lokasi Gedung : Jl.KH.Ahmad Dahlan 11
Sukolilo, Surabaya
 - c. Luas Bangunan : $\pm 597,84 \text{ m}^2$
 - d. Tinggi Bangunan : $\pm 19.80 \text{ m}$
2. Data teknis
 - a. Mutu beton ($f'c$) : 25 MPa
 - b. Mutu baja (f_y) : 400 Mpa
3. Data tanah
Data tanah yang digunakan adalah data tanah dari hasil tes sondir dan boring seperti yang terlampir.

2.2. Peraturan Yang Dipakai

Peraturan-peraturan yang dipakai dalam perencanaan struktur Gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya dengan sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah adalah sebagai berikut:

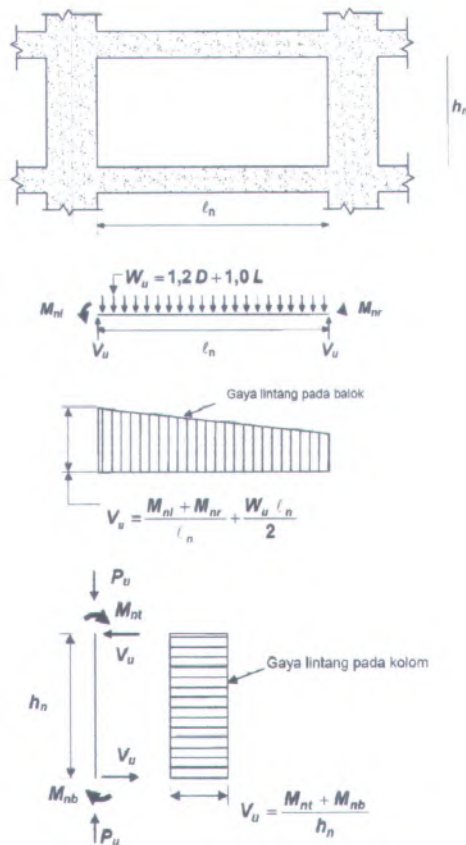
1. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)
2. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI-1726-2002).

3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)
4. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971)
5. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI 1984).
6. Tabel Grafik dan Diagram Interaksi Untuk Perhitungan Struktur Beton Berdasarkan SNI 1992
7. Desain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 1 (CHU-KIA WANG dan CHARLES G. SALMON)
8. Desain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 2 (CHU-KIA WANG dan CHARLES G. SALMON)

2.3. Sistem Rangka Pemikul Momen.

Dalam bidang konstruksi bangunan, perencanaan bangunan tahan gempa menggunakan tiga metode yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) yang digunakan pada zona gempa rendah atau terletak pada zona gempa 1 dan 2, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang digunakan pada zona gempa sedang atau terletak pada zona gempa 3 dan 4 dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)) yang digunakan pada zona gempa tinggi atau terletak pada zona gempa 5 dan 6. Ketiga metode perencanaan bangunan tahan gempa tersebut diterapkan atau digunakan sesuai dengan letak zona gempa bangunan yang akan direncanakan.

Pada pengerjaan proyek akhir ini gedung Gedung SD Muhammadiyah 26 yang terletak di Surabaya, berdasarkan pembagian wilayah zona gempa termasuk dalam zona gempa 2 akan tetapi pada perencanaannya, struktur gedung ini akan direncanakan pada zona gempa 3 supaya nantinya dalam pengerjaan proyek akhir ini menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).



Gambar 2.1 : Gaya lintang yang bekerja pada balok dan kolom SRPMM.

2.4. Tata Langkah Perhitungan Perencanaan Struktur.

2.4.1. Pembebanan

Pembebanan yang direncanakan dalam perhitungan struktur struktur Gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya meliputi:

A. 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 (**PPIUG 1983 psl. 1.0.1**).

Dalam menentukan beban mati struktur bangunan sebagai berikut :

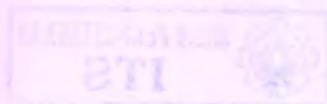
- a. Beban mati pada pelat lantai, terdiri dari :
 - Berat sendiri pelat
 - Beban pemasangan keramik
 - Beban spesi
 - Beban plafond dan rangka
- b. Beban mati pada balok, terdiri dari :
 - Berat sendiri balok
 - Berat dinding
- c. Beban mati pada atap, terdiri dari :
 - Berat sendiri balok rangka atap
 - Berat penutup atap (genting)
 - Berat alat penyambung

B. Beban Hidup

Beban Hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya 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 diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut (**PPIUG 1983 psl. 1.0.2**).

C. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (**PPIUG 1983 psl. 1.0.3**).



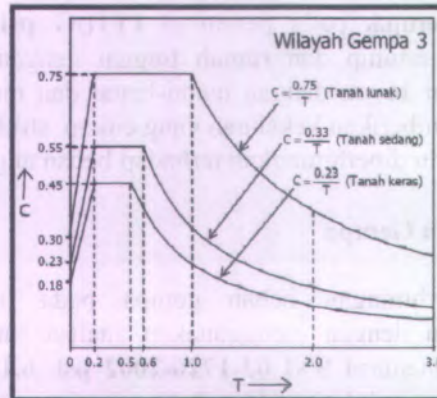
Merujuk pada peraturan **PPIUG psl. 4.4.1**, pada gedung tertutup dan rumah tinggal dengan tinggi tidak lebih dari 16 m, dengan lantai-lantai dan dinding-dinding yang memberikan kekakuan yang cukup, struktur utamanya tidak perlu diperhitungkan terhadap beban angin

D. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini, dilakukan dengan menggunakan analisa statik ekuivalen dimana menurut **SNI 03-1726-2002 psl. 6.1.3** gaya geser dasar nominal harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban gempa nominal static ekuivalen pada gedung yang beraturan.

- **Faktor Respons Gempa (C)**

Berdasarkan lokasi yang direncanakan yaitu untuk ditempatkan di Surabaya, maka struktur Gedung SD Muhammadiyah 26 termasuk dalam wilayah gempa 3 dan termasuk dalam kategori tanah sedang, maka untuk perhitungan gaya geser terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dilakukan dengan metoda analisis ragam respons spectrum dengan memakai Spektrum Respons menurut Gambar 2 SNI 03-1726-2002 yang nilai ordinatnya dikalikan factor koreksi I/R, dimana I adalah Faktor Keutamaan menurut table 1, sedangkan R adalah factor reduksi gempa dari struktur gempa yang bersangkutan.



Grafik 2.1 : Grafik respons spektrum gempa.

- **Faktor Reduksi Gempa (R)**

Gedung ini direncanakan menggunakan SRPMM, sehingga berdasarkan tabel 3 SNI 03-1726-2002 didapatkan nilai factor reduksi gempa $R = 5,5$.

Tabel.2.1 : Faktor reduksi gempa.

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_w	R_w Pers. (6)	f Pers. (39)
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a. Baja	2,7	4,5	2,8
	b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8

- **Faktor Keutamaan (I)**

Gedung ini sesuai dengan fungsinya yaitu dsebagai gedung perkuliahan sehingga berdasarkan tabel 1 SNI 03-1726-2002, didapatkan $(I)=1,0$.

Tabel. 2.2 : Keutamaan I..

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

- **Arah Pembebanan Gempa.**

Berdasar pasal 5.8.2 SNI 03-1726-2002 untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana gempa yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegal lurus pada arah pembebanan tadi, tetapi dengan efektivitas hanya 30%.

2.4.2 Komponen Struktur Rangka Atap

A. Komponen dengan beban gabungan lentur dan gaya normal tekan.

Batang-batang tekan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga terjamin stabilitasnya (tidak ada bahaya tekuk). Dalam hal ini harus diperlihatkan dalam persamaan:

$$\omega = \frac{N}{A} \leq \bar{\sigma}$$

↳ [PPBBI 1994 ps.4.1.1(6)]

Dimana :

N : gaya tekan pada batang.

A : luas penampang batang.

$\bar{\sigma}$: tegangan dasar pada tabel 1.

ω : faktor tekuk yang tergantung dari faktor berikut.

Harga ω dapat juga ditentukan dengan persamaan :

- Kelangsingan batang

↳ [PPBBI 1984 psl 4.1.1]

$$\lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{0,7x\sigma}}, \quad \lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g}$$

- Faktor tekuk

↳ [PPBBI 1984 psl 4.1.1]

Untuk : $\lambda_s \leq 0,183 \Rightarrow$ maka $\omega = 1$

Untuk : $0,183 < \lambda_s < 1 \Rightarrow$ maka $\omega =$

$$\frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

Untuk : $\lambda_s \geq 0,183 \Rightarrow$ maka $\omega = 2,381 \times$

$$\lambda_s^2$$

Kelangsingan pada batang-batang tunggal dicari dengan persamaan :

$$\lambda = \frac{Lk}{i}$$

↳ [PPBBI 1984 psl 4.1.2(7)]

Dimana :

Lk : panjang jari tekuk batang.

I : jari-jari kelembaman batang.

Kolom-kolom yang tidak dibebani gaya-gaya lintang dan momen lentur hanya terhadap sumbu x, harus memenuhi syarat-syarat : → [PPBBI 1984 psl 4.8.2]

$$\sigma^{\circ} = \omega x \frac{N}{A} + \beta x \cdot \theta \frac{nx}{nx-1} \cdot \frac{Mx}{Wx} \leq \sigma_{ijin}$$

$$\sigma^{\circ} = \frac{N}{A} + \frac{Mx}{Wx} \leq \sigma_{ijin}$$

Dimana :

ωx : panjang jari tekuk batang.

N : gaya normal pada kolom.

A : luas penampang kolom.

$$\beta x : 0,6 + 0,4 \frac{Mx1}{Mx2}$$

Mx1 dan Mx2 adalah momen ujung kolom dengan ketentuan Mx1 < Mx2

Wx : momen perlawanan terhadap sumbu X.

$$N_x : \frac{A \cdot \sigma_{EX}}{N}$$

→ [PPBBI 1984 psl 4.8.2]

$$\theta : \frac{5x\sigma_{ijin}}{\sigma_{kip} \left(8 - 3 \frac{Mx1}{Mx2} \right)}$$

Yang dimaksud balok-balok yang penampangnya tidak berubah bentuk, adalah balok-balok yang memenuhi syarat-syarat :

$$\frac{h}{tb} \leq 75 \quad \rightarrow \text{[PPBBI 1984 psl 3.4.a]}$$

$$\frac{L}{h} \geq 1,25 \frac{b}{ts} \quad \rightarrow \text{[PPBBI 1984 psl 3.4.b]}$$

Dimana :

h : tinggi balok

B : lebar sayap

t_b : tebal badan

t_s : tebal sayap

L : jarak dua titik dimana tepi tertekan dari balok itu ditahan terhadap kemungkinan terjadinya lendutan kesamping.

Tegangan tekan yang terjadi adalah tegangan tekan pada tengah bentang L , tidak boleh lebih besar dari tegangan KIP yang diijinkan. Pada balok-balok statis tertentu dimana pada perletakan pelat badan balok diberi pengaku samping, maka tegangan KIP yang diijinkan dihitung dari : → [PPBBI 1984 psl 5.1.1]

Jika $c_1 > c_2$, maka syarat yang harus dipenuhi :

$$\bar{\sigma}_{kip} = \bar{\sigma}$$

Jika $250 < c_1 < c_2$, maka syarat yang harus dipenuhi :

$$\bar{\sigma}_{kip} = \bar{\sigma} - \frac{c_1 - 250}{c_2 - 250} \times 0,3\bar{\sigma}$$

Jika $c_1 > c_2$, maka syarat yang harus dipenuhi :

$$\bar{\sigma}_{kip} = \frac{c_2}{c_1} \times 0,7\bar{\sigma}$$

Dimana :

$$c_1 = \frac{L \times h}{b \times t_s}$$

$$c_2 = \frac{0,63 \times E}{\sigma_{ijin}}$$

B. Sambungan-Sambungan.

• Sambungan Baut

Tegangan yang diijinkan dalam menghitung kekuatan baut adalah sebagai berikut : → [PPBBI 1984 psl 8.2.1]

- Tegangan Geser yang diijinkan :

$$\tau_{ijin} = 0,6 \times \bar{\sigma}$$

- Tegangan Tumpu yang diijinkan :

$$\sigma_{tu} = 1,2 \times \bar{\sigma}$$

- Tegangan Tarik yang diijinkan :

$$\sigma_{ijin\ tarik} = 0,7 \times \bar{\sigma}$$

- Kombinasi tegangan geser dan tarik yang diijinkan:

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\sigma^2 + 1,56\tau^2}$$

- Tegangan Tumpu yang diijinkan :

Untuk $S1 > 2a$

$$\sigma_{tu} = 1,5 \times \bar{\sigma}$$

Untuk $1,5 < S1 < 2d$

$$\sigma_{tu} = 1,2 \times \bar{\sigma}$$

Dimana :

$S1$: jarak dari sumbu baut yang paling luar ke tepi bagian yang disambung.

d : diameter baut.

Jika sambungan terpasang lebih dari satu baris baut yang tidak berseling, maka jarak antar kedua baris baut itu dan jarak sumbu kesumbu dari 2 baut yang berurutan pada satu baris tidak boleh kurang dari $2,5d$ dan tidak boleh lebih dari $7d$ atau $14t$.

• Sambungan Las

Pada pelaksanaan yang baik dimana penampang las sama dengan penampang batang, tegangan pada las sama dengan tegangan pada batang, sehingga apabila batang itu telah cukup kuat maka las tidak perlu dihitung kembali.

- Panjang netto las adalah :

$$L_n = L_{bruto} - 3a$$
 Dimana a adalah tebal las.
- Panjang netto las tidak boleh kurang dari 40mm atau $8a$ 10 kali tebal teras batang, las.
- Panjang netto las tidak boleh lebih dari 40 kali tebal las. Apabila diperlukan panjang las ledih dari 40 kali tebal las, sebaiknya dibuat las yang terputus-putus.
- Las terputus tidak diperkenankan jika dikuatirkan terjadi pengkaratan pada permukaan bidang kontak dibagian yang tidak ada lasnya, atau pada elemen yang dipengaruhi oleh gaya geser.
- Tebal las susut tidak boleh lebih dari $\frac{1}{2}t\sqrt{2}$ dimana t adalah tebal terkecil pelat yang dilas.

2.4.3. Perencanaan Pelat

✧ Penentuan ketebalan pelat

Didalam SNI 03 - 2847 - 2002 Ps 11.5.1 terdapat ketentuan dimana komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan / deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

Dalam perencanaan ketebalan pelat, konstruksi dua arah dimana rasio bentang terpanjang terhadap bentang terpendek

$$\text{kurang dari } 2 \left(\frac{L_y}{L_x} < 2 \right)$$

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan (SNI 03-2847-2002 Ps 11.5.3(3)) sebagai berikut :

1. Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan pasal 11.5 (3(2)), dimana tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua, harus memenuhi ketentuan tabel 10 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :
 - Pelat tanpa penebalan : 120 mm
 - Pelat dengan penebalan : 100 mm

Tabel. 2.3 : Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior Berdasarkan Tabel 10 SNI 03-2847-2002

Tegangan leleh f_y^a Mpa	Tanpa penebalan ^b			Dengan penebalan ^b		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^c		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^c	
300	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
400	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
500	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

- a. Untuk tulangan dengan tegangan leleh diantara 300 Mpa dan 400 Mpa atau diantara 400 Mpa dan 500 Mpa, gunakan interpolasi linier.
- b. Penebalan panel didefinisikan dalam 15.3 (7(1)) dan 15.3(7(2))
- c. Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi luar. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8

2. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (\text{persamaan 16})$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

3. Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 - \frac{fy}{1500} \right)}{36 - 9\beta} \quad (\text{persamaan 17})$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

- l_n = Panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka-ke-muka tumpuan pada pelat tanpa balok
 f_y = Tegangan leleh
 β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
 α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
 α_m = Nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

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

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

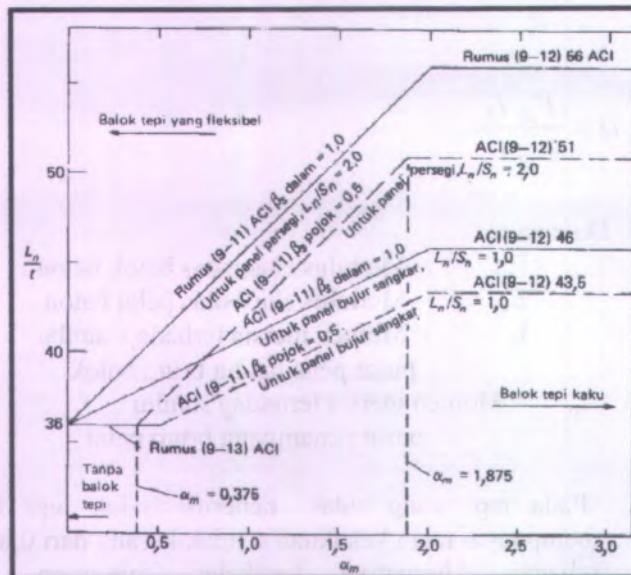
4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α tidak kurang dari 0,8 atau sebagai Alternative ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 16 atau persamaan 17 harus

dinaikkan paling tidak 10 % pada panel dengan tepi yang tidak menerus

✳ Analisa struktur pada pelat

Untuk menganalisa gaya – gaya yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971 Ps 13.3 tabel 13.3.1 hal 202). Sedangkan perletakan yang digunakan diasumsikan jepit penuh (CK. Wang dan CG. Salmon Jilid 2 hal 135) dengan ketentuan sebagai berikut :

- $\alpha_m \leq 0,375$ sebagai pelat tanpa balok tepi
- $1,875 > \alpha_m \geq 0,375$ sebagai pelat dengan balok tepi yang fleksibel
- $\alpha_m \geq 1,875$ sebagai pelat dengan balok tepi yang kaku



Gambar 2.5 : Grafik α_m .

Desain Beton Bertulang CK. Wang dan CG. Salmon Jilid 2

$$M_{tx} = -0,001 \times q \times Lx^2 \times Xx$$

$$M_{lx} = +0,001 \times q \times Lx^2 \times Xx$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q \times Lx^2 \times Xy$$

$$M_{ly} = +0,001 \times q \times Lx^2 \times Xy$$

Dimana :

M_{tx} = Momen tumpuan arah x

M_{lx} = Momen lapangan arah x

M_{ty} = Momen tumpuan arah y

M_{ly} = Momen lapangan arah y

✳ Penulangan pelat

1. Untuk menentukan rasio tulangan pelat menggunakan acuan pada SNI-03-2847-2002

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

- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$

(SNI-03-2847-2002 Ps.10.4.3)

- $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$

↳ [SNI-03-2847-2002 Ps.12.3.3]

2. Kontrol jarak spasi tulangan

↳ [SNI-03-2847-2002 Ps.15.3.2]

$$S_{\max} \leq 2 \times h$$

3. Kontrol perlu tulangan susut dan suhu

↳ [SNI-03-2847-2002 Ps.9.12.2.(1)]

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

4. Kontrol jarak spasi tulangan susut

↳ [SNI-03-2847-2002 Ps.9.12.2.(2)]

$$S < 5 \times h$$

5. Kontrol Retak

↳ [SNI-03-2847-2002 Ps.12.6]

$$z = fs \sqrt[3]{d_c} \times A \leq 30 \text{ MN/m untuk struktur didalam ruangan}$$

$$\leq 25 \text{ MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar}$$

Dimana :

fs diambil 60 % dari kuat leleh yang disyaratkan

d_c = jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar

$A = 2 \times d_c \times s$, dengan s adalah jarak antar batang tulangan.

2.4.4. Perencanaan Balok

Persyaratan pelindung beton untuk tulangan

Tabel 2.4 : Persyaratan Pelindung Beton Untuk Tulangan Non prategang Berdasarkan Tabel 7 SNI 03-2847-2002

	Tebal selimut minimum (mm)
a. Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 hingga D-56	50
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D-16 dan yang lebih kecil	40
c. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah : Pelat, dinding, pelat berusuk :	

Batang D-44 dan D-56	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
<u>Balok, kolom :</u>	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u>	
Batang D-19 dan yang lebih besar	20
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

✧ Persyaratan untuk batasan spasi tulangan

1. Jarak bersih antar tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25 mm. Lihat juga ketentuan pasal 5.3(2).
Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi :
 - 1/5 jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan
 - 1/3 ketebalan pelat lantai
 - 3/4 jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundel tulangan atau tendon-tendon prategang atau selongsong-selongsong.
2. Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan dibawahnya dengan jarak spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm
3. Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $1,5 d_b$ ataupun 40 mm.

✧ Prosedur perhitungan penulangan lentur dan torsi balok

Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif

maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang disepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom dikedua ujung komponen struktur tersebut.

1. Tentukan momen tumpuan dan lapangan (M)
2. Rencanakan f_c' , f_y , t , t' , d , d' , d''
3. Hitung :

$$\bullet \rho_{balance} = \frac{0,85x f_c' x \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$\bullet \rho_{max} = 0,75x \rho_{balance}$$

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

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

$$\bullet x_b = \frac{600}{(600 + f_y)} x d$$

$$\bullet x \text{ rencana dimana } x < 0,75 x_b$$

$$\bullet A_{sc} = \frac{0,85 x \beta_1 x f_c' x b x X}{f_y}$$

$$\bullet M_{nc} = A_{sc} x f_y x \left(x_b - \frac{\beta_1 X}{2} \right)$$

$$\bullet M_n - M_{nc} = \frac{M_u}{\phi} - M_{nc}$$

4. Periksa kondisi perlunya tulangan rangkap

Jika, $(M_n - M_{nc}) > 0$ → diperlukan tulangan rangkap

$(M_n - M_{nc}) < 0$ → tidak diperlukan tulangan rangkap

5. Jika diperlukan tulangan rangkap, hitung:

$$\bullet \quad Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d''}$$

$$\bullet \quad fs' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) \times 600$$

Jika $fs' > fy \rightarrow$ tulangan leleh, maka $fs' = fy$

Jika $fs' < fy \rightarrow$ tulangan tidak leleh,
maka $fs' = fs'$

$$\bullet \quad As' = \frac{Cs'}{(fs' - 0.85 fc')}$$

$$\bullet \quad Ass = \frac{T_2}{fy}$$

• Tulangan perlu

$$As = Asc + Ass$$

$$As' = As'$$

• Kontrol kekuatan

$$\emptyset. Mn \geq Mu$$

6. Jika tidak diperlukan tulangan rangkap, hitung:

Momen nominal (Mn)

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right]$$

$$As = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d$$

7. Tentukan torsi (T) dari output SAP

$$8. \quad \text{Batas } Tu = \frac{\phi \sqrt{fc'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

9. Penulangan puntir transversal

- $X_1 = b - ((2 \times \text{selimut}) + d_{b \text{ sengkang}})$
- $X_2 = d' - ((2 \times \text{selimut}) + d_{b \text{ sengkang}})$
- $S_{max} = \frac{(2 \times X_1) + (2 \times X_2)}{8}$

10. Penulangan puntir longitudinal

$$\text{Tulangan Torsi Perlu } At = \frac{At}{s} P_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cot g_2 \theta$$

$$\bullet \frac{At}{s} = \frac{Tu}{\phi \cot g \phi^o \times b \times d \times fy}$$

11. Penyebaran tulangan longitudinal pada tiap sisi

$$\text{penampang balok } \left(\frac{At}{4} \right)$$

12. Luas tulangan akibat lentur dan torsi

13. Penulangan

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/4$
- delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/2$.

✳️ Prosedur perhitungan penulangan geser dan torsi balok

1. Tentukan V_u dan T_u dari analisa struktur

Gaya lintang maksimum ($V_{u_{maks}}$) 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 (SNI-03-2847-2002 psl. 23.10.(3).(2))

$$V_{u2} = \frac{Mn_{kiri} + Mn_{kanan}}{Ln} + \frac{(1.2W_{Dt} + 1W_{Lt})xLn}{2}$$

2. $\sqrt{fc'} \leq \frac{25}{3}$ Mpa

[SNI-03-2847-2002 psl. 13.1.(2).1]

3. Kuat geser beton yang hanya dibebani oleh geser dan lentur:

- $V_{s_{min}} = 1/3 \cdot b_w \cdot d$
- $V_c = \frac{1}{12} \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d$ (untuk tumpuan)
- $V_c = \frac{1}{6} \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d$ (untuk lapangan)
- $\phi V_{s_{max}} = \phi \frac{1}{3} \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d$
- $0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.75 \times V_c$
- $\phi V_c = 0.75 \times V_c$

4. Check kondisi

- i. $V_u \leq 0.5 \times \phi \times V_c$
(tidak memerlukan tulangan geser)
- ii. $0.5 \times V_c < V_u \leq \phi \times V_c$
($V_{s_{perlu}} = V_{s_{min}}$)

- iii. $\phi \times V_c < V_u \leq (\phi V_c + \phi V_{s \text{ min}})$
 $(V_{s \text{ perlu}} = V_{s \text{ min}})$
- iv. $(\phi V_c + \phi V_{s \text{ min}}) < V_u \leq (\phi V_c + \phi V_{s \text{ max}})$
 $(\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi \times V_c)$
- v. $(\phi V_c + \phi V_{s \text{ max}}) < V_u \leq (\phi V_c + 2\phi V_{s \text{ max}})$
 $(\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi \times V_c)$

$$5. \quad \phi V_{s \text{ ada}} = \frac{\phi A_v x f_y x d}{s}$$

6. Kontrol perlu tidaknya tulangan torsi

$$\text{Batas } T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

↳ [SNI-03-2847-2002 psl.13.6.1a]

Apabila $T_u \leq$ batas T_u yang diijinkan, maka torsi diabaikan
 Dimana :

A_{cp}^2 = luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm²

P_{cp} = keliling luar penampang beton, mm

7. Kuat geser beton yang hanya dibebani oleh geser dan lentur

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) x b_w x d$$

(SNI-03-2847-2002 psl.13.3.1.1)

Untuk daerah sepanjang d dari tumpuan

$$V_c = 1/2 x V_{c(\text{diatas})}$$

Tulangan geser perlu :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = V_u - \phi V_c$$

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y \times \phi \times d}$$

$$V_u \leq \phi \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d + \phi \frac{A_v \times f_y \times d}{S}$$

Dan spasi maksimum adalah :

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{2}$$

$$\text{Atau} = 600 \text{ mm}$$

(SNI-03-2847-2002 psl.13.5.4.1)

8. Kuat puntir beton

$$T_n = \frac{2 \times A_0 \times A_t \times f_{yv}}{S} \times \cot \theta$$

(SNI-03-2847-2002 psl.13.6.3.6)

$$\phi T_n \geq T_u \quad (\text{SNI-03-2847-2002 psl.13.6.3.5})$$

$$T_u \leq \frac{2 \times b_w \times d \times A_t \times f_{yv}}{S} \times \cot \theta$$

Penulangan puntir

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_u}{\cot \theta \times 2 \times b_w \times d \times f_{yv}}$$

$$T_u \leq \frac{2 \times b_w \times d \times A_t \times f_{yv}}{S} \times \cot \theta$$

(SNI-03-2847-2002 psl.13.6.6.6a)

9. Luas tulangan akibat geser dan torsi

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{2A_t}{s}$$

10. Penulangan

✳ Penyaluran dan penyambungan tulangan

1. Penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik
 - Panjang penyaluran λ_d dinyatakan dalam diameter d_b untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik, harus ditentukan berdasarkan pasal 14.2(2) atau pasal 14.2(3), tetapi λ_d tidak boleh kurang dari 300 mm.
 - Untuk batang ulir atau kawat ulir, λ_d / d_b harus diambil sebagai berikut :

Tabel 2.5 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir Berdasarkan Tabel 11 SNI 03-2847-2002

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang λ_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan Atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2 d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{12 x f_y x \alpha x \beta x \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3 x f_y x \alpha x \beta x \lambda}{5 \sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{18 x f_y x \alpha x \beta x \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{9 x f_y x \alpha x \beta x \lambda}{10 \sqrt{f'_c}}$

Dimana :

- α = faktor lokasi penulangan
- β = faktor pelapis
- λ = faktor beton agregat ringan
- d_b = diameter tulangan

2. Penyaluran batang ulir yang berada dalam kondisi tekan
 - Panjang penyaluran λ_d dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar λ_{db} pada pasal 14.3(2) dengan faktor modifikasi yang berlaku sesuai dengan pasal 14.3.(3), tetapi λ_d tidak boleh kurang dari 200 mm.
 - Panjang penyaluran dasar λ_{db} harus diambil sebesar $d_b f_y / (4 \sqrt{f'_c})$, tetapi tidak kurang dari $0,04 d_b f_y$.

2.4.5 Perencanaan Kolom

✧ Persyaratan dimensi kolom

$$\frac{I_{kolom}}{l_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{l_{balok}}$$

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

✧ Persyaratan tulangan kolom

1. Kontrol kelangsingan kolom

$$\bullet \quad \psi = \frac{(EI/\lambda)_{kolom}}{(EI/\lambda)_{balok}}$$

(SNI-03-2847-2002 psl.12.11.6)

$$\bullet \quad EI_k = \frac{0,4 \cdot E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI-03-2847-2002 psl.12.11.6)

$$\bullet \quad P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{kolom}}{(K \times \lambda_u)^2}$$

$$\bullet \quad \frac{K \times \lambda_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

(SNI-03-2847-2002 psl.12.12.2)

(untuk rangka portal tak bergoyang)

$$\bullet \quad \frac{K \times \lambda_u}{r} \leq 22$$

(SNI-03-2847-2002 psl.12.13.2)

(untuk rangka portal bergoyang)

2. Apabila $\frac{K \times l_u}{r} \geq 100$, maka diperlukan perhitungan

momen orde dua

(SNI-03-2847-2002 psl.12.11.5)

3. Pembesaran momen

$$\bullet \quad M_c = \delta_{ns} \times M_2 \quad (\text{SNI-03-2847-2002 psl.12.12.3})$$

(untuk rangka portal tak bergoyang)

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \geq 1$$

$$\bullet \quad M_1 = M_{1ns} + \delta_s \times M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \times M_{2s}$$

(SNI-03-2847-2002 psl.12.13.3)

(untuk rangka portal bergoyang)

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \times \sum P_c}} \geq M_s$$

4. Perhitungan penulangan lentur

- Tentukan harga β
- Hitung nilai M_{ox} dan M_{oy}

$$M_{ox} = M_{nx} + M_{ny} \left[\frac{h}{b} \right] \left[\frac{1-\beta}{\beta} \right]; \text{ untuk } \frac{M_{ny}}{M_{nx}} \leq \frac{b}{h}$$

$$M_{oy} = M_{ny} + M_{nx} \left[\frac{b}{h} \right] \left[\frac{1-\beta}{\beta} \right]; \text{ untuk } \frac{M_{ny}}{M_{nx}} \geq \frac{b}{h}$$

- Hitung :

$$\frac{P_u}{A_g} \quad \text{dan} \quad \frac{\phi M_{ox}}{A_g \cdot h}$$

- Cari ρ_{perlu} dengan diagram interaksi
- $A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot H$

5. Cek kemampuan kolom

- Hitung M_{ox} dan M_{oy} baru
- Cari β dengan tabel hubungan interaksi lentur biaksial

$$\left[\left(\frac{M_{ny}}{M_{oy}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{nx}}{M_{ox}} \right)^\alpha \leq 1 \right]$$

- $M_{pasang} > M_{beban}$

6. Perhitungan penulangan geser

- Gaya lintang rencana untuk SRPMM :

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

(SNI-03-2847-2002 psl.23.10.2)

- Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya tekan aksial

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14.A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) x b_w x d$$

(SNI-03-2847-2002 psl.13.3.1.2)

(Untuk daerah tumpuan nilai V_c diambil setengahnya)

- Kontrol kekuatan geser

(SNI-03-2847-2002 psl.13.5.6.2)

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v x f_y x d}{S}$$

※ Persyaratan spasi kolom

1. Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang λ_0 dari muka hubungan balok kolom adalah s_0 . Spasi s_0 tersebut tidak boleh melebihi :
 - Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil
 - 24 kali diameter sengkang ikat
 - Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur
 - 300 mm
 Panjang λ_0 tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini :
 - Seperenam tinggi bersih kolom
 - Dimensi terbesar penampang kolom
 - 500 mm
2. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 s_0$ dari muka hubungan balok-kolom.

3. Tulangan hubungan balok-kolom harus memenuhi pasal 13.11(2) “ Pada sambungan-sambungan elemen portal kolom harus disediakan tulangan lateral dengan luas tidak kurang daripada yang disyaratkan persamaan

$$A_v = \frac{75\sqrt{f'_c} x b_w x S}{(1200)f_y} \text{ dan dipasang didalam kolom sejauh}$$

tidak kurang daripada tinggi bagian sambungan paling tinggi dari elemen portal yang disambung, kecuali untuk sambungan yang bukan merupakan bagian dari system utama penahan beban gempa, yang dikekang pada keempat sisinya oleh balok atau pelat yang mempunyai ketebalan yang kira-kira sama”.

4. Spasi sengkang ikat pada sembarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 s_o$.

✧ Panjang penyaluran dan sambungan lewatan

Panjang penyaluran batang ulir yang berada dalam kondisi tarik dan tekan harus memenuhi ketentuan seperti yang dijelaskan pada perencanaan balok diatas, sedangkan untuk panjang sambungan lewatan kolom sesuai dengan ketentuan pada SNI-03-2847-2002 ps.14.17.1, yaitu :

$$0,07.f_y.db \geq 300 \text{ mm}$$

Dimana :

f_y = Mutu baja

db = Diameter tulangan

2.4.6. Perencanaan Pondasi

✧ Perhitungan daya dukung tanah

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2}$$

✧ Perencanaan tiang pancang

1. Perhitungan jarak antar tiang pancang :
 $2,5 D \leq S \leq 3D$
2. Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer :
 $1,5 D \leq S_1 \leq 2D$
3. Efisiensi (η) = $1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$
4. $P_{\text{group tiang}} = (\eta) \times P \text{ ijin}$
5. Gaya yang dipikul tiang

$$P \text{ satu TP} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My.X \text{ max}}{\sum x^2} \pm \frac{Mx.Y \text{ max}}{\sum y^2}$$
6. Kontrol tiang pancang
 $P \text{ max} \leq P \text{ ijin}$
 $P \text{ min} \leq P \text{ ijin}$
 $P \text{ max} \leq P_{\text{group tiang}}$

✧ Perencanaan pile cap (poer)

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

$$\bullet \quad V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6}$$

(SNI 03-2847-2002 ps 13.12.2.1(a))

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

(SNI 03-2847-2002 ps 13.12.2.1(b))

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

(SNI 03-2847-2002 ps 13.12.2.1(c))

BAB III METODOLOGI

3.1. Metode Perencanaan

Metode perencanaan yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung pada pengerjaan Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Seluruh data informasi gedung dikumpulkan dari gambar arsitektur dan data tanah. Pada perencanaan struktur bangunan gedung direncanakan dengan mutu beton $f'_c = 25$ MPa. Sedangkan baja tulangan utama dengan mutu $f_y = 400$ MPa dan baja tulangan polos untuk sengkang dengan mutu $f_y = 240$ MPa.

2. Perencanaan Dimensi Struktur

- a. Penentuan dimensi balok.
- b. Penentuan dimensi kolom.
- c. Penentuan dimensi sloof.
- d. Penentuan dimensi pelat.
- e. Penentuan dimensi tangga.

3. Analisa Struktur

Model struktur dibuat mendekati kondisi aslinya yaitu menyatukan struktur utamanya dengan struktur sekunder, semua komponen struktur baik primer dan sekunder dimodelkan dalam SAP2000.

4. Pembebanan

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan. Analisa pembebanan adalah sebagai berikut:

✳ Beban Struktur Sekunder**a. Beban Rangka Atap**

- Beban mati:
 - Berat sendiri
 - Berat lain-lain (pelat-pelat ikatan) 5%

▪ Beban hidup:

- Beban pelaksanaan
- Beban operasional bangunan

b. Beban pelat lantai**▪ Beban mati:**

- Berat sendiri lantai
- Keramik
- Spesi

▪ Beban hidup:

- Beban pelaksanaan
- Beban operasional bangunan

c. Beban tangga dan bordes**▪ Beban mati:**

- Berat sendiri tangga dan bordes
- Keramik
- Spesi

▪ Beban hidup:

- Beban pelaksanaan
- Beban operasional bangunan

✳ Beban Struktur Utama**a. Beban gravitasi**

- Berat sendiri struktur utama tersebut
- Berat pelat
- Berat dinding

b. Beban gempa**c. Beban angin**

Ditentukan menurut peraturan PPBI 1983 pada Bab 4 pasal 4.3.3.b dengan tekanan tiup angin 25 kg/m^2 .

5. Analisa Gaya Dalam

Analisa gaya – gaya dalam struktur sekunder atap dan tangga dijadikan menyatu dengan struktur rangka portalnya. Analisa kegempaan digunakan Beban Statik. Perhitungan selanjutnya adalah perhitungan momen dan reaksi perletakan yang terjadi dengan menggunakan SAP2000. Adapun kombinasi-kombinasi pembebanan menurut SNI 03-2847-2002 pasal 11.2.1) serta kombinasi yang diperlukan pada perhitungan komponen tertentu adalah sebagai berikut :

1. COMB [1,4DL]
↳ perhitungan balok
2. COMB [1,2DL+1,6LL]
↳ perhitungan balok
3. COMB [1,2DL+1,0LL+1,0EQx+0,3EQy]
↳ perhitungan balok
4. COMB [1,2DL+1,0LL+0,3EQx+1,0EQy]
↳ perhitungan balok
5. COMB [1,2DL+1,0LL-1,0EQx-0,3EQy]
↳ perhitungan balok
6. COMB [1,2DL+1,0LL-0,3EQx-1,0EQy]
↳ perhitungan balok
7. COMB [ATAP][1,0DL+1,0LL]
↳ perhitungan atap
8. COMB [ATAP][1,0DL+1,0RL]
↳ perhitungan atap
9. COMB [ATAP][1,0DL+1,0WL]
↳ perhitungan atap
10. COMB [1,2DL+1,0LL]
↳ perhitungan balok
11. COMB [1,0DL+1,0LL]
↳ perhitungan pondasi
12. COMB [+1,0EQx+0,3EQy]
↳ perhitungan kolom

13.COMB [+0,3EQx+1,0EQy]

↳ perhitungan kolom

14.COMB [-1,0EQx-0,3EQy]

↳ perhitungan kolom

15.COMB [-0,3EQx-1,0EQy]

↳ perhitungan kolom

16.COMB [1,0DL+1,0LL+1,0EQx+0,3EQy]

↳ perhitungan pondasi

17.COMB [1,0DL+1,0LL+0,3EQx+1,0EQy]

↳ perhitungan pondasi

18.COMB [1,0DL+1,0LL-1,0EQx-0,3EQy]

↳ perhitungan pondasi

19.COMB [1,0DL+1,0LL-0,3EQx-1,0EQy]

↳ perhitungan pondasi

Keterangan :

DL : Beban Mati

LL : Beban Hidup

RL : Beban Air Hujan

WL : Beban Angin

EQ : Beban Gempa

✘ Perencanaan struktur sekunder

a. Pelat atap

b. Pelat lantai

c. Tangga

✘ Perencanaan struktur primer

a. Balok

b. Kolom

✘ Perencanaan pondasi

a. Perhitungan tiang pancang

b. Perhitungan poer

c. Perhitungan sloof

6. Pemeriksaan tegangan-tegangan pada komponen baja dari struktur rangka atap, ikatan-ikatan penyambung-penyambung dan perletakan-perletakannya.

7. Perhitungan Penulangan

Komponen – komponen struktur didesign sesuai dengan SNI 03-2847-2002. Perhitungan penulangan meliputi:

- Output dari SAP2000 berupa momen, gaya normal, gaya lintang dan dimensi rencana.
- Kontrol penulangan.
- Penabelan penulangan untuk seluruh bangunan gedung termasuk struktur bangunan bawah (pondasi).
- Sket penggambaran penulangan.

Perhitungan penulangan beserta pendetailannya berdasarkan peraturan yang berlaku, meliputi :

- Pelat lantai
- Tangga
- Portal
- Pondasi

8. Gambar Rencana

Setelah tahap perhitungan sampai dengan penulangan selesai dilakukan dan hasilnya berupa gambar rencana.

3.2. Sistematika Penulisan

Pembahasan struktur bangunan Gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya dalam pengerjaan Proyek Akhir ini dibagi atas beberapa bab di mana sistematika penulisannya adalah sebagai berikut :

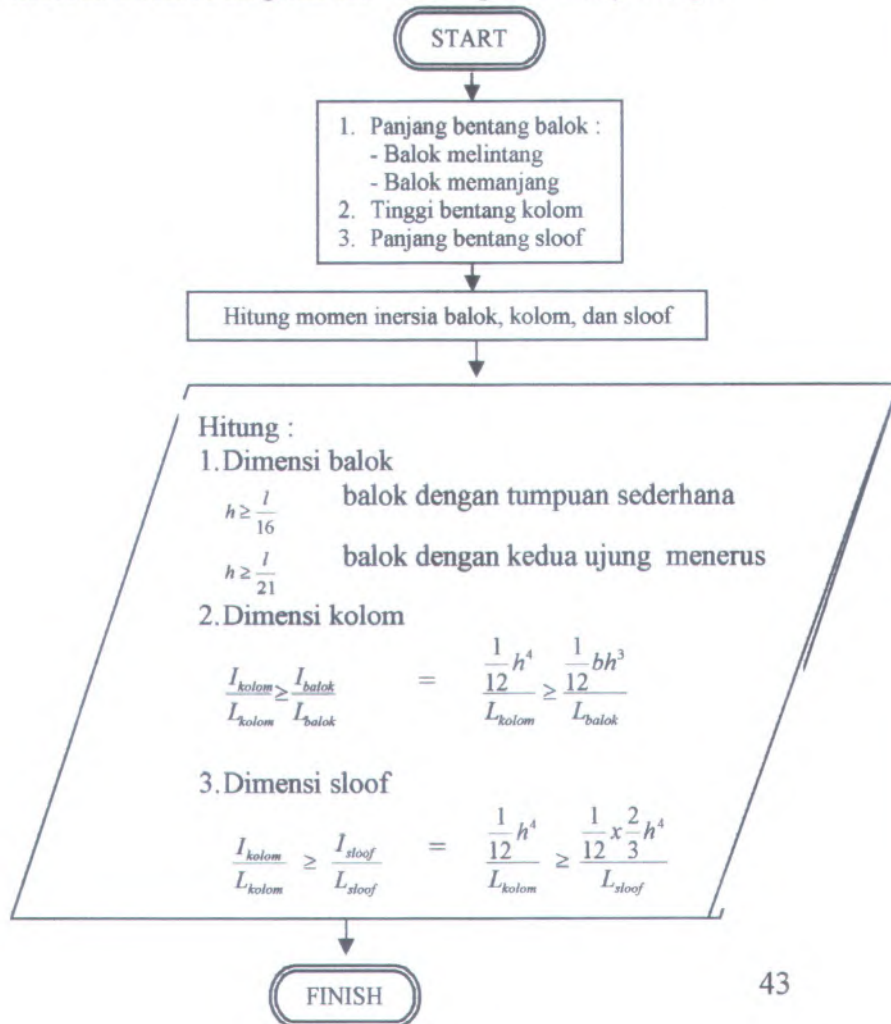
- Bab I yaitu Pendahuluan, menguraikan latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat.

- Bab II yaitu Dasar-Dasar Perencanaan, menguraikan data-data perencanaan yang meliputi : peraturan yang digunakan, pembebanan yang terjadi, dasar teori dan desain pendahuluan.
- Bab III yaitu Metodologi, menguraikan metode perencanaan dan sistematika perencanaan.
- Bab IV yaitu Hasil dan Pembahasan, menguraikan perencanaan dimensi struktur, pembebanan struktur, analisa struktur, perhitungan struktur atas dan perhitungan struktur bawah.
- Bab V yaitu Penutup, menguraikan kesimpulan dan saran.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. PERENCANAAN DIMENSI STRUKTUR

Sebelum merencanakan struktur bangunan gedung SD Muhammadiyah 26, terlebih dahulu menentukan dimensi Struktur-struktur utama yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut. Berikut diagram alur dalam preliminary design.



4.1.1. Perencanaan Dimensi Balok

Tabel 4.1 : Tebal minimum h balok dan pelat satu arah

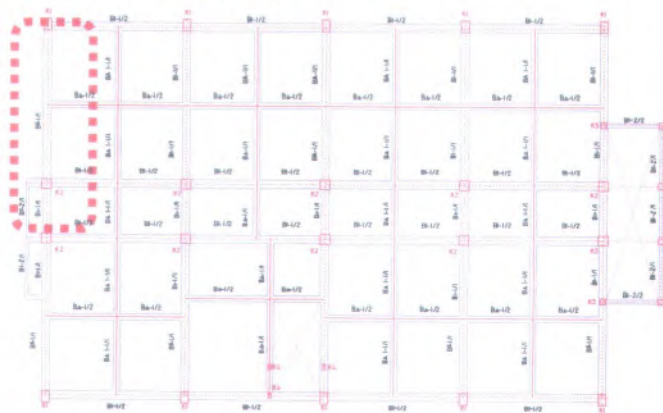
Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok 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 ($w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:				
(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3 .				
(b) Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi Balok Induk [BI-1] dalam perencanaan dimensi struktur gedung SD Muhammadiyah 26 adalah sebagai berikut :

A. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BI-1/1
- As balok : 1 [A-D]
- Bentang balok : $L_{\text{balok}} : 800 \text{ cm}$
- Kuat leleh tulangan lentur : $f_y : 400 \text{ Mpa}$

✦ Gambar Denah Perencanaan



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2 (± 4.00)
SKALA 1 : 100



→ posisi perencanaan balok yang ditinjau.

Gambar 4.1 : Denah balok BI-1/1

✦ Ketentuan perencanaan :

↳ [SNI 03-2847-2002 tbl. 3]

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.

- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{700}$.

✚ **Perhitungan perencanaan :**

$$h \geq \frac{L}{16}$$

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

$$h \geq \frac{800}{16}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 60$$

$$h \geq 50,00 \text{ cm}$$

$$b = 33,33 \text{ cm}$$

$$h \approx 60,00 \text{ cm}$$

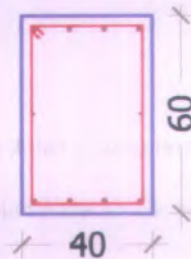
$$b \approx 40,00 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } h = 60 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } b = 40 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi **Balok Induk Melintang [BI-1]** dengan ukuran **40 / 60**.

✚ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**



Gambar 4.2 : Dimensi penampang balok BI-1/1

B. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BI-1/2
- As balok : A [1-3]
- Bentang balok L_{balok} : 720 cm
- Kuat leleh tulangan lentur f_y : 400 Mpa

✚ Gambar Denah Perencanaan :



→ posisi perencanaan balok yang ditinjau.

Gambar 4.3 : Denah balok BI-1/2

✚ Ketentuan perencanaan :

↳ [SNI 03-2847-2002 tbl. 3]

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{400}$.

✦ **Perhitungan perencanaan :**

$$h \geq \frac{L}{16}$$

$$h \geq \frac{720}{16}$$

$$h \geq 45,00 \text{ cm}$$

$$h \approx 60,00 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } h = 60 \text{ cm}$$

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

$$b = \frac{2}{3} \times 60$$

$$b = 40,00 \text{ cm}$$

$$b \approx 40,00 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } b = 40 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi **Balok Induk Memanjang [BI-1/2]** dengan ukuran **40 / 60**

✦ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**



Gambar 4.4 : Dimensi penampang balok BI-1/2

C. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : **BI-2/1**
- As balok : **11 [C - D]**
- Bentang balok L_{balok} : **300 cm**
- Kuat leleh tulangan lentur f_y : **400 Mpa**

✚ Gambar Denah Perencanaan :



→ posisi perencanaan balok yang ditinjau.

Gambar 4.5 : Denah balok BI-2/1

✚ Ketentuan perencanaan :

↳ [SNI 03-2847-2002 tbl. 3]

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{400}$

✚ **Perhitungan perencanaan :**

$$h \geq \frac{L}{16}$$

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

$$h \geq \frac{300}{16}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 30$$

$$h \geq 18,75 \text{ cm}$$

$$b = 20,00 \text{ cm}$$

$$h \approx 30,00 \text{ cm}$$

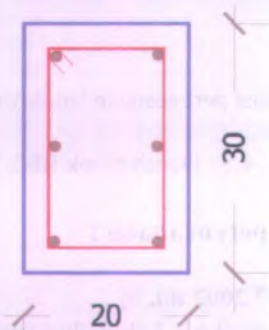
$$b \approx 20,00 \text{ cm}$$

direncanakan $h = 30 \text{ cm}$

direncanakan $b = 20 \text{ cm}$

- Maka direncanakan dimensi **Balok Induk Melintang [BI-2/1]** dengan ukuran **20 / 30**.

✚ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**

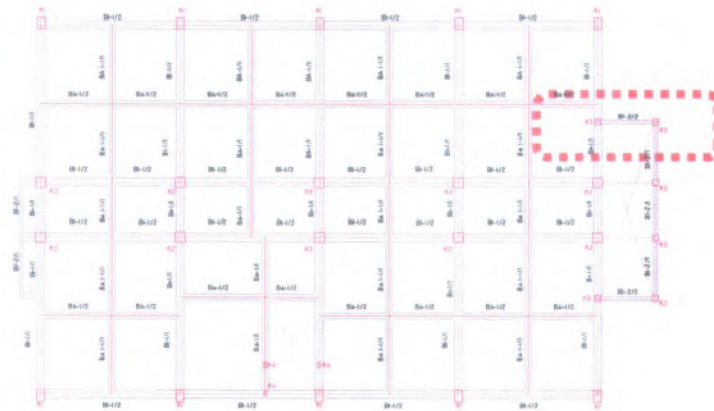


Gambar 4.6 : Dimensi penampang balok BI-2/1

D. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : **BI-2/2**
- As balok : **C [10 - 11]**
- Bentang balok L_{balok} : **300 cm**
- Kuat leleh tulangan lentur f_y : **400 MPa**

Gambar Denah Perencanaan :



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2 (± 4.00)



→ posisi perencanaan balok yang ditinjau.

Gambar 4.7 : Denah balok BI-2/2

Ketentuan perencanaan :

↳ [SNI 03-2847-2002 tbl. 3]

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{400}$

✚ **Perhitungan perencanaan :**

$$h \geq \frac{L}{16}$$

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

$$h \geq \frac{300}{16}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 30$$

$$h \geq 18,75 \text{ cm}$$

$$b = 20,00 \text{ cm}$$

$$h \approx 30,00 \text{ cm}$$

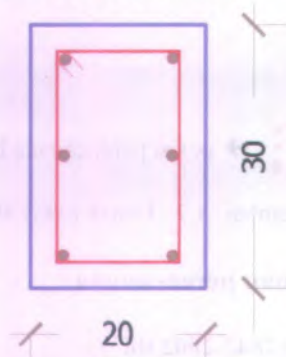
$$b \approx 20,00 \text{ cm}$$

direncanakan $h = 30 \text{ cm}$

direncanakan $b = 20 \text{ cm}$

- Maka direncanakan dimensi **Balok Induk Memanjang [BI-2/2]** dengan ukuran **20 / 30**

✚ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**



Gambar 4.8 : Dimensi penampang balok BI-2/2

E. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : **BA-1/1**
- As balok : **2 [A-D]**
- Bentang balok L_{balok} : **800 cm**
- Kuat leleh tulangan lentur f_y : **400 MPa**

Gambar Denah Perencanaan :



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2 (± 4.00)



→ posisi perencanaan balok yang ditinjau.

Gambar 4.9 : Denah balok BA-1/1

Ketentuan perencanaan :

↳ [SNI 03-2847-2002 tbl. 3]

- Komponen struktur balok kedua ujung menerus untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/21$.
- Kuat leleh tulangan lentur (fy) selain 400 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{fy}{400}$.



✚ **Perhitungan perencanaan :**

$$h \geq \frac{L}{21}$$

$$h \geq \frac{800}{21}$$

$$h \geq 38,09 \text{ cm}$$

$$h \approx 40,00 \text{ cm}$$

direncanakan $h = 40 \text{ cm}$

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

$$b = \frac{2}{3} \times 40$$

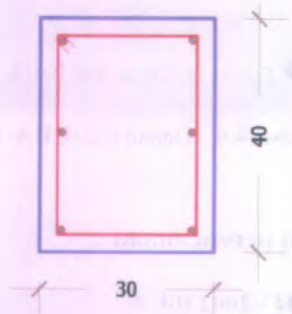
$$b = 26,66 \text{ cm}$$

$$b \approx 30,00 \text{ cm}$$

direncanakan $b = 30 \text{ cm}$

- Maka direncanakan dimensi **Balok Anak Melintang [BA-1/1]** dengan ukuran **30 / 40**.

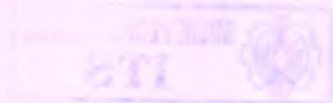
✚ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**



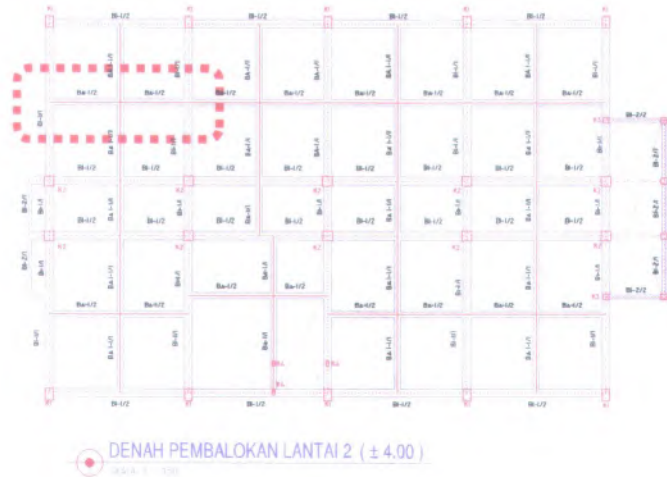
Gambar 4.10 : Dimensi penampang balok BA-1/1

F. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BA-1/2
- As balok : B [1-3]
- Bentang balok L_{balok} : 720 cm
- Kuat leleh tulangan lentur f_y : 400 MPa



Gambar Denah Perencanaan :



→ posisi perencanaan balok yang ditinjau.

Gambar 4.11 : Denah balok BA-1/2

Ketentuan perencanaan :

- ↳ [SNI 03-2847-2002 tbl. 3]
- Komponen struktur balok kedua ujung menerus untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/21$.
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{400}$.

✚ **Perhitungan perencanaan :**

$$h \geq \frac{L}{21}$$

$$h \geq \frac{720}{21}$$

$$h \geq 34,28 \text{ cm}$$

$$h \approx 40,00 \text{ cm}$$

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

$$b = \frac{2}{3} \times 40$$

$$b = 26,66 \text{ cm}$$

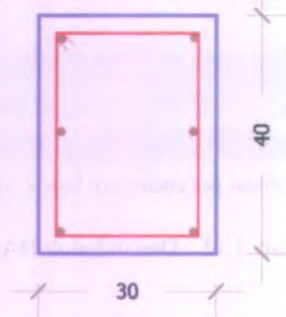
$$b \approx 30,00 \text{ cm}$$

direncanakan $h = 40 \text{ cm}$

direncanakan $b = 30 \text{ cm}$

- Maka direncanakan dimensi **Balok Anak Memanjang** [BA-1/2] dengan ukuran 30 / 40.

✚ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**

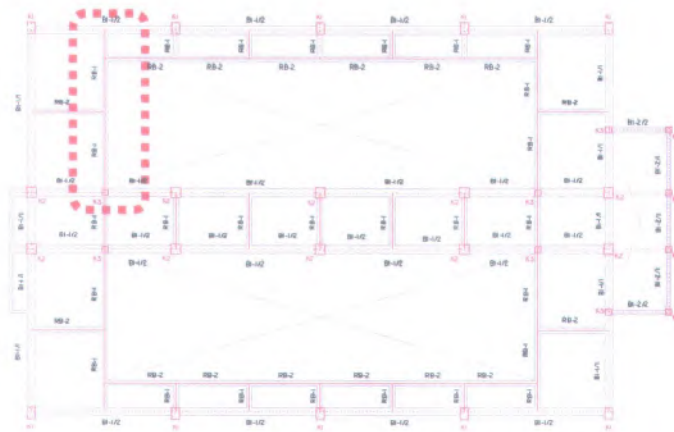


Gambar 4.12 : Dimensi penampang balok BA-1/2

G. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : **RB - 1**
- As balok : **2 [B-D]**
- Bentang balok L_{balok} : **400 cm**
- Kuat leleh tulangan lentur f_y : **400 Mpa**

✚ Gambar Denah Perencanaan :



✚ DENAH PEMBALOKAN ATAP (±14.50)



→ posisi perencanaan balok yang ditinjau.

Gambar 4.13 : Denah balok RB-1

✚ Ketentuan perencanaan :

↳ [SNI 03-2847-2002 tbl. 3]

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{400}$

✦ **Perhitungan perencanaan :**

$$h \geq \frac{L}{16}$$

$$h \geq \frac{400}{21}$$

$$h \geq 34,28 \text{ cm}$$

$$h \approx 35,00 \text{ cm}$$

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

$$b = \frac{2}{3} \times 35$$

$$b = 23,33 \text{ cm}$$

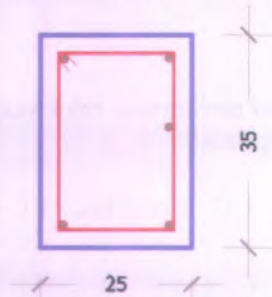
$$b \approx 25,00 \text{ cm}$$

direncanakan $h = 35 \text{ cm}$

direncanakan $b = 25 \text{ cm}$

- Maka direncanakan dimensi **Ring Balok Atap [RB-1]** dengan ukuran **25 / 35**.

✦ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**

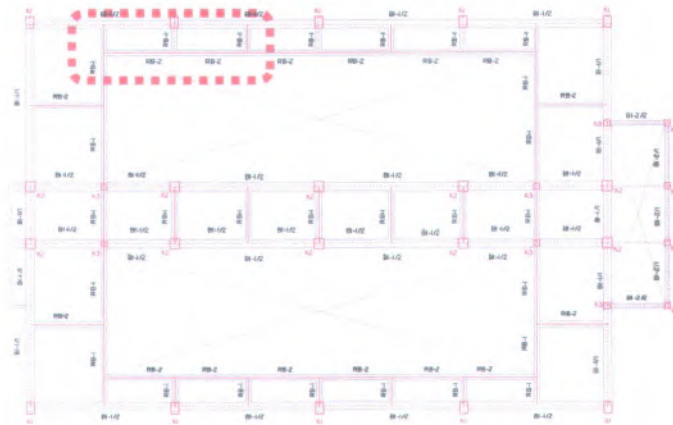


Gambar 4.14 : Dimensi penampang balok RB-1

H. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : **RB - 2**
- As balok : **A1 [3-6]**
- Bentang balok : $L_{\text{balok}} : 720 \text{ cm}$
- Kuat leleh tulangan lentur : $f_y : 400 \text{ Mpa}$

✚ Gambar Denah Perencanaan :



✚ DENAH PEMBALOKAN ATAP (±14.50)



→ posisi perencanaan balok yang ditinjau.

Gambar 4.15 : Denah balok RB-2

✚ Ketentuan perencanaan :

↳ [SNI 03-2847-2002 tbl. 3]

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{400}$

✦ **Perhitungan perencanaan :**

$$h \geq \frac{L}{16}$$

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

$$h \geq \frac{720}{21}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 35$$

$$h \geq 34,28 \text{ cm}$$

$$b = 23,33 \text{ cm}$$

$$h \approx 35,00 \text{ cm}$$

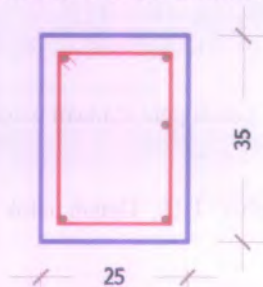
$$b \approx 25,00 \text{ cm}$$

direncanakan $h = 35 \text{ cm}$

direncanakan $b = 25 \text{ cm}$

- Maka direncanakan dimensi **Ring Balok Atap [RB-2]** dengan ukuran **25 / 35**

✦ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**



Gambar 4.16 : Dimensi penampang balok RB-2

I. Data-data perencanaan :

- Tipe balok : **BB**
- As balok : **G1 [5-6]**
- Bentang balok : $L_{\text{balok}} : 280 \text{ cm}$
- Kuat leleh tulangan lentur : $f_y : 400 \text{ Mpa}$

Gambar Denah Perencanaan :



→ posisi perencanaan balok yang ditinjau.

Gambar 4.17 : Denah balok BB

Ketentuan perencanaan :

↳ [SNI 03-2847-2002 tbl. 3]

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 MPa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{400}$

✚ **Perhitungan perencanaan :**

$$h \geq \frac{L}{16}$$

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

$$h \geq \frac{280}{21}$$

$$b = \frac{2}{3} \times 30$$

$$h \geq 15,33 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h \approx 30,00 \text{ cm}$$

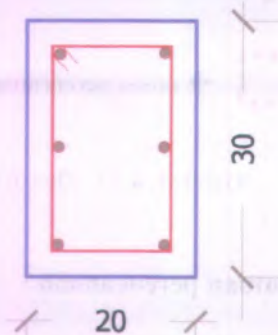
$$b \approx 20,00 \text{ cm}$$

direncanakan $h = 30 \text{ cm}$

direncanakan $b = 20 \text{ cm}$

- Maka direncanakan dimensi **Balok Bordes [BB]** dengan ukuran **20 / 30**.

✚ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan**



Gambar 4.18 : Dimensi penampang balok BB

4.1.2. Perencanaan Dimensi Kolom


Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi Kolom [K] adalah sebagai berikut :

A. Data-data perencanaan :

- Tipe kolom : K-1
- As kolom : [1-A]
- Tinggi kolom H_{kolom} : 400 cm
- Bentuk balok L_{balok} : 720 cm
- Dimensi balok b_{balok} : 40 cm
- Dimensi balok h_{balok} : 60 cm

Gambar Denah Perencanaan :



 DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2 (± 4.00)



→ posisi perencanaan kolom yang ditinjau.

Gambar 4.19 : Denah kolom K1

✦ **Ketentuan perencanaan :**

$$\frac{I_{kolom}}{l_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{l_{balok}}$$

✦ **Perhitungan perencanaan :**

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 40 \times 60^3}{720}$$

$$h = 46,80 \text{ cm}$$

$$h \approx 60,00 \text{ cm}$$

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

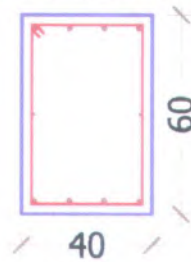
$$b = \frac{2}{3} \times 50$$

$$h = 33,33 \text{ cm}$$

$$h \approx 40,00 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi **Kolom [K-1]** dengan ukuran **40 / 60**.

✚ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :

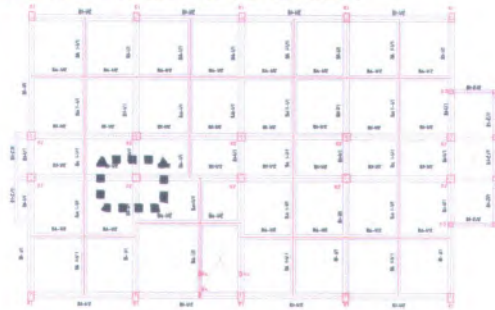


Gambar 4.20 : Dimensi penampang kolom K1

B. Data-data perencanaan :

• Tipe kolom	: K-2
• As kolom	: [3-D]
• Tinggi kolom	H_{kolom} : 400 cm
• Bentang balok	L_{balok} : 800 cm
• Dimensi balok	b_{balok} : 40 cm
• Dimensi balok	h_{balok} : 60 cm

✚ Gambar Denah Perencanaan :



DENAH PENBALOKAN LANTAI 2 (+4.00)



→ posisi perencanaan kolom yang ditinjau.

Gambar 4.21 : Denah kolom K2

✚ **Ketentuan perencanaan :**

$$\frac{I_{kolom}}{l_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{l_{balok}}$$

✚ **Perhitungan perencanaan :**

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

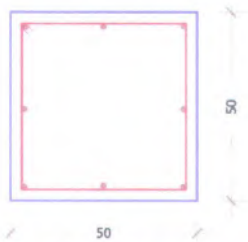
$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 40 \times 60^3}{800}$$

$$h = 45,59 \text{ cm}$$

$$h \approx 50,00 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi **Kolom [K-2]** dengan ukuran **50 / 50**.

✚ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :

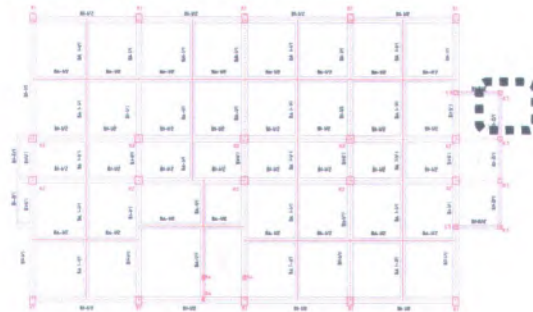


Gambar 4.22 : Dimensi penampang kolom K2

C. Data-data perencanaan :

• Tipe kolom	: K-3
• As kolom	: [10- C]
• Tinggi kolom	H_{kolom} : 400 cm
• Bentang balok	L_{balok} : 300 cm
• Dimensi balok	b_{balok} : 20 cm
• Dimensi balok	h_{balok} : 30 cm

✚ Gambar Denah Perencanaan :



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2 (± 4.00)



→ posisi perencanaan kolom yang ditinjau.

Gambar 4.23 : Denah kolom K3

✚ **Ketentuan perencanaan :**

$$\frac{I_{kolom}}{l_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{l_{balok}}$$

✚ **Perhitungan perencanaan :**

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

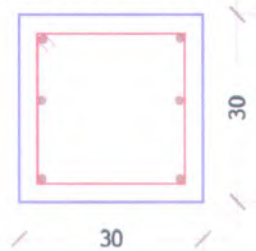
$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 20 \times 30^3}{300}$$

$$h = 29,13 \text{ cm}$$

$$h \approx 30,00 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi **Kolom [K-3]** dengan ukuran **30 / 30.**

✚ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :



Gambar 4.24 : Dimensi penampang kolom K3

D. Data-data perencanaan :

- Tipe kolom : K-4
- As kolom : [5-G1]
- Tinggi kolom H_{kolom} : 400 cm
- Bentang balok L_{balok} : 280 cm
- Dimensi balok b_{balok} : 15 cm
- Dimensi balok h_{balok} : 20 cm

✚ Gambar Denah Perencanaan :



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2 (± 4.00)



→ posisi perencanaan kolom yang ditinjau.

Gambar 4.25 : Denah kolom K4

✚ **Ketentuan perencanaan :**

$$\frac{I_{kolom}}{l_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{l_{balok}}$$

✚ **Perhitungan perencanaan :**

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 15 \times 20^3}{280}$$

$$h = 27,57 \text{ cm}$$

$$h \approx 30,00 \text{ cm}$$

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

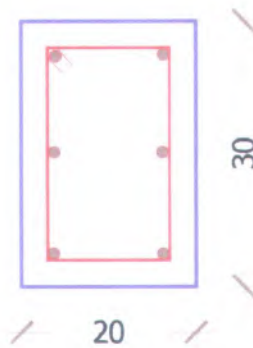
$$b = \frac{2}{3} \times 30$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$h \approx 20 \text{ cm}$$

- Maka direncanakan dimensi **Kolom Bordes [K-4]** dengan ukuran **20 / 30**.

✚ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :



Gambar 4.26 : Dimensi penampang kolom K4

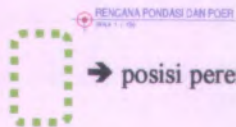
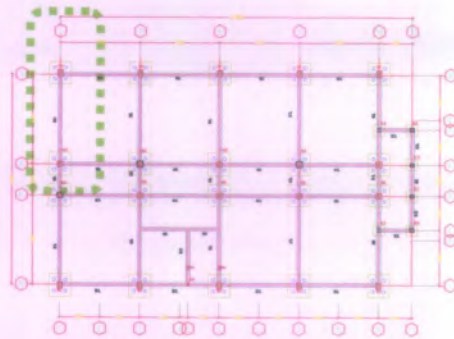
4.1.3. Perencanaan Dimensi Sloof

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi Sloof [BS] adalah sebagai berikut :

Data-data perencanaan :

- | | | |
|---------------------|--------------------|----------|
| • Tipe balok | : | BS |
| • As balok | : | 1 [A-B] |
| • Bentang balok | L_{balok} | : 800 cm |
| • Tinggi kolom [K] | H_{kolom} | : 400 cm |
| • Dimensi kolom [K] | b_{kolom} | : 50 cm |
| • Dimensi kolom [K] | h_{kolom} | : 50 cm |

↳ Gambar Denah Perencanaan :



→ posisi perencanaan sloof yang ditinjau.

Gambar 4.27 : Denah balok sloof [BS]

✦ **Ketentuan perencanaan :**

$$\frac{I_{\text{sloof}}}{L_{\text{sloof}}} \geq \frac{I_{\text{kolom}}}{H_{\text{kolom}}}$$

✦ **Perhitungan perencanaan :**

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{sloof}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H_{\text{kolom}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times \frac{3}{5} h \times h^3}{L_{\text{sloof}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H_{\text{kolom}}}$$

$$\frac{\frac{1}{20} \times h^4}{800} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 50 \times 50^3}{400}$$

$$h = 43,78 \text{ cm}$$

$$h \approx 50,00 \text{ cm}$$

direncanakan $h = 30 \text{ cm}$

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

$$b = \frac{2}{3} \times 50$$

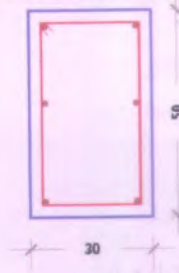
$$b = 30,00 \text{ cm}$$

$$b \approx 30,00 \text{ cm}$$

direncanakan $b = 30 \text{ cm}$

- Maka direncanakan dimensi **Balok Sloof [BS]** dengan ukuran **30 / 50**.

✦ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :



Gambar 4.28 : Dimensi penampang balok sloof

KESIMPULAN :

Dari hasil Perhitungan Perencanaan di atas maka dapat disimpulkan gedung tersebut menggunakan struktur dengan dimensi sebagai berikut :

BALOK

1. BALOK INDUK (BI-1/1)	:	40/60
2. BALOK INDUK (BI-1/2)	:	40/60
3. BALOK INDUK (BI-2/1)	:	20/30
4. BALOK INDUK (BI-2/2)	:	20/30
5. BALOK ANAK (BA-1/1)	:	30/40
6. BALOK ANAK (BA-1/2)	:	30/40
7. RING BALK (RB-1)	:	25/35
8. RING BALK (RB-2)	:	25/35
9. BALOK BORDES (BB)	:	20/30

KOLOM

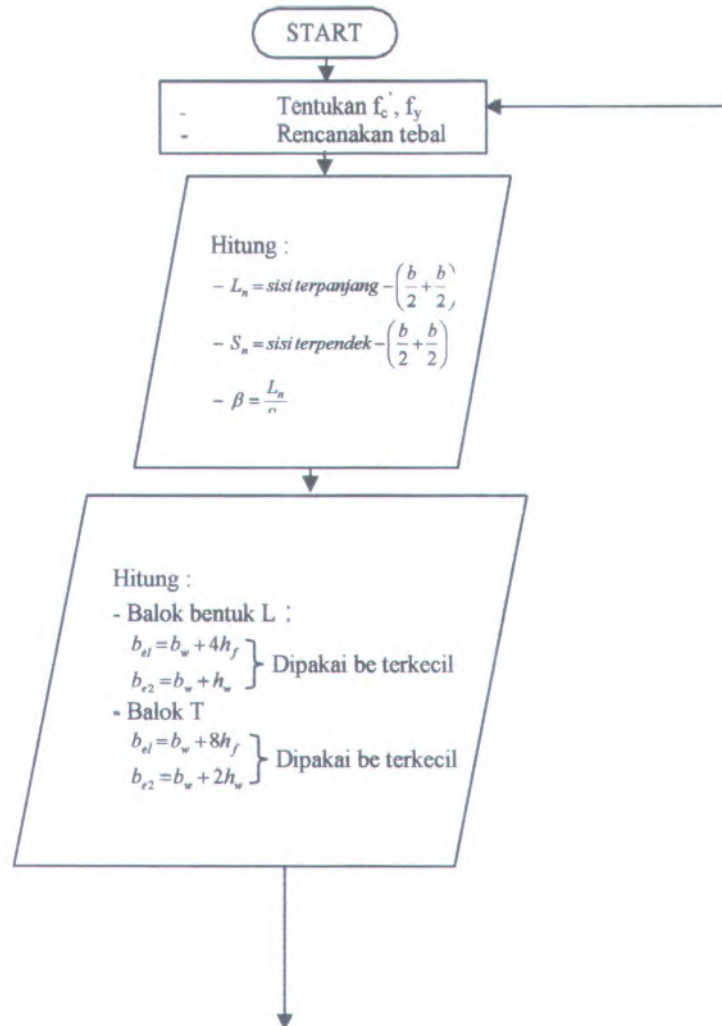
1. KOLOM (K-1)	:	40/60
2. KOLOM (K-2)	:	50/50
3. KOLOM (K-3)	:	30/30
4. KOLOM (K-4)	:	20/30

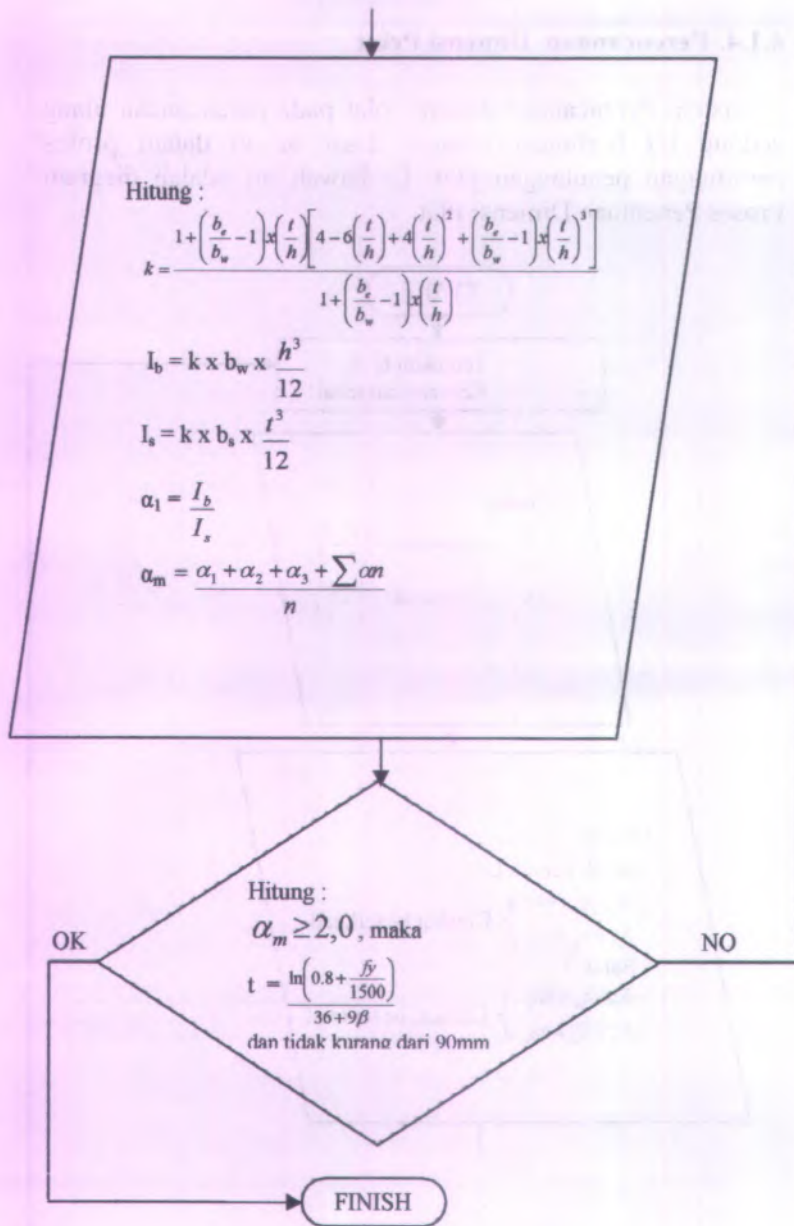
BALOK SLOOF

BALOK SLOOF (BS)	:	30/50
--------------------	---	-------

4.1.4. Perencanaan Dimensi Pelat

Sistem Perencanaan dimensi plat pada perencanaan ulang gedung ini berfungsi sebagai dasar acuan dalam proses perhitungan penulangan plat. Di bawah ini adalah diagram Proses Penentuan Dimensi Plat.





❖ Perencanaan Dimensi Plat Lantai

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi **Pelat Lantai 2 tipe A As [A-B ;7-8]** adalah sebagai berikut :

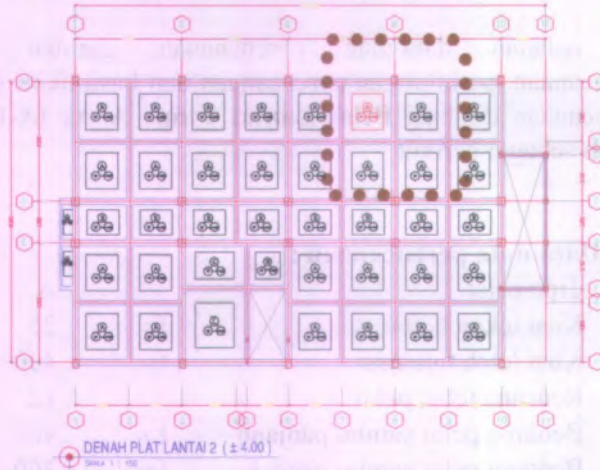
✦ Data-data perencanaan :

• Tipe pelat		: A	
• Kuat tekan beton	f_c'	: 25	MPa
• Kuat leleh tulangan	f_y	: 400	MPa
• Rencana tebal pelat		: 12	cm
• Bentang pelat sumbu panjang	L_n	: 400	cm
• Bentang pelat sumbu pendek	S_n	: 360	cm
• Balok 1	BI	: 40/60	
• Balok 2	BI	: 40/60	
• Balok 3	BA	: 30/40	
• Balok 4	BA	: 30/40	

✦ Gambar Denah Perencanaan :

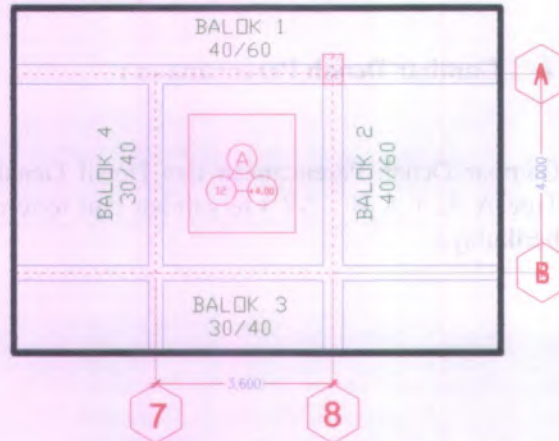
Gambar Denah Perencanaan dan Detail Denah Plat Lantai 2 Tipe A As (A-B ; 7-8) tergambar dan tertera pada halaman berikutnya

Gambar Denah Perencanaan :



→ posisi Pelat Lantai Tipe A As [A-B;7-8] yang ditinjau

Gambar 4.29 : Denah pelat lantai 2 [+4.00]



Gambar 4.30 : Detail pelat lantai Tipe A As [A-B;7-8]

✚ **Perhitungan perencanaan :**

- Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$\begin{aligned} L_n &= 400 - \left(\frac{40}{2} - \frac{30}{2} \right) \\ &= 365 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek :

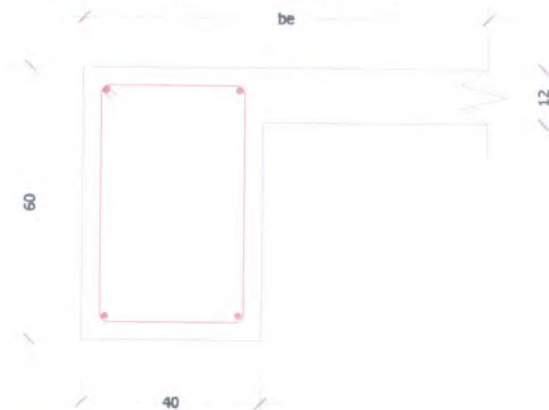
$$\begin{aligned} S_n &= 360 - \left(\frac{40}{2} - \frac{30}{2} \right) \\ &= 325 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \bullet \beta &= \frac{L_n}{S_n} = \frac{365}{325} \\ &= 1,12 \quad \text{[Pelat Dua Arah]} \end{aligned}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.6.1.2]

✚ **Balok as A joint 7- 8 (40 / 60)**



Gambar 4.31 : Balok As A joint 7-8

- Menentukan lebar efektif sayap balok -L

Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002

$$b_e = b_w + h_w \leq b_w + 4h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + (h - t) \\ &= 40 + (60 - 12) \\ &= 88 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (4 \times t) \\ &= 40 + (4 \times 12) \\ &= 88 \text{ cm} \end{aligned}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.2.4]

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 88 \text{ cm}$$

- Faktor Modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

↳ [DISAIN BETON BERTULANG; C.K. Wang & C.G. Salmon; Jilid 2 hal. 131]

$$k = \frac{1 + \left(\frac{88}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6\left(\frac{12}{60}\right) + 4\left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{88}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{88}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,38$$

- Momen Inersia penampang - T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$= 1,38 \times 40 \times \frac{60^3}{12}$$

$$= 994473 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur pelat

$$I_s = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$= 0,5 \times 360 \times \frac{12^3}{12}$$

$$= 25920 \text{ cm}^4$$

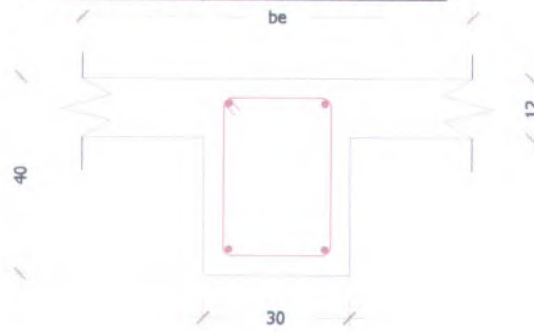
- Rasio Kekakuan balok terhadap pelat

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

$$= \frac{994473}{25920}$$

$$= 38,37$$

✧ **Balok as 7 joint A-B (30 / 40)**



Gambar 4.32 : Balok As 7 joint A-B

- Menentukan lebar efektif sayap balok T :
Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002

$$b_e = b_w + 2hw \leq b_w + 8hf$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2(h - t) \\ &= 30 + 2(40 - 12) \\ &= 86 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (8 \times t) \\ &= 30 + (8 \times 12) \\ &= 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.2.4)]

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 86 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

↳ [DISAIN BETON BERTULANG; C.K. Wang & C.G. Salmon; Jilid 2 hal. 131]

$$k = \frac{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right) \left[4 - 6\left(\frac{12}{40}\right) + 4\left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,58$$

- Momen Inersia penampang T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$= 1,58 \times 30 \times \frac{40^3}{12}$$

$$= 252495 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur pelat

$$I_s = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$= 0.5 \times (360 + 360) \times \frac{12^3}{12}$$

$$= 51840 \text{ cm}^4$$

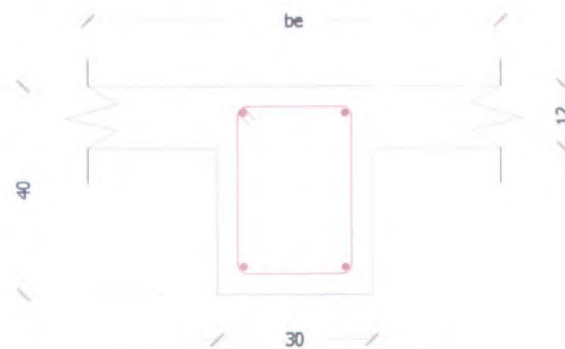
- Rasio Kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_s}$$

$$= \frac{252495}{51840}$$

$$= 4,87$$

✕ **Balok as B joint 7-8 (30 / 40)**



Gambar 4.33 : Balok As B joint 7-8

- Menentukan lebar efektif sayap balok T :

Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002

$$B_e = b_w + 2hw \leq b_w + 8hf$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2(h - t) \\ &= 30 + 2(40 - 12) \\ &= 86 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (8 \times t) \\ &= 30 + (8 \times 12) \\ &= 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.2.4]

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 86 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

↳ [DISAIN BETON BERTULANG; C.K. Wang & C.G. Salmon; Jilid 2 hal. 131]

$$k = \frac{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right) \left[4 - 6\left(\frac{12}{40}\right) + 4\left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,58$$

- Momen Inersia penampang T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,58 \times 30 \times \frac{40^3}{12} \\
 &= 252495 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

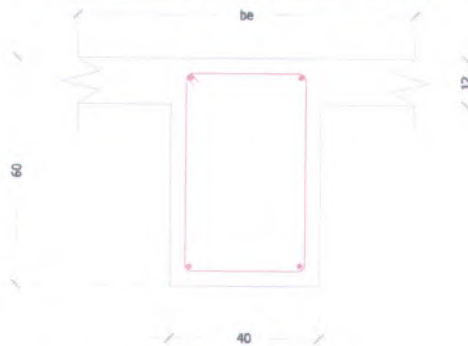
- Momen Inersia lajur pelat

$$\begin{aligned}
 I_s &= b_s \times \frac{t^3}{12} \\
 &= 0.5 \times (400 + 400) \times \frac{12^3}{12} \\
 &= 57600 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Rasio Kekakuan balok terhadap pelat

$$\begin{aligned}
 \alpha_3 &= \frac{I_b}{I_s} \\
 &= \frac{252495}{57600} \\
 &= 4,38
 \end{aligned}$$

✱ **Balok as 8 joint A-B (40 / 60)**



Gambar 4.34 : Balok As 8 joint A-B

- Menentukan lebar efektif sayap balok T :

Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002

$$B_e = b_w + 2hw \leq b_w + 8hf$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2(h - t) \\ &= 40 + 2(60 - 12) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (8 \times t) \\ &= 40 + (8 \times 12) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.2.4]

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 136 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

↳ [DISAIN BETON BERTULANG; C.K. Wang & C.G. Salmon; Jilid 2 hal. 131]

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6\left(\frac{12}{60}\right) + 4\left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,64$$

- Momen Inersia penampang T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,64 \times 40 \times \frac{60^3}{12} \\
 &= 1182170 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Momen Inersia lajur pelat

$$\begin{aligned}
 I_s &= b_s \times \frac{t^3}{12} \\
 &= 0,5 \times (360 + 360) \times \frac{12^3}{12} \\
 &= 51840 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Rasio Kekakuan balok terhadap pelat

$$\begin{aligned}
 \alpha_4 &= \frac{I_b}{I_s} \\
 &= \frac{1182240}{51840} \\
 &= 21,60
 \end{aligned}$$

✧ Maka :

$$\begin{aligned}
 \alpha_m &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \\
 &= \frac{38,37 + 4,87 + 4,38 + 21,60}{4} \\
 &= 17,31
 \end{aligned}$$

✧ Sehingga :

$$\alpha_m \geq 2$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.5.3)]

- Ketebalan minimum tidak boleh kurang dari $t_{\min 1}$

:

$$t_{\min 1} = \frac{\ln x \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$= \frac{365 \times \left(0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + 9(1,12)}$$

$$= 8,4 \text{ cm}$$

- Ketebalan minimum tidak boleh kurang dari $t_{\min 2}$

:

$$t_{\min} = 9 \text{ cm}$$

- Maka :

$$- t_{\min 1} = 8,4 \quad \text{cm} < t = 12 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

$$- t_{\min 2} = 9 \quad \text{cm} < t = 12 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

✚ Hasil akhir perencanaan :

Sehingga dari perhitungan diatas, dihasilkan dan direncanakan dimensi tebal pelat lantai yang digunakan adalah 12 cm.

❖ Perencanaan Dimensi Plat Atap

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi **Pelat Atap tipe P As [A-B;1-2]** adalah sebagai berikut :

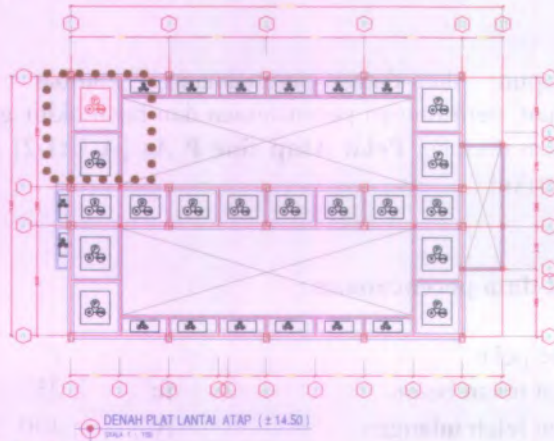
✦ Data-data perencanaan :

• Tipe pelat		: P
• Kuat tekan beton	f_c'	: 25 MPa
• Kuat leleh tulangan	f_y	: 400 MPa
• Rencana tebal pelat		: 10 cm
• Bentang pelat sumbu panjang	L_n	: 400 cm
• Bentang pelat sumbu pendek	S_n	: 360 cm
• Balok 1	BI	: 40/60
• Balok 2	RB	: 25/35
• Balok 3	RB	: 25/35
• Balok 4	BI	: 40/60

✦ Gambar Denah Perencanaan :

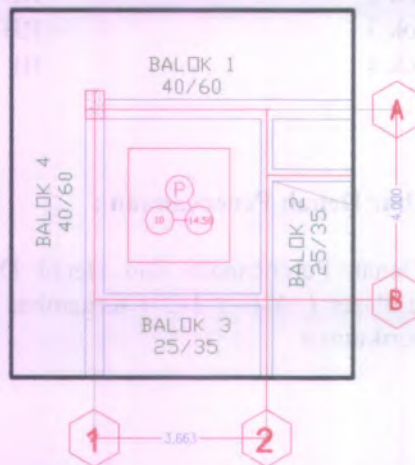
Gambar Denah Perencanaan dan Detail Denah Plat Lantai Atap Tipe P As (A-B ; 1-2) tergambar dan tertera pada halaman berikutnya

Gambar Denah Perencanaan :



→ posisi Pelat Lantai Tipe P As [A-B;1-2] yang ditinjau

Gambar 4.35 : Denah pelat lantai atap [+14.50]



Gambar 4.36 : Detail denah Pelat Lantai Tipe P As [A-B;1-2].

✚ **Perhitungan perencanaan :**

- Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$\begin{aligned} L_n &= 400 - \left(\frac{40}{2} - \frac{25}{2} \right) \\ &= 368 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek :

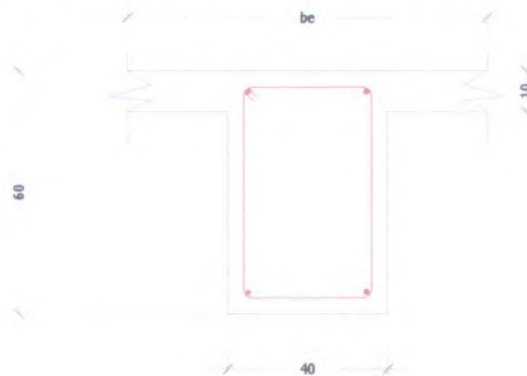
$$\begin{aligned} S_n &= 360 - \left(\frac{40}{2} - \frac{25}{2} \right) \\ &= 328 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \bullet \beta &= \frac{L_n}{S_n} = \frac{368}{328} \\ &= 1,12 \rightarrow \text{[Pelat Dua Arah]} \end{aligned}$$

→ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.6.1.2]

✚ **Balok as 1 joint A- B (40 / 60)**



Gambar 4.37 : Balok As 1 joint A-B

- Menentukan lebar efektif sayap balok -L

Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002

$$B_e = b_w + h_w \leq b_w + 4h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + (h - t) \\ &= 40 + (60 - 10) \\ &= 90 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (4 \times t) \\ &= 40 + (4 \times 10) \\ &= 80 \text{ cm} \end{aligned}$$

↪ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.2.4]

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 80 \text{ cm}$$

- Faktor Modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

↪ [DISAIN BETON BERTULANG; C.K. Wang & C.G. Salmon; Jilid 2 hal. 131]

$$k = \frac{1 + \left(\frac{80}{40} - 1\right) \times \left(\frac{10}{60}\right) \left[4 - 6\left(\frac{10}{60}\right) + 4\left(\frac{10}{60}\right)^2 + \left(\frac{80}{40} - 1\right) \times \left(\frac{10}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{80}{40} - 1\right) \times \left(\frac{10}{60}\right)}$$

$$k = 1,3$$

- Momen Inersia penampang - T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,3 \times 40 \times \frac{60^3}{12} \\
 &= 937619 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

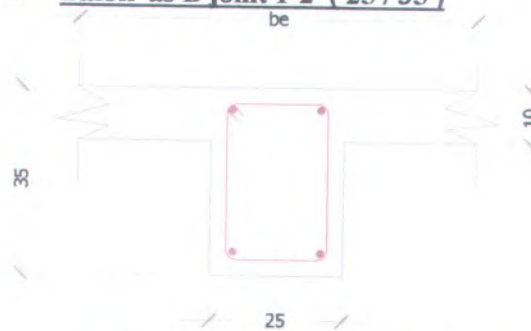
- Momen Inersia lajur pelat

$$\begin{aligned}
 I_s &= b_s \times \frac{t^3}{12} \\
 &= 0,5 \times 360 \times \frac{10^3}{12} \\
 &= 15.000 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Rasio Kekakuan balok terhadap pelat

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= \frac{I_b}{I_s} \\
 &= \frac{937619}{15.000} \\
 &= 62,51
 \end{aligned}$$

✧ **Balok as B joint 1-2 (25 / 35)**



Gambar 4.38 : Balok As B joint 1-2

- Menentukan lebar efektif sayap balok T :

Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002

$$b_e = b_w + 2hw \leq b_w + 8hf$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2(h - t) \\ &= 25 + 2(35 - 10) \\ &= 75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (8 \times t) \\ &= 25 + (8 \times 10) \\ &= 105 \text{ cm} \end{aligned}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.2.4]

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 75 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

↳ [DISAIN BETON BERTULANG; C.K. Wang & C.G. Salmon; Jilid 2 hal. 131]

$$k = \frac{1 + \left(\frac{75}{25} - 1\right) \times \left(\frac{10}{35}\right) \left[4 - 6\left(\frac{10}{35}\right) + 4\left(\frac{10}{35}\right)^2 + \left(\frac{75}{25} - 1\right) \times \left(\frac{10}{35}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{75}{25} - 1\right) \times \left(\frac{10}{35}\right)}$$

$$k = 1,60$$

- Momen Inersia penampang T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$= 1,60 \times 25 \times \frac{35^3}{12}$$

$$= 143205 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur pelat

$$I_s = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$= 0,5 \times (400+400) \times \frac{10^3}{12}$$

$$= 33333 \text{ cm}^4$$

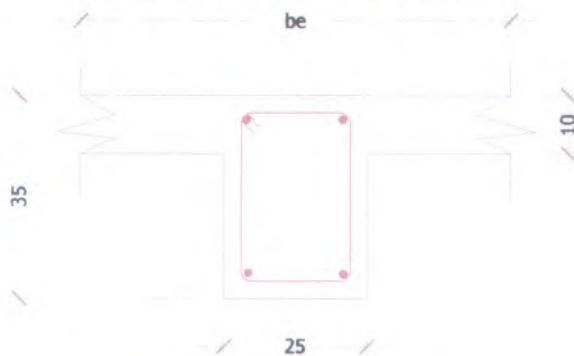
- Rasio Kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_s}$$

$$= \frac{143205}{33333}$$

$$= 4,30$$

✧ **Balok as 2 joint A-B (25 / 35)**



Gambar 4.39 : Balok As 2 joint A-B

- Menentukan lebar efektif sayap balok T :

Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002

$$B_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + 2(h - t) \\ &= 25 + 2(35 - 10) \\ &= 75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (8 \times t) \\ &= 25 + (8 \times 10) \\ &= 105 \text{ cm} \end{aligned}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.2.4]

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 75 \text{ cm}$$

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

↳ [DISAIN BETON BERTULANG; C.K. Wang & C.G. Salmon; Jilid 2 hal. 131]

$$k = \frac{1 + \left(\frac{75}{25} - 1\right) \times \left(\frac{10}{35}\right) \left[4 - 6\left(\frac{10}{35}\right) + 4\left(\frac{10}{35}\right)^2 + \left(\frac{75}{25} - 1\right) \times \left(\frac{10}{35}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{75}{25} - 1\right) \times \left(\frac{10}{35}\right)}$$

$$k = 1,6$$

- Momen Inersia penampang T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$= 1,6 \times 25 \times \frac{35^3}{12}$$

$$= 143205 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur pelat

$$I_s = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$= 0,5 \times (360 + 360) \times \frac{10^3}{12}$$

$$= 30.000 \text{ cm}^4$$

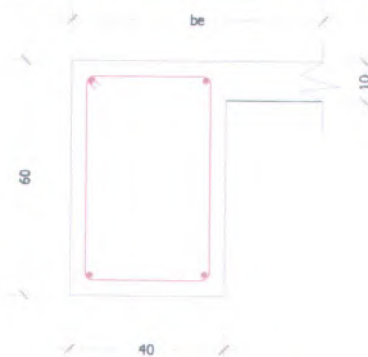
- Rasio Kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_s}$$

$$= \frac{143205}{30.000}$$

$$= 4,77$$

✧ **Balok as A joint 1-2 (40 / 60)**



Gambar 4.40 : Balok As A joint 1-2



- Menentukan lebar efektif sayap balok -L

Pasal 15.2.4 SNI 03-2847-2002

$$B_e = b_w + h_w \leq b_w + 4h_f$$

$$\begin{aligned} b_{e1} &= b_w + (h - t) \\ &= 40 + (60 - 10) \\ &= 90 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e2} &= b_w + (4 \times t) \\ &= 40 + (4 \times 10) \\ &= 80 \text{ cm} \end{aligned}$$

→ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.2.4]

Pilih nilai terkecil antara b_{e1} dan b_{e2}

$$b_e = 80 \text{ cm}$$

- Faktor Modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

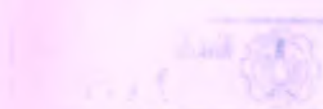
→ [DISAIN BETON BERTULANG; C.K. Wang & C.G. Salmon; Jilid 2 hal. 131]

$$k = \frac{1 + \left(\frac{80}{40} - 1\right) \times \left(\frac{10}{60}\right) \left[4 - 6\left(\frac{10}{60}\right) + 4\left(\frac{10}{60}\right)^2 + \left(\frac{80}{40} - 1\right) \times \left(\frac{10}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{80}{40} - 1\right) \times \left(\frac{10}{60}\right)}$$

$$k = 1,3$$

- Momen Inersia penampang - T

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$



$$= 1,3 \times 40 \times \frac{60^3}{12}$$

$$= 937619 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur pelat

$$I_s = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$= 0,5 \times 400 \times \frac{10^3}{12}$$

$$= 16666,67 \text{ cm}^4$$

- Rasio Kekakuan balok terhadap pelat

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

$$= \frac{937619}{16666,67}$$

$$= 56,26$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$= \frac{62,51 + 4,30 + 4,77 + 56,26}{4}$$

$$= 31,96$$

✳Sehingga :

$$\alpha_m \geq 2$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.5.3)]

- Ketebalan minimum tidak boleh kurang dari t_{\min}
:

$$\begin{aligned}
 t_{\min 1} &= \frac{\ln x \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \\
 &= \frac{390 \times \left(0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + 9(1,09)} \\
 &= 8,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Ketebalan minimum tidak boleh kurang dari $t_{\min 2}$

:

$$t_{\min 2} = 9 \text{ cm}$$

- Maka :

$$- t_{\min 1} = 8,5 \quad \text{cm} < t = 10 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

$$- t_{\min 2} = 9 \quad \text{cm} < t = 10 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

✚ Hasil akhir perencanaan :

Sehingga dari perhitungan diatas, dapat di simpulkan bahwa tebal plat atap yang digunakan adalah 10 cm

4.1.5. Perencanaan Dimensi Tangga

◆ Perencanaan Dimensi Tangga Utama.

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir perencanaan dimensi **Tangga Utama Tipe 2 As [G-H;5-6]** adalah sebagai berikut :

✚ Data-data perencanaan :

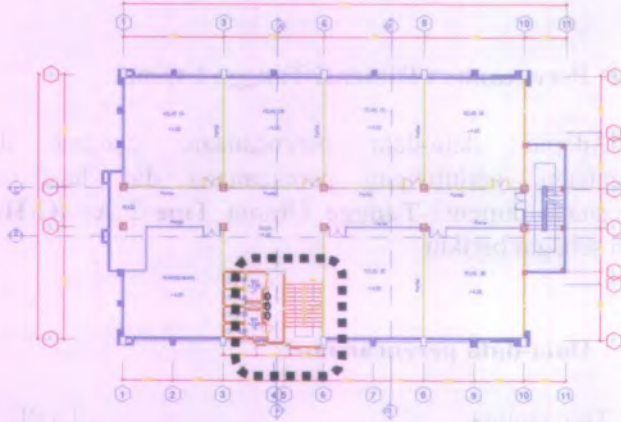
• Tipe tangga	: TYPE 2
• As tangga	: [G-H ; 5-6]
• Mutu Beton (f_c')	: 25 Mpa
• Mutu Baja (f_y)	: 400 Mpa
• Ketinggian (h)	: 350 cm
• Elevasi Lantai	: 350 cm
• Elevasi Lantai Bordes	: 180 cm
• Bentang Tangga	: 365 cm
• Lebar Bordes	: 280 cm
• Lebar Tangga	: 133 cm
• Lebar Injakan (i)	: 30 cm
• Tinggi Injakan (t)	: 17,5 cm

✚ Gambar Denah Perencanaan :

Gambar Denah Perencanaan dan Detail Denah Plat Tangga Utama tergambar dan tertera pada halaman berikutnya



Gambar denah perencanaan :

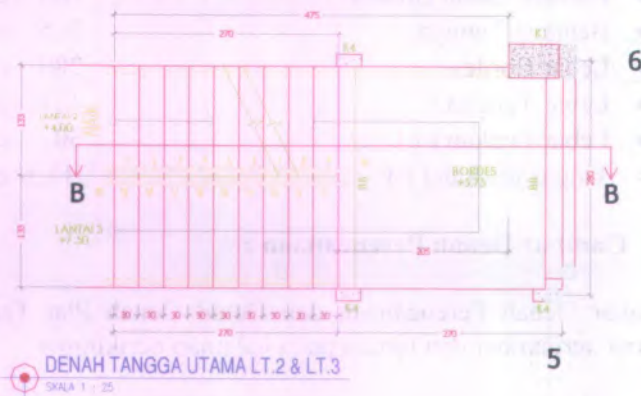


DENAH LANTAI II + 4.00



→ posisi perencanaan tangga yang ditinjau.

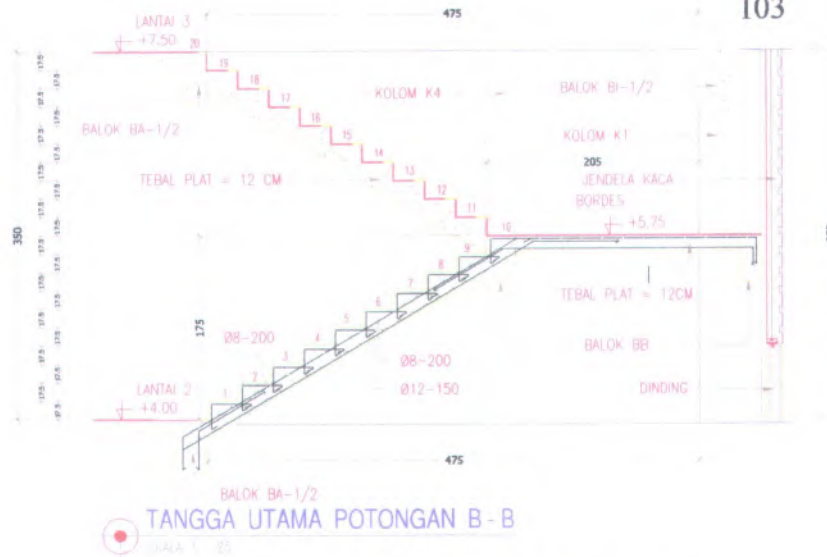
Gambar 4.41 : Denah perencanaan tangga utama



DENAH TANGGA UTAMA LT.2 & LT.3

SKALA 1 : 25

Gambar 4.42: Denah tangga lantai 2 As [G-H;5-6].



Gambar 4.43 : Potongan tangga lantai 2 As [G-H;5-6]

✚ **Perhitungan perencanaan :**

- Sudut kemiringan tangga :

$$\begin{aligned}\alpha &= \arctan \frac{t}{i} \\ &= \arctan \frac{17,5}{30} \\ &= 34^\circ\end{aligned}$$

- Syarat sudut kemiringan tangga :

$$\begin{aligned}25^\circ &\leq \alpha \leq 40^\circ \\ 25^\circ &\leq 34^\circ \leq 40^\circ \quad \text{[OK]}\end{aligned}$$

- Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan :

$$\begin{aligned}60 \text{ cm} &\leq 2.t + i \leq 65 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} &\leq 2.17,5 + 30 \leq 65 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} &\leq 65 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \quad \text{[OK]}\end{aligned}$$

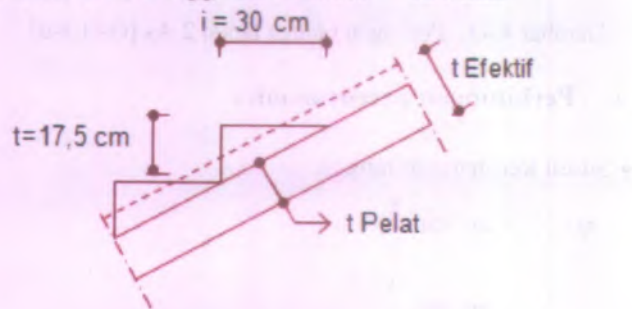
- Jumlah tanjakan :

$$\begin{aligned} n_t &= \frac{\text{tinggi pelat anak tangga}}{t} \\ &= \frac{180 \text{ cm}}{17,5 \text{ cm}} \\ &= 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Jumlah injakan :

$$\begin{aligned} n_i &= n_t - 1 \\ &= 10 - 1 \\ &= 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Tebal Plat Tangga dan Bordes = 120 mm



Gambar 4.44 : Tebal efektif pelat anak tangga.

- Tebal efektif pelat anak tangga :

Dengan perbandingan sudut pada segitiga, maka :

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta_1 &= \frac{1}{2} \times i \times t \\ &= \frac{1}{2} \times 30 \text{ cm} \times 17,5 \text{ cm} \\ &= 262,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \Delta_2 &= \frac{1}{2}(\sqrt{i^2 + t^2})xd \\
 &= \frac{1}{2}(\sqrt{30^2 + 17,5^2})xd \\
 &= 17,73 \times d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Persamaan } \Delta_1: \Delta_2 & \\
 &= 262,5 \text{ cm}^2 : 17,37 \times d \\
 d &= 15,12 \text{ cm} \\
 \frac{1}{2} d &= 7,56 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal Efektif Pelat Tangga} &= 12 \text{ cm} + 7,56 \text{ cm} \\
 &= 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

✦ **Hasil akhir perencanaan :**

Sehingga dari perhitungan diatas, dihasilkan dan direncanakan dimensi tebal efektif Pelat Tangga = 20 cm , dan tebal pelat bordes = 12 cm.

◆ Perencanaan Dimensi Tangga Darurat.

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir perencanaan dimensi Tangga Darurat Tipe 2 As [C-F;10-11] adalah sebagai berikut :

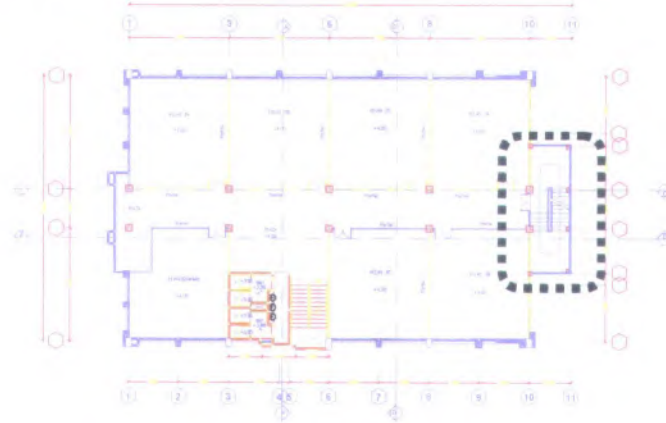
✚ Data-data perencanaan :

- Tipe tangga : TYPE 2
- As tangga : [C-F;10-11]
- Mutu Beton (f_c') : 25 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- Ketinggian (h) : 350 cm
- Elevasi Lantai : 350 cm
- Elevasi Lantai Bordes : 228 cm
- Bentang Tangga : 360 cm
- Lebar Bordes : 235 cm
- Lebar Tangga : 131 cm
- Lebar Injakan (i) : 30 cm
- Tinggi Injakan (t) : 17,5 cm

✚ Gambar Denah Perencanaan :

Gambar Denah Perencanaan dan Detail Denah Plat Tangga Utama tergambar dan tertera pada halaman berikutnya

✚ Gambar denah perencanaan :



DENAH LANTAI II - 4.00



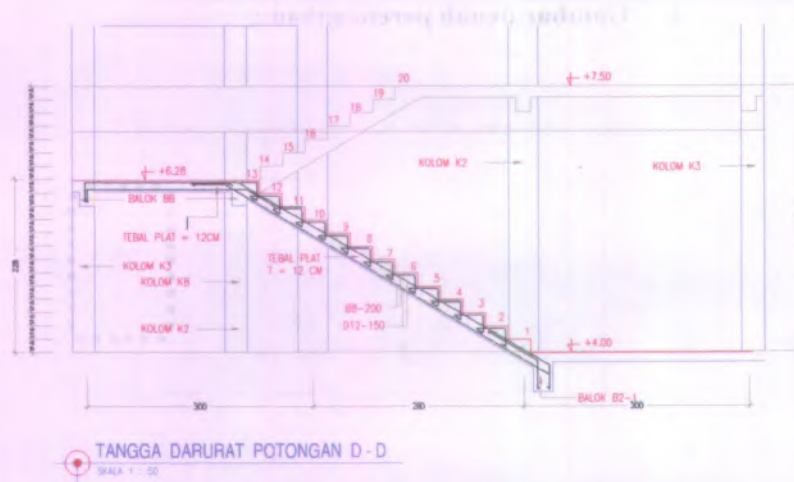
→ posisi perencanaan tangga yang ditinjau.

Gambar 4.45 : Denah perencanaan tangga darurat



DENAH TANGGA DARURAT LT.2 & LT.3

Gambar 4.46 : Denah Tangga lantai 2 As [C-F;10-11]



Gambar 4.47 : Potongan Tangga Lantai 2 As [C-F;10-11].

🔧 Perhitungan perencanaan :

- Sudut kemiringan tangga :

$$\begin{aligned}\alpha &= \arctan \frac{t}{i} \\ &= \arctan \frac{17,5}{30} \\ &= 32^\circ\end{aligned}$$

- Syarat sudut kemiringan tangga :

$$\begin{aligned}25^\circ &\leq \alpha \leq 40^\circ \\ 25^\circ &\leq 32^\circ \leq 40^\circ \quad \text{[OK]}\end{aligned}$$

- Syarat lebar injakan dan tinggi tanjakan :

$$60 \text{ cm} \leq 2.t + i \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 2 \cdot 17,5 + 30 \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm} \quad \text{[OK]}$$

- Jumlah tanjakan :

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

$$= \frac{228 \text{ cm}}{17,5 \text{ cm}}$$

$$= 13 \text{ buah}$$

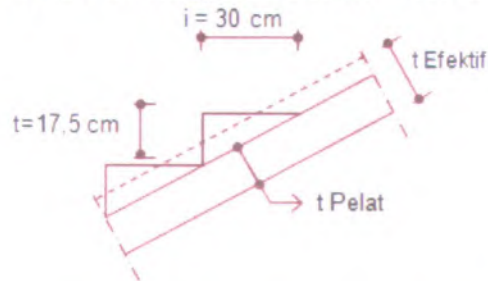
- Jumlah injakan :

$$n_i = n_t - 1$$

$$= 13 - 1$$

$$= 12 \text{ buah}$$

- Tebal Plat Tangga dan Bordes = 120 mm



Gambar 4.48 : Tebal efektif pelat anak tangga.

- Tebal efektif pelat anak tangga :

Dengan perbandingan sudut pada segitiga, maka :

$$\text{Luas } \Delta_1 = \frac{1}{2} \times i \times t$$

$$= \frac{1}{2} \times 30 \text{ cm} \times 17,5 \text{ cm}$$

$$= 262,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \Delta_2 &= \frac{1}{2}(\sqrt{i^2 + t^2})xd \\
 &= \frac{1}{2}(\sqrt{30^2 + 17,5^2})xd \\
 &= 17,73 \times d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Persamaan } \Delta_1: \Delta_2 & \\
 &= 262,5 \text{ cm}^2 : 17,37 \times d \\
 d &= 15,12 \text{ cm} \\
 \frac{1}{2} d &= 7,56 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal Efektif Pelat Tangga} &= 12 \text{ cm} + 7,56 \text{ cm} \\
 &= 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

✚ Hasil akhir perencanaan :

Sehingga dari perhitungan diatas, dihasilkan dan direncanakan dimensi tebal efektif Pelat Tangga = 20 cm , dan tebal pelat bordes = 12 cm.

4.2. PEMBEBANAN STRUKTUR

4.2.1. Pembebanan Pelat

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

Dengan demikian komponen struktur pelat pada perencanaan struktur direncanakan tidak dimasukkan / dimodelkan dalam permodelan struktur SAP2000 sehingga perencanaan, pembebanan dan perhitungan komponen struktur pelat baik pada pelat lantai atau pelat atap harus direncanakan, dibebankan dan dihitung tersendiri pada perencanaan.

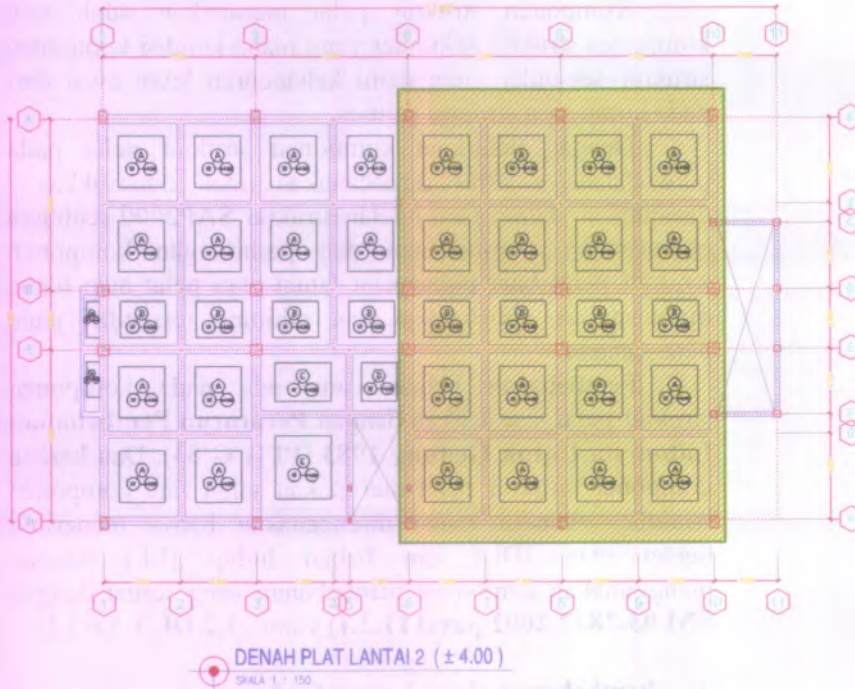
Pembebanan beban yang ada pada komponen struktur pelat disesuaikan dengan **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83)**. Dan karena komponen struktur pelat merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati [DL] dan beban hidup [LL] dengan menggunakan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan **SNI 03-2847-2002 pasal 11.2.1)** yaitu : **1,2 DL + 1,6 LL**.

➤ **Pembebanan Pelat Lantai Gedung.**

Gedung SD Muhammadiyah 26 Sukolilo Surabaya terdapat 3 fungsi kegunaan yaitu terdapat ruang yang berguna sebagai ruang kelas, sebagai ruang perpustakaan, dan sebagai ruang pertemuan atau ruang aula. Sehingga pada pembebanan pelat lantai direncanakan terdapat 3 macam fungsi kegunaan pelat lantai. Oleh karena itu untuk membedakannya maka dibatasi oleh lokasi pembebanan yang dapat dilihat pada gambar denah perencanaan.

✧ **Beban Pelat Lantai Untuk Ruang Kelas :**

- **Gambar Denah Perencanaan :**



→ posisi pembebanan pelat yang ditinjau.

Gambar 4.49 : Denah posisi pembebanan pelat lantai 2 [+4.00] ,lantai 3 [+7.50], lantai 4 [+11.00] untuk ruang kelas.

- **Beban Mati :**

- Berat pelat (12 cm) : $0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi (2 cm) : $2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Berat keramik (1 cm) : $1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Berat penggantung : 7 = 7 kg/m^2
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Berat plafond : 11 = 11 kg/m^2
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Instalasi, Listrik, AC (Asumsi) = 40 kg/m^2
- Pemipaan Air Bersih dan Kotor = $25 \text{ kg/m}^2 +$
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]

$$q_{DL} = 437 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban Hidup :**

- Berat hidup lantai gedung sekolah $q_{LL} = 250 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 3.1.]

- **Beban Ultimate Rencana :**

$$q_u = 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL}$$

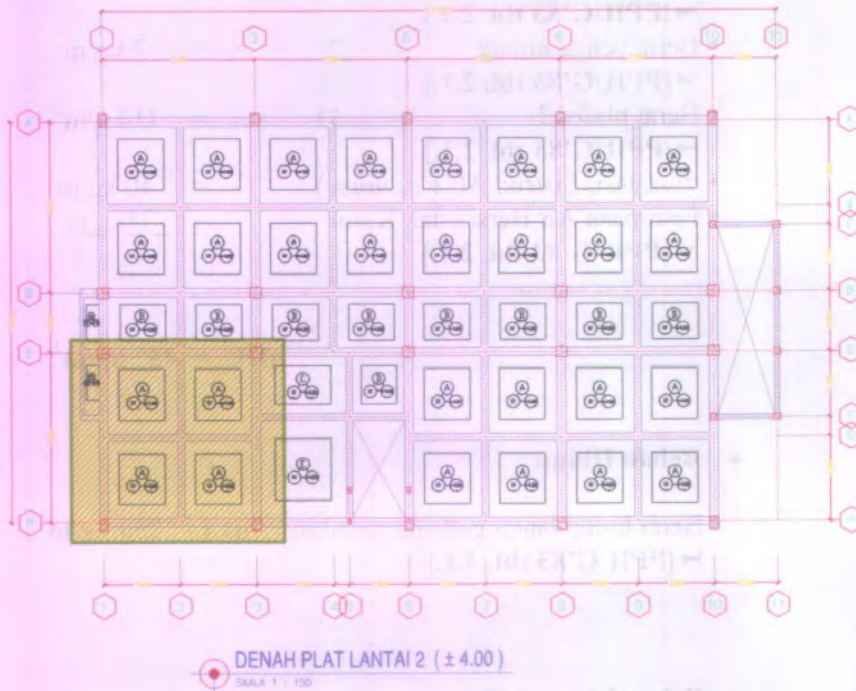
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.2.1)]

$$= (1,2 \times 437) + (1,6 \times 250)$$

$$q_u = 924,4 \text{ kg/m}^2$$

❖ **Beban Pelat Lantai Untuk Ruang Perpustakaan :**

- **Gambar Denah Perencanaan :**



→ posisi pembebanan pelat yang ditinjau.

Gambar 4.50 : Denah posisi pembebanan pelat lantai 2 [+4.00] untuk perpustakaan

- **Beban Mati :**

- Berat pelat (12 cm) : $0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi (2 cm) : $2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Berat keramik (1 cm) : $1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Berat penggantung : 7 = 7 kg/m^2
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Berat plafond : 11 = 11 kg/m^2
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Instalasi, Listrik, AC (Asumsi) = 40 kg/m^2
- Pemipaan Air Bersih dan Kotor = $\underline{25 \text{ kg/m}^2}$
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]

$$q_{DL} = 437 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban Hidup :**

- Berat hidup lantai perpustakaan $q_{LL} = 400 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 3.1.]

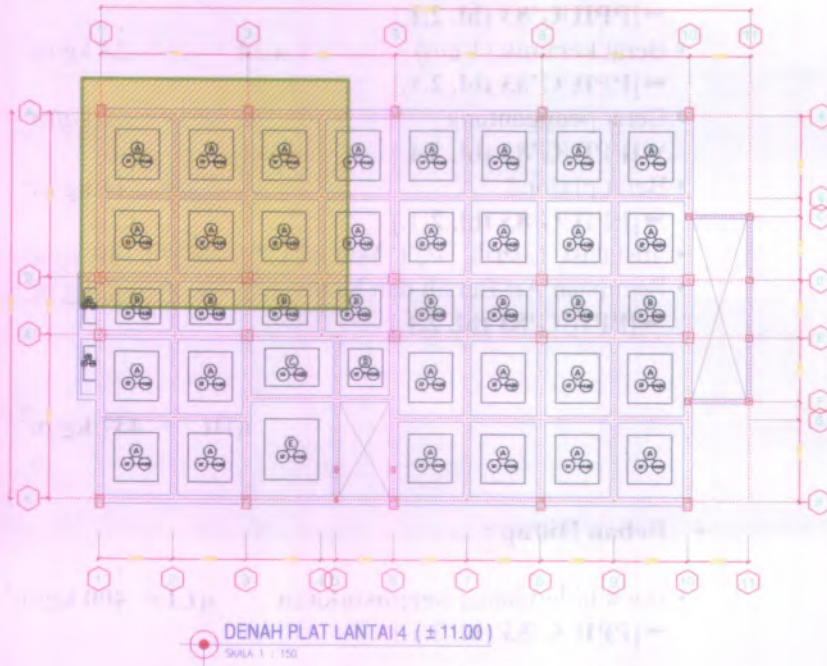
- **Beban Ultimate Rencana :**


$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\ &\quad \text{↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.2.1]} \\ &= (1,2 \times 437) + (1,6 \times 400) \end{aligned}$$

$$q_u = 1164,4 \text{ kg/m}^2$$

✧ **Beban Pelat Lantai Untuk Ruang Pertemuan (Aula) :**

- **Gambar Denah Perencanaan :**



 → posisi pembebanan pelat yang ditinjau.

Gambar 4.51 : Denah posisi pembebanan pelat lantai 4 [+11.00] untuk pertemuan

- **Beban Mati :**

▪ Berat pelat (12 cm)	: 0,12 x 2400=	288 kg/m ²
▪ Berat spesi (2 cm)	: 2 x 21	= 42 kg/m ²
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]		
▪ Berat keramik (1 cm)	: 1 x 24	= 24 kg/m ²
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]		
▪ Berat penggantung	: 7	= 7 kg/m ²
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]		
▪ Berat plafond	: 11	= 11 kg/m ²
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]		
▪ Instalasi, Listrik, AC (Asumsi)		= 40 kg/m ²
▪ Pemipaan Air Bersih dan Kotor		= <u>25kg/m²</u> +
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]		

$$q_{DL} = 437 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban Hidup :**

▪ Berat hidup lantai ruang aula	$q_{LL} = 400 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 3.1.]	

- **Beban Ultimate Rencana :**

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\
 &\quad \hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 11.2.1}] \\
 &= (1,2 \times 437) + (1,6 \times 400)
 \end{aligned}$$

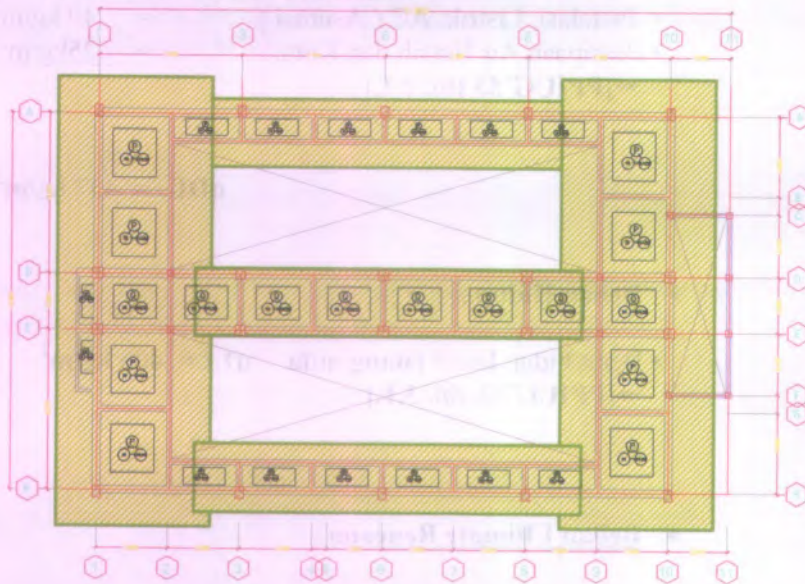
$$q_u = 1164,4 \text{ kg/m}^2$$

➤ **Pembebanan Pelat Lantai Atap**


Gedung SD Muhammadiyah 26 Sukolilo Surabaya , memakai konstruksi plat pada bagian atapnya. Sehingga pada pembebanan pelat lantai atap direncanakan terdapat 1 macam saja fungsi kegunaan pelat atap. Oleh karena itu untuk membedakannya maka dibatasi oleh lokasi pembebanan yang dapat dilihat pada gambar denah perencanaan.

✧ **Beban Pelat Atap :**

- Gambar Denah Perencanaan :



DENAH PLAT LANTAI ATAP (± 14.50)
SKALA 1 : 100

 → posisi pembebanan pelat yang ditinjau.

Gambar 4.52 : Denah posisi pembebanan atap [+14.50].

- **Beban Mati :**

- Berat pelat (10 cm) : $0,10 \times 2400 = 240 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung : 7 = 7 kg/m^2
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Berat plafond : 11 = $11 \text{ kg/m}^2 +$
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Instalasi Listrik, AC (Asumsi) = $40 \text{ kg/m}^2 +$

$$q_{DL} = 298 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban Hidup :**

- Berat hidup atap : $q_{LL} = 100 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 3.1.]

- **Beban Ultimate Rencana :**

$$q_u = 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL}$$

$$\text{↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.2.1]}$$

$$= (1,2 \times 298) + (1,6 \times 100)$$

$$q_u = 517,6 \text{ kg/m}^2$$

4.2.2. Pembebanan Tangga

Komponen struktur tangga merupakan salah satu komponen struktur sekunder yang mana kondisi komponen struktur sekunder mengalami kehancuran lebih awal dari pada komponen struktur primer.

Namun komponen struktur tangga pada perencanaan struktur direncanakan dimasukkan / dimodelkan dalam permodelan struktur SAP2000 sehingga perencanaan, pembebanan dan perhitungan komponen struktur tangga baik pada pelat anak tangga atau pelat bordes direncanakan,

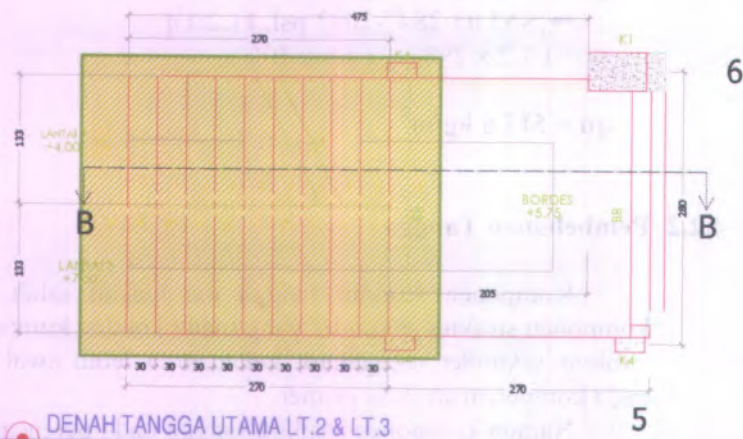
dibebankan dan dihitung bersamaan perencanaan komponen struktur yang lain.

Pembebanan beban yang ada pada komponen struktur tangga disesuaikan dengan **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83)**. Dan karena komponen struktur tangga merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati [DL] dan beban hidup [LL] dengan menggunakan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan **SNI 03-2847-2002 pasal 11.2.1** yaitu : **1,2 DL + 1,6 LL**.

➤ Pembebanan Pelat Anak Tangga

✳ Beban Pelat Anak Tangga :

- Gambar Denah Perencanaan :



→ posisi pembebanan tangga yang ditinjau.

Gambar 4.53 : Denah lokasi pembebanan tangga.

- **Beban Mati :**

- Berat railing tangga (Asumsi) = 40 kg/m^2
- Berat spesi 2 cm : $2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- Berat keramik 1 cm : $1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2 +$
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]

$$q_{DL} = 106 \text{ kg/m}^2$$

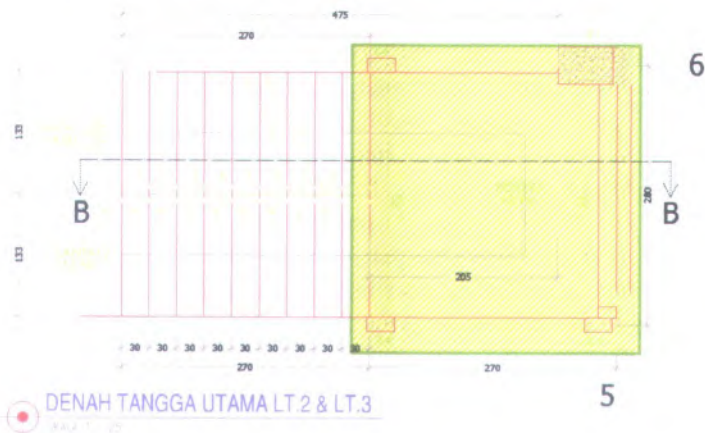
- **Beban Hidup :**

- Berat hidup tangga $q_{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$
↳ [PPIUG'83 tbl. 3.1.]

- **Pembebanan Pelat Bordes**

- ✧ **Beban Pelat Bordes :**

- Gambar Denah Perencanaan :



→ posisi pembebanan tangga yang ditinjau.

Gambar 4.54 : Denah lokasi pembebanan pelat bordes.

- **Beban Mati :**

- Berat spesi 2 cm : 2 x 21 = 42 kg/m²
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
 - Berat keramik 1 cm : 1 x 24 = 24 kg/m² +
↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]
- $$qDL = 66 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban Hidup :**

- Berat hidup tangga qLL = 300 kg/m²
↳ [PPIUG'83 tbl. 3.1.]

4.2.3. Pembebanan Dinding dan Partisi Gypsum.

Komponen struktur dinding dan Partisi Gypsum pada perencanaan struktur direncanakan tidak dimasukkan / dimodelkan dalam permodelan struktur SAP2000 sehingga pembebanan komponen struktur dinding dan Partisi Gypsum harus dibebankan / didistribusikan pada komponen struktur balok dalam permodelan struktur SAP2000 yang berada di atas sisi komponen struktur balok.

Pembebanan / pendistribusian beban komponen struktur dinding dan partisi gypsum ke komponen struktur balok merupakan distribusi beban. Ini dikarenakan beban pada komponen struktur dinding dan partisi gypsum yaitu beban luasan sedangkan beban pada komponen struktur balok yaitu beban merata sehingga beban dinding dan partisi gypsum harus dikonversikan ke beban balok.

Pembebanan beban yang ada pada komponen struktur dinding disesuaikan dengan **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83)**. Maka menurut peraturan tersebut digunakan

berat mati dinding dengan pasangan batu merah setengah batu yaitu sebesar 250 kg/m^2 .

↳ [PPIUG'83 tbl. 2.1.]

Sedangkan untuk partisi gypsum digunakan berat sesuai dengan brosur gypsum yang terlampir dalam Tugas ini yaitu berat sistem Partisi Gypsum sebesar $21,3 \text{ kg/m}^2$.

• **Tinggi dinding tiap lantai :**

- Lantai 1 [H_1] = 4,00 m

- Lantai 2 [H_2] = 3,50 m

- Lantai 3 [H_3] = 3,50 m

- Lantai 4 [H_4] = 3,50 m

• **Perhitungan :**

- B. Merata dinding lt.1 $= (H_{\text{dinding}} - T_{\text{balok}}) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,6$
 $= (4,00 - 0,6) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,6$
 $= 510 \text{ kg/m}$

- B. Merata dinding lt.2 $= (H_{\text{dinding}} - T_{\text{balok}}) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,6$
 $= (3,5 - 0,6) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,6$
 $= 435 \text{ kg/m}$

- B. Merata dinding lt.3 $= (H_{\text{dinding}} - T_{\text{balok}}) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,6$
 $= (3,5 - 0,6) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,6$
 $= 435 \text{ kg/m}$

- B. Merata dinding lt.4 $= (H_{\text{dinding}} - T_{\text{balok}}) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,6$
 $= (3,5 - 0,6) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,6$
 $= 435 \text{ kg}$

- **Tinggi partisi gypsum tiap lantai :**

- Lantai 1 [H₁] = 4,00 m

- Lantai 2 [H₂] = 3,50 m

- Lantai 3 [H₃] = 3,50 m

- Lantai 4 [H₄] = 3,50 m

- **Perhitungan :**

- B. Merata Gypsum lt.1 = $(H_{\text{gypsum}} - T_{\text{balok}}) \times 250 \text{ kg/m}^2$
 $= (4,00 - 0,6) \times 21,3 \text{ kg/m}^2$
 $= 72,4 \text{ kg/m}$

- B. Merata Gypsum lt.2 = $(H_{\text{gypsum}} - T_{\text{balok}}) \times 250 \text{ kg/m}^2$
 $= (3,5 - 0,6) \times 21,3 \text{ kg/m}^2$
 $= 61,8 \text{ kg/m}$

- B. Merata Gypsum lt.3 = $(H_{\text{gypsum}} - T_{\text{balok}}) \times 250 \text{ kg/m}^2$
 $= (3,5 - 0,6) \times 21,3 \text{ kg/m}^2$
 $= 61,8 \text{ kg/m}$

- B. Merata Gypsum lt.4 = $(H_{\text{gypsum}} - T_{\text{balok}}) \times 250 \text{ kg/m}^2$
 $= (3,5 - 0,6) \times 21,3 \text{ kg/m}^2$
 $= 61,8 \text{ kg/m}$

- **CATATAN :**

Pada permodelan SAP 2000, Beban Dinding dan Partisi Gypsum ditambahkan pada balok-balok tertentu, yaitu pada balok-balok yang terkena beban dinding dan partisi gypsum.

4.2.4. Distribusi Beban Ekuivalen Pelat Pada Balok

Komponen struktur pelat pada perencanaan struktur direncanakan tidak dimasukkan / dimodelkan dalam permodelan struktur SAP2000 sehingga pembebanan komponen struktur pelat baik pada pelat lantai atau pelat atap harus dibebankan / didistribusikan pada komponen struktur balok dalam permodelan struktur SAP2000 yang berada di setiap sisi tepi komponen struktur pelat.

Pembebanan / pendistribusian beban komponen struktur pelat ke komponen struktur balok merupakan distribusi beban ekuivalen. Ini dikarenakan beban pada komponen struktur pelat yaitu beban luasan sedangkan beban pada komponen struktur balok yaitu beban merata sehingga beban pelat harus dikonversikan ke beban balok.

Distribusi beban ekuivalen terdapat 2 macam yaitu distribusi beban ekuivalen segitiga dan distribusi beban ekuivalen trapesium.

➤ Data-Data Perencanaan





※ Beban pelat lantai :

• qDL ruang sekolah	: 437	kg/m ²
• qLL ruang sekolah	: 250	kg/m ²
• qDL ruang perpustakaan	: 437	kg/m ²
• qLL ruang perpustakaan	: 400	kg/m ²
• qDL ruang pertemuan	: 437	kg/m ²
• qLL ruang pertemuan	: 400	kg/m ²

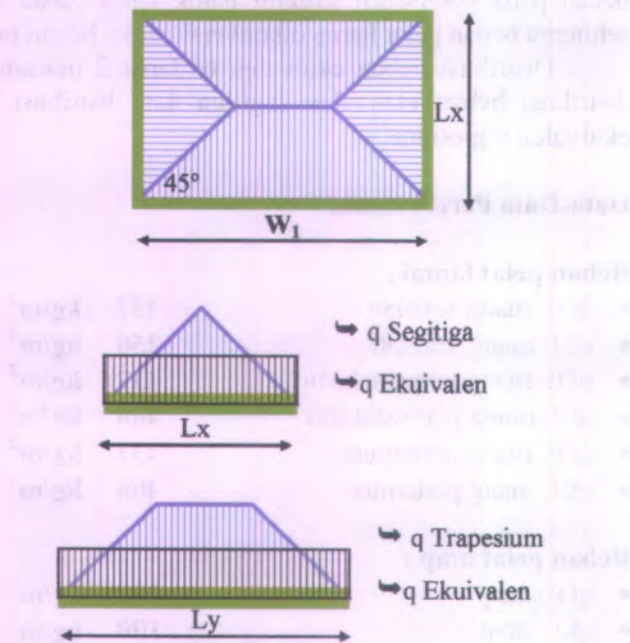
※ Beban pelat atap :

• qDL atap	: 298	kg/m ²
• qLL atap	: 100	kg/m ²

➤ **Ketentuan Perencanaan**

- q_{trap}  Segi Tiga = $\frac{1}{2} \times q \times L_x$
- $q_{\text{ekuivalen}}$  Segi Tiga = $\frac{2}{3} \times q_{\text{trap}} \times L_x$
- q_{trap}  Trapesium = $\frac{1}{2} \times q \times L_x$
- $q_{\text{ekuivalen}}$  Trapesium = $\frac{1}{3} \times q_{\text{trap}} \times \left(3 - \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right)$

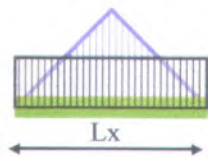
➤ **Gambar Perencanaan**



Gambar 4.55 : Gambar perencanaan pembebanan distribusi beban ekuivalen pelat pada balok.

➤ **Perhitungan Beban Ekuivalen**

✧ **Plat Lantai 2 – Plat Type A**



↳ q Segitiga : Ruang Sekolah
 $q_{DL} = 437 \text{ kg/m}^2$
 $q_{LL} = 250 \text{ kg/m}^2$

↳ q Ekuivalen

$L_x = 3,6 \text{ m}$
 $L_y = 4 \text{ m}$

✧ **Perhitungan Q Trap Segitiga :**

- Qtrap DL = $\frac{1}{2} \times q \text{ pelat (DL)} \times L_x$
 $= \frac{1}{2} \times 437 \text{ kg/m}^2 \times 3,6 \text{ m}$
 $= 787 \text{ kg/m}$

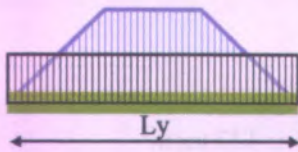
- Qtrap LL = $\frac{1}{2} \times q \text{ pelat (LL)} \times L_x$
 $= \frac{1}{2} \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 3,6 \text{ m}$
 $= 450 \text{ kg/m}$

✧ **Perhitungan Ekuivalen Segitiga :**

- Q ekw DL = $\frac{2}{3} \times Q \text{ trap (DL)}$
 $= \frac{2}{3} \times 787 \text{ kg/m}$
 $= 524 \text{ kg/m}$

- Q ekw LL = $\frac{2}{3} \times Q \text{ trap (LL)}$
 $= \frac{2}{3} \times 450 \text{ kg/m}$
 $= 300 \text{ kg/m}$

※ Plat Lantai 2 – Plat Type A



↳ q Trapesium

↳ q Ekuivalen

: Ruang Sekolah

$$q_{DL} = 437 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{LL} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$L_x = 3,6 \text{ m}$$

$$L_y = 4 \text{ m}$$

※ Perhitungan Q Trap Trapesium :

$$\begin{aligned} - Q_{\text{trap DL}} &= \frac{1}{2} \times q_{\text{pelat (DL)}} \times L_x \\ &= \frac{1}{2} \times 437 \text{ kg/m}^2 \times 3,6 \text{ m} \\ &= 787 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

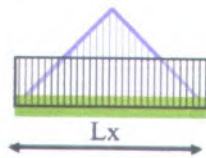
$$\begin{aligned} - Q_{\text{trap LL}} &= \frac{1}{2} \times q_{\text{pelat (LL)}} \times L_x \\ &= \frac{1}{2} \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 3,6 \text{ m} \\ &= 450 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

※ Perhitungan Ekuivalen Trapesium :

$$\begin{aligned} - Q_{\text{ekw DL}} &= \frac{1}{3} \times q_{\text{trap (DL)}} \times \left(3 - \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right) \\ &= \frac{1}{3} \times 787 \times \left(3 - \left(\frac{3,6}{4} \right)^2 \right) \\ &= 568 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - Q_{\text{ekw LL}} &= \frac{1}{3} \times q_{\text{trap (LL)}} \times \left(3 - \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right) \\ &= \frac{1}{3} \times 450 \times \left(3 - \left(\frac{3,6}{4} \right)^2 \right) \\ &= 325 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

✧ Plat Lantai Atap – Plat Type P



↳ q Segitiga : Ruang Sekolah
 $q_{DL} = 298 \text{ kg/m}^2$
 ↳ q Ekuivalen $q_{LL} = 100 \text{ kg/m}^2$
 $L_x = 3,6 \text{ m}$
 $L_y = 4 \text{ m}$

✧ Perhitungan Q Trap Segitiga :

$$\begin{aligned}
 - \text{Qtrap DL} &= \frac{1}{2} \times q \text{ pelat (DL)} \times L_x \\
 &= \frac{1}{2} \times 298 \text{ kg/m}^2 \times 3,6 \text{ m} \\
 &= \mathbf{536 \text{ kg/m}}
 \end{aligned}$$

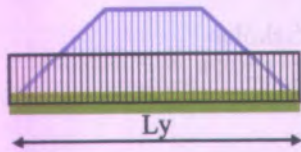
$$\begin{aligned}
 - \text{Qtrap LL} &= \frac{1}{2} \times q \text{ pelat (LL)} \times L_x \\
 &= \frac{1}{2} \times 100 \text{ kg/m}^2 \times 3,6 \text{ m} \\
 &= \mathbf{180 \text{ kg/m}}
 \end{aligned}$$

✧ Perhitungan Ekuivalen Segitiga :

$$\begin{aligned}
 - \text{Q ekw DL} &= \frac{2}{3} \times \text{Q trap (DL)} \\
 &= \frac{2}{3} \times 536 \text{ kg/m} \\
 &= \mathbf{358 \text{ kg/m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Q ekw LL} &= \frac{2}{3} \times \text{Q trap (LL)} \\
 &= \frac{2}{3} \times 180 \text{ kg/m} \\
 &= \mathbf{120 \text{ kg/m}}
 \end{aligned}$$

※ Plat Lantai Atap – Plat Type P



↳ q Trapesium

↳ q Ekuivalen

: Ruang Sekolah
 $q_{DL} = 298 \text{ kg/m}^2$
 $q_{LL} = 100 \text{ kg/m}^2$

$L_x = 3,6 \text{ m}$

$L_y = 4 \text{ m}$

※ Perhitungan Q Trap Trapesium :

$$\begin{aligned} - Q_{\text{trap DL}} &= \frac{1}{2} \times q_{\text{pelat (DL)}} \times L_x \\ &= \frac{1}{2} \times 298 \text{ kg/m}^2 \times 3,6 \text{ m} \\ &= 536 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - Q_{\text{trap LL}} &= \frac{1}{2} \times q_{\text{pelat (LL)}} \times L_x \\ &= \frac{1}{2} \times 100 \text{ kg/m}^2 \times 3,6 \text{ m} \\ &= 180 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

※ Perhitungan Ekuivalen Trapesium :

$$\begin{aligned} - Q_{\text{ekw DL}} &= \frac{1}{3} \times q_{\text{trap (DL)}} \times \left(3 - \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right) \\ &= \frac{1}{3} \times 536 \times \left(3 - \left(\frac{3,6}{4} \right)^2 \right) \\ &= 388 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - Q_{\text{ekw LL}} &= \frac{1}{3} \times q_{\text{trap (LL)}} \times \left(3 - \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right) \\ &= \frac{1}{3} \times 180 \times \left(3 - \left(\frac{3,6}{4} \right)^2 \right) \\ &= 130 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

PERHITUNGAN DISTRIBUSI BEBAN PADA PELAT DENGAN METODE EKVIVALEN PELAT

PELAT LANTAI 2

* Ruang Sekolah

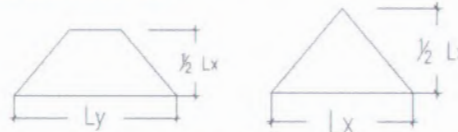
Q dl = 437 kg/m²

Q ll = 250 kg/m²

* Ruang Perpustakaan (A'')

Q dl = 437 kg/m²

Q ll = 400 kg/m²



NO.	TYPE PLAT	Lx	Ly	PERHITUNGAN Q Trap	PERHITUNGAN Q Trap	PERHITUNGAN EKVIVALEN	PERHITUNGAN EKVIVALEN
				TRAPESIUM	SEGITIGA	TRAPESIUM	SEGITIGA
				$Q_{trap} = q \text{ Pelat} \times 1/2 Lx$	$Q_{trap} = q \text{ Pelat} \times 1/2 Lx$	$Q_{ekw} = 1/3 \times Q_{trap} \times (3 - (Lx/Ly)^2)$	$Q_{ekw} = 2/3 \times Q_{trap}$
1.	TYPE A	3,6	4	Q trap DL = 786,6 kg/m Q trap LL = 450 kg/m	Q trap DL = 786,6 kg/m Q trap LL = 450 kg/m	Q ekw DL = 568,5 kg/m Q ekw LL = 325,2 kg/m	Q ekw DL = 524,4 kg/m Q ekw LL = 300 kg/m
2.	TYPE B	2,8	3,6	Q trap DL = 611,8 kg/m Q trap LL = 350 kg/m	Q trap DL = 611,8 kg/m Q trap LL = 350 kg/m	Q ekw DL = 483,5 kg/m Q ekw LL = 276,6 kg/m	Q ekw DL = 407,9 kg/m Q ekw LL = 233,3 kg/m
3.	TYPE C	3	4,4	Q trap DL = 655,5 kg/m Q trap LL = 375 kg/m	Q trap DL = 655,5 kg/m Q trap LL = 375 kg/m	Q ekw DL = 548,4 kg/m Q ekw LL = 313,7 kg/m	Q ekw DL = 437 kg/m Q ekw LL = 250 kg/m
4.	TYPE D	2,8	3	Q trap DL = 611,8 kg/m Q trap LL = 350 kg/m	Q trap DL = 611,8 kg/m Q trap LL = 350 kg/m	Q ekw DL = 429,8 kg/m Q ekw LL = 245,9 kg/m	Q ekw DL = 407,9 kg/m Q ekw LL = 233,3 kg/m
5.	TYPE E	4,4	5	Q trap DL = 961,4 kg/m Q trap LL = 550 kg/m	Q trap DL = 961,4 kg/m Q trap LL = 550 kg/m	Q ekw DL = 706,1 kg/m Q ekw LL = 403,9 kg/m	Q ekw DL = 640,9 kg/m Q ekw LL = 366,7 kg/m
6.	TYPE W	1	2,8	Q trap DL = 218,5 kg/m Q trap LL = 125 kg/m	Q trap DL = 218,5 kg/m Q trap LL = 125 kg/m	Q ekw DL = 207,1 kg/m Q ekw LL = 118,5 kg/m	Q ekw DL = 145,7 kg/m Q ekw LL = 83,33 kg/m
7.	TYPE A''	3,6	4	Q trap DL = 786,6 kg/m Q trap LL = 720 kg/m	Q trap DL = 786,6 kg/m Q trap LL = 720 kg/m	Q ekw DL = 568,5 kg/m Q ekw LL = 520,3 kg/m	Q ekw DL = 524,4 kg/m Q ekw LL = 480 kg/m

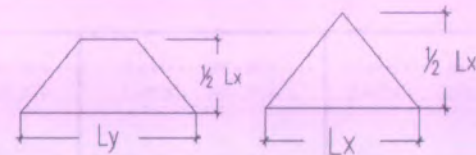
Tabel 4.2 : Perhitungan beban ekuivalen pelat lantai.

PERHITUNGAN DISTRIBUSI BEBAN PADA PELAT DENGAN METODE EKVIVALEN PELAT

(PELAT LANTAI ATAP)

$Q_{dl} = 298 \text{ kg/m}^2$

$Q_{ll} = 100 \text{ kg/m}^2$



NO.	TYPE PLAT	Lx	Ly	PERHITUNGAN Q Trap TRAPESIUM	PERHITUNGAN Q Trap SEGITIGA	PERHITUNGAN EKVIVALEN TRAPESIUM	PERHITUNGAN EKVIVALEN SEGITIGA
				$Q_{trap} = q \text{ Pelat} \times 1/2 Lx$	$Q_{trap} = q \text{ Pelat} \times 1/2 Lx$	$Q_{ekw} = 1/3 \times Q_{trap} \times (3 - (Lx/Ly)^2)$	$Q_{ekw} = 2/3 \times Q_{trap}$
1.	TYPE P	3,6	4	Q trap DL = 536,4 kg/m Q trap LL = 180 kg/m	Q trap DL = 536,4 kg/m Q trap LL = 180 kg/m	Q ekw DL = 387,7 kg/m Q ekw LL = 130,1 kg/m	Q ekw DL = 357,6 kg/m Q ekw LL = 120 kg/m
2.	TYPE Q	2,8	3,6	Q trap DL = 417,2 kg/m Q trap LL = 140 kg/m	Q trap DL = 417,2 kg/m Q trap LL = 140 kg/m	Q ekw DL = 329,7 kg/m Q ekw LL = 110,7 kg/m	Q ekw DL = 278,1 kg/m Q ekw LL = 93,33 kg/m
3.	TYPE R	1,4	3,5	Q trap DL = 208,6 kg/m Q trap LL = 70 kg/m	Q trap DL = 208,6 kg/m Q trap LL = 70 kg/m	Q ekw DL = 195,5 kg/m Q ekw LL = 65,6 kg/m	Q ekw DL = 139,1 kg/m Q ekw LL = 46,67 kg/m
4.	TYPE Z	1	2,8	Q trap DL = 149 kg/m Q trap LL = 50 kg/m	Q trap DL = 149 kg/m Q trap LL = 50 kg/m	Q ekw DL = 141,2 kg/m Q ekw LL = 47,4 kg/m	Q ekw DL = 99,33 kg/m Q ekw LL = 33,33 kg/m

Tabel 4.3 : Perhitungan beban ekuivalen pelat atap.

Beban ekuivalen pelat dibebankan / didistribusikan pada frame balok pada permodelan struktur SAP2000 baik pada sisi frame balok sebelah kiri akibat beban ekuivalen pelat sebelah kiri dan sisi frame balok sebelah kanan akibat beban ekuivalen pelat sebelah kanan. Berikut ditunjukkan pembebanan dari beban ekuivalen pelat ke balok.

4.2.5. Pembebanan Gempa

Struktur Gedung SD Muhammadiyah 26 yang terletak di Surabaya ini terletak pada zona gempa 2 akan tetapi pada perencanaannya, struktur gedung ini akan direncanakan pada zona gempa 3 sehingga pada proyek akhir ini direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.

Adapun ketentuan yang digunakan dalam perencanaan pembebanan beban gempa disesuaikan dengan **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung [SNI 03-1726-2002]**.

Struktur gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya termasuk dalam struktur gedung beraturan yang mana memenuhi ketentuan dalam **SNI 03-1726-2002 pasal 4.2.1.** sehingga direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut berupa beban nominal statik ekuivalen F_i atau dengan cara Beban Statik Ekuivalen (BSE).

• **Tinggi Bangunan :**

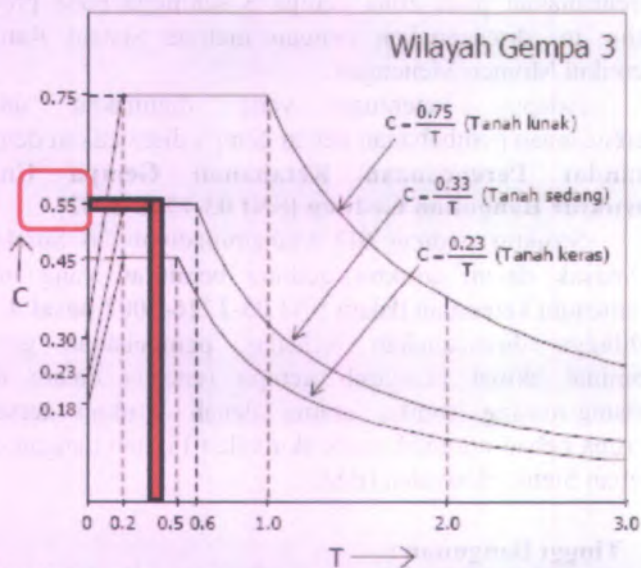
- H_0	=	0,00 m
- H_1	=	4,00 m
- H_2	=	7,50 m
- H_3	=	11,00 m
- H_4	=	14,50 m

- Waktu Getar Struktur [T] :

$$\begin{aligned}
 - H_{TOT} &= 14,50 \text{ m} \\
 - T &= 0,06 \times H_{TOT}^{3/4} \\
 &= 0,06 \times 14,50^{3/4} = 0,45
 \end{aligned}$$

- Faktor Respons Gempa [C] :

$$\begin{aligned}
 - \text{Wilayah gempa} &= 3 \\
 - \text{Kondisi tanah} &= \text{Tanah Sedang} \\
 - T &= 0,45
 \end{aligned}$$



Grafik 4.1 : Respons spektrum gempa rencana wilayah gempa 3.

- Maka didapatkan faktor respons gempa [C] = 0,55

• **Faktor Keutamaan [I] :**

Tabel 4.4 : Faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan.

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

- Maka didapatkan faktor keutamaan [I] = 1,0

• **Faktor Reduksi Gempa [R] :**

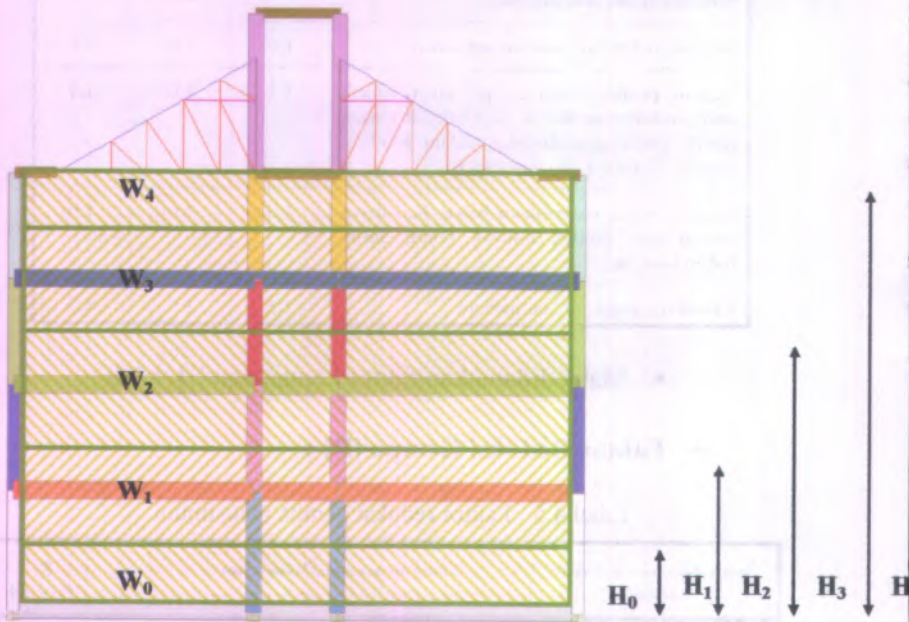
Tabel 4.5 : Faktor reduksi gempa maksimum.

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_m	R_m Pers. (6)	f Pers. (39)
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a. Baja	2,7	4,5	2,8
	b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8

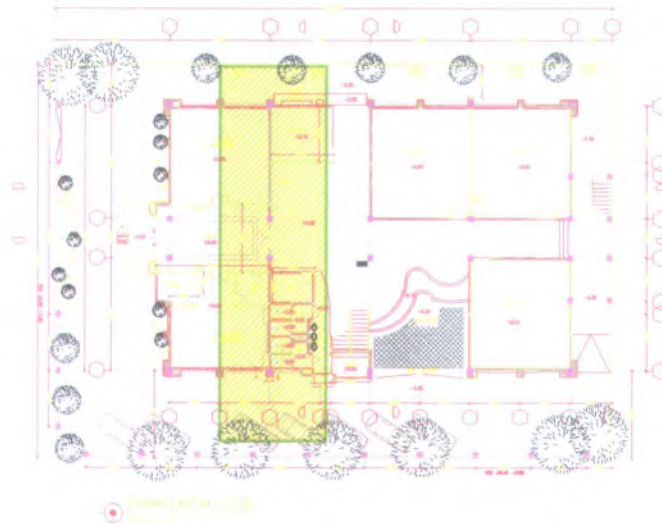
- Maka didapatkan faktor reduksi gempa [R] = 5,5

- **Berat Bangunan [W] :**

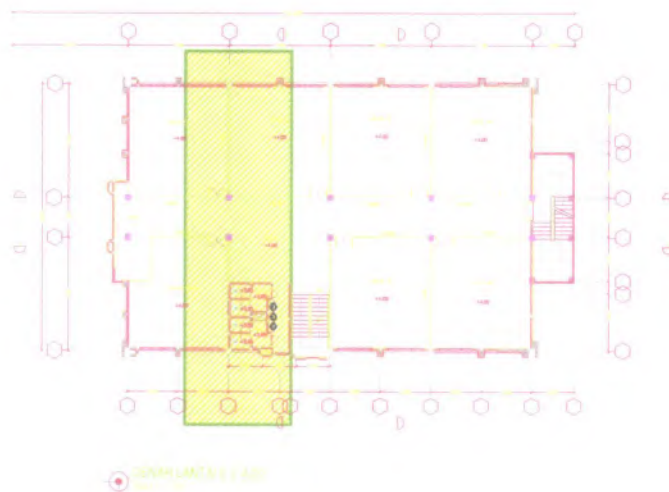
Perhitungan berat bangunan dilakukan setiap tingkat lantai bangunan. Adapun batasan dari penentuan daerah luasan berat bangunan adalah pada tengah dari daerah atau luasan antara 2 join balok kolom.



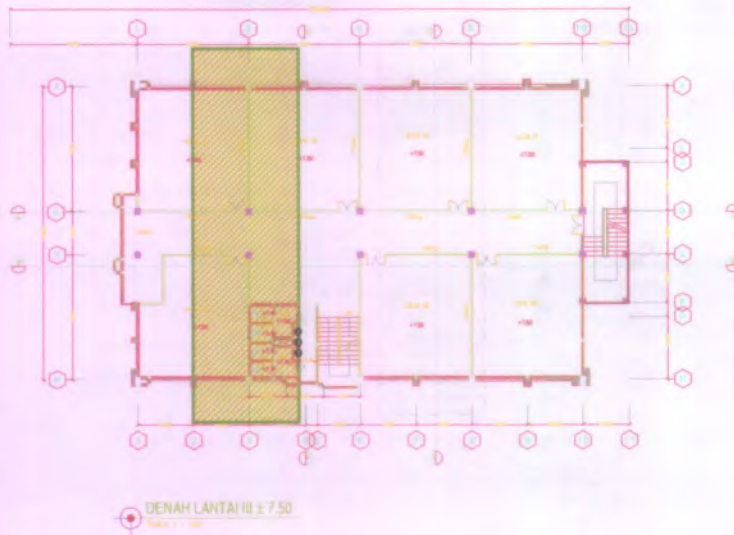
Gambar 4.56 : Luasan berat bangunan setiap tingkat pada portal.



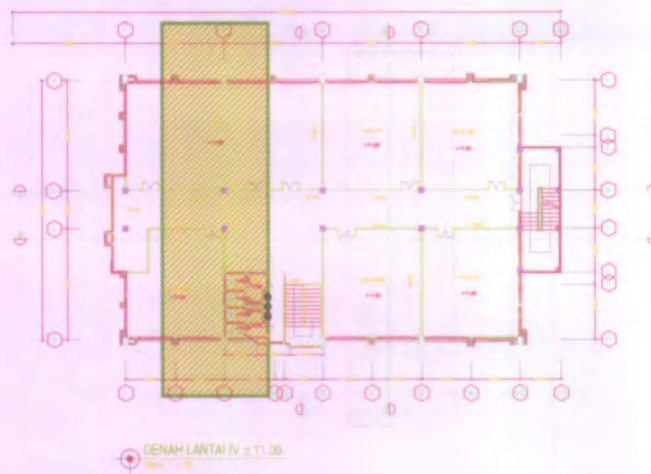
Gambar 4.57 : Denah posisi pembebanan gempa lantai 1 [+0.00]



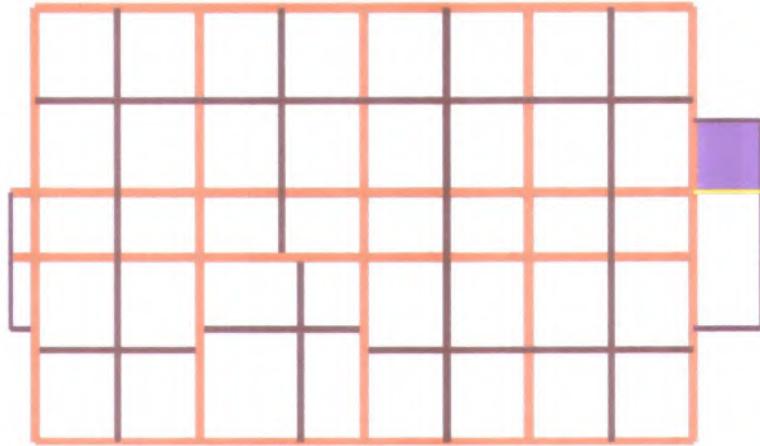
Gambar 4.58 : Denah posisi pembebanan gempa lantai 2 [+4.00].



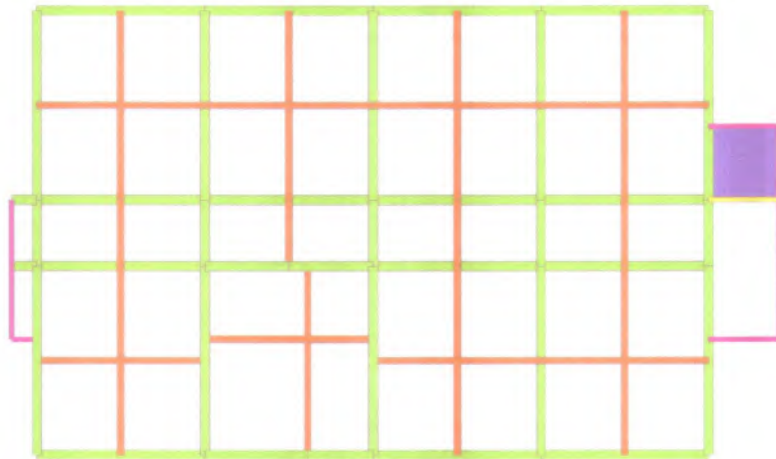
Gambar 4.59 : Denah posisi pembebanan gempa lantai 3 [+7.50].



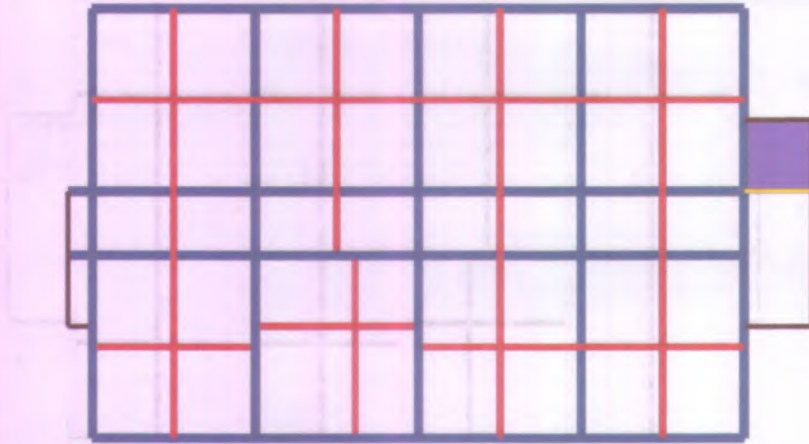
Gambar 4.60 : Denah posisi pembebanan gempa lantai 4 [+11.00].



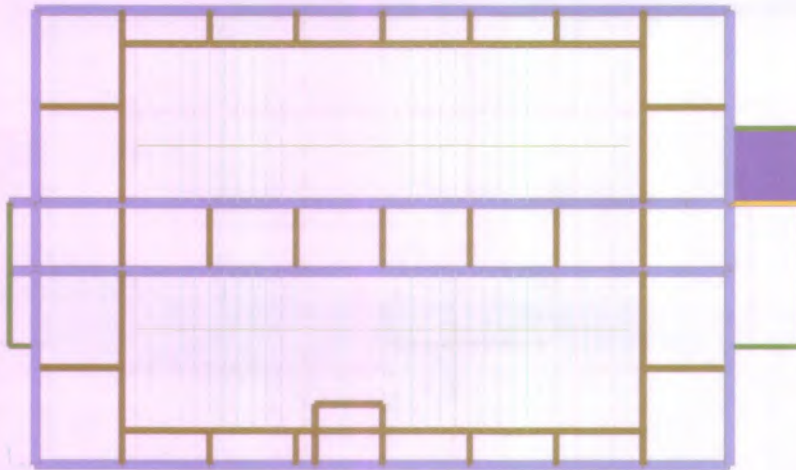
Gambar 4.61: Denah pembalokan lantai 2 [+4.00]



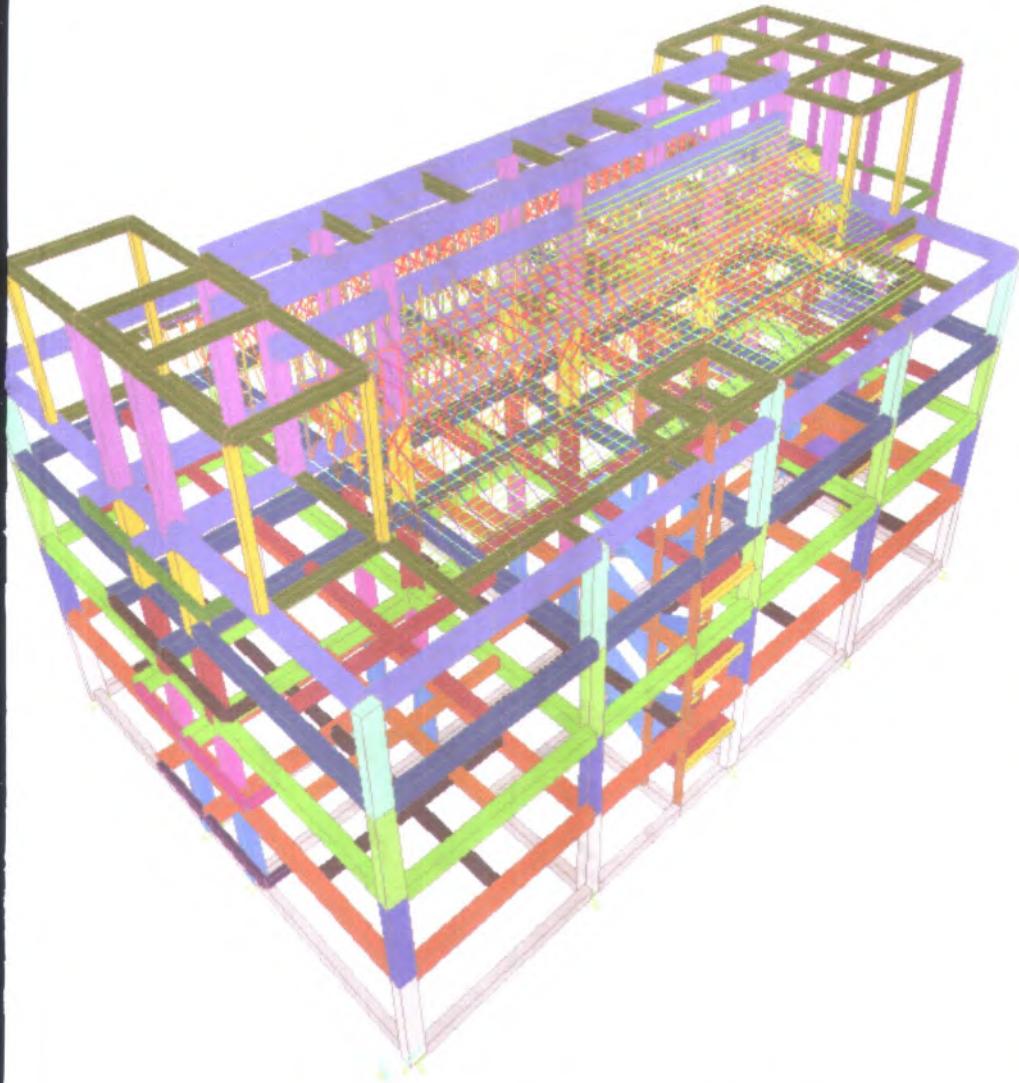
Gambar 4.62 : Denah pembalokan lantai 3 [+7.50]



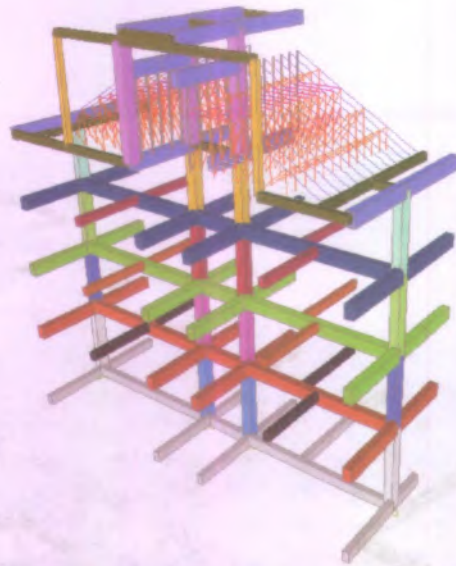
Gambar 4.63 : Denah pembalokan lantai 4 [+11.00]



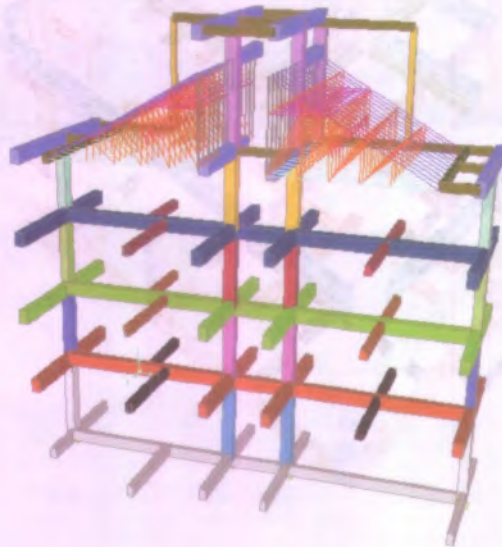
Gambar 4.64 : Denah pembalokan lantai atap [+14.50]



Gambar 4.65 : Permodelan 3D gedung dalam SAP 2000



Gambar 4.66 : Permodelan 3D portal yang ditinjau pada pembebanan gempa (samping kanan).



Gambar 4.67 : Permodelan 3D portal yang ditinjau pada pembebanan gempa (depan)

Tabel 4.6 : Perhitungan berat bangunan portal As 3.

W_0

Uraian	Tinggi	Panjang	Lebar	Koef.	Fak. Reduksi & Banyak Item	Total	
→ Beban spesi (beton rabat)	= 0,02 m	x 18,80 m	x 7,20 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90	= 5847,6 kg	
→ Beban keramik lantai	= 0,04 m	x 18,80 m	x 7,20 m	x 2100 kg/m ³	x 0,90	= 2558,3 kg	
→ Beban dinding (arah Sb. X)	= 2,00 m	x 34,00 m		250 kg/m ²	x 0,60	= 10200 kg	
→ Beban dinding (arah Sb. Y)	= 2,00 m	x 29,10 m		250 kg/m ²	x 0,60	= 8730 kg	
→ Beban Partisi (arah Sb.X)	= 2,00 m	x 2,50 m		21,3 kg/m ²	x 0,60	= 63,9 kg	
→ Beban Partisi (arah Sb.Y)	= 2,00 m	x 14,40 m		21,3 kg/m ²	x 0,60	= 368,06 kg	
→ Kolom (K1) 40 x 60	= 2,00 m	x 0,60 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90	2	= 2073,6 kg
→ Kolom (K2) 50 x 50	= 2,00 m	x 0,50 m	x 0,50 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90	2	= 2160 kg
→ Sloof (30 x 50) - Sumbu X	= 0,50 m	x 26,60 m	x 0,30 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90		= 8618,4 kg
→ Sloof (30 x 50) - Sumbu Y	= 0,50 m	x 43,20 m	x 0,30 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90		= 13397 kg
TOTAL						= 54617 kg	

W₁

Uraian	Tinggi	Panjang	Lebar	Koef.	Fak. Reduksi & Banyak Item	Total
→ Beban Hidup Lantai 2 (Ruang Kelas)	=	10,80 m	x 7,20 m	x 250 kg/m ²	x 0,50	= 9720 kg
→ Beban Hidup Lantai 2 (Ruang Kelas)	=	8,00 m	x 3,60 m	x 400 kg/m ²	x 0,50	= 5760 kg
→ Beban Hidup Lantai 2 (Ruang Perpustakaan)	=	8,00 m	x 3,60 m	x 400 kg/m ²	x 0,80	= 9216 kg
→ Beban Mati Pelat Lantai 2	=	0,12 m	x 18,80 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90	= 35088 kg
→ Beban Spesi Lantai	=	0,02 m	x 18,80 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90	= 5847,6 kg
→ Beban Keramik Lantai	=	0,01 m	x 18,80 m	x 2100 kg/m ³	x 0,90	= 2558,3 kg
→ Beban Plafond + Penggantung	=	18,80 m	x 7,20 m	x 18 kg/m ²	x 0,90	= 2192,8 kg
→ Kolom (K1) 40 x 60	=	3,75 m	x 0,60 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 2	= 3888 kg
→ Kolom (K2) 50 x 50	=	3,75 m	x 0,50 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 2	= 4050 kg
→ Balok 40/60 - Melintang (Arah Sb.X)	=	0,60 m	x 18,80 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 1	= 9745,9 kg
→ Balok 40/60 - Memanjang (Arah Sb.Y)	=	0,60 m	x 7,20 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 4	= 14930 kg
→ Balok 30/40 - Melintang (Arah Sb.X)	=	0,40 m	x 14,80 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90	= 3836,2 kg
→ Balok 30/40 - Memanjang (Arah Sb.Y)	=	0,40 m	x 7,20 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 2	= 3732,5 kg
→ Beban dinding (arah Sb. X)- Tinggi 2m	=	2,00 m	x 34,00 m	x 250 kg/m ²	x 0,60	= 10200 kg
→ Beban dinding (arah Sb. X)- Tinggi 1,75m	=	1,75 m	x 17,00 m	x 250 kg/m ²	x 0,60	= 4462,5 kg
→ Beban dinding (arah Sb. Y) - Tinggi 2m	=	2,00 m	x 29,10 m	x 250 kg/m ²	x 0,60	= 8730 kg
→ Beban dinding (arah Sb. Y) - Tinggi 1,75m	=	1,75 m	x 22,80 m	x 250 kg/m ²	x 0,60	= 5985 kg
→ Beban Partisi (arah Sb.X) - Tinggi 2m	=	2,00 m	x 2,50 m	x 21,3 kg/m ²	x 0,60	= 63,9 kg
→ Beban Partisi (arah Sb.X) - Tinggi 1,75m	=	1,75 m	x 10,90 m	x 21,3 kg/m ²	x 0,60	= 243,78 kg
→ Beban Partisi (arah Sb.Y) - Tinggi 2m	=	2,00 m	x 14,40 m	x 21,3 kg/m ²	x 0,60	= 368,06 kg
→ Beban Partisi (arah Sb.Y) - Tinggi 1,75m	=	1,75 m	x 10,60 m	x 21,3 kg/m ²	x 0,60	= 237,07 kg
TOTAL						= 140863 kg

W₂

Uraian	Tinggi	Panjang	Lebar	Koef.	Fak. Reduksi & Banyak Item	Total
→ Beban Hidup Lantai 3 (Ruang Kelas)	=	18,80 m	x	7,20 m	x 250 kg/m ² x 0,60	= 16920 kg
→ Beban Mati Pelat Lantai 3	=	0,12 m	x 18,80 m	x 7,20 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90	= 35085 kg
→ Beban Spesi Lantai	=	0,02 m	x 18,80 m	x 7,20 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90	= 6847,6 kg
→ Beban Keramik Lantai	=	0,01 m	x 18,80 m	x 7,20 m	x 2100 kg/m ³ x 0,90	= 2568,3 kg
→ Beban Plafond + Penggantung	=	18,80 m	x 7,20 m	x 18 kg/m ² x 0,90	= 2192,8 kg	
→ Kolom (K1) 40 x 60	=	3,60 m	x 0,60 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 2	= 3628,8 kg
→ Kolom (K2) 50 x 50	=	3,60 m	x 0,50 m	x 0,60 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 2	= 3780 kg
→ Balok 40/60 -Melintang (Arah Sb.X)	=	0,60 m	x 18,80 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 1	= 9745,9 kg
→ Balok 40/60 - Memanjang (Arah Sb.Y)	=	0,60 m	x 7,20 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 4	= 14930 kg
→ Balok 30/40 - Melintang (Arah Sb.X)	=	0,40 m	x 14,80 m	x 0,30 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90	= 3836,2 kg
→ Balok 30/40 - Memanjang (Arah Sb.Y)	=	0,40 m	x 7,20 m	x 0,30 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 2	= 3732,5 kg
→ Beban dinding (arah Sb. X)	=	3,60 m	x 17,00 m	x	250 kg/m ² x 0,60	= 8925 kg
→ Beban dinding (arah Sb. Y)	=	3,60 m	x 22,80 m	x	250 kg/m ² x 0,60	= 11970 kg
→ Beban Partisi (arah Sb. X)	=	3,60 m	x 10,90 m	x	21,3 kg/m ² x 0,60	= 487,56 kg
→ Beban Partisi (arah Sb.Y)	=	3,60 m	x 10,60 m	x	21,3 kg/m ² x 0,60	= 474,14 kg
TOTAL						= 124114 kg

Uraian	Tinggi	Panjang	Lebar	Koef.	Fak. Reduksi & Banyak Item	Total
→ Beban Hidup Lantai 4 (Ruang Kelas)	=	10,80 m	x 7,20 m	x 250 kg/m ²	x 0,60	= 9720 kg
→ Beban Hidup Lantai 4 (Ruang Aula)	=	8,00 m	x 7,20 m	x 400 kg/m ²	x 0,60	= 11620 kg
→ Beban Mati Pelat Lantai 4	=	0,12 m x 18,80 m	x 7,20 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90	= 35085 kg
→ Beban Spesi Lantai	=	0,02 m x 18,80 m	x 7,20 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90	= 5847,6 kg
→ Beban Keramik Lantai	=	0,01 m x 18,80 m	x 7,20 m	x 2100 kg/m ³	x 0,90	= 2658,3 kg
→ Beban Plafond + Penggantung	=	18,80 m	x 7,20 m	x 18 kg/m ²	x 0,90	= 2192,8 kg
→ Kolom (K1) 40 x 60	=	3,50 m x 0,60 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 2	= 3628,8 kg
→ Kolom (K2) 50 x 50	=	3,50 m x 0,60 m	x 0,60 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 2	= 3780 kg
→ Balok 40/60 -Melintang (Arah Sb.X)	=	0,60 m x 18,80 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 1	= 9745,9 kg
→ Balok 40/60 - Memanjang (Arah Sb.Y)	=	0,60 m x 7,20 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 4	= 14930 kg
→ Balok 30/40 - Melintang (Arah Sb.X)	=	0,40 m x 14,80 m	x 0,30 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90	= 3836,2 kg
→ Balok 30/40 - Memanjang (Arah Sb.Y)	=	0,40 m x 7,20 m	x 0,30 m	x 2400 kg/m ³	x 0,90 2	= 3732,5 kg
→ Beban dinding (arah Sb. X)	=	3,50 m x 17,00 m	x	250 kg/m ²	x 0,60	= 8925 kg
→ Beban dinding (arah Sb. Y)	=	3,50 m x 22,80 m	x	250 kg/m ²	x 0,60	= 11970 kg
→ Beban Partisi (arah Sb.X)	=	3,50 m x 10,90 m	x	21,3 kg/m ²	x 0,60	= 487,56 kg
→ Beban Partisi (arah Sb.Y)	=	3,50 m x 10,60 m	x	21,3 kg/m ²	x 0,60	= 474,14 kg

TOTAL = 128434 kg

Uraian	Tinggi	Panjang	Lebar	Keof.	Fak. Reduksi & Banyak Item	Total
→ Beban Hidup Lantai Atap	=	7,20 m	x	1,40 m	x 100 kg/m ² x 0,80 2	= 1612,8 kg
→ Beban Hidup Lantai Atap	=	7,20 m	x	2,80 m	x 100 kg/m ² x 0,80	= 1612,8 kg
→ Beban Mati Pelat Lantai Atap	=	0,10 m	x 7,20 m	x 1,40 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 2	= 4354,6 kg
→ Beban Mati Pelat Lantai Atap	=	0,10 m	x 7,20 m	x 2,80 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90	= 4354,6 kg
→ Beban Spesi Lantai	=	0,02 m	x 7,20 m	x 1,40 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 2	= 870,91 kg
→ Beban Spesi Lantai	=	0,02 m	x 7,20 m	x 2,80 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90	= 870,91 kg
→ Beban Plafond + Penggantung	=	18,80 m	x	7,20 m	x 18 kg/m ² x 0,90	= 2192,8 kg
→ Kolom (K1) 40 x 60	=	1,76 m	x 0,60 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 2	= 1814,4 kg
→ Kolom (K2) 50 x 50 - Tinggi 1,75 m	=	1,76 m	x 0,60 m	x 0,60 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 2	= 1890 kg
→ Kolom (K2) 50 x 50 - Tinggi 5,3 m	=	6,30 m	x 0,60 m	x 0,60 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 2	= 6724 kg
→ Kolom (K3) 30 x 30	=	6,00 m	x 0,30 m	x 0,30 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 1	= 972 kg
→ Kolom Atap 25 x 25	=	6,00 m	x 0,25 m	x 0,25 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 1	= 676 kg
→ Balok 40/60 -Melintang (Arah Sb.X)	=	0,60 m	x 0,00 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 1	= 0 kg
→ Balok 40/60 - Memanjang (Arah Sb.Y)	=	0,60 m	x 7,20 m	x 0,40 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 8	= 29860 kg
→ Balok 25/35 - Melintang (Arah Sb.X)	=	0,36 m	x 23,40 m	x 0,26 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90	= 4422,6 kg
→ Balok 25/35 - Memanjang (Arah Sb.Y)	=	0,36 m	x 7,20 m	x 0,26 m	x 2400 kg/m ³ x 0,90 2	= 2721,6 kg
→ Beban Penutup Atap	=	8,00 m	x	7,20 m	x 50 kg/m ² x 0,90 2	= 5184 kg
→ Beban dinding (arah Sb. X) - Tinggi 1,75m	=	1,76 m	x 17,00 m	x	250 kg/m ² x 0,60	= 4462,5 kg
→ Beban dinding (arah Sb. X) - Tinggi 5m	=	6,00 m	x 4,00 m	x	250 kg/m ² x 0,60	= 3000 kg
→ Beban dinding (arah Sb. Y) - Tinggi 1,75m	=	1,76 m	x 22,80 m	x	250 kg/m ² x 0,60	= 5986 kg
→ Beban dinding (arah Sb. Y) - Tinggi 3,8m	=	3,80 m	x 14,40 m	x	250 kg/m ² x 0,60	= 8208 kg
→ Beban Partisi (arah Sb.X) - Tinggi 1,75m	=	1,76 m	x 10,90 m	x	21,3 kg/m ² x 0,60	= 243,78 kg
→ Beban Partisi (arah Sb.Y) - Tinggi 1,75m	=	1,76 m	x 10,80 m	x	21,3 kg/m ² x 0,60	= 237,07 kg
TOTAL						= 91269 kg

Tabel 4.7 : Rekapitulasi berat bangunan, tinggi bangunan dan perkalian berat tinggi bangunan.

NO	W	H	W x H
0	54.616,60	0,00	00000,00
1	140.853,00	4,00	563.411,00
2	124.114,00	7,50	930.855,00
3	128.434,00	11,00	1.412.774,00
4	91.269,00	14,50	1.323.403,00
TOT	539.287,60	37,00	4.230.443,00

• **Beban Geser Dasar Nominal Statik Ekuivalen [V] :**

Merupakan nilai beban geser dasar nominal statik kuivalen V yang terjadi di tingkat dasar.

$$\begin{aligned}
 - R &= 5,5 \\
 - C &= 0,55 \\
 - I &= 1,0 \\
 - W_{TOT} &= 539.287,60 \text{ kg} \\
 V &= \frac{C \times I}{R} \times W_{TOT} \\
 &= \frac{0,55 \times 1,0}{5,5} \times 539.287,60 \\
 &= 53.928,76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

• **Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen [Fi] :**

Merupakan beban gempa nominal statik ekuivalen Fi dari pembagian beban geser dasar nominal statik kuivalen V secara rata terpusat pada join balok kolom sepanjang lantai tingkat bangunan sesuai tinggi join balok kolom dari dasar perletakan.

$$F_i = \frac{W_i \times h_i}{\Sigma(W_i \times h_i)} \times V$$

$$F_0 = \frac{0}{4.230.443} \times 53.928,76$$

$$= \mathbf{0,00 \text{ kg}}$$

$$F_1 = \frac{563.411}{4.230.443} \times 53.928,76$$

$$= \mathbf{7.182 \text{ kg}}$$

$$F_2 = \frac{930.855}{4.230.443} \times 53.928,76$$

$$= \mathbf{11.866 \text{ kg}}$$

$$F_3 = \frac{1.412.774}{4.230.443} \times 53.928,76$$

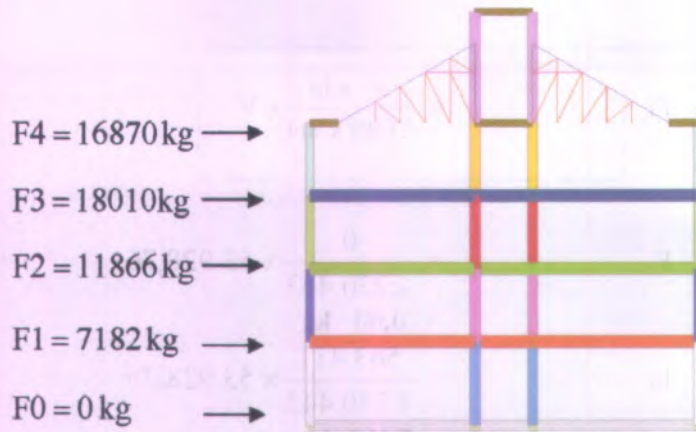
$$= \mathbf{18.010 \text{ kg}}$$

$$F_4 = \frac{1.323.403}{4.230.443} \times 53.928,76$$

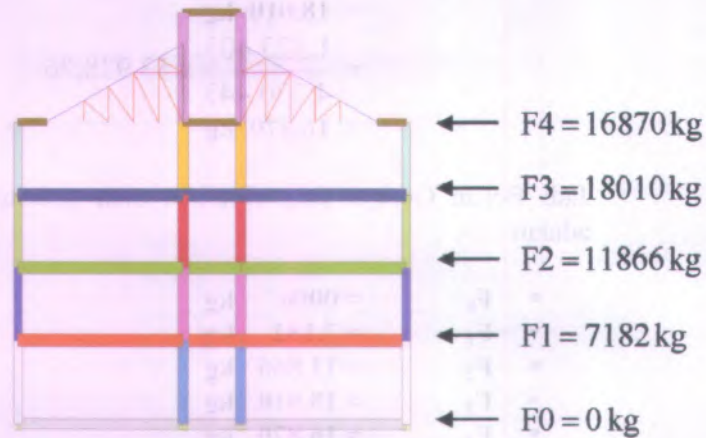
$$= \mathbf{16.870 \text{ kg}}$$

Jadi Beban Gempa yang diterima oleh gedung tersebut adalah :

- $F_0 = 0000 \text{ kg}$
- $F_1 = 7.182 \text{ kg}$
- $F_2 = 11.866 \text{ kg}$
- $F_3 = 18.010 \text{ kg}$
- $F_4 = 16.870 \text{ kg}$



Gambar 4.68 : Distribusi beban gempa arah Y positif pada joint balok-kolom.



Gambar 4.69 : Distribusi beban gempa arah Y negatif pada joint balok-kolom.

4.3. ANALISA STRUKTUR

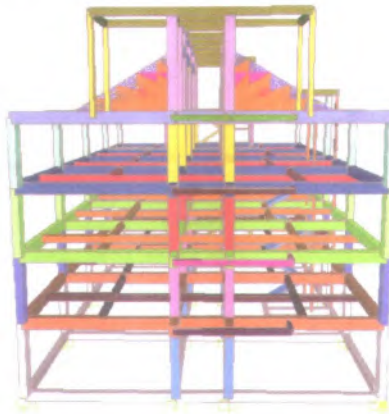
4.3.1. Permodelan Struktur

Dalam analisa struktur pada perencanaan struktur gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya menggunakan program bantu analisa struktur SAP2000 versi 10.

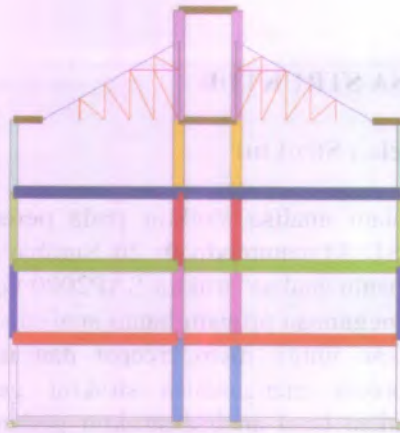
Penggunaan program bantu analisa struktur SAP2000 dikarenakan untuk mempercepat dan mempermudah dalam proses menganalisa struktur gedung. Sehingga mendapatkan hasil analisa struktur gedung dan kemudian dilanjutkan dalam proses perhitungan selanjutnya.

Dimana komponen struktur dari gedung ada yang dimodelkan seperti balok, kolom, sloof, atap dan tangga serta ada yang tidak dimodelkan seperti pelat. Pada program SAP2000 diasumsikan menggunakan perletakan jepit pada dasar perletakan permodelan struktur gedung.

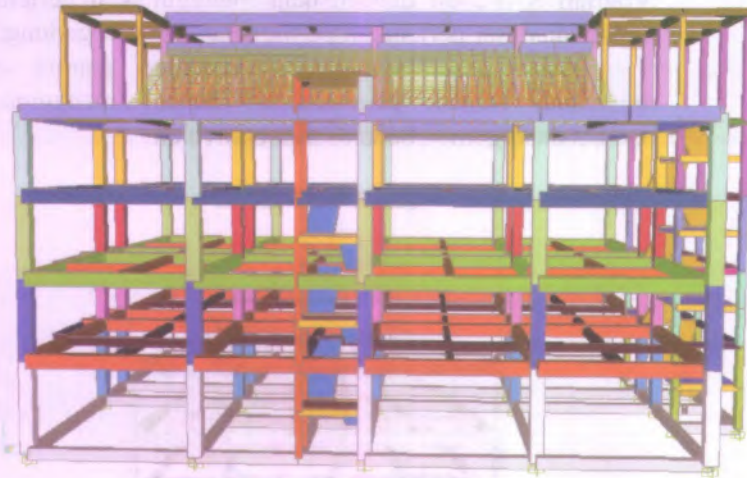
Dan untuk perencanaan terhadap gempa akan digunakan analisa pembebanan dengan menggunakan pembebanan gempa beban statik ekuivalen.



Gambar 4.70 : Permodelan 3D tampak depan.



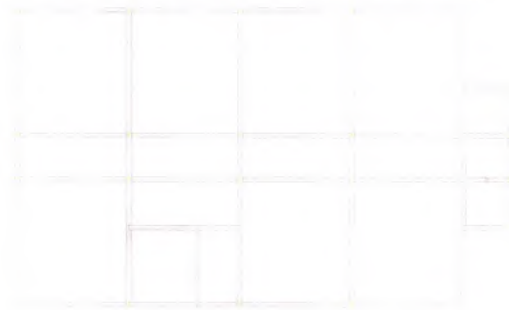
Gambar 4.71 : Permodelan 2D portal melintang.



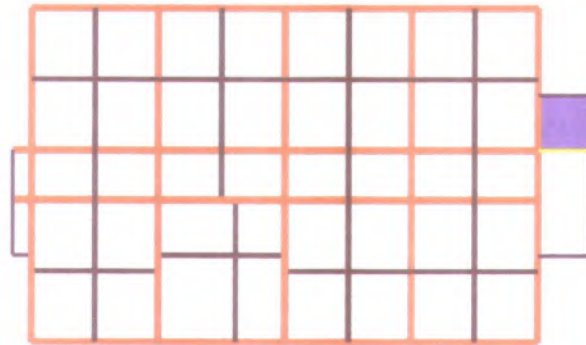
Gambar 4.72 : Permodelan 3D tampak samping.



Gambar 4.73 : Permodelan 2D portal memanjang



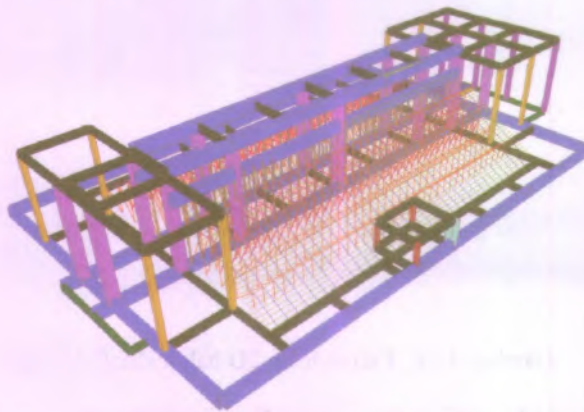
Gambar 4.74 : Permodelan 2D balok sloof.



Gambar 4.75 : Permodelan 2D balok lantai 2, 3, dan 4



Gambar 4.76 : Permodelan 2D balok atap.



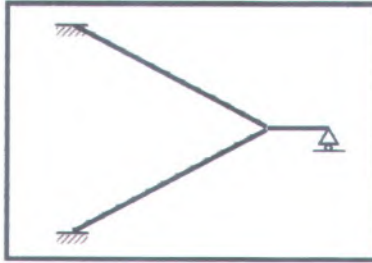
Gambar 4.77 : Permodelan 3D atap.

➤ Permodelan Komponen Struktur Tangga

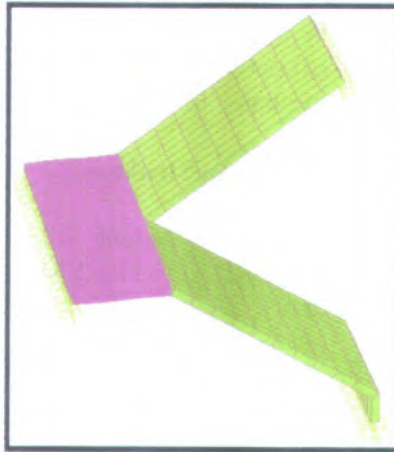
Permodelan komponen struktur tangga dalam pengerjaan proyek akhir ini menggunakan bantuan program analisa SAP2000. Dimana komponen struktur tangga ini dimasukkan dalam permodelan struktur utama. Adapun data-data permodelan adalah sebagai berikut :

1. **Restraints** : Jepit – Sendi – Jepit.
2. **Load cases** : Dead Load [DL] dan Live Load [LL]

3. **Combinations** : 1,2 DL + 1,6 LL
4. **Area Loads** : (Uniform Shell Load) Untuk semua beban (DL dan LL), besarnya beban sesuai dengan pembebanan tangga.



Gambar 4.78 : Permodelan mekanika teknik tangga.



Gambar 4.79 : Permodelan 3 dimensi SAP tangga.

4.3.2. Beban Rencana Struktur

Perencanaan struktur gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya di dalam analisa struktur SAP 2000 dibebani oleh beban rencana (Load Cases) :

- beban mati [DL] ⇒ Dead Load
- beban hidup [LL] ⇒ Live Load
- beban angin [WL] ⇒ Wind Load
- beban hujan [RL] ⇒ Rain Load
- beban gempa [EQL] ⇒ Earth Quake Load

Adapun peraturan atau ketentuan mengenai beban rencana yaitu menurut **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83)**.

Beban mati dan beban hidup dikelompokkan di dalam beban merata vertikal / gravitasi yang diterima oleh komponen struktur balok, komponen struktur tangga, komponen struktur dinding dan komponen struktur atap.

Beban angin dan beban hujan dikelompokkan di dalam beban merata vertikal / gravitasi yang diterima oleh komponen struktur atap.

Sedangkan untuk beban gempa dikelompokkan di dalam beban terpusat horizontal yang diterima oleh join komponen struktur balok kolom.

4.3.3. Kombinasi Pembebanan Struktur

Perencanaan struktur gedung SD Muhammadiyah 26 Surabaya di dalam analisa struktur SAP2000 dibebani oleh kombinasi (Combinations) :

1. COMB [+1,4DL]
↳ perhitungan balok
2. COMB [+1,2DL +1,6LL]
↳ perhitungan balok
3. COMB [+1,2DL +1,0LL +1,0EQx +0,3EQy]
↳ perhitungan balok

4. COMB [+1,2DL +1,0LL +0,3EQx +1,0EQy]
↳ perhitungan balok
5. COMB [+1,2DL +1,0LL -1,0EQx -0,3EQy]
↳ perhitungan balok
6. COMB [+1,2DL +1,0LL -0,3EQx -1,0EQy]
↳ perhitungan balok
7. COMB [ATAP][+1,0DL +1,0LL]
↳ perhitungan atap
8. COMB [ATAP][+1,0DL +1,0RL]
↳ perhitungan atap
9. COMB [ATAP][+1,0DL +1,0WL]
↳ perhitungan atap
10. COMB [+1,2DL +1,0LL]
↳ perhitungan balok
11. COMB [+1,0DL +1,0LL]
↳ perhitungan pondasi
12. COMB [+1,0EQx +0,3EQy]
↳ perhitungan kolom
13. COMB [+0,3EQx +1,0EQy]
↳ perhitungan kolom
14. COMB [-1,0EQx -0,3EQy]
↳ perhitungan kolom
15. COMB [-0,3EQx -1,0EQy]
↳ perhitungan kolom
16. COMB [+1,0DL +1,0LL +1,0EQx +0,3EQy]
↳ perhitungan pondasi
17. COMB [+1,0DL +1,0LL +0,3EQx +1,0EQy]
↳ perhitungan pondasi
18. COMB [+1,0DL +1,0LL -1,0EQx -0,3EQy]
↳ perhitungan pondasi
19. COMB [+1,0DL +1,0LL -0,3EQx -1,0EQy]
↳ perhitungan pondasi

Adapun peraturan atau ketentuan mengenai kombinasi yaitu menurut SNI 03-2847-2002 pasal 11.2.1)

serta peraturan atau ketentuan mengenai kombinasi pembebanan gempa menurut SNI 03-1726-2002 pasal 5.8.

Pada peraturan atau ketentuan mengenai kombinasi pembebanan gempa menurut SNI 03-1726-2002 terdapat ketentuan mengenai arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung.

Yang mana pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama dianggap terjadi bersamaan dengan efektifitas 30%.

Sehingga terdapat kombinasi sebagai berikut :

- Beban gempa positif sumbu X [$+1,0EQ_x + 0,3EQ_y$]
- Beban gempa positif sumbu Y [$+1,0EQ_y + 0,3EQ_x$]
- Beban gempa negatif sumbu X [$-1,0EQ_x - 0,3EQ_y$]
- Beban gempa negatif sumbu Y [$-1,0EQ_y - 0,3EQ_x$]

4.4. PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS

4.4.1. Perhitungan Struktur Sekunder

4.4.1.1. Perhitungan Struktur Atap

Struktur atap merupakan komponen dari suatu konstruksi bangunan yang memiliki fungsi sebagai pelindung elemen bangunan yang berada dibawahnya, baik dari air hujan, angin dan sinar matahari secara langsung. Pada bangunan ini dipakai struktur atap dari baja ringan (gavalum) dengan penutup atap genteng dari bahan tanah liat.

Perhitungan dan analisa struktur atap pada permodelan struktur dijadikan satu kesatuan dengan struktur utama, sehingga diharapkan gaya-gaya dalam yang timbul akibat pembebanan akan lebih mendekati dengan kondisi sebenarnya di lapangan.. Struktur atap pada bangunan ini menggunakan struktur rangka batang. Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

Bahan kuda-kuda	: Gavalum C7510 75 x 34 x 13 x 1
Bahan reng	: U3845 38 x 28 x 13 x 0,45
Mutu baja	: G550 ($\bar{\sigma} = 5500 \text{ kg/m}^2$)
Jenis bangunan	: Konstruksi tertutup
Bahan penutup atap	: Genteng
Berat penutup atap	: 50 kg/m^2 (PPIUG 1983)
Bentang kuda-kuda	: 6,6 m
Jarak antar kuda-kuda	: 0,5 m
Jenis atap	: Pelana
Sudut kemiringan atap (α)	: 25^0
Overstack	: 0,5 m
Beban angin	: 25 kg/m^2 (PPIUG 1983)
Beban pekerja	: 100 kg/m^2 (PPIUG 1983)

Analisis struktur atap dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 dan dianalisis secara menyatu dengan rangka struktur

utama. Input pembebanan SAP atap terdiri atas beban mati, beban hidup dan beban angin.

1. Beban mati

Beban mati yang dimasukkan dalam input pembebanan adalah beban merata pada reng, yaitu sebesar 13,936 kg/m (pada reng yang memikul beban jarak satu reng atau 0,25 m) dan 6,968 kg/m (pada reng yang memikul beban setengah jarak reng atau 0,125 m)

2. Beban hidup

Beban hidup yang terjadi pada pembebanan atap adalah beban pekerja dan beban air hujan, dari kedua beban tersebut diambil nilai beban yang lebih besar dari keduanya.

$$\begin{aligned} \text{Beban pekerja} &= 100 \text{ kg} : \text{jarak kuda-kuda} \\ &= 100 \text{ kg} : 0,6 \text{ m} \\ &= 166,67 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Air hujan

$$\begin{aligned} Q_{rl} &= 40 - (0,8 \times \alpha) \\ &= 40 - (0,8 \times 25) \\ &= 20 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

apabila beban yang terhitung $> 20 \text{ kg/m}^2$ maka diambil nilai beban air hujan sebesar 20 kg/m^2

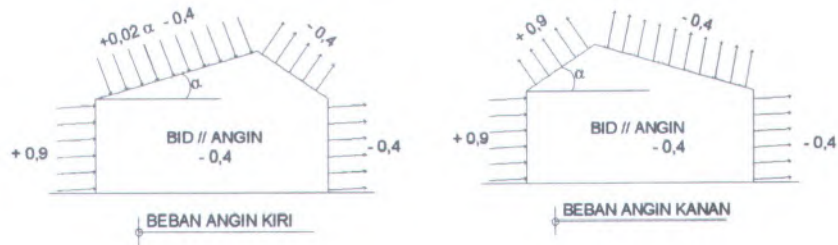
karena beban air hujan merupakan beban merata yang membebani reng maka,

$$\begin{aligned} &= 20 \text{ kg/m}^2 \times \text{jarak reng} \\ &= 20 \text{ kg/m}^2 \times 0,25 \text{ m} \\ &= 5 \text{ kg.m}^2 \end{aligned}$$

Karna beban pekerja $>$ beban air hujan maka beban yang akan dimasukkan ke dalam pembebanan SAP adalah beban hidup akibat beban pekerja sebesar $166,67 \text{ kg/m}^2$

3. Beban angin

Beban angin pada atap sesuai dengan PPIUG 1983 tabel 4.3, dimana menjelaskan mengenai koefisien angin diantaranya



Gambar 4.80 : Beban angin yang bekerja pada gedung

Di dalam pembebanan pada SAP nantinya beban akibat angin diberikan dengan meninjau dari dua arah yaitu arah angin kiri dan arah angin kanan dengan koefisien yang diberikan:

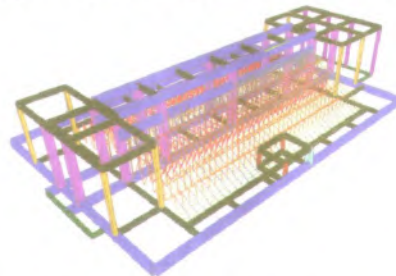
$$\text{koef tekan} = 0,9$$

$$\text{koef hisap} = -0,4$$

Beban angin yang terjadi pada pembebanan atap adalah beban merata di sepanjang reng, yaitu :

$$Q_{\text{angin tekan}} = 0,9 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 0,25 \text{ m} = 5,625 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{angin hisap}} = -0,4 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 0,25 \text{ m} = -2,5 \text{ kg/m}$$

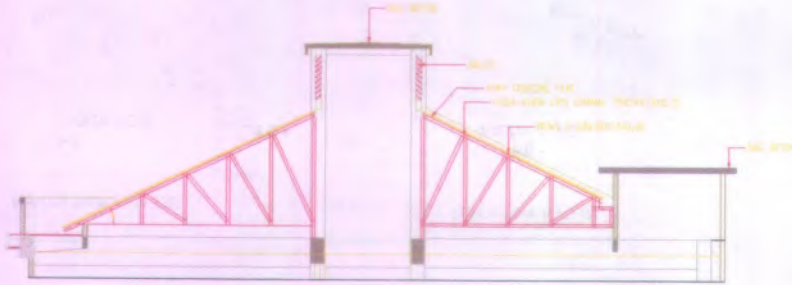


Gambar 4.81 : Permodelan 3D struktur atap



A. Reng

1. Perencanaan jarak reng



Gambar 4.82 : Struktur kuda-kuda rangka atap galvalum

- Bentang miring kuda-kuda (L')

$$L' = \frac{L_0}{\cos \alpha} = \frac{(0,5 + 6,6)}{\cos 25} = 7,83 \text{ m}$$

- Jarak miring antar reng direncanakan = 0,25 m

- Banyak reng yang terpasang :

$$\frac{7,83}{0,25} + 1 = 31,32 + 1 = 32,32 \approx 32 \text{ buah}$$

2. Pembebanan reng

Direncanakan reng menggunakan gavalum profil U 38 x 28 x 13 x 0,45 dengan mutu gavalum G550 ($\bar{\sigma} = 5500 \text{ kg/m}^2$).

Dari tabel profil baja diketahui

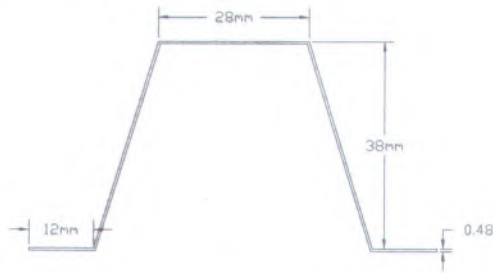
Berat sendiri (q) = 0,426 kg/m

Momen inersia (I_x) = 1,042 cm⁴

Momen inersia (I_y) = 0,715 cm⁴

Section modulus (W_x) = 0,506 cm³

$$\begin{aligned} \text{Section modulus (} W_y \text{)} &= 0,3 \text{ cm}^3 \\ \text{Luas area (} A \text{)} &= 0,543 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.83 : Penampang gording atap

Beban yang mengenai atap arahnya tegak lurus terhadap sudut kemiringan atap, sehingga untuk perhitungannya diperlukan nilai resultan. Berikut adalah arah pemisalan gaya pada gording.

Arah x adalah arah yang sejajar dengan kemiringan atap, disini akan terjadi *momen x* akibat beban-beban dari *arah x* (P_x & q_x). Sedangkan *arah y* adalah arah yang tegak lurus terhadap sudut kemiringan atap dan disini akan terjadi *momen y* akibat beban-beban dari *arah y* pula (P_y & q_y). Berikut adalah beban –beban yang bekerja pada reng :

Beban-beban yang bekerja



Gambar 4.84 : Arah gaya yang bekerja pada gording

1. Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri reng} &= 0,426 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat penutup atap : } 50 \text{ kg/m}^2 &= \underline{50 \text{ kg/m}^2} \\
 q_D &= 50,426 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban lain-lain : } 10\% \times q_D &= \underline{5,043 \text{ kg/m}^2} \\
 q_{D_{\text{tot}}} &= 55,469 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Arah X} : q_x = 55,469 \times \sin 25^\circ = 23,44 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah Y} : q_y = 55,469 \times \cos 25^\circ = 50,27 \text{ kg/m}$$

2. Beban hidup

• Beban pekerja (terpusat)

$$\text{Beban pekerja} = 100 \text{ kg} \quad (\text{PPIUG 1983})$$

$$\text{Arah X} : P_x = 100 \times \sin 25^\circ = 42,26 \text{ kg}$$

$$\text{Arah Y} : P_y = 100 \times \cos 25^\circ = 90,63 \text{ kg}$$

• Beban air hujan

$$\begin{aligned}
 q_R &= (40 - 0,8 \alpha) \text{ kg/m}^2 < 20 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 40 - (0,8 \times 25^\circ) = 20 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai} : q_R = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = q_R \times b \text{ kg/m}^2$$

$$= 20 \times 0,25 = 5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah X} : q_x = 5 \times \sin 25^\circ = 4,53 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah Y} : q_y = 5 \times \cos 25^\circ = 2,11 \text{ kg/m}$$

• Beban angin



Gambar 4.85 : Arah gaya angin yang bekerja

$$q_a = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Arah X} : q_x = 0$$

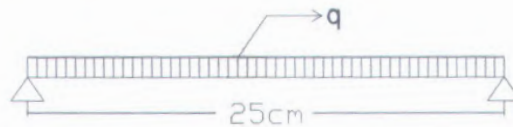
$$\begin{aligned} \text{Arah Y} : q_y &= (0,02 \times 25^0 - 0,4) \times 25 \times 0,25 \\ &= 5,625 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat, beban pekerja > beban air hujan, maka yang perlu diperhitungkan adalah besarnya momen akibat **beban pekerja**.

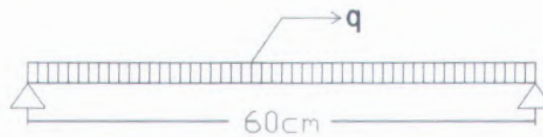
- Beban angin

Karena bangunan ini berdiri berjarak lebih dari 5 km dari tepi pantai, maka besarnya tekanan tiup angin (q_A) diambil 25 kg/m^2 .
(PPIUG 1983, Pasal 4.1)

Arah Y



Arah X



Gambar 4.86 : Beban merata pada reng

Analisa gaya dalam (momen)

Untuk memperkecil nilai lendutan pada *arah x*, maka kuda-kuda yang ada dipasang sejarak L_x 0,6m. Hal ini berbeda halnya apa bila kuda-kuda yang ada berbahan dasar dari baja berat, pada kuda-kuda berbahan dasar berat akan

dipasang pengaku untuk mengurangi lendutan yang ada. Sedangkan pada baja ringan (gavalum) tidak diperlukan pengaku karna jarak pemasanganya yang pendek. Berikut adalah momen-momen yang terjadi di tengah bentang pada reng

Momen-momen yang terjadi

1. Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Arah X} : M_x &= \frac{1}{8} \times q_x \times l^2 = \frac{1}{8} \times 23,44 \times 0,6^2 \\ &= 1,055 \text{ kg-m} = 105,5 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah Y} : M_y &= \frac{1}{8} \times q_y \times l^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 50,57 \times 0,25^2 \\ &= 0,39 \text{ kg-m} = 39,3 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

2. Beban hidup

$$\begin{aligned} \text{Arah X} : M_x &= \frac{1}{4} \times q_x \times l^2 = \frac{1}{4} \times 42,26 \times 0,6^2 \\ &= 6,339 \text{ kg-m} = 633,9 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah Y} : M_y &= \frac{1}{4} \times P_y \times l^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 90,63 \times 0,25^2 \\ &= 5,664 \text{ kg-m} = 566,4 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

3. Beban hujan

$$\begin{aligned} \text{Arah X} : M_x &= \frac{1}{8} \times q_x \times l^2 = \frac{1}{8} \times 4,63 \times 0,6^2 \\ &= 0,21 \text{ kg-m} = 21 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

$$\text{Arah Y} : M_y = \frac{1}{8} \times q_y \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 2,11 \times 0,25^2$$

$$= 0,017 \text{ kg-m} = 1,7 \text{ kg-cm}$$

4. Beban angin

$$\text{Arah X} : M_x = 0$$

$$\text{Arah Y} : M_y = \frac{1}{8} \times q_y \times l^2 = \frac{1}{8} \times 5,625 \times 0,25^2$$

$$= 0,044 \text{ kg-m} = 4,4 \text{ kg-cm}$$

4. Kombinasi pembebanan

Dilihat dari hasil analisa perhitungan diatas menunjukkan bahwa momen terbesar terjadi akibat beban mati dan beban hidup terpusat (orang). Jadi nilai pada kombinasinya diambil nilai momen akibat beban hidup terpusat orang.

1. Beban tetap = Beban mati + beban hidup

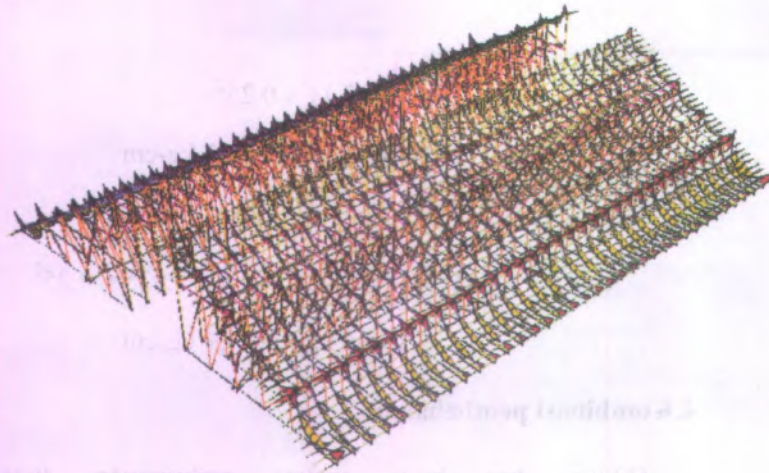
$$M_x = 105,5 + 633,9 = 739,4 \text{ kg-cm}$$

$$M_y = 39,3 + 566,4 = 605,7 \text{ kg-cm}$$

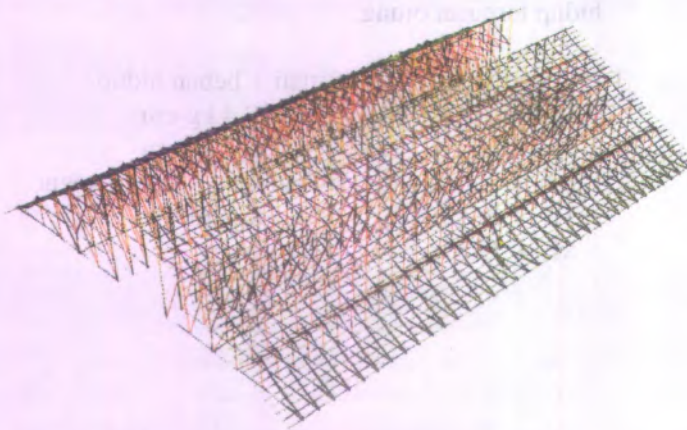
2. Beban sementara = Beban mati + beban angin

$$M_x = 105,5 + 0 = 105,5 \text{ kg-cm}$$

$$M_y = 39,3 + 4,4 = 43,7 \text{ kg-cm}$$



Gambar 4.87 : Momen struktur atap akibat adanya beban tetap



Gambar 4.88 : Momen struktur atap akibat adanya beban sementara

5. Kontrol tegangan

Kontrol tegangan yang terjadi

◆ Beban tetap

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \bar{\sigma} \\ &= \frac{739,4}{0,506} + \frac{605,7}{0,3} \leq 5500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 3480,4 \text{ kg/m}^2 \leq 5500 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

◆ Beban sementara

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \bar{\sigma} \\ &= \frac{105,5}{0,506} + \frac{43,7}{0,3} \leq 5500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 354 \text{ kg/m}^2 \leq 5500 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

dimana,

σ_{\max} = tegangan yang terjadi (kg/cm^2)

M_x = Momen terhadap sumbu x (cm^3)

W_x = Modulus elastisitas terhadap sumbu x profil (cm^3)

M_y = Momen terhadap sumbu y (cm^3)

W_y = Modulus elastisitas terhadap sumbu y profil (cm^3)

Sehingga,

6. Kontrol lendutan

Pada perhitungan gording juga dihitung kontrol lendutan maksimum. Apakah lendutan terjadi tidak melebihi batas maksimum yang diijinkan. Menurut **PPBBI 1983 tabel 31**, lendutan maksimum (Δ_{maks}) yang diijinkan akibat beban mati + beban hidup adalah sebesar $L/250$.

$$\Delta_{\text{maks}} = \frac{L}{250} = \frac{60}{250} = 0,24 \text{ cm}$$

• Arah X

$$\begin{aligned} \Delta_x &= \frac{5}{384} \frac{q_x L_y^4}{EI_y} + \frac{1}{48} \frac{P_x L_y^3}{EI_y} \\ &= \frac{5}{384} \frac{0,234(0,6)^4}{2,1 \times 10^6 \times 0,715} + \frac{1}{48} \frac{42,26(0,6)^3}{2,1 \times 10^6 \times 0,715} \\ &= 0,026 + 0,0127 = 0,153 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana :

Δ_x = lendutan arah x(cm)

qDx = Beban mati arah sumbu x (kg/cm)

L_x = bentang arah sumbu x(cm)

E = $2,1 \times 10^6$

I_x = momen kelembaman pada sumbu x profil

P_x = Beban hidup arah sumbu x(kg)

• Arah Y

$$\begin{aligned} \Delta_y &= \frac{5}{384} \frac{q_y L_x^4}{EI_x} + \frac{1}{48} \frac{P_y L_x^3}{EI_x} \\ &= \frac{5}{384} \frac{0,503(0,25)^4}{2,1 \times 10^6 \times 1,042} + \frac{1}{48} \frac{90,43(0,25)^3}{2,1 \times 10^6 \times 1,042} \\ &= 0,0012 + 0,013 = 0,015 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana :

Δ_y = lendutan arah y(cm)

qDy = Beban mati arah sumbu y(kg/cm)

L_y = bentang arah sumbu y(cm)

E = $2,1 \times 10^6$

I_x = momen kelembaman pada sumbu y profil

P_y = Beban hidup arah sumbu y(kg)

Resultante Δ_{max}

$$\begin{aligned}\Delta_{max} &= \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \leq f_{ijin} \\ &= \sqrt{(0,153)^2 + (0,015)^2} \leq 0,24 \text{ cm} \\ &= 0,15 \text{ cm} \leq 0,24 \text{ cm}\end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi sebesar 0,15 cm ini terjadi pada arah gravitasi. Karena nilainya didapat dari hasil resultante kedua arah gaya. Kedua syarat terpenuhi, jadi profil U3848 38x 28 x 12 x 4,8 bisa digunakan sebagai reng pada blok bangunan A.

7. Kontrol tegangan KIP

Kontrol tegangan KIP diperlukan untuk menghitung kemampuan profil itu sendiri dalam menerima beban momen puntir. Dalam PPBBI 1984 balok-balok yang dibebani lentur harus dikontrol stabilitasnya.

$$\frac{h}{t_b} = \frac{75}{4,8} = 7,92 \leq 75$$

$$\frac{L}{h} \geq 1,25 \frac{b}{t_{sayap}}$$

$$\frac{600}{38} = 15,79 < 1,25 \frac{28}{4,8} = 7,29$$

Karna kedua syarat terpenuhi maka dapat disimpulkan penampangnya termasuk **penampang tidak berubah bentuk**. Sehingga syarat yang harus dipenuhi selanjutnya adalah:

$$C_1 = \frac{L \times h}{b \times t_s} = \frac{600 \times 38}{28 \times 4,8} = 169,64$$

(PPBBI 1984, Pasal 5.1.(3))

$$C_2 = 0.63 \times \frac{E}{\sigma} = 0.63 \times \frac{2.1 \times 10^6}{5500} = 240,55$$

$c_1 \leq 250$ maka :

$$\sigma_{KIP} = \sigma_{ijin} = 5500 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_{maks} = 3480,4 \leq \sigma_{KIP} = 5500 \leq \sigma_{ijin} = 5500 \text{ kg/cm}^2 \text{ Kar}$$

na $\sigma_{maks} \leq \sigma_{KIP} \leq \sigma_{ijin}$ maka dapat disimpulkan profil memenuhi syarat.

B. Kuda - kuda

1. Kontrol stabilitas rangka batang kuda-kuda

Rangka batang pada kuda-kuda untuk kesemua komponennya menggunakan profil C7510, dimana tiap pertemuan terdapat pelat simpul yang berfungsi menempatkan baut yang biasa dinamakan sambungan pada rangka batang tersebut. Beban-beban yang bekerja pada kuda-kuda adalah beban-beban yang bekerja pada reng. Adapun spesifikasi dari profil komponen kuda-kuda diantaranya:

Dari tabel profil brosur Bluescope Lysaght diketahui

$$\text{Berat sendiri (} q \text{)} = 0,553 \text{ kg/m}$$

$$\text{Momen inersia (} I_x \text{)} = 12,481 \text{ cm}^4$$

$$\text{Momen inersia (} I_y \text{)} = 1,7645 \text{ cm}^4$$

$$\text{Section modulus (} W_x \text{)} = 3,328 \text{ cm}^3$$

$$\text{Section modulus (} W_y \text{)} = 1,927 \text{ cm}^3$$

Radius of gyration (i_x)	= 2,944	cm
Radius of gyration (i_y)	= 1,11	cm
Luas area (A)	= 1,42	cm ²

2. Kontrol stabilitas batang atas

Data perencanaan

- Profil C7510 75.34.13.10
- Output SAP didapat,
 - P_{tarik} (frame 8519) = 724,98 kg Akibat (1DL+1LL)
 - P_{tekan} (frame 11126) = 975,38 kg Akibat (1DL+1LL+1W)
- $L_{kx} = L_{ky} = 25$ cm
- Rencana diameter lubang = 0,8 cm
- $t_{profil} = 0,1$ cm
- $m = 2$ buah
- $e = 0,0085$
- tegangan dasar (σ_{dasar}) = 5500 kg/cm²
- tegangan leleh (σ_1) = 8250 kg/cm²
- modulus elastisitas (E) = 2100000 kg/cm²

➤ Perhitungan batang tarik

- Menentukan luas A_{netto}

$$\begin{aligned}
 A_{netto} &= A_{bruto} - A_{lubang} \\
 &= 1,42 \text{ cm}^2 - (\text{Renc. Diameter lubang} \times t_{profil}) \\
 &= 1,42 \text{ cm}^2 - 0,08 \text{ cm}^2 \\
 &= 1,34 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}
 \sigma_{terjadi} &= \frac{P}{A_{netto}} \\
 &= \frac{724,98}{1,34} \\
 &= 541,03 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat Batang tarik

$$\sigma_{\text{terjadi}} < 0,75 \times \sigma_{\text{dasar}} \dots \dots \dots (\text{PPBBI bab 3.3.1 hal 8})$$

$$541,03 \text{ kg/cm}^2 < 0,75 \times 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$541,03 \text{ kg/cm}^2 < 4125 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots \text{memenuhi}$$

➤ Perhitungan batang tekan

- Kelangsingan terhadap sumbu X (λ_x)

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{12,4813}{1,42}} = 2,965$$

$$\lambda_x = \frac{L_{KX}}{i_x} = \frac{25}{2,965} = 8,432$$

- Kelangsingan terhadap sumbu Y (λ_y)

$$\begin{aligned} a &= \emptyset + e \\ &= 0,8 \text{ cm} + (0,0085 \text{ cm}) \\ &= 0,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{y \text{ total}} &= I_y + (A_{\text{bruto}} \times (a/2)^2) \\ &= (1,765) + (1,42 \times (0,81/2)^2) \\ &= 1,7645 + 0,232 \\ &= 1,997 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$i_{y \text{ total}} = \sqrt{\frac{I_y \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{1,997}{1,42}} = 1,19$$

$$\lambda_y = \frac{L_{Ky}}{i_y} = \frac{25}{1,98} = 12,646$$

$$\lambda_1 = \frac{L_K}{i_{\text{min}}} = \frac{25}{1,11} = 22,427$$

$$\lambda_{ly} = \sqrt{\lambda_y + \left(\frac{m}{2}\right) \times \lambda_1}$$

$$= \sqrt{12,646 + \left(\frac{2}{2}\right) \times 22,427}$$

$$= 25,747$$

- Menentukan nilai ω diambil nilai terbesar antara λ_y dan λ_x , dalam perhitungan didapat :

$$\lambda_y > \lambda_x \text{ diambil } \lambda_y = 25,747$$

$$\lambda_g = \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}}$$

$$= 3,14 \times \sqrt{\frac{2100000}{0,7 \times 8250}}$$

$$= 59,93$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{25,747}{59,93} = 0,43$$

Syarat

- Jika $\lambda_s \leq 0,183$, maka $\omega = 1$
- Jika $0,183 \leq \lambda_s \leq 1$, maka $\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$
- Jika $\lambda_s \geq 1$, maka $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

$$\text{Karena } 0,183 \leq \lambda_s \leq 1, \text{ maka } \omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$= \frac{1,41}{1,593 - 0,43}$$

$$= 1,21$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \omega \times \frac{P}{A}$$

$$= 1,21 \times \frac{975,38}{1,42}$$

$$= 832,48 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat Batang tekan

$$\sigma_{\text{terjadi}} < \sigma_{\text{dasar}}$$

$$832,48 \text{ kg/cm}^2 < 5500 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{memenuhi}$$

3. Kontrol stabilitas batang bawah (Horizontal)Data perencanaan

- Profil C7510 75.34.13.10
- Output SAP didapat,
 - P_{tarik} (frame 8605) = 1099,68 kg Akibat (1DL+1LL+1W)
 - P_{tekan} (frame 10585) = 277,34 kg Akibat (1DL+1LL)
- $L_{kx} = L_{ky} = 60 \text{ cm}$
- Rencana diameter lubang = 0,8 cm
- $t_{\text{profil}} = 0,1 \text{ cm}$
- $m = 2 \text{ buah}$
- $e = 0,0085$
- tegangan dasar (σ_{dasar}) = 5500 kg/cm²
- tegangan leleh (σ_1) = 8250 kg/cm²
- modulus elastisitas (E) = 2100000 kg/cm²

> Perhitungan batang tarik

- Menentukan luas A_{netto}

$$A_{\text{netto}} = A_{\text{bruto}} - A_{\text{lubang}}$$

$$= 1,42 \text{ cm}^2 - (\text{Renc. Diameter lubang} \times t_{\text{profil}})$$

$$= 1,42 \text{ cm}^2 - 0,08 \text{ cm}^2$$

$$= 1,34 \text{ cm}^2$$
- Kontrol Tegangan

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \frac{P}{A_{\text{netto}}}$$

$$= \frac{1099,68}{1,34}$$

$$= 820,66 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat Batang tarik

$\sigma_{\text{terjadi}} < 0,75 \times \sigma_{\text{dasar}} \dots \dots \dots (\text{PPBBI bab 3.3.1 hal 8})$

$820,66 \text{ kg/cm}^2 < 0,75 \times 5500 \text{ kg/cm}^2$

$820,66 \text{ kg/cm}^2 < 4125 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots \text{memenuhi}$

➤ **Perhitungan batang tekan**

- Kelangsingan terhadap sumbu X (λ_x)

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{12,4813}{1,42}} = 2,965$$

$$\lambda_x = \frac{L_{KX}}{i_x} = \frac{60}{2,965} = 20,238$$

- Kelangsingan terhadap sumbu Y (λ_y)

$$\begin{aligned} a &= \emptyset + e \\ &= 0,8 \text{ cm} + (0,0085 \text{ cm}) \\ &= 0,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{y \text{ total}} &= I_y + (A_{\text{bruto}} \times (a/2)^2) \\ &= (1,765) + (1,42 \times (0,81/2)^2) \\ &= 1,7645 + 0,232 \\ &= 1,997 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$i_{y \text{ total}} = \sqrt{\frac{I_y \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{1,997}{1,42}} = 1,19$$

$$\lambda_y = \frac{L_{Ky}}{i_y} = \frac{60}{1,19} = 50,6$$

$$\lambda_1 = \frac{L_K}{i_{\text{min}}} = \frac{60}{1,11} = 53,825$$

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y + \left(\frac{m}{2}\right) \times \lambda_1}$$

$$= \sqrt{50,6 + \left(\frac{2}{2}\right) \times 53,825}$$

$$= 73,875$$

- Menentukan nilai ω diambil nilai terbesar antara λ_y dan λ_x , dalam perhitungan didapat :

$$\lambda_y > \lambda_x \text{ diambil } \lambda_y = 73,875$$

$$\lambda_g = \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}}$$

$$= 3,14 \times \sqrt{\frac{2100000}{0,7 \times 8250}}$$

$$= 59,93$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{73,875}{59,93} = 1,233$$

Syarat

- Jika $\lambda_s \leq 0,183$, maka $\omega = 1$

- Jika $0,183 \leq \lambda_s \leq 1$, maka $\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$

- Jika $\lambda_s \geq 1$, maka $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

Karena $0,183 \leq \lambda_s \leq 1$, maka $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

$$= 2,381 \times (1,519)^2$$

$$= 3,62$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \omega \times \frac{P}{A}$$

$$= 3,62 \times \frac{277,34}{1,42}$$

$$= 706,59 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat Batang tekan

$$\sigma_{\text{terjadi}} < \sigma_{\text{dasar}}$$

$$706,59 \text{ kg/cm}^2 < 5500 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{memenuhi}$$

4. Kontrol stabilitas batang diagonal

Data perencanaan

- Profil C7510 75.34.13.10
- Output SAP didapat,
 - P_{tarik} (frame 10488) = 654,51 kg Akibat (1DL+1LL+1W)
 - P_{tekan} (frame 10485) = 478,62 kg Akibat (1DL+1LL+1W)
- Lkx = Lky = 27 cm
- Rencana diameter lubang = 0,8 cm
- t_{profil} = 0,1 cm
- m = 2 buah
- e = 0,0085
- tegangan dasar (σ_{dasar}) = 5500 kg/cm²
- tegangan leleh (σ_l) = 8250 kg/cm²
- modulus elastisitas (E) = 2100000 kg/cm²

➤ Perhitungan batang tarik

- Menentukan luas A_{netto}

$$\begin{aligned} A_{netto} &= A_{bruto} - A_{lubang} \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - (\text{Renc. Diameter lubang} \times t_{profil}) \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - 0,08 \text{ cm}^2 \\ &= 1,34 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{terjadi} &= \frac{P}{A_{netto}} \\ &= \frac{654,51}{1,34} \\ &= 488,44 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat Batang tarik

$$\sigma_{terjadi} < 0,75 \times \sigma_{dasar} \dots \dots \dots (\text{PPBBI bab 3.3.1 hal 8})$$

$$488,44 \text{ kg/cm}^2 < 0,75 \times 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$488,44 \text{ kg/cm}^2 < 4125 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots \text{memenuhi}$$

➤ **Perhitungan batang tekan**

- Kelangsingan terhadap sumbu X (λ_x)

$$ix = \sqrt{\frac{I_x \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{12,481}{1,42}} = 2,965$$

$$\lambda_x = \frac{L_{KX}}{ix} = \frac{27}{2,965} = 9,11$$

- Kelangsingan terhadap sumbu Y (λ_y)

$$\begin{aligned} a &= \emptyset + e \\ &= 0,8 \text{ cm} + (0,0085 \text{ cm}) \\ &= 0,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{y \text{ total}} &= I_y + (A_{\text{bruto}} \times (a/2)^2) \\ &= (1,765) + (1,42 \times (0,81/2)^2) \\ &= 1,7645 + 0,232 \\ &= 1,997 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$iy_{\text{total}} = \sqrt{\frac{I_y \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{1,997}{1,42}} = 1,19$$

$$\lambda_y = \frac{L_{Ky}}{iy} = \frac{27}{1,19} = 22,77$$

$$\lambda_1 = \frac{L_K}{i \text{ min}} = \frac{27}{1,11} = 24,221$$

$$\begin{aligned} \lambda_{iy} &= \sqrt{\lambda_y + \left(\frac{m}{2}\right) \times \lambda_1} \\ &= \sqrt{22,77 + \left(\frac{2}{2}\right) \times 24,221} \\ &= 33,244 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai ω diambil nilai terbesar antara λ_y dan λ_x , dalam perhitungan didapat :

$$\lambda_y > \lambda_x \text{ diambil } \lambda_y = 33,244$$

$$\begin{aligned} \lambda_g &= \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}} \\ &= 3,14 \times \sqrt{\frac{2100000}{0,7 \times 8250}} \\ &= 59,93 \end{aligned}$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{33,244}{59,93} = 0,555$$

Syarat

- Jika $\lambda_s \leq 0,183$, maka $\omega = 1$
- Jika $0,183 \leq \lambda_s \leq 1$, maka $\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$
- Jika $\lambda_s \geq 1$, maka $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

$$\begin{aligned} \text{Karena } 0,183 \leq \lambda_s \leq 1, \text{ maka } \omega &= \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s} \\ &= \frac{1,41}{1,593 - 0,555} \\ &= 1,36 \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{terjadi}} &= \omega \times \frac{P}{A} \\ &= 1,36 \times \frac{478,62}{1,42} \\ &= 457,72 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat Batang tekan

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{terjadi}} &< \sigma_{\text{dasar}} \\ 457,72 \text{ kg/cm}^2 &< 5500 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{memenuhi} \end{aligned}$$

5. Kontrol stabilitas batang vertikal

Data perencanaan

- Profil C7510 75.34.13.10
- Output SAP didapat,
 - P_{tarik} (frame 8953) = 253,78 kg Akibat (1DL+1LL)
 - P_{tekan} (frame 11127) = 300,27 kg Akibat (1DL+1LL+1W)
- L_{kx} = L_{ky} = 145 cm
- Rencana diameter lubang = 0,8 cm
- t_{profil} = 0,1 cm
- m = 2 buah
- e = 0,0085
- tegangan dasar (σ_{dasar}) = 5500 kg/cm²
- tegangan leleh (σ_l) = 8250 kg/cm²
- modulus elastisitas (E) = 2100000 kg/cm²

➤ Perhitungan batang tarik

- Menentukan luas A_{netto}

$$\begin{aligned} A_{netto} &= A_{bruto} - A_{lubang} \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - (\text{Renc. Diameter lubang} \times t_{profil}) \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - 0,08 \text{ cm}^2 \\ &= 1,34 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{terjadi} &= \frac{P}{2 \times A_{netto}} \\ &= \frac{235,78}{2 \times 1,34} \\ &= 87,98 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat Batang tarik

$$\sigma_{terjadi} < 0,75 \times \sigma_{dasar} \dots \dots (PPBBI \text{ bab 3.3.1 hal 8})$$

$$87,98 \text{ kg/cm}^2 < 0,75 \times 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$87,98 \text{ kg/cm}^2 < 4125 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \text{memenuhi}$$

➤ Perhitungan batang tekan

- Kelangsingan terhadap sumbu X (λ_x)

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{2 \times 12,481}{2 \times 1,42}} = 14,812$$

$$\lambda_x = \frac{L_{KX}}{i_x} = \frac{145}{14,812} = 9,79$$

- Kelangsingan terhadap sumbu Y (λ_y)

$$\begin{aligned} a &= \emptyset + 2e \\ &= 0,8 \text{ cm} + (2 \times 0,0085 \text{ cm}) \\ &= 0,82 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{y \text{ total}} &= 2 \times I_y + (2 \times A_{\text{bruto}} \times (a/2)^2) \\ &= (2 \times 1,765) + (2 \times 1,42 \times (0,81/2)^2) \\ &= 3,529 + 0,474 \\ &= 4 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$i_{y \text{ total}} = \sqrt{\frac{I_y \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{4}{2 \times 1,42}} = 1,19$$

$$\lambda_y = \frac{L_{Ky}}{i_y} = \frac{145}{1,19} = 122,13$$

$$\lambda_1 = \frac{L_K}{i \text{ min}} = \frac{145}{1,11} = 130,08$$

$$\begin{aligned} \lambda_{iy} &= \sqrt{\lambda_y + \left(\frac{m}{2}\right) \times \lambda_1} \\ &= \sqrt{122,13 + \left(\frac{2}{2}\right) \times 130,08} \\ &= 178,43 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai ω diambil nilai terbesar antara λ_y dan λ_x , dalam perhitungan didapat :

$$\lambda_y > \lambda_x \text{ diambil } \lambda_y = 178,43$$

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}} \\ &= 3,14 \times \sqrt{\frac{2100000}{0,7 \times 8250}} \\ &= 59,93\end{aligned}$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{178,43}{59,93} = 2,977$$

Syarat

- Jika $\lambda_s \leq 0,183$, maka $\omega = 1$
- Jika $0,183 \leq \lambda_s \leq 1$, maka $\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$
- Jika $\lambda_s \geq 1$, maka $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

$$\begin{aligned}\text{Karena } 0,183 \leq \lambda_s \leq 1, \text{ maka } \omega &= 2,381 \times \lambda_s^2 \\ &= 2,381 \times (2,977)^2 \\ &= 21,1\end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{terjadi}} &= \omega \times \frac{P}{A} \\ &= 21,1 \times \frac{300,27}{2 \times 1,42} \\ &= 2231,35 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Syarat Batang tekan

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{terjadi}} &< \sigma_{\text{dasar}} \\ 2231,35 \text{ kg/cm}^2 &< 5500 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{memenuhi}\end{aligned}$$

6. Kontrol stabilitas batang pengikat kuda-kuda diagonal

Data perencanaan

- Profil C7510 75.34.13.10
- Output SAP didapat,
 - P_{tarik} (frame 933) = 71,78 kg Akibat (1DL+1LL)
 - P_{tekan} (frame 934) = 85,98 kg Akibat (1DL+1LL+1W)
- Lkx = Lky = 100 cm
- Rencana diameter lubang = 0,8 cm
- t_{profil} = 0,1 cm
- m = 2 buah
- e = 0,0085
- tegangan dasar (σ_{dasar}) = 5500 kg/cm²
- tegangan leleh (σ_1) = 8250 kg/cm²
- modulus elastisitas (E) = 2100000 kg/cm²

➤ Perhitungan batang tarik

- Menentukan luas A_{netto}

$$\begin{aligned} A_{netto} &= A_{bruto} - A_{lubang} \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - (\text{Renc. Diameter lubang} \times t_{profil}) \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - 0,08 \text{ cm}^2 \\ &= 1,34 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{terjadi} &= \frac{P}{A_{netto}} \\ &= \frac{71,78}{1,34} \\ &= 53,57 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat Batang tarik

$$\sigma_{terjadi} < 0,75 \times \sigma_{dasar} \dots \dots \dots (\text{PPBBI bab 3.3.1 hal 8})$$

$$53,57 \text{ kg/cm}^2 < 0,75 \times 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$53,57 \text{ kg/cm}^2 < 4125 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots \text{memenuhi}$$

➤ **Perhitungan batang tekan**

- Kelangsingan terhadap sumbu X (λ_x)

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{12,481}{1,42}} = 2,965$$

$$\lambda_x = \frac{L_{KX}}{i_x} = \frac{100}{2,965} = 33,73$$

- Kelangsingan terhadap sumbu Y (λ_y)

$$\begin{aligned} a &= \emptyset + e \\ &= 0,8 \text{ cm} + (0,0085 \text{ cm}) \\ &= 0,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{y \text{ total}} &= I_y + (A_{\text{bruto}} \times (a/2)^2) \\ &= (1,765) + (1,42 \times (0,81/2)^2) \\ &= 1,7645 + 0,232 \\ &= 1,997 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$i_{y \text{ total}} = \sqrt{\frac{I_y \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{1,997}{1,42}} = 1,19$$

$$\lambda_y = \frac{L_{Ky}}{i_y} = \frac{100}{1,19} = 84,334$$

$$\lambda_1 = \frac{L_K}{i_{\text{min}}} = \frac{100}{1,11} = 89,71$$

$$\begin{aligned} \lambda_{iy} &= \sqrt{\lambda_y + \left(\frac{m}{2}\right) \times \lambda_1} \\ &= \sqrt{84,334 + \left(\frac{2}{2}\right) \times 89,71} \\ &= 123,125 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai ω diambil nilai terbesar antara λ_y dan λ_x , dalam perhitungan didapat :

$$\lambda_y > \lambda_x \text{ diambil } \lambda_y = 123,125$$

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}} \\ &= 3,14 \times \sqrt{\frac{2100000}{0,7 \times 8250}} \\ &= 59,93 \\ \lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{123,125}{59,93} = 2,054\end{aligned}$$

Syarat

- Jika $\lambda_s \leq 0,183$, maka $\omega = 1$
- Jika $0,183 \leq \lambda_s \leq 1$, maka $\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$
- Jika $\lambda_s \geq 1$, maka $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

$$\begin{aligned}\text{Karena } 0,183 \leq \lambda_s \leq 1, \text{ maka } \omega &= 2,381 \times \lambda_s^2 \\ &= 2,381 \times (2,052)^2 \\ &= 10,05\end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{terjadi}} &= \omega \times \frac{P}{A} \\ &= 10,05 \times \frac{85,98}{1,42} \\ &= 608,48 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Syarat Batang tekan

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{terjadi}} &< \sigma_{\text{dasar}} \\ 608,48 \text{ kg/cm}^2 &< 5500 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{memenuhi}\end{aligned}$$

7. Kontrol stabilitas batang pengikat kuda-kuda memendek

Data perencanaan

- Profil C7510 75.34.13.10

- Output SAP didapat,

P_{tarik} (frame 8591) = 242,49 kg Akibat (1DL+1LL)

P_{tekan} (frame 11133) = 221,01 kg Akibat (1DL+1LL+1W)

- $L_{kx} = L_{ky} = 180$ cm

- Rencana diameter lubang = 0,8 cm

- $t_{profil} = 0,1$ cm

- $m = 2$ buah

- $e = 0,0085$

- tegangan dasar (σ_{dasar}) = 5500 kg/cm²

- tegangan leleh (σ_l) = 8250 kg/cm²

- modulus elastisitas (E) = 2100000 kg/cm²

➤ Perhitungan batang tarik

- Menentukan luas A_{netto}

$$\begin{aligned} A_{netto} &= A_{bruto} - A_{lubang} \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - (\text{Renc. Diameter lubang} \times t_{profil}) \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - 0,08 \text{ cm}^2 \\ &= 1,34 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{terjadi} &= \frac{P}{A_{netto}} \\ &= \frac{242,49}{1,34} \\ &= 180,96 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat Batang tarik

$\sigma_{terjadi} < 0,75 \times \sigma_{dasar}$(PPBBI bab3.3.1hal 8)

$180,96 \text{ kg/cm}^2 < 0,75 \times 5500 \text{ kg/cm}^2$

$180,96 \text{ kg/cm}^2 < 4125 \text{ kg/cm}^2$memenuhi

➤ **Perhitungan batang tekan**

- Kelangsingan terhadap sumbu X (λ_x)

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{12,481}{1,42}} = 2,965$$

$$\lambda_x = \frac{L_{KX}}{i_x} = \frac{180}{2,965} = 60,71$$

- Kelangsingan terhadap sumbu Y (λ_y)

$$\begin{aligned} a &= \emptyset + e \\ &= 0,8 \text{ cm} + (0,0085 \text{ cm}) \\ &= 0,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{y\text{total}} &= I_y + (A_{\text{bruto}} \times (a/2)^2) \\ &= (1,765) + (1,42 \times (0,81/2)^2) \\ &= 1,7645 + 0,232 \\ &= 1,997 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$i_{y\text{total}} = \sqrt{\frac{I_y \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{1,997}{1,42}} = 1,19$$

$$\lambda_y = \frac{L_{Ky}}{i_y} = \frac{180}{1,19} = 151,8$$

$$\lambda_1 = \frac{L_K}{i \text{ min}} = \frac{180}{1,11} = 161,48$$

$$\begin{aligned} \lambda_{iy} &= \sqrt{\lambda_y + \left(\frac{m}{2}\right) \times \lambda_1} \\ &= \sqrt{151,8 + \left(\frac{2}{2}\right) \times 161,48} \\ &= 221,626 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai ω diambil nilai terbesar antara λ_y dan λ_x , dalam perhitungan didapat :

$$\lambda_y > \lambda_x \text{ diambil } \lambda_y = 221,626$$

$$\lambda_g = \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}}$$

$$= 3,14 \times \sqrt{\frac{2100000}{0,7 \times 8250}}$$

$$= 59,93$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{221,626}{59,93} = 3,698$$

Syarat

- Jika $\lambda_s \leq 0,183$, maka $\omega = 1$
- Jika $0,183 \leq \lambda_s \leq 1$, maka $\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$
- Jika $\lambda_s \geq 1$, maka $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

$$\text{Karena } 0,183 \leq \lambda_s \leq 1, \text{ maka } \omega = 2,381 \times \lambda_s^2$$

$$= 2,381 \times (3,698)^2$$

$$= 32,56$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \omega \times \frac{P}{A}$$

$$= 32,56 \times \frac{221,01}{1,42}$$

$$= 5067,65 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat Batang tekan

$$\sigma_{\text{terjadi}} < \sigma_{\text{dasar}}$$

$$5067,65 \text{ kg/cm}^2 < 5500 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{memenuhi}$$

8. Kontrol stabilitas batang pengikat kuda-kuda memanjang

Data perencanaan

- Profil C7510 75.34.13.10
- Output SAP didapat,
 - $P_{tarik}(\text{frame } 824) = 62,5 \text{ kg Akibat (1DL+1LL)}$
 - $P_{tekan}(\text{frame } 863) = 13,69 \text{ kg Akibat (1DL+1LL)}$
- $L_kx = L_ky = 60 \text{ cm}$
- Rencana diameter lubang = 0,8 cm
- $t_{profil} = 0,1 \text{ cm}$
- $m = 2 \text{ buah}$
- $e = 0,0085$
- tegangan dasar (σ_{dasar}) = 5500 kg/cm²
- tegangan leleh (σ_l) = 8250 kg/cm²
- modulus elastisitas (E) = 2100000 kg/cm²

➤ Perhitungan batang tarik

- Menentukan luas A_{netto}

$$\begin{aligned} A_{netto} &= A_{bruto} - A_{lubang} \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - (\text{Renc. Diameter lubang} \times t_{profil}) \\ &= 1,42 \text{ cm}^2 - 0,08 \text{ cm}^2 \\ &= 1,34 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{terjadi} &= \frac{P}{A_{netto}} \\ &= \frac{62,5}{1,34} \\ &= 46,64 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat Batang tarik

$$\sigma_{terjadi} < 0,75 \times \sigma_{dasar} \dots \dots \dots (\text{PPBBI bab 3.3.1 hal 8})$$

$$46,64 \text{ kg/cm}^2 < 0,75 \times 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$46,64 \text{ kg/cm}^2 < 4125 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots \text{memenuhi}$$

➤ **Perhitungan batang tekan**

- Kelangsingan terhadap sumbu X (λ_x)

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{12,481}{1,42}} = 2,965$$

$$\lambda_x = \frac{L_{KX}}{i_x} = \frac{60}{2,965} = 20,24$$

- Kelangsingan terhadap sumbu Y (λ_y)

$$\begin{aligned} a &= \emptyset + e \\ &= 0,8 \text{ cm} + (0,0085 \text{ cm}) \\ &= 0,81 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{y \text{ total}} &= I_y + (A_{\text{bruto}} \times (a/2)^2) \\ &= (1,765) + (1,42 \times (0,81/2)^2) \\ &= 1,7645 + 0,232 \\ &= 1,997 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$i_{y \text{ total}} = \sqrt{\frac{I_y \text{ total}}{A \text{ total}}} = \sqrt{\frac{1,997}{1,42}} = 1,19$$

$$\lambda_y = \frac{L_{Ky}}{i_y} = \frac{60}{1,19} = 50,6$$

$$\lambda_1 = \frac{L_K}{i \text{ min}} = \frac{60}{1,11} = 53,825$$

$$\begin{aligned} \lambda_{ty} &= \sqrt{\lambda_y + \left(\frac{m}{2}\right) \times \lambda_1} \\ &= \sqrt{50,6 + \left(\frac{2}{2}\right) \times 53,825} \\ &= 73,875 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai ω diambil nilai terbesar antara λ_y dan λ_x , dalam perhitungan didapat :

$\lambda_y > \lambda_x$ diambil $\lambda_y = 73,875$

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}} \\ &= 3,14 \times \sqrt{\frac{2100000}{0,7 \times 8250}} \\ &= 59,93 \\ \lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{73,875}{59,93} = 1,233\end{aligned}$$

Syarat

- Jika $\lambda_s \leq 0,183$, maka $\omega = 1$
- Jika $0,183 \leq \lambda_s \leq 1$, maka $\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$
- Jika $\lambda_s \geq 1$, maka $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

Karena $0,183 \leq \lambda_s \leq 1$, maka $\omega = 2,381 \times \lambda_s^2$

$$\begin{aligned}&= 2,381 \times (1,233)^2 \\ &= 3,6\end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{terjadi}} &= \omega \times \frac{P}{A} \\ &= 3,62 \times \frac{13,69}{1,42} \\ &= 34,88 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

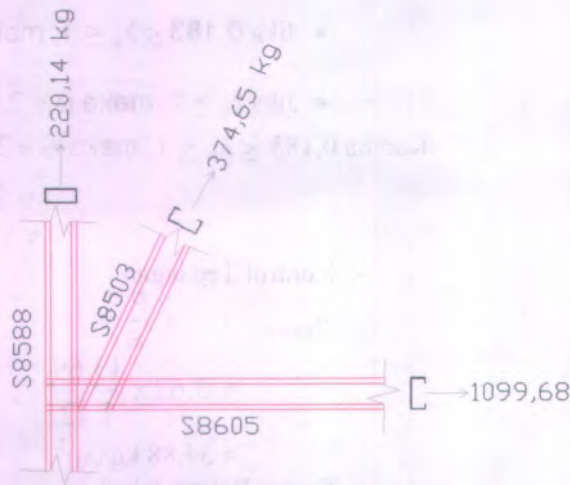
Syarat Batang tekan

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{terjadi}} &< \sigma_{\text{dasar}} \\ 34,88 \text{ kg/cm}^2 &< 5500 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{memenuhi}\end{aligned}$$

C. Perhitungan Sambungan

1. Sambungan Baut

Dalam perencanaan ini sambungan yang digunakan untuk menyambung antara batang kuda-kuda yang ada hanyalah menggunakan sambungan baut, hal ini disebabkan karena rangka kuda-kuda terbuat dari Gavalum (baja ringan). Untuk contoh perhitungan sambungan baut kami meninjau joint 106 dengan analisa gaya batang (SAP2000) adalah sebagai berikut:



Gambar 4.89: Gambar Gaya Batang pada SAP 2000

- Profil Gavalum Lips Chanel 75.34.13.0,75 (Frame 8953, Frame 8872, Fraem 8955)

Data perencanaan :

P (frame 8588)	= 220,14 kg (tarik)
P (frame 8605)	= 1099,68 kg (tarik)
P (frame 8503)	= 374,65 kg (tarik)
σ_{dasar} Siku Ganda	= 5500 kg/cm ²
σ_{dasar} Baut (BJ37)	= 5500 kg/cm ²
Direncanakan :	
\varnothing Baut	= 8 mm

Tegangan geser yang diijinkan :

$$\begin{aligned}\tau &= 0,6 \times \sigma_{\text{dasar}} \dots \text{PPBBI 1983 Bab 8.2.1 hal 68} \\ &= 0,6 \times 5500 \\ &= 3300 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Tegangan tarik yang diijinkan :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{tarik}} &= 0,7 \times \sigma_{\text{dasar}} \dots \text{PPBBI 1983 Bab 8.2.1 hal 68} \\ &= 0,7 \times 5500 \\ &= 3850 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Kombinasi tegangan geser dan tarik yang diijinkan:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sqrt{\sigma_{\text{tarik}}^2 + 1,56 \tau^2} \leq \sigma_{\text{dasar}} \\ &= \sqrt{3850^2 + 1,56 \times 3300^2} \leq 5500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4122,17 \text{ kg/cm}^2 \leq 5500 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{Ok}\end{aligned}$$

Tegangan tumpu yang diijinkan :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{tu}} &= 1,2 \times \sigma_{\text{dasar}} \\ &= 1,2 \times 5500 \\ &= 6600 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Luas penampang baut (A)

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8^2 \\ &= 0,5 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kekuatan atas geser (*single shear*)

$$Kg = A_{\text{baut}} \times \tau$$

$$= 0,5 \times 3300$$

$$= 1657,92 \text{ kg}$$

▣ Kekuatan atas tumpu

$$K_{tu} = d_{\text{baut}} \times \sigma_{tu}$$

$$= 0,8 \times 6600$$

$$= 5280 \text{ kg}$$

Syarat baut ke tepi:

$$1,5d \leq s \leq 2d$$

$$1,5 \times 8 \text{ mm} \leq s \leq 2 \times 8 \text{ mm}$$

$$12 \text{ mm} \leq s \leq 16 \text{ mm}$$

$$\text{Spakai} = 15 \text{ mm}$$

Syarat baut ke baut yang lain:

$$2,5d \leq s \leq 7d$$

$$2,5 \times 8 \text{ mm} \leq s \leq 7 \times 8 \text{ mm}$$

$$20 \text{ mm} \leq s \leq 56 \text{ mm}$$

$$\text{Spakai} = 45 \text{ mm}$$

Digunakan nilai terkecil dari K_g dan K_{tu} untuk perhitungan kebutuhan baut. Sehingga untuk kebutuhan masing-masing Fream diatas adalah sebagai berikut :

1. Untuk Fream 8605 dengan gaya aksial yang ada sebesar 1099,68 kg

$$\text{Keperluan baut} = \frac{P}{K_{\text{geser}}}$$

$$= \frac{1099,68}{1657,92}$$

$$= 0,66$$

jumlah baut yang dipasang sebanyak 2 buah

$$\begin{aligned}\text{Cek kebutuhan baut } K^o &= \frac{P}{n} \\ &= \frac{1099,68}{2} \\ &= 549,84\end{aligned}$$

Cek kebutuhan baut $K^o \leq K_{geser}$
 $549,84 \text{ Kg} \leq 1657,92 \text{ Kg} \dots\dots \text{Ok}$

2. Untuk Fream 8503 dengan gaya aksial yang ada sebesar 374,65 kg

$$\begin{aligned}\text{Keperluan baut} &= \frac{P}{K_{geser}} \\ &= \frac{374,65}{1657,92} \\ &= 0,22\end{aligned}$$

jumlah baut yang dipasang sebanyak 2 buah

$$\begin{aligned}\text{Cek kebutuhan baut } K^o &= \frac{P}{n} \\ &= \frac{374,65}{2} \\ &= 187,32\end{aligned}$$

Cek kebutuhan baut $K^o \leq K_{geser}$
 $187,32 \text{ Kg} \leq 1657,92 \text{ Kg} \dots\dots \text{Ok}$

3. Untuk Fream 8588 dengan gaya aksial yang ada sebesar 220,14 kg

$$\text{Keperluan baut} = \frac{P}{K_{geser}}$$

$$\frac{4}{n} = \frac{220,14}{1657,92} = 0,13$$

jumlah baut yang dipasang sebanyak 2 buah

$$\begin{aligned} \text{Cek kebutuhan baut } K^o &= \frac{P}{n} \\ &= \frac{220,14}{2} \\ &= 110,07 \end{aligned}$$

Cek kebutuhan baut $K^o \leq K_{geser}$
 $110,07 \text{ Kg} \leq 1657,92 \text{ Kg} \dots \dots \text{Ok}$

2. Sambungan Dyna Bout

Dalam perhitungan ini sambungan yang digunakan untuk menyambung antara batang kuda-kuda dengan balok beton adalah Dyna bout dengan diameter $\varnothing 8 \text{ mm}$. Adapun data perencanaan yang diperlukan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.90 : Angkur Dyna Bout

- a. Mutu beton = 400 kg/cm²
- b. Mutu Dyna bout :
1. Tegangan dasar = 5500 kg/cm²
 2. Tegangan leleh = 8250 kg/cm²
- c. Out put SAP Fream 8588:
- P = 220,18 kg
- M = 3,45 kgcm
- L = 241,82 cm

Balok tumpuan = 40 cm x 60 cm

Diameter Dyna bout = Ø 8 mm

Dalam perhitungan Dyna Bout perlu dihitung eksentrisitas batang tarik maupun tekan pada konstruksi kuda-kuda galvalum, perhitungan sebagai berikut :

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

$$= \frac{3,45}{220,18}$$

$$= 0,015 \text{ cm}$$

$$W = \frac{1}{6} \times B \times L^2$$

$$= 1/6 \times 40 \times 60^2$$

$$= 24000 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{P}{A} + \frac{M}{W} \\ &= \frac{220,18}{40 \times 60} + \frac{3,45}{24000} \\ &= 0,092 \text{ kg/cm}^2 \leq 5500 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\min} &= \frac{P}{A} - \frac{M}{W} \\ &= \frac{220,18}{40 \times 60} - \frac{3,45}{24000} \\ &= 0,091 \text{ kg/cm}^2 \leq 5500 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$C = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}} \times L$$

$$C = \frac{0,092}{0,092 + 0,091} \times 40$$

$$= 20,1 \text{ cm}$$

$$e = c - \frac{1}{2} \times L = 20,1 \text{ cm} - \frac{1}{2} \times 40 = 0,1 \text{ cm}$$

$$a = c - \frac{1}{3} \times c - e = 20,1 - \frac{1}{3} \times 20,1 - 0,1 = 13,5 \text{ cm}$$

$$Y = L - \left[\frac{1}{2} \times (L - a) \times \frac{1}{2} \right] = 40 - \left[\frac{1}{4} \times (40 - 13,5) \right]$$

$$= 33,37 \text{ cm}$$

$$\sum M = 0$$

$$f_t = \frac{M + (p \times a)}{Y}$$

$$f_t = \frac{3,45 + (220,18 \times 13,5)}{33,37}$$

$$f_t = 89,18 \text{ kgcm}^2$$

Sehingga As yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{As baut} &= \frac{89,18}{5500} \\ &= 0,016 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As baut} &= \frac{1}{4} \times \mu \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \mu \times 8^2 \\ &= 50,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As netto baut} &= 0,75 \times \text{As baut} \\ &= 0,75 \times 5,026 \\ &= 3,77 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut} &= \frac{0,019}{3,77} \\ &= 0,0059 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

3. Panjang Angkur Dyna Bout



$$\begin{aligned}
 Ldb &= \frac{0,02 \times Ab \times fy}{\sqrt{fc'}} \\
 &= \frac{0,02 \times 50,26 \times 400}{\sqrt{25}} \\
 &= 80,416 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ldb &= 0,06 \times db \times fy \\
 &= 0,06 \times 0,8 \times 400 \\
 &= 19,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gambar 4.91 : Panjang angkur Dyna Bout

Karena dilapangan panjang dyna bout yang di peroleh $\varnothing 8$ mm dengan panjang 100 mm maka dyna bout yang digukan dengan Ldb 100 .mm

4.4.1.2. Perhitungan Penulangan Pelat

Pelat / slab adalah bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. Dalam design, gaya-gaya pada pelat bekerja menurut aksi satu - arah dan dua arah. Sehingga dikenal dengan adanya pelat satu arah (*one way slab*) dan pelat dua arah (*two way slab*). Pada prinsipnya, pelat satu arah serupa dengan balok-lebar dengan gaya momen lentur terutama bekerja dalam satu arah (l_x). Sedangkan pada pelat dua arah, momen lentur akan bekerja pada kedua arah bentang pelat (l_y dan l_x).

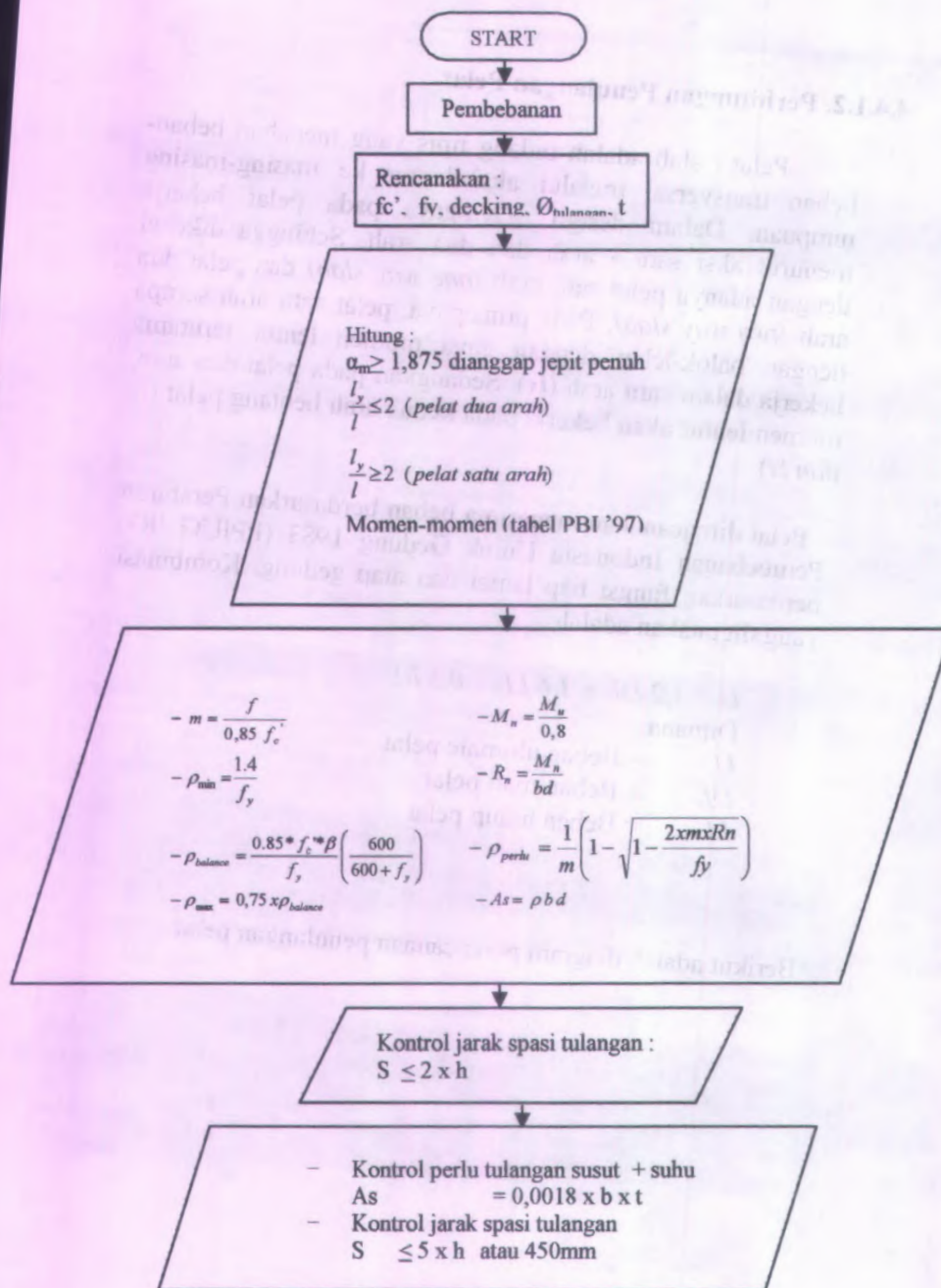
Pelat direncanakan menerima beban berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG '83) berdasarkan fungsi tiap lantai dan atap gedung. Kombinasi yang digunakan adalah:

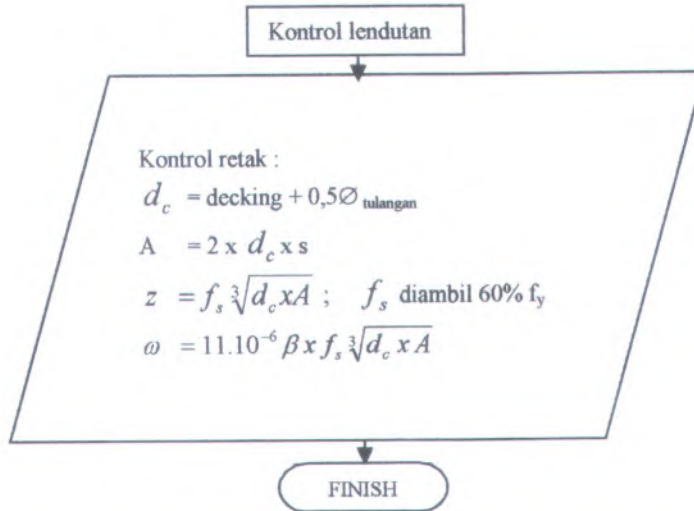
$$U = 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 RL$$

Dimana;

- U = Beban ultimate pelat
- DL = Beban mati pelat
- LL = Beban hidup pelat

Berikut adalah diagram perencanaan penulangan pelat :





Untuk analisis gaya dalam (momen-momen) yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971 Ps.13.3 tabel 13.3.1).

Data-data perencanaan dalam perhitungan pelat adalah:

$$f_c \text{ (mutu beton)} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ (mutu baja)} = 240 \text{ Mpa}$$

$$t \text{ (tebal pelat)} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{decking} = 20 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 9.7.(1)c)

$$\text{Direncanakan } \varnothing_{\text{tulangan}} = 10 \text{ mm}$$

$$\frac{l_y}{l_x} \leq 2$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{3,6} = 1,1$$

Dalam bukunya, "Disain Beton Bertulang, oleh Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon pada Bab 16 menyatakan bahwa : bila perbandingan dari bentang L (l_y)

terhadap bentang pendek $S (lx)$ kurang dari sekitar 2, maka permukaan lendutan dari daerah yang diarsir (permukaan pelat) mempunyai kelengkungan ganda. Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling panel (pelat), dengan demikian panel menjadi suatu pelat dua arah (*two way slab*)". Maka tipe plat termasuk dalam pelat dua arah.

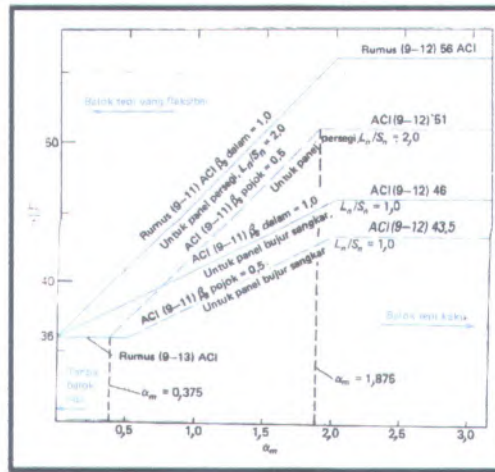
Dari buku **CK.Wang dan CG.Salmon Jilid II** halaman 135 terdapat juga pernyataan mengenai anggapan perletakan pelat, yaitu :

$\alpha_m \leq 0,375$ → sebagai tanpa balok tepi

$1,875 > \alpha_m \geq 0,375$ → sebagai balok tepi yang fleksibel

$\alpha_m \geq 1,875$ → sebagai balok tepi yang kaku

Dalam perhitungan analisis pelat dua arah ini digunakan *metode koefisien momen*. Dimana nilai koefisien momennya didapat berdasarkan *Tabel 13.3.1, PBI 1971..* Karena nilai $\alpha_m = 16,62$ untuk tipe pelat $A \geq 1,875$; maka berdasarkan *Gambar 16.5.* dalam bukunya "*Disain Beton Bertulang*, oleh *Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon*" bisa dikatakan bahwa pelat termasuk dalam pelat yang kaku/ terjepit penuh *Gambar 4.85* pada Tugas Akhir ini.



Grafik 4.2 : Diagram tebal pelat minimum.

Dari perhitungan harga α_m pada perencanaan tebal pelat lantai, maka diketahui harga $\alpha_m \geq 1,875$; sehingga asumsi perletakan pelat adalah **jepit penuh**. Dimana dalam menganalisa gaya-gaya dalam yang terjadi pada pelat menggunakan **Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBBI '71) pasal 13.3 tabel 13.3.(1) halaman 202**.

Dikarenakan pelat yang direncanakan **terjepit penuh** oleh balok pada keempat sisinya sehingga pada **Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBBI '71) pasal 13.3 tabel 13.3.(1)** pelat termasuk dalam **tipe II** dimana persamaan gaya dalam momen yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$M_{tx} = -0,001 \times q \times Lx^2 \times Xx$$

$$M_{lx} = +0,001 \times q \times Lx^2 \times Xx$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q \times Lx^2 \times Xy$$

$$M_{ly} = +0,001 \times q \times Lx^2 \times Xy$$

Dimana :

M_{tx} = Momen tumpuan arah x

M_{lx} = Momen lapangan arah x

M_{ty} = Momen tumpuan arah y

M_{ly} = Momen lapangan arah y

Pada penulangan pelat akan dibahas 2 contoh penulangan pelat yaitu **Penulangan Pelat Lantai tipe A As [A-B;7-8]** dan **Penulangan Pelat Atap tipe P As [A-B;1-2]**.

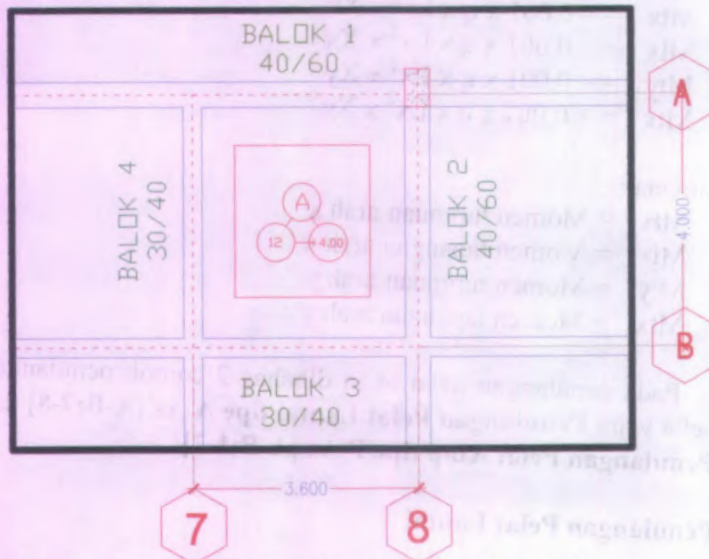
◆ Penulangan Pelat Lantai

Berikut akan dibahas penulangan pelat lantai **tipe A As [A-B;7-8]**. Adapun data-data, gambar denah tipe pelat dan perhitungan penulangan pelat lantai adalah sebagai berikut :

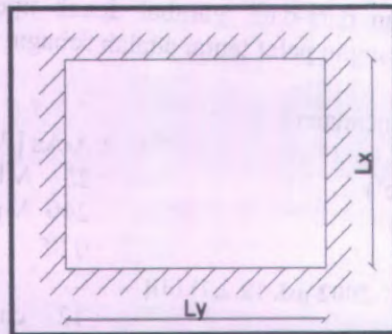
✧ Data-data perencanaan :

- Tipe pelat : A As [A-B;7-8]
- Mutu beton (f_c') : 25 MPa
- Mutu baja (f_y) : 240 Mpa
- β : 0,85
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7).(3)]
- Tebal pelat : 12 cm
- Tebal selimut beton : 20 mm
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1).(c)]

- \varnothing tulangan lentur : 10 mm
- \varnothing tulangan susut : 8 mm
- Bentang pelat sumbu panjang : 400 cm
- Bentang pelat sumbu pendek : 360 cm
- q_u pelat untuk sekolah : 924,4 kg/m²



Gambar 4.92 : Denah pelat lantai tipe A As [A-B;7-8].



Gambar 4.93 : Denah perletakan tumpuan pelat lantai.

✳ Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat

$$\frac{l_y}{l_x} \leq 2$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{3,6} = 1,1 \text{ (Two Way Slab)}$$

✳ Momen-momen pelat yang dihitung dengan menggunakan **tabel 13.3.2 PBB1-1971**

- Lapangan : $X_x = 25$ dan $X_y = 21$
- Tumpuan : $X_x = 59$ dan $X_y = 54$

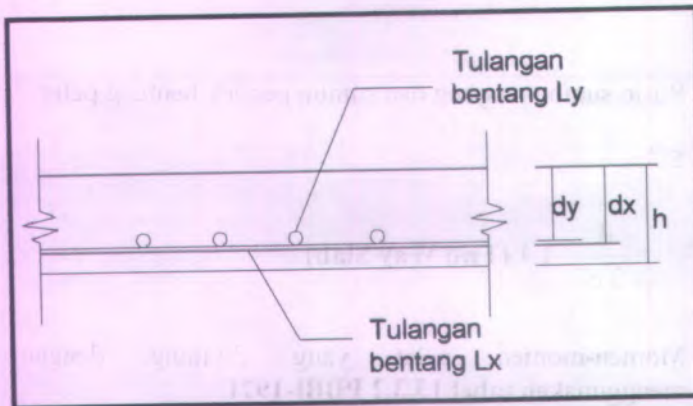
Perhitungan momen-momen pelat

$$\begin{aligned} M_{tux} &= -0.001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\ &= -0.001 \times 924,4 \times 3,6^2 \times 59 \\ &= -706,83 \text{ kg.m} = \mathbf{-7068300 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lux} &= 0.001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\ &= 0.001 \times 924,4 \times 3,6^2 \times 25 \\ &= 299,50 \text{ kg.m} = \mathbf{2995000 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tuy} &= -0.001 \times q \times L_x^2 \times X_y \\ &= -0.001 \times 924,4 \times 3,6^2 \times 54 \\ &= -646,90 \text{ kg.m} = \mathbf{-6469000 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{luy} &= 0.001 \times q \times L_x^2 \times X_y \\ &= .001 \times 924,4 \times 3,6^2 \times 21 \\ &= 251,58 \text{ kg.m} = \mathbf{2515800 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$



Gambar 4.94 : Potongan pelat lantai.

Karena pelat memiliki dua arah tulangan utama yang berbeda (tulangan arah ly dan tulangan arah lx) maka tinggi efektif dari pelat adalah :

✳️ Tebal manfaat pelat :

$$\begin{aligned}
 dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan}} \\
 &= 120 - 20 - (\frac{1}{2} \times 10) \\
 &= 95 \text{ mm} \\
 dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan}} \\
 &= 120 - 20 - 10 - (\frac{1}{2} \times 10) \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sebagai pertimbangan nilai ekonomis, yaitu hemat dalam pemakaian baja tulangan serta diharapkan tinggi penampang yang optimal, maka diperlukan adanya batasan-batasan rasio tulangan (perbandingan tulangan tarik dengan komponen tekan beton). Karena penampang yang tipis walaupun tulangannya banyak dapat menimbulkan defleksi yang berlebihan.

$$\begin{aligned}
 \times \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1}] \\
 &= \frac{1,4}{240} \\
 &= 0,00583
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \times \rho_{balance} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3}] \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\
 &= 0,0537
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \times \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_{balance} \\
 &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3}] \\
 &= 0,75 \times 0,0537 \\
 &= 0,040
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \times m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{240}{0,85 \times 25} \\
 &= 11,29
 \end{aligned}$$

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.7(3)* diperoleh nilai β_1 untuk mutu beton 25 Mpa adalah sebesar 0,85.

❖ Penulangan Tumpuan

• Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 706,83 \text{ kNm} = 7068300 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{0,8} = \frac{7068300}{0,8} = 8835375$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{8835375}{1000 \times 95^2} = 0,98$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,98}{240}} \right) \\ &= 0,0042 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00583 < 0,0042 < 0,020 \dots \dots (OK)$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %
 $1,33 \times \rho_{perlu} = 1,33 \times 0,0042 = 0,0056$

- Dipakai $\rho_{perlu} = 0,0056$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tarik}} &= \rho_{perlu} \times b \times h \\ &= 0,0056 \times 1000 \times 95 \\ &= 530,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $\delta = \frac{A_s'}{A_s} = 0,5 \dots \dots \dots$ Ditentukan

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tekan}} &= \delta \times A_s \\ &= 0,5 \times 530,7 \text{ mm}^2 \\ &= 265,335 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu :*(SNI-03-2847-2002 psl.9.12.1)*Didapatkan $\rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$

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

Pemilihan tulangan : $A_s_{\text{tarik}} = 530,7 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$ $(A_s_{\text{pasang}} = 785,398 \text{ mm}^2)$ $A_s_{\text{tekan}} = 265,33 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$ $(A_s_{\text{pasang}} = 785,398 \text{ mm}^2)$ $A_s_{\text{susut}} = 216 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$ $(A_s_{\text{pasang}} = 251,2 \text{ mm}^2)$ **Kontrol jarak spasi tulangan :***(SNI-03-2847-2002 psl 15.3.2)*

$$S_{\text{max}} \leq 2h$$

$$100 \text{ mm} \leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut :*(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.12.2.2)*

$$S_{\text{max}} \leq 5h$$

Sehingga,

$$200 \text{ mm} \leq 5 \times 120 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Pemasangan Tul Susut + Suhu dipasang ujung kiri dan kanan tumpuan baik pada arah bentang I_x maupun I_y . Lebar lajur pemasangan tulangan susut, diukur dari muka bagian dalam balok-balok penumpu ke arah lapangan pelat, masing-masing sebesar 0,22 *(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12)* yaitu:

- Ke arah bentang panjang = $0,22 \times (400-20-15) = 80,3 \approx 90 \text{ cm}$
- Ke arah bentang pendek = $0,22 \times (360-20-15) = 71,5 \approx 80 \text{ cm}$

• **Tumpuan Arah Y**

$$M_{ty} = 646,90 \text{ kgm} = 6469000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ty}}{0,8} = \frac{6469000}{0,8} = 8086250$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{8086250}{1000 \times 85^2} = 1,12$$

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

$$= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 1,12}{240}} \right)$$

$$= 0,0048$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,00583 < 0,0048 < 0,020 \dots \dots (\text{TIDAK OK})$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %
 $1,33 \times \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \times 0,0048 = 0,0064$

- Dipakai $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} = 0,00583$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tarik} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,00583 \times 1000 \times 85 \\ &= 493 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $\delta = \frac{A_s'}{A_s} = 0,5 \dots \dots \text{Ditentukan}$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tekan} &= \delta \times A_s \\ &= 0,5 \times 493 \text{ mm}^2 \\ &= 246 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu :*(SNI-03-2847-2002 psl.9.12.1)*

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

Pemilihan tulangan :As_{tarik} = 493 mm²; pilihlah tulangan $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$ (As_{pasang} = 523,6 mm²)As_{tekan} = 246 mm²; pilihlah tulangan $\varnothing 10 - 300 \text{ mm}$ (As_{pasang} = 261 mm²)As_{susut} = 216 mm²; pilihlah tulangan $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$ (As_{pasang} = 251,2 mm²)**Kontrol jarak spasi tulangan :***(SNI-03-2847-2002 psl 15.3.2)*

$$S_{\text{max}} \leq 2h$$

$$150 \text{ mm} \leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut :*(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.12.2.2)*

$$S_{\text{max}} \leq 5h$$

Sehingga,

$$200 \text{ mm} \leq 5 \times 120 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Pemasangan Tul Susut + Suhu dipasang ujung kiri dan kanan tumpuan baik pada arah bentang I_x maupun I_y. Lebar lajur pemasangan tulangan susut, diukur dari muka bagian dalam balok-balok penumpu ke arah lapangan pelat, masing-masing sebesar 0,22 (*SNI 03-2847-2002 pasal 9.12*) yaitu:

- Ke arah bentang panjang = $0,22 \times (400-20-15) = 80,3 \approx 90 \text{ cm}$
- Ke arah bentang pendek = $0,22 \times (360-20-15) = 71,5 \approx 80 \text{ cm}$

✳ Penulangan Lapangan

• Lapangan Arah X

$$M_{lx} = 299,50 \text{ kgm} = 2995000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{0,8} = \frac{2995000}{0,8} = 3743750$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{3743750}{1000 \times 95^2} = 0,41$$

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

$$= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,41}{240}} \right)$$

$$= 0,0017$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00583 < 0,0017 < 0,020 \dots \dots (\text{TIDAK OK})$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %

$$1,33 \times \rho_{perlu} = 1,33 \times 0,0017 = 0,0023$$

- Dipakai $\rho_{perlu} = 0,00233$

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

$$= 0,00233 \times 1000 \times 95$$

$$= 221,35 \text{ mm}^2$$

Pemilihan tulangan :

$$A_s \text{ tarik} = 221,35 \text{ mm}^2; \text{ pilihlah tulangan } \varnothing 10 - 100 \text{ mm}$$

$$(A_{s \text{ pasang}} = 785 \text{ mm}^2)$$

$$A_s \text{ tekan} = \text{Tidak ada di daerah lapangan (Tulangan Tunggal)}$$

• Lapangan Arah Y

$$M_{ly} = 251,58 \text{ kNm} = 2515800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ly}}{0,8} = \frac{2515800}{0,8} = 3144750$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{3144750}{1000 \times 85^2} = 0,44$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,44}{240}} \right) \\ &= 0,0018 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00583 < 0,0018 < 0,020 \dots \dots \text{(TIDAK OK)}$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %
 $1,33 \times \rho_{perlu} = 1,33 \times 0,0018 = 0,0024$

- Dipakai $\rho_{perlu} = 0,0024$
 $A_{s \text{ tarik}} = \rho_{perlu} \times b \times h$
 $= 0,0024 \times 1000 \times 85$
 $= 204 \text{ mm}^2$

Pemilihan tulangan :

$A_{s \text{ tarik}} = 204 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$
 ($A_{s \text{ pasang}} = 523,6 \text{ mm}^2$)

$A_{s \text{ tekan}} =$ Tidak ada di daerah lapangan (Tulangan Tunggal)

✧ Kontrol Lendutan

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.5.3).(4)]

Dikarenakan tebal pelat yang digunakan lebih besar dari tebal pelat minimum, maka lendutan tidak perlu dikontrol.

✧ Kontrol Retak

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.6]

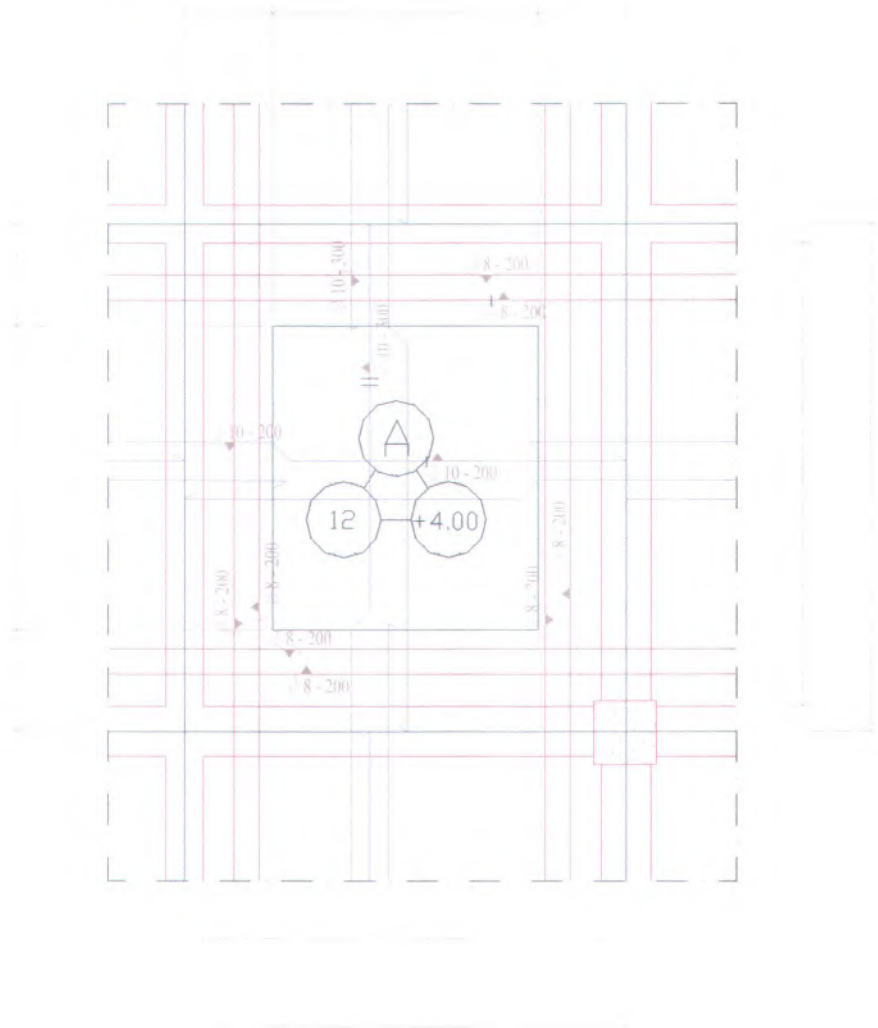
Karena tegangan leleh rencana $f_y = 240$ Mpa untuk tulangan tarik < 300 Mpa, maka tidak perlu kontrol retak

Dari hasil perhitungan penulangan pelat lantai di atas dan pada tabel excel di lampiran, maka dapat disimpulkan :

1. Pada perhitungan Penulangan Pelat Lantai Arah **Sumbu X** sebagai berikut :
 - **TUMPUAN** : Ø 10 – 100 mm
 - **LAPANGAN** : Ø 10 – 100 mm
 - **SUSUT + SUHU** : Ø 8 – 200 mm

2. Pada perhitungan Penulangan Pelat Lantai Arah **Sumbu Y** sebagai berikut :
 - **TUMPUAN** : Ø 10 – 150 mm
 - **LAPANGAN** : Ø 10 – 150 mm
 - **SUSUT + SUHU** : Ø 8 – 200 mm

✧ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :



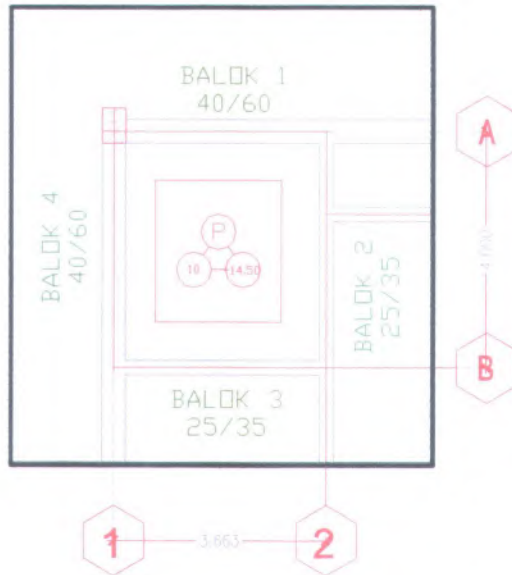
Gambar 4.95 : Detail Penulangan Pelat Lantai Tipe A

◆ Penulangan Pelat Atap

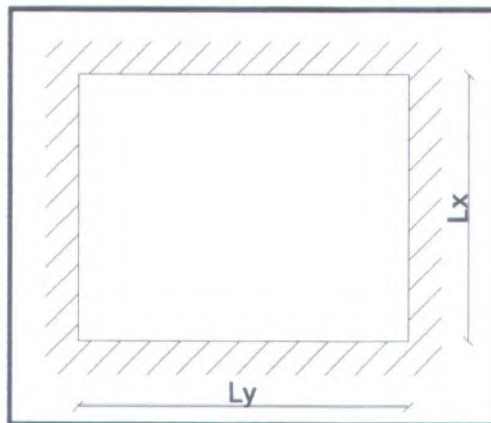
Berikut akan dibahas penulangan pelat lantai tipe P As [A-B;1-2]. Adapun data-data, gambar denah tipe pelat dan perhitungan penulangan pelat lantai adalah sebagai berikut :

✧ Data-data perencanaan :

- Tipe pelat : P As [A-B;1-2]
- Mutu beton (f_c') : 25 MPa
- Mutu baja (f_y) : 240 Mpa
- β : 0,85
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7).(3)]
- Tebal pelat : 10 cm
- Tebal selimut beton : 20 mm
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1).(c)]
- \varnothing tulangan lentur : 10 mm
- \varnothing tulangan susut : 8 mm
- Bentang pelat sumbu panjang : 400 cm
- Bentang pelat sumbu pendek : 360 cm
- q_u pelat untuk sekolah : 518,60 kg/m



Gambar 4.96 : Denah pelat lantai tipe P As [A-B;1-2].



Gambar 4.97 : Denah perletakan tumpuan pelat atap.

✧ Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat

$$\frac{l_y}{l_x} \leq 2$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{3,6} = 1,1 \text{ (Two Way Slab)}$$

✧ Momen-momen pelat yang dihitung dengan menggunakan tabel 13.3.2 PBBI-1971

- Lapangan : $X_x = 25$ dan $X_y = 21$
- Tumpuan : $X_x = 59$ dan $X_y = 54$

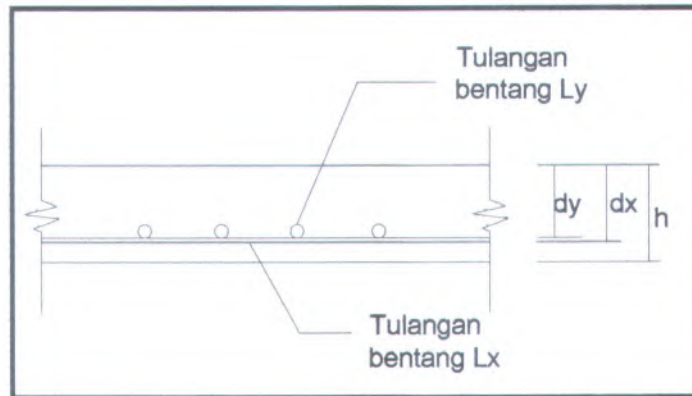
Perhitungan momen-momen pelat

$$\begin{aligned} M_{tux} &= -0.001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\ &= -0.001 \times 924,4 \times 3,6^2 \times 59 \\ &= -396,5 \text{ kg.m} = \mathbf{-3965000 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lux} &= 0.001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\ &= 0.001 \times 924,4 \times 3,6^2 \times 25 \\ &= 168,0 \text{ kg.m} = \mathbf{1680000 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tuy} &= -0.001 \times q \times L_x^2 \times X_y \\ &= -0.001 \times 924,4 \times 3,6^2 \times 54 \\ &= -362,9 \text{ kg.m} = \mathbf{-3629000 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{luy} &= 0.001 \times q \times L_x^2 \times X_y \\ &= 0.001 \times 924,4 \times 3,6^2 \times 21 \\ &= 141,1 \text{ kg.m} = \mathbf{1411000 \text{ Nmm}} \end{aligned}$$



Gambar 4.98 : Potongan pelat lantai atap.

Karena pelat memiliki dua arah tulangan utama yang berbeda (tulangan arah ly dan tulangan arah lx) maka tinggi efektif dari pelat adalah :

✧ Tebal manfaat pelat :

$$\begin{aligned} \bullet \quad dx &= \text{tebal pelat - decking} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan}} \\ &= 100 - 20 - \left(\frac{1}{2} \times 10 \right) \\ &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat - decking} - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan}} \\ &= 100 - 20 - 10 - \left(\frac{1}{2} \times 10 \right) \\ &= 65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sebagai pertimbangan nilai ekonomis, yaitu hemat dalam pemakaian baja tulangan serta diharapkan tinggi penampang yang optimal, maka diperlukan adanya batasan-batasan rasio tulangan (perbandingan tulangan tarik dengan komponen tekan beton). Karena penampang yang tipis walaupun tulangannya banyak dapat menimbulkan defleksi yang berlebihan.

$$\begin{aligned} \times \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1}] \\ &= \frac{1,4}{240} \\ &= 0,00583 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \times \rho_{balance} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3}] \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 240} \right)}{240} \\ &= 0,0538 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \times \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_{balance} \\ &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3}] \\ &= 0,75 \times 0,0538 \\ &= 0,040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \times m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{240}{0,85 \times 25} \\ &= 11,29 \end{aligned}$$

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.7(3)* diperoleh nilai β_1 untuk mutu beton 25 Mpa adalah sebesar 0,85.

✳ Penulangan Tumpuan

• Tumpuan Arah X

$$M_{tx} = 396,5 \text{ kgm} = 3965000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{0,8} = \frac{3965000}{0,8} = 4956250$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{4956250}{1000 \times 75^2} = 0,88$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,88}{240}} \right) \\ &= 0,0038 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00583 < 0,0038 < 0,020 \dots \dots \text{(TIDAK OK)}$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %

$$1,33 \times \rho_{perlu} = 1,33 \times 0,0038 = 0,0050$$

- Dipakai $\rho_{perlu} = 0,0050$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tarik}} &= \rho_{perlu} \times b \times h \\ &= 0,0050 \times 1000 \times 75 \\ &= 375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $\delta = \frac{A'_s}{A_s} = 0,5 \dots \dots \text{Ditentukan}$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tekan}} &= \delta \times A_s \\ &= 0,5 \times 375 \text{ mm}^2 \\ &= 187,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu :**(SNI-03-2847-2002 psl.9.12.1)**Didapatkan $\rho_{\text{susut pakai}} = 0,0018$

$$\begin{aligned} A_s \text{ susut perlu} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 100 \\ &= 180 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan :As tarik = 375 mm²; pilihlah tulangan Ø10 – 150 mm(As pasang = 523,59 mm²)As tekan = 187,5 mm²; pilihlah tulangan Ø10 – 300 mm(As pasang = 261,79 mm²)As susut = 180 mm²; pilihlah tulangan Ø8 – 250 mm(As pasang = 201,06 mm²)**Kontrol jarak spasi tulangan :****(SNI-03-2847-2002 psl 15.3.2)**

$$S_{\text{max}} \leq 2h$$

$$150 \text{ mm} \leq 2 \times 120 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut :**(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.12.2.2)**

$$S_{\text{max}} \leq 5h$$

Sehingga,

$$250 \text{ mm} \leq 5 \times 120 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Pemasangan Tul Susut + Suhu dipasang ujung kiri dan kanan tumpuan baik pada arah bentang I_x maupun I_y . Lebar lajur pemasangan tulangan susut, diukur dari muka bagian dalam balok-balok penumpu ke arah lapangan pelat, masing-masing sebesar 0,22 (SNI 03-2847-2002 pasal 9.12) yaitu:

- Ke arah bentang panjang = $0,22 \times (400 - 20 - 12,5) = 80,9 \approx 90 \text{ cm}$
- Ke arah bentang pendek = $0,22 \times (360 - 20 - 12,5) = 72,5 \approx 80 \text{ cm}$

• Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = 362,9 \text{ kgm} = 3629000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ty}}{0,8} = \frac{3629000}{0,8} = 4536250$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{4536250}{1000 \times 65^2} = 1,07$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 1,07}{240}} \right) \\ &= 0,0046 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00583 < 0,0046 < 0,020 \dots \dots \text{(TIDAK OK)}$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %

$$1,33 \times \rho_{perlu} = 1,33 \times 0,0046 = 0,0061$$

▪ Dipakai $\rho_{perlu} = \rho_{min} = 0,00583$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tarik}} &= \rho_{perlu} \times b \times h \\ &= 0,00583 \times 1000 \times 65 \\ &= 379 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

▪ $\delta = \frac{A'_s}{A_s} = 0,5 \dots \dots \text{Ditentukan}$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tekan}} &= \delta \times A_s \\ &= 0,5 \times 379 \text{ mm}^2 \\ &= 189,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu :*(SNI-03-2847-2002 psl.9.12.1)*

$$\begin{aligned} \text{Didapatkan } \rho_{\text{susut pakai}} &= 0,0018 \\ \text{As}_{\text{ susut perlu}} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 100 \\ &= 180 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan :

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{ tarik}} &= 379 \text{ mm}^2; \text{ pilihlah tulangan } \phi 10 - 200 \text{ mm} \\ &(\text{As}_{\text{ pasang}} = 392,6 \text{ mm}^2) \\ \text{As}_{\text{ tekan}} &= 189,5 \text{ mm}^2; \text{ pilihlah tulangan } \phi 10 - 400 \text{ mm} \\ &(\text{As}_{\text{ pasang}} = 196,34 \text{ mm}^2) \\ \text{As}_{\text{ susut}} &= 180 \text{ mm}^2; \text{ pilihlah tulangan } \phi 8 - 250 \text{ mm} \\ &(\text{As}_{\text{ pasang}} = 201,6 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :*(SNI-03-2847-2002 psl 15.3.2)*

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 2h \\ 200 \text{ mm} &\leq 2 \times 120 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} &\leq 240 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut :*(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.12.2.2)*

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 5h \\ \text{Sehingga,} \\ 250 \text{ mm} &\leq 5 \times 120 \text{ mm} \\ 250 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

Pemasangan Tul Susut + Suhu dipasang ujung kiri dan kanan tumpuan baik pada arah bentang I_x maupun I_y . Lebar lajur pemasangan tulangan susut, diukur dari muka bagian dalam balok-balok penumpu ke arah lapangan pelat, masing-masing sebesar 0,22 *(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12)* yaitu:

- Ke arah bentang panjang = $0,22 \times (400 - 20 - 12,5) = 80,9 \approx 90 \text{ cm}$
- Ke arah bentang pendek = $0,22 \times (360 - 20 - 12,5) = 72,5 \approx 80 \text{ cm}$

✧ Penulangan Lapangan

• Lapangan Arah X

$$Mlx = 168,0 \text{ kgm} = \mathbf{1680000 \text{ Nmm}}$$

$$Mn = \frac{Mlx}{0,8} = \frac{1680000}{0,8} = 2100000$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{2100000}{1000 \times 75^2} = 0,37$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,37}{240}} \right) \\ &= 0,0016 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00583 < 0,0016 < 0,020 \dots \dots (\text{TIDAK OK})$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %

$$1,33 \times \rho_{perlu} = 1,33 \times 0,0016 = 0,0021$$

▪ Dipakai $\rho_{perlu} = 0,0021$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tarik} &= \rho_{perlu} \times b \times h \\ &= 0,0021 \times 1000 \times 75 \\ &= 157,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan :

$A_s \text{ tarik} = 157,5 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\text{Ø}10 - 150 \text{ mm}$

($A_s \text{ pasang} = 523,5 \text{ mm}^2$)

$A_s \text{ tekan} =$ Tidak ada di daerah lapangan (Tulangan Tunggal)

• Lapangan Arah Y

$$Mly = 141,1 \text{ kgm} = 1411000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mly}{0,8} = \frac{1411000}{0,8} = 1763750$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{1763750}{1000 \times 65^2} = 0,42$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,92} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,92 \times 0,42}{240}} \right) \\ &= 0,0018 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00583 < 0,0018 < 0,020 \dots \dots \text{(TIDAK OK)}$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %

$$1,33 \times \rho_{perlu} = 1,33 \times 0,0018 = 0,0023$$

▪ Dipakai $\rho_{perlu} = 0,0024$

$$\begin{aligned} As_{tarik} &= \rho_{perlu} \times b \times h \\ &= 0,0023 \times 1000 \times 65 \\ &= 149,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan :

$As_{tarik} = 149,5 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\text{Ø}10 - 200 \text{ mm}$

($As_{pasang} = 392,6 \text{ mm}^2$)

As_{tekan} = Tidak ada di daerah lapangan (Tulangan Tunggal)

✧ Kontrol Lendutan

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.5.3).(4)]

Dikarenakan tebal pelat yang digunakan lebih besar dari tebal pelat minimum, maka lendutan tidak perlu dikontrol.

✧ Kontrol Retak

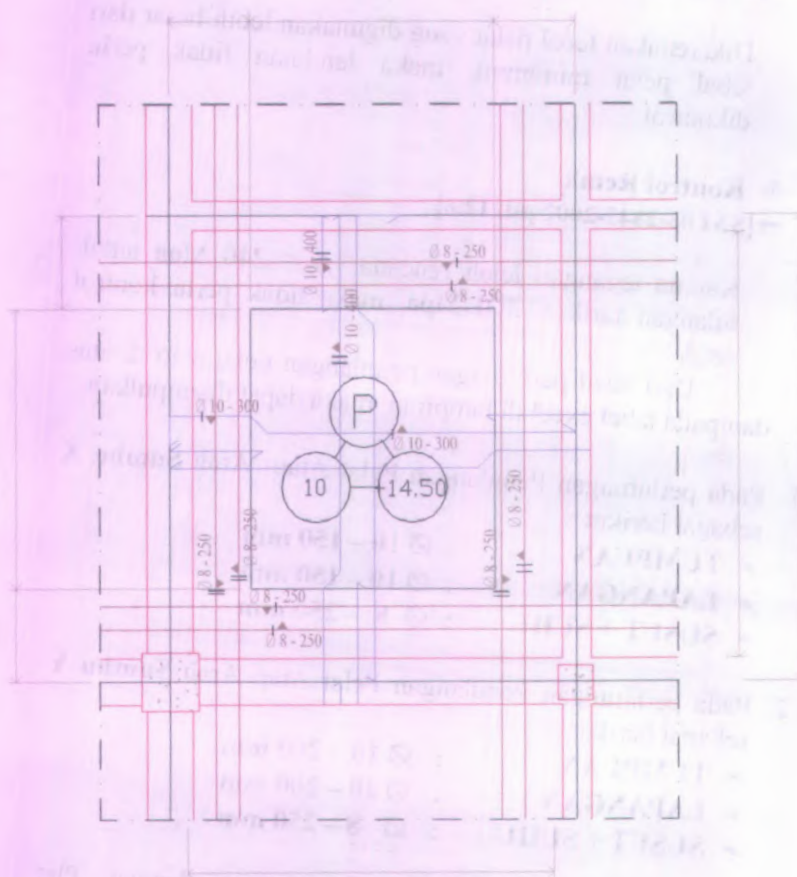
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.6]

Karena tegangan leleh rencana $f_y = 240$ Mpa untuk tulangan tarik < 300 Mpa, maka tidak perlu kontrol retak

Dari hasil perhitungan penulangan pelat atap di atas dan pada tabel excel di lampiran, maka dapat disimpulkan :

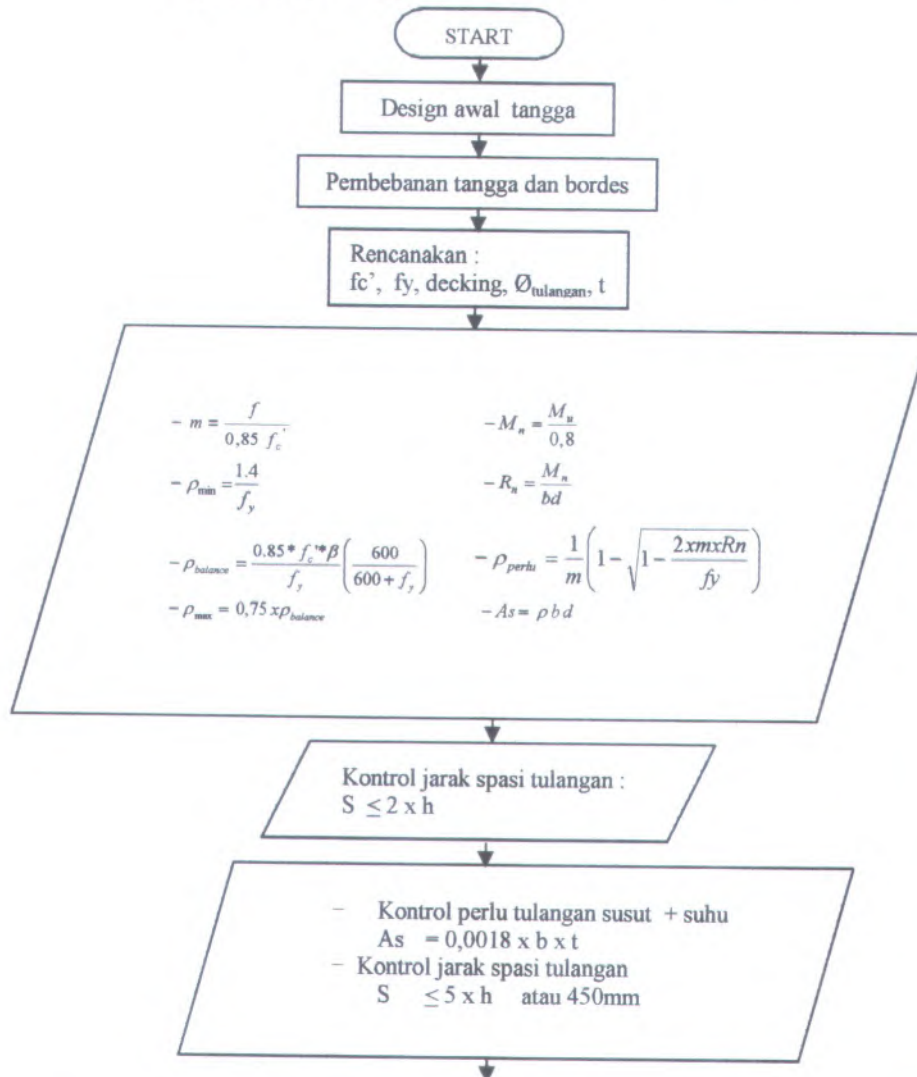
1. Pada perhitungan Penulangan Pelat Atap Arah **Sumbu X** sebagai berikut :
 - **TUMPUAN** : Ø 10 – 150 mm
 - **LAPANGAN** : Ø 10 – 150 mm
 - **SUSUT + SUHU** : Ø 8 – 250 mm
2. Pada perhitungan Penulangan Pelat Atap Arah **Sumbu Y** sebagai berikut :
 - **TUMPUAN** : Ø 10 – 200 mm
 - **LAPANGAN** : Ø 10 – 200 mm
 - **SUSUT + SUHU** : Ø 8 – 250 mm

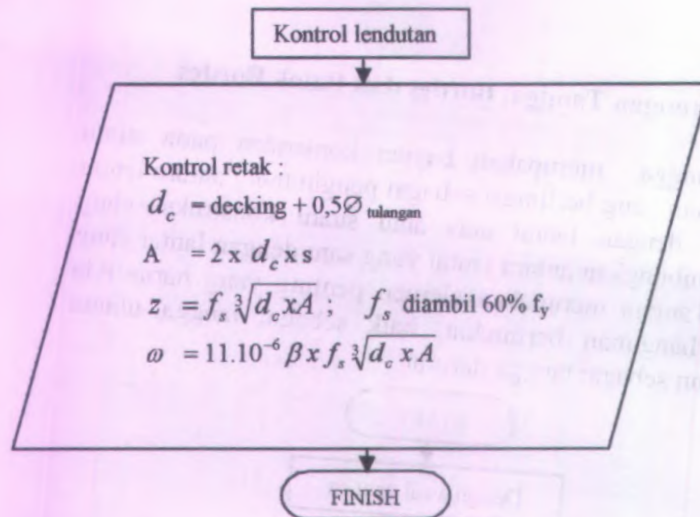
Untuk perhitungan kebutuhan penulangan Plat Lantai dan Plat Atap Tangga pada tiap – tiap type yang terdapat pada masing – masing lantai, baik lantai 2, 3, 4, maupun lantai atap dapat dilihat pada lampiran tabel tulangan yang telah terlampir dalam laporan Proyek Akhir.

✧ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**Gambar 4.99 : Detail penulangan pelat lantai atap Tipe P**

4.4.1.3. Perhitungan Tangga, Bordes dan Balok Bordes

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

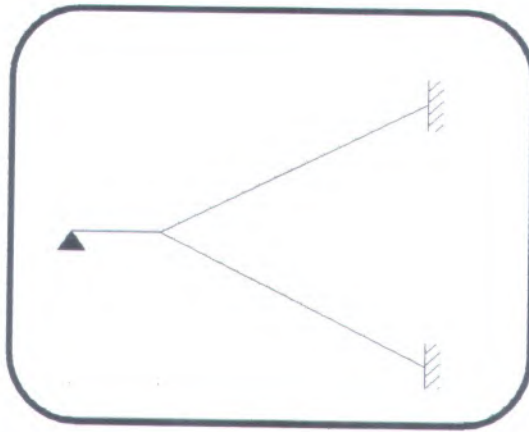




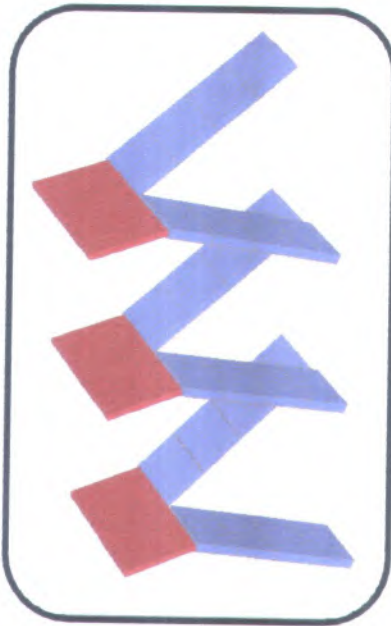
Pemodelan struktur tangga dalam hal ini menggunakan program SAP 2000 v 10. Adapun data – data yang di-*input* adalah sebagai berikut :

1. *Restraints* → Perletakkan jepit-sendi-jepit (pada titik – titik joint pada tumpuan)
2. *Load cases* → DL dan LL
3. *Combinations* → 1,2DL + 1,6LL
4. *Area Loads (Uniform Shell)* → Untuk semua beban (DL dan LL), besarnya beban sesuai dengan input pembebanan SAP tangga pada **sub-bab 4.1.2** di atas

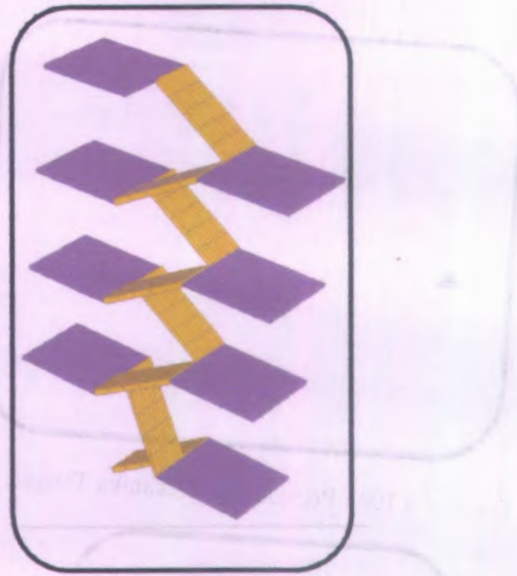
Permodelan struktur tangga terbagi atas, tangga utama dan tangga darurat, yaitu seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4.100 : Permodelan Mekanika Tangga.



Gambar 4.101 : Permodelan Struktur 3D Tangga Utama.



Gambar 4.102 : Permodelan Struktur 3D Tangga Darurat.

➤ **Tangga Utama :**

✧ **Pelat Anak Tangga**

Momen Lentur M 2-2 (Momen Maksimum)

Tump./ Lap = Area 673 Joint 370= **-6.982.081 Nmm/m**

✧ **Pelat Bordes**

Momen Lentur M 2-2(Momen Maksimum)

Tump. / Lap. = Area 137 Joint 139= **-4.476.105 Nmm/m**

➤ **Tangga Darurat :**

✧ **Pelat Anak Tangga**

Momen Lentur M 2-2 (Momen Maksimum)

Tump./ Lap = Area 4724 Joint 716= **-20.530.815 Nmm/m**

✧ **Pelat Bordes**

Momen Lentur M 2-2 (Momen Maksimum)

Tump. /Lap. = Area 1679 Joint 425= **-1.647.650 Nmm/m**

◆ Penulangan Tangga

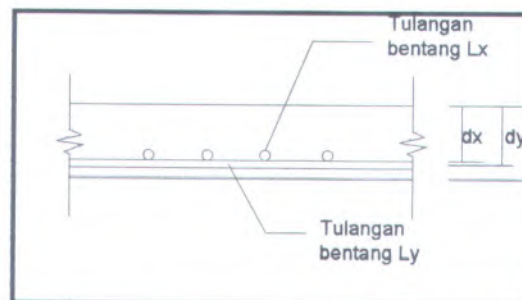
Berikut akan dibahas penulangan tangga As [G-H;5-6]. Adapun data-data dan perhitungan penulangan tangga adalah sebagai berikut :

✧ Data-data :

- Tipe tangga : As [G-H;5-6]
- Mutu beton (f_c') : 25 MPa
- Mutu baja (f_y) : 240 Mpa
- Berat jenis beton : 2400 kg/m^3
- β : 0,85
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7).(3)]
- Tebal pelat anak tangga : 12 cm
- Tebal pelat bordes : 12 cm
- Tebal selimut beton : 20 mm
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1).(c)]
- \varnothing tulangan lentur arah y : $\varnothing - 12$ mm
- \varnothing tulangan lentur arah x : $\varnothing - 8$ mm

✧ Perhitungan :

A. Penulangan Plat Anak Tangga



Gambar 4.103 : Potongan pelat tangga utama .

✳ Tebal manfaat pelat :

$$dx = t \text{ pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$= 120 - 20 - (\frac{1}{2} \times 12) = 94 \text{ mm}$$

$$dy = t \text{ pelat} - \text{decking} - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$= 120 - 20 - 12 - (\frac{1}{2} \times 12) = 82 \text{ mm}$$

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

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1]

$$= \frac{1,4}{240}$$

$$= 0,00583$$

$$\text{✳ } \rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3]

$$= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$= 0,054$$

$$\text{✳ } \rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3]

$$= 0,75 \times 0,054$$

$$= 0,0405$$

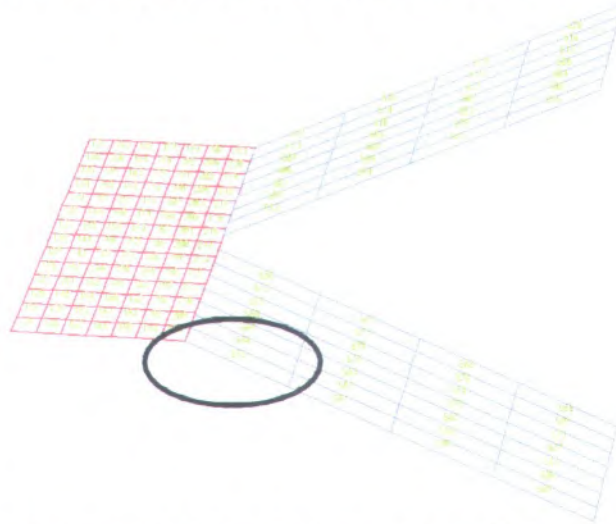
$$\text{✳ } m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{240}{0,85 \times 25}$$

$$= 11,29$$

✧ Penulangan Arah Y

Dari analisa gaya dalam struktur tangga yang telah diberi beban, didapat dari output SAP 2000 sebesar :



Gambar 4.104 : Momen terbesar pada area 592 joint 57

Pada (Area 592 : joint 57)

$$M_{22} = -6.982.081 \text{ Nmm/m (NILAI MAKS)}$$

$$M_n = \frac{M_t}{0,8} = \frac{6982081}{0,8} = 8727601 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d_y^2} = \frac{8727601}{1000 \times 82^2} = 1,29$$

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

$$= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 1,29}{240}} \right)$$

$$= 0,00554$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,00583 < 0,00554 < 0,04031 \dots \text{tidak ok}$$

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

$$1,33 \times \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \times 0,00554 = 0,0073$$

Dipakai $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min} = 0,00583$

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

$$= 0,00583 \times 1000 \times 82$$

$$= 478,06 \text{ mm}^2$$

$$\delta = \frac{A_s'}{A_s} = 0,5 \dots \dots \dots \text{Ditentukan}$$

$$A_s'_{\text{tekan}} = \delta \times A_s$$

$$= 0,5 \times 478 \text{ mm}^2$$

$$= 239 \text{ mm}^2$$

Pemilihan tulangan :

$A_s'_{\text{tarik}} = 478,06 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\emptyset 12 - 150 \text{ mm}$

($A_s'_{\text{pasang}} = 753,60 \text{ mm}^2$)

$A_s'_{\text{tekan}} = 239,00 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\emptyset 12 - 150 \text{ mm}$

($A_s'_{\text{pasang}} = 753,60 \text{ mm}^2$)

Jadi $A_s'_{\text{tarik}} = A_s'_{\text{tekan}} = \emptyset 12 - 150 \text{ mm}$ ($753,60 \text{ mm}^2$)

Kontrol jarak spasi tulangan :

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)]

$$S_{\max} \begin{aligned} &\leq 2 \times h \\ &\leq 2 \times 120 \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pasang}} = 150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \text{[OK]}$$

$$S_{\text{pasang}} = 150 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

Sehingga untuk tulangan arah Y –Tumpuan / Lapangan dipasang ($\emptyset 12 - 150 \text{ mm}$)

✧ Penulangan Arah X

Pada Penulangan Arah X Tangga Dipasang Tulangan Pembagi yang berfungsi juga sebagai Tulangan Susut + Suhu Tangga

Kontrol perlu tulangan susut + suhu

(SNI-03-2847-2002 psl. 9.12.1)

$$\begin{aligned} A_{\text{susut}} &= 0,002 \times b \times h \\ &= 0,002 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan $\emptyset 8 - 200 \text{ mm}$

$$(A_{s \text{ pasang}} = 251,12 \text{ mm}^2)$$

Kontrol spasi tulangan susut + suhu

(SNI-03-2847-2002 psl. 9.12.2)

$$\begin{aligned} S &< 5h < 450 \text{ mm} \\ 200 &< 5h < 450 \text{ mm} \quad \dots \text{ok} \\ S &< 5 \times h \\ &< 5 \times 120 \\ &< 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

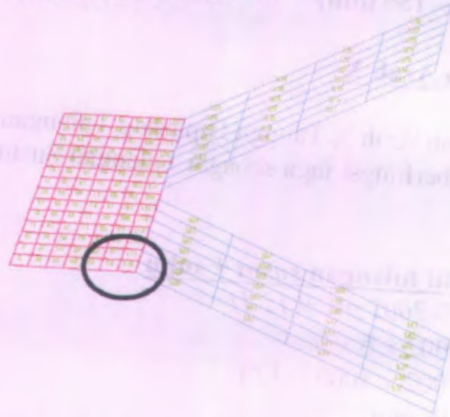
$$S_{\text{pasang}} = 200 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Sehingga untuk tulangan susut arah X Tumpuan / Lapangan dipasang ($\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$)

B. Penulangan Bordes Tangga

✧ Penulangan Arah X

Dari analisa gaya dalam struktur tangga yang telah diberi beban. didapat dari output SAP 2000 sebesar :



Gambar 4.105 : Momen terbesar pada area 110 joint 593

Pada (Area 110 : joint 593)

$$M_{22} = -4.476.105 \text{ Nmm/m (NILAI MAKS)}$$

$$M_n = \frac{M_t}{0,8} = \frac{4476105}{0,8} = 5595131 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d x^2} = \frac{5595131}{1000 \times 94^2} = 0,63$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,63}{240}} \right) \\ &= 0,0030\end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00583 < 0,0030 < 0,04031 \dots \text{tidak ok}$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} < \rho_{min}, \text{ maka } \rho_{perlu} \text{ dinaikkan } 30 \% \\ 1,33 \times \rho_{perlu} &= 1,33 \times 0,0030 = 0,0044\end{aligned}$$

Dipakai $\rho_{perlu} = 0,0044$

$$\begin{aligned}A_s \text{ tarik} &= \rho_{perlu} \times b \times dx \\ &= 0,0044 \times 1000 \times 94 \\ &= 413,60 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\delta = \frac{A_s'}{A_s} = 0,5 \dots \dots \dots \text{Ditentukan}$$

$$\begin{aligned}A_s' \text{ tekan} &= \delta \times A_s \\ &= 0,5 \times 413,60 \text{ mm}^2 \\ &= 206,80 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Pemilihan tulangan :

$A_s \text{ tarik} = 413,60 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\emptyset 12 - 150 \text{ mm}$

($A_s \text{ pasang} = 753,60 \text{ mm}^2$)

$A_s \text{ tekan} = 206,80 \text{ mm}^2$; pilihlah tulangan $\emptyset 12 - 150 \text{ mm}$

($A_s \text{ pasang} = 753,60 \text{ mm}^2$)

Jadi $A_s \text{ tarik} = A_s' \text{ tekan} = \emptyset 12 - 150 \text{ mm} (753,60 \text{ mm}^2)$

Kontrol jarak spasi tulangan :

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)]

$$S_{\max} \leq 2 \times h$$

$$\leq 2 \times 120$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pasang}} = 150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad [\text{OK}]$$

$$S_{\text{pasang}} = 150 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

Sehingga untuk tulangan arah X – Tumpuan / Lapangan dipasang ($\varnothing 12 - 150 \text{ mm}$)

✳ Penulangan Arah Y

Pada Penulangan Arah Y Tangga Dipasang Tulangan Pembagi yang berfungsi juga sebagai Tulangan Susut + Suhu Tangga

Kontrol perlu tulangan susut + suhu

(SNI-03-2847-2002 psl. 9.12.1)

$$A_{\text{susut}} = 0,002 \times b \times h$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 120$$

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

Dipasang tulangan $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$

$$(A_s \text{ pasang} = 251,12 \text{ mm}^2)$$

Kontrol spasi tulangan susut + suhu

(SNI-03-2847-2002 psl. 9.12.2)

$$S < 5h < 450 \text{ mm}$$

$$200 < 5h < 450 \text{ mm} \quad \dots \text{ok}$$

$$S < 5 \times h$$

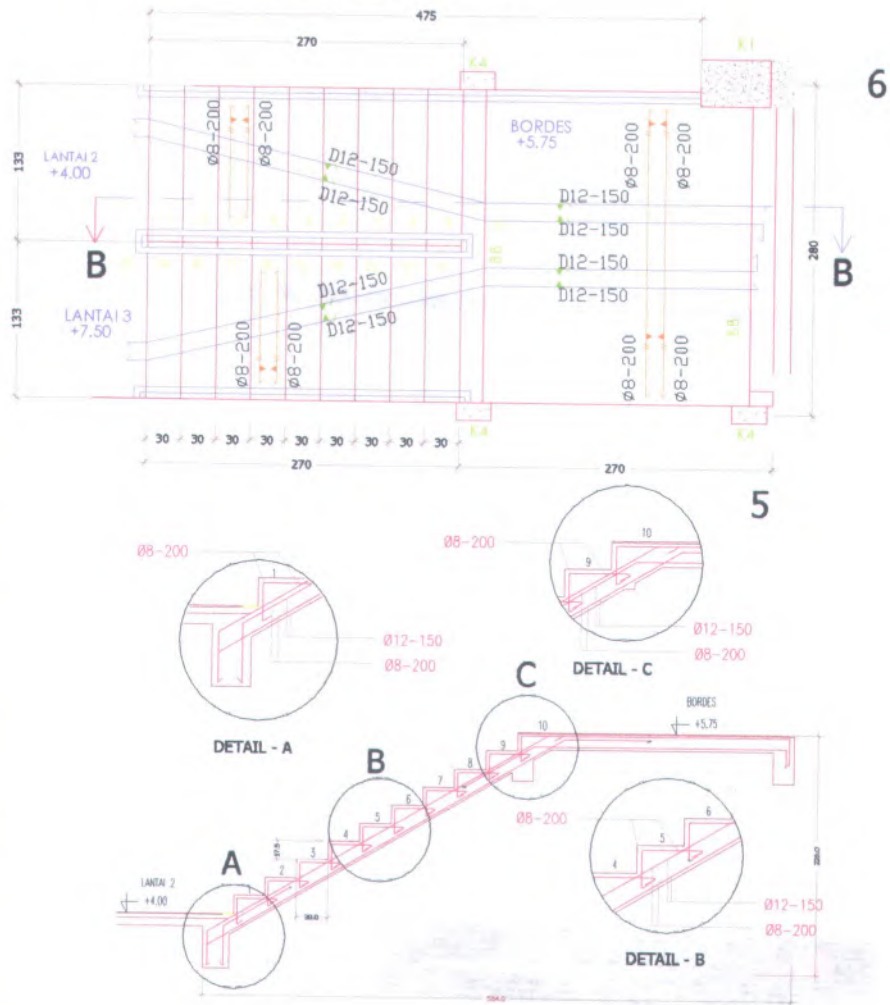
$$< 5 \times 120$$

$$< 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pasang}} = 200 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Sehingga untuk tulangan susut arah Y Tumpuan - Lapangan dipasang ($\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$)

✧ Hasil Gambar Perencanaan :



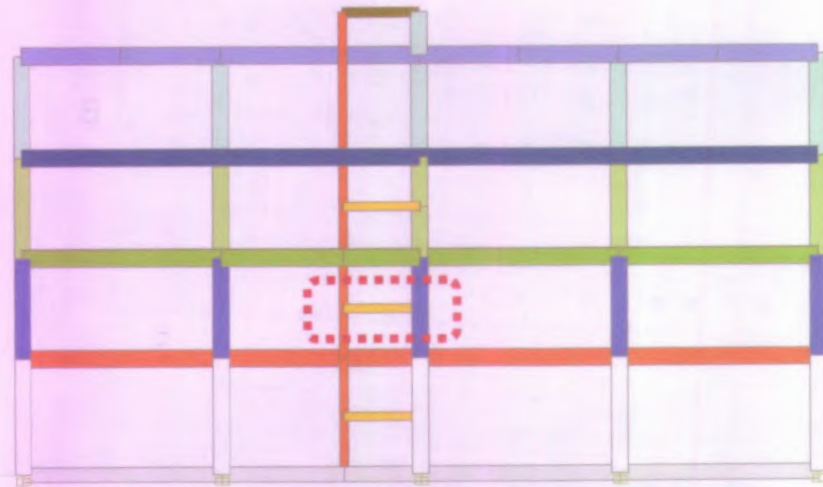
DETAIL PENULANGAN TANGGA UTAMA LT. 2 & LT. 3
SKALA 1 : 20


Gambar 4.106 : Detail penulangan tangga



◆ Penulangan Balok Bordes Tangga

Sebagai contoh perhitungan diambil balok bordes (BB) Elevasi +7,50 dengan dimensi 20/30 frame 565 diperoleh momen dari analisa program SAP 2000:



 → posisi perencanaan balok bordes yang ditinjau.

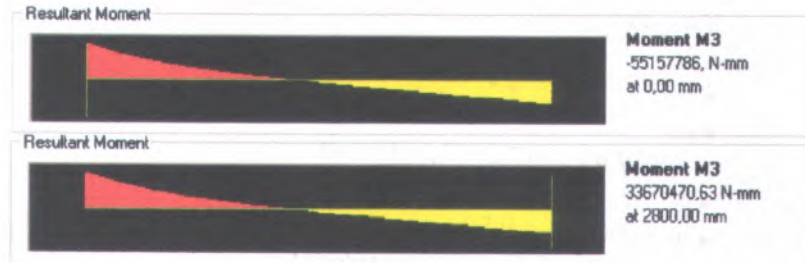
Gambar 4.107 : Permodelan balok bordes yang ditinjau

Pada Balok Bordes frame 565 maka dapat diperoleh Momen –momen sebagai berikut :

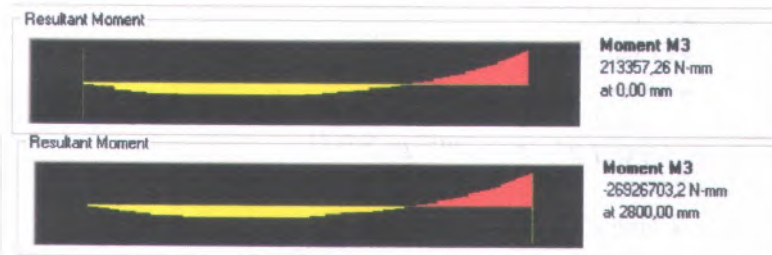


Akibat COMB : 1,2 DL + 1,6 LL
LAPANGAN : 6.377.552,03 Nmm





Akibat COMB : 1,2DL+1,0LL+1Ex+0,3Ey
 TUMPUAN KIRI : 45.157.796 Nmm
 TUMPUAN KANAN : 33.670.470,63 Nmm



Akibat COMB : 1,2DL+1,0LL-1Ex-0,3Ey
 TUMPUAN KIRI : 21.133.572,5 Nmm
 TUMPUAN KANAN : 26.926.703,2 Nmm

Untuk perhitungan tulangan balok maka diambil momen yang terbesar dari tiga kombinasi pembebanan di atas:

TUMPUAN KIRI : 45.157.796 Nmm
 LPANGAN : 6.377.552,03 Nmm
 TUMPUAN KANAN : 33.670.470 Nmm

Data-data perencanaan Balok Bordes Tangga :

- f_c' = 25 Mpa
 - f_y = 400 Mpa
 - E_s = 200000 Mpa
- (SNI 03-2847-2002 ps 10.5.2)

- β_1 = 0,85
 - Φ reduksi = 0,80
- (SNI 03-2847-2002 ps 11.3.2.1)

- Lebar (b) = 200 mm
 - Tinggi (h) = 300 mm
 - Tebal Selimut (s) = 40 mm
- (SNI 03-2847-2002 ps 9.7.1)

- \emptyset Tul. Utama = 19 mm
- \emptyset Tul. Sengkang = 12 mm
- S_{max} = 25 mm

S_{max} = Jarak antar tulangan maksimum

(SNI 03-2847-2002 ps 9.6.1)

- Tinggi Manfaat Balok

$$d = h - s - \emptyset \text{ Tul. Sengkang} - 0,5 \cdot \emptyset \text{ Tul. Utama}$$

$$= 300 - 40 - 12 - 0,5 \cdot 19$$

$$d = 239 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 300 - 239 = 61 \text{ mm}$$

- ρ dalam keadaan seimbang (ρ_{bal})

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400}$$

$$= 0,027$$

- ρ maksimum (ρ ,maks)

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$\begin{aligned}\rho, \text{maks} &= 0,75 \cdot \rho, \text{bal} \\ &= 0,75 \cdot 0,027 \\ \rho, \text{maks} &= 0,0203\end{aligned}$$

- ρ minimum (ρ ,min)

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$\rho, \text{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,82$

- Luasan penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned}A_{cp} &= b \times h \\ &= 200 \times 300 \\ &= 60.000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned}P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (200 + 300) \\ &= 1000 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Luasan penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned}A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - (\varnothing_{\text{geser}})) \times ((h_{\text{balok}} - \\ & 2 \cdot t_{\text{decking}} - (\varnothing_{\text{geser}})) \\ &= (200 - 80 - (12)) \times (300 - 80 - (12)) \\ &= 108 \times 208 \\ &= 22464 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned}
 Ph &= 2 \times ((b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - (\varnothing_{\text{geser}})) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - (\varnothing_{\text{geser}}))) \\
 &= 2 \times ((200 - 80 - (12)) + (300 - 80 - (12))) \\
 &= 2 \times (108 + 208) \\
 &= 632 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

A. Tulangan Puntir Balok Bordes

Momen puntir ultimate :

$$Tu = 13.126.540 \text{ N.mm}$$

Momen puntir nominal :

$$Tn = \frac{Tu}{\phi}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(5)]

$$\begin{aligned}
 &= \frac{13.126.540}{0,75} \\
 &= 17.502.053 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Tulangan Puntir :

$$Tu_{\text{min}} = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1).(a)]

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,75 \sqrt{25} \left(\frac{60.000^2}{1.000} \right)}{12} \\
 &= 1.125.000,00 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

- ❖ Syarat : $Tu_{\text{min}} \geq Tu \rightarrow$ tulangan puntir diabaikan
 $Tu_{\text{min}} < Tu \rightarrow$ tulangan puntir ditinjau

❖ Kontrol : 1.125.000,00 N.mm < 17.502.185,56 N.mm

❖ Maka : Direncanakan Memakai Tulangan Puntir

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir yang berupa sengkang-sengkang tertutup dan tulangan memanjang

Cek Dimensi Penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b \times d} + \frac{2 \times \sqrt{fc'}}{3} \right)$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(1).a]

$$\sqrt{\left(\frac{183.381,61}{200 \times 239}\right)^2 + \left(\frac{17.502.053 \times 632}{1,7 \times 22464^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{179000}{200 \times 239} + \frac{2 \times \sqrt{25}}{3} \right)$$

2,88

≤ 6,78

2,88 ≤ 6,78

❖ Syarat : Pers.kiri > Pers.kanan → penampang tidak OK
 Pers.kiri ≤ Pers.kanan → penampang OK

❖ Kontrol : 2,88 ≤ 6,78

❖ Maka : Dimensi penampang OK

Tulangan puntir untuk geser :

$$Tn = \frac{2 \times Ao \times At \times fyv}{s} \times \cot \theta$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(6)]

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \times Ao \times fyv \times \cot \theta} \rightarrow Ao = 0,85 \times Aoh$$

$$\begin{aligned}\frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times 0,85 \times A_{oh} \times f_{yv} \times \cot \theta} \\ &= \frac{17.502.053}{2 \times 0,85 \times 22464 \times 240 \times \cot 45} \\ &= 1,432 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned}A_l &= \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta \\ \rightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3}.(7)] \\ &= 1,432 \times 632 \times \left(\frac{240}{320} \right) \times \cot^2 45 \\ &= 678,86 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir untuk lentur didistribusikan merata ke 4 sisi balok :

$$\begin{aligned}\frac{A_l}{4} &= \frac{678,86}{4} \\ &= 169,715 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

❖ **Maka :**

Luasan tambahan puntir longitudinal **tulangan lentur**

$$\frac{A_l}{4} = 169,715 \text{ mm}^2$$

Luasan tambahan puntir transversal untuk **tulangan geser**

$$\frac{A_t}{s} = 1,432 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jadi, luas tulangan perlu puntir

Luasan tulangan perlu puntir longitudinal sisi samping balok (web)

$$\begin{aligned}A_{S\text{perlu puntir}} &= 2 \times \frac{A_l}{4} \\ &= 2 \times 169,715 \\ &= 339,43 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir

$$\emptyset - 12 = 113,04 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (web)

$$= \frac{A_{\text{spertupuntir}}}{\text{luas} \emptyset_{\text{puntir}}} = \frac{339,43}{113,04} = 2,05 \approx 2 \text{ buah} \rightarrow 2 \emptyset 12$$

Jadi Tulangan Puntir Dipasang 2 $\emptyset 12$ (228,19 mm²)

B. Tulangan Lentur Balok Bordes

❖ Tumpuan Kiri

Diambil momen yang terbesar:

$$M_u_{\text{tumpuan}} = 45.157.796 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u_{\text{tumpuan}}}{\phi} = \frac{45.157.796}{0,80}$$

$$M_n = 56.447.796 \text{ N.mm}$$

Garis netral dalam kondisi balance

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.2]

$$X_{\text{balance}} = \frac{\epsilon_{\text{cu}}}{\epsilon_{\text{cu}} + \epsilon_s} \times d$$

$$= \frac{\epsilon_{\text{cu}}}{\epsilon_{\text{cu}} + \frac{f_y}{E_s}} \times d$$

$$= \frac{0,003}{0,003 + \frac{400}{200.000}} \times 239$$

$$= 143 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 143 \text{ mm} \\ &= 107 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 62 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral pakai (asumsi = $0,45 \times X_{\max}$)

$$\begin{aligned} X_{\text{pakai}} &= 0,45 \times X_{\max} \\ &= 0,45 \times 107 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \approx 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton

$$\begin{aligned} a &= X_{\text{pakai}} \times \beta_1 \\ &= 80 \text{ mm} \times 0,85 \\ &= 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times a}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 200 \times 68}{400} \\ &= 722,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 722,5 \times 400 \times \left(239 - \frac{68}{2} \right) \\ &= 59.100.500 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat: $M_{ns} > 0 \rightarrow$ perlu tulangan lentur tekan
 $M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 56.447.233 \text{ N.mm} - 59.100.500 \text{ N.mm} \\ &= -2.653.268 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

maka;

$$\begin{aligned} M_{ns} &< 0 \\ -2.653.268 \text{ N.mm} &< 0 \rightarrow \text{tidak perlu tul. lentur tekan} \end{aligned}$$

Jadi, perencanaan selanjutnya adalah:

“ Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal ”.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{56.447.233}{200 \cdot 239^2} = 4,94$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 4,94}{400}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,0143$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,00143 < 0,0203 \dots \text{ tidak ok}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &< \rho_{min}, \text{ maka } \rho_{perlu} \text{ dinaikkan } 30 \% \\ 1,33 \times \rho_{perlu} &= 1,33 \times 0,00143 = 0,0020 \end{aligned}$$

Dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,00143$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tarik}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,00143 \times 200 \times 239 \\ &= 684 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena A_s tarik dipengaruhi oleh torsi maka :

$$\begin{aligned} &= A_{s \text{ tarik}} + \frac{A_t}{4} \\ &= 684 \text{ mm}^2 + 169,715 \text{ mm}^2 \\ &= 854 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Lentur Tarik

$$A_s = 854 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D19 dengan $A_s = 283,529 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{854}{283,52} = 3,012 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan **4 D 19** ($A_s = 1134 \text{ mm}^2$)

Tulangan Lentur Tekan

Karena Tulangan yang terpasang adalah tulangan tunggal maka pada daerah tekan dipasang tulangan:

$$A_s' = 0 + \frac{A_t}{4} = 169,72 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 169,72 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D19 dengan $A_s = 283,529 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{169,72}{283,52} = 0,599 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan **2 D 19** ($A_s' = 567,05 \text{ mm}^2$)

Cek Jarak Spasi Tulangan :

Spasi tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\
 &= \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 22)}{4 - 1} \\
 &= 2,667
 \end{aligned}$$

❖ Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : $2,667 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$

❖ Maka : Tulangan lentur tarik susun 2 lapis
 Lapis 1 = 2 buah tulangan
 Lapis 2 = 2 buah tulangan

Spasi tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\
 &= \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1} \\
 &= 52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : $52 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \dots \dots \text{OK}$

❖ Maka : Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang

$$\begin{aligned}
 x_1 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}\right) \\
 &= 40 + 12 + \left(\frac{1}{2} \times 19\right) \\
 &= 74,36 \text{ mm} \\
 x_2 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}\right) \\
 &= 40 + 12 + 19 + 25 + \left(\frac{1}{2} \times 19\right) \\
 &= 105,5 \text{ mm} \\
 y &= \frac{(n \text{ lapis } 1 \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X_1) + (n \text{ lapis } 2 \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X_2)}{n \text{ D}_{\text{lentur}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}} \\
 &= \frac{(2 \times 283,53 \times 74,36) + (2 \times 283,53 \times 105,5)}{2 \times 283,53} \\
 &= 83,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - y \\
 &= 300,00 - 83,50 \\
 &= 216,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= h_{\text{balok}} - d \\
 &= 300,00 - 216,50 \\
 &= 83,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Persamaan Kestabilan Penampang :

$$T = C$$

$$T = Cc' + Cs'$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times f_s')$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y &= (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times \\
 &600)
 \end{aligned}$$

$$A_{s_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s'_{pasang}} \times 600) - (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right)))$$

$$A_{s_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{pasang}} \times 600) - (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)) + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

Dikalikan dengan nilai X :

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)) \times X + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X^2) + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600))X + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

Mencari nilai X dengan persamaan abc :

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = -0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1$$

$$b = (A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)$$

$$c = A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d'$$

Maka nilai X :

$$\begin{aligned} a &= -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \\ &= -0,85 \times 25 \times 200 \times 0,85 \\ &= -3.612,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= (A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600) \\ &= (3.041,06 \times 400) - (1.900,66 \times 600) \\ &= 113.411,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times d' \\ &= 1.900,66 \times 600 \times 83,50 \\ &= 28.409.579 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(113411) + \sqrt{(113.411)^2 - 4(-3.612)(28.409.579)}}{2(-3.612)} \\ &= -74,36 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(113.411) - \sqrt{(113.411)^2 - 4(-3.612)(28.409.579)}}{2(-3.612)} \\ &= 105,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka nilai X_{pasang} :

$$X = x_2 = 105,76 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \times X \\ &= 0,85 \times 105,76 \text{ mm} \\ &= 89,89 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 25 \times 200 \times 89,89 \\
 &= 382.044,26 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap :

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As'_{\text{pasang}} \times fs' \\
 &= As'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600 \\
 &= 567 \times \left(1 - \frac{83,50}{105,76}\right) \times 600 \\
 &= 71.601,72 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang :

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= \\
 &= 382044 \times \left(216,50 - \frac{89,89}{2}\right) + 71601,72 \times (216,50 - 83,50) \\
 &= 75.064.103,11 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

- ❖ Syarat : $Mn_{\text{pasang}} \geq Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ perencanaan OK
 $Mn_{\text{pasang}} < Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ perencanaan tidak OK
- ❖ Kontrol : $75.064.103,11 \text{ N.mm} \geq 56.447.796 \text{ N.mm}$
- ❖ Maka : Penulangan lentur memenuhi (OK)

❖ Lapangan (Tengah)

Diambil momen yang terbesar:

$$Mu_{\text{tumpuan}} = 7.961.528 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu_{\text{tumpuan}}}{\phi} = \frac{7.961.528}{0,80}$$

$$Mn = 9.951.910 \text{ N.mm}$$

Garis netral dalam kondisi balance

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.2]

$$\begin{aligned} X_{\text{balance}} &= \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s} \times d \\ &= \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}} \times d \\ &= \frac{0,003}{0,003 + \frac{400}{200.000}} \times 239 \\ &= 143 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\text{max}} &= 0,75 \times X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 143 \text{ mm} \\ &= 107 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\text{min}} &= d' \\ &= 62 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral pakai (asumsi = $0,45 \times X_{\max}$)

$$\begin{aligned} X_{\text{pakai}} &= 0,45 \times X_{\max} \\ &= 0,45 \times 107 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \approx 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi balok gaya tekan beton

$$\begin{aligned} a &= X_{\text{pakai}} \times \beta_1 \\ &= 80 \text{ mm} \times 0,85 \\ &= 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times a}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 200 \times 68}{400} \\ &= 722,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 722,5 \times 400 \times \left(239 - \frac{68}{2} \right) \\ &= 59.100.500 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat: $M_{ns} > 0 \rightarrow$ perlu tulangan lentur tekan
 $M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 9.951.910 \text{ N.mm} - 59.100.500 \text{ N.mm} \\ &= -49.148.590 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka;
 $M_{ns} < 0$
 $-2.653.268 \text{ N.mm} < 0 \rightarrow$ tidak perlu tul. lentur tekan

Jadi, perencanaan selanjutnya adalah:

"Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal".

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{9.951.910}{200 \cdot 239^2} = 0,871$$

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

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,871}{400}} \right)$$

$$= 0,002$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,002 < 0,0203 \dots \text{ tidak ok}$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30 %

$$1,33 \times \rho_{perlu} = 1,33 \times 0,002 = 0,0032$$

Dipakai $\rho_{perlu} = 0,0032$

$$A_{s \text{ tarik}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$= 0,0032 \times 200 \times 239$$

$$= 141,41 \text{ mm}^2$$

Karena A_s tarik dipengaruhi oleh torsi maka :

$$= A_{s \text{ tarik}} + \frac{A_t}{4}$$

$$= 141,41 \text{ mm}^2 + 169,715 \text{ mm}^2$$

$$= 337 \text{ mm}^2$$

Tulangan Lentur Tarik

$$A_s = 337 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D19 dengan $A_s = 283,529 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{337}{283,52} = 1,18 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan **2 D 19** ($A_s = 567,05 \text{ mm}^2$)

Tulangan Lentur Tekan

Karena Tulangan yang terpasang adalah tulangan tunggal maka pada daerah tekan dipasang tulangan:

$$A_s' = 0 + \frac{A_t}{4} = 169,72 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 169,72 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D19 dengan $A_s = 283,529 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{169,72}{283,52} = 0,599 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan **2 D 19** ($A_s' = 567,05 \text{ mm}^2$)

Cek Jarak Spasi Tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Spasi tulangan tekan} \\ S_{\max} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\ &= \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1} \\ &= 52 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \text{ Syarat} &: S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\ &S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow \text{susun 2 lapis} \end{aligned}$$

$$\diamond \text{ Kontrol} : 52 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

❖ Maka : Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Spasi tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\
 &= \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1} \\
 &= 52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : $52 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \dots \dots \text{OK}$

❖ Maka : Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang

$$\begin{aligned}
 x_1 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} - (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\
 &= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \times 19) \\
 &= 74,36 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\
 &= 40 + 12 + 19 + 25 + (\frac{1}{2} \times 19) \\
 &= 105,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$y = \frac{(n \text{ lapis 1} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X1) + (n \text{ lapis 2} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X2)}{n \text{ } D_{\text{lentur}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}}$$

$$= \frac{(2 \times 283,53 \times 74,36) + (2 \times 283,53 \times 105,5)}{2 \times 283,53}$$

$$= 61,50 \text{ mm}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 300,00 - 61,50 \\ &= 238,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 300,00 - 238,50 \\ &= 61,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persamaan Kestabilan Penampang :

$$T = C$$

$$T = Cc' + Cs'$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times f_s')$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600)$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right)))$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600)) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

Dikalikan dengan nilai X :

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)) \times X + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X^2) + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600))X + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

Mencari nilai X dengan persamaan abc :

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1$$

$$b = (A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)$$

$$c = A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d'$$

Maka nilai X :

$$\begin{aligned} a &= -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \\ &= -0,85 \times 25 \times 200 \times 0,85 \\ &= -3.612,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= (A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600) \\ &= (3.041,06 \times 400) - (1.900,66 \times 600) \\ &= 113.411,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d' \\ &= 567,05 \times 600 \times 83,50 \\ &= 20.924.420,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-(113411) + \sqrt{(113.411)^2 - 4(-3.612)(20.924.420)}}{2(-3.612)} \\
 &= -93,41 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-(113.411) - \sqrt{(113.411)^2 - 4(-3.612)(20.924.420)}}{2(-3.612)} \\
 &= 62,01 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka nilai X_{pasang} :

$$X = x_2 = 62,01 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \times X \\
 &= 0,85 \times 62,01 \text{ mm} \\
 &= 52,71 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 25 \times 200 \times 52,71 \\
 &= 324.016,56 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap :

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_s'_{\text{pasang}} \times f_s' \\
 &= A_s'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600 \\
 &= 567 \times \left(1 - \frac{61,50}{62,01}\right) \times 600 \\
 &= 2.806,43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang :

$$\begin{aligned}
 M_{n_{\text{pasang}}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 324.016,56 \times \left(238,50 - \frac{89,89}{2} \right) + 2.806,43 \times (238,50 - 61,50) \\
 &= 48.020.755,90 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

- ❖ 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 : $48.020.755,90 \text{ N.mm} \geq 9.951.910 \text{ N.mm}$
- ❖ Maka : Penulangan lentur memenuhi (OK)

❖ Tumpuan Kanan

Diambil momen yang terbesar:

$$M_{u_{\text{tumpuan}}} = 33.670.470 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_{u_{\text{tumpuan}}}}{\phi} = \frac{33.670.470}{0,80}$$

$$M_n = 42.088.0875 \text{ N.mm}$$

Garis netral dalam kondisi balance

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.2]

$$X_{\text{balance}} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_s} \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}} \times d \\
 &= \frac{0,003}{0,003 + \frac{400}{200.000}} \times 239 \\
 &= 143 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &= 0,75 \times X_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 143 \text{ mm} \\
 &= 107 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned}
 X_{\min} &= d' \\
 &= 62 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis netral pakai (asumsi = $0,45 \times X_{\max}$)

$$\begin{aligned}
 X_{\text{pakai}} &= 0,45 \times X_{\max} \\
 &= 0,45 \times 107 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \approx 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton

$$\begin{aligned}
 a &= X_{\text{pakai}} \times \beta_1 \\
 &= 80 \text{ mm} \times 0,85 \\
 &= 68 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times a}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 200 \times 68}{400} \\
 &= 722,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 722,5 \times 400 \times \left(239 - \frac{68}{2} \right) \\
 &= 59.100.500 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat: $M_{ns} > 0 \rightarrow$ perlu tulangan lentur tekan
 $M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 42.088.087 \text{ N.mm} - 59.100.500 \text{ N.mm} \\
 &= -17.012.413 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

maka;

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &< 0 \\
 -17.012.413 \text{ N.mm} < 0 &\rightarrow \text{tidak perlu tul. lentur tekan}
 \end{aligned}$$

Jadi, perencanaan selanjutnya adalah:

“Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal”.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{42.088.087}{200 \cdot 239^2} = 3,70$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 3,7}{400}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,0102$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,00102 < 0,0203 \dots \text{ tidak ok}$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{min}, \text{ maka } \rho_{perlu} \text{ dinaikkan } 30 \% \\ 1,33 \times \rho_{perlu} = 1,33 \times 0,00102 = 0,0017$$

$$\text{Dipakai } \rho_{perlu} = 0,0017 \\ A_{s \text{ tarik}} = \rho_{perlu} \times b \times d \\ = 0,0017 \times 200 \times 239 \\ = 488,2 \text{ mm}^2$$

Karena A_s tarik dipengaruhi oleh torsi maka :

$$= A_{s \text{ tarik}} + \frac{A_t}{4} \\ = 488,2 \text{ mm}^2 + 169,715 \text{ mm}^2 \\ = 658 \text{ mm}^2$$

Tulangan Lentur Tarik

$$A_s = 658 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan D19 dengan } A_s = 283,529 \text{ mm}^2 \\ \text{Jumlah Tulangan} = \frac{658}{283,52} = 3,006 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \\ \text{Dipasang tulangan 4 D 19 (} A_s = 1134 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Tulangan Lentur Tekan

Karena Tulangan yang terpasang adalah tulangan tunggal maka pada daerah tekan dipasang tulangan:

$$As' = 0 + \frac{A_1}{4} = 169,72 \text{ mm}^2$$

$$As' = 169,72 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D19 dengan $As = 283,529 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{169,72}{283,52} = 0,599 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan 2 D 19 ($As' = 567,05 \text{ mm}^2$)

Cek Jarak Spasi Tulangan :

Spasi tulangan tarik

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\ &= \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (4 \times 22)}{4 - 1} \\ &= 2,667 \end{aligned}$$

❖ Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : $2,667 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$

❖ Maka : Tulangan lentur tarik susun 2 lapis
 Lapis 1 = 2 buah tulangan
 Lapis 2 = 2 buah tulangan

Spasi tulangan tekan

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\ &= \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1} \\ &= 52 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : $52 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \dots \dots \text{OK}$

❖ Maka : Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} - (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \times 19) \\ &= 74,36 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40 + 12 + 19 + 25 + (\frac{1}{2} \times 19) \\ &= 105,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{(n \text{ lapis 1} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X_1) + (n \text{ lapis 2} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X_2)}{n D_{\text{lentur}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}} \\ &= \frac{(2 \times 283,53 \times 74,36) + (2 \times 283,53 \times 105,5)}{2 \times 283,53} \\ &= 83,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 300,00 - 83,50 \\ &= 216,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 300,00 - 216,50 \\ &= 83,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persamaan Kestabilan Penampang :

$$T = C$$

$$T = Cc' + Cs'$$

$$As_{\text{pasang}} \times fy = (0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) + (As'_{\text{pasang}} \times fs')$$

$$As_{\text{pasang}} \times fy = (0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) + (As'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600)$$

$$As_{\text{pasang}} \times fy = (0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) + ((As'_{\text{pasang}} \times 600) - (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right)))$$

$$As_{\text{pasang}} \times fy = (0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) + (As'_{\text{pasang}} \times 600) - (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) + ((As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600)) + (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

Dikalikan dengan nilai X :

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600)) \times X + (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times d')$$

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X^2) + ((As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600))X + (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times d')$$

Mencari nilai X dengan persamaan abc :

$$x_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1$$

$$b = (A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600)$$

$$c = A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times d'$$

Maka nilai X :

$$\begin{aligned} a &= -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \\ &= -0,85 \times 25 \times 200 \times 0,85 \\ &= -3.612,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= (A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600) \\ &= (3.041,06 \times 400) - (1.900,66 \times 600) \\ &= 113.411,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times d' \\ &= 1.900,66 \times 600 \times 83,50 \\ &= 28.409.579 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(113411) + \sqrt{(113.411)^2 - 4(-3.612)(28.409.579)}}{2(-3.612)} \\ &= -74,36 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-(113.411) - \sqrt{(113.411)^2 - 4(-3.612)(28.409.579)}}{2(-3.612)}$$

$$= 105,76 \text{ mm}$$

Maka nilai X_{pasang} :

$$X = x_2 = 105,76 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$a = \beta_1 \times X$$

$$= 0,85 \times 105,76 \text{ mm}$$

$$= 89,89 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$C_c' = 0,85 \times f_c \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 200 \times 89,89$$

$$= 382.044,26 \text{ N}$$

Gaya tekan tulangan rangkap :

$$C_s' = A_s'_{\text{pasang}} \times f_s'$$

$$= A_s'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600$$

$$= 567 \times \left(1 - \frac{83,50}{105,76}\right) \times 600$$

$$= 71.601,72 \text{ N}$$

Cek Momen Nominal Pasang :

$$M_{n_{\text{pasang}}} = C_c' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s' \times (d - d')$$

$$=$$

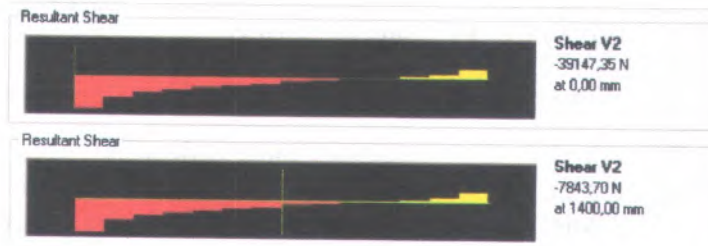
$$382044 \times \left(216,50 - \frac{89,89}{2}\right) + 71601,72 \times (216,50 - 83,50)$$

$$= 75.064.103,11 \text{ N.mm}$$

- ❖ Syarat : $Mn_{pasang} \geq Mn_{perlu} \rightarrow$ perencanaan OK
 $Mn_{pasang} < Mn_{perlu} \rightarrow$ perencanaan tidak OK
- ❖ Kontrol : $75.064.103,11 \text{ N.mm} \geq 42.088.0875 \text{ N.mm}$
- ❖ Maka : Penulangan lentur memenuhi (OK)

C. Tulangan Geser Balok Bordes

Sebagai contoh perhitungan diambil balok bordes type 20/30 frame 565 diperoleh gaya geser dari analisa program SAP 2000:



Comb; 1,2 DL + 1 LL
 $Vu1 = 39147,35 \text{ N}$
 $Vu2 = 7843,70 \text{ N}$

Dengan data balok sebagai berikut:

- f_c' = 25 Mpa
- f_y = 400 Mpa
- β_1 = 0,85
- Φ reduksi = 0,75
(SNI 03-2847-2002 ps 11.3.2.3)
- Lebar (b) = 200 mm
- Tinggi (h) = 300 mm

- Tebal Selimut (s) = 40 mm
(SNI 03-2847-2002 ps 9.7.1)
- Ø Tul. Sengkang = 12 mm
- Tinggi Manfaat Balok
 $d = h - s - 0,5 \cdot \text{Ø Tul. Utama}$
 $= 300 - 40 - 12 - 0,5 \cdot 19$
 $d = 239 \text{ mm}$

❖ Daerah Tumpuan

Daerah Pasang : $b \text{ kolom} / 2 = 500 / 2 = 250 \text{ mm}$

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari
(SNI 03-2847-2002 ps 23.10.3);

$$V_{u1} = \frac{M_{nL} + M_{nR}}{L_n} + V_u$$

V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan

M_{nL} = Momen nominal aktual balok tump. (kiri)

M_{nR} = Momen nominal aktual balok tump. (kanan)

$$M_{nL} = 75.064.103 \text{ N.mm}$$

$$M_{nR} = 75.064.103 \text{ N.mm}$$

L_n = Panjang balok

$$V_{u1} = \frac{75.064.103 + 75.064.103}{2800} + 39147,35$$

$$V_{u1} = 113.235,74 \text{ N}$$

Kuat Geser pada Balok

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

(SNI 03-2847-2002 ps 13.3.3.1)

V_c = Kuat geser yang disumbangkan oleh beton

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 239$$

$$V_c = 39.750 \text{ N}$$

$$V_{s,\min} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$V_{s,\min}$ = Kuat geser disumbangkan oleh sengkang

$$V_{s,\min} = \frac{1}{3} \cdot 200 \cdot 239$$

$$V_{s,\min} = 15.900 \text{ N}$$

$$V_{s,\max} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 239$$

$$V_{s,\max} = 79.500 \text{ N}$$

$$2V_{s \max} = 2 \times 79.500$$

$$= 159.000 \text{ N}$$

(SNI 03-2847-2002 ps 13.5.6.9)

$$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 239$$

$$= 95.000 \text{ N}$$

(SNI 03-2847-2002 ps 13.5.4.3)

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 39.750 = \mathbf{14.906 \text{ N}}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 39.750 = \mathbf{29.812 \text{ N}}$$

$$\phi (V_c + V_{s,\min}) = 0,75 \times (39.750 + 15.900)$$

$$= \mathbf{41.738 \text{ N}}$$

$$\phi (V_c + V_{s_{\max}}) = 0,75 \times (39.750 + 79.500) \\ = 89.438 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + 2V_{s_{\max}}) = 0,75 \times (39.750 + 159.000) \\ = 149.063 \text{ N}$$

Cek Kondisi :

❖ Syarat :

$$\text{Kondisi 1} \rightarrow V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 2} \rightarrow 0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 3} \rightarrow \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$\text{Kondisi 4} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$\text{Kondisi 5} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kondisi 1

$$V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$$

$$113.235,74 \text{ N} < 14.906 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak OK}$$

Kondisi 2

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$14.906 \text{ N} < 113.235,74 \text{ N} < 29.812 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak OK}$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$29.812 \text{ N} < 113.235,74 \text{ N} < 41.738 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak OK}$$

Kondisi 4

$$\phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$41.738 \text{ N} < 113.235,74 \text{ N} < 89.438 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak Ok}$$

Kondisi 5

$$\phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{s_{\max}})$$

$$89.438 \text{ N} < 113.235,74 \text{ N} < 149.063 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

Tulangan geser :

$$V_u = \phi V_n$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.1)]

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi}$$

$$= \frac{113.235,74 - (0,75 \times 39.750)}{0,75}$$

$$= 111.231 \text{ N}$$

Luasan tulangan geser :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \rightarrow f_y = f_s$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.6).(1)]

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_s \times d}$$

$$= \frac{111.231}{240 \times 239}$$

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

Luasan tulangan geser :

$$\emptyset - 12 = 113,10 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang 2 kaki :

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 113,10$$

$$= 226,19 \text{ mm}^2$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{Av}{\frac{Atot}{s}} \\
 &= \frac{226,19}{2,1} \\
 &= 56 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Syarat :

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} \leq S_{\max}$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} \leq d/2$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

❖ Kontrol :

$$\rightarrow 50 \text{ mm} \leq 56 \text{ mm}$$

$$\rightarrow 50 \text{ mm} \leq 120 \text{ mm}$$

$$\rightarrow 50 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$$

❖ Maka :

- S_{pakai} tulangan geser sejarak 50 mm

❖ Daerah Lapangan

Pada Daerah Lapangan Tulangan dipasang sejarak :

$$= 0,5 \times \text{bentang Balok}$$

$$= 0,25 \times 2800 \text{ mm}$$

$$= \text{mm}$$

$$V_u = \frac{1/4 L_n}{1/2 L_n} \times V_{u \text{ tumpuan}}$$

$$= \frac{1/4 \times 2,8}{1/2 \times 2,8} \times 75.064.103 = 100.375,99 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 200 \times 239 = 39.750 \text{ N}$$

Sesuai dengan SNI-03-2847-2002 ps.13.1.2.1

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5 \leq 8.33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton yang hanya dibebani oleh geser dan lentur :

$$V_{s \min} = 1/3 \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{s \min} = 1/3 \times 200 \times 239 = 15.900 \text{ N}$$

$$V_{s \max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 200 \times 239$$

$$= 79.500 \text{ N}$$

$$2V_{s \max} = 2 \times 79.500 \text{ N}$$

$$= 159.000 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 39.750 = 14.906 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 39.750 = 29.812 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + V_{s \min}) = 0,75 \times (39.750 + 15.900) \\ = 41.738 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + V_{s \max}) = 0,75 \times (39.750 + 79.500) \\ = 89.438 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + 2V_{s \max}) = 0,75 \times (39.750 + 159.000) \\ = 149.063 \text{ N}$$

Cek Kondisi :

❖ Syarat :

Kondisi 1 $\rightarrow Vu \leq 0,5 \times \phi \times Vc$

Kondisi 2 $\rightarrow 0,5 \times \phi \times Vc \leq Vu \leq \phi \times Vc$

Kondisi 3 $\rightarrow \phi \times Vc \leq Vu \leq \phi (Vc + Vs_{min})$

Kondisi 4 $\rightarrow \phi (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \phi (Vc + Vs_{max})$

Kondisi 5 $\rightarrow \phi (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \phi (Vc + 2Vs_{max})$

Kondisi 1

$Vu < \frac{1}{2} \phi Vc$

$113.235,74 \text{ N} < 14.906 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak OK}$

Kondisi 2

$\frac{1}{2} \phi Vc < Vu < \phi Vc$

$14.906 \text{ N} < 113.235,74 \text{ N} < 29.812 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak OK}$

Kondisi 3

$\phi \times Vc \leq Vu \leq \phi (Vc + Vs_{min})$

$29.812 \text{ N} < 113.235,74 \text{ N} < 41.738 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak OK}$

Kondisi 4

$\phi (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \phi (Vc + Vs_{max})$

$41.738 \text{ N} < 113.235,74 \text{ N} < 89.438 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak Ok}$

Kondisi 5

$\phi (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \phi (Vc + 2Vs_{max})$

$89.438 \text{ N} < 113.235,74 \text{ N} < 149.063 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$

Tulangan geser :

$Vu = \phi Vn$

 $\rightarrow [\text{SNI } 03-2847-2002 \text{ psl. } 13.1.1]$

$Vu = \phi Vc + \phi Vs$

$\phi Vs = Vu - \phi Vc$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi} \\
 &= \frac{100.375,99 - (0,75 \times 39.750)}{0,75} \\
 &= 94.085 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \rightarrow f_y = f_s$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.6).(1)]

$$\begin{aligned}
 \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_s \times d} \\
 &= \frac{94.085}{240 \times 239} \\
 &= 1,52 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\emptyset - 12 = 113,10 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang 2 kaki :

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times A_s \\
 &= 2 \times 113,10 \\
 &= 226,19 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{A_v}{\frac{A_{\text{tot}}}{s}} \\
 &= \frac{226,19}{1,52} \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Syarat :

- $S_{pakai} \leq S_{max}$
- $S_{pakai} \leq d/2$
- $S_{pakai} \leq 300 \text{ mm}$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

❖ Kontrol :

- 55 mm $\leq 56 \text{ mm}$
- 55 mm $\leq 120 \text{ mm}$
- 55 mm $\leq 300 \text{ mm}$

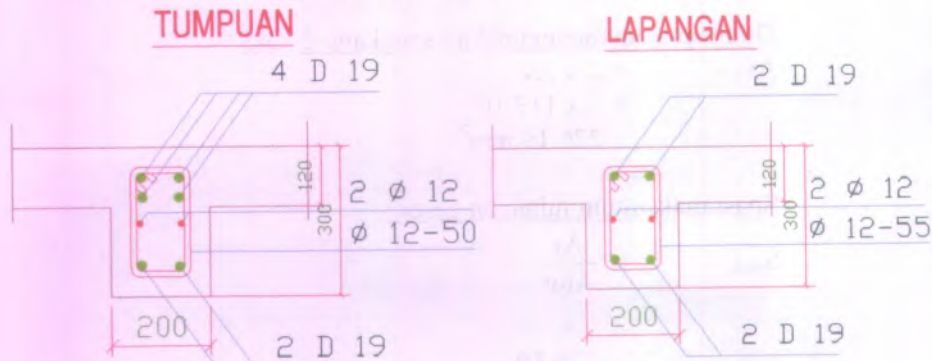
❖ Maka :

- S_{pakai} tulangan geser sejarak 55 mm

Kesimpulan: Pada struktur Balok Sloof digunakan

- Tulangan Tumpuan : -T.Lentur = 4 D 19
-T.Geser = Ø12-50 mm
- Tulangan Lapangan : -T.Lentur = 2 D 19
-T.Geser = Ø12-55 mm

❖ Hasil Gambar Perencanaan :



Gambar 4.108 : Penulangan Balok Bordes

4.4.2. Perhitungan Struktur Primer

4.4.2.1. Perhitungan Balok

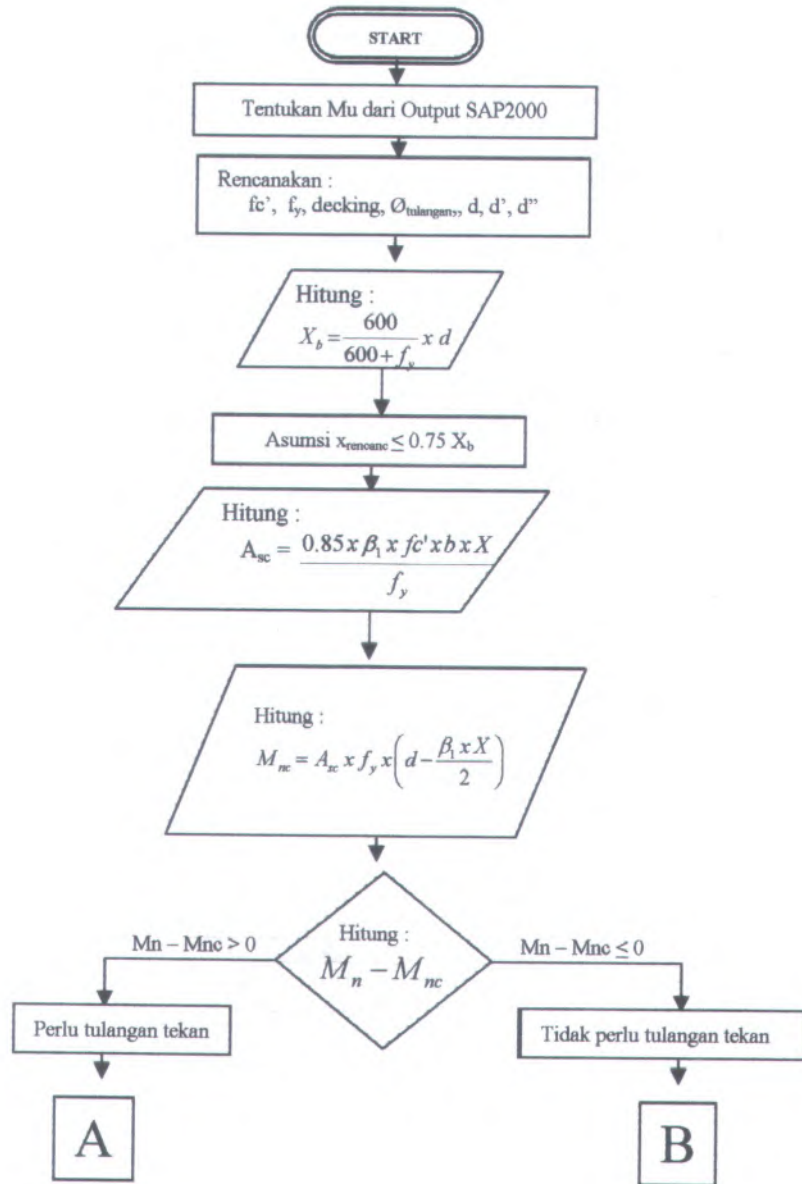
Berikut akan dibahas penulangan struktur salah satu contoh balok pada gedung, sebagai contoh perhitungan diambil **Balok Induk [BI-1/1] As-3[A-D] Frame 177**. Adapun data-data, gambar denah pembalokan, hasil output & diagram gaya dalam dari analisa SAP2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :

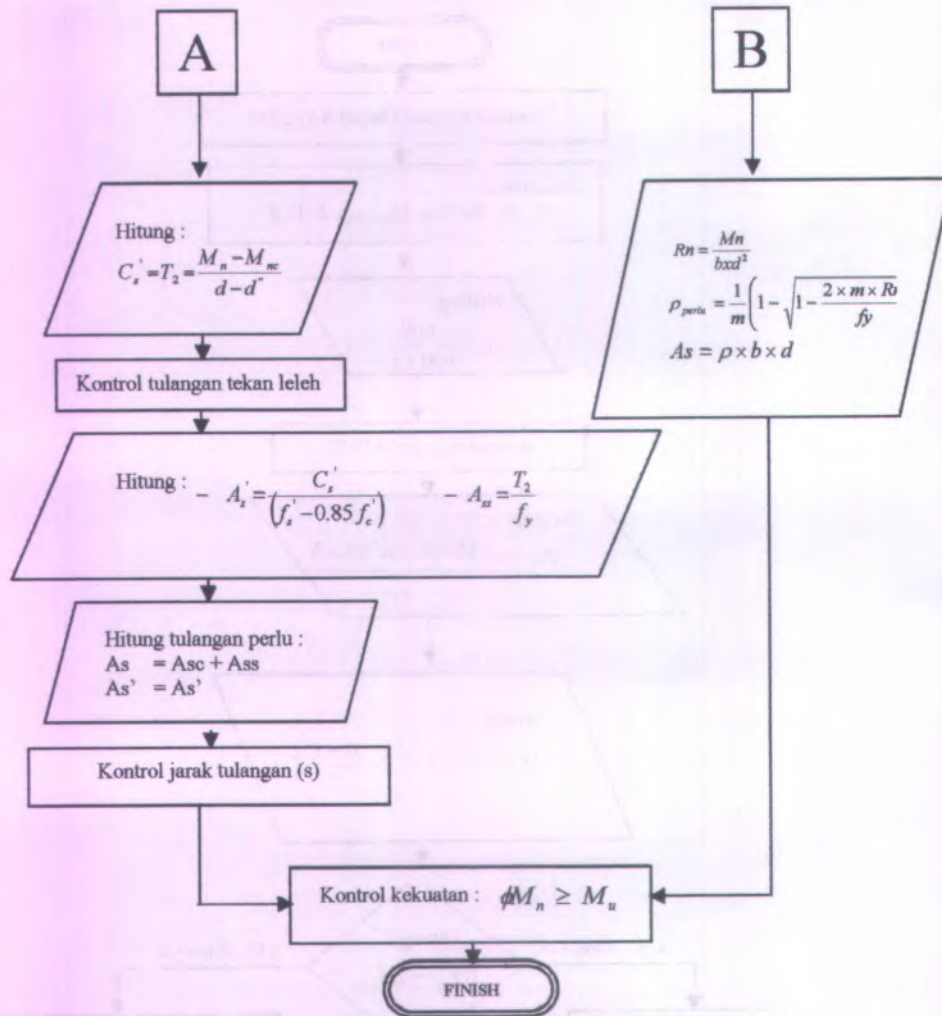
✧ Data-data penulangan balok :

• Tipe balok		: BI-1/1
• As balok		: 3 [A-D]
• Bentang balok	L_{balok}	: 8000 mm
• Dimensi balok	b_{balok}	: 400 mm
• Dimensi balok	h_{balok}	: 600 mm
• Bentang kolom	L_{kolom}	: 3500 mm
• Dimensi kolom	b_{kolom}	: 500 mm
• Dimensi kolom	h_{kolom}	: 500 mm
• Kuat tekan beton	f_c'	: 25 Mpa
• Kuat leleh tulangan lentur	f_y	: 400 Mpa
• Kuat leleh tulangan geser	f_s	: 240 Mpa
• Kuat leleh tulangan puntir	f_{yv}	: 240 Mpa
• Diameter tulangan lentur	D_{lentur}	: D-22 mm
• Diameter tulangan geser	\emptyset_{geser}	: \emptyset -12 mm
• Diameter tulangan puntir	$\emptyset_{\text{puntir}}$: \emptyset -12 mm
• Jarak spasi tulangan sejajar ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1]	S_{sejajar}	: 25 mm

- Jarak spasi tulangan antar lapis $S_{\text{antarlapis}}$: 25mm
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.2)]
- Tebal selimut beton t_{decking} : 40mm
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1)]
- Regangan serat tekan beton ϵ_{cu} : 0,003
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.2.3)]
- Regangan baja ϵ_s : 0,002
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.2.4)]
- Faktor β_1 β_1 : 0,85
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7).(3)]
- Faktor reduksi kekuatan lentur ϕ : 0,8
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2).(1)]
- Faktor reduksi kekuatan geser ϕ : 0,75
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2).(3)]
- Faktor reduksi kekuatan puntir ϕ : 0,75
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2).(3)]

Dalam perhitungan penulangan balok, yang perlu diperhatikan adalah balok-balok yang mengalami nilai momen terbesar, nilai gaya geser terbesar, dan nilai torsi/momen puntir terbesar. Sehingga diharapkan design tulangan yang kita hasilkan mampu menahan gaya-gaya yang terjadi. Berikut ini adalah diagram perhitungan struktur balok:





✧ **Perhitungan Penulangan Balok :**

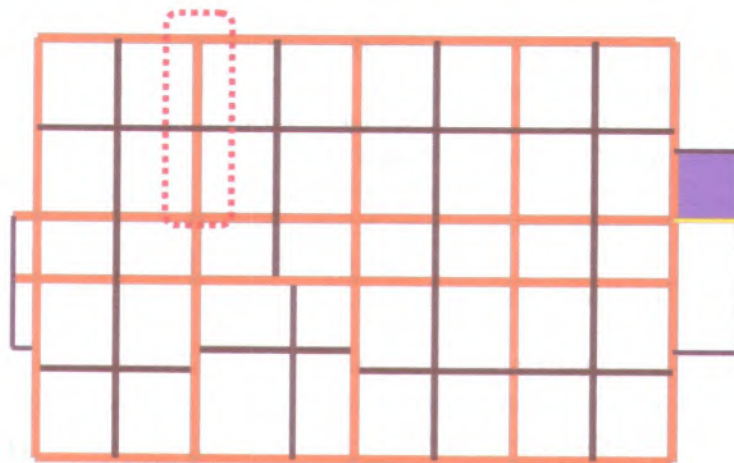
Tinggi efektif penampang (d) :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}} - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}\right) \\ &= 600 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \times 22\right) \\ &= 537,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi tebal antara sisi serat luar ke as tulangan lentur (d') :

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 600 - 537 \\ &= 63,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

✧ **Gambar denah pemalokan :**



 → posisi Balok Induk [BI-1/1] yang ditinjau.

Gambar 4.109 : Denah pemalokan lantai 2 [+4.00].

✳ Hasil output & diagram gaya dalam dari analisa SAP2000 :

Dari analisa SAP2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

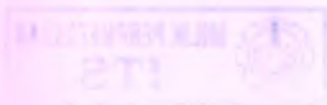
Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan gaya maksimum yang terjadi dari akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Yang mana kombinasi pembebanan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

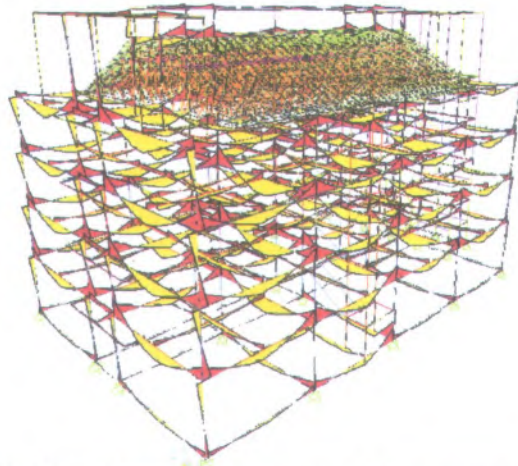
Kombinasi beban gravitasi :

- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup.
 $\text{COMB 2} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup.
 $\text{COMB 7} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL}$

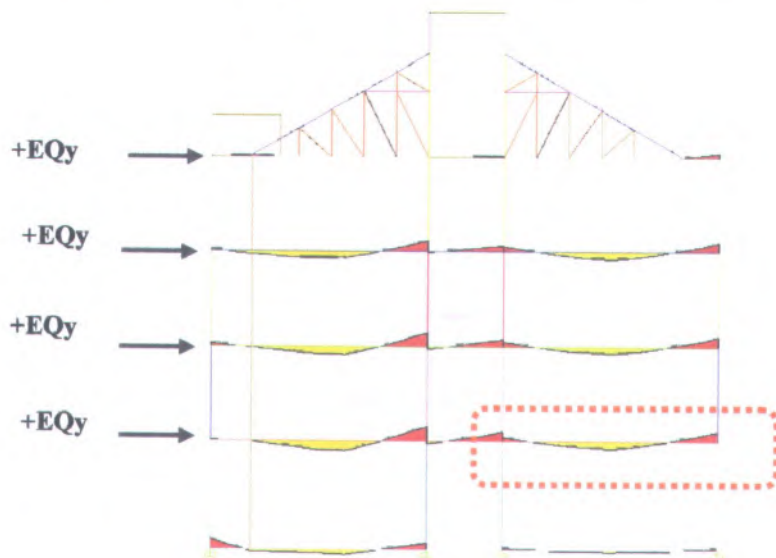
Kombinasi beban gempa :

- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.
 $\text{COMB 3} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQ}_x + 0,3 \text{ EQ}_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y.
 $\text{COMB 4} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ EQ}_x + 1,0 \text{ EQ}_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X.
 $\text{COMB 5} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 1,0 \text{ EQ}_x - 0,3 \text{ EQ}_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y.
 $\text{COMB 6} = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 0,3 \text{ EQ}_x - 1,0 \text{ EQ}_y$

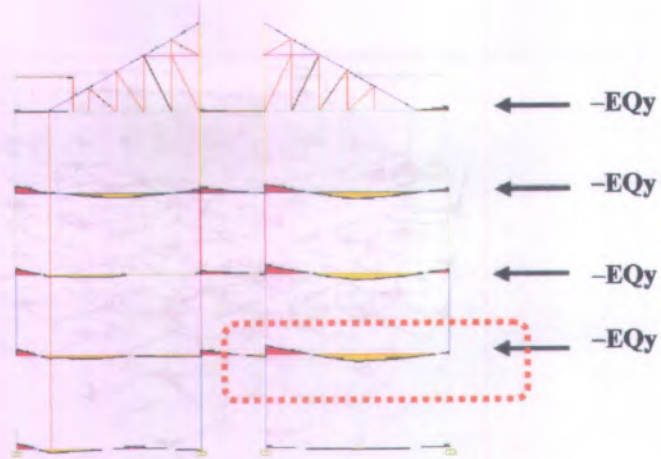




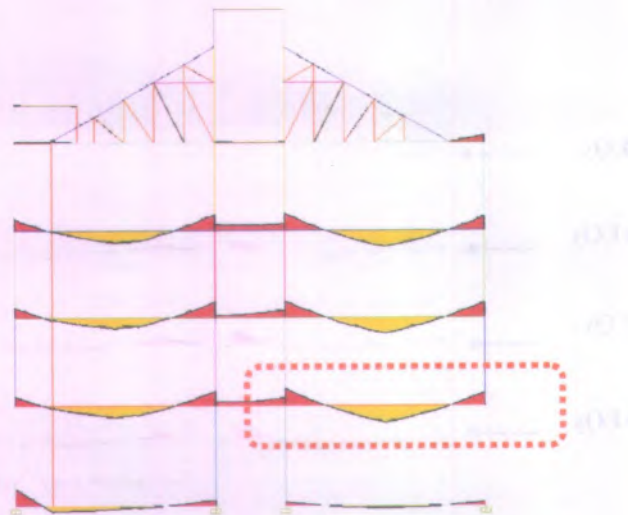
Gambar 4.110 : Permodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok.



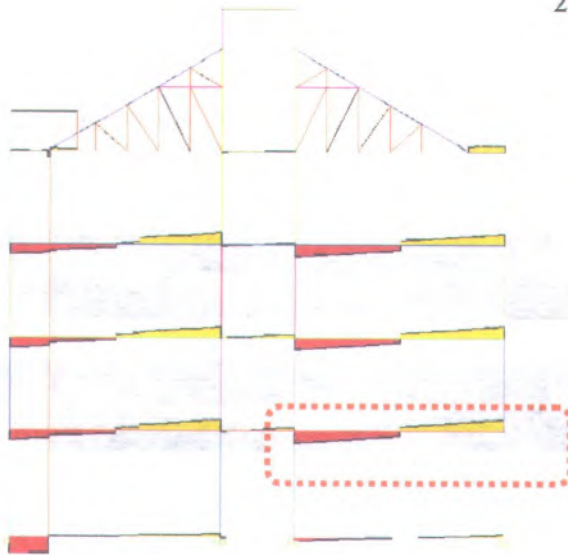
Gambar 4.111: Momen lentur COMB 4 =
 $1,2DL+1,0LL+0,3EQ_x+1,0EQ_y$



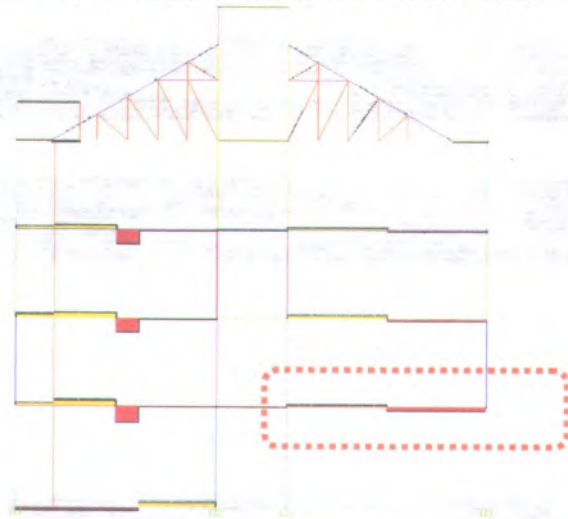
Gambar 4.112 : Momen lentur COMB 6 = $1,2DL+1,0LL-0,3EQx-1,0EQy$



Gambar 4.113 : Momen lentur COMB 2 = $1,2DL+1,6LL$

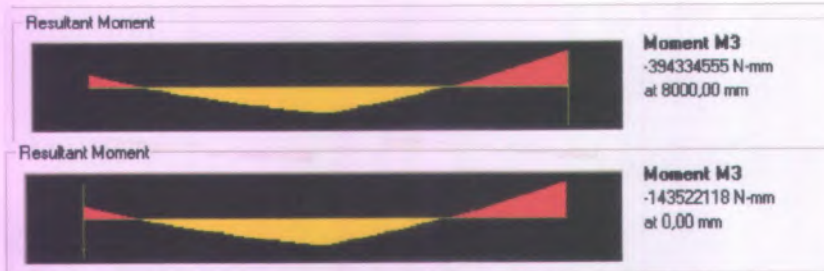


Gambar 4.114 : Gaya geser COMB 7 = 1.2DL+1.0LL



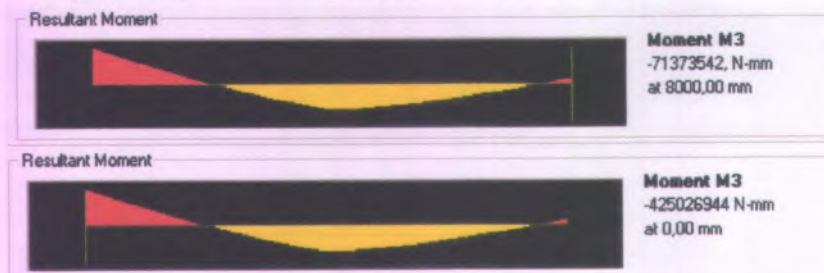
Gambar 4.115 : Momen puntir COMB 3 =
1,2DL+1,0LL+1,0EQx+0,3EQy

Hasil output dan diagram momen lentur :
COMB 4 = 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3 EQx + 1,0 Eqy



Momen lentur tumpuan kanan : - 394.334.555,00 N.mm
 Momen lentur tumpuan kiri : - 145.522.118,00 N.mm

COMB 6 = 1,2 DL + 1,0 LL - 0,3 EQx - 1,0 Eqy



Momen lentur tumpuan kanan : - 71.373.542,00 N.mm
 Momen lentur tumpuan kiri : - 425.026.944,00 N.mm

COMB 2 = 1,2 DL + 1,6 LL



Momen lentur lapangan : 327.355.869,00 N.mm

Hasil output dan diagram gaya geser :
COMB 7 = 1,2 DL + 1,0 LL

Resultant Shear



Shear V2
 -196682,69 N
 at 0,00 mm

Resultant Shear



Shear V2
 -87114,15 N
 at 3999,00 mm

Resultant Shear



Shear V2
 74222,68 N
 at 4000,00 mm

Resultant Shear



Shear V2
 183818,61 N
 at 8000,00 mm

Gaya geser kiri (-)	:	- 196.682,96 N
Gaya geser lapangan (-)	:	- 87.114,15 N
Gaya geser lapangan (+)	:	74.222,68 N
Gaya geser kanan (+)	:	183.381,61 N

Hasil output dan diagram momen puntir :
COMB 3 = 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 EQx + 0,3 EQy

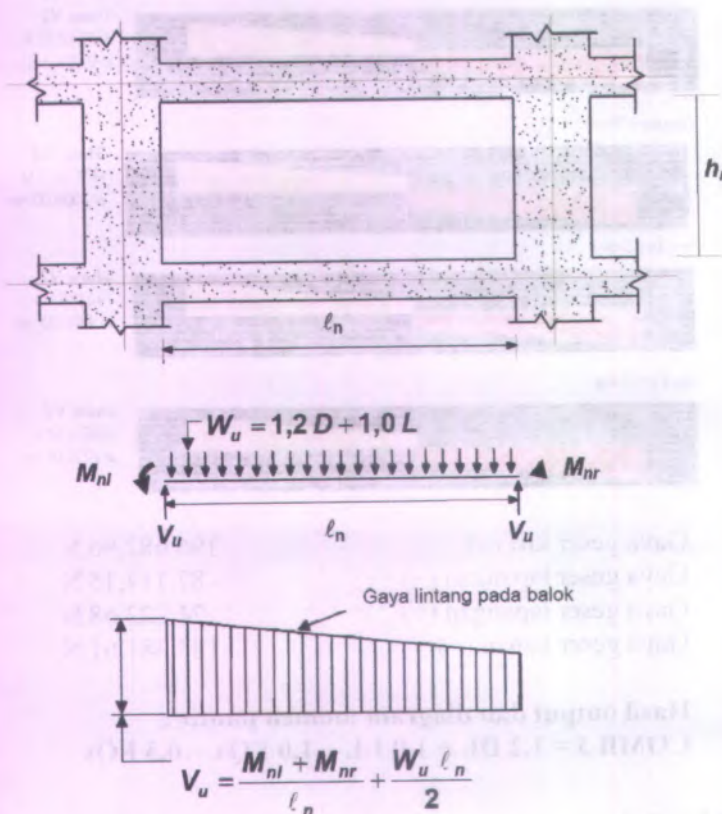
Resultant Torsion



Torsion
 17783185,56 N-mm
 at 8000,00 mm

Momen puntir : 17.783.185,56 N.mm

✳ Ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.] :



Gambar 4.116 : Gambar gaya lintang rencana komponen balok pada SRPMM.

Dimana :

- ℓ_n : bentang bersih balok.
- M_{nl} : Momen nominal kiri.
- M_{nr} : Momen nominal kanan.

- Vu : Gaya geser terfaktor.
- Wu : Beban merata dari kombinasi pembebanan yang terdiri dari 1,2 kali beban mati ditambah 1,0 beban hidup.
- Vu : Hasil dari penjumlahan momen nominal kiri dan momen nominal kanan dibagi dengan bentang bersih balok dan ditambahkan dengan setengah dari beban merata $1,2DL + 1,0LL$ dikalikan dengan bentang bersih balok.

Momen lentur tumpuan kiri pada komponen balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom.

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)]

- Dari hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000 didapatkan :
 - Momen lentur COMB 4 : - 145.522.118,00 N.mm**
 - Momen lentur COMB 6 : - 425.026.944,00 N.mm**
- Dikarenakan kedua momen sama-sama bernilai negatif maka momen lentur maksimum daerah tumpuan kiri :
 - = - 425.026.944,00 N.mm**

Momen lentur lapangan pada komponen balok :

Kuat momen lentur negatif atau positif balok pada tengah bentang tidak boleh lebih kecil seperlima kuat momen lentur maksimum balok pada muka kolom.

M lentur lapangan (-) / (+) $\geq \frac{1}{5}$ x M lentur tumpuan maksimum

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)]

- Dari hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000 didapatkan :

Momen lentur COMB 2 : 327.355.869,00 N.mm

$$327.355.869 \geq \frac{1}{5} \times 424.026.944$$

$$327.355.869 \geq 84.805.388 \rightarrow \text{OK}$$

- Dikarenakan ketentuan diatas memenuhi maka momen lentur maksimum daerah lapangan :

= **327.355.869,00 N.mm**

Momen lentur tumpuan kanan pada komponen balok :

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom.

M lentur tumpuan (+) $\geq \frac{1}{3}$ x M lentur tumpuan (-)

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)]

- Dari hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000 didapatkan :

Momen lentur COMB 4 : - 394.334.555,00 N.mm

Momen lentur COMB 6 : - 71.373.542,00 N.mm

- Dikarenakan kedua momen sama-sama bernilai negatif maka momen lentur maksimum daerah tumpuan kanan :

= **- 394.334.555,00 N.mm**

✧ Perhitungan :

$$\bullet m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$

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

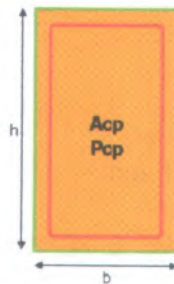
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1 persamaan 2.1]

$$\begin{aligned} \bullet \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\ &= 0,0271 \end{aligned}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3]

$$\bullet \rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0271 = 0,020$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3]



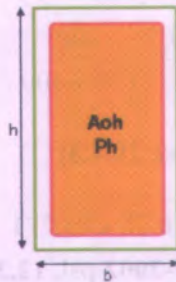
Gambar 4.117 : Gambar luasan Acp dan keliling Pcp.

- Luasan penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400 \times 600 \\ &= 240.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400 + 600) \\ &= 2.000 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.118 : Gambar luasan Aoh dan keliling Ph.

- Luasan penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - (\varnothing_{geser})) \times ((h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - (\varnothing_{geser})) \\ &= (400 - 80 - (12)) \times (600 - 80 - (12)) \\ &= 308 \times 508 \\ &= 156.464 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - (\varnothing_{geser})) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - (\varnothing_{geser}))) \\ &= 2 \times ((400 - 80 - (12)) + (600 - 80 - (12))) \\ &= 2 \times (308 + 508) \\ &= 1.632 \text{ mm} \end{aligned}$$

⌘ PENULANGAN TORSI

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 17.783.185,56 \text{ N.mm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(5)]

$$= \frac{17.783.185,56}{0,75}$$

$$= 23.710.914,08 \text{ N.mm}$$

Cek Pengaruh Tulangan Puntir :

$$T_{u_{\min}} = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1).(a)]

$$= \frac{0,75 \sqrt{25} \left(\frac{240.000^2}{2.000} \right)}{12}$$

$$= 9.000.000,00 \text{ N.mm}$$

❖ Syarat : $T_{u_{\min}} \geq T_u \rightarrow$ tulangan puntir diabaikan

$T_{u_{\min}} < T_u \rightarrow$ tulangan puntir ditinjau

❖ Kontrol : $9.000.000,00 \text{ N.mm} < 17.783.185,56 \text{ N.mm}$

❖ Maka : Direncanakan Memakai Tulangan Puntir

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir yang berupa sengkang-sengkang tertutup dan tulangan memanjang

Cek Dimensi Penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b \times d} + \frac{2 \times \sqrt{fc'}}{3}\right)$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(1).a]

$$\sqrt{\left(\frac{183.381,61}{400 \times 537}\right)^2 + \left(\frac{17.783.185,56 \times 1632}{1,7 \times 156464^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{179000}{400 \times 537} + \frac{2 \times \sqrt{25}}{3}\right)$$

1,662 ≤ 3,125

$$1,662 \leq 3,125$$

❖ Syarat : Pers.kiri > Pers.kanan → penampang tidak OK
 Pers.kiri ≤ Pers.kanan → penampang OK

❖ Kontrol : 1,662 ≤ 3,125

❖ Maka : Dimensi penampang OK

Tulangan puntir untuk geser :

$$Tn = \frac{2 \times Ao \times At \times fyv}{s} \times \cot \theta$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(6)]

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \times Ao \times fyv \times \cot \theta} \rightarrow Ao = 0,85 \times Aoh$$

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \times 0,85 \times Aoh \times fyv \times \cot \theta}$$

$$= \frac{23.710.914,08}{2 \times 0,85 \times 156464 \times 240 \times \cot 45}$$

$$= 0,371 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(7)]

$$= 0,371 \times 1632 \times \left(\frac{240}{320} \right) \times \cot^2 45$$

$$= 454,104 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir untuk lentur didistribusikan merata ke 4 sisi balok :

$$\frac{A_l}{4} = \frac{454,104}{4}$$

$$= 113,53 \text{ mm}^2$$

❖ **Maka :**

Luasan tambahan puntir longitudinal **tulangan lentur**

$$\frac{A_l}{4} = 113,53 \text{ mm}^2$$

Luasan tambahan puntir transversal untuk **tulangan geser**

$$\frac{A_t}{s} = 0,371 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jadi, luas tulangan perlu puntir

Luasan tulangan perlu puntir longitudinal sisi samping balok (web)

$$A_{\text{perlu puntir}} = 2 \times \frac{A_l}{4}$$

$$= 2 \times 113,53$$

$$= 227,06 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir

$$\emptyset - 12 = 113,04 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (web)

$$= \frac{A_{\text{perlu puntir}}}{\text{luasan } \emptyset_{\text{puntir}}} = \frac{227,06}{113,04} = 1,49 \approx 2 \text{ buah} \rightarrow 2 \emptyset 12$$

Jadi Tulangan Puntir Dipasang **2 $\emptyset 12$ (228,19 mm²)**

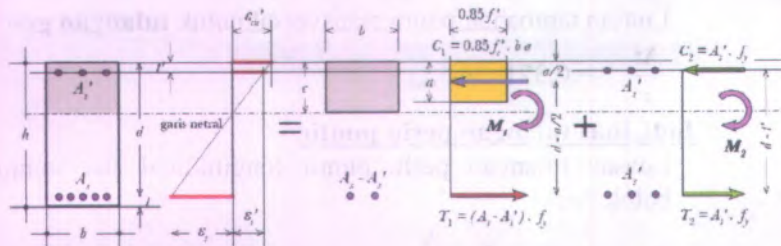
☞ PENULANGAN LENTUR

🚩 Daerah Tumpuan-1 (Kiri)

Momen lentur ultimate (M_u)
 $M_u = 425.026.944 \text{ N.mm}$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{425.026.944}{0,8} \\ &= 531.283.680 \text{ N.mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.119 : Analisis Lentur Penampang untuk Beton Bertulang

Garis netral dalam kondisi balance

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.2]

$$\begin{aligned} X_{\text{balance}} &= \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_s} \times d \\ &= \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}} \times d \end{aligned}$$

$$= \frac{0,003}{0,003 + \frac{400}{200.000}} \times 537$$

$$= 322,2 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{\max} = 0,75 \times X_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 322 \text{ mm}$$

$$= 241,5 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{\min} = d'$$

$$= 63 \text{ mm}$$

Garis netral pakai (asumsi = $0,45 \times X_{\max}$)

$$X_{\text{pakai}} = 0,45 \times X_{\max}$$

$$= 0,45 \times 241,5 \text{ mm}$$

$$= 108,67 \text{ mm} \approx 109 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton

$$a = X_{\text{pakai}} \times \beta_1$$

$$= 109 \text{ mm} \times 0,85$$

$$= 92,65 \text{ mm}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times f_c' \times b \times a}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 25 \times 400 \times 92,65}{400}$$

$$= 1968,81 \text{ mm}^2 \approx 1968,2 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 1968,2 \times 400 \times \left(537 - \frac{92,65}{2} \right) \\
 &= 386.298.614 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat: $M_{ns} > 0 \rightarrow$ perlu tulangan lentur tekan
 $M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 531.283.680 \text{ N.mm} - 386.298.614 \text{ N.mm} \\
 &= 144.985.066 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

maka;

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &> 0 \\
 144.985.066 \text{ N.mm} &> 0 \rightarrow \text{perlu tulangan lentur tekan}
 \end{aligned}$$

Jadi, perencanaan selanjutnya adalah:

“ Perhitungan Penulangan Lentur Rangkap ”.**Perencanaan Tulangan Lentur Rangkap**Gaya tekan dan tarik tulangan lentur rangkap

$$\begin{aligned}
 C_s' = T_s &= \frac{M_{ns}}{d - d'} \\
 &= \frac{144.985.066}{537 - 63} \\
 &= 305.875,66 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi tulangan lentur tekan

Syarat: $f_s' \geq f_y \rightarrow$ tulangan lentur tekan leleh
 $f_s' \leq f_y \rightarrow$ tulangan lentur tekan tidak leleh

$$\begin{aligned} f_s' &= \left(1 - \frac{d'}{X_{\text{pasal}}}\right) \times 600 \\ &= \left(1 - \frac{63}{109}\right) \times 600 \\ &= 253,2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

maka;

$$\begin{aligned} f_s' &< f_y \\ 253,2 \text{ N/mm}^2 &< 400 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi karena $f_s' < f_y$ maka tulangan tekan pada penulangan lentur balok **belum leleh**.

Luas tulangan lentur gaya tekan tulangan lentur rangkap

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{C_s'}{f_s' - (0,85 \times f_c')} \\ &= \frac{304.529,23}{253,2 - (0,85 \times 25)} \\ &= 1312,90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur rangkap

$$\begin{aligned} A_{ss} &= \frac{T_s}{f_y} 305.875,66 \text{ N} \\ &= \frac{305.875,66}{400} \\ &= 764,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur tarik total

$$\text{As} = \text{A.Lentur Gaya Tarik Lentur Tul.Tunggal} + \text{A.Lentur Gaya Tarik Lentur Tul.Rangkap}$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \text{Asc} + \text{Ass} \\ &= 1968,2 \text{ mm}^2 + 764,68 \text{ mm}^2 \\ &= 2.732,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, luas tulangan perlu lentur tarikLuasan tulangan perlu lentur + luasan tambahan puntir longitudinal :

Luasan tulangan perlu lentur tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned} \text{➤ Tulangan lentur tarik; As} &= \text{As} + \text{Al}/4 \\ &= 2.732,88 + 113,53 \\ &= 2.846,41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Luasan Tulangan Lentur yang diperlukan 2.846,41 mm²

Luasan tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Luasan tulangan lentur pakai} \\ \text{D - 22} &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan

Luas Tulangan Lentur yg Diperlukan

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$\begin{aligned} &= \frac{2.846,41}{380,13} \end{aligned}$$

$$= 7,4 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Jadi Tulangan Lentur Tarik Dipasang -8D22 (3.039,52 mm²)

Jadi, luas tulangan perlu lentur tekan

Luasan tulangan perlu lentur tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom)

$$\begin{aligned} \text{➤ Tulangan Lentur Tekan; } A_s' &= A_s' + A_l/4 \\ &= 1312,90 + 113,53 \\ &= 1.426,43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Luasan Tulangan Lentur yang diperlukan 1.426,43 mm²

Luasan tulangan :
Luasan tulangan lentur pakai
D – 22 = 380,13 mm²

Tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Luas Tulangan Lentur yg Diperlukan}}{\text{Luas Tulangan Lentur Pakai}} \\ &= \frac{1.426,43}{380,13} = 3,73 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jadi Tulangan Lentur Tekan Dipasang -5D22 (1.899,7 mm²)

Spasi tulangan puntir longitudinal :

$$S_{\text{puntir}} \leq 300 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.6.(3)]

Cek Jarak Spasi Tulangan :

Spasi tulangan tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (8 \times 22)}{8 - 1} \\ &= 17 \text{ mm} \end{aligned}$$

- ❖ Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : 17 mm < 25 mm

- ❖ Maka : Tulangan lentur tarik susun 2 lapis
 Lapis 1 = 5 buah tulangan
 Lapis 2 = 3 buah tulangan

Spasi tulangan tekan

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (5 \times 22)}{5 - 1}$$

$$= 47 \text{ mm}$$

- ❖ Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : 47 mm \geq 25 mm

❖ Maka : Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang

$$x_1 = t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} - (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}})$$

$$= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \times 22)$$

$$= 63,00 \text{ mm}$$

$$x_2 = t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}})$$

$$= 40 + 12 + 22 + 25 + (\frac{1}{2} \times 22)$$

$$= 110,00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{(n \text{ lapis 1} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X1) + (n \text{ lapis 2} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X2)}{n D_{\text{lentur}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}} \\
 &= \frac{(5 \times 380,13 \times 63,00) + (3 \times 380,13 \times 110,00)}{8 \times 380,13} \\
 &= 80,63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - y \\
 &= 600,00 - 80,63 \\
 &= 519,38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= h_{\text{balok}} - d \\
 &= 600,00 - 519,38 \\
 &= 80,63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Persamaan Kestabilan Penampang :

$$T = C$$

$$T = Cc' + Cs'$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times f_{s'})$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600)$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right)))$$

$$As_{\text{pasang}} \times fy = (0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) + (As'_{\text{pasang}} \times 600) - (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) + ((As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600)) + (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

Dikalikan dengan nilai X :

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600)) \times X + (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times d')$$

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X^2) + ((As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600))X + (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times d')$$

Mencari nilai X dengan persamaan abc :

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1$$

$$b = (As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600)$$

$$c = As'_{\text{pasang}} \times 600 \times d'$$

Maka nilai X :

$$\begin{aligned} a &= -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \\ &= -0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \\ &= -7.225,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= (A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600) \\
 &= (3.041,06 \times 400) - (1.900,66 \times 600) \\
 &= 76.026,54
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times d' \\
 &= 1.900,66 \times 600 \times 80,63 \\
 &= 91.944.599,49
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-(76026) + \sqrt{(76026)^2 - 4(-7225)(91944599)}}{2(-7225)} \\
 &= -107,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-(76026) - \sqrt{(76026)^2 - 4(-7225)(91944599)}}{2(-7225)} \\
 &= 118,19 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka nilai X_{pasang} :

$$X = x_2 = 118,19 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \times X \\
 &= 0,85 \times 118,19 \\
 &= 100,46 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 100,46 \\
 &= 853.945,09 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap :

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s'_{\text{pasang}} \times f_s' \\
 &= A_s'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600 \\
 &= 1.900,66 \times \left(1 - \frac{80,63}{118,19}\right) \times 600 \\
 &= 362.479,58 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang :

$$\begin{aligned}
 M_{n_{\text{pasang}}} &= C_c' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s' \times (d - d') \\
 &= 853945 \times \left(519 - \frac{100}{2}\right) + 362479 \times (519 - 81) \\
 &= 559.660.224,64 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

- ❖ 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 : $559.660.224,64 \text{ N.mm} \geq 531.283.680 \text{ N.mm}$
- ❖ Maka : Penulangan lentur memenuhi (OK)

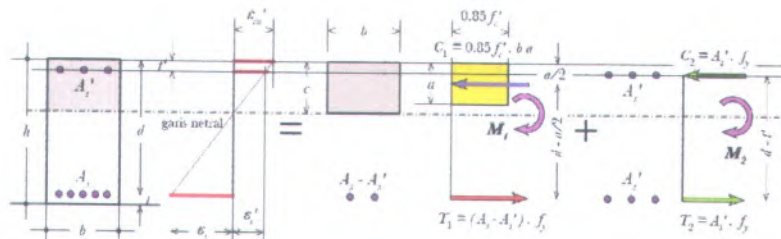
✦ **Daerah Lapangan (Daerah Tengah)**

Momen lentur ultimate (M_u)

$$M_u = 327.355.869 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{327.355.869}{0,8} \\ &= 409.194.836,3 \text{ N.mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.120 : Analisis Lentur Penampang untuk Beton Bertulang

Garis netral dalam kondisi balance

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.2]

$$\begin{aligned} X_{\text{balance}} &= \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s} \times d \\ &= \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}} \times d \\ &= \frac{0,003}{0,003 + \frac{400}{200.000}} \times 537 \\ &= 322 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 322 \text{ mm} \\ &= 241,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral pakai (asumsi = $0,30 \times X_{\max}$)

$$\begin{aligned} X_{\text{pakai}} &= 0,45 \times X_{\max} \\ &= 0,45 \times 241,5 \text{ mm} \\ &= 108,67 \text{ mm} \approx 109 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton

$$\begin{aligned} a &= X_{\text{pakai}} \times \beta_1 \\ &= 109 \text{ mm} \times 0,85 \\ &= 92,65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times a}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 400 \times 92,65}{400} \\ &= 1.968,8125 \text{ mm}^2 \approx 1.968,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1968,8 \times 400 \times \left(537 - \frac{92,65}{2} \right) \\ &= 386.416.376 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur RangkapSyarat: $Mns > 0 \rightarrow$ perlu tulangan lentur tekan $Mns \leq 0 \rightarrow$ tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} Mns &= Mn - Mnc \\ &= 409.233.540 \text{ N.mm} - 386.416.376 \text{ N.mm} \\ &= 22.817.164 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

maka;

$$Mns > 0$$

22.817.164 N.mm $> 0 \rightarrow$ perlu tulangan lentur tekan

Jadi, perencanaan selanjutnya adalah:

“Perhitungan Penulangan Lentur Rangkap”.**Perencanaan Tulangan Lentur Rangkap**Gaya tekan dan tarik tulangan lentur rangkap

$$\begin{aligned} Cs' = Ts &= \frac{Mns}{d - d'} \\ &= \frac{22.817.164}{537 - 63} \\ &= 48.137,47 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kondisi tulangan lentur tekanSyarat: $fs' \geq fy \rightarrow$ tulangan lentur tekan leleh $fs' \leq fy \rightarrow$ tulangan lentur tekan tidak leleh

$$\begin{aligned} fs' &= \left(1 - \frac{d'}{X_{pasal}}\right) \times 600 \\ &= \left(1 - \frac{63}{109}\right) \times 600 \\ &= 253,2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

maka;

$$f_s' < f_y$$

$$253,2 \text{ N/mm}^2 < 400 \text{ N/mm}^2$$

Jadi karena $f_s' < f_y$ maka tulangan tekan pada penulangan lentur balok **belum leleh**.

Luas tulangan lentur gaya tekan tulangan lentur rangkap

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

$$= \frac{48.137,47}{253,2 - (0,85 \times 25)}$$

$$= 207,53 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur rangkap

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

$$= \frac{48.137,47}{400}$$

$$= 123,24 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan lentur tarik total

$A_s = A.$ Lentur Gaya Tarik Lentur Tul.Tunggal + $A.$ Lentur Gaya Tarik Lentur Tul.Rangkap

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

$$= 1968,8 \text{ mm}^2 + 123,24 \text{ mm}^2$$

$$= 2.092,04 \text{ mm}^2$$

Jadi, luas tulangan perlu lentur tarik

Luasan tulangan perlu lentur + luasan tambahan puntir longitudinal :

Luasan tulangan perlu lentur tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned} \text{➤ Tulangan lentur tarik; } A_s &= A_s + A_l/4 \\ &= 2.092,04 + 113,53 \\ &= 2.205,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Luasan Tulangan Lentur yang diperlukan $2.205,57 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan :

Luasan tulangan lentur pakai

$$D - 22 = 380,13 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang diperlukan

Luas Tulangan Lentur yg Diperlukan

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$= \frac{2.205,57}{380,13}$$

$$= 5,8 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$$

Jadi Tulangan Lentur Tarik Dipasang $-7D22 (2.659,58 \text{ mm}^2)$

Jadi, luas tulangan perlu lentur tekan

Luasan tulangan perlu lentur tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom)

$$\begin{aligned} \text{➤ Tulangan Lentur Tekan; } A_s' &= A_s' + A_l/4 \\ &= 207,53 + 113,53 \\ &= 321,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Luasan Tulangan Lentur yang diperlukan $321,06 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan :

Luasan tulangan lentur pakai

$$D - 22 = 380,13 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang diperlukan

Luas Tulangan Lentur yg Diperlukan

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$= \frac{321,06}{380,13} = 0,84 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Jadi Tulangan Lentur Tekan Dipasang - $2D22 (759,88 \text{ mm}^2)$

Spasi tulangan puntir longitudinal :

$$S_{\text{puntir}} \leq 300 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.6.(3)]

Cek Jarak Spasi Tulangan :

Spasi tulangan tarik

$$S_{\text{max}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (7 \times 22)}{7 - 1}$$

$$= 24 \text{ mm}$$

❖ Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis

$S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : $24 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$

❖ Maka : Tulangan lentur tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 5 buah tulangan

Lapis 2 = 2 buah tulangan

Spasi tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\
 &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (2 \times 22)}{2 - 1} \\
 &= 252 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Syarat : $S_{\max} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\max} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : $252 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$

❖ Maka : Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang

$$\begin{aligned}
 x_1 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} - (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\
 &= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \times 22) \\
 &= 63,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\
 &= 40 + 12 + 22 + 25 + (\frac{1}{2} \times 22) \\
 &= 110,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{(\text{n lapis 1} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X1) + (\text{n lapis 2} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X2)}{\text{n } D_{\text{lentur}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}} \\
 &= \frac{(5 \times 380,13 \times 63,00) + (2 \times 380,13 \times 110,00)}{7 \times 380,13} \\
 &= 76,43 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 600,00 - 76,43 \\ &= 523,57 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 600,00 - 523,57 \\ &= 76,43 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persamaan Kestabilan Penampang :

$$T = C$$

$$T = Cc' + Cs'$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times f_{s'})$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600)$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right)))$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600)) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

Dikalikan dengan nilai X :

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600)) \times X + (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times d')$$

$$0 = -(0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times X^2) + ((As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600))X + (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times d')$$

Mencari nilai X dengan persamaan abc :

$$x_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1$$

$$b = (As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600)$$

$$c = As'_{\text{pasang}} \times 600 \times d'$$

Maka nilai X :

$$\begin{aligned} a &= -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \\ &= -0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \\ &= -7.225,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= (As_{\text{pasang}} \times fy) - (As'_{\text{pasang}} \times 600) \\ &= (2.660,93 \times 400) - (760,27 \times 600) \\ &= 608.212,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= As'_{\text{pasang}} \times 600 \times d' \\ &= 760,27 \times 600 \times 76,43 \\ &= 34.863.600,07 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-(608212) + \sqrt{(608212)^2 - 4(-7225)(34863600)}}{2(-7225)} \\
 &= -39,13 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-(608212) - \sqrt{(608212)^2 - 4(-7225)(34863600)}}{2(-7225)} \\
 &= 123,31 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka nilai X_{pasang} :

$$X = x_2 = 123,31 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \times X \\
 &= 0,85 \times 123,31 \\
 &= 104,82 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 104,82 \\
 &= 890.936,70 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap :

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A s'_{\text{pasang}} \times f_s' \\
 &= A s'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600 \\
 &= 760,27 \times \left(1 - \frac{76,43}{123,31}\right) \times 600 \\
 &= 173.434,89 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang :

$$\begin{aligned}Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + Cs' \times (d - d') \\ &= 890937 \times \left(524 - \frac{105}{2} \right) + 173435 \times (524 - 76) \\ &= 497.326.926,23 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

- ❖ Syarat : $Mn_{\text{pasang}} \geq Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ perencanaan OK
 $Mn_{\text{pasang}} < Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ perencanaan tidak OK
- ❖ Kontrol : $497.326.926,23 \text{ N.mm} \geq 409.194.836,3 \text{ N.mm}$
- ❖ Maka : Penulangan lentur memenuhi (OK)

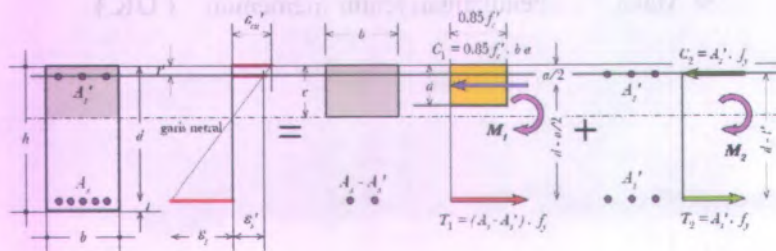
Daerah Tumpuan-2 (Kanan)

Momen lentur ultimate (M_u)

$$M_u = 394.334.555 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{394.334.555}{0,8} \\ &= 492.918.193,8 \text{ N.mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.121 : Analisis Lentur Penampang untuk Beton Bertulang

Garis netral dalam kondisi balance

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.2]

$$\begin{aligned} X_{\text{balance}} &= \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_s} \times d \\ &= \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}} \times d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,003}{0,003 + \frac{400}{200.000}} \times 537 \\
 &= 322 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &= 0,75 \times X_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 322 \text{ mm} \\
 &= 241,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned}
 X_{\min} &= d' \\
 &= 63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Garis netral pakai (asumsi = $0,45 \times X_{\max}$)

$$\begin{aligned}
 X_{\text{pakai}} &= 0,45 \times X_{\max} \\
 &= 0,45 \times 241,5 \text{ mm} \\
 &= 108,67 \text{ mm} \approx 109 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton

$$\begin{aligned}
 a &= X_{\text{pakai}} \times \beta_1 \\
 &= 109 \text{ mm} \times 0,85 \\
 &= 92,65 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c' \times b \times a}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 400 \times 92,65}{400} \\
 &= 1.968,8125 \text{ mm}^2 \approx 1.968,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 1.968,8 \times 400 \times \left(537 - \frac{92,65}{2} \right) \\
 &= 386.416.376 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Tulangan Lentur Rangkap

Syarat: $M_{ns} > 0 \rightarrow$ perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 492.918.193,8 \text{ N.mm} - 386.416.376 \text{ N.mm} \\
 &= 106.501.817,8 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

maka;

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &> 0 \\
 106.501.817,8 \text{ N.mm} &> 0 \rightarrow \text{perlu tulangan lentur tekan}
 \end{aligned}$$

Jadi, perencanaan selanjutnya adalah:

“Perhitungan Penulangan Lentur Rangkap.”**Perencanaan Tulangan Lentur Rangkap**Gaya tekan dan tarik tulangan lentur rangkap

$$\begin{aligned}
 C_s' = T_s &= \frac{M_{ns}}{d - d'} \\
 &= \frac{106.501.817,8}{537 - 63} \\
 &= 224.687,37 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi tulangan lentur tekan

Syarat: $f_s' \geq f_y \rightarrow$ tulangan lentur tekan leleh

$f_s' \leq f_y \rightarrow$ tulangan lentur tekan tidak leleh

$$\begin{aligned} f_s' &= \left(1 - \frac{d'}{X_{\text{pakai}}}\right) \times 600 \\ &= \left(1 - \frac{63}{109}\right) \times 600 \\ &= 253,2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

maka;

$$\begin{aligned} f_s' &< f_y \\ 253,2 \text{ N/mm}^2 &< 400 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi karena $f_s' < f_y$ maka tulangan tekan pada penulangan lentur balok **belum leleh**.

Luas tulangan lentur gaya tekan tulangan lentur rangkap

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{C_s'}{f_s' - (0,85 \times f_c')} \\ &= \frac{224.687,37}{253,2 - (0,85 \times 25)} \\ &= 968,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur rangkap

$$\begin{aligned} A_{ss} &= \frac{T_s}{f_y} \\ &= \frac{224.687,37}{400} \\ &= 561,71 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur tarik total

$$\text{As} = \text{A.Lentur Gaya Tarik Lentur Tul.Tunggal} + \text{A.Lentur Gaya Tarik Lentur Tul.Rangkap}$$

$$\begin{aligned}\text{As} &= \text{Asc} + \text{Ass} \\ &= 1968,8 \text{ mm}^2 + 561,71 \text{ mm}^2 \\ &= 2.530,51 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jadi, luas tulangan perlu lentur tarik

Luasan tulangan perlu lentur + luasan tambahan puntir longitudinal :

Luasan tulangan perlu lentur tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top)

$$\begin{aligned}\text{➤ Tulangan lentur tarik; As} &= \text{As} + \text{Al}/4 \\ &= 2.530,51 + 113,53 \\ &= 2.644,04 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jadi Luasan Tulangan Lentur yang diperlukan 2.644,04 mm²

Luasan tulangan :

Luasan tulangan lentur pakai

$$\text{D} - 22 = 380,13 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang diperlukan

Luas Tulangan Lentur yg Diperlukan

Luas Tulangan Lentur Pakai

$$= \frac{2.644,04}{380,13}$$

$$= 6,9$$

$$= 6,9 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Jadi Tulangan Lentur Tarik Dipasang -8D22 (3.039,52 mm²)

Jadi, luas tulangan perlu lentur tekan

Luasan tulangan perlu lentur tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom)

$$\begin{aligned} \text{➤ Tulangan Lentur Tekan; } A_s' &= A_s' + A_l/4 \\ &= 968,68 + 113,53 \\ &= 1.082,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Luasan Tulangan Lentur yang diperlukan 1.082,21 mm²

Luasan tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Luasan tulangan lentur pakai} \\ D - 22 &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan

$$= \frac{\text{Luas Tulangan Lentur yg Diperlukan}}{\text{Luas Tulangan Lentur Pakai}}$$

$$= \frac{1082,21}{380,13} = 3,84 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Jadi Tulangan Lentur Tekan Dipasang -5D22 (1.899,7 mm²)

Jadi, luas tulangan perlu puntir

Luasan tulangan perlu puntir longitudinal sisi samping balok (web)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu puntir}}} &= 2 \times \frac{A_l}{4} \\ &= 2 \times 113,53 \\ &= 227,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir

$$\text{Ø} - 12 = 113,04 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (web)

Spasi tulangan puntir longitudinal :

$$S_{\text{puntir}} \leq 300 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.6.(3)]

Cek Jarak Spasi Tulangan :

Spasi tulangan tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (8 \times 22)}{8 - 1} \\ &= 17 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : $17 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$

❖ Maka : Tulangan lentur tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 5 buah tulangan

Lapis 2 = 3 buah tulangan

Spasi tulangan tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jml tul} - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 12) - (5 \times 22)}{5 - 1} \\ &= 47 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Syarat : $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\text{max}} < S_{\text{sejajar max}} \rightarrow$ susun 2 lapis

❖ Kontrol : $47 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$

❖ Maka : Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang

$$\begin{aligned}x_1 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} - (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \times 22) \\ &= 63,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_2 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40 + 12 + 22 + 25 + (\frac{1}{2} \times 22) \\ &= 110,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y &= \frac{(n \text{ lapis 1} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X1) + (n \text{ lapis 2} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \times X2)}{n \text{ } D_{\text{lentur}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}} \\ &= \frac{(5 \times 380,13 \times 63,00) + (3 \times 380,13 \times 110,00)}{8 \times 380,13} \\ &= 80,63 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned}d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 600,00 - 80,63 \\ &= 519,38 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 600,00 - 519,38 \\ &= 80,63 \text{ mm}\end{aligned}$$

Persamaan Kestabilan Penampang :

$$T = C$$

$$T = Cc' + Cs'$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times f_{s'})$$

$$A_{s_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600)$$

$$A_{s_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s'_{pasang}} \times 600) - (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right)))$$

$$A_{s_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{pasang}} \times 600) - (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)) + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

Dikalikan dengan nilai X :

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)) \times X + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X^2) + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600))X + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

Mencari nilai X dengan persamaan abc :

$$x_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = -0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1$$

$$b = (A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)$$

$$c = A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d'$$

Maka nilai X :

$$\begin{aligned} a &= -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \\ &= -0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \\ &= -7.225,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= (A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600) \\ &= (3.041,06 \times 400) - (1.900,66 \times 600) \\ &= 76.026,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d' \\ &= 1.900,66 \times 600 \times 80,63 \\ &= 91.944.599,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(76026) + \sqrt{(76026)^2 - 4(-7225)(91944599)}}{2(-7225)} \\ &= -107,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(76026) - \sqrt{(76026)^2 - 4(-7225)(91944599)}}{2(-7225)} \\ &= 118,19 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka nilai X_{pasang} :

$$X = x_2 = 118,19 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \times X \\ &= 0,85 \times 118,19 \\ &= 100,46 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 100,46 \\
 &= 853.945,09 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap :

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As'_{\text{pasang}} \times fs' \\
 &= As'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600 \\
 &= 1.900,66 \times \left(1 - \frac{80,63}{118,19}\right) \times 600 \\
 &= 362.479,58 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang :

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 853945 \times \left(519 - \frac{100}{2}\right) + 362479 \times (519 - 81) \\
 &= 559.660.224,64 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

❖ Syarat : $Mn_{\text{pasang}} \geq Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ perencanaan OK
 $Mn_{\text{pasang}} < Mn_{\text{perlu}} \rightarrow$ perencanaan tidak OK

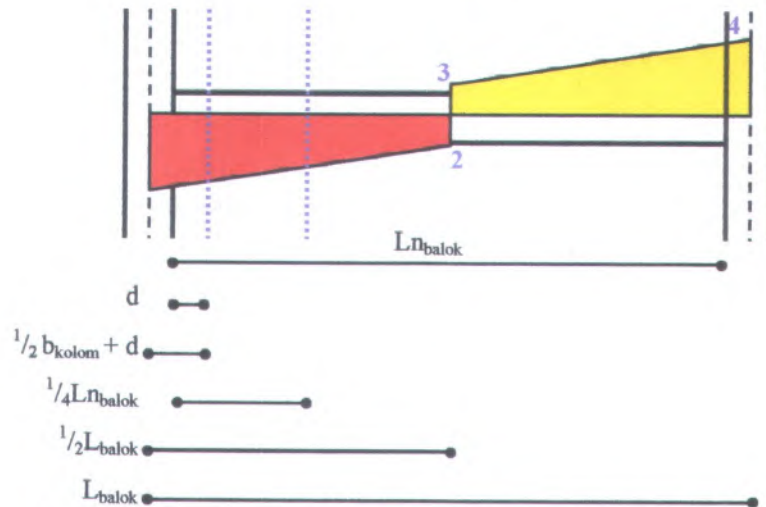
❖ Kontrol : $559.660.224,64 \text{ N.mm} > 492.918.193,8 \text{ N.mm}$

❖ Maka : Penulangan lentur memenuhi (OK)

⌘ PENULANGAN GESER

◆ DAERAH TUMPUAN

M_{nl}	=	559.660.224,64	N.mm
M_{nr}	=	559.660.224,64	N.mm
L_{balok}	=	8.000,00	mm
b_{kolom}	=	500,00	mm
$L_{n_{balok}}$	=	7.500,00	mm
$\frac{1}{2} b_{kolom}$	=	250,00	mm
d	=	537,00	mm
$\frac{1}{2} b_{kolom} + d$	=	787,00	mm
$\frac{1}{2} L_{balok}$	=	4.000,00	mm
$\frac{1}{4} L_{balok}$	=	2.000,00	mm
$\frac{1}{4} L_{n_{balok}}$	=	1.875,00	mm



Gambar 4.122 : Diagram gaya geser terfaktor pada bentang balok.

- Dari hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000 didapatkan :

COMB 7 [1,2 DL + 1,0 LL]

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser terfaktor } Vu_1 &= -196.682 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_2 &= -87.114,15 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_3 &= 74.222,68 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_4 &= 183.381,61 \text{ N} \end{aligned}$$

- Penampang yang jaraknya antara as kolom sampai dengan d dari muka kolom direncanakan terhadap gaya geser terfaktor Vu yang nilainya sama dengan gaya geser terfaktor Vu yang dihitung pada penampang yang jaraknya d dari muka kolom.

$$\Rightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.3}].(1)]$$

Vu daerah tumpuan COMB 10 [1,2 DL + 1,0 LL] :

$$\begin{aligned} &= Vu_1 - \left((Vu_1 - Vu_2) \times \left(\frac{\frac{1}{2} b_{\text{kolom}} + d}{\frac{1}{2} L_{\text{balok}}} \right) \right) \\ &= 196.682 - \left((196.682 - 87.114) \times \left(\frac{787}{4.000,00} \right) \right) \\ &= 175.124,49 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka Vu :

$$= \frac{Mnl + Mnr}{\lambda n} + \frac{Wu \times \lambda n}{2}$$

$$\Rightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.3}].(1)]$$

$$\begin{aligned} &= \frac{Mnl + Mnr}{Ln} + Vu_{\text{tump. COMB 7 [1,2DL + 1,0LL]}} \\ &= \frac{559.660.224,64 + 559.660.224,64}{7.500} + 175.124,49 \\ &= 324.367,21 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.2).(1)]

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5 \leq 8,33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.3.1).(1)]

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537$$

$$= 179.000,00 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 400 \times 537$$

$$= 71.600,00 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537$$

$$= 358.000,00 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537 \\
 &= 716.000,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi :

❖ Syarat :

$$\text{Kondisi 1} \rightarrow V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 2} \rightarrow 0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 3} \rightarrow \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$\text{Kondisi 4} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$\text{Kondisi 5} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{s_{\max}})$$

❖ Kontrol :

Kondisi 4 →

$$= \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$= 0,75(179000 + 71600) \leq 324.367,21 \leq 0,75(179000 + 358000)$$

$$= 187.950,00 \leq 324.367,21 \leq 402.750,00$$

❖ Maka : Penulangan geser pada **kondisi 4**Tulangan geser :

$$V_u = \phi V_n$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.1]

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi}$$

$$= \frac{324.367,21 - (0,75 \times 179.000)}{0,75}$$

$$= 271.068$$

Luasan tulangan geser :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \rightarrow f_y = f_s$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.6).(1)]

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_s \times d} \\ &= \frac{271.068}{240 \times 537} \\ &= 2,10 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\emptyset - 12 = 113,10 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang 2 kaki :

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 113,10 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser + luasan tambahan puntir transversal

$$\begin{aligned} \frac{A_{tot}}{s} &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \\ &= 2,10 + 2 \times 0,371 \\ &= 2,84 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$\begin{aligned} S_{max} &= \frac{A_v}{\frac{A_{tot}}{s}} \\ &= \frac{226,19}{2,84} \\ &= 82 \text{ mm} \end{aligned}$$

Spasi tulangan puntir transversal :

$$S_{\text{puntir}} \leq \frac{Ph}{8} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.6).(1)]

$$S_{\text{puntir}} \leq \frac{1.816}{8} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

$$\leq 227 \text{ mm atau } 300 \text{ mm}$$

Cek Spasi Tulangan Geser :

❖ $S_{\text{rencana}} : 80 \text{ mm}$

❖ Syarat :

- $S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{max}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq d/4$ pada daerah tumpuan
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \varnothing_{\text{geser}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

❖ Kontrol :

- 80 mm ≤ 103 mm
- 80 mm ≤ 130 mm
- 80 mm ≤ 176 mm
- 80 mm ≤ 288 mm
- 80 mm ≤ 300 mm

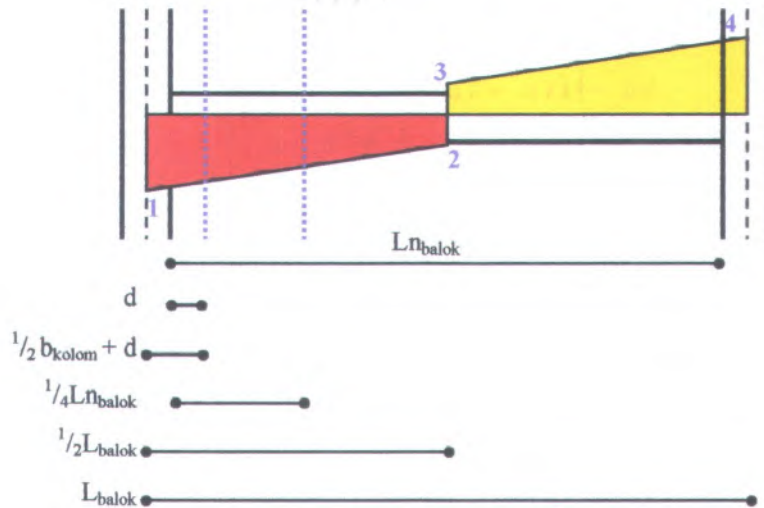
❖ Maka :

- S_{pakai} tulangan geser sejarak 80 mm
- Senggang pertama dipasang ≤ 50 mm dari muka kolom.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

◆ DAERAH LAPANGAN

M_{nl}	=	559.660.224,64	N.mm
M_{nr}	=	559.660.224,64	N.mm
L_{balok}	=	8.000,00	mm
b_{kolom}	=	500,00	mm
L_n_{balok}	=	7.500,00	mm
$\frac{1}{2} b_{kolom}$	=	250,00	mm
d	=	537,00	mm
$\frac{1}{2} b_{kolom} + d$	=	787,00	mm
$\frac{1}{2} L_{balok}$	=	4.000,00	mm
$\frac{1}{4} L_{balok}$	=	2.000,00	mm
$\frac{1}{4} L_n_{balok}$	=	1.875,00	mm



Gambar 4.123 : Diagram gaya geser terfaktor pada bentang balok.

- Dari hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000 didapatkan :

COMB 7[1,2 DL + 1,0 LL]

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser terfaktor } Vu_1 &= -196.682 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_2 &= -87.114,15 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_3 &= 74.222,68 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_4 &= 183.381,61 \text{ N} \end{aligned}$$

- Penampang yang jaraknya antara seperempat bentang bersih balok sampai dengan setengah bentang bersih balok direncanakan terhadap gaya geser terfaktor V_u yang nilainya sama dengan gaya geser terfaktor V_u yang dihitung pada penampang yang jaraknya seperempat bentang bersih balok.

V_u daerah lapangan COMB 10 [1,2 DL + 1,0 LL] :

$$\begin{aligned} &= Vu_1 - \left((Vu_1 - Vu_2) \times \left(\frac{\frac{1}{4} L_n \text{ balok}}{\frac{1}{2} L_n \text{ balok}} \right) \right) \\ &= 196.682 - \left((196.682 - 87.114) \times \left(\frac{1.875,00}{4.000,00} \right) \right) \\ &= 145.404,17 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka V_u :

$$\begin{aligned} &= \frac{Mnl + Mnr}{\lambda n} + \frac{Wu \times \lambda n}{2} \\ &\rightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.3}].(1) \\ &= \frac{Mnl + Mnr}{L_n} + Vu \text{ tump. COMB 7 [1,2DL + 1,0LL]} \\ &= \frac{559.660.224,64 + 559.660.224,64}{7.500} + 145.404,17 \\ &= 294.646,89 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.2).(1)]

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5 \leq 8,33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.3.1).(1)]

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537$$

$$= 179.000,00 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 400 \times 537$$

$$= 71.600,00 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537$$

$$= 358.000,00 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537 \\
 &= 716.000,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi :

❖ Syarat :

$$\text{Kondisi 1} \rightarrow V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 2} \rightarrow 0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 3} \rightarrow \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$\text{Kondisi 4} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$\text{Kondisi 5} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{s_{\max}})$$

❖ Kontrol :

Kondisi 4 →

$$= \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$= 0,75(179000 + 71600) \leq 294.646,89 \leq 0,75(179000 + 358000)$$

$$= 187.950,00 \leq 294.646,89 \leq 402.750,00$$

❖ Maka : Penulangan geser pada **kondisi 4**Tulangan geser :

$$V_u = \phi V_n$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.1)]

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi}$$

$$= \frac{294.646,89 - (0,75 \times 179.000)}{0,75}$$

$$= 213.862,52 \text{ N}$$

Luasan tulangan geser :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \rightarrow f_y = f_s$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.6).(1)]

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_s \times d} \\ &= \frac{213.862,52}{240 \times 537} \\ &= 1,59 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\emptyset - 12 = 113,10 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang 2 kaki :

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 113,10 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser + luasan tambahan puntir transversal

$$\begin{aligned} \frac{A_{tot}}{s} &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \\ &= 1,59 + 2 \times 0,371 \\ &= 2,33 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$\begin{aligned} S_{max} &= \frac{A_v}{\frac{A_{tot}}{s}} \\ &= \frac{226,19}{2,23} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Spasi tulangan puntir transversal :

$$S_{\text{puntir}} \leq \frac{Ph}{8} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.6).(1)]

$$S_{\text{puntir}} \leq \frac{1.816}{8} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

$$\leq 227 \text{ mm atau } 300 \text{ mm}$$

Cek Spasi Tulangan Geser :

❖ $S_{\text{rencana}} : 100 \text{ mm}$

❖ Syarat :

- $S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{max}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq d/2$ pada daerah lapangan
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \varnothing_{\text{geser}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

❖ Kontrol :

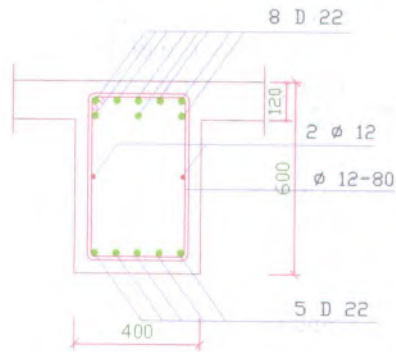
- 100 mm $\leq 125 \text{ mm}$
- 100 mm $\leq 262 \text{ mm}$
- 100 mm $\leq 176 \text{ mm}$
- 100 mm $\leq 288 \text{ mm}$
- 100 mm $\leq 300 \text{ mm}$

❖ Maka :

- S_{pakai} tulangan geser sejarak 100 mm

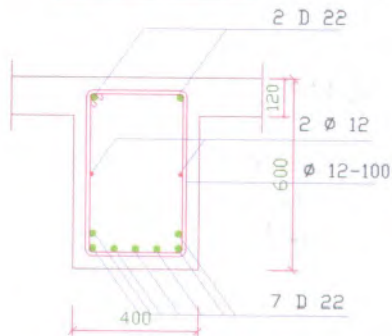
✳ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :
TUMPUAN 1

Gambar 4.124 : Detail penulangan balok



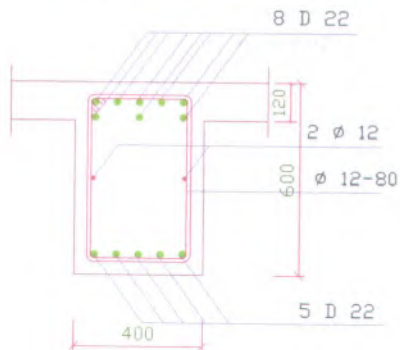
TUMPUAN KANAN :
 - T.Tarik 8D22 ; Ø12-80mm
 -T.Tekan 5 D 22 ; Ø12-80 mm

LAPANGAN



LAPANGAN :
 - T.Tarik 7D22 ; Ø12-100mm
 -T.Tekan 2 D 22 ; Ø12-100 mm

TUMPUAN 2



TUMPUAN KANAN :
 - T.Tarik 8D22 ; Ø12-80mm
 -T.Tekan 5D22 ; Ø12-80 mm

⌘ PENYALURAN TULANGAN

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.

- ◆ **Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik**
Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.2.

- ❖ Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.1)]

- λ_d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik
- d_b = diameter tulangan
- α = faktor lokasi penulangan = 1
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.4)]
- β = faktor pelapis = 1,5
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.4)]
- λ = faktor digunakannya agregat ringan = 1
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.4)]

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

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.2)]

$$\begin{aligned} \lambda_d &= \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times d_b}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 22}{5 \times \sqrt{25}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= 1.584 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{Spasang}}} \times \lambda_d \\ &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.5}] \\ &= \frac{2.660,92}{3.041,06} \times 1.584 \\ &= 1385 \text{ mm} \\ &\approx 1400 \text{ mm}\end{aligned}$$

- ❖ Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 1400 mm
- ❖ Tetapi dalam pemasangan di lapangan apabila kondisi panjang penyaluran > 40db maka dipakai 40 db. Tetapi apabila < 40db maka panjang penyaluran sesuai hitungan. (Dalam perhitungan proyek akhir kali ini menggunakan 40 db = 880 mm)

❖ Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.3.

- ❖ Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.1)]

$$\begin{aligned}\lambda_{db} &= \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times d_b \times f_y \\ &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.2)]} \\ &= \frac{22 \times 400}{4 \times \sqrt{25}} \geq 0,04 \times 22 \times 400 \\ &= 440 \text{ mm} \geq 352 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{db \text{ reduksi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm} \\ &= \frac{A_{S' \text{ perlu}}}{A_{S' \text{ pasang}}} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm} \\ &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.3).(2)}]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1.598,29}{1.900,66} \times 440 \geq 200 \text{ mm} \\
 &= 370 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \\
 &\approx 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan 400 mm

◆ **Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik**
 Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.5.

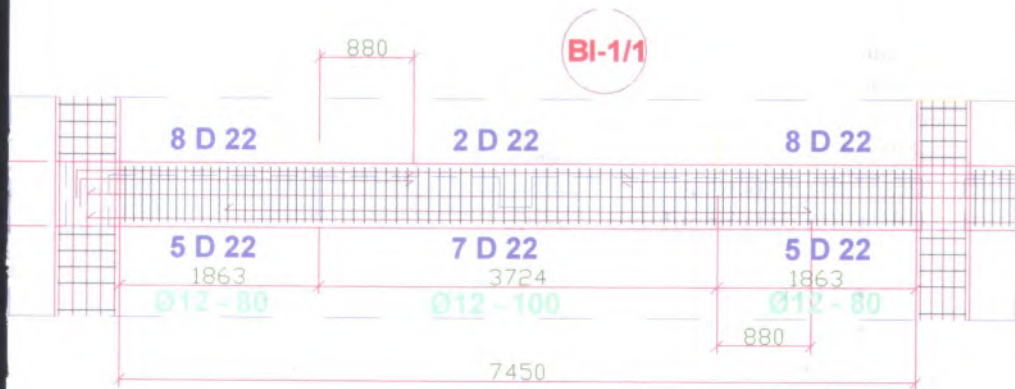
❖ Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm
 ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.1)]

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hb} &= \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \times d_b \\
 &\text{↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.2)]} \\
 &= \frac{100 \times 22}{\sqrt{25}} \geq 8 \times 22 \text{ mm} \\
 &= 440 \text{ mm} \geq 176 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

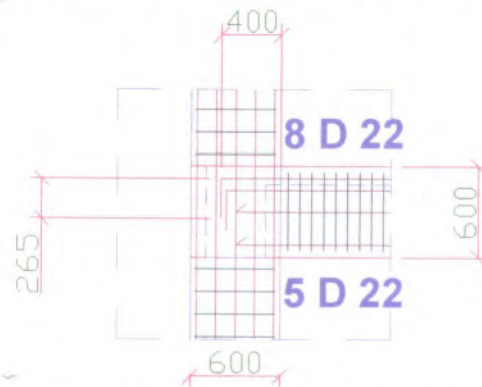
$$\begin{aligned}
 \lambda_{hb \text{ reduksi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{hb} \geq 150 \text{ mm} \\
 &= \frac{A_{Sperlu}}{A_{Spasang}} \times \lambda_{hb} \geq 150 \text{ mm} \\
 &\text{↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.3).(2)]} \\
 &= \frac{2.918,60}{3.041,06} \times 440 \geq 150 \text{ mm} \\
 &= 422 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm} \\
 &\approx 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm

✕ Hasil akhir gambar perencanaan :



PANJANG PENYALURAN TARIK DAN TEKAN BALOK



PANJANG PENYALURAN TULANGAN TARIK BERKAIT

Gambar 4.125 : Detail panjang penyaluran

4.4.2.2. Perhitungan Kolom

Berikut ini akan dibahas perhitungan penulangan kolom, sebagai contoh perhitungan diambil Kolom Struktur As 8-E pada Lantai 1 pada portal melintang. Perhitungan berikut disertai dengan data perencanaan, gambar denah kolom, output dan diagram gaya dalam dari analisis SAP 2000, ketentuan perhitungan dan syarat-syarat penulangan kolom dalam metode SRPMM, sampai dengan hasil akhir gambar penampang kolom adalah sebagai berikut :

✳ Data-data penulangan kolom :

• Tipe kolom		: K-2
• As kolom		: [8- E]
• Tinggi kolom	H_{kolom}	: 4000 mm
• Dimensi kolom	b_{kolom}	: 500 mm
• Dimensi kolom	h_{kolom}	: 500 mm
• Tinggi kolom atas	H_{kolom}	: 3500 mm
• Dimensi kolom atas	b_{kolom}	: 500 mm
• Dimensi kolom atas	h_{kolom}	: 500 mm
• Tinggi kolom bawah	H_{kolom}	: 0 mm
• Dimensi kolom bawah	b_{kolom}	: 0 mm
• Dimensi kolom bawah	h_{kolom}	: 0 mm
• Bentang balok 1	L_{balok}	: 2800 mm
• Dimensi balok 1	b_{balok}	: 400 mm
• Dimensi balok 1	h_{balok}	: 600 mm
• Bentang balok 2	L_{balok}	: 8000 mm
• Dimensi balok 2	b_{balok}	: 400 mm
• Dimensi balok 2	h_{balok}	: 600 mm
• Bentang balok 3	L_{balok}	: 7200 mm
• Dimensi balok 3	b_{balok}	: 400 mm
• Dimensi balok 3	h_{balok}	: 600 mm

- Bentang balok 4 L_{balok} : 7200 mm
 - Dimensi balok 4 b_{balok} : 400 mm
 - Dimensi balok 4 h_{balok} : 600 mm
 - Kuat tekan beton f_c' : 25 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur f_y : 400 Mpa
 - Kuat leleh tulangan geser f_s : 240 Mpa
 - Kuat leleh tulangan puntir f_{yv} : 320 Mpa
 - Diameter tulangan lentur D_{lentur} : D-22 mm
 - Diameter tulangan geser $\varnothing_{\text{geser}}$: \varnothing -10 mm
 - Jarak spasi tulangan sejajar S_{sejajar} : 25 mm
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1]

- Tebal selimut beton t_{decking} : 40 mm
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1]

- Faktor β_1 β_1 : 0,85
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7).(3)]

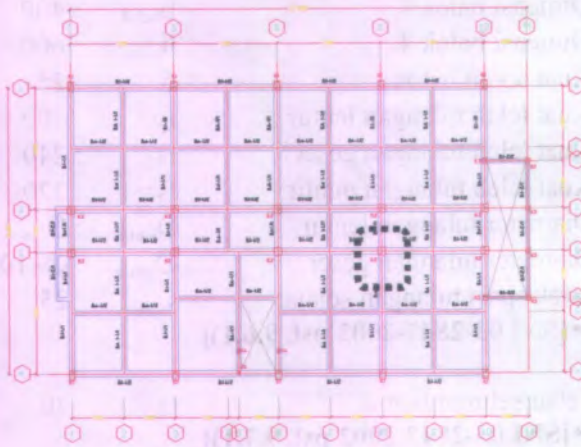
- Faktor reduksi kekuatan lentur ϕ : 0,65
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2).(1)]

- Faktor reduksi kekuatan geser ϕ : 0,75
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2).(3)]

Tinggi manfaat penampang kolom (d):

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{kolom}} - t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}} - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}\right) \\
 &= (600 - 40 - 10 - \left(\frac{1}{2} \times 22\right)) \text{ mm} \\
 &= 539 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

✳ Gambar denah kolom :

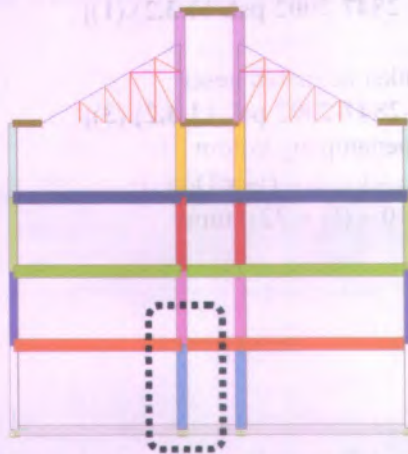


DENAH PEMBALOK LANTAI 2 (+4.00)



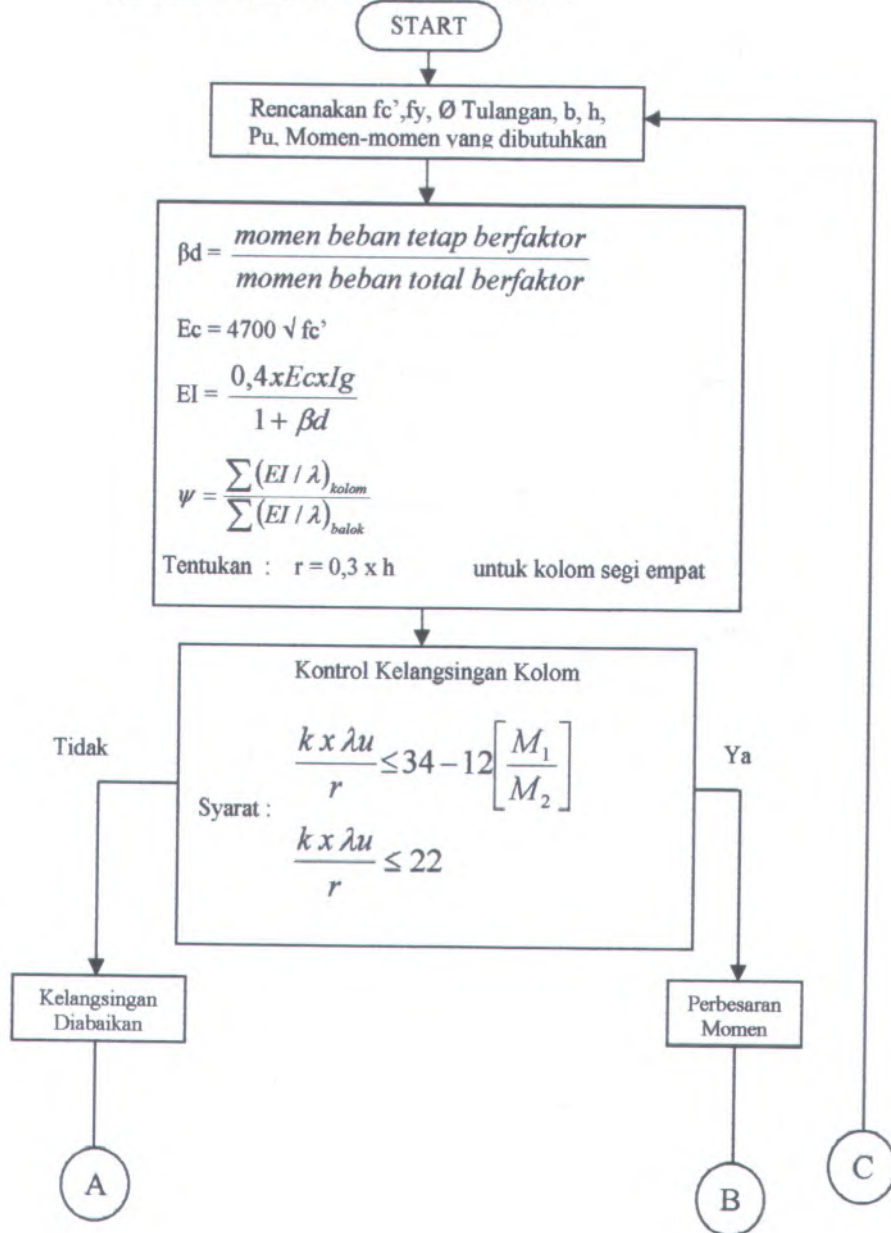
→ posisi Kolom [K-2] yang ditinjau

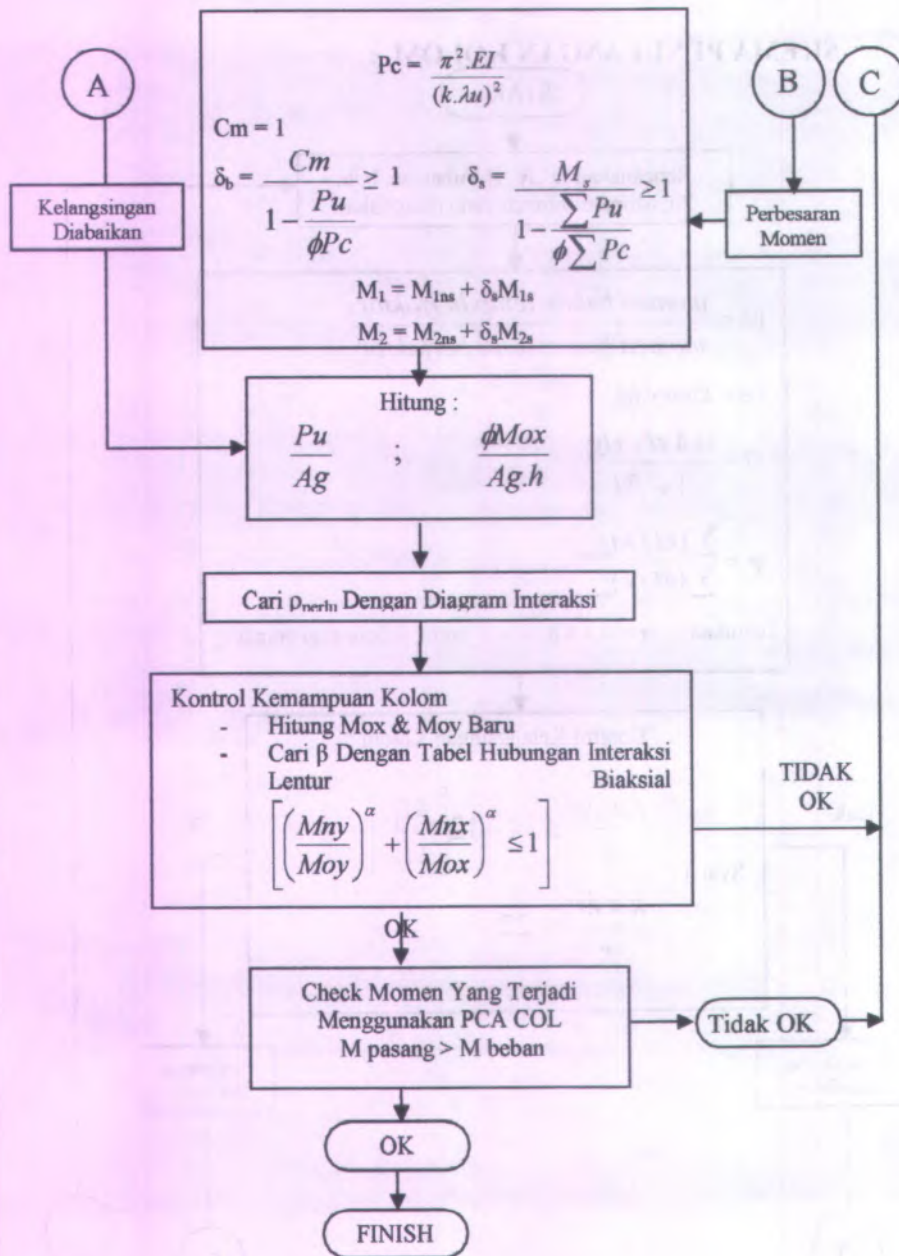
Gambar 4.126 : Denah kolom K2 pada AS [8-E]



Gambar 4.127 : Posisi Kolom K2 pada frame 121

SKEMA PENULANGAN KOLOM :





Output dan diagram gaya dalam oleh analisis SAP 2000

Dari analisis permodelan struktur bangunan dengan menggunakan program SAP 2000, didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam yang digunakan didalam proses perhitungan kolom berikut ini.

Didalam pengambilan output dan diagram gaya dalam analisis SAP 2000, gaya yang ditinjau dan dipergunakan dalam perhitungan kolom adalah gaya maksimum yang terjadi akibat kombinasi-kombinasi pembebanan beton.

Berikut ini adalah kombinasi beton yang dipakai didalam analisis SAP 2000 untuk kolom.

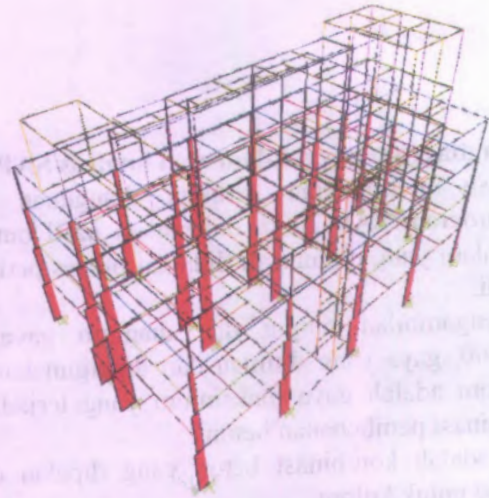
Kombinasi beban gravitasi:

- a) Pembebanan dari beban mati dan beban hidup,
Kombinasi (C2): 1,2 DL + 1,6 LL

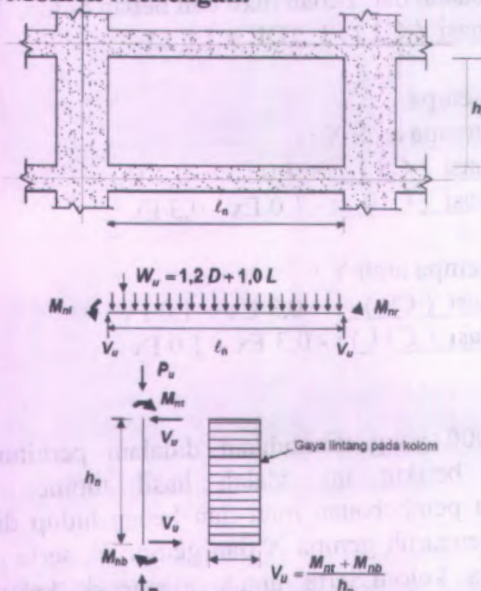
Beban gempa:

- a) Beban gempa arah X :
Kombinasi (C8) : + 1,0 Ex + 0,3 Ey
Kombinasi (C10) : - 1,0 Ex - 0,3 Ey
- b) Beban gempa arah Y :
Kombinasi (C9) : + 0,3 Ex + 1,0 Ey
Kombinasi (C11) : - 0,3 Ex - 1,0 Ey

Output SAP 2000 yang dibutuhkan didalam perhitungan penulangan kolom berikut ini adalah hasil momen dari kombinasi-kombinasi pembebanan mati dan beban hidup diatas dan momen akibat pengaruh gempa X dan gempa Y, serta gaya aksial yang diterima kolom. Serta untuk mengecek kekuatan kolom digunakan PCA.COL, yang ditinjau dari kekuatan beban aksial tetap serta beban aksial sementara yang terbesar.



Gambar 4.128 : Permodelan 3D diagram gaya dalam aksial kolom SNI 03-2847-2002, Pasal 23. 10. Ketentuan perhitungan penulangan kolom dengan memakai metode Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah.



Gambar 4.129 : Gambar gaya lintang rencana komponen kolom pada SRPMM.

Dimana :

- h_n : bentang bersih kolom.
- M_{nt} : Momen nominal atas.
- M_{nb} : Momen nominal bawah.
- V_u : Gaya geser terfaktor.
- P_u : Gaya aksial terfaktor.
- V_u : Hasil dari penjumlahan momen nominal atas dan momen nominal bawah dibagi dengan bentang bersih kolom.

✕ Perhitungan :**➤ PENULANGAN LENTUR***Output SAP 2000***◆ Gaya Aksial Kolom**

P_{DL}	= -191.076,3	N
P_{LL}	= -551.325,2	N
$P_u (1,2 DL + 1,6 LL)$	= - 889.275,5	N

◆ Momen Akibat Pengaruh beban Gravitasi**Akibat Combo 1,2 DL + 1,6 LL****➤ Momen Arah Sumbu X**

$$M_{1ns} = 16.456.114 \text{ N.mm}$$

$$M_{2ns} = 20.698.423 \text{ N.mm}$$

➤ Momen Arah Sumbu Y

$$M_{1ns} = 12.961.687 \text{ N.mm}$$

$$M_{2ns} = 46.789.191 \text{ N.mm}$$

- Momen akibat pengaruh beban gravitasi :
 M_{1ns} = adalah nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 03-2847-2002)
 M_{2ns} = adalah nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 03-2847-2002)

◆ Momen Akibat Pengaruh Beban Gempa

➤ Momen Arah Sumbu X

$$M_{1s} = 149.765.284 \text{ N.mm}$$

$$M_{2s} = 207.606.409 \text{ N.mm}$$

➤ Momen Arah Sumbu Y

$$M_{1s} = 114.070.339 \text{ N.mm}$$

$$M_{2s} = 131.133.314 \text{ N.mm}$$

- Momen akibat pengaruh gempa :
 M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam N.mm (SNI 03-2847-2002)
 M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam N.mm (SNI 03-2847-2002)

◆ Menghitung faktor β_d :

Adalah rasio beban aksial tetap terfaktor yang bernilai maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2).(1)]

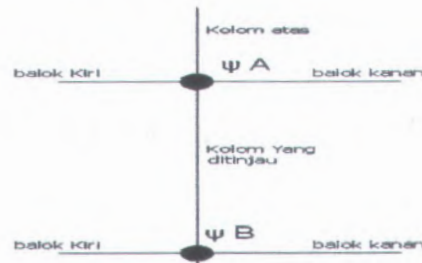
$$\begin{aligned}\beta_d &= \frac{Pu [1,2DL]}{Pu [1,2DL + 1,6LL]} \leq 1 \\ &= \frac{(1,2 \times 191.076)}{889.275} \leq 1 \\ &= 0,257 < 1\end{aligned}$$

◆ Menghitung faktor kekakuan (EI) :

➤ Panjang tekuk kolom

$$\psi = \frac{\sum (EI / \lambda)_{kolom}}{\sum (EI / \lambda)_{balok}}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.11.6)]



Gambar 4.130 : Panjang tekuk kolom

- Untuk kolom atas

Modulus Elastisitas Beton

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 10.5.1)]

$$E_c = 4.700 \times \sqrt{f'_c}$$

$$= 4.700 \times \sqrt{25}$$

$$= 23.500 \text{ N/mm}^2$$

Momen Inersia Penampang

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 500 \times 500^3$$

$$= 5.208.333.333 \text{ mm}^4$$

Momen Inersia Kolom

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.11.1)]

$$I_k = 0,70 \times I_g$$

$$= 0,70 \times 5.208.333.333$$

$$= 3.645.833.333 \text{ mm}^4$$

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta d}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.12.3)]

$$= \frac{0,4 \times 23.500 \times 3.645.833.333}{1 + 0,25}$$

$$= 27245866666666 \text{ mm}^2$$

- Untuk kolom bawah

Modulus Elastisitas Beton

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 10.5.1)]

$$E_c = 4.700 \times \sqrt{f_c'}$$

$$= 4.700 \times \sqrt{25}$$

$$= 23.500 \text{ N/mm}^2$$

Momen Inersia Penampang

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 500 \times 500^3$$

$$= 5.208.333.333 \text{ mm}^4$$

Momen Inersia Kolom

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.11.1)]

$$\begin{aligned}
 I_k &= 0,70 \times I_g \\
 &= 0,70 \times 5.208.333.333 \\
 &= 3.645.833.333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned}
 &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.12.3}] \\
 &= \frac{0,4 \times 23.500 \times 3.645.833.333}{1 + 0,25} \\
 &= 2724586666666666 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Untuk kolom yang ditinjau

Modulus Elastisitas Beton

$$\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 10.5.1}]$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4.700 \times \sqrt{f_c'} \\
 &= 4.700 \times \sqrt{25} \\
 &= 23.500 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned}
 I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 500 \times 500^3 \\
 &= 5.208.333.333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Kolom

$$\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.11.1}]$$

$$\begin{aligned}
 I_k &= 0,70 \times I_g \\
 &= 0,70 \times 5.208.333.333 \\
 &= 3.645.833.333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned}
 &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.12.3}] \\
 &= \frac{0,4 \times 23.500 \times 3.645.833.333}{1 + 0,25} \\
 &= 2724586666666666 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

• Untuk Balok Atas

➤ Arah Sumbu X.

- b kanan = 400 mm
- h kanan = 600 mm
- L kanan = 7200 mm
- b kiri = 400 mm
- h kiri = 600 mm
- L kiri = 7200 mm

○ Balok Kanan.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 10.5.1]

$$\begin{aligned} E_c &= 4.700 \times \sqrt{f_{c'}} \\ &= 4.700 \times \sqrt{25} \\ &= 23.500 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 \\ &= 7.200.000.000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.11.1)]

$$\begin{aligned} I_b &= 0,35 \times I_g \\ &= 0,35 \times 7.200.000.000 \\ &= 2.520.000.000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_b}{1 + \beta d}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.12.3)]

$$\begin{aligned} &= \frac{0,4 \times 23.500 \times 2.520.000.000}{1 + 0,25} \\ &= 18.950.400.000.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Balok Kiri.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 10.5.1)]

$$\begin{aligned} E_c &= 4.700 \times \sqrt{f_c'} \\ &= 4.700 \times \sqrt{25} \\ &= 23.500 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 \\ &= 7.200.000.000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.11.1)]

$$\begin{aligned} I_b &= 0,35 \times I_g \\ &= 0,35 \times 7.200.000.000 \\ &= 2.520.000.000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_b}{1 + \beta d}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.12.3)]

$$\begin{aligned} &= \frac{0,4 \times 23.500 \times 2.520.000.000}{1 + 0,25} \\ &= 18.950.400.000.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

➤ Arah Sumbu Y.

- b kanan = 400 mm
- h kanan = 600 mm
- L kanan = 8000 mm
- b kiri = 400 mm
- h kiri = 600 mm
- L kiri = 2800 mm

- o Balok Kanan.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 10.5.1)]

$$\begin{aligned} E_c &= 4.700 \times \sqrt{f_c'} \\ &= 4.700 \times \sqrt{25} \\ &= 23.500 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 \\ &= 7.200.000.000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.11.1)]

$$\begin{aligned} I_b &= 0,35 \times I_g \\ &= 0,35 \times 7.200.000.000 \\ &= 2.520.000.000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_b}{1 + \beta d}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.12.3)]

$$\begin{aligned} &= \frac{0,4 \times 23.500 \times 2.520.000.000}{1 + 0,25} \\ &= 18.950.400.000.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- o Balok Kiri.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 10.5.1)]

$$\begin{aligned} E_c &= 4.700 \times \sqrt{f_c'} \\ &= 4.700 \times \sqrt{25} \\ &= 23.500 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 \\ &= 7.200.000.000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.11.1)]

$$\begin{aligned}
 I_b &= 0,35 \times I_g \\
 &= 0,35 \times 7.200.000.000 \\
 &= 2.520.000.000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_b}{1 + \beta_d}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.12.3)]

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,4 \times 23.500 \times 2.520.000.000}{1 + 0,25} \\
 &= 18.950.400.000.000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

• Untuk Balok Bawah

Balok Bawah adalah Balok Sloof / Pondasi dimana Pondasi dengan Perletakan Jepit maka untuk faktor Tekuk adalah 1, sehingga dalam E_{ik} balok dalam hal ini tidak diperhitungkan.

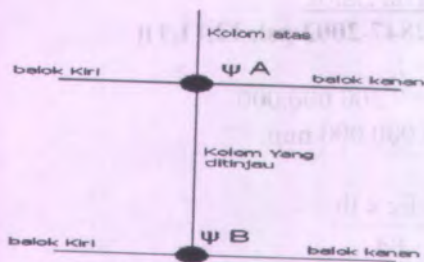
◆ Menghitung faktor kekangan ujung (Ψ) :

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik alligment.

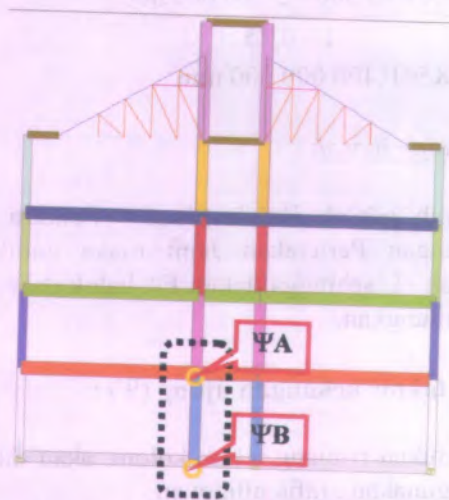
➤ Panjang tekuk kolom

$$\psi = \frac{\sum (EI / \lambda)_{kolom}}{\sum (EI / \lambda)_{balok}}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.6)



Gambar 4.131 : Panjang tekuk kolom



Gambar 4.132 : Gambar posisi kolom yang ditinjau pada portal

Ψ adalah faktor kekangan ujung yang didefinisikan sebagai rasio antarasugma kekakuan dibagi panjang kolom-kolom dengan sigma kekakuan dibagi panjang balok-balok pada simpul yang ditinjau.

Kekangan ujung kolom atas ψ_A

$$\begin{aligned}
 \psi_A &= \frac{\sum \left(\frac{EI}{H} \right) \text{kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right) \text{balok}} \\
 &= \frac{\left(\frac{EI_{\text{kolom atas}}}{H_{\text{kolom atas}}} \right) + \left(\frac{EI_{\text{kolom ditinjau}}}{H_{\text{kolom ditinjau}}} \right)}{\left(\frac{EI_{\text{balok atas1}}}{L_{\text{balok atas1}}} \right) + \left(\frac{EI_{\text{balok atas2}}}{L_{\text{balok atas2}}} \right)} \\
 &= \frac{\left(\frac{2,724 \times 10^{+13}}{3.500} \right) + \left(\frac{2,724 \times 10^{+13}}{4.000} \right)}{\left(\frac{1,895 \times 10^{+13}}{7.200} \right) + \left(\frac{1,895 \times 10^{+13}}{7200} \right)} \\
 &= 1,019
 \end{aligned}$$

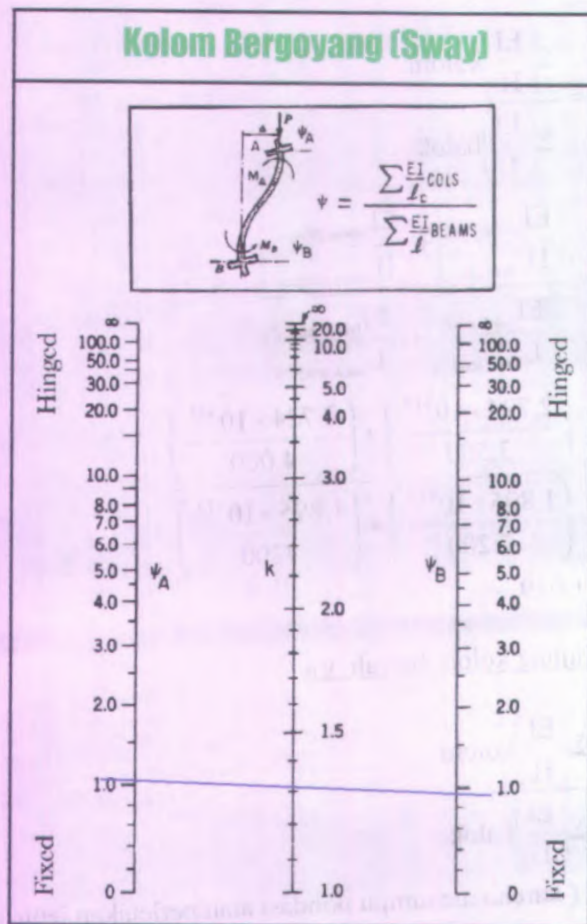
Kekangan ujung kolom bawah ψ_B

$$\begin{aligned}
 \psi_B &= \frac{\sum \left(\frac{EI}{H} \right) \text{kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right) \text{balok}} \\
 &= 1 \text{ (karena menumpu pondasi atau perletakan jepit)}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan nilai faktor kekangan pada ujung atas kolom dan ujung bawah kolom nilai faktor panjang efektif (k) didapatkan dengan menggunakan nomogram rangka portal berh\goyang pada grafik di bawah berikut ini.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.12.3]

Maka didapatkan nilai faktor panjang tekuk (k) = 1,3



Grafik 4.3 : Faktor panjang efektif.

◆ Menghitung radius girasi (r) :

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.11.2)]

$$\begin{aligned}
 r &= 0,30 \times h \\
 &= 0,30 \times 500 \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

◆ **Cek pengaruh kelangsingan pada portal bergoyang :**

Syarat:

$$\text{nilai } \frac{k \times \lambda_u}{r} \leq 22 \rightarrow \text{pengaruh kelangsingan diabaikan.}$$

$$\text{nilai } \frac{k \times \lambda_u}{r} \geq 22 \rightarrow \text{pengaruh kelangsingan tidak diabaikan.}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.13.2)]

$$\begin{aligned}
 &= \frac{k \times \lambda_u}{r} \\
 &= \frac{1,3 \times 4000}{150} \\
 &= 34,67
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } \frac{k \times \lambda_u}{r} &> 22 \\
 34,67 &> 22
 \end{aligned}$$

Jadi, pengaruh kelangsingan kolom diperhitungkan sehingga terjadi pembesaran momen.

◆ **Menentukan gaya aksial tekan ultimate maksimal :**

Gaya Aksial Tekan Ultimate Maksimal

Dari kolom yang ditinjau,

$$P_u (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) = - 889.275 \quad \text{N}$$

Dari semua kolom pada lantai yang sama,

$$\sum P_u = 16.812.277 \quad \text{N}$$

→ perhitungan penjumlahan nilai P_u dalam satu lantai yang sama (disertakan dalam lampiran).

◆ Menghitung beban kritis (P_c) :

Beban Kritis (P_c)
Kolom yang ditinjau

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.12.3]

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI_{\text{kolom ditinjau}}}{(k \times \lambda_u)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 2,75 \times 10^{+13}}{(1,3 \times 4000 - 500)^2} \\ &= 16.885.711,33 \text{ N} \end{aligned}$$

Didapatkan nilai $\sum P_c$ dari semua kolom pada lantai yang sama,

$$\sum P_c = 286.545.422 \text{ (perhitungan pada lampiran)}$$

◆ Menghitung faktor pembesar momen :

Pembesaran Momen

Faktor pembesar momen akibat pengaruh beban gravitasi

$$\text{Syarat: } \delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \geq 1,0 \quad \rightarrow C_m = 1$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.13.4).(3)]

$$\begin{aligned} \delta_{ns} &= \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \\ &= \frac{1}{1 - \frac{889.725}{0,75 \times 16.885.711}} \\ &= 1,075 \\ &= 1,075 > 1,0 \end{aligned}$$

Faktor pembesar momen akibat pengaruh beban gempa

$$\text{Syarat: } \delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \times \sum P_c}} \geq 1,0$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.13.4).(3)]

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \times \sum P_c}} \\ &= \frac{1}{1 - \frac{16.812.277}{0,75 \times 286.545.422}} \\ &= 1,085 \\ &= 1,085 > 1,0 \end{aligned}$$

◆ **Menghitung pembesaran momen :**

Pembesar momen akibat rangka portal bergoyang

Dalam Perhitungan pembesaran momen ini, ditinjau hanya momen 1 arah yaitu arah X atau Mx :

$$M_{1ns} = 16.456.114 \text{ N.mm}$$

$$M_{2ns} = 20.698.423 \text{ N.mm}$$

$$M_{1s} = 149.765.284 \text{ N.mm}$$

$$M_{2s} = 207.606.409 \text{ N.mm}$$

$$M_1 = (\delta_{ns} \times M_{1ns}) + (\delta_s \times M_{1s})$$

$$M_2 = (\delta_{ns} \times M_{2ns}) + (\delta_s \times M_{2s})$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 12.13.3)]

$$\begin{aligned} M_1 &= (1,075 \times 16.456.114) + (1,085 \times 149.765.284) \\ &= 17.690.322,55 + 16.249.533 \\ &= \mathbf{180.185.655 \text{ N.mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= (1,075 \times 20.698.423) + (1,085 \times 207.606.409) \\
 &= 22.250.804 + 22.525.295 \\
 &= \mathbf{247.778.248 \text{ N.mm}}
 \end{aligned}$$

◆ **Menentukan momen pakai :**

Momen yang digunakan di dalam perhitungan selanjutnya adalah momen yang bernilai paling besar yang telah dihitung pembesaran nilainya.

Maka momen maksimum = **247.778.248 N.mm**

◆ **Menentukan ρ_{perlu} dari Diagram Interaksi :**

Dalam menentukan nilai ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi pada buku Tabel grafik dan Diagram Interaksi Untuk Perhitungan Struktur Beton Berdasarkan SNI 1992.

Keterangan yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi;

Mutu Beton;	$f_c' = 25 \text{ N/mm}^2$
Mutu Baja Tulangan;	$f_y = 400 \text{ N/mm}^2$
Pemasangan Tulangan	= 4 sisi
μ	= 0,8

Digunakan Diagram Interaksi F400-25-0.8-4

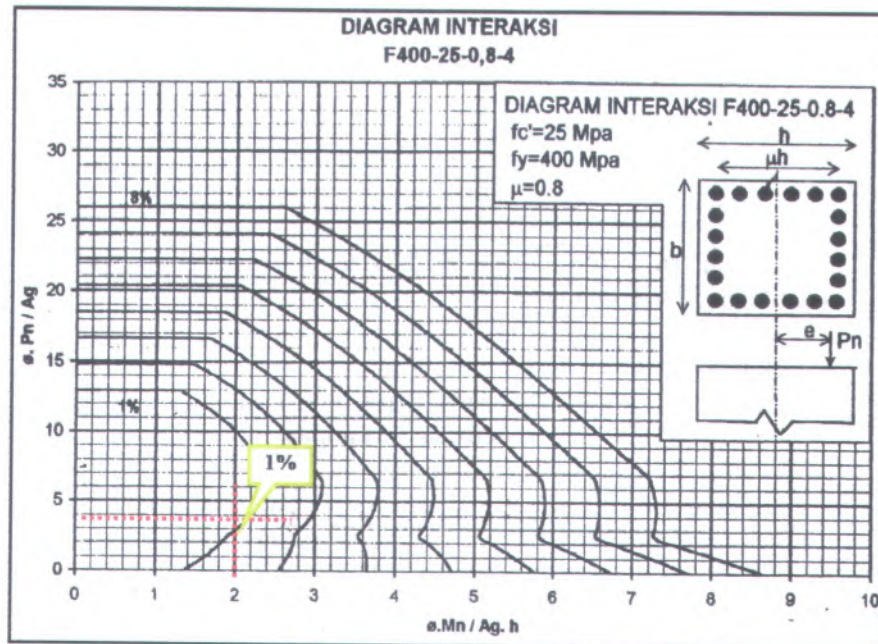
Menentukan Sumbu Horizontal dan Sumbu Vertikal:

Sumbu Horizontal:

$$\frac{\phi M_n}{A_g h} = \frac{M_u}{b \times h^2} = \frac{247.778.248}{500 \times 500^2} = 1,98$$

Sumbu Vertikal:

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{b \times h} = \frac{889725}{500 \times 500} = 3,15$$



Grafik 4.4 : Diagram interaksi kolom.

Maka, didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = 1\% = 0,015$

◆ **Menghitung penulangan kolom :**

Luas tulangan lentur perlu

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,015 \times 500 \times 500 \\ &= 3750 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur

$$D-22 = 380,13 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{A_{\text{Sperlu}}}{\text{luasannya } D_{\text{lentur}}} \\ &= \frac{3750}{380,13} \\ &= 9,89 \approx 16 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} A_{\text{S pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{Luasannya } D_{\text{lentur}} \\ &= 16 \times 380,13 \\ &= 6.082,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan **16 D 22** dipasang pada 4 sisi kolom. Dengan tiap sisi terdapat 5 buah tulangan.

Cek jarak spasi tulangan

Syarat: $S_{\text{max}} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow$ susun 1 lapis
 $S_{\text{max}} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow$ perbesar penampang kolom

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang}} \times D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang}} - 1} \\ &= \frac{500 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 22)}{5 - 1} \end{aligned}$$

$$= 72,5 \text{ mm}$$

Maka, $S_{\text{max}} > S_{\text{sejajar}} = 72,5 \text{ mm} > 40 \text{ mm}$

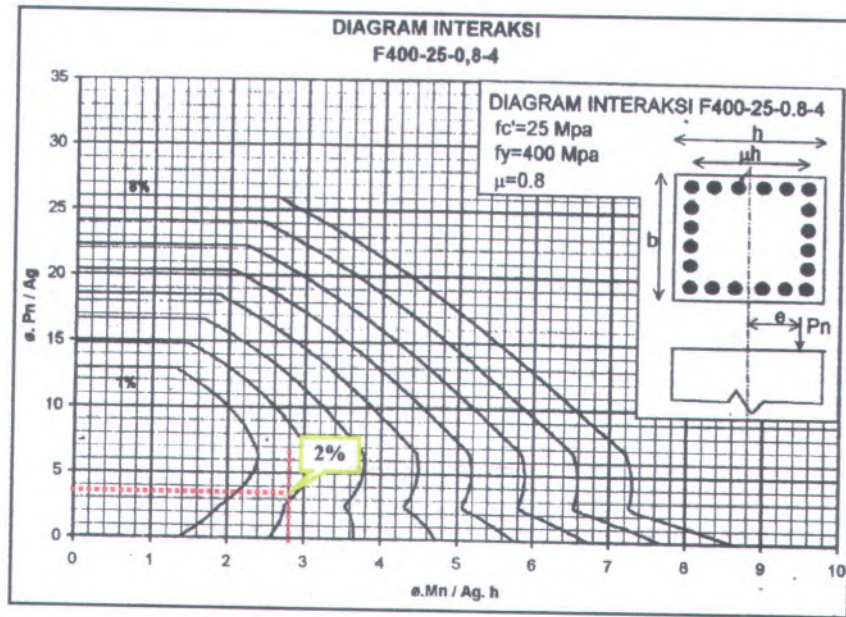
Tulangan lentur disusun 1 lapis

◆ **Kontrol kemampuan kolom :**Kontrol Kemampuan Kolom

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pasang}} &= \frac{A_{\text{S pasang}}}{b \times h} \\ &= \frac{6082,08}{500 \times 500} \\ &= 0,02438 \approx 2\% \end{aligned}$$

Sumbu Vertikal:

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{b \times h} = \frac{889.275}{500 \times 500} = 3,55$$



Didapatkan nilai $\frac{\phi M_{ox}}{A_g h} = 2,8$

Dari hasil Pembesaran Momen Diperoleh :

$$M_{nx} = 247.487.372 \text{ N.mm}$$

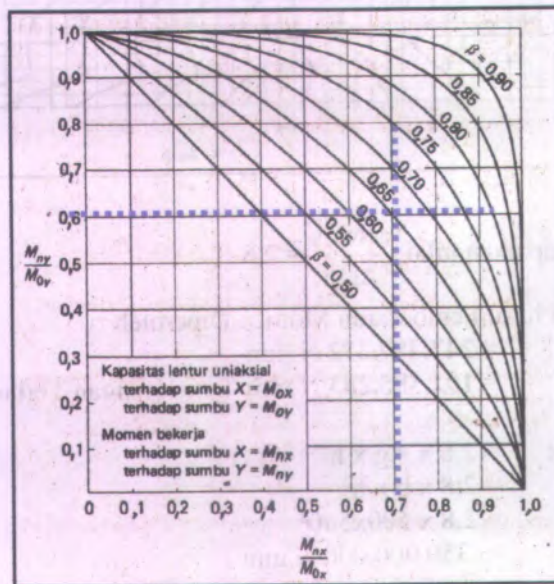
$$M_{ny} = 192.585.283 \text{ N.mm (Perhitungan Terlampir)}$$

$$\begin{aligned} M_{ox} &= 2,8 \times A_g \times h \\ &= 2,8 \times b \times h^2 \\ &= 2,8 \times 500 \times 500^2 \\ &= 350.000.000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{oy} &= 2,8 \times A_g \times h \\
 &= 2,8 \times b \times h^2 \\
 &= 2,8 \times 500 \times 500^2 \\
 &= 350.000.000 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{M_{nx}}{M_{ox}} &= \frac{247.487.372}{350.000.000} \\
 &= 0,71
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{M_{ny}}{M_{oy}} &= \frac{192.585.283}{350.000.000} \\
 &= 0,60
 \end{aligned}$$



Grafik 4.5 : Hubungan interaksi lentur biaksial.

Dari tabel hubungan interaksi lentur biaksial diatas didapatkan nilai $\beta = 0,65$

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\text{Log } 0,5}{\text{Log } \beta} \\ &= \frac{\text{Log } 0,5}{\text{Log } 0,65} \\ &= 1,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\left(\frac{Mnx}{Mox}\right)^\alpha + \left(\frac{Mny}{Moy}\right)^\alpha &\leq 1,0 \\ (0,7)^{1,6} + (0,60)^{1,6} &\leq 1,0 \\ 0,45 + 0,50 &\leq 1,0 \\ 0,95 &\leq 1,0 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

Cek momen terhadap Sumbu Y

Syarat : $Mny > Mny$ yang terjadi

$$\begin{aligned}\left(\frac{Mnx}{Mox}\right)^\alpha + \left(\frac{Mny}{Moy}\right)^\alpha &= 1,0 \\ Mny &= \left[1 - \left(\frac{Mnx}{Mox}\right)^\alpha\right]^{\frac{1}{\alpha}} (Moy) \\ &= \left[1 - (0,71)^{1,6}\right]^{\frac{1}{1,6}} (350.000.000) \\ &= 206.379.249 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

Maka, $Mny > Mny$ yang terjadi
206.379.249 N.mm > 192.585.283 Nmm \rightarrow **OK**

Cek momen terhadap Sumbu X

Syarat : $M_{nx} > M_{nx}$ yang terjadi

$$\left(\frac{M_{nx}}{M_{ox}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{ny}}{M_{oy}}\right)^\alpha = 1,0$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= \left[1 - \left(\frac{M_{ny}}{M_{oy}}\right)^\alpha \right]^{\frac{1}{\alpha}} (M_{ox}) \\ &= \left[1 - (0,6)^{1,6} \right]^{\frac{1}{1,6}} (350.000.000) \\ &= 259.409.311 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka, $M_{nx} > M_{nx}$ yang terjadi
 $259.409.311 \text{ N.mm} > 247.487.372 \text{ N.mm} \rightarrow \text{OK}$

➤ Kontrol Cek Momen Menggunakan PCA-COL :

Dalam hal ini, untuk mengetahui Cek Momen Kemampuan dimensi penampang dengan menggunakan Cek Momen Biaksial yaitu dengan menggunakan beberapa gaya aksial dan ditinjau dari dua arah, yaitu Momen Arah X dan Momen Arah Y.

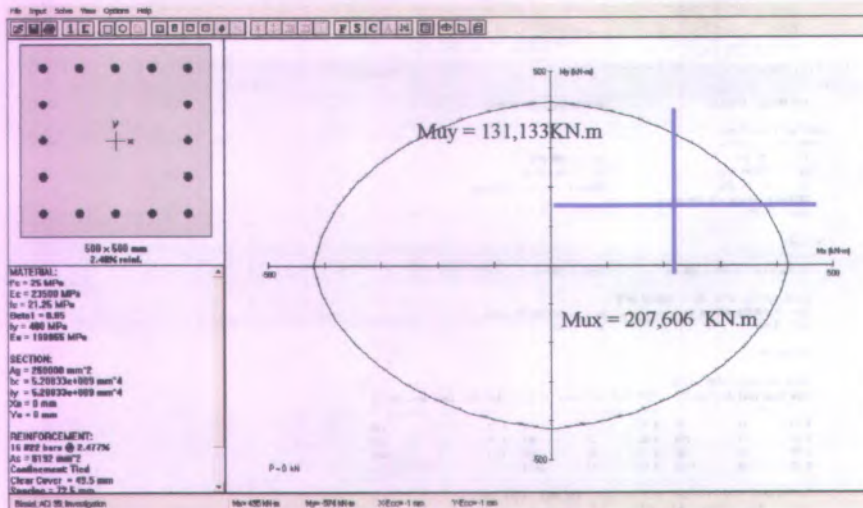
✳ Cek Momen Dengan menggunakan Beban Aksial Tetap :

- Aksial Tetap (1,2 DL+1,6 LL) : **889.275 N**
- Momen Gempa X (+1,0Ex + 0,3 Ey / -1,0Ex - 0,3 Ey) :
 M_{2s} (Momen Arah X) : **207.606.409 Nmm**
- Momen Gempa Y (+1,0Ey + 0,3 Ex / -1,0Ey - 0,3 Ex) :
 M_{2s} (Momen Arah Y) : **131.133.314 Nmm**

Dari program PCA-COL diatas, dapat diketahui dengan $P_u = 889,275 \text{ KN}$, maka momen yang terjadi adalah 315 KN.m . sedangkan dari perhitungan pembesaran momen didapatkan $M_{uy} = 247,487 \text{ KN.m}$ dan $M_{ux} = 192,585 \text{ KN.m}$ Hal ini mengindikasikan bahwa kontrol dengan PCA-COL memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

✧ Cek Momen Dengan menggunakan Beban Aksial Sementara :

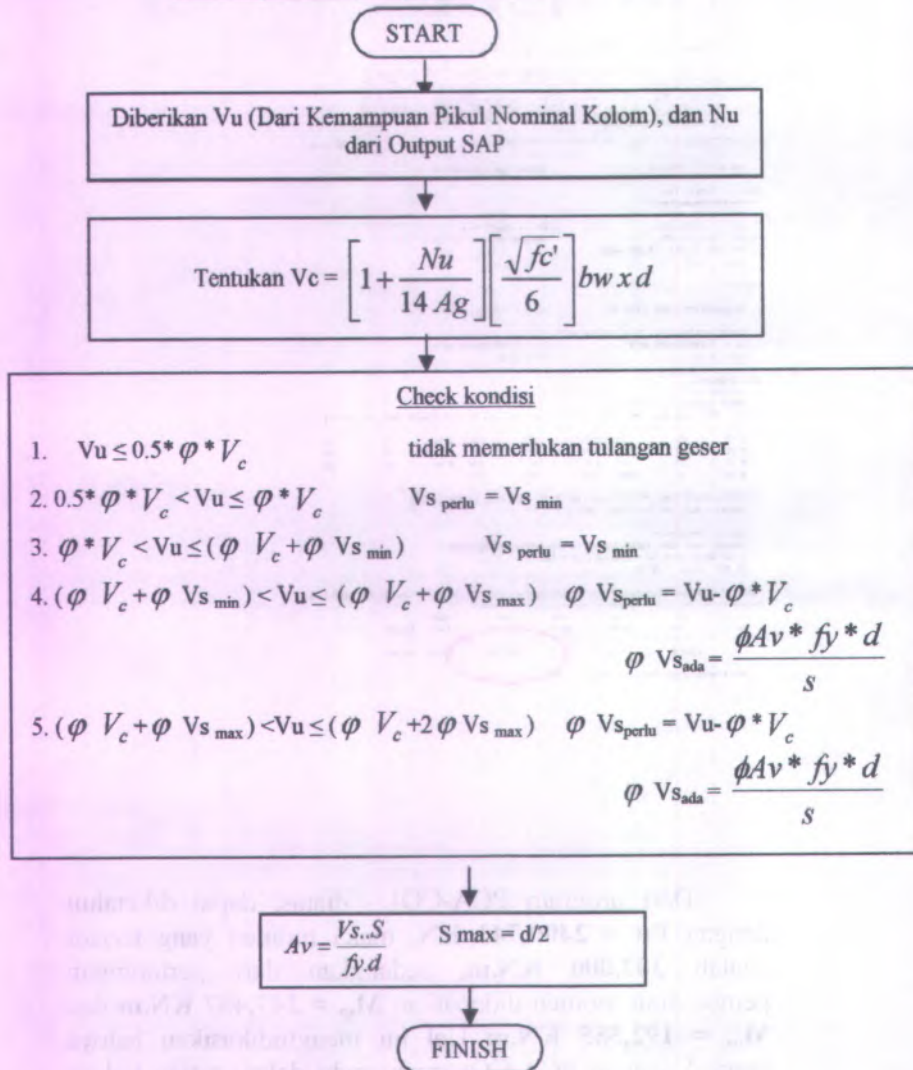
- Aksial Tetap (1,2 DL+1,0 LL + 1,0 EQ) : **2.400.743 N**
- Momen Gempa X (+1,0Ex + 0,3 Ey / -1,0Ex - 0,3 Ey) :
M2s (Momen Arah X) : **207.606.409 Nmm**
- Momen Gempa Y (+1,0Ey + 0,3 Ex / -1,0Ey - 0,3 Ex) :
M2s (Momen Arah Y) : **131.133.314 Nmm**



Grafik 4.6 : Diagram hasil perhitungan PCA-COL kolom

5.3.3 Penulangan Geser

Skema penulangan geser kolom



Data perencanaan :

f_c'	= 25	Mpa
f_y tulangan utama	= 400	Mpa
f_y tulangan sengkang	= 240	Mpa
b	= 500	mm
h	= 500	mm
Tulangan utama	= D 22	
Tulangan sengkang	= \emptyset 10	
Φ	= 0,75	

Diperoleh output dari SAP :

Aksial

$$P_U = (1.2P_{DL} + 1.6 P_{LL})$$

$$= -785.675,8 \text{ N}$$

$$d = 500 - 50 - 10 - (0.5 \times 22) = 429 \text{ mm}$$

Gaya lintang pada kolom untuk SRPMM :

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

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.3]

Dimana :

M_{nT} = Momen nominal pasang *top* kolom

M_{nB} = Momen nominal pasang *bottom* kolom

$$M_{nT} = \frac{M_{ut}}{\Phi} = \frac{315.000.000}{0,75} = 420000000 \text{ (N.mm)}$$

$$M_{nT} = \frac{M_{ut}}{\Phi} = \frac{315.000.000}{0,75} = 420000000 \text{ (N.mm)}$$

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

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.3]

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{M_{nt} + M_{nb}}{H_n} \\
 &= \frac{420.000.000 + 420.000.000}{4000} \\
 &= 210.000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan geser sumbangan beton
 ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.3.1).(2)]

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{P_u}{14 \times A_g}\right) \times \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times b \times d \\
 &= \left(1 + \frac{889.275}{14 \times 500 \times 500}\right) \times \frac{\sqrt{25}}{6} \times 500 \times 539 \\
 &= 284.022,72 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Untuk daerah So

$$\phi V_c = 0,75 \times 284.022,72 = 213.017,04 \text{ N}$$

$$0,5 \times \phi V_c = 0,5 \times 213.017,04 = 106.508,52 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min}} &= 1/3 \times b_w \times d \\
 &= 1/3 \times 500 \times 539 \\
 &= 89.833 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 500 \times 539 \\
 &= 449.166 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{s \text{ max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{25} \times 500 \times 539 \\
 &= 898.333 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat PerencanaanKondisi 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 : $\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$ Kondisi 4, bila : $\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$ Kondisi 5, bila : $\phi(V_c + V_{s_{\max}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2 \cdot V_{s_{\max}})$ Cek kondisi penulangan geserKondisi 1

$$V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$$

$$210.000 < \frac{1}{2} \times 0,75 \times 284.022,72$$

$$210.000 < 106.508 \rightarrow \text{Tidak OK}$$

Kondisi 2

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$106.508 < 210.000 < 0,75 \times 284.022,72$$

$$106.508 < 210.000 < 213.017 \rightarrow \text{OK}$$

Maka, penulangan geser pada **kondisi 2**Luasan tulangan geser :

$$V_s = V_{s \min} \text{ (Syarat kondisi 2)}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_s \times d} \\ &= \frac{89.833}{240 \times 539} \\ &= 0,69 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\emptyset - 10 = 78,5 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang 2 kaki :

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times A_s \\
 &= 2 \times 78,5 \\
 &= 157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{tot}}{s} &= \frac{A_v}{s} \\
 &= 0,69 \\
 &= 0,69 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{A_v}{\frac{A_{tot}}{s}} \\
 &= \frac{157}{0,69} \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang l_o dari muka hubungan balok kolom adalah S_o
Spasi S_o tidak boleh melebihi :

$$\begin{aligned}
 S_o &\leq 8 \times D = 8 \times 22 &&= 176 \text{ mm} \\
 &\leq 24 \times \emptyset = 24 \times 10 &&= 240 \text{ mm} \\
 &\leq \frac{1}{2} \times b_w = \frac{1}{2} \times 500 &&= 250 \text{ mm} \\
 &\leq 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

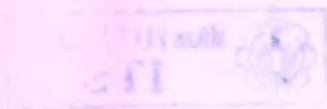
Dipakai $S_o = 150 \text{ mm}$

❖ Syarat Pemasangan Sengkang Daerah Tumpuan :

Dipasang dari hubungan balok kolom dengan jarak tidak boleh kurang dari nilai terbesar berikut ini :

↳ [SNI 03-2847-2002 ps.23.10.5.1]

$$\begin{aligned}
 * \quad 1/6 \text{ tinggi bersih kolom} &= (4000-500)/6 \\
 &= 3500/6 = 585 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



- * Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm
- * 500 mm
- * Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o$ ($0,5 \times 150 = 75 \text{ mm}$) dari muka hubungan balok kolom.

❖ Syarat Pemasangan Sengkang Daerah Lapangan :

Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang selain λ_o pada tengah kolom tidak boleh melebihi :

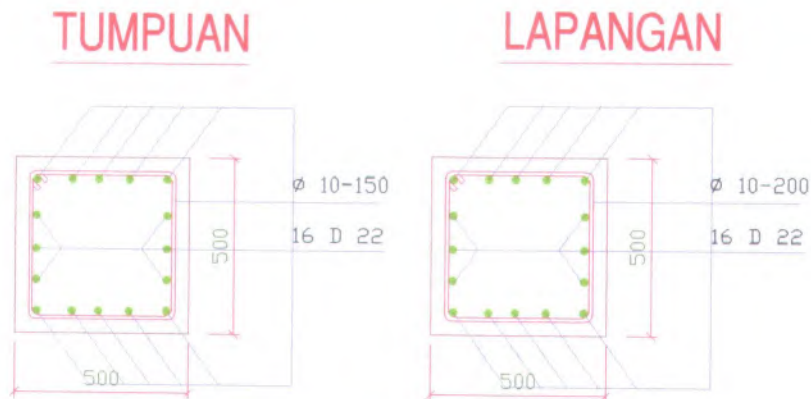
$$* 2 \times S_o = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

$$* S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{429}{2} = 214,5 \text{ mm}$$

KESIMPULAN :

- ♣ Dipasang sengkang $\emptyset 10-150$ pada tumpuan kolom sepanjang λ_o (sejarak 600 mm dari muka balok kolom)
- ♣ Dipasang sengkang $\emptyset 10-300$ pada tengah kolom selain daerah λ_o

◆ **Hasil Akhir Gambar Perencanaan :**



Gambar 4.133 : Detail Penulangan kolom

➤ PENYALURAN TULANGAN

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang tersebut melalui pengankuran, kait atau kombinasi dari cara-cara berikut berdasarkan

↳ [SNI 03-2847-2002 ps.14]

◆ Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan persyaratan pada

↳ [SNI 03-2847-2002 ps.14.3]

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.1)]

$$\lambda_{db} = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times d_b \times f_y$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.2)]

$$= \frac{22 \times 400}{4 \times \sqrt{25}} \geq 0,04 \times 25 \times 400$$

$$= 440 \text{ mm} > 352 \text{ mm}$$

$$\lambda_{db \text{ reduksi}} = F \text{ modifikasi} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm}$$

$$= \frac{A_{Spertu}}{A_{Spasang}} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm}$$

$$= \frac{4500}{6082} \times 440 \geq 200 \text{ mm}$$

$$= 325 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

$$= 300 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

Jadi, panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan

= 300 mm.

◆ **Penyaluran Tulangan Vertikal Kolom**

Berdasarkan \rightarrow [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.3] Panjang sambungan lewatan untuk tulangan D22 harus dipenuhi rumus berikut :

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9f_y}{10\sqrt{f_c}} \times \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{c+K_{tr}}{d_b}\right)}$$

Dimana nilai-nilai berikut diperoleh dari *SNI 03-2847-2002, Pasal 14.2.3*;

$$\alpha = 1,0 ; \beta = 1,5 ; \gamma = 1,0 ; \lambda = 1,0 ; K_{tr} = 0$$

$$c_1 = 40 + 10 + 22/2 = 61 \text{ mm}$$

$$c_2 = \frac{500 - 2(40 + 10) - 22}{4 \times 2} = 47,25 \text{ mm}$$

Ambil nilai c terkecil 47,25 mm

$$\frac{c + K_{tr}}{d_b} = \frac{47,25 + 0}{22} = 2,14$$

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \times 400}{10\sqrt{25}} \times \frac{1 \times 1,5 \times 1 \times 1}{2,14} = 50,5$$

$$l_d = 50,5 \times 22 = 1111 \text{ mm}$$

\rightarrow [SNI 03-2847-2002 psl. 12.6.4]

$$f_s = 60 \% \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 240 \text{ Mpa}$$

$$f_s > 0,5f_y \rightarrow l_d \text{ pakai} = 1,3 l_d = 1,3 \times 1111$$

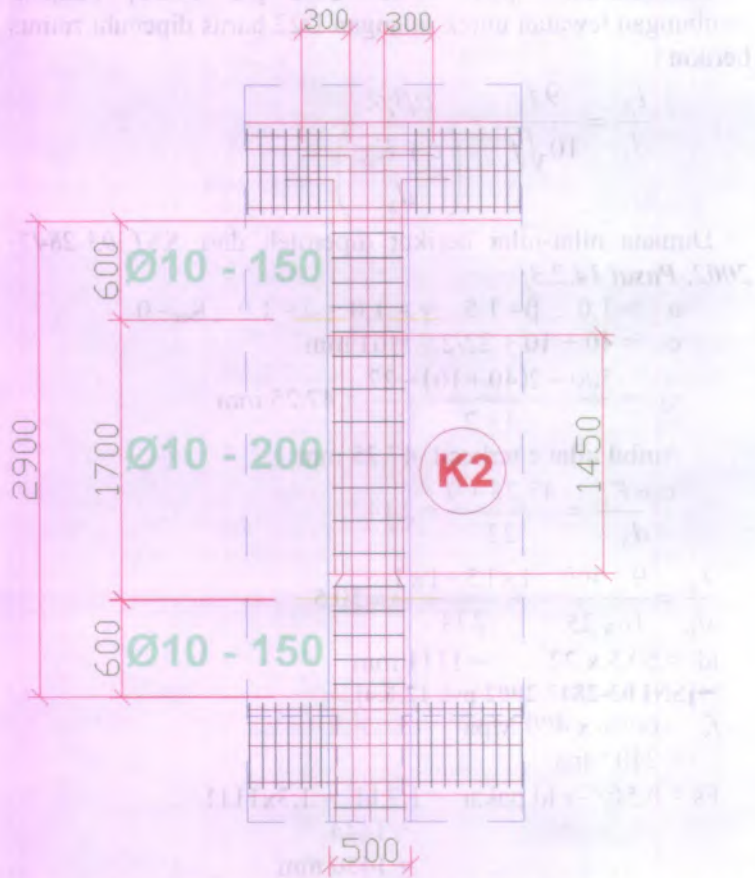
$$= 1444$$

$$= 1450 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 14.17.2.3)

Jadi Panjang penyaluran Vertikal yang digunakan untuk kolom 50 x 50 adalah sepanjang 1450 mm.

◆ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :



● PANJANG PENYALURAN TULANGAN KOLOM

Gambar 4.134 : Detail Panjang penyaluran kolom

4.5. PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH

4.5.1. Perhitungan Struktur Pondasi

Pondasi merupakan bangunan struktur bawah berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya.

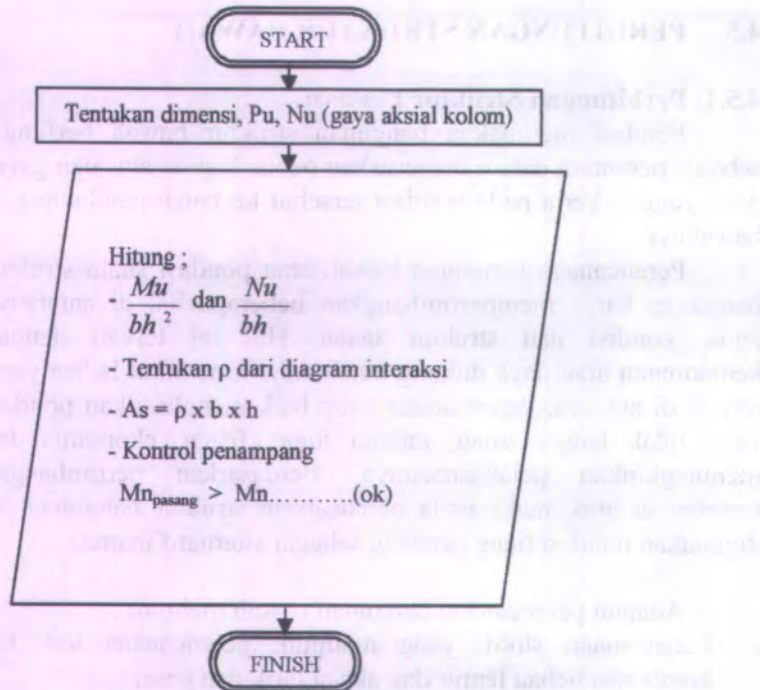
Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal di antaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis dan memungkinkan pelaksanaannya. Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, maka pada perencanaan struktur bangunan ini digunakan pondasi tiang pancang sebagai alternatif utama.

Adapun perencanaan bangunan bawah meliputi :

- Perencanaan sloof, yang meliputi: perencanaan terhadap kombinasi beban lentur dan aksial tarik dan geser.
- Perencanaan poer, yang meliputi : pemeriksaan kuat geser poer dan penulangan lentur poer
- Perencanaan pondasi, yang meliputi : perhitungan daya dukung suatu tiang, jumlah tiang dalam satu kelompok, pemeriksaan daya dukung pondasi kelompok.

4.5.1.1. Perhitungan Sloof

Data perencanaan pada perhitungan sloof berdasarkan beban yang bekerja pada pondasi. Dimana fungsi sloof pada bangunan ini adalah untuk menghubungkan pondasi-pondasi yang ada agar tetap pada kondisi yang stabil. Berikut merupakan diagram Perencanaan penulangan balok sloof baik penulangan lentur maupun penulangan geser.



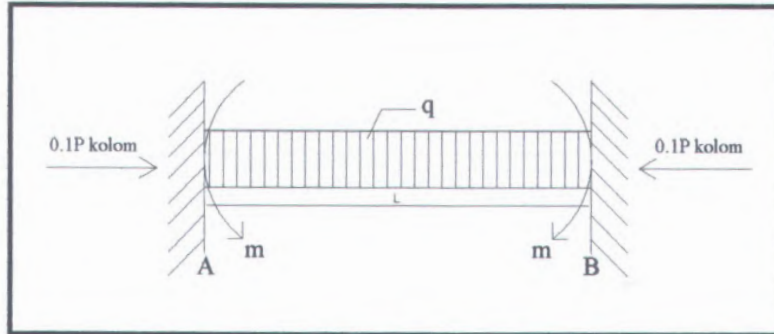
Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Data-data perencanaan :

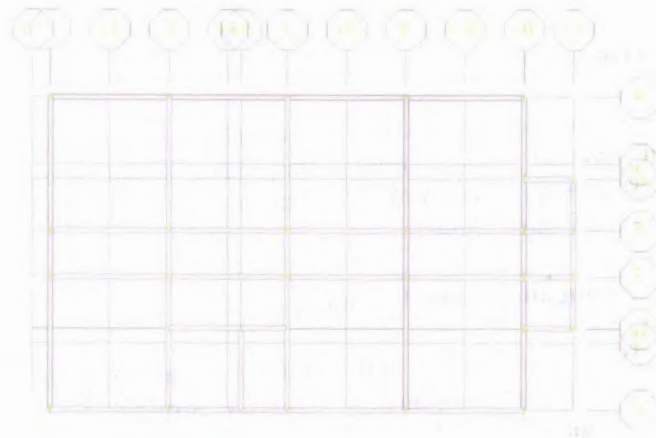
- Dimensi sloof : 30 / 50
 - Bentang sloof : 8 m
 - Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
 - Tulangan Lentur (f_y) : 400Mpa
 - Tulangan Geser (f_{ys}) : 240 Mpa
 - Diameter Tul. Utama : D 22 mm
 - Diameter Tul. Geser : \emptyset 12 mm
 - Selimut beton : 50 mm
- ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1]

Dalam contoh perhitungan perencanaan sloof ini diambil contoh untuk AS 3 [E-H], sedangkan perhitungan sloof yang lainnya disajikan dalam bentuk lampiran tabel.

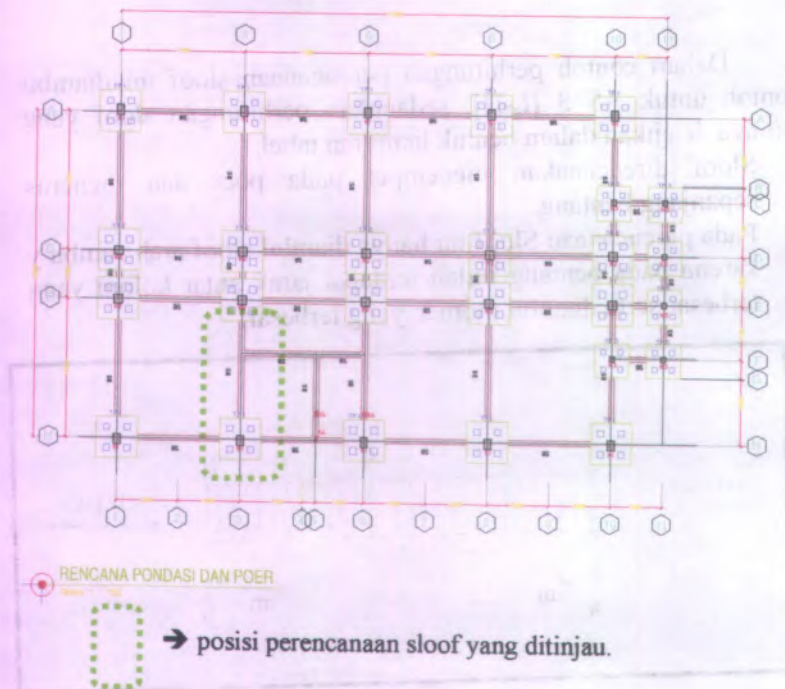
- Sloof direncanakan menempel pada poer dan menerus sepanjang bentang.
- Pada perencanaan Sloof ini hanya diambil sloof arah sumbu y karena pada bentang itulah terdapat jarak antar kolom yang terbesar serta diambil momen yang terbesar.



Gambar 4. 135 : Pembebanan pada sloof



Gambar 4.136 : Permodelan 3D denah balok sloof



Gambar 4. 137 : Denah Pembalokan Sloof

◆ Pembebanan Sloof

Gaya normal (N) pada sloof adalah 10 % dari gaya aksial terbesar pada kolom. Atau gaya aksial yang terbesar diantara dua kolom yang menjepit di kanan maupun kiri balok Sloof.

✧ Perhitungan Momen Ultimate:

Dalam menentukan atau Momen Ultimate pada Balok Sloof maka digunakan Analisa Struktur SAP 2000, dimana dalam hal ini momen ultimate diambil dari momen terbesar diantara balok Sloof yang menimbulkan momen akibat kombinasi beban tetap maupun kombinasi

beban gempa yang terbesar. Dalam Proyek Akhir ini Momen terbesar diantara Balok Sloof yaitu akibat Beban Tetap (1,4 DL) pada Balok Sloof dengan bentang 8m.

As 6 [E – H] ; FRAME 66 – Bentang 8m :

$$M_{ultimate} = 153.695.539 \text{ Nmm}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} M_{nominal} &= 153.695.539 \text{ Nmm} / 0,8 \text{ (Faktor Reduksi)} \\ &= 192.119.423,75 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

✧ **Perhitungan Beban Aksial Kolom :**

Beban aksial kolom diambil dari beban aksial terbesar dari kombinasi beban-beban pada SAP 2000 **COMB [1,2DL+1,0LL-0,3EQx-1,0EQy]** pada kedua kolom yang menjepit sloof.

$$\begin{aligned} \text{Beban Aksial Kolom Kiri} &= 2079648 \text{ N} \\ \text{Beban Aksial Kolom Kanan} &= 1247907 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari kedua beban aksial tersebut, diambil yang terbesar,
P = 2079648 N

Sehingga,

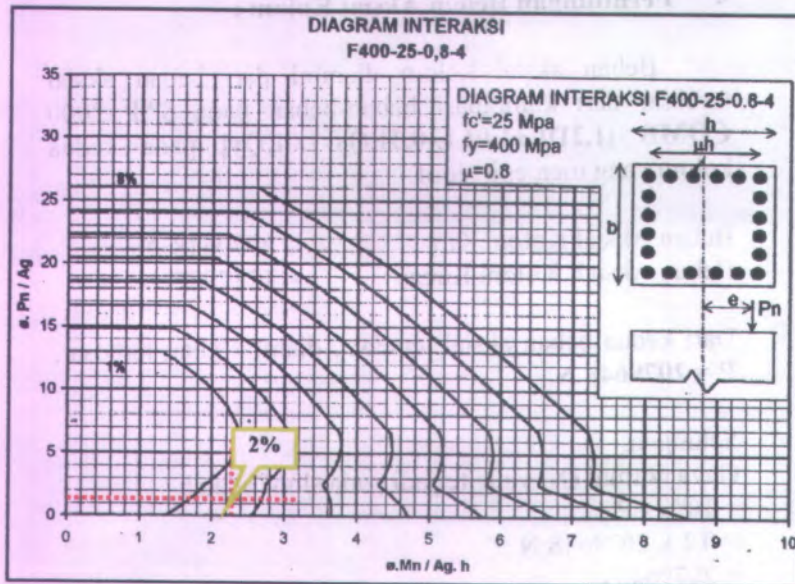
$$\begin{aligned} \text{Gaya normal (N) yang terjadi pada sloof adalah} \\ &= 10\% \times P_{kolom} \\ &= 0,1 \times 2079648 \text{ N} \\ &= 207964 \text{ N} \end{aligned}$$

◆ Perhitungan Penulangan Lentur Sloof

- $N_u = 207.964 \text{ N}$
- $M_n = 192.119.423,75 \text{ Nmm}$

$$\begin{aligned} \frac{M_n}{bh^2} &= \frac{192.119.423,75}{300 \times 500^2} \\ &= 2,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_u}{bh} &= \frac{207964}{300 \times 500} \\ &= 1,39 \end{aligned}$$



Dari diagram interaksi, dapat diperoleh $\rho_t = 0,02$ sehingga didapat luas tulangan perlu pada daerah tumpuan :

$$\begin{aligned} \bullet \quad A_s &= \rho \times b \times h \\ &= 0,02 \times 300 \times 500 \\ &= 3000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pada daerah tumpuan dipakai tulangan **8 D 22**
(A_s pasang = $3041,06 \text{ mm}^2$)

◆ Kontrol Jarak Tulangan

Jarak bersih maksimum yang disyaratkan antar 2 tulangan adalah 25mm.

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{b_w - (2 \times \phi_{\text{sengkang}}) - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (n \times \phi_{\text{tul.utama}})}{n - 1} \\ &= \frac{300 - (2 \times 12) - (2 \times 50) - (4 \times 22)}{4 - 1} \\ &= 29,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

◆ Cek Perencanaan Dimensi Penampang

$$\begin{aligned} \bullet \quad A_{s\text{pasang}} &= 3041,06 \text{ mm}^2 \\ \bullet \quad d_{\text{pasang}} &= 500 - 50 - 12 - (22/2) = 427 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= t_{\text{decking}} + \emptyset_{\text{geser}} - (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 50 + 12 + (\frac{1}{2} \times 22) \\ &= 73,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= t_{\text{decking}} + \emptyset_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 50 + 12 + 22 + 0 + (\frac{1}{2} \times 22) \\ &= 95,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

(tidak ada X_2 karena tulangan 1 lapis)

Y :

$$\frac{(n \text{ lapis 1} \times \text{luas} \text{ Dientur} \times X1) + (n \text{ lapis 2} \times \text{luas} \text{ Dientur} \times X2)}{n \text{ Dientur} \times \text{luas} \text{ Dientur}}$$

$$= \frac{(4 \times 380,13 \times 73,00) + (0 \times 380,13 \times 95)}{4 \times 380,13}$$

$$= 73 \text{ mm}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 500,00 - 73 \\ &= 427 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 500,00 - 427 \\ &= 73 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{3041 \times 400}{0,85 \times 25 \times 300} \\ &= 190,81 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Mn}_{\text{pasang}} &= 0,85 \times f_c' \times a \times b \times \left(d_{\text{pasang}} - \frac{a}{2} \right) > \text{Mn} \\ &= 0,85 \times 25 \times 190,81 \times 300 \times \left(427 - \frac{190,81}{2} \right) > \text{Mn} \\ &= 403.359.297,91 \text{ Nmm} > 192.119.423,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dari kontrol cek diatas dapat disimpulkan bahwa tulangan terpasang pada Sloof dapat menahan beban-beban yang terjadi diatasnya.

◆ Perhitungan Penulangan Geser Sloof

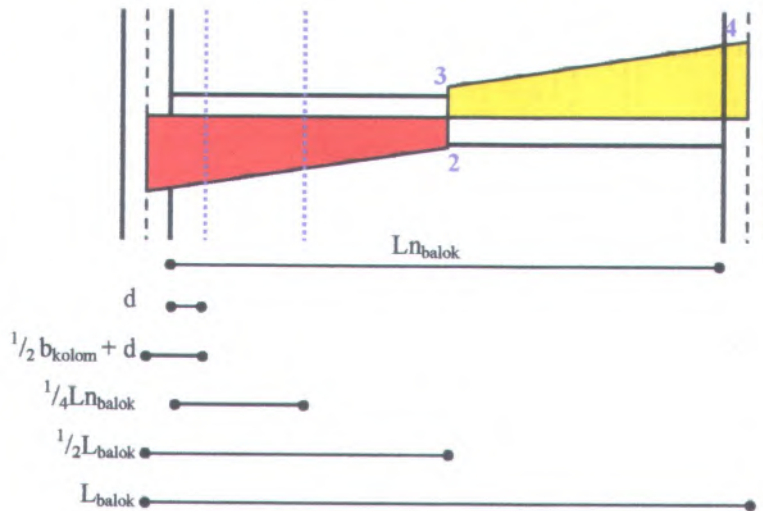
V_u diambil dari Analisa Sap 2000 , sejarak muka kolom :

$$V_u = 31.785 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} L_n &= \text{Bentang Sloof - Dimensi Kolom} \\ &= 8000 \text{ mm} - 500 \text{ mm} \\ &= 7500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_n \text{ Pasang Kiri} = 403.359.297,91 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ Pasang Kanan} = 403.359.297,91 \text{ Nmm}$$



Gambar 4. 138 : Diagram geser pada sloof

$$\begin{aligned} V_{u2} &= \frac{M_{n_{kiri}} + M_{n_{kanan}}}{L_n} + V_u \\ &= \frac{403.359.297,91 + 403.359.297,91}{7500} + 31785 \\ &= 139.347,48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Diambil } V_u \text{ maks} = V_{u2} = 139.347,48 \text{ N}$$

❖ Daerah Tumpuan

Pada Daerah Tumpuan Tulangan dipasang sejarak :

$$= 0,25 \times \text{bentang Balok}$$

$$= 0,25 \times 8000 \text{ mm}$$

$$= 2000 \text{ mm}$$

Vu Tumpuan:

$$V_{\text{muka kolom}} = \left(\left(\frac{\frac{1}{2} L_n - d}{\frac{1}{2} L_n} \right) \right)$$

$$139.347,48 = \left(\left(\frac{\frac{1}{2} 7500 - 427}{\frac{1}{2} 7500} \right) \right)$$

$$= 123.480,45 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 300 \times 427 = 106.750 \text{ N}$$

Sesuai dengan SNI-03-2847-2002 ps.13.1.2.1

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5 \leq 8.33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton yang hanya dibebani oleh geser dan lentur :

$$V_{s_{min}} = 1/3 \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{s_{min}} = 1/3 \times 300 \times 427 = 42.700 \text{ N}$$

$$V_{s_{max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 300 \times 427$$

$$= 213.500 \text{ N}$$

$$2V_{s_{max}} = 2 \times 213.500 \text{ N}$$

$$= 427.000 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 106.750 = \mathbf{40.031,25 \text{ N}}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 106.750 = \mathbf{80.062,5 \text{ N}}$$

$$\phi (V_c + V_{s_{min}}) = 0,75 \times (106.750 + 42.700)$$

$$= \mathbf{112.087,50 \text{ N}}$$

$$\phi (V_c + V_{s_{max}}) = 0,75 \times (106.750 + 213500)$$

$$= \mathbf{240.187,50 \text{ N}}$$

$$\phi (V_c + 2V_{s_{max}}) = 0,75 \times (106.750 + 2 \times 213500)$$

$$= \mathbf{400.312 \text{ N}}$$

Cek Kondisi :

❖ Syarat :

$$\text{Kondisi 1} \rightarrow V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 2} \rightarrow 0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 3} \rightarrow \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{min}})$$

$$\text{Kondisi 4} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{max}})$$

$$\text{Kondisi 5} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{s_{max}})$$

Kondisi 1

$$V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$$

$$123.480,45 \text{ N} < 40.031,25 \rightarrow \mathbf{Tidak OK}$$

Kondisi 2

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$40.031,25 \text{ N} < 123.480,45 \text{ N} < 80.062,5 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak OK}$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$80.062,5 \text{ N} < 123.480,45 \text{ N} < 112.087,50 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak OK}$$

Kondisi 4

$$\phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$112.087 \text{ N} < 123.480,45 \text{ N} < 240.187,5 \text{ N} \rightarrow \text{OK}$$

Tulangan geser :

$$V_u = \phi V_n$$

$$\rightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.1}]$$

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi}$$

$$= \frac{123.480,45 - (0,75 \times 106.750)}{0,75}$$

$$= 57890,6 \text{ N}$$

Luasan tulangan geser :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \rightarrow f_y = f_s$$

$$\rightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.6).(1)}]$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_s \times d}$$

$$= \frac{57890,6}{240 \times 427}$$

$$= 0,56 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Luasan tulangan geser :

$$\emptyset - 12 = 113,10 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang 2 kaki :

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 113,10 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{A_v}{\frac{A_{\text{tot}}}{s}} \\ &= \frac{226,19}{0,56} \\ &= 400,42 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Syarat :

$$\begin{aligned} \rightarrow S_{\text{pakai}} &\leq S_{\max} \\ \rightarrow S_{\text{pakai}} &\leq d/2 \\ \rightarrow S_{\text{pakai}} &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

❖ Kontrol :

$$\begin{aligned} \rightarrow 200 \text{ mm} &\leq 400 \text{ mm} \\ \rightarrow 200 \text{ mm} &\leq 213 \text{ mm} \\ \rightarrow 200 \text{ mm} &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Maka :

- S_{pakai} tulangan geser sejarak 200 mm

◇ Daerah Lapangan

Pada Daerah Lapangan Tulangan dipasang sejarak :

$$= 0,5 \times \text{bentang Balok}$$

$$= 0,25 \times 8000 \text{ mm}$$

$$= 4000 \text{ mm}$$

$$V_u = \frac{\frac{1}{4} L_n}{\frac{1}{2} L_n} \times V_{u \text{ tumpuan}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times 8}{\frac{1}{2} \times 8} \times 139347,48 = 74.318,66 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 300 \times 427 = 106.750 \text{ N}$$

Sesuai dengan SNI-03-2847-2002 ps.13.1.2.1

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5 \leq 8.33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton yang hanya dibebani oleh geser dan lentur :

$$V_{s \text{ min}} = 1/3 \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{s \text{ min}} = 1/3 \times 300 \times 427 = 42.700 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 300 \times 427$$

$$= 213.500 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 213.500 \text{ N} \\ = 427.000 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 106.750 = 40.031,25 \text{ N} \\ \phi V_c = 0,75 \times 106.750 = 80.062,5 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + V_{s_{\min}}) = 0,75 \times (106.750 + 42.700) \\ = 112.087,50 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + V_{s_{\max}}) = 0,75 \times (106.750 + 213500) \\ = 240.187,50 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + 2V_{s_{\max}}) = 0,75 \times (106.750 + 2 \times 213500) \\ = 400.312 \text{ N}$$

Cek Kondisi :

❖ Syarat :

$$\text{Kondisi 1} \rightarrow V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 2} \rightarrow 0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 3} \rightarrow \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$\text{Kondisi 4} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$\text{Kondisi 5} \rightarrow \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kondisi 1

$$V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$$

$$74.318,66 \text{ N} < 40.031,25 \rightarrow \text{Tidak OK}$$

Kondisi 2

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$40.031,25 \text{ N} < 74.318,66 \text{ N} < 80.062,5 \text{ N} \rightarrow \text{OK}$$

Tulangan geser :

$$V_u = \phi V_n$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.1]

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi} \\
 &= \frac{123.480,45 - (0,75 \times 106.750)}{0,75} \\
 &= 57890,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \rightarrow f_y = f_s$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.6).(1)]

$$\begin{aligned}
 \frac{A_v}{s} &= \frac{b_w}{3 \times f_y s} \\
 &= \frac{300}{3 \times 240} \\
 &= 0,416 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\emptyset - 12 = 113,10 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang 2 kaki :

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times A_s \\
 &= 2 \times 113,10 \\
 &= 226,19 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{A_v}{\frac{A_{\text{tot}}}{s}} \\
 &= \frac{226,19}{0,416} \\
 &= 542 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Syarat :

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{max}}$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} \leq d/2$$

$$\rightarrow S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

❖ Kontrol :

$$\rightarrow 200 \text{ mm} \leq 542 \text{ mm}$$

$$\rightarrow 200 \text{ mm} \leq 213 \text{ mm}$$

$$\rightarrow 200 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$$

❖ Maka :

- S_{pakai} tulangan geser sejarak 200 mm

Kesimpulan: Pada struktur Balok Sloof digunakan

➤ Tulangan Tumpuan : -T.Lentur = 4 D 22
-T.Geser = Ø12-200 mm

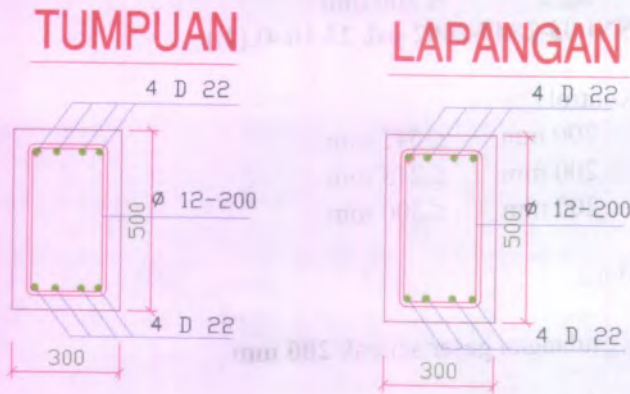
➤ Tulangan Lapangan : -T.Lentur = 4 D 22
-T.Geser = Ø12-200 mm

Untuk Pemasangan As Tarik = As Tekan (Tulangan Tarik = Tulangan Tekan) untuk itu dipasang :

Tul.Tarik = 4 D 22

Tul.Tekan = 4 D 22

◆ Hasil akhir gambar perencanaan :



Gambar 4. 139 : Detail penulangan balok sloof

◆ Panjang penyaluran tulangan :

♣ Tulangan Kondisi Tarik :

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3f_y\alpha\beta\lambda}{5\sqrt{f_c'}} \rightarrow l_d = \frac{3f_y\alpha\beta\lambda \times d_b}{5\sqrt{f_c'}}$$

Tidak boleh kurang dari 300mm

$$l_d = \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 22}{5\sqrt{25}} = 1584$$

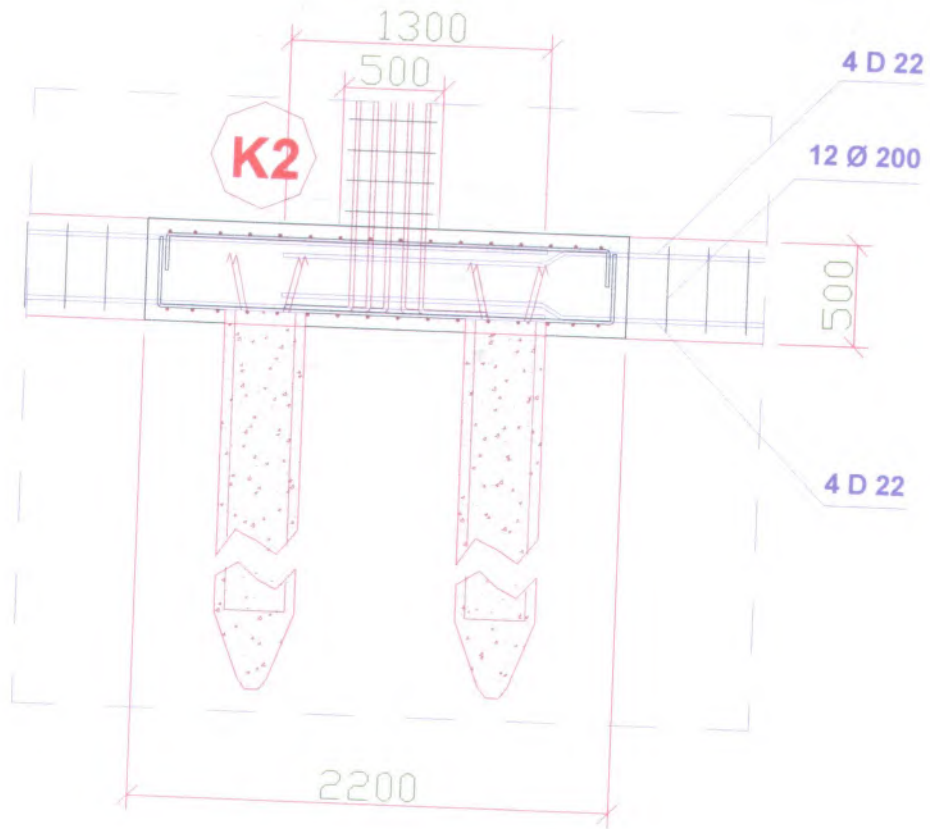
↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.2]

Panjang penyaluran :

$$\frac{A_{s\text{ perlu}}}{A_{s\text{ pasang}}} \times l_d = \frac{2660,92}{3041,06} \times 1584 = 1380$$

Jadi, untuk panjang penyaluran dipakai 1300 mm

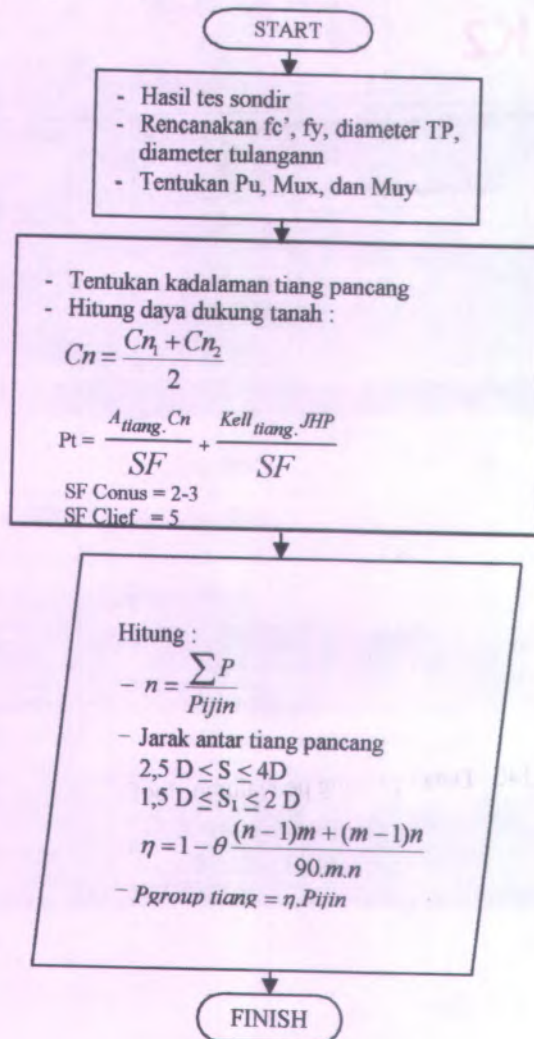
◆ Hasil akhir gambar perencanaan :



Gambar 4. 140 : Detail panjang penyaluran sloof

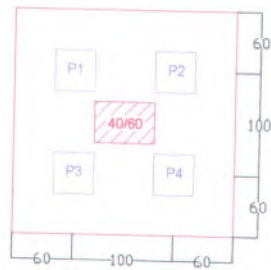
4.5.1.2 Perencanaan Tiang Pancang dan Poer

Pondasi merupakan salah satu bagian terpenting dari suatu bangunan. Hal ini disebabkan karena pondasi merupakan suatu struktur yang berfungsi untuk memikul dan menyalurkan beban-beban yang ada pada suatu bangunan ke tanah sehingga, diharapkan dalam merencanakan suatu pondasi dapat mengikuti aturan-aturan yang ada. Untuk mempermudah perhitungan maka digunakan diagram seperti di bawah ini:



Dalam Perencanaan Ulang Struktur Gedung SD MUHAMMADIYAH 26 SURABAYA digunakan 4 Tipe Tiang Pancang. Digolongkan berdasar pada jumlah tiang pancang yang digunakan dan dimensi kolom yang ada.

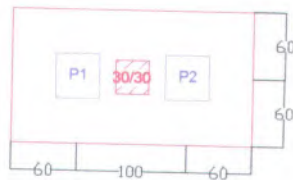
1. Tiang Pancang Tipe 1 (TP-1)
2. Tiang Pancang Tipe 2 (TP-2)
3. Tiang Pancang Tipe 3 (TP-3)
4. Tiang Pancang Tipe 4 (TP-4)



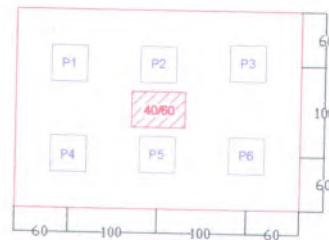
1. TP-1



2. TP-2



3. TP-3



4. TP-4

Gambar 4. 141 : Jenis Tipe tiang pancang

➤ Perencanaan Tebal Poer

Berdasarkan bukunya *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2, Edisi kedua oleh Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck* disebutkan bahwa :

Syarat jarak antar tiang pancang (s)

$$2,5 d < s < 4d$$

$$2,5 \times 35 < s < 4 \times 35$$

$$87,5 \text{ cm} < s < 140$$

$$\text{Dipakai } s = 100 \text{ cm}$$

Jarak tepi poer ke tiang (s')

$$1,5 D \leq s' \leq 2 D$$

$$1,5 \times 35 \leq s' \leq 2 \times 35$$

$$52,5 \leq s' \leq 70$$

$$\text{Dipakai } s' = 60 \text{ cm}$$

Data perencanaan tebal poer :

$$P = 212538,15 \text{ kg (1DL+1LL)}$$

$$\text{Dimensi} = 3,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Luas Poer} = 3,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} = 7,04 \text{ m}^2$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

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 :

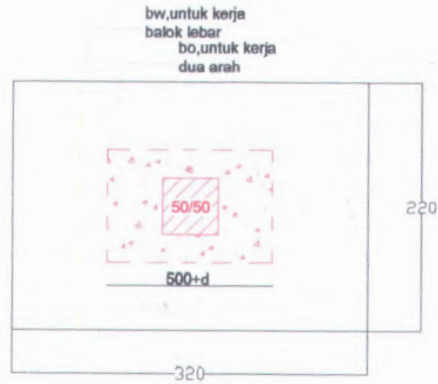
$$V_u \leq \phi V_c$$

1. Geser satu arah / Kerja balok lebar

$$q_t = \frac{P}{\text{Luas Poer}} = \frac{212538,15}{7,04} = 30190,07 \text{ kg/m}^2$$

$$= 0,3 \text{ N/mm}^2$$

Luasan tributary (mm^2) :



Gambar 4. 142 : Luasan tributari Poer TP-2

Luasan Tributary :

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{3200 - 500 - 2d}{2} \times 2200 \\
 &= 2970000 - 2200d
 \end{aligned}$$

Beban gaya geser :

$$\begin{aligned}
 V_u &= q_t \times A_t \\
 &= 0,3 \times (2970000 - 2200d) \\
 &= 896645,32 - 664d
 \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$V_u \leq \phi \times \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \right)$$

$$896645,32 - 664d \leq 0,75 \times \left(\frac{1}{6} \sqrt{25} \times 2200d \right)$$

$$\begin{aligned}
 896645,32 &\leq 2039,2 d \\
 d &\geq 439,71 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Geser dua arah /Kerja 2 arah

Luasan tributary (mm²) :

$$\begin{aligned} A_t &= 3200 \times 2200 - (500+d) \times (500+d) \\ &= 7040000 - 1000d - d^2 \end{aligned}$$

Beban gaya geser :

$$\begin{aligned} V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,3 \times (7040000 - 1000d - d^2) \\ &= 2049906 - 300d - 0,30d^2 \end{aligned}$$

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

SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(a)

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 500/500 = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$= ((2 \times (500+500)) + 4d)$$

$$= 2000 + 4d$$

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

$$2049906 - 300d -$$

$$0,30d^2 \leq \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{25} \times (2000 + 4d) \times d}{6}$$

$$2049906 - 300d - 0,30d^2 \leq (5000 + 10d) \times d$$

$$2049906 - 300d - 0,30d^2 \leq 5000d + 10d^2$$

$$2049906 \leq 5301,90d + 10,3d^2$$

$$0 \leq 10,3d^2 + 5301,90d - 2049906$$

Akar yang memenuhi syarat :

$$d_{1,2} \geq \frac{-5301,9 \pm \sqrt{5301,9^2 - 4(10,3)(-2049906)}}{2 \times 10,3}$$

$$d_{1,2} \geq -257,33 \pm 514,98$$

$$d \geq 257,65 \text{ mm}$$

$$b). Vu \leq Vc = \left[\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12}$$

SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(b)

$$2049906 - 300d - 0,30d^2 \leq$$

$$\left[\frac{40 \times d}{2000 + 4d} + 2 \right] \frac{\sqrt{25} \times (2000 + 4d) \times d}{12}$$

$$2049906 - 300d - 0,30d^2 \leq (40d + 4000 + 8d) \frac{\sqrt{25} \times d}{12}$$

$$2049906 - 300d - 0,30d^2 \leq ((48d + 4000) 0,416d$$

$$2049906 - 300d - 0,30d^2 \leq 20d^2 + 1666,7d$$

$$2049906 \leq 20,37d^2 + 1966,7d$$

$$0 \leq 20,3d^2 + 1966,7d - 2049906$$

Akar yang memenuhi syarat :

$$d_{1,2} \geq \frac{-2049906 \pm \sqrt{2049906^2 - 4(20,3)(-2049906)}}{2 \times 20,3}$$

$$d_{1,2} \geq -48,48 \pm 321,44$$

$$d \geq 272,95 \text{ mm}$$

$$c). Vu \leq Vc = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(c)

$$2049906 - 300d - 0,30d^2 \leq \frac{1}{3} \sqrt{25} \times (2000 + 4d) \times d$$

$$2049906 - 300d - 0,30d^2 \leq (3333,33 + 6,67d) \times d$$

$$2049906 - 300d - 0,30d^2 \leq 3333,33d + 6,67d^2$$

$$2049906 \leq 3633,33d + 6,97d^2$$

$$0 \leq 6,97d^2 + 3633,33d - 2049906$$

Akar yang memenuhi syarat :

$$d_{1,2} \geq \frac{-3633,33 \pm \sqrt{3633,33^2 - 4(6,97)(-2049906)}}{2 \times 6,97}$$

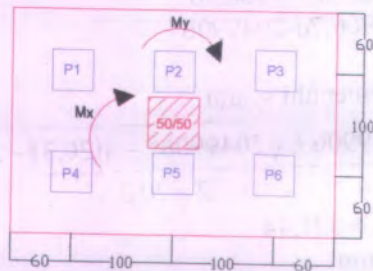
$$d_{1,2} \geq -260,83 \pm 601,83$$

$$d \geq 341 \text{ mm}$$

Dari keempat persamaan diatas, didapatkan harga d yang paling memenuhi $d \geq 439,71 \text{ mm}$ (terbesar nilainya)

$$\text{Jadi tebal poer : } h = \frac{d}{0,9} = \frac{439,71}{0,9} = 488,57 \text{ mm} \\ \approx 500 \text{ mm}$$

➤ Perencanaan Pondasi Tiang Pancang (TP-2)



Gambar 4. 143 : Arah gaya pada Poer TP-2 akibat beban rencana

Adapun data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

1. Dimensi poer = $3,2\text{m} \times 2,2\text{m} \times 0,5 \text{ m}$
2. Dimensi kolom = $50 \times 50\text{cm}$
3. Kedalaman tiang pancang = 9 m
4. Dimensi tiang pancang = $35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$
5. Keliling tiang pancang (K_{tp}) = $4 \times d$
= $4 \times 35 \text{ cm}$

6. Luas tiang pancang (A_{tp}) = 140 cm
 = $d \times d$
 = 35×35
 = 1225 cm^2
7. Tebal selimut beton = 50 mm
8. Mutu beton (f_c') :
- Tiang pancang = 25 MPa
 - Poer = 25 MPa
9. Mutu baja (f_y)
- Tiang pancang = 400 MPa
 - Poer = 400 Mpa
1. **Perhitungan Daya Dukung Ijin (P_{ijin})**

Daya dukung ijin pondasi dalam dihitung berdasarkan nilai conus dari hasil sondir dengan menggunakan *Metode Meyerhoff* dan faktor keamanan, $SF_1 = 3$ dan $SF_2 = 5$. Dari data sondir dengan kedalaman 9m didapatkan nilai conus dimana nilai conus yang diambil merupakan rata-rata dari nilai conus yang berada pada 4D di atas dan 4D di bawah tiang pancang. Data conus yang berada pada 4D di atas dan 4D di bawah tiang pancang adalah sebagai berikut :

- 4D ke atas = 7,6 m, nilai conus 70
- 4D ke bawah = 10,4 m, nilai conus 160

Maka, conus rata - rata adalah :

$$\frac{70 + 160}{2} = 115 \text{ kg/cm}^2$$

Sedangkan, nilai JHP = 450 kg/cm (Data Lampiran)

2. Kekuatan tanah dan kekuatan bahan

$$\begin{aligned}\bar{P}_t &= \frac{A_{tp} \times C_n}{SF_1} + \frac{kell_{tp} \times JHP}{SF_2} \\ &= \frac{1225 \times 115}{3} + \frac{140 \times 450}{5} \\ &= 59558,33 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sedangkan kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik **PT. Wijaya Karya Beton** untuk dimensi 35 cm x 35cm (tipe A), diperoleh :

$$\bar{P}_b = 163980 \text{ kg}$$

Dari hasil analisis kekuatan bahan dan kekuatan tanah diambil $P_{ijin} = 59558,33 \text{ kg}$ (nilainya lebih kecil).

3. P akibat pengaruh beban tetap

4. P akibat pengaruh beban tetap

Akibat beban tetap (1,0DL + 1,0LL)

$$P (Rz) = 212538,15 \text{ kg}$$

$$M_x = 4898,74 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 1284,75 \text{ kg.m}$$

$$R_x = 332,59 \text{ kg}$$

$$R_y = 1966,81 \text{ kg}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer

$$[3,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3] = 8448 \text{ kg}$$

2. Beban aksial kolom

$$\text{(out put Sap)} = 212538,15$$

kg

$$\Sigma P = 220986,15 \text{ kg}$$

$$n = \frac{\sum P}{P_{\text{ijin}}} = \frac{220986,15}{59558,33} = 3,7 \text{ buah (direncanakan 6 buah)}$$

$$\begin{aligned} Mx\text{-tot} &= Mx + (R_x \times t \text{ poer}) \\ &= 4898,74 + (332,59 \times 0,5) \\ &= 5065,04 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} My\text{-tot} &= My + (R_y \times t \text{ poer}) \\ &= 1284,75 + (1966,81 \times 0,5) \\ &= 2268,15 \text{ kgm} \end{aligned}$$

❖ **Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan axial**

Jarak X

		X^2
X1	1	1
X2	0	0
X3	1	1
X4	1	1
X5	0	0
X6	1	1
	ΣX	4

Jarak Y

		Y^2
Y1	0,5	0,25
Y2	0	0
Y3	0,5	0,25
Y4	0,5	0,25

Y5	0	0
Y6	0,5	0,25
	ΣY	1

Gaya yang dipikul masing - masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{220986,15}{6} + \frac{2268,15 \times 1}{4} - \frac{5065,04 \times 0,5}{1}$$

$$= 34865,55 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{220986,15}{6} + \frac{2268,15 \times 0}{4} - \frac{5065,04 \times 0}{1}$$

$$= 36831,03 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{220986,15}{6} + \frac{2268,15 \times 1}{4} + \frac{5065,04 \times 0,5}{1}$$

$$= 39930,58 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{220986,15}{6} - \frac{2268,15 \times 1}{4} - \frac{5065,04 \times 0,5}{1}$$

$$= 33731,47 \text{ kg}$$

$$P_5 = \frac{220986,15}{6} - \frac{2268,15 \times 0}{4} + \frac{5065,04 \times 0}{1}$$

$$= 36831,03 \text{ kg}$$

$$P_6 = \frac{220986,15}{6} - \frac{2268,15 \times 1}{4} + \frac{5065,04 \times 0,5}{1}$$

$$= 38796,50 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = P_3 = 39930,58 \text{ kg}$$

$$P_{\min} = P_4 = 33731,47 \text{ kg}$$

❖ **Kontrol P**

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

$$39930,58 \text{ kg} < 59558,33 \text{ kg} \dots(\text{ok})$$

5. P akibat pengaruh beban sementara arah X

Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0Qx)

$$P (Rz) = 247408,94 \text{ kg}$$

$$M_x = 6634,19 \text{ kg.m}$$

$$M_y = -19994,04 \text{ kg.m}$$

$$R_x = -8817,103 \text{ kg}$$

$$R_y = 1936,04 \text{ kg}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer

$$[3,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3] = 8448 \text{ kg}$$

2. Beban aksial kolom

$$\text{(out put Sap)} = 247408,94 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 255856,94 \text{ kg}$$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin}}} = \frac{255856,94}{59558,33} = 4,29 \text{ buah (direncanakan 6 buah)}$$

$$\begin{aligned} M_x\text{-tot} &= M_x + (R_x \times t \text{ poer}) \\ &= 6634,19 + (-8817,103 \times 0,5) \\ &= 2225,64 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y\text{-tot} &= M_y + (R_y \times t \text{ poer}) \\ &= -19994,04 + (1936,04 \times 0,5) \\ &= -19026,02 \text{ kgm} \end{aligned}$$

❖ Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen axial

Jarak X

		X ²
X1	1	1
X2	0	0
X3	1	1
X4	1	1
X5	0	0
X6	1	1
	ΣX	4

Jarak Y

		Y ²
Y1	0,5	0,25
Y2	0	0
Y3	0,5	0,25
Y4	0,5	0,25
Y5	0	0
Y6	0,5	0,25
	ΣY	1

Gaya yang dipikul masing - masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{255856,94}{6} + \frac{-19026,02 \times 1}{4} - \frac{2225,64 \times 0,5}{1}$$

$$= 36773,5 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{255856,94}{6} + \frac{-19026,02 \times 0}{4} - \frac{2225,64 \times 0}{1}$$

$$= 42642,82 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{255856,94}{6} + \frac{-19026,02 \times 1}{4} + \frac{2225,64 \times 0,5}{1}$$

$$= 38999,14 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{255856,94}{6} - \frac{-19026,02 \times 1}{4} - \frac{2225,64 \times 0,5}{1}$$

$$= 46286,51 \text{ kg}$$

$$P_5 = \frac{255856,94}{6} - \frac{-19026,02 \times 0}{4} + \frac{2225,64 \times 0}{1}$$

$$= 42642,82 \text{ kg}$$

$$P_6 = \frac{255856,94}{6} - \frac{-19026,02 \times 1}{4} + \frac{2225,64 \times 0,5}{1}$$

$$= 48512,15 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = P_6 = 48512,15 \text{ kg}$$

$$P_{\min} = P_4 = 36773,5 \text{ kg}$$

❖ Kontrol P

$$P_{\max} < 1,5 \times P_{ijin}$$

$$48512,15 \text{ kg} < 89337,5 \text{ kg} \dots(\text{ok})$$

6. P akibat pengaruh beban sementara arah Y

Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0Qy)

$$P (Rz) = 277605,5 \text{ kg}$$

$$M_x = 34477,24 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 2064,19 \text{ kg.m}$$

$$R_x = 668,69 \text{ kg}$$

$$R_y = -10519,6 \text{ kg}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer
 $[3,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3] = 8488 \text{ kg}$
2. Beban aksial kolom
 $(\text{out put Sap}) = 277605,5 \text{ kg}$
 $\Sigma P = 286053 \text{ kg}$

$$n = \frac{\sum P}{P_{\text{ijin}}} = \frac{286053}{59558,33} = 4,81 \text{ buah (direncanakan 6 buah)}$$

$$\begin{aligned} Mx\text{-tot} &= Mx + (R_x \times t \text{ poer}) \\ &= 34477,24 + (668,69 \times 0,5) \\ &= 34811,59 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} My\text{-tot} &= My + (R_y \times t \text{ poer}) \\ &= 2064,19 + (-10519,6 \times 0,5) \\ &= -3195,63 \text{ kgm} \end{aligned}$$

❖ **Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan axial**

Jarak X

		X ²
X1	1	1
X2	0	0
X3	1	1
X4	1	1
X5	0	0
X6	1	1
	ΣX	4

Jarak Y

		Y ²
Y1	0,5	0,25
Y2	0	0
Y3	0,5	0,25
Y4	0,5	0,25
Y5	0	0
Y6	0,5	0,25
	ΣY	1

Gaya yang dipikul masing - masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My.X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx.Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{284517,5}{6} + \frac{-3195,63 \times 1}{4} - \frac{34811,59 \times 0,5}{1}$$

$$= 29470,88 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{284517,5}{6} + \frac{-3195,63 \times 0}{4} - \frac{34811,59 \times 0}{1}$$

$$= 47675,58 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{284517,5}{6} + \frac{-3195,63 \times 1}{4} + \frac{34811,59 \times 0,5}{1}$$

$$= 64282,46 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{284517,5}{6} - \frac{-3195,63 \times 1}{4} - \frac{34811,59 \times 0,5}{1}$$

$$= 31068,69 \text{ kg}$$

$$P_5 = \frac{284517,5}{6} - \frac{-3195,63 \times 0}{4} + \frac{34811,59 \times 0}{1}$$

$$= 47675,58 \text{ kg}$$

$$P_6 = \frac{284517,5}{6} - \frac{-3195,63 \times 1}{4} + \frac{34811,59 \times 0,5}{1}$$

$$= 65880,28 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = P_6 = 65880,28 \text{ kg}$$

$$P_{\min} = P_1 = 29470,88 \text{ kg}$$

❖ Kontrol P

$$P_{\max} < 1,5 \times P_{\text{ijin}}$$

$$65880,28 \text{ kg} < 89337,5 \text{ kg} \dots (\text{ok})$$

7. Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi Dengan Metoda AASHTO

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

Dimana :

m = banyaknya kolom

n = banyaknya baris

D = panjang sisi tiang pancang

S = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

$$= \text{arc tg } 40/120 = 18,43$$

$$(\eta) = 1 - 19,29 \times \frac{(2-1)3 + (3-1)2}{90 \times 3 \times 2} = 0,75$$

$$P_{\text{group tiang}} = \eta \times 1,5 P_{\text{ijin}} \geq P_{\max}$$

$$= 0,75 \times 1,5 \times 59558,33 \text{ kg}$$

$$= 66998,16 \text{ kg} > 65880,28 \text{ kg}$$

→ **Tidak terjadi cabutan**

➤ Perencanaan Pondasi Poer / Pile Cap (TP-2)

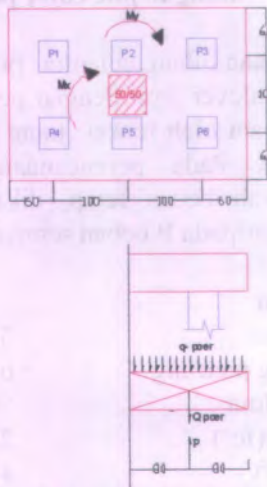
1. Perencanaan Tulangan *pile cap* (poer)

Pada perencanaan tulangan lentur, pile cap diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban tetap, dikarenakan P beban tetap lebih besar daripada P beban sementara.

Data Perencanaan

- Dimensi poer : 3,2 m×2,2 m×0,5 m
- Jumlah tiang pancang : 6 buah
- Dimensi kolom : 50 cm × 50 cm
- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 400 Mpa
- Diameter tulangan utama : 22 mm
- Selimut beton (p) : 50 mm
- $h = 500$ mm
- $D_{lentur} = 22$ mm
- $\emptyset_{sengkang} = 10$ mm
- $d = 500 - 50 - 22 - (1/2 \times 22)$
= 417 mm
- $\phi = 0,80$

❖ **Penulangan Lentur Poer**
 a. **Penulangan Poer Arah Sumbu X**



Gambar 4. 144 : Gambar mekanika penulangan poer TP-2 arah X

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut:

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$Q_u = \text{Berat poer} = 3,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ = 3840 \text{ kg/m}$$

$$Q = 0,5 \times q_u \times l \\ = 0,5 \times 3840 \text{ kg/m} \times 1,6 \text{ m} \\ = 3072 \text{ kg}$$

P = beban tiang dari bawah (ambil dari kombinasi beban terbesar) yaitu $1,0DL + 1,0LL + 1,0Q_y$:

$$P_1 + P_4 = 60539,57 \text{ kg}$$

$$P_3 + P_6 = 130162,74 \text{ kg}$$

$$\text{Ambil P terbesar} = 130162,74 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} Mu &= MQ - Mp \\ &= (Q \times \frac{1}{2} l) - (P \times \text{jarak tiang ke as kolom}) \\ &= (3072 \text{ kg} \times 0,8 \text{ m}) - (130162,74 \text{ kg} \times 1 \text{ m}) \\ &= 10105,82 \text{ kg.m} = 1010581907 \text{ N.mm} \text{ (ambil nilai} \end{aligned}$$

mutlak)

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1010581907}{0,8} = 1263227383 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{1263227383}{3200 \times 417^2} = 2,27$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 2,27}{400}} \right) = 0,006 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{fy} \times \frac{600}{(600 + fy)} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,027 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,027 = 0,02 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$
0,0035 < 0,006 < 0,02... ok!!
- Karena memenuhi persyaratan diatas, maka

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= 0,006 \\ A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,006 \times 3200 \times 417 \\ &= 8027,86 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

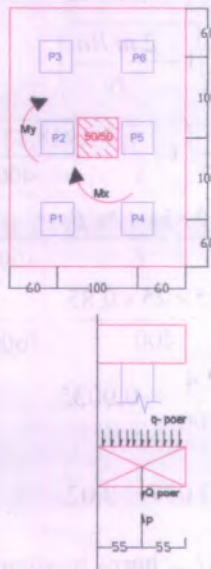
Dipasang 25 D22 (A_s pasang = 9498,5 mm²)

Jarak antar as tulangan :

$$S = \frac{3200 - (2 \times 50)}{(25 - 1)} = 124 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

Jadi dipasang 25 D 22 - 120 mm

b. Penulangan Poer Arah Sumbu Y



Gambar 4. 145 : Gambar mekanika penulangan poer TP-2 arah Y

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut:
Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{Berat poer} = 2,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2640 \text{ kg/m} \\ Q &= 0,5 \times q_u \times l \\ &= 0,5 \times 2640 \text{ kg/m} \times 1,1 \text{ m} \\ &= 1452 \text{ kg} \end{aligned}$$

P = beban tiang dari bawah :

$$\begin{aligned} P_1 + P_2 + P_3 &= 141428,92 \text{ kg} \\ P_4 + P_5 + P_6 &= 144624,55 \text{ kg} \\ \text{Ambil P terbesar} &= 144624,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= MQ - M_p \\ &= (Q \times \frac{1}{2} l) - (P \times \text{jarak tiang ke as kolom}) \\ &= (1452 \text{ kg} \times 1,1 \text{ m}) - (144624,55 \text{ kg} \times 0,5 \text{ m}) \\ &= 15836,1 \text{ kg.m} = 1583609995 \text{ N.mm} \text{ (ambil nilai mutlak)} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1583609995}{0,8} = 1979512494 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1979512494}{2200 \times 417^2} = 5,17$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 5,17}{400}} \right) = 0,0151 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,027\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,027 = 0,02\end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$
0,0035 < 0,0151 < 0,02... ok!!

- Karena memenuhi persyaratan diatas, maka

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0151$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0151 \times 2200 \times 417 \\ &= 13852,74 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Dipasang } 37 \text{ D22 (} A_s \text{ pasang} = 14057,8 \text{ mm}^2)$$

Jarak antar as tulangan :

$$S = \frac{2200 - (2 \times 50)}{(37 - 1)} = 56,8 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

Jadi dipasang 37D22 - 50 mm

❖ Penulangan Geser Poer

Data Perencanaan

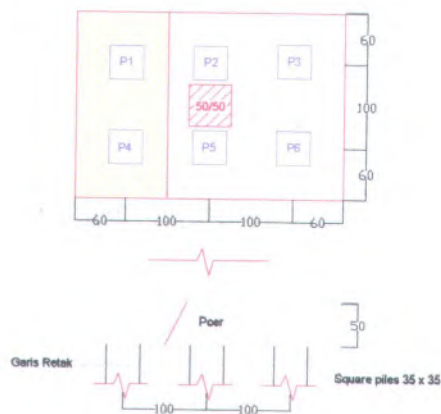
- $\sum P$: 212538,15 kg
- Dimensi poer : 3,2 m × 2,2 m × 0,5 m
- Jumlah tiang pancang : 6 buah
- Dimensi kolom : 50 cm × 50 cm
- Mutu beton (f'_c) : 25 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 400 Mpa

- Diameter tulangan utama : 22 mm
- Selimut beton (p) : 50 mm

- h = 500 mm
- Dlentur = 22 mm
- d = 500 - 50 - 22 - (1/2 × 22) = 417 mm
- φ = 0,75

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Pasal 13.12(1)*, perencanaan tulangan geser poer harus memperhatikan geser satu arah dan geser dua arah.

1. Geser satu arah pada poer



Gambar 4. 146 : Gaya geser 1 arah pada TP-2

Bidang kritis sejauh d dari muka kolom.

(*SNI 03-2847 2002 Pasal 13.1(3), Gambar 7*)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 2200 \times 417 = 764500 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 764500 \text{ N} = 573375 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{\sum P}{A} \\ &= \frac{212538,15}{3,2 \times 2,2} = 30190,08 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b_o &= (0,5 \times b_{\text{poer}}) - (0,5 \times b_{\text{kolom}}) - d \\ &= (0,5 \times 2200) - (0,5 \times 500) - 417 \\ &= 433 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$V_u = \sigma_u \times b \times b_o$$

$$\begin{aligned}V_u &= 30190,08 \text{ kg/m}^2 \times 2,2 \text{ m} \times 0,433 \text{ m} \\ &= 28759,07 \text{ kg} = 287590,7 \text{ N}\end{aligned}$$

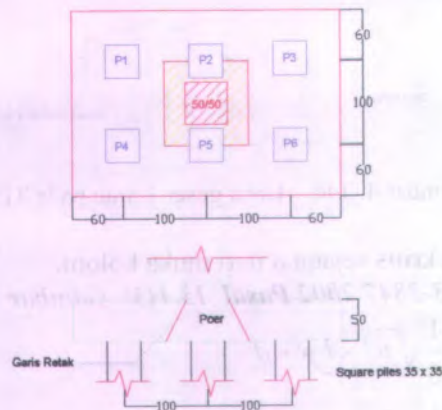
Perlu atau tidak tulangan geser :

$$\phi V_c > V_u$$

573375 N > 287590,7 N....(tidak perlu tulangan geser)

2. Geser dua arah pada poer

Bidang kritis tidak boleh lebih dekat dari $d/2$, dari keempat sisi muka kolom (*SNI 03-2847-2002 Pasal 13.12(2)*)



Gambar 4. 147 : Gaya geser 2 arah pada TP-1

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (a), (b), dan (c), untuk beton non-prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

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

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 500/500 = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

Karena dimensi kolom sama, maka :

$$\begin{aligned} b_o &= ((500+d) + (500+d)) \times 2 \\ &= 2 \times (500+500) + 4d \\ &= 2000 + (4 \times 417) \\ &= 3668 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga,

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

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{25} \times 3668 \times 417}{6} = 3823890 \text{ N}$$

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

Dimana :

$$\alpha_s = 40 \text{ untuk kolom dalam}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} V_c &= \left[\frac{40 \times 417}{3668} + 2 \right] \frac{\sqrt{25} \times 3668 \times 417}{12} \\ &= 4172780 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(c) } V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= \frac{1}{3} \sqrt{25} \times 3668 \times 417 \\
 &= 2549260 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jadi, V_c pakai = 2549260 N

$$\phi V_c = 0,75 \times 2549260 \text{ N} = 1911945 \text{ N}$$

$$\sigma_u = \frac{\sum P}{A} = \frac{212538,15}{3,2 \times 2,2} = 30190,07 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \sigma_u \times (\text{luas total poer} - \text{luas pons}) \\
 &= 30190,07 \times [(3,2 \times 2,2) - (0,5 + 0,417)^2] \\
 &= 187151,59 \text{ kg} \\
 &= 1871515,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &> V_u \\
 1911945 \text{ N} &> 1871515,9 \text{ N. (tidak perlu tulangan geser)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan dimensi poer tidak perlu diperbesar

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah diuraikan dalam Laporan Proyek Akhir ini diperoleh hasil sebagai berikut :

a. Struktur Sekunder

1. Pelat

Didapat tebal pelat lantai untuk lantai 1,2,3 dan 4 adalah 12cm. Untuk pelat atap digunakan tebal 10cm.

2. Tangga

- Injakan tangga 30cm
- Tanjakan tangga 20cm
- Tebal pelat tangga dan bordes adalah 12cm
- Balok Bordes 20x30

3. Atap

- Rangka batang atap baja ringan (GALVALUM)
- Profil Reng C7510 75x34x13x0,75
- Profil Reng U3845 38x28x13x0,45
- Mutu baja G550 ($\bar{\sigma} = 5500 \text{ kg/m}^2$)

b. Struktur Pimer

1. Balok

- Dimensi 40 x 60, 20 x 30, untuk balok induk
- Dimensi 30 x 40 untuk balok anak
- Dimensi 25 x 35 untuk ring balk



2. Kolom

- Dimensi kolom (K1) 40 x 60
- Dimensi kolom (K2) 50 x 50
- Dimensi kolom (K3) 30 x 30
- Dimensi kolom (K3) 20 x 30

c. Struktur Bawah

- Dimensi poer; TP-1 adalah 2,2 m x 2,2 m x 0,50m
- Dimensi poer; TP-2, TP-4 adalah 3,2 m x 2,2 m x 0,50m
- Dimensi poer; TP-3 adalah 2,2 m x 1,2 m x 0,50m
- Dimensi tiang pancang 35 cm x 35 cm
- Dimensi sloof 30 x 50

5.2 SARAN

Untuk bangunan yang berada pada wilayah gempa 3 dan 4 direncanakan menggunakan metode SRPMM sesuai dengan **SNI-03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002.**



DAFTAR PUSTAKA

- a. Departemen Pekerjaan Umum. 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)**. Bandung : Ditjen Cipta Karya Direktorat Masalah Bangunan.
- b. Das, B. M. 1993. **Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Berteknis)**. Jakarta : Erlangga.
- c. Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan FTSP ITS. 1992. **Tabel Grafik dan Diagram Interaksi Untuk Perhitungan Struktur Beton Berdasarkan SNI 1992**. Surabaya.
- d. Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan. 2002. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI 03-2847-2002)**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- e. Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan. 2002. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SK SNI 03-1726-2002)**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- f. Rudy Gunawan, Ir. 1987. **Tabel Profil Konstruksi Baja**. Yogyakarta : Kanisius.
- g. Terzaghi, Karl dan Ralph B. Peck. **Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa**. Jakarta : Erlangga.
- h. Wang, C. K, dan Salmon, C. G. 1990. **Desain Beton Bertulang**. Jakarta : Erlangga. Edisi ke 4 Jilid 1.
- i. Wang, C. K, dan Salmon, C. G. 1990. **Desain Beton Bertulang**. Jakarta : Erlangga. Edisi ke 4 Jilid 2.
- j. Wesley, L.D. 1977. **Mekanika Tanah**. Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Cetakan ke VI.
- k. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. 1984. **Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)**. Jakarta : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Cetakan ke II.
- l. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. 1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)**. Jakarta : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

DAFTAR LAMPIRAN

- A. Data Hasil Uji Tanah.
- B. Data Spesifikasi Tiang Pancang.
- C. Data Spesifikasi Partisi Gypsum.
- D. Data Spesifikasi Baja Ringan (Galvalum)
- E. Lembar Asistensi Tugas Akhir.
- F. Lembar Revisi Tugas Akhir.
- G. Lampiran Revisi Tugas Akhir.
- H. Tabel-Tabel Perhitungan (Excel Perhitungan)
(Dilampirkan dalam buku yang terpisah)
- I. Gambar Perencanaan Proyek Akhir.
(Dilampirkan dalam buku yang terpisah)

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a blue shield with a white emblem and the letters 'ITS' to its right.

A. DATA HASIL UJI TANAH



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

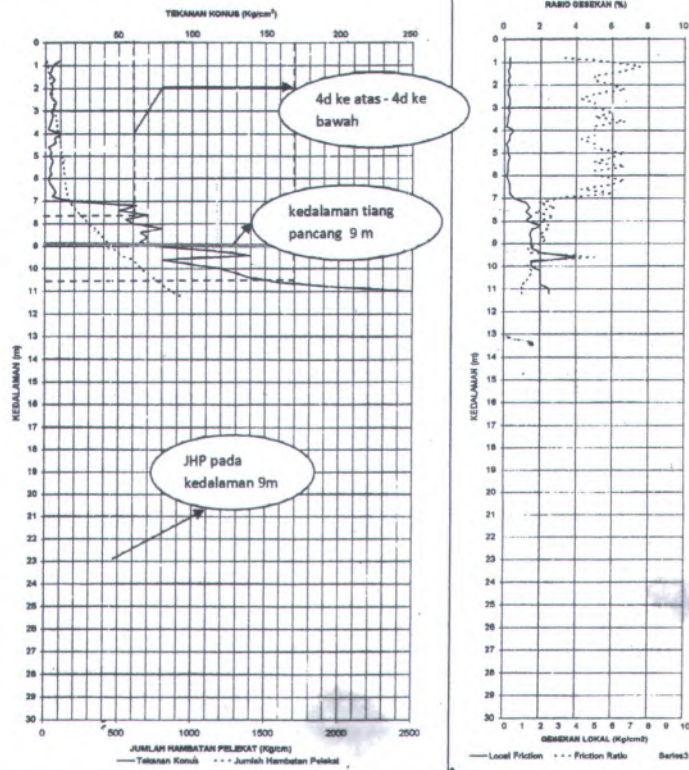
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN FTSP-ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya Telp. 031 5994252 - 55, 031 5928001, e-mail tsabool@itskom.net

GRAFIK SONDIR

PROYEK : Pembangunan SD Muhammadiyah Keputih
LOKASI : Keputih, Sukolilo
NO TITIK : S-5
TANGGAL : 28 FEBRUARI 2006
DIKERJAKAN : P. MISRAN
DIPERIKSA : Ir. GANI



CATATAN : 0 m dari permukaan tanah dasar (tempat lokasi sondir)

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a blue shield with a white emblem and the letters 'ITS' to its right.

B. DATA SPESIFIKASI

TIANG PANCANG

PC SQUARE PILES

PC square piles are usually used for deep foundation of some structures, such as high-rise buildings, industrial buildings, marine structures, bridges, etc.

The advantages of PC Square Piles is the big axial load capacity.



DESCRIPTION OF PRODUCT

Type of piles	: Prestressed Concrete Square Piles
Splice system	: Welded at steel joint plate
Type of shoe	: Pencil
Method of driving	: Diesel or Hydraulic hammer



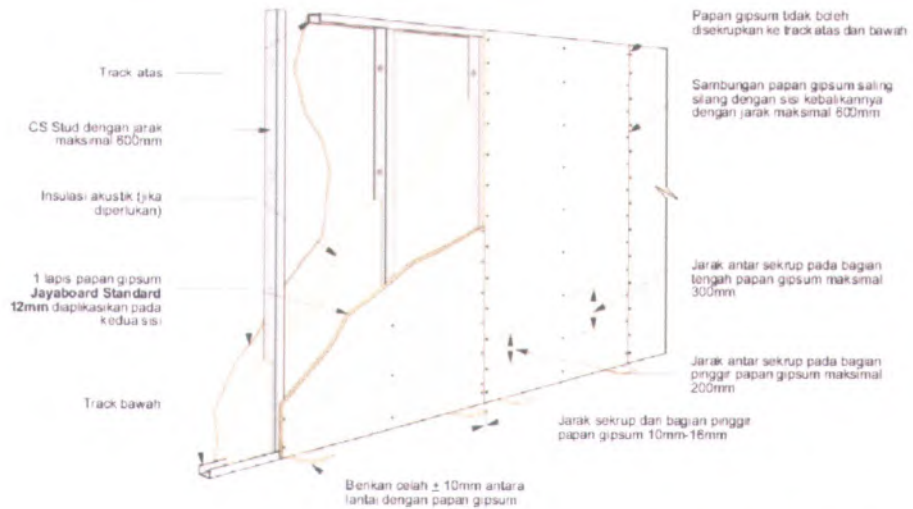
CLASSIFICATION

Dimension (D) (cm)	Class	Unit Weight (kg/m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)	Length of Pile (L) (m)
			Cracking (Ton.m)	Nominal (Ton.m)		
25 x 25	A	156	2.24	3.84	81.40	6 - 12
	B		2.50	4.81	79.62	6 - 14
	C		2.76	5.77	77.92	6 - 16
30 x 30	A	225	3.62	5.77	118.59	6 - 12
	B		3.95	6.92	116.76	6 - 14
	C		4.33	8.30	114.66	6 - 16
	D		4.88	10.38	111.60	6 - 18
35 x 35	A	306	5.22	7.30	163.98	6 - 12
	B		5.91	9.69	160.68	6 - 14
	C		6.58	12.11	157.45	6 - 16
	D		7.24	14.53	154.32	6 - 18
40 x 40	A	400	7.84	11.07	213.96	6 - 14
	B		8.64	13.83	210.60	6 - 16
	C		9.43	16.61	207.32	6 - 18
	D		11.65	24.91	198.01	6 - 20
45 x 45	A	506	11.11	15.57	270.98	6 - 14
	B		12.02	18.68	267.61	6 - 16
	C		12.90	21.80	264.30	6 - 18
	D		14.63	28.02	257.88	6 - 20
50 x 50	A	625	15.07	20.76	335.12	6 - 14
	B		16.08	24.21	331.72	6 - 16
	C		17.08	27.68	328.38	6 - 18
	D		18.06	31.13	325.09	6 - 20

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in blue. This pattern is repeated across the entire page.

**C. DATA SPESIFIKASI
PARTISI GYPSUM**

Standar Optimal



• Pemasangan secara vertikal (dapat pula diaplikasikan secara horizontal)



PERFORMA AKUSTIK

STC 35 dB
tanpa insulasi

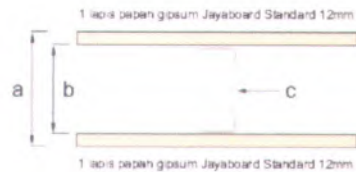
STC 44 dB
dengan insulasi



BERAT SISTEM

21,3 Kg/m²

Detail & Data Fisik



Ketinggian Maksimal (mm)	Lebar Partisi (a) (mm)	Lebar CS Stud (b) (mm)	Tebal CS Stud (c) (mm)
2480	69	45	0,45
2680	75	51	0,45
3080	88	64	0,45
3260	94	70	0,45
3430	100	76	0,45
2560	69	45	0,55
2760	75	51	0,55
3180	88	64	0,55
3370	94	70	0,55
3550	100	76	0,55
4040	116	92	0,55
4280	124	100	0,55
3360	88	64	0,75
3570	94	70	0,75
3770	100	76	0,75
4300	116	92	0,75
4580	124	100	0,75
6100	174	150	0,75

Catatan: • Pemasangan papan gipsum saling silang
• Design Pressure 230 Pa, Deflection 1/246
• Insulasi menggunakan glass wool dengan ketebalan 50mm, density 14 kg/m³
• Nilai STC & berat sistem menggunakan CS Stud 7,6 dengan ketebalan 0,45 (TC1)

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a blue sans-serif font.

D. DATA SPESIFIKASI

BAJA RINGAN (GALVALUM)

ecosteel™

Profil Baja Ringan Serbaguna

ecosteel™ ADALAH PRODUK BAJA RINGAN MUTU TINGGI UNTUK BERBAGAI KEBUTUHAN ANDA

- G550 hi-tensile
- Lapisan tahan karat Zinc Aluminium
- Tersedia Profil U & C



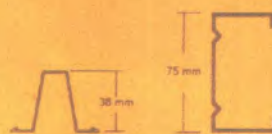
PROFIL C



PROFIL U

Profil Material

No	Jenis	Kebutuhan		L	S _{xx}	S _{yy}	I _{xx}	I _{yy}	S _{xy}
		mm	mm ²						
01	C7570	0.70	100.19	89234	2380	2380	12832	1400	538
02	C7575	0.75	107.17	95273	2541	2541	13663	1491	573
03	C7510	1.00	141.68	124813	3328	3328	17645	1927	740
04	U3648	0.48	54.29	10419	566	602	7146	300	300



Profil U

Profil C

PERHATIAN :

- Dibutuhkan proses design / software engineering khusus profil baja ringan untuk aplikasi struktural

untuk informasi lebih lanjut hubungi :

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a blue shield with a white emblem and the letters 'ITS' to its right.

E. LEMBAR ASISTENSI

TUGAS AKHIR



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : 1. JIMMY KHARISMA 2. SULTON WAHYU Y
Nrp : 1. 3106030040 2. 3106030041
Judul P. A. : PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG 5D
MUHAMMADIYAH, 26 SUKOLILO - SURABAYA DENGAN
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
Dosen Pemb. : 1. NUR AHMAD HUSIN, ST.MT 2.

No.	Tanggal	Tugas / Materi Yang Dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	17-02-2009	Asistensi Gambar dan Preliminary Design.	<i>Nur Ahmad Husin</i>			
2	27-02-2009	Asistensi Gambar dan Plat Lantai		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	27-02-2009	Asistensi Gambar dan Plat Lantai	<i>Nur Ahmad Husin</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	13-03-2009	Asistensi Permodelan SAP	<i>Nur Ahmad Husin</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	19-03-2009	Asistensi Rangka Atap. (Revisi)	<i>Nur Ahmad Husin</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	27-03-2009	Permodelan SAP Tangga (Revisi)	<i>Nur Ahmad Husin</i>	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 : 1. JIMMY KHARISMA 2. SULTON WAHYU Y
Nrp : 1. 3106030040 2. 3106030041
Judul P. A. : PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG SD
MUHAMMADIYAH 26 SUFOLILO - SURABAYA DENGAN
SISTEM RANGGA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
Dosen Pemb. : 1. NUR AHMAD HUSIN, ST. MT 2.

No.	Tanggal	Tugas / Materi Yang Dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
				B	C	K
6.	3-4-2009	Revisi Gambar Plat Tangga + Pembebanan	<i>Nur Ahmad Husin</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	17-04-2009	Revisi Pembebanan Gempa Statis.	<i>Nur Ahmad Husin</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	01-05-2009	Penulangan Lentur, Geser, dan Torsi Balok.	<i>Nur Ahmad Husin</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	22-05-2009	Draft laporan dan gambar struktur.	<i>Nur Ahmad Husin</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a blue shield with a white emblem and the letters 'ITS' to its right. This pattern is overlaid on a light blue grid.

F. LEMBAR REVISI

TUGAS AKHIR

PROGRAM DIPLOMA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

REVISI PROYEK AKHIR

Nama : JIMMY CHARISMA & SULTON WAHYU YORDANA
N r p : 3106.030.040 & 3106.030.041

Judul / Topik Tugas Akhir : Perencanaan ulang struktur gedung SD Muhammadiyah
26 Surabaya dengan metode struktur rangka pemikul
Momen Memengah

Hal-hal yang perlu diperbaiki / direvisi : Balok bordes dibuat 1 garis, balok pada tangga 1 level
Lanis rata-rata, cat gaur balok, gambar sloof terhadap
paer.

Surabaya, 21 Juli 2009

Dosen Penguji
1. Ir. M. Sigit D. M. Eng & PhD
2. Ir. Sunggono, OES
3. Ir. Endang Icajati, DEA
4.

Dosen Pembimbing
1. N. A. Husin
2.

Telah direvisi sesuai dengan perintah diatas

Menyetujui,
Dosen Penguji,

Menyetujui,
Dosen Pembimbing,

1. M. SIGIT D. 24/07/09
2. Endang K. 27/09
3. Sunggono
4.

1. N. A. Husin 28/11/09
2.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a blue, sans-serif font. This pattern is arranged in a grid across the entire page.

G. LAMPIRAN REVISI
TUGAS AKHIR

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo. Each logo consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The pattern is arranged in a grid across the entire page.

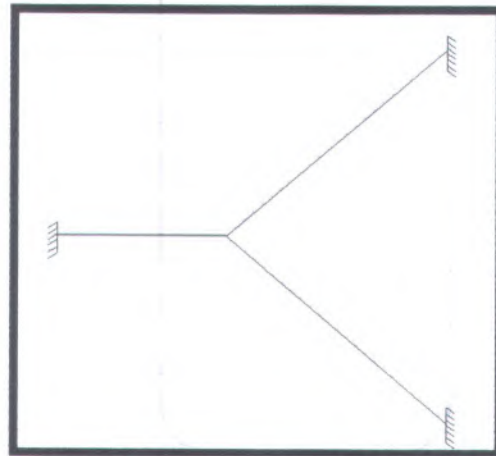
REVISI TANGGA

REVISI TANGGA **(PERLETAKAN STRUKTUR TANGGA) Hal. 235 :**

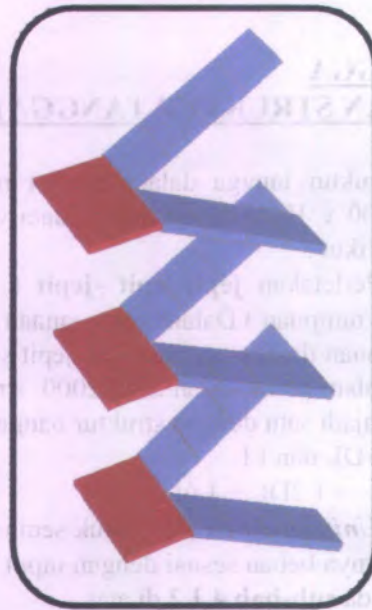
Permodelan struktur tangga dalam hal ini menggunakan program SAP 2000 v 10. Adapun data – data yang di-*input* adalah sebagai berikut :

1. *Restraints* → Perletakan **jepit-jepit -jepit** (pada titik – titik joint pada tumpuan). Dalam perencanaan tangga, pada titik joint tumpuan dipasang perletakan jepit semua, hal ini dikarenakan dalam permodelan SAP 2000, struktur tangga bergabung menjadi satu dengan struktur bangunan.
2. *Load cases* → DL dan LL
3. *Combinations* → $1,2DL + 1,6LL$
4. *Area Loads (Uniform Shell)* → Untuk semua beban (DL dan LL), besarnya beban sesuai dengan input pembebanan SAP tangga pada **sub-bab 4.1.2** di atas

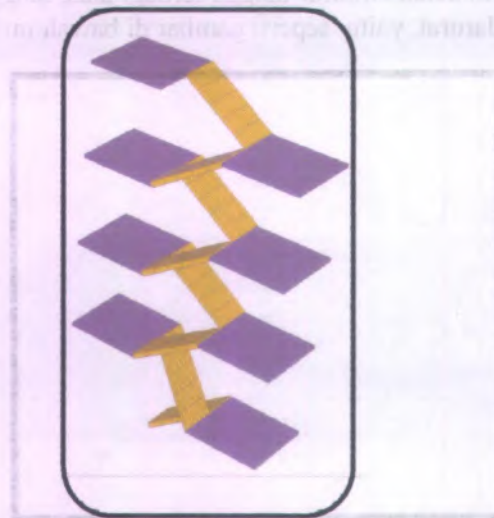
Permodelan struktur tangga terbagi atas, tangga utama dan tangga darurat, yaitu seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4.100 : Permodelan Mekanika Tangga.



Gambar 4.101 : Permodelan Struktur 3D Tangga Utama.



Gambar 4.102 : Permodelan Struktur 3D Tangga Darurat.

➤ *Tangga Utama :*

⊗ **Pelat Anak Tangga**

Momen Lentur M 2-2 (Momen Maksimum)

Tump. / Lap = Area 673 Joint 370= **-6.982.081 Nmm/m**

⊗ **Pelat Bordes**

Momen Lentur M 2-2(Momen Maksimum)

Tump. / Lap. = Area 137 Joint 139= **-4.476.105 Nmm/m**

➤ *Tangga Darurat :*

⊗ **Pelat Anak Tangga**

Momen Lentur M 2-2 (Momen Maksimum)

Tump. / Lap = Area 4724 Joint 716= **-20.530.815 Nmm/m**

⊗ **Pelat Bordes**

Momen Lentur M 2-2 (Momen Maksimum)

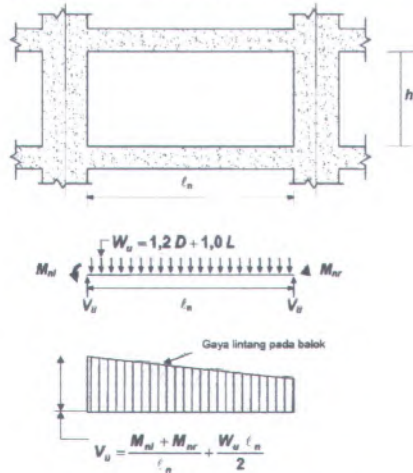
Tump. /Lap. = Area 1679 Joint 425= **-1.647.650 Nmm/m**

REVISI BALOK

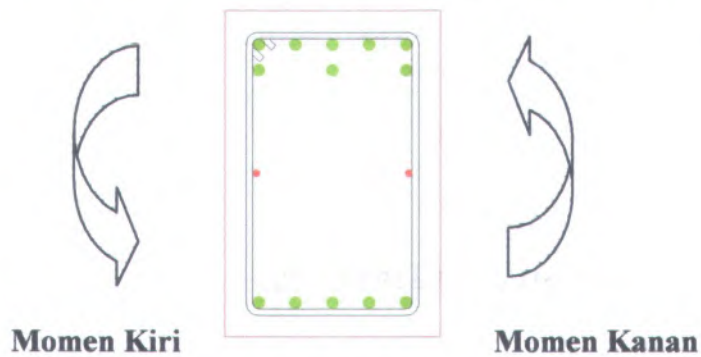
✚ **REVISI LAMPIRAN BALOK**
(TULANGAN GESER BALOK) Hal. 342 :

❖ **Momen Tulangan Terpasang Untuk Geser :**

Cek Momen Nominal Pasang



Gambar 4.122 : Gaya lintang yang bekerja pada balok SRPMM



Gambar 4.123 : Momen yang bekerja pada penampang balok

❖ **Momen Nominal Kiri****Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang**

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}\right) \\ &= 40 + 12 + \left(\frac{1}{2} \times 22\right) \\ &= 63,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}\right) \\ &= 40 + 12 + 22 + 25 + \left(\frac{1}{2} \times 22\right) \\ &= 110,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{(n \text{ lapis 1} \times \text{luas} D_{\text{lentur}} \times X_1) + (n \text{ lapis 2} \times \text{luas} D_{\text{lentur}} \times X_2)}{n D_{\text{lentur}} \times \text{luas} D_{\text{lentur}}} \\ &= \frac{(5 \times 380,13 \times 63,00) + (3 \times 380,13 \times 110,00)}{8 \times 380,13} \\ &= 80,63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 600,00 - 80,63 \\ &= 519,38 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 600,00 - 519,38 \\ &= 80,63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persamaan Kestabilan Penampang :

$$T = C$$

$$T = Cc' + Cs'$$

$$A_{\text{Spasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{\text{Spasang}} \times f_s')$$

$$A_{S_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{S'_{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600)$$

$$A_{S_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{S'_{pasang}} \times 600) - (A_{S'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right)))$$

$$A_{S_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{S'_{pasang}} \times 600) - (A_{S'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{S_{pasang}} \times f_y) - (A_{S'_{pasang}} \times 600)) + (A_{S'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

Dikalikan dengan nilai X :

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((A_{S_{pasang}} \times f_y) - (A_{S'_{pasang}} \times 600)) \times X + (A_{S'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X^2) + ((A_{S_{pasang}} \times f_y) - (A_{S'_{pasang}} \times 600))X + (A_{S'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

Mencari nilai X dengan persamaan abc :

$$x_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = -0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1$$

$$b = (A_{S_{pasang}} \times f_y) - (A_{S'_{pasang}} \times 600)$$

$$c = A_{S'_{pasang}} \times 600 \times d'$$

Maka nilai X :

$$\begin{aligned} a &= -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \\ &= -0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \\ &= -7.225,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= (A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600) \\ &= (3.041,06 \times 400) - (1.900,66 \times 600) \\ &= 1.216.424 - 1.140.396 \\ &= 76.026 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d' \\ &= 1.900,66 \times 600 \times 80,63 \\ &= 91.944.599,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(76026) + \sqrt{(76026)^2 - 4(-7225)(91944599)}}{2(-7225)} \\ &= -107,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(76026) - \sqrt{(76026)^2 - 4(-7225)(91944599)}}{2(-7225)} \\ &= 118,19 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka nilai X_{pasang} :

$$X = x_2 = 118,19 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \times X \\
 &= 0,85 \times 118,19 \\
 &= 100,46 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 100,46 \\
 &= 853.945,09 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap :

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_s'_{\text{pasang}} \times f_s' \\
 &= A_s'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600 \\
 &= 1.900,66 \times \left(1 - \frac{80,63}{118,19}\right) \times 600 \\
 &= 362.479,58 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang :

$$\begin{aligned}
 Mn_{\text{kiri}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 853945 \times \left(519 - \frac{100}{2}\right) + 362479 \times (519 - 81) \\
 &= \mathbf{559.660.224,64 \text{ N.mm}}
 \end{aligned}$$

❖ **Momen Nominal Kanan****Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang**

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} - \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}\right) \\ &= 40 + 12 + \left(\frac{1}{2} \times 22\right) \\ &= 63,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \varnothing_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + \left(\frac{1}{2} \times D_{\text{lentur}}\right) \\ &= 40 + 12 + 22 + 25 + \left(\frac{1}{2} \times 22\right) \\ &= 110,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{(n \text{ lapis 1} \times \text{luas} \text{ } D_{\text{lentur}} \times X_1) + (n \text{ lapis 2} \times \text{luas} \text{ } D_{\text{lentur}} \times X_2)}{n \text{ } D_{\text{lentur}} \times \text{luas} \text{ } D_{\text{lentur}}} \\ &= \frac{(5 \times 380,13 \times 63,00) + (3 \times 380,13 \times 110,00)}{8 \times 380,13} \\ &= 80,63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 600,00 - 80,63 \\ &= 519,38 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 600,00 - 519,38 \\ &= 80,63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persamaan Kestabilan Penampang :

$$T = C$$

$$T = Cc' + Cs'$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y = (0,85 \times f_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times f_s')$$

$$A_{s_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600)$$

$$A_{s_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s'_{pasang}} \times 600) - (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right)))$$

$$A_{s_{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + (A_{s'_{pasang}} \times 600) - (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)) + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

Dikalikan dengan nilai X :

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)) \times X + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

$$0 = -(0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1 \times X^2) + ((A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600))X + (A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d')$$

Mencari nilai X dengan persamaan abc :

$$x_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = -0,85 \times f'_c \times b \times \beta_1$$

$$b = (A_{s_{pasang}} \times f_y) - (A_{s'_{pasang}} \times 600)$$

$$c = A_{s'_{pasang}} \times 600 \times d'$$

Maka nilai X :

$$\begin{aligned} a &= -0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \\ &= -0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \\ &= -7.225,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= (A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600) \\ &= (1.900,66 \times 400) - (3041,06 \times 600) \\ &= 760.264 - 1.824.636 \\ &= -1.064.372 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times d' \\ &= 1.900,66 \times 600 \times 80,63 \\ &= 91.944.599,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(-1064372) + \sqrt{(1064372)^2 - 4(-7225)(91944599)}}{2(-7225)} \\ &= -208,39 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-(-1064372) - \sqrt{(1064372)^2 - 4(-7225)(91944599)}}{2(-7225)} \\ &= 61,07 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka nilai X_{pasang} :

$$X = x_2 = 61,07 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \times X \\ &= 0,85 \times 61,07 \\ &= 51,90 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 51,90 \\ &= 441.230 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap :

$$\begin{aligned} Cs' &= A_s'_{pasang} \times f_s' \\ &= A_s'_{pasang} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600 \\ &= 1.900,66 \times \left(1 - \frac{80,63}{61,07}\right) \times 600 \\ &= 365.255,37 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang :

$$\begin{aligned} M_{n \text{ kanan}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + Cs' \times (d - d') \\ &= 441.230 \times \left(519 - \frac{51,90}{2}\right) + 365255 \times (519 - 81) \\ &= 377.530.141,50 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

KESIMPULAN :

$$M_n \text{ Kiri} : 559.660.224,64 \text{ N.mm}$$

$$M_n \text{ Kanan} : 377.530.141,50 \text{ N.mm}$$

✂ PENULANGAN GESER

◆ DAERAH TUMPUAN

$$M_{nl} = 559.660.224,64 \text{ N.mm}$$

$$M_{nr} = 377.530.141,50 \text{ N.mm}$$

$$L_{\text{balok}} = 8.000,00 \text{ mm}$$

$$b_{\text{kolom}} = 500,00 \text{ mm}$$

$$L_{n_{\text{balok}}} = 7.500,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} b_{\text{kolom}} = 250,00 \text{ mm}$$

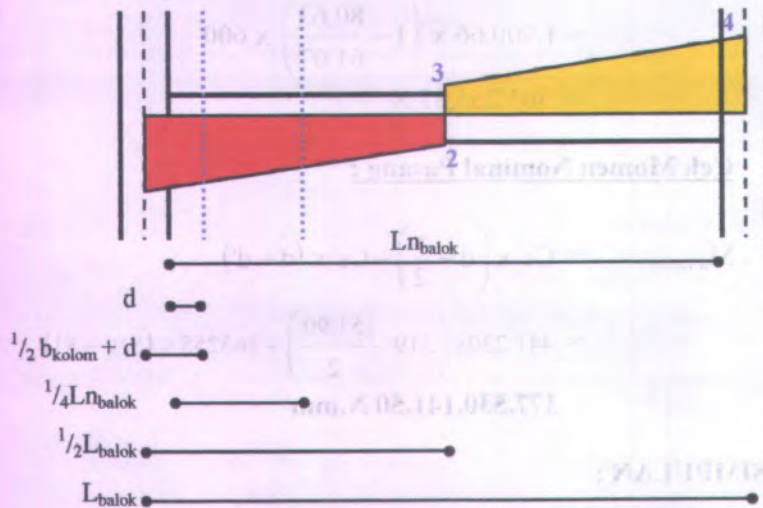
$$d = 537,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} b_{\text{kolom}} + d = 787,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} L_{\text{balok}} = 4.000,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{4} L_{\text{balok}} = 2.000,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{4} L_{n_{\text{balok}}} = 1.875,00 \text{ mm}$$



Gambar 4.124 : Diagram gaya geser terfaktor pada bentang balok.

- Dari hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000 didapatkan :

COMB 7 [1,2 DL + 1,0 LL]

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser terfaktor } Vu_1 &= -196.682 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_2 &= -87.114,15 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_3 &= 74.222,68 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_4 &= 183.381,61 \text{ N} \end{aligned}$$

- Penampang yang jaraknya antara as kolom sampai dengan d dari muka kolom direncanakan terhadap gaya geser terfaktor V_u yang nilainya sama dengan gaya geser terfaktor V_u yang dihitung pada penampang yang jaraknya d dari muka kolom.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.3).(1)]

V_u daerah tumpuan COMB 10 [1,2 DL + 1,0 LL] :

$$\begin{aligned} &= Vu_1 - \left((Vu_1 - Vu_2) \times \left(\frac{\frac{1}{2} b_{\text{kolom}} + d}{\frac{1}{2} L_{\text{balok}}} \right) \right) \\ &= 196.682 - \left((196.682 - 87.114) \times \left(\frac{787}{4.000,00} \right) \right) \\ &= 175.124,49 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka V_u :

$$= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{\lambda_n} + \frac{W_u \times \lambda_n}{2}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.3).(1)]

$$\begin{aligned} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + Vu_{\text{tump. COMB 7 [1,2DL + 1,0LL]}} \\ &= \frac{559.660.224,64 + 377.530.141,50}{7.500} + 175.124,49 \\ &= 300.083,21 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.2).(1)]

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5 \leq 8,33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.3.1).(1)]

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537$$

$$= 179.000,00 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 400 \times 537$$

$$= 71.600,00 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537$$

$$= 358.000,00 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537 \\
 &= 716.000,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi :

❖ Syarat :

Kondisi 1 $\rightarrow V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$

Kondisi 2 $\rightarrow 0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$

Kondisi 3 $\rightarrow \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{S_{\min}})$

Kondisi 4 $\rightarrow \phi (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{S_{\max}})$

Kondisi 5 $\rightarrow \phi (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{S_{\max}})$

❖ Kontrol :

Kondisi 4 \rightarrow

$$= \phi (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{S_{\max}})$$

$$= 0,75(179000 + 71600) \leq 300.083,21 \leq 0,75(179000 + 358000)$$

$$= 187.950,00 \leq 300.083,21 \leq 402.750,00$$

❖ Maka : Penulangan geser pada **kondisi 4**

Tulangan geser :

$$V_u = \phi V_n$$

\hookrightarrow [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.1]

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi}$$

$$= \frac{300.083,21 - (0,75 \times 179.000)}{0,75}$$

$$= 221.111$$

Luasan tulangan geser :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \rightarrow f_y = f_s$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.6).(1)]

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_s \times d} \\ &= \frac{221.111}{240 \times 537} \\ &= 1,72 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\emptyset - 12 = 113,10 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang 2 kaki :

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 113,10 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser + luasan tambahan puntir transversal

$$\begin{aligned} \frac{A_{tot}}{s} &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \\ &= 1,72 + 2 \times 0,371 \\ &= 2,5 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$\begin{aligned} S_{max} &= \frac{A_v}{\frac{A_{tot}}{s}} \\ &= \frac{226,19}{2,5} \\ &= 90,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Spasi tulangan puntir transversal :

$$S_{\text{puntir}} \leq \frac{Ph}{8} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.6).(1)]

$$S_{\text{puntir}} \leq \frac{1.816}{8} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

$$\leq 227 \text{ mm atau } 300 \text{ mm}$$

Cek Spasi Tulangan Geser :

❖ S_{rencana} : 80 mm

❖ Syarat :

- $S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{max}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq d/4$ pada daerah tumpuan
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \varnothing_{\text{geser}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

❖ Kontrol :

- 80 mm \leq 103 mm
- 80 mm \leq 130 mm
- 80 mm \leq 176 mm
- 80 mm \leq 288 mm
- 80 mm \leq 300 mm

❖ Maka :

- S_{pakai} tulangan geser sejarak **80 mm**
- Sengkang pertama dipasang \leq 50 mm dari muka kolom.

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

◆ DAERAH LAPANGAN

$$M_{nl} = 559.660.224,64 \text{ N.mm}$$

$$M_{nr} = 377.530.141,50 \text{ N.mm}$$

$$L_{\text{balok}} = 8.000,00 \text{ mm}$$

$$b_{\text{kolom}} = 500,00 \text{ mm}$$

$$L_{n\text{balok}} = 7.500,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} b_{\text{kolom}} = 250,00 \text{ mm}$$

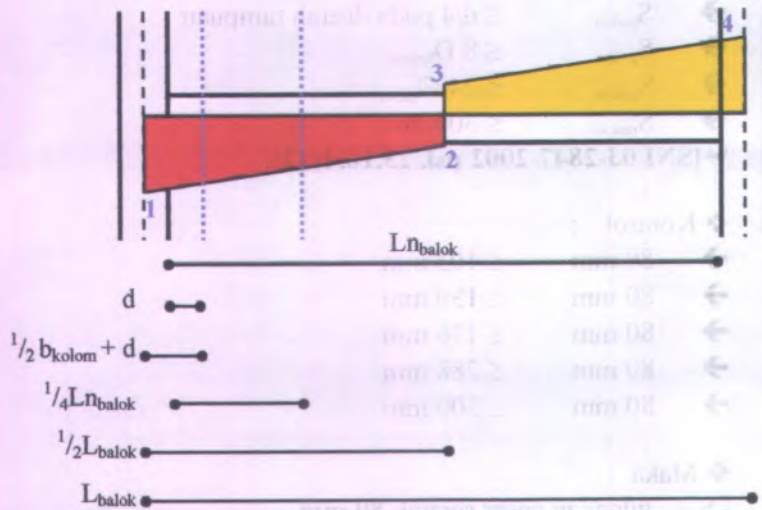
$$d = 537,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} b_{\text{kolom}} + d = 787,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} L_{\text{balok}} = 4.000,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{4} L_{\text{balok}} = 2.000,00 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{4} L_{n\text{balok}} = 1.875,00 \text{ mm}$$



Gambar 4.125 : Diagram gaya geser terfaktor pada bentang balok.

- Dari hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000 didapatkan :

COMB 7 [1,2 DL + 1,0 LL]

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser terfaktor } Vu_1 &= -196.682 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_2 &= -87.114,15 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_3 &= 74.222,68 \text{ N} \\ \text{Gaya geser terfaktor } Vu_4 &= 183.381,61 \text{ N} \end{aligned}$$

- Penampang yang jaraknya antara seperempat bentang bersih balok sampai dengan setengah bentang bersih balok direncanakan terhadap gaya geser terfaktor Vu yang nilainya sama dengan gaya geser terfaktor Vu yang dihitung pada penampang yang jaraknya seperempat bentang bersih balok.

Vu daerah lapangan COMB 10 [1,2 DL + 1,0 LL] :

$$\begin{aligned} &= Vu_1 - \left((Vu_1 - Vu_2) \times \left(\frac{\frac{1}{4} L_{n \text{ balok}}}{\frac{1}{2} L_{\text{balok}}} \right) \right) \\ &= 196.682 - \left((196.682 - 87.114) \times \left(\frac{1.875,00}{4.000,00} \right) \right) \\ &= 145.404,17 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka Vu :

$$\begin{aligned} &= \frac{Mnl + Mnr}{\lambda n} + \frac{Wu \times \lambda n}{2} \\ &\hookrightarrow [\text{SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.3}].(1) \\ &= \frac{Mnl + Mnr}{Ln} + Vu \text{ tump. COMB 7 [1,2DL + 1,0LL]} \\ &= \frac{559.660.224,64 + 377.530.141,50}{7.500} + 145.404,17 \\ &= 270.362,89 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.2).(1)]

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5 \leq 8,33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.3.1).(1)]

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537$$

$$= 179.000,00 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 400 \times 537$$

$$= 71.600,00 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537$$

$$= 358.000,00 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{25} \times 400 \times 537 \\
 &= 716.000,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Kondisi :

❖ Syarat :

Kondisi 1 → $V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$

Kondisi 2 → $0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$

Kondisi 3 → $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$

Kondisi 4 → $\phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$

Kondisi 5 → $\phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{s_{\max}})$

❖ Kontrol :

Kondisi 4 →

$$= \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

$$= 0,75(179000 + 71600) \leq 294.646,89 \leq 0,75(179000 + 358000)$$

$$= 187.950,00 \leq 270.362,89 \leq 402.750,00$$

❖ Maka : Penulangan geser pada kondisi 4

Tulangan geser :

$$V_u = \phi V_n$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.1)]

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi}$$

$$= \frac{270.362,89 - (0,75 \times 179.000)}{0,75}$$

$$= 181.483,85 \text{ N}$$

Luasan tulangan geser :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \rightarrow f_y = f_s$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.6).(1)]

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_s \times d} \\ &= \frac{181.483,85}{240 \times 537} \\ &= 1,40 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\emptyset - 12 = 113,10 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang 2 kaki :

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 113,10 \\ &= 226,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser + luasan tambahan puntir transversal

$$\begin{aligned} \frac{A_{tot}}{s} &= \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \\ &= 1,40 + 2 \times 0,371 \\ &= 2,2 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$\begin{aligned} S_{max} &= \frac{A_v}{\frac{A_{tot}}{s}} \\ &= \frac{226,19}{2,2} \\ &= 102,80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Spasi tulangan puntir transversal :

$$S_{\text{puntir}} \leq \frac{Ph}{8} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.6).(1)]

$$S_{\text{puntir}} \leq \frac{1.816}{8} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

$$\leq 227 \text{ mm atau } 300 \text{ mm}$$

Cek Spasi Tulangan Geser :

❖ $S_{\text{rencana}} : 100 \text{ mm}$

❖ Syarat :

- $S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{max}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq d/2$ pada daerah lapangan
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \varnothing_{\text{geser}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(2)]

❖ Kontrol :

- 100 mm ≤ 125 mm
- 100 mm ≤ 262 mm
- 100 mm ≤ 176 mm
- 100 mm ≤ 288 mm
- 100 mm ≤ 300 mm

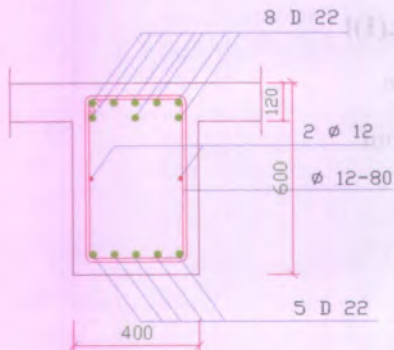
❖ Maka :

- S_{pakai} tulangan geser sejarak 100 mm

✳ Hasil Akhir Gambar Perencanaan :

TUMPUAN 1

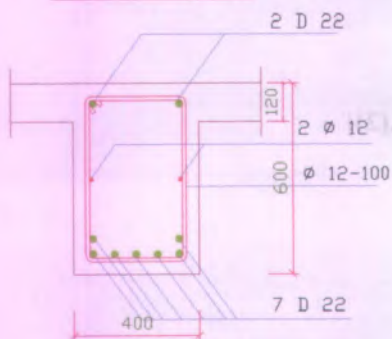
Gambar 4.126 : Detail penulangan balok



TUMPUAN KANAN :

- T.Tarik 8D22 ; Ø12-80mm
- T.Tekan 5 D 22 ; Ø12-80 mm

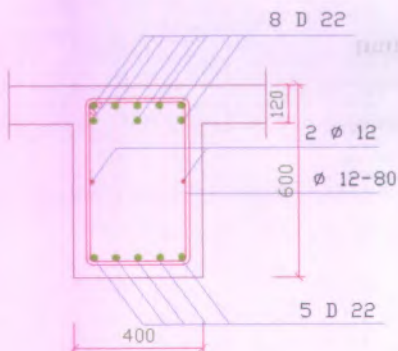
LAPANGAN



LAPANGAN :

- T.Tarik 7D22 ; Ø12-100mm
- T.Tekan 2 D 22 ; Ø12-100 mm

TUMPUAN 2



TUMPUAN KANAN :

- T.Tarik 8D22 ; Ø12-80mm
- T.Tekan 5D22 ; Ø12-80 mm

⌘ PENYALURAN TULANGAN

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.

◆ Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.2.

❖ Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm
 ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.1)]

λ_d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik
 d_b = diameter tulangan
 α = faktor lokasi penulangan = 1
 ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.4)]
 β = faktor pelapis = 1,5
 ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.4)]
 λ = faktor digunakannya agregat ringan = 1
 ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.4)]

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

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.2)]

$$\begin{aligned} \lambda_d &= \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times d_b}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 22}{5 \times \sqrt{25}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= 1.584 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{A_{S \text{ perlu}}}{A_{S \text{ pasang}}} \times \lambda_d$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.5]

$$= \frac{2.660,92}{3.041,06} \times 1.584$$

$$= 1385 \text{ mm}$$

$$\approx 1400 \text{ mm}$$

- ❖ Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 1400 mm
- ❖ Tetapi dalam pemasangan di lapangan apabila kondisi panjang penyaluran > 40db maka dipakai 40 db. Tetapi apabila < 40db maka panjang penyaluran sesuai hitungan. (Dalam perhitungan proyek akhir kali ini menggunakan 40 db = 880 mm)

❖ Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.3.

- ❖ Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.1]

$$\lambda_{db} = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times d_b \times f_y$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.2]

$$= \frac{22 \times 400}{4 \times \sqrt{25}} \geq 0,04 \times 22 \times 400$$

$$= 440 \text{ mm} \geq 352 \text{ mm}$$

$$\lambda_{db \text{ reduksi}} = F \text{ modifikasi} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm}$$

$$= \frac{A_{S' \text{ perlu}}}{A_{S' \text{ pasang}}} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm}$$

↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.3).(2)]

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1.598,29}{1.900,66} \times 440 \geq 200 \text{ mm} \\
 &= 370 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \\
 &\approx 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan 400 mm

◆ **Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik**
 Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.5.

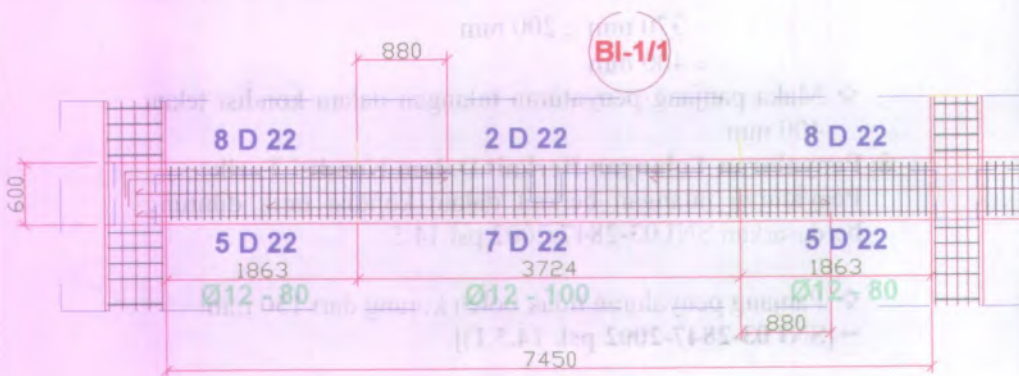
❖ Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm
 ↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.1)]

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hb} &= \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \times d_b \\
 &\text{↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.2)]} \\
 &= \frac{100 \times 22}{\sqrt{25}} \geq 8 \times 22 \text{ mm} \\
 &= 440 \text{ mm} \geq 176 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

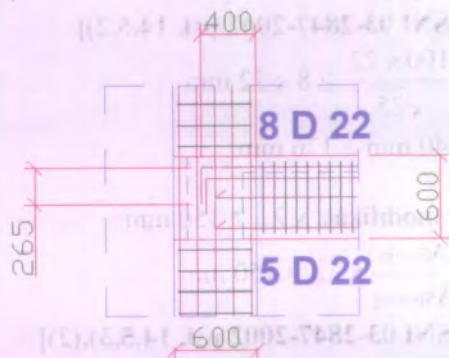
$$\begin{aligned}
 \lambda_{hb \text{ reduksi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{hb} \geq 150 \text{ mm} \\
 &= \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{pasang}}} \times \lambda_{hb} \geq 150 \text{ mm} \\
 &\text{↳ [SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.3).(2)]} \\
 &= \frac{2.918,60}{3.041,06} \times 440 \geq 150 \text{ mm} \\
 &= 422 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm} \\
 &\approx 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

❖ Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm

✘ Hasil akhir gambar perencanaan :



PANJANG PENYALURAN TARIK DAN TEKAN BALOK



PANJANG PENYALURAN TULANGAN TARIK BERKAIT

Gambar 4.127 : Detail panjang penyaluran

REVISI PONDASI

**✚ REVISI LAMPIRAN PONDASI
(PERHITUNGAN CONUS RATA-RATA) Hal.427 :**

1. Perhitungan Daya Dukung Ijin (P_{ijin})

Daya dukung ijin pondasi dalam dihitung berdasarkan nilai conus dari hasil sondir dengan menggunakan *Metode Meyerhoff* dan faktor keamanan, $SF_1 = 3$ dan $SF_2 = 5$. Dari data sondir dengan kedalaman 9m didapatkan nilai conus dimana nilai conus yang diambil merupakan rata-rata dari nilai conus yang berada pada 4D di atas dan 4D di bawah tiang pancang. Data conus yang berada pada 4D di atas dan 4D di bawah tiang pancang adalah sebagai berikut :

No.	Kedalaman (cm)	Konus (kg/cm ²)
1.	760	75
2.	780	70
3.	800	87
4.	820	85
5.	840	80
6.	860	83
7.	880	80
8.	900	115
9.	920	145
10.	940	140
11.	960	135
12.	980	130
13.	1000	135
14.	1020	165
15.	1040	170
	JUMLAH	1695

- 4D ke atas = 7,6 m,
- 4D ke bawah = 10,4 m,

Maka, konus rata - rata adalah :

$$\frac{\text{jumlah konus}}{\text{jumlah banyaknya konus}} = 113 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Data konus terdapat pada lampiran})$$

Sedangkan, nilai JHP = 450 kg/cm (Data Lampiran)

2. Kekuatan tanah dan kekuatan bahan

$$\begin{aligned} \bar{P}_t &= \frac{A_p \times C_n}{SF_1} + \frac{kell_p \times JHP}{SF_2} \\ &= \frac{1225 \times 113}{3} + \frac{140 \times 450}{5} \\ &= 58741,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sedangkan kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik **PT. Wijaya Karya Beton** untuk dimensi 35 cm x 35cm (tipe A), diperoleh :

$$\bar{P}_b = 163980 \text{ kg}$$

Dari hasil analisis kekuatan bahan dan kekuatan tanah diambil $P_{ijin} = 58741,67 \text{ kg}$ (nilainya lebih kecil).

3. P akibat pengaruh beban tetap

4. P akibat pengaruh beban tetap

Akibat beban tetap (1,0DL + 1,0LL)

$$P (Rz) = 212538,15 \text{ kg}$$

$$M_x = 4898,74 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 1284,75 \text{ kg.m}$$

$$R_x = 332,59 \text{ kg}$$

$$R_y = 1966,81 \text{ kg}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer

$$[3,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3] = 8448 \text{ kg}$$

2. Beban aksial kolom

$$\text{(out put Sap)} = 212538,15 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 220986,15 \text{ kg}$$

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} = \frac{220986,15}{58741,67} = 3,76 \text{ buah (dirncanakan 6 buah)}$$

$$\begin{aligned} Mx\text{-tot} &= Mx + (R_x \times t \text{ poer}) \\ &= 4898,74 + (332,59 \times 0,5) \\ &= 5065,04 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} My\text{-tot} &= My + (R_y \times t \text{ poer}) \\ &= 1284,75 + (1966,81 \times 0,5) \\ &= 2268,15 \text{ kgm} \end{aligned}$$

❖ **Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan axial**

Jarak X

		X^2
X1	1	1
X2	0	0
X3	1	1
X4	1	1
X5	0	0
X6	1	1
	ΣX	4

Jarak Y

		Y ²
Y1	0,5	0,25
Y2	0	0
Y3	0,5	0,25
Y4	0,5	0,25
Y5	0	0
Y6	0,5	0,25
	ΣY	1

Gaya yang dipikul masing - masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{220986,15}{6} + \frac{2268,15 \times 1}{4} - \frac{5065,04 \times 0,5}{1}$$

$$= 34865,55 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{220986,15}{6} + \frac{2268,15 \times 0}{4} - \frac{5065,04 \times 0}{1}$$

$$= 36831,03 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{220986,15}{6} + \frac{2268,15 \times 1}{4} + \frac{5065,04 \times 0,5}{1}$$

$$= 39930,58 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{220986,15}{6} - \frac{2268,15 \times 1}{4} - \frac{5065,04 \times 0,5}{1}$$

$$= 33731,47 \text{ kg}$$

$$P_5 = \frac{220986,15}{6} - \frac{2268,15 \times 0}{4} + \frac{5065,04 \times 0}{1}$$

$$= 36831,03 \text{ kg}$$

$$P_6 = \frac{220986,15}{6} - \frac{2268,15 \times 1}{4} + \frac{5065,04 \times 0,5}{1}$$

$$= 38796,50 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = P_3 = 39930,58 \text{ kg}$$

$$P_{\min} = P_4 = 33731,47 \text{ kg}$$

❖ Kontrol P

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

$$39930,58 \text{ kg} < 58741,67 \text{ kg} \dots(\text{ok})$$

5. P akibat pengaruh beban sementara arah X

Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0Qx)

$$P (Rz) = 247408,94 \text{ kg}$$

$$Mx = 6634,19 \text{ kg.m}$$

$$My = -19994,04 \text{ kg.m}$$

$$Rx = -8817,103 \text{ kg}$$

$$Ry = 1936,04 \text{ kg}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer
 $[3,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3] = 8448 \text{ kg}$
2. Beban aksial kolom
 (out put Sap) =247408,94kg

 ΣP =255856,94kg

$$n = \frac{\sum P}{P_{\text{ijin}}} = \frac{255856,94}{58741,67} = 4,35 \text{ buah (direncanakan 6 buah)}$$

$$\begin{aligned} Mx\text{-tot} &= Mx + (R_x \times t \text{ poer}) \\ &= 6634,19 + (-8817,103 \times 0,5) \\ &= 2225,64 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} My\text{-tot} &= My + (R_y \times t \text{ poer}) \\ &= -19994,04 + (1936,04 \times 0,5) \\ &= -19026,02 \text{ kgm} \end{aligned}$$

❖ **Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen axial**

Jarak X

		X ²
X1	1	1
X2	0	0
X3	1	1
X4	1	1
X5	0	0
X6	1	1
	ΣX	4

Jarak Y

		Y ²
Y1	0,5	0,25
Y2	0	0
Y3	0,5	0,25
Y4	0,5	0,25
Y5	0	0
Y6	0,5	0,25
	ΣY	1

Gaya yang dipikul masing - masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{255856,94}{6} + \frac{-19026,02 \times 1}{4} - \frac{2225,64 \times 0,5}{1}$$

$$= 36773,5 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{255856,94}{6} + \frac{-19026,02 \times 0}{4} - \frac{2225,64 \times 0}{1}$$

$$= 42642,82 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{255856,94}{6} + \frac{-19026,02 \times 1}{4} + \frac{2225,64 \times 0,5}{1}$$

$$= 38999,14 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{255856,94}{6} - \frac{-19026,02 \times 1}{4} - \frac{2225,64 \times 0,5}{1}$$

$$= 46286,51 \text{ kg}$$

$$P_5 = \frac{255856,94}{6} - \frac{-19026,02 \times 0}{4} + \frac{2225,64 \times 0}{1}$$

$$= 42642,82 \text{ kg}$$

$$P_6 = \frac{255856,94}{6} - \frac{-19026,02 \times 1}{4} + \frac{2225,64 \times 0,5}{1}$$

$$= 48512,15 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = P_6 = 48512,15 \text{ kg}$$

$$P_{\min} = P_4 = 36773,5 \text{ kg}$$

❖ Kontrol P

$$P_{\max} < 1,5 \times P_{\text{ijin}}$$

$$48512,15 \text{ kg} < 88112,5 \text{ kg} \dots (\text{ok})$$

6. P akibat pengaruh beban sementara arah Y

Akibat beban sementara (1,0DL + 1,0LL + 1,0Qy)

$$P (Rz) = 277605,5 \text{ kg}$$

$$M_x = 34477,24 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 2064,19 \text{ kg.m}$$

$$R_x = 668,69 \text{ kg}$$

$$R_y = -10519,6 \text{ kg}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer
 $[3,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3] = 8488 \text{ kg}$
2. Beban aksial kolom
 (out put Sap) $= 277605,5 \text{ kg}$
 $\Sigma P = 286053 \text{ kg}$

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} = \frac{286053}{58741,67} = 4,87 \text{ buah (direncanakan 6 buah)}$$

$$\begin{aligned} Mx\text{-tot} &= Mx + (R_x \times t \text{ poer}) \\ &= 34477,24 + (668,69 \times 0,5) \\ &= 34811,59 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} My\text{-tot} &= My + (R_y \times t \text{ poer}) \\ &= 2064,19 + (-10519,6 \times 0,5) \\ &= -3195,63 \text{ kgm} \end{aligned}$$

❖ **Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan axial**

Jarak X

		X^2
X1	1	1
X2	0	0
X3	1	1
X4	1	1
X5	0	0
X6	1	1
	ΣX	4

Jarak Y

		Y ²
Y1	0,5	0,25
Y2	0	0
Y3	0,5	0,25
Y4	0,5	0,25
Y5	0	0
Y6	0,5	0,25
	ΣY	1

Gaya yang dipikul masing - masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{284517,5}{6} + \frac{-3195,63 \times 1}{4} - \frac{34811,59 \times 0,5}{1}$$

$$= 29470,88 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{284517,5}{6} + \frac{-3195,63 \times 0}{4} - \frac{34811,59 \times 0}{1}$$

$$= 47675,58 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{284517,5}{6} + \frac{-3195,63 \times 1}{4} + \frac{34811,59 \times 0,5}{1}$$

$$= 64282,46 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{284517,5}{6} - \frac{-3195,63 \times 1}{4} - \frac{34811,59 \times 0,5}{1}$$

$$= 31068,69 \text{ kg}$$

$$P_5 = \frac{284517,5}{6} - \frac{-3195,63 \times 0}{4} + \frac{34811,59 \times 0}{1}$$

$$= 47675,58 \text{ kg}$$

$$P_6 = \frac{284517,5}{6} - \frac{-3195,63 \times 1}{4} + \frac{34811,59 \times 0,5}{1}$$

$$= 65880,28 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = P_6 = 65880,28 \text{ kg}$$

$$P_{\min} = P_1 = 29470,88 \text{ kg}$$

❖ **Kontrol P**

$$P_{\max} < 1,5 \times P_{ijin}$$

$$65880,28 \text{ kg} < 88112,5 \text{ kg} \dots (\text{ok})$$

7. Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi Dengan Metoda AASHTO

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

Dimana :

m = banyaknya kolom

n = banyaknya baris

D = panjang sisi tiang pancang

S = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/s

$$= \text{arc tg } 40/120 = 18,43$$

$$(\eta) = 1 - 19,29 \times \frac{(2-1)3 + (3-1)2}{90 \times 3 \times 2} = 0,75$$

$$P_{\text{group tiang}} = \eta \times 1,5 P_{ijin} \geq P_{\max}$$

$$= 0,75 \times 1,5 \times 58741,67 \text{ kg}$$

$$= 66998,16 \text{ kg} > 69256,43 \text{ kg}$$

→ Tidak terjadi cabutan

BIODATA PENULIS



Jimmy Kharisma dilahirkan di Madiun, 7 Juni 1988, merupakan anak keempat dari 6 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bustanul Athfal 3 Madiun, SDN Mojorejo I Madiun, SLTP Negeri 4 Madiun, SMA Negeri 1 Madiun. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Madiun tahun 2006, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma III ITS dan diterima di jurusan Diploma

III Teknik Sipil Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan ITS pada tahun 2006 dan terdaftar dengan NRP 3106 030 040. Pada Program Studi Diploma III Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Serta pernah menjadi salah satu anggota dan pengurus Organisasi Mahasiswa di Kampus DIII Teknik Sipil ITS yaitu Jama'ah Mushola Al-A'zhar (JMMA) dan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM).

BIODATA PENULIS



Sulton Wahyu Yordana dilahirkan di Nganjuk, 15 November 1987, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bayangkara Palu, SDN 1 Taturah Palu, SLTP Negeri 9 Palu, SMA Negeri 1 Sukomoro Nganjuk. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sukomoro Nganjuk tahun 2006, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil pada tahun 2006 dan terdaftar dengan NRP 3106 030 041. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Serta pernah menjadi salah satu anggota dan pengurus Organisasi Mahasiswa di Kampus DIII Teknik Sipil ITS yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM).

Dari Lubuk Hati Terdalam,
"JIMMY" mengucapkan Terima Kasih kepada,

- ✓ Allah Azza Wa Jalla atas semua limpahan karunia dan Rahmatnya Nya, Cahaya Kemudahan, Ketabahan Hati, Jalan yang Lurus, serta Ilman Nafi'a.....
(Segala Puji Hanya Bagi Mu) !!!!!
- ✓ Kagem BAPAK kaliyan IBUK teng griyo, terima kasih atas setetes air mata harapan kalian.....yang sangat berarti....!!!
- ✓ Kel.Ronggo, Kel.Tatas, MbK Ana, Dx Fitri, Dx AniesThanx, atas doa n motivasinya.....Sukses Selalu, Semuanya!
- ✓ My soulmate - the Best Partner, SULTON....Maafkan kekhilafanku selama nie yaa....!! (ingat SUL-MY !!!)
- ✓ Untuk Dosen Pembimbingku, PAK HUSIN..." Nasehatmu Selalu Membuat Hatiku Tergetar"....dan untuk semua The Master of Concrete (Pendekar Beton) in D3TEKSI!!!
- ✓ Untuk Geng ACC TA.(Agung, Gita, Yudha, Ndom)...!!!
- ✓ For All Friends Eks. Kelas X n BG'06 , Matusuwun Sanget !!
- ✓ Syukron Katsiroh, buat smua temen2 ngajiku.....!!!
- ✓ Abu Yusuf As Salafy, kapan antum menurunkan ilmu kepada kami lagi.....(Cepetan Lulus, ya Akhi !!!)
- ✓ Matusuwun buat Serdadu Anak2 Kost Menur I No.32... (Mari Tetap Jaga Almamater Menur I - Jaya Selamanya.!!!)
- ✓ Buat Hadi Suwito alias Mbah Wito alias Akhi Wito alias Ebes alias...(Tunggu Apa Lagi, jangan membuat DIA menunggu terlalu lama !!!!!)
- ✓ Buat Nano n Aguk....Cepetan marikno TA ne sampeyanz iki, jo kakean nang omah ae,mundak lemu !!!!
- ✓ Buat 3 SAHABAT MASA KECILKU di Kota MALANG
- ✓ (Agoeng,Difa,Raymond) teganya kalian meninggalkanku sendirian di kota yang Puuanas ini, HIX5!!! ___ T_ T
- ✓ Untuk Kota Kenanganku (MADHIOEN), Kota Pecel, Kota Gadis,.... Kau kan selalu mempunyai ruang tersendiri di HATI.....!!!..... ^ _ ^
- ✓ Untukmu....." SESEORANG TERISTIMEWA".....!!!

Sulton Thank's to.....

- Yang Maha Kuasa, Allah SWT dan Nabi Besar Muhammad SAW...
- Kedua Orang Tua dan Adik ku atas doa dan dukungan slama ini...
- Poro sesepoh di nganjuk yang juga selalu mendukung ku baik secara rohani maupun jasmani
- Mbah,pak de,bu de,lek2 ku, mas2 ku,adek2 ku,pokoke untuk seluruh warga nganjuk satu kata tuk kalian semua **i love you full**
- **Pak husain yang telah membimbing kami....
Maaf pak kalau dalam perjalananya kami pernah mengecewakan.....**
- Partner Ta ku, **Jimmy Karisma**, akhirmy slese jg TA kta he3x...suwon jhe wes gelem sabar ngadepin aku
- Para bolo kurowo kos menur Gg II dan Semolo Waru, yg slalu dukung aq setiap saat minjemi aku laptop,ayo rek dang kerjo.....membahagiakan wong tuek
- Poro dulur sedoyo **sanda.dadit.syam/sud.aweh
marteweh.heleh.komting (fx indra).nono.
majid.adi.geka.teguh.erik**,dan seng paling tak hormati **bung roma**.....suwon yo wes ngewangi aku wes sabar ngadepin aku.....karo wes sukses ngeden2i aku waktu arep sidang.....
- Suwon ge mas2e n mbak2e Angkatan 2005-2004 yang telah memberikan masukan2 yang jitu buat kami..... mbak Zunan,mas faruq,pak d (2004)
- Seluruh **Angkatan 2006** di D3TEKSI...sepurane aku hanya manusia biasa yang banyak kesalahan kro awak2 kbeh.....