



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG *MESS* ATLET - *OFFICE B* JAKARTA DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

Ahmad Fatihuddin Afif

NRP. 3112 030 001

Fauzan Kurnianto

NRP. 3112 030 028

Dosen Pembimbing:

Ir. Sukobar, MT.

NIP. 19571201 198601 1 002

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



TUGAS AKHIR TERAPAN – RC 145501

**PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG *MESS* ATLET – *OFFICE B*
JAKARTA DENGAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH**

Ahmad Fatihuddin Afif

NRP. 3112 030 001

Fauzan Kurnianto

NRP. 3112 030 028

Dosen Pembimbing:

Ir. Sukobar, MT.

NIP. 19571201 198601 1 002

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER
SURABAYA**

2015



FINAL PROJECT APPLIED - RC 145501

**STRUCTURE DESIGN OF *MESS* ATLET - *OFFICE*
BUILDING, JAKARTA
WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING
FRAME SYSTEM (IMRF)**

Ahmad Fatihuddin Afif

NRP. 3112 030 001

Fauzan Kurnianto

NRP. 3112 030 028

Counsellor Lecture:

Ir. Sukobar, MT.

NIP. 19571201 198601 1 002

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



FINAL PROJECT APPLIED – RC 145501

**STRUCTURE DESIGN OF *MESS* ATLET –
OFFICE BUILDING, JAKARTA
WITH INTERMEDIATE MOMENT
RESISTING FRAME SYSTEM (IMRF)**

Ahmad Fatihuddin Afif

NRP. 3112 030 001

Fauzan Kurnianto

NRP. 3112 030 028

Counsellor Lecture:

Ir. Sukobar, MT.

NIP. 19571201 198601 1 002

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

**PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG
MESS ATLET – OFFICE B JAKARTA DENGAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya Teknik pada Program Studi Diploma III Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MAHASISWA 1

MAHASISWA 2

Ahmad Fatihuddin Afif

NRP. 3112. 030. 001

Fauzan Kurnianto

NRP. 3112. 030. 028

Disetujui oleh

Pembimbing Tugas Akhir

13 JUL 2015

Ir. Sukobar, MT.

NIP. 19571201 198601 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SURABAYA, JUNI 2015

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG MESS ATLET – OFFICE B JAKARTA DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

Nama Mahasiswa : Ahmad Fatihuddin Afif
NRP : 3112.030.001
Nama Mahasiswa : Fauzan Kurnianto
NRP : 3112.030.028
Jurusan : Diploma III Teknik Sipil FTSP - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Sukobar, MT
NIP : 19571201 198601 1 002

ABSTRAK

Penyusunan tugas akhir ini akan membahas mengenai Perencanaan Struktur Bangunan Gedung *Mess* Atlet – *Office* B Jakarta Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Pada mulanya bangunan ini menggunakan struktur beton pada lantai 1-4 dan struktur baja pada lantai 5 (*roof floor*), namun untuk memudahkan perencanaan ulang maka bangunan diubah menjadi struktur beton keseluruhan dengan menggunakan atap rangka baja dengan cara menghilangkan lantai 5.

Perhitungan beban berdasarkan PPIUG 1983, sedangkan pembebanan gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010. Beban gempa yang bekerja pada bangunan ini menggunakan statik ekuivalen dan dengan menggunakan SRPMM, dimana nilai $R = 5$. Untuk perhitungan lainnya menggunakan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Dari hasil perhitungan, telah diperoleh hasil dimensi untuk struktur atap yang terdiri dari profil gording C 100.50.5.7,5; penggantung gording Ø8 mm; ikatan angin Ø12 mm; profil kuda-kuda WF 250.250.11.11; kolom pendek baja WF 250.250.11.11; pelat landas 400 mm x 400 mm x 20 mm; untuk struktur atas

yang terdiri dari tebal pelat lantai 120 mm; tebal pelat tangga dan pelat bordes 150 mm; dimensi balok bordes 300 mm x 400 mm; dimensi balok induk 400 mm x 600 mm; dimensi kolom 500 mm x 500 mm; untuk struktur bawah yang terdiri dari dimensi sloof 400 mm x 600 mm; dimensi poer 1,8 m x 1 m x 0,4 m dengan diameter tiang pancang 30 cm dan kedalaman 20 m.

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

**STRUCTURE DESIGN OF MESS ATLET – OFFICE
BUILDING, JAKARTA
WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING
FRAME SYSTEM (IMRF)**

Student 1 : Ahmad Fatihuddin Afif
NRP : 3112.030.001
Student 2 : Fauzan Kurnianto
NRP : 3112.030.028
Program : Diploma III Civil Engineering FTSP -
ITS
Counsellor Lecturer : Ir. Sukobar, MT
NIP : 19571201 198601 1 002

ABSTRACT

This final project will discuss about Structure Building Planing of Mess Atlet – Office B, Jakarta with Intermediate Moment Resisting Frame System (IMRF). At first, this building used concrete structure on floor 1 – 4 (one to four) and steel structure on the 5th floor (roof floor), but to facilitate the re-planning of the building so it is converted into concrete structure for all stories with steel frame for roof floor by removing the 5th floor.

The load calculation is due to Encumbering Regulation for Building 1983 (PPIUG 1983), while the earthquake loading based on Planning Procedures for Earthquake Resistance of Building (SNI 03-1726-2012) and Indonesian Hazard Earthquake Mapping 2010. The earthquake loading that works in this building use equivalent static and Intermediate Moment Resisting Frame System (IMRF), where the value of $R = 5$. For other calculation use applicable rules in Indonesia

From the calculation, the obtained results for the dimensions of roof structure consists of purlin profile C 100.50.5.7,5; purlin hanger $\varnothing 8$ mm; wind brace $\varnothing 12$ mm; profile

WF 250.250.11.11; short steel column WF 250.250.11.11; base plate 400 mm x 400 mm x 20 mm; for the upper structure consists of floor slab thickness of 120 mm; thick slab stairs and the platform 150 mm; landing beam dimensions of 300 mm x 400 mm; beam dimensions of 400 mm x 600 mm; column dimensions of 500 mm x 500 mm; and for the bottom structure consists of tie beam dimensions of 400 mm x 600 mm; pile cap dimensions of 1,8 m x 1m x 0,4 m with diameter piles of 30 cm and depth of 20 m.

Keywords: *Intermediate Moment Resisting Frame System (IMRF), Hazard Mapping, Equivalent static*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji syukur kehadirat Tuhan YME atas segala rahmat dan karunia-Nya. Kami sebagai penulis telah menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul **“Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Mess Atlet – Office B Jakarta Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”**

Tersusunnya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan serta motivasi yang diberikan oleh berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih kami sampaikan terutama kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kelancaran dalam menyusun Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua dan saudara-saudara kami yang tercinta, sebagai penyemangat dan banyak memberi dukungan moral maupun material serta doanya.
3. Bapak Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc, Ph.D, selaku Ketua Program Studi Diploma III FTSP ITS.
4. Bapak Ir. Sukobar, MT., selaku dosen pembimbing yang telah mendidik dan banyak memotivasi dalam penyusunan proyek akhir ini.
5. Segenap dosen dan karyawan pada Program Studi Diploma III FTSP ITS.
6. Teman-teman semua yang telah membantu dan memberikan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kesalahan dan kekurangan, untuk itu segala bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Dan akhirnya kami berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca. Amin

Surabaya, Juni 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR NOTASI	xxiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Maksud	3
1.5. Tujuan	3
1.6. Manfaat	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Data Bangunan	5
2.2. Sistem Rangka Pemikul Momen	6
2.2.1. Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)	6

2.3.	Teori Pembebanan	8
2.3.1.	Beban Mati	8
2.3.2.	Beban Hidup	8
2.3.3.	Beban Angin	9
2.3.4.	Beban Gempa	9
2.4.	Kombinasi Pembebanan	9
BAB III	.....	11
METODOLOGI	.....	11
3.1.	Uraian Umum	11
3.2.	Pengumpulan Data	11
3.3.	Sistem Penahan Gempa	11
3.3.1.	Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)	12
3.3.2.	Perbedaan SRPMB dan SRPMM	13
3.4	<i>Preliminary Design</i>	16
3.4.1.	Permodelan Struktur	16
3.4.2.	Menentukan Dimensi Struktur Atap	18
3.4.3.	Menentukan Dimensi Struktur Atas	18
3.4.4.	Menentukan Dimensi Struktur Bawah	26
3.5.	Analisa Pembebanan	28
3.5.1.	Beban Mati	28
3.5.2.	Beban Hidup	28
3.5.3.	Beban Angin	28

3.5.4.	Beban Gempa (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 1726:2012).....	29
3.6.	Analisis Gaya Dalam Struktur.....	38
3.7.	Perhitungan Tulangan dan Perencanaan Struktur Atap.....	43
3.7.1	Struktur Atap.....	43
3.7.2	Struktur Atas.....	47
3.7.3	Struktur Bawah.....	57
BAB IV	.....	63
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	63
4.1.	PERENCANAAN DIMENSI STRUKTUR	63
4.1.1.	Perencanaan Dimensi Balok.....	63
4.1.2.	Perencanaan Dimensi Kolom	72
4.1.3.	Perencanaan Dimensi Sloof.....	76
4.1.4.	Perencanaan Dimensi Pelat Lantai.....	80
4.1.5.	Perencanaan Dimensi Pelat Tangga.....	88
4.2.	PEMBEBANAN STRUKTUR	94
4.2.1.	Pembebanan Pelat Lantai	94
4.2.2.	Pembebanan Tangga	96
4.2.3.	Pembebanan Dinding	98
4.3.	PERHITUNGAN BEBAN GEMPA	99
4.3.1.	Permodelan Struktur	99
4.3.2.	Pembebanan.....	100
4.3.3.	Perhitungan Beban Gempa	100

4.4.	PERHITUNGAN STRUKTUR ATAP.....	112
4.4.1.	Perhitungan Gording.....	114
4.4.2.	Perhitungan Penggantung Gording	122
4.4.3.	Perhitungan Kuda-kuda.....	125
4.4.4.	Perhitungan Kolom Pendek Kuda-kuda	132
4.4.5.	Perhitungan Ikatan Angin.....	137
4.4.6.	Perhitungan Sambungan Kuda-kuda.....	143
4.4.7.	Perhitungan Pelat Landas	172
4.5.	PERHITUNGAN STRUKTUR TANGGA	177
4.6.	PERMODELAN STRUKTUR BANGUNAN.....	223
4.7.	PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS.....	225
4.7.1.	Perhitungan Pelat Lantai	225
4.7.2.	Perhitungan Balok.....	242
4.7.3.	Perhitungan Kolom	284
4.8.	PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH	317
4.8.1.	Perhitungan Sloof	317
4.8.2.	Perhitungan Pondasi dan Poer	333
BAB V	.....	363
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	363
5.1.	KESIMPULAN	363
5.2.	SARAN.....	365
DAFTAR PUSTAKA	.....	366

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Faktor R, Ω_0 , dan C_d untuk sistem penahan gaya gempa	15
Tabel 3. 2 Tebal minimum balok pra-tegang atau pelat satu arah	20
Tabel 3. 3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior	21
Tabel 3. 4 Pelindung beton untuk tulangan	24
Tabel 3. 5 Pelindung beton untuk tulangan	28
Tabel 3. 6 Klasifikasi situs	31
Tabel 3. 7 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Suatu Bangunan.....	33
Tabel 3. 8 Faktor Keutamaan Gempa	34
Tabel 3. 9 Koefisien situs, F_a	35
Tabel 3. 10 Koefisien situs, F_v	35
Tabel 3. 11 Kategori Risiko.....	37
Tabel 3. 12 Faktor Keutamaan Gempa.....	37
Tabel 3. 13 Faktor R, C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	38
Tabel 3. 14 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir	54
Tabel 4. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	103
Tabel 4. 2 Koefisien Situs, F_a	104
Tabel 4. 3 Koefisien Situs, F_v	104
Tabel 4. 4 Faktor Keutamaan Gempa	105
Tabel 4. 5 Faktor R, C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	106
Tabel 4. 6 Berat Bangunan per Lantai	110

Tabel 4. 7 Berat Bangunan x Tinggi antar tingkat.....	111
Tabel 4. 8 Tabel Pelat pada Bangunan.....	228

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gaya Lintang rencana untuk SRPMM	7
Gambar 3. 1 Gaya Lintang rencana untuk SRPMM	13
Gambar 3. 2 Permodelan Struktur 3D bangunan dan tangga	18
Gambar 3. 3 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47).....	42
Gambar 3. 4 Gaya lintang rencana pada kolom untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47).....	43
Gambar 3. 5 Perencanaan penggantung gording.	44
Gambar 4. 1 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Balok	67
Gambar 4. 2 Dimensi Penampang B1	69
Gambar 4. 3 Dimensi Penampang B2	70
Gambar 4. 4 Dimensi Penampang B3	72
Gambar 4. 5 Dimensi Penampang B4	73
Gambar 4. 6 Dimensi Penampang Balok Bordes.....	74
Gambar 4. 7 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Kolom.....	75
Gambar 4. 8 Dimensi Penampang Kolom 1	77
Gambar 4. 9 Dimensi Penampang Kolom 2	78
Gambar 4. 10 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Sloof	79
Gambar 4. 11 Dimensi Penampang Sloof 1	81
Gambar 4. 12 Dimensi Penampang Sloof 2	82
Gambar 4. 13 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Pelat Lantai	84
Gambar 4. 14 Denah Perencanaan Pelat Lantai (A1).....	85
Gambar 4. 15 Sketsa Balok-T.....	86

Gambar 4. 16 Sketsa Balok-T.....	88
Gambar 4. 17 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Pelat Tangga.....	92
Gambar 4. 18 Denah Pelat Tangga yang Ditinjau	93
Gambar 4. 19 Perencanaan Pelat Tangga	94
Gambar 4. 20 Perencanaan Tebal Pelat Tangga & Bordes.....	95
Gambar 4. 21 Denah Pembebanan Pelat Lantai	97
Gambar 4. 22 Denah Pembebanan Pelat Anak Tangga.....	99
Gambar 4. 23 Denah Pembebanan Pelat Bordes	100
Gambar 4. 24 Permodelan Struktur 3D.....	102
Gambar 4. 25 Data Tanah yang Ditinjau.....	104
Gambar 4. 26 Diagram Alir Perencanaan Struktur Atap.....	116
Gambar 4. 27 Penampang Gording.....	117
Gambar 4. 28 Proyeksi Gaya pada Gording	118
Gambar 4. 29 Model Mekanika	121
Gambar 4. 30 Letak Penggantung Gording.....	125
Gambar 4. 31 Hasil Output SAP (Momen akibat 1,4D)	137
Gambar 4. 32 Hasil Output SAP (Nu, M1 dan M2).....	139
Gambar 4. 33 Hasil Output SAP (M_{ntu} dan M_{ltu})	140
Gambar 4. 34 Denah Ikatan Angin	141
Gambar 4. 35 Bidang Kerja Ikatan Angin.....	142
Gambar 4. 36 Beban yang Bekerja pada Ikatan Angin.....	143
Gambar 4. 37 Reaksi yang bekerja pada ikatan angin	143
Gambar 4. 38 Gaya yang Terjadi pada Sambungan.....	146
Gambar 4. 39 Penguraian Gaya pada Sambungan.....	147

Gambar 4. 40 Detail Pemasangan Baut.....	149
Gambar 4. 41 Detail Daerah yang di Las	150
Gambar 4. 42 Arah robekan pada kondisi fraktur 1.....	152
Gambar 4. 43 Arah robekan pada kondisi fraktur 2.....	153
Gambar 4. 44 Gaya yang Terjadi pada Sambungan.....	154
Gambar 4. 45 Penguraian Gaya pada Sambungan.....	154
Gambar 4. 46 Detail Pemasangan Baut.....	157
Gambar 4. 47 Detail Daerah yang di Las	158
Gambar 4. 48 Arah robekan pada kondisi fraktur 1.....	159
Gambar 4. 49 Arah robekan pada kondisi fraktur 2.....	160
Gambar 4. 50 Gaya yang Terjadi pada Sambungan.....	162
Gambar 4. 51 Penguraian Gaya pada Sambungan.....	162
Gambar 4. 52 Detail Pemasangan Baut.....	164
Gambar 4. 53 Detail Daerah yang di Las	165
Gambar 4. 54 Arah robekan pada kondisi fraktur 1.....	167
Gambar 4. 55 Arah robekan pada kondisi fraktur 2.....	168
Gambar 4. 56 Gaya yang Terjadi pada Sambungan.....	169
Gambar 4. 57 Detail Pemasangan Baut.....	171
Gambar 4. 58 Detail Daerah yang di Las	172
Gambar 4. 59 Arah robekan pada kondisi fraktur 1.....	173
Gambar 4. 60 Arah robekan pada kondisi fraktur 2.....	174
Gambar 4. 61 Penampang Base Plate	175
Gambar 4. 62 Permodelan Mekanika Tangga	180
Gambar 4. 63 Permodelan Struktur 3D Tangga	181

Gambar 4. 64 Rencana Penulangan pada Pelat Anak Tangga..	182
Gambar 4. 65 Gambar Penulangan Pelat Bordes dan Anak Tangga	191
Gambar 4. 66 Permodelan Balok Bordes yang Ditinjau	191
Gambar 4. 67 Rencana Penulangan pada Balok Bordes	193
Gambar 4. 68 Luasan Acp dan Keliling Pcp	194
Gambar 4. 69 Luasan Aoh dan Keliling Ph.....	195
Gambar 4. 70 Sketsa Pemasangan Tulangan Lentur pada Balok	212
Gambar 4. 71 Diagram Gaya Geser pada Balok.....	214
Gambar 4. 72 Gambar Penulangan pada Balok Bordes	225
Gambar 4. 73 Permodelan 2D portal melintang	226
Gambar 4. 74 Permodelan 2D portal memanjang.....	227
Gambar 4. 75 Permodelan 2D portal melintang atap.....	227
Gambar 4. 76 Diagram Alir Perencanaan Pelat Lantai	229
Gambar 4. 77 Diagram σ_m untuk pelat elastis/jepit penuh	231
Gambar 4. 78 Daerah Penulangan Pelat yang Ditinjau	232
Gambar 4. 79 Potongan Pelat Lantai	233
Gambar 4. 80 Sketsa Rencana Penulangan Pelat Lantai	241
Gambar 4. 81 Diagram Alir Perencanaan Balok	245
Gambar 4. 82 Tinggi efektif penampang balok dan Permodelan Struktur 3D Bangunan	248
Gambar 4. 83 Luasan Acp dan keliling Pcp	249
Gambar 4. 84 Luasan Aoh dan Keliling Ph.....	250
Gambar 4. 85 Penulangan Puntir pada Balok.....	253

Gambar 4. 86 Sketsa Penulangan Lentur pada Balok	269
Gambar 4. 87 Diagram Gaya Geser pada Balok.....	271
Gambar 4. 88 Penulangan pada Balok	282
Gambar 4. 89 Panjang kait pada Balok	283
Gambar 4. 90 Diagram Alir Perencanaan Kolom	289
Gambar 4. 91 Posisi Kolom pada As 10-D	290
Gambar 4. 92 Hasil output SAP (aksial)	291
Gambar 4. 93 Hasil output SAP (momen gempa)	291
Gambar 4. 94 Hasil output SAP (momen grafitasi).....	292
Gambar 4. 95 Grafik Alligment.....	294
Gambar 4. 96 Hasil output SAP (aksial).....	300
Gambar 4. 97 Hasil output SAP (momen gempa)	300
Gambar 4. 98 Hasil output SAP (momen grafitasi).....	301
Gambar 4. 99 Grafik Alligment.....	303
Gambar 4. 100 Penampang Kolom 50x50	309
Gambar 4. 101 Diagram Alir Perencanaan Sloof	317
Gambar 4. 102 Pembebanan pada sloof.....	319
Gambar 4. 103 Permodelan 2D balok sloof	319
Gambar 4. 104 Hasil Output SAP (M_u).....	320
Gambar 4. 105 Diagram Interaksi untuk Sloof.....	321
Gambar 4. 106 Jarak spasi tulangan sejajar dari penampang sloof	322
Gambar 4. 107 Diagram Geser pada Balok.....	323
Gambar 4. 108 Gambar Penulangan Sloof (Tumpuan).....	331
Gambar 4. 109 Gambar Penulangan Sloof (Lapangan)	331

Gambar 4. 110 Gambar Penulangan Sloof (senggang)	332
Gambar 4. 111 Diagram Alir Perencanaan Pondasi dan Poer ..	335
Gambar 4. 112 Penampang Poer akibat Beban Tetap	347
Gambar 4. 113 Penampang Poer akibat Beban Sementara	349
Gambar 4. 114 Penampang Poer akibat Beban Sementara	352
Gambar 4. 115 Mekanika Penulangan Poer arah X	355
Gambar 4. 116 Mekanika Penulangan Poer arah Y	358
Gambar 4. 117 Panjang Penyaluran	362

DAFTAR NOTASI

Ag	= Luas bruto penampang beton, mm ²
Ap	= Luas permukaan ujung tiang, mm ²
As	= Luas tulangan tarik longitudinal non-prategang, mm ²
Asc	= Luas tulangan tarik utama dalam korbel atau brakit (<i>bracket</i>), mm ²
Asel	= Luas selimut tiang, mm ²
Ast	= luas total tulangan longitudinal non-prategang, mm ²
As'	= luas tulangan tekan, mm ²
At	= luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan torsi dalam spasi <i>s</i> , mm ²
Av _{min}	= luas minimum tulangan geser dalam spasi <i>s</i> , mm ²
b	= lebar muka tekan komponen struktur, mm
bo	= keliling penampang kritis untuk geser pada <i>slab</i> dan fondasi tapak (<i>footings</i>), mm
bw	= lebar badan (<i>web</i>) suatu komponen struktur, mm
Cm	= faktor yang menghubungkan diagram momen aktual ke diagram momen seragam ekuivalen
Cs	= koefisien respons gempa
d	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal, mm
db	= diameter nominal batang tulangan, mm
di	= tebal suatu lapisan tanah di dalam lapisan 30m paling atas
d'	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tekan longitudinal, mm
d''	= <i>cover</i> atau selimut beton, mm
Ec	= modulus elastisitas beton, Mpa
EI	= kekakuan lentur komponen struktur tekan, Nmm ²
Fa	= koefisien situs untuk periode pendek (0,2 detik)
fc'	= kekuatan tekan beton yang disyaratkan, Mpa
fs'	= tegangan dalam tulangan tekan yang terkena beban terfaktor, Mpa

F_v	= koefisien situs untuk periode panjang (1 detik)
F_i, F_x	= bagian dari gaya geser, V , pada tingkat i atau x
f_y	= kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, Mpa
f_{yt}	= kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan, Mpa
h	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm
h_i, h_x	= tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x
h_n	= tinggi bersih dari suatu kolom, mm
H_p	= tebal <i>slab</i> atau pelat, mm
h_x	= spasi horisontal kait silang atau kaki sengkang tertutup (<i>hoop</i>) pusat ke pusat maksimum pada semua muka kolom, mm
I	= momen inersia penampang terhadap sumbu pusat, mm ⁴
I_e	= faktor keutamaan gempa
I_g	= momen inersia penampang beton bruto terhadap sumbu pusat yang mengabaikan tulangan, mm ⁴
I_{se}	= momen inersia tulangan terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur, mm ⁴
k	= faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
l	= panjang bentang suatu komponen struktur dari as ke as, mm
l_c	= panjang kolom dari as ke as, mm
l_n	= Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok, mm
l_0	= panjang, yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur, dimana tulangan transversal khusus harus disediakan, mm
l_u	= panjang tak tertumpu komponen struktur tekan, mm
L_x	= panjang bentang <i>slab</i> terpendek, mm
L_y	= panjang bentang <i>slab</i> terpanjang, mm
M_n	= kekuatan lentur nominal pada penampang, Nmm
M_{nb}	= kekuatan lentur nominal pada ujung bawah suatu kolom, Nmm
M_{nc}	= kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke

- dalam *joint*, yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur yang terendah, Nmm
- Mnl = kekuatan lentur nominal pada ujung kiri suatu balok, Nmm
- Mnr = kekuatan lentur nominal pada ujung kanan suatu balok, Nmm
- Mnt = kekuatan lentur nominal pada ujung atas suatu kolom, Nmm
- Mu = momen terfaktor pada penampang, Nmm
- Mx = momen terfaktor arah sumbu x pada penampang, Nmm
- My = momen terfaktor arah sumbu y pada penampang, Nmm
- M1 = momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen struktur tekan, Nmm
- M_{1ns} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm
- M_{1s} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm
- M2 = momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen struktur tekan, Nmm
- M2ns = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, Nmm
- M2s = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde

	pertama, Nmm
N	= nilai SPT pada ujung tiang
N_{av}	= rata-rata nilai SPT sepanjang tiang
n_i	= tahanan penetrasi standar pada ketebalan d_i dalam lapisan 30m paling atas
N_u	= gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang yang terjadi serentak dengan V_u atau T_u , diambil positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N
\bar{N}	= tahanan penetrasi standar rata-rata dalam lapisan 30m paling atas
P_c	= beban tekuk kritis, N
P_h	= keliling garis pusat tulangan torsi transversal tertutup terluar, mm
P_u	= gaya aksial terfaktor, diambil positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N
Q	= indeks stabilitas untuk suatu tingkat
q	= beban aksial terfaktor, diambil positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N
Q_p	= daya dukung ujung tiang
Q_s	= daya dukung selimut tiang
Q_u	= beban ultimate (ton)
R	= koefisien modifikasi respons
r	= radius girasi penampang komponen struktur tekan, mm
S	= spasi pusat ke pusat suatu tulangan, baik tulangan longitudinal maupun transversal, mm
S_{DS}	= parameter percepatan respons spektral pada periode pendek (0,2detik)
S_{D1}	= parameter percepatan respons spektral pada periode panjang (1detik)
SF	= <i>safety factor</i>
S_{MS}	= parameter percepatan respons spectral MCE pada periode pendek (0,2detik) yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
S_{M1}	= parameter percepatan respons spectral MCE pada periode panjang (1detik) yang sudah disesuaikan

- terhadap pengaruh kelas situs
- S_0 = spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang l_0
- T_n = kekuatan momen torsi nominal, Nmm
- $T_0 = 0,2x \frac{SD_1}{SDS}$
- $T_s = \frac{SD_1}{SDS}$
- T_u = momen torsi terfaktor pada penampang, Nmm
- V = geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau
- V_c = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton, N
- V_n = kekuatan geser nominal, N
- V_{smin} = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser minimum, N
- V_u = gaya geser terfaktor pada penampang, N
- V_{ul} = gaya geser terfaktor pada ujung kiri penampang, N
- V_{ur} = gaya geser terfaktor pada ujung kanan penampang, N
- V_{us} = geser horisontal terfaktor pada suatu tingkat, N
- W = berat struktur total suatu bangunan, kg
- W_i, W_x = berat struktur pada tingkat i atau x suatu bangunan, kg
- x = jarak dari pusat komponen ke sumbu y
- y = jarak dari pusat komponen ke sumbu x
- α_f = rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.
- α_m = nilai rata – rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel
- B = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat
- β_{dns} = rasio yang digunakan untuk memperhitungkan reduksi kekakuan kolom akibat beban aksial tetap
- δ = faktor pembesaran momen
- Δ_0 = defleksi lateral relatif antara bagian atas dan bawah suatu tingkat akibat dari gaya lateral yang dihitung

	menggunakan analisis rangka elastis orde pertama
λ	= faktor modifikasi
ρ	= rasio As terhadap b.d
ρb	= rasio As terhadap b.d yang menghasilkan kondisi regangan seimbang
\emptyset	= faktor reduksi kekuatan
η	= efisiensi tiang pancang
Σx	= total masing-masing jarak dari pusat komponen ke sumbu y
Σy	= total masing-masing jarak dari pusat komponen ke sumbu x

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan semakin banyaknya minat pemuda-pemudi Indonesia terhadap bidang olah raga saat ini, pemerintah atau pihak yang mewadahi harus bekerja keras, baik dalam menyediakan fasilitas yang memadai maupun tempat yang layak untuk menampung atlet-atlet berbakat dari seluruh Indonesia. Namun hal ini tidak didukung dengan lahan yang cukup untuk menampung atlet-atlet tersebut, sehingga timbul beberapa pemikiran. Salah satunya adalah membangun *Mess* Atlet, bangunan ini dibangun bertingkat dan tidak membutuhkan lahan yang terlalu luas. Sehingga dapat menampung jumlah atlet dalam jumlah yang cukup banyak.

Maka dalam penyusunan tugas akhir ini akan membahas mengenai “Perencanaan Struktur Bangunan Gedung *Mess* Atlet – *Office* B Jakarta Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”. Struktur yang akan dibahas yaitu bangunan gedung memiliki konstruksi beton dan atap yang digunakan adalah struktur rangka baja. Pada mulanya bangunan ini menggunakan struktur beton pada lantai 1-4 dan struktur baja pada lantai 5 (*roof floor*), namun untuk memudahkan perencanaan ulang maka bangunan diubah menjadi struktur beton keseluruhan dengan menggunakan atap rangka baja dengan cara menghilangkan lantai 5. Data tanah yang digunakan adalah data tanah daerah Surabaya, hal ini dikarenakan perencanaan struktur bangunan ini seolah-olah akan dibangun di kota Surabaya. Pada perencanaan struktur bangunan ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), hal ini ditinjau dari data yang telah didapatkan, antara lain:

1. **Fungsi bangunan.** Dari fungsi bangunan didapatkan Kategori Resiko, setelah itu didapat Faktor Keutamaan Gempa (I_e),
2. **Data Tanah.** Dari data tanah didapat Kelas Situs. Kemudian direncanakan untuk gempa 500 t ahun sehingga didapat nilai S_s dan S_1 dari Peta *Hazard*, kemudian menghitung S_{DS} dan S_{D1} untuk mendapatkan kategori resiko,
3. **Cek tabel faktor untuk penahan gaya gempa.** Dari tabel faktor didapat batasan sistem struktur untuk SRPMM.

1.2. Perumusan Masalah

Dalam perencanaan ini, mengemukakan permasalahan bagaimana merencanakan perhitungan struktur bangunan Gedung *Mess* Atlet – *Office* B dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan gedung untuk *Mess* (Asrama).
2. Jumlah lantai 4 tingkat + atap baja (yang direncanakan).
3. Perencanaan dan perhitungan meliputi struktur bawah dan struktur atas
 - Struktur bawah: pondasi tiang pancang dan sloof.
 - Struktur atas: kolom, balok, pelat, tangga, dan atap.
4. Bangunan menggunakan struktur beton bertulang. Analisa struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.
5. Beban gempa dihitung dengan menggunakan analisa beban gempa statik ekuivalen (*SNI 03-1726-2012 dan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010*)
6. Perencanaan ini tidak meninjau hingga ke analisa biaya dan manajemen serta pelaksanaan dilapangan.

7. Penggambaran hanya meliputi gambar struktur.

Dengan adanya batasan masalah ini, diharapkan apa yang disajikan tidak menyimpang jauh dari permasalahan yang ada dan untuk menghindari kesalahan dalam interpretasi.

1.4. Maksud

Maksud dari penyusunan tugas akhir ini untuk mengaplikasikan teori-teori yang sudah didapat pada materi kuliah dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.

1.5. Tujuan

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk menghasilkan perhitungan Gedung *Mess Atlet – Office B* sesuai dengan metode SRPMM, untuk kemudian dituangkan dalam bentuk gambar.

1.6. Manfaat

Manfaat dari penyusunan tugas akhir antara lain :

1. Menambah wawasan ilmu dibidang teknik sipil dalam merencanakan bangunan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
2. Untuk menerapkan ilmu yang didapat selama kuliah dalam bentuk laporan tugas akhir.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Berikut merupakan kutipan dari peraturan – peraturan yang tercantum dalam SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung), Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002), SNI 1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung), Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010, PBBI 1971 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia) dan PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung) yang menjadi dasar perhitungan pada laporan tugas akhir ini.

2.1. Data Bangunan

Dalam tugas akhir ini, gedung yang direncanakan adalah:

1. Nama gedung : *Mess Atlet - Office B*
2. Lokasi proyek : Jakarta
3. Pemilik proyek : PT. Panca Manunggal Anugrah.
4. Struktur bangunan bawah : Pondasi Pile Cap dengan Tiang pancang.
5. Struktur bangunan atas : Lantai 1-4 menggunakan beton bertulang.
6. Struktur atap : Rangka baja.

2.2. Sistem Rangka Pemikul Momen

Untuk perencanaan bangunan tahan gempa seperti dijelaskan dalam SNI Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan gedung, sistem rangka pemikul momen dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu:

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB),
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM),
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Pada perencanaan bangunan Gedung *Mess* Atlet – *Office* B ini yang digunakan adalah metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Semua rangka struktur bangunan memikul beban gravitasi dan beban lateral yang diakibatkan oleh beban gempa.

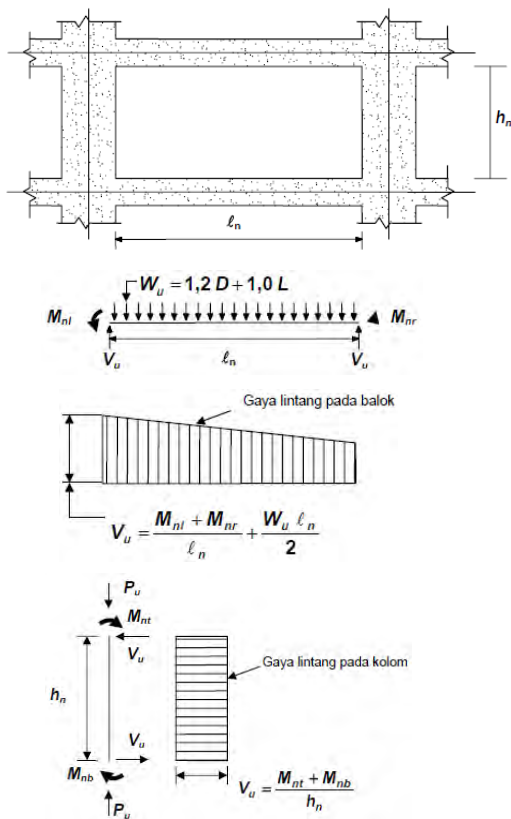
2.2.1. Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah menurut **SNI 03-2847-2002**:

- 1) Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 23.10(4), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $(A_g f_c' / 10)$. Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi $(A_g f_c' / 10)$, maka pasal 23.10(5) harus dipenuhi. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka detail penulangannya harus memenuhi pasal 23.10(6).
- 2) Kuat geser rencana balok, kolom dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada:
 - a. Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang

bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor, atau

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



Gambar 2. 1 Gaya Lintang rencana untuk SRPMM

2.3. Teori Pembebanan

Suatu struktur gedung mempunyai beban – beban yang dipikul oleh bangunan tersebut, baik beban tetap maupun tidak tetap. Dalam penentuan beban yang terjadi pada bangunan, menurut ketentuan dibedakan sebagai berikut:

2.3.1. Beban Mati

Beban Mati adalah berat dari semua bagian bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan untuk bangunan tersebut.

- a.) Beban mati pada atap terdiri dari:
 1. Berat sendiri atap.
 2. Berat sendiri gording.
 3. Berat sendiri kuda-kuda.
 4. Beban angin
- b.) Beban mati pada pelat lantai terdiri dari:
 1. Berat sendiri pelat.
 2. Beban spesi dan keramik.
 3. Beban plafond dan rangka.
 4. Beban instalasi listrik dan AC.
- c.) Beban mati pada balok terdiri dari:
 1. Berat sendiri balok.
 2. Beban mati pelat lantai.
 3. Berat dinding setengah bata.

(PPIUG 1983 Pasal 1.0.1)

2.3.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian suatu gedung atau penggunaan suatu gedung dan kedalamannya yang termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah.

Beban hidup struktur bangunan terdiri dari:

1. Beban hidup atap.
2. Beban hidup lantai.

(PPIUG 1983 pasal 1.0.2)

2.3.3. Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 ., ditentuka dengan mengalikan tekanan tiup yang ditentukan dalm pasal 4.2. dengan koefisien – koefisien angin yang ditentukan dalam pasal 4.3.

(PPIUG 1983 pasal 4.4.1)

2.3.4. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik. Maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa tersebut.

(PPIUG 1983 pasal 1.0.4)

2.4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan didasarkan pada *SNI 03-2847-2002 pasal 11.2* antara lain:

1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
3. $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R)$
4. $U = 0,9 D \pm 1,6 W$
5. $U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$, atau
6. $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Uraian Umum

Secara umum metodologi yang digunakan dalam pembahasan proposal tugas akhir adalah sebagai berikut:

3.2. Pengumpulan Data

1. Buku – buku peraturan.
Sebagai acuan untuk perencanaan bangunan yang ditinjau.
2. Data – data tanah. (terlampir)
Didapat dari laboratorium uji tanah kampus Diploma Teknik Sipil ITS Manyar Surabaya. Data tanah berupa data SPT yang nantinya akan digunakan untuk merencanakan struktur pondasi dan tiang pancang.
3. Data – data bangunan.
Data bangunan berupa gambar – gambar struktur dan arsitek, dimana data bangunan tersebut akan digunakan untuk menentukan dimensi dan komponen struktur gedung tersebut.

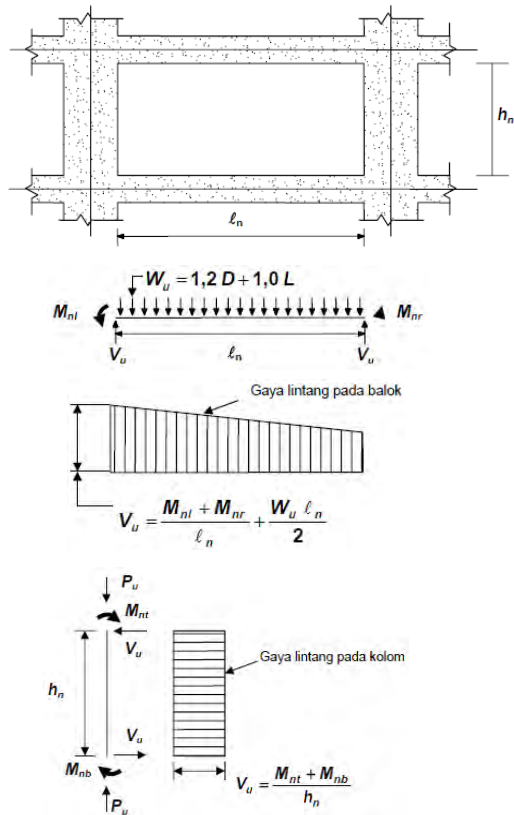
3.3. Sistem Penahan Gempa

1. **Fungsi bangunan.** Dari fungsi bangunan didapatkan Kategori Resiko, setelah itu didapat Faktor Keutamaan Gempa (I_e)
2. **Data Tanah.** Dari data tanah didapat Kelas Situs. Kemudian direncanakan untuk gempa 500 t ahun sehingga didapat nilai S_s dan S_1 dari Peta *Hazard*, kemudian menghitung S_{DS} untuk mendapatkan kategori resiko
3. **Cek tabel faktor untuk penahan gaya gempa.** Dari tabel faktor didapat batasan sistem struktur untuk SRPMM.

3.3.1. Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah menurut SNI 03-2847-2002:

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



Gambar 3. 1 Gaya Lintang rencana untuk SRPMM

3.3.2. Perbedaan SRPMB dan SRPMM

Pada perencanaan bangunan ini menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), yang memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa (SRPMB) juga memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen menengah. Perbedaan dari metode SRPMB dan SRPMM antara lain:

➤ **Gempa**

Dapat dilihat pada SNI 03-1726-2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung), perbedaan antara SRPMB dan SRPMM terdapat pada faktor modifikasi respons (R), faktor pembesaran defleksi (C_d) yang meliputi simpangan antar lantai (Δ), pengaruh P-delta, parameter respons ragam.

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
C. Sistem rangka pemikul momen								
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

Tabel 3. 1 Faktor R , Ω_0 , dan C_d untuk sistem penahan gaya gempa

➤ **Tulangan Geser**

Untuk perencanaan tulangan geser, SRPMB memiliki persyaratan, yaitu:

- a. Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa, E , dimana nilai E diambil

sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahanan gempa.

$$V_u = \frac{M_{nkiri} + M_{nkanan}}{L_n} + \frac{W_u}{2}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13. 1. 1)

b. $\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13. 1. 1)

c. Kuat geser beton yang dibebani oleh gaya geser dan lentur $\phi V_u \geq V_n$

$$V_n = V_c + V_s$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13. 1. 1)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times \frac{1}{3} \times b_w \times d \text{ (untuk balok)}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13. 3. 1. 1)

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

(SNI 03-2847-2002 Pasal 13.3.1.2)

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b_w \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \phi \sqrt{f_c'} \times \frac{1}{3} \times b_w \times d$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13. 5. 4. (3))

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13. 5. 6. (2))

$$A_v \min = \frac{b \times w}{3f_y}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13. 5. 5. (3))

d. Cek kondisi

1. $V_u < 0,5 \times \phi \times V_c$ (tidak perlu tulangan geser)

2. $0,5 \times V_c \leq V_u < \phi \times V_c$ (perlu tulangan geser minimum)

$$(V_{s_{\text{perlu}}} = V_{s_{\min}})$$

3. $\phi \times V_c < V_u \leq (\phi \times V_c + \phi \times V_{s_{\min}})$
(perlu tulangan geser minimum)

- $$(V_{S_{\min}} = V_{S_{\min}})$$
4. $(\phi \times V_c + \phi V_{S_{\min}}) < V_u < (\phi \times V_c + \phi V_{S_{\max}})$
(perlu tulangan geser minimum)
 $(\phi V_{S_{\text{perlu}}} = V_u - \phi V_c)$
 5. $(\phi V_c + \phi V_{S_{\max}}) < V_u \leq (\phi V_c + 2\phi V_{S_{\max}})$
 $(\phi V_{S_{\text{perlu}}} = V_u - \phi V_c)$

3.4 Preliminary Design

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

1. Permodelan Struktur.
2. Menentukan dimensi struktur atap: Gording, Kuda-Kuda, Kolom.
3. Menentukan dimensi struktur atas: Pelat, Balok, Kolom, Tangga.
4. Menentukan dimensi struktur bawah: Sloof, Pondasi.

3.4.1. Permodelan Struktur

Perhitungan struktur bangunan ini menggunakan analisis sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan menggunakan program bantu komputer yaitu SAP . Dimana komponen-komponen struktur dari gedung, ada yang dimodelkan seperti balok, kolom, sloof, pelat lantai, tangga, atap, dan pondasi.

- 1) Lingkup Perencanaan

Kriteria perencanaan ini mencakup dasar perencanaan struktur bangunan gedung yang difungsikan sebagai Mess/Asrama.

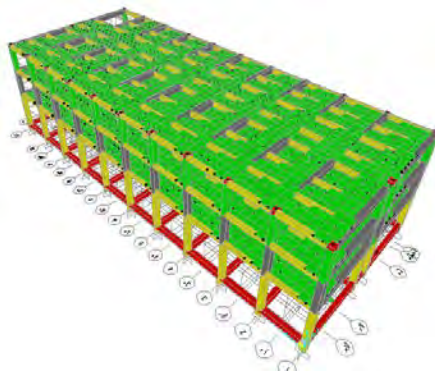
Permodelan struktur gedung memakai program SAP dengan model tiga dimensi (3D).

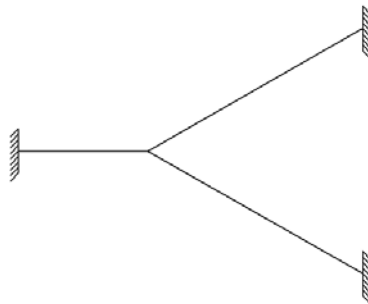
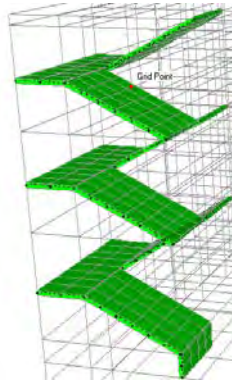
Komponen-Komponen Struktur yang dipakai :

- a) Sloof
 - b) Pelat Lantai
 - c) Pelat Tangga
 - d) Balok
 - e) Kolom
- 2) Deskripsi model bangunan.

Pada perencanaan ini gedung memiliki 4 lantai dengan atap menggunakan struktur baja. Guna mendapatkan gaya untuk melakukan perhitungan pada struktur pondasi maka pada dasar permodelan menggunakan perletakkan jepit.

Pembebanan pada pelat lantai dan pelat tangga berbeda, sesuai dengan fungsinya. Pada pemodelan tangga ini menggunakan model *shell-thick* pada pelat. Pada ujung anak tangga yang bertumpu pada balok sloof dan balok anak diasumsikan sebagai jepit, sedangkan pada pelat bordes diasumsikan sendi karena bertumpu pada balok dan balok tersebut diapit oleh kolom-kolom praktis.





Gambar 3. 2 Permodelan Struktur 3D bangunan dan tangga

3.4.2. Menentukan Dimensi Struktur Atap

Untuk atap, struktur yang digunakan adalah struktur baja. Maka untuk penentuan dimensi baik itu Gording, Kuda-Kuda, dan Kolom, dapat melihat di tabel profil baja.

3.4.3. Menentukan Dimensi Struktur Atas

a) Menentukan dimensi pelat.

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

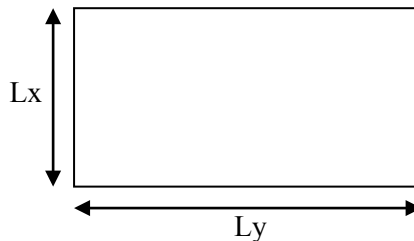
1. Menentukan posisi pelat yang akan ditinjau.

2. Mengetahui data-data perencanaan.
3. Perhitungan perencanaan tebal pelat.

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

➤ **Pelat Satu Arah**

Apabila $\frac{L_y}{L_x} > 2$, termasuk pelat satu arah.



Maka tebal minimum untuk pelat satu arah telah diatur pada tabel berikut sesuai SNI 2847-2013 pada tabel 9.5.2

		Tabel minimum, <i>h</i>			
Komponen Struktur	Dua Tumpuan Sederhana	Satu Ujung menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever	
		Komponen yang tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif	1/20	1/24	1/28	1/10	

satu arah				
Balok atau pelat satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
- Panjang bentang dalam mm				
- Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal (Wc = 2400 kg/m³) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain diatas dimodifikasikan sebagai berikut				
- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m³ sampai 2000 kg/m³ , nilai tidak harus dikalikan dengan (1,65-0,003 Wc) tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana Wc adalah berat jenis dalam Kg/m ³ Untuk fy selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan (0,4 + fy/700)				

Tabel 3. 2 *Tebal minimum balok pra-tegang atau pelat satu arah*

➤ **Pelat Dua Arah**

Berdasarkan SNI 03-2847-2002

1. Bila $\frac{l_y}{l_x} < 2$
2. Bila lendutan harus dihitung, maka lendutan yang terjadi seketika sesudah bekerjanya beban harus dihitung dengan metode atau formula standar untuk lendutan elastis, dengan memperhitungkan pengaruh retak dan tulangan terhadap kekakuan komponen struktur.

Tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio $\frac{l_y}{l_x} < 2$ harus memenuhi ketentuan tabel dibawah ini dan tidak boleh kurang dari:

- a. Pelat tanpa penebalan > 120 mm
- b. Pelat dengan penebalan > 100 mm

Tegangan leleh f_y MPa	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$\lambda/33$	$\lambda/36$	$\lambda/36$	$\lambda/36$	$\lambda/40$	$\lambda/40$
400	$\lambda/30$	$\lambda/33$	$\lambda/33$	$\lambda/33$	$\lambda/36$	$\lambda/36$
500	$\lambda/28$	$\lambda/31$	$\lambda/31$	$\lambda/31$	$\lambda/34$	$\lambda/34$
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Untuk tulangan dengan tegangan leleh antara 300 MPa dan 400 MPa atau antara 400 MPa dan 500 MPa, gunakan interpolasi linear ➤ Pelat dengan balok antara kolom-kolomnya disepanjang tepi luar. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8 ➤ Penebalan panel didefinisikan dalam 15.3(7(1)) dan 15.3(7(2)). 						

Tabel 3. 3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior

3. Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya dengan $\frac{L_y}{L_x} < 2,0$ harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

a) Untuk $\alpha_m \leq 0,2$: pakai persyaratan pelat balok tanpa interior

b) Untuk $0,2 \leq \alpha_m \leq 2,0$ harus memenuhi

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)} \quad \text{tidak boleh kurang dari 120 mm}$$

c) Untuk $\alpha_m \geq 2,0$ harus memenuhi

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \quad \text{tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

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_l tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 9.12 dan 9.13

harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerussesuai SNI 2847-2013.

b) Menentukan dimensi balok.

1. Sebelum melakukan perhitungan dimensi pada balok, bentang pada balok harus diketahui terlebih dahulu dari gambar struktural bangunan. Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan acuan *SNI 03-2847-2002 pada Tabel 8* sebagai berikut :

- Balok Dua Tumpuan

$$h \geq \frac{l_{balok}}{16}$$

- Balok Menerus

$$h \geq \frac{l_{balok}}{21}$$

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

2. Syarat pelindung beton

	Tebal minimum selimut (mm)
a. Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: <ul style="list-style-type: none"> • Batang D-19 hingga D-56 • Batang D-16, jaring kawat polos P-16 atau kawat ulir D-16 dan yang lebih kecil 	50 40
c. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca	

atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah: <u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u> 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	15
Batang D-16, jaring kawat polos P-16 atau ulir D-16 dan yang lebih kecil	

Tabel 3. 4 Pelindung beton untuk tulangan

c) Menentukan dimensi kolom.

Perencanaan dimensi kolom

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

- dimana :
- I_{kolom} = inersia kolom ($1/12 \cdot b \cdot h^3$)
 - I_{kolom} = tinggi bersih kolom
 - I_{balok} = inersia balok ($1/12 \cdot b \cdot h^3$)
 - I_{balok} = tinggi bersih balok

- Desain kolom pada dasarnya meliputi pemilihan penampang melintang kolom berikut penulangannya, sehingga cukup kuat memikul kombinasi dari beban-beban terfaktor N dan M (momen primer), dan termasuk pengaruh kelangsingannya (momen sekunder).

d) Menentukan dimensi tangga.

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

Dalam perencanaan ini, karena elevasi tiap lantai mempunyai ketinggian dan ukuran yang sama (satu tipe tangga), maka perencanaan tangga dihitung dalam satu perhitungan.

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

1. Data-data perencanaan

- Tipe tangga
- Panjang datar tangga
- Tinggi tangga
- Tinggi pelat bordes
- Tebal rencana pelat tangga
- Tebal rencana pelat bordes
- Lebar injakan (i)
- Tinggi tanjakan (t)

2. Perhitungan perencanaan dimensi tangga

- Sudut kemiringan tangga (α)

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$
- Syarat Sudut kemiringan tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$
- Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi tangga}}{t}$$
- Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1$$

- Tebal efektif pelat anak tangga (d)
 Dengan perbandingan luas segitiga :
 $L\Delta_1 = L\Delta_2$
 $\frac{1}{2} \times i \times t = \frac{1}{2} \times (\sqrt{i^2 + t^2}) \times d$
 Maka tebal efektif pelat tangga = tebal
 pelat tangga rencana + $\frac{1}{2} d$

3.4.4. Menentukan Dimensi Struktur Bawah

a) Menentukan dimensi sloof.

Pada dasarnya untuk menentukan dimensi sloof, caranya sama dengan menentukan dimensi balok:

1. Sebelum melakukan perhitungan dimensi pada balok, bentang pada balok harus diketahui terlebih dahulu dari gambar struktural bangunan. Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan acuan *SNI 03-2847-2002 pada Tabel 8* sebagai berikut :

- Balok Dua Tumpuan

$$h \geq \frac{l_{balok}}{16}$$

- Balok Menerus

$$h \geq \frac{l_{balok}}{21}$$

Sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai $\frac{2}{3}$ dari tinggi balok yang telah didapat.

2. Syarat pelindung beton

	Tebal minimum selimut (mm)
d. Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
e. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: <ul style="list-style-type: none"> • Batang D-19 hingga D- 	50

56	
<ul style="list-style-type: none"> Batang D-16, jaring kawat polos P-16 atau kawat ulir D-16 dan yang lebih kecil 	40
f. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah:	
<u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u> 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 P-16 atau ulir D-16 dan yang lebih kecil	15

Tabel 3. 5 Pelindung beton untuk tulangan

b) Menentukan dimensi pondasi.

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

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

3.5. Analisa Pembebanan

3.5.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan untuk bangunan tersebut.

a.) Beban mati pada atap terdiri dari:

1. Berat sendiri atap.
2. Berat sendiri gording.
3. Berat sendiri kuda-kuda.
4. Beban angin

b.) Beban mati pada pelat lantai terdiri dari:

1. Berat sendiri Pelat.
2. Beban Spesi dan keramik.
3. Beban Plafond dan rangka.
4. Beban instalasi listrik dan AC.

c.) Beban mati pada balok terdiri dari:

1. Berat sendiri balok.
2. Beban mati pelat lantai.
3. Berat dinding setengah bata.

(PPIUG 1983 Pasal 1.0.1)

3.5.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian suatu gedung atau penggunaan suatu gedung dan kedalamannya yang termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah.

Beban hidup hidup struktur bangunan terdiri dari:

1. Beban hidup atap.
2. Beban hidup lantai.

(PPIUG 1983 pasal 1.0.2)

3.5.3. Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 ., ditentuka dengan mengalikan tekanan tiup yang ditentukan dalam pasal 4.2. dengan koefisien – koefisien angin yang ditentukan dalam pasal 4.3.

(PPIUG 1983 pasal 4.4.1)

3.5.4. Beban Gempa (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 1726:2012)

1. Melihat data tanah untuk menentukan Kelas Situs Tanah.

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

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

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai
(SNI 1726:2012 5.3 Tabel 3)

Tabel 3. 6 Klasifikasi situs

2. Faktor keutamaan dan kategori resiko dari struktur bangunan.

(SNI 1726-2012, Tabel 1)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan <i>non</i> gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/<i>mall</i> - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan <i>non</i> gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak 	III

<ul style="list-style-type: none"> - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan <i>non</i> gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomu yang besar dan/atau gangguan misal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan <i>non</i> gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan <i>non</i> gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat 	IV

<ul style="list-style-type: none"> - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat 	
---	--

Tabel 3. 7 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Suatu Bangunan

3. Faktor keutamaan gempa.

(SNI 1726:2012, Tabel 2)

Kategori Risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Tabel 3. 8 Faktor Keutamaan Gempa

4. Menentukan nilai S_s

S_s merupakan percepatan batuan dasar pada periode pendek.

(Peta Hazard Gempa Indonesia 2010)

5. Menentukan nilai S_1

S_1 merupakan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik.

(*Peta Hazard Gempa Indonesia 2010*)

6. Faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a).

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

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS = Situs yang menentukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(*SNI 1726-2012, Tabel 4*)

Tabel 3. 9 Koefisien situs, F_a

7. Faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v).

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_I				
	$S_I \leq$	$S_I =$	$S_I =$	$S_I =$	$S_I \geq$

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS = Situs yang menentukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(SNI 1726-2012, Tabel 5)

Tabel 3. 10 Koefisien situs, F_v

8. Faktor Reduksi Gempa

Gedung yang direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), sehingga didapatkan nilai minimum reduksi gempa $R = 5$.

(SNI 1726-2012, Tabel 9)

9. Parameter Spektrum Respons Percepatan pada Periode Pendek (S_{MS}) = $F_a S_s$

(SNI 1726-2012, 6.2 persamaan 5)

10. Parameter Spektrum Respons Percepatan pada Periode 1 Detik (S_{M1}) = $F_v S_1$

(SNI 1726-2012, 6.2 persamaan 6)

11. Parameter Percepatan Spektral Desain untuk

Periode Pendek, $S_{DS} = 2/3 S_{MS}$

(SNI 1726-2012, 6.3 persamaan 7)

12. Parameter Percepatan Spektral Desain untuk

Periode 1 Detik, $S_{D1} = 2/3 S_{M1}$

(SNI 1726-2012, 6.3 persamaan 8)

Jika digunakan prosedur desain yang disederhanakan sesuai pasal 8, maka nilai S_{DS} harus ditentukan sesuai 8.8.1. dan nilai S_{D1} tidak perlu ditentukan.

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

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

h_n = Tinggi bangunan (m)

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

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

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

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

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

$$S_a = S_{DS}$$

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

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

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

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan ; rumah toko dan rumah kantor/restaurant - Pasar	II

<ul style="list-style-type: none"> - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	
--	--

Tabel 3. 11 Kategori Risiko

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (<i>I</i>)
II	1,0

Tabel 3. 12 Faktor Keutamaan Gempa

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

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

Tabel 3. 13 Faktor *R*, *C_d* dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

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

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{7}\right)}$$

Sehingga,

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

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

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

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

Sehingga,

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

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

3.6. Analisis Gaya Dalam Struktur

Gaya dalam adalah gaya – gaya yang muncul pada suatu elemen struktur sebagai akibat dari munculnya beban yang diterima oleh elemen struktur. Gaya dalam yang menyebabkan pelenturan disebut gaya momen. Komponen Struktur yang menerima gaya tegak lurus dengan arah sumbu batang disebut gaya lintang. Sedangkan yang komponen struktur yang menerima gaya searah dengan sumbu batang disebut gaya normal. Nilai gaya dalam diperoleh menggunakan bantuan *software* dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan *SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11.2* sebagai berikut :

Kombinasi Pembebanan akibat gaya – gaya gravitasi

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

Kombinasi Pembebanan akibat gaya – gaya gempa

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

Kombinasi Pembebanan untuk tegangan ijin

- D
- D + L
- D + (Lr atau R)
- D + 0.75L + 0.75(Lr atau R)
- D + (0.6W atau 0.7E)
- D + 0.75(0.6W atau 0.7E) + 0.75L + 0.75(Lr atau R)
- 0.6D + 0.6W
- 0.6D + 0.7E

Keterangan :

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

Lr = Beban Hidup pada Atap

W = Beban Angin

R = Beban Air Hujan

Ex = Beban gempa arah X

Ey = Beban gempa arah Y

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

1. Struktur Atas

a. Struktur Atap

Pada struktur atap, gaya-gaya yang timbul dapat dilihat melalui output SAP. Sehingga dapat dilakukan perhitungan dan kontrol sesuai gaya-gaya yang timbul.

b. Pelat lantai

Komponen struktur pelat merupakan salah satu komponen struktur sekunder yang mana kondisi

komponen struktur sekunder mengalami kehancuran lebih awal daripada komponen struktur primer.

Perencanaan pelat lantai pada Gedung Mess Atlet – Office B menggunakan pelat cor ditempat yang dalam perhitungannya menjadi dua macam yaitu :

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

c. Pelat tangga

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

d. Balok

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

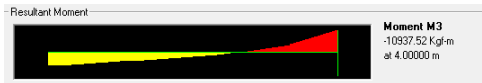
✚ Kombinasi 1,4D



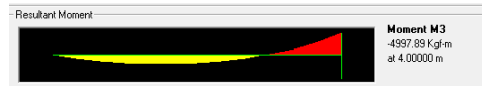
✚ Kombinasi 1,2D + 1,6L



✚ Kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,3Ex ± 1,0Ey

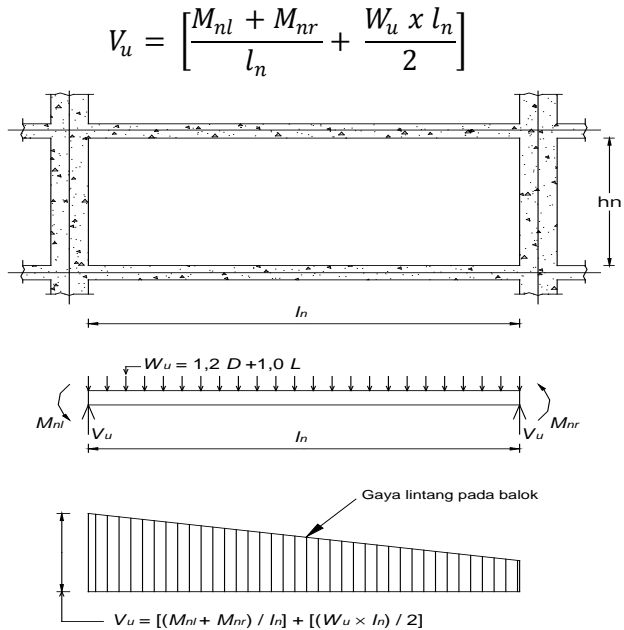


✚ Kombinasi 1,2D + 1,6L + 1,0Ex ± 0,3Ey



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

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



Gambar 3. 3 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)

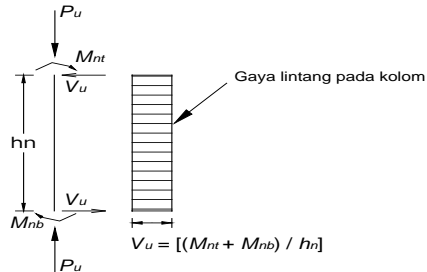
e. Kolom

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

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

perumusan sesuai dengan penulangan komponen SRPMM.

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



Gambar 3. 4 Gaya lintang rencana pada kolom untuk SRPMM (SNI 03-1726-2002 - Gambar 47)

2. Struktur Bawah

a. Sloof

Pada dasarnya pada sloof gaya yang timbul sama dengan pada balok, namun sloof memiliki gaya aksial tarik.

b. Pondasi

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

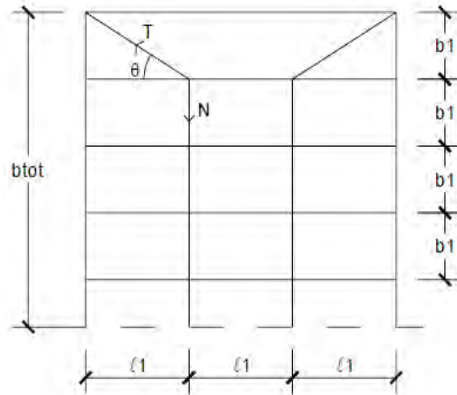
3.7. Perhitungan Tulangan dan Perencanaan Struktur Atap

3.7.1 Struktur Atap

Perencanaan atap sesuai dengan atap yang digunakan, jika menggunakan atap datar maka yang perlu dihitung adalah pelat atap dan balok. Tapi jika menggunakan atap baja maka harus ditinjau lagi

untuk perhitungan gording, ikatan angin, sambungan, dll.

a. Perencanaan Profil Gording



Gambar 3. 5 Perencanaan penggantung gording.

$$A = q \times l \text{ (kg)}$$

$$N = n \times a \text{ (kg)}$$

$$T = n / \sin \Theta$$

$$\sigma^{\circ} = T/A < \sigma_{ijin}$$

Dimana :

A = berat yang dipikul setiap gording

n = jumlah gording

N = gaya arah x

T = gaya yang disalurkan ke kuda-kuda

b. Perencanaan Ikatan Angin

$$Q = \text{tekanan angin} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$Pn = A \times q \times C$$

C = koefisien angin (PPIUG 1983 Tabel 4.1)

$$\sigma^{\circ} = Pn/A \leq \sigma_{ijin}$$

c. Perencanaan Kuda – Kuda

Langkah-langkah dalam kontrol stabilitas kuda-kuda adalah :

1. Menentukan profil kuda-kuda
2. Menentukan gaya-gaya dalam yang terjadi pada SAP 2000
3. Kontrol kelangsingan penampang kuda-kuda

- Sayap (*flens*)

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} < \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

- Badan (*web*)

$$\frac{h}{t_w} < \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

Jika penampang kompak, maka $M_n = M_p$

Jika penampang tak kompak, maka $M_n = M_r = (f_y - f_r) \cdot S$

4. Menentukan momen nominal kuda – kuda akibat tekuk lokal
5. Kontrol kuat tekan penampang kuda – kuda : $P_u < \Phi \cdot P_n$
6. Kontrol lateral penampang kuda – kuda

Bentang pendek	: $L \leq L_p$
Bentang menengah	: $L_p \leq L \leq L_r$
Bentang panjang	: $L_r \leq L$
7. Kontrol geser penampang kuda – kuda : $V_u < \Phi \cdot V_n$
8. Kontrol lendutan penampang kuda – kuda : $\Delta L^\circ < \Delta L$

d. Kontrol Stabilitas Kolom Pendek

1. Menentukan profil kolom
2. Menentukan gaya – gaya dalam yang terjadi pada SAP 2000
3. Kontrol Kelangsingan penampang kolom
 - Sayap (*flens*)

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} < \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

- Badan (*web*)

$$\frac{h}{t_w} < \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

Jika penampang kompak, maka $M_n = M_p$

Jika penampang tak kompak, maka $M_n = M_r = (f_y - f_r) \cdot S$

4. Menentukan momen nominal kolom akibat tekuk lokal
 5. Kontrol kuat tekan penampang kolom : $P_u < \Phi \cdot P_n$
- e. Sambungan Baut
1. Kuat geser $\theta R_{nv} = \theta \cdot f_v \cdot A_b \cdot m$
 2. Kuat tumpu $\theta R_{nt} = \theta \cdot 2,4 \cdot f_y \cdot d_b \cdot t_p$
 3. Jumlah baut $n = V_u / \theta R_n$
- Kontrol jarak baut :
1. Jarak tepi minimum : 1,5 db
 2. Jarak tepi maksimum : $(4t_p + 100\text{mm})$ atau 200mm
 3. Jarak minimum antar baut : 3db
 4. Jarak maksimum antar baut: 15tp atau 200mm
- Kontrol kekuatan pelat
1. $\theta P_n = 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv}$
 2. $V_u < \theta P_n$
- f. Sambungan Las

$R_u \leq \theta R_{nw}$ dengan:

$$\theta R_{nw} = 0,75 \times t_e \times (0,6 \times f_{uw}) \quad (\text{Las})$$

$$\theta R_{nw} = 0,75 \times t_e \times (0,6 \times f_u) \quad (\text{Bahan dasar})$$

Keterangan:

f_{uw} : tegangan tarik putus logam las

f_u : tegangan tarik putus bahan dasar

t_e : tebal efektif las

3.7.2 Struktur Atas

1) Pelat lantai

a) Perhitungan momen yang terjadi pada pelat Untuk perhitungannya menggunakan peraturan PBI 1971 tabel 13.3.1 dan 13.3.2. Sedangkan perletakan yang digunakan sesuai buku: 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

b) Pada pelat dengan balok yang membentang diantara kedua tumpuannya (SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.6)

$$\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cp} I_p} > 1,0$$

c) Perhitungan penulangan pelat Tulangan minimum

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

Tulangan maksimum

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

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

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

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

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

Jika $\rho_{perlu} \leq \rho_{min}$ maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%
(berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3)

$$\rho_{pakai} = 1,33 \rho_{perlu}$$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

d) Kontrol penulangan pelat

- Jarak spasi tulangan $S_{max} \leq 2 \times$ tebal pelat menurut SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2
- Tulangan susut dan suhu SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.1 $\rho_{balance} = 0,0018$
- Jarak spasi tulangan susut menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.2
 $S_{max} \leq 5 \times$ tebal pelat atau 450 mm
- Retak menurut SNI 03-2847-2002 pasal 12.6.4
 - Penampang dalam ruangan $z = fs \cdot \sqrt[3]{dcA} \leq 30 MN/m$
 - Penampang dipengaruhi cuaca luar
 $z = fs \cdot \sqrt[3]{dcA} \leq 25 MN/m$
dimana:
fs = diambil sebesar 60% dari fy

d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat, mm

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

z = besaran pembatas distribusi tulangan lentur

2) Pelat tangga

Perhitungan penulangan pada pelat tangga sama dengan perhitungan penulangan pada pelat lantai.

3) Balok

1. Persyaratan spasi tulangan

- a. Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25 mm

(SNI 03-2847-2002, Pasal 9. 6. 3)

- b. 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, *bundle* tulangan atau tendon-tendon prategang atau selongsong-selongsong.

(SNI 03-2847-2002, Pasal 5. 3. 2)

- c. Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam 2 lapis atau lebih, tulangan lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm.

(SNI 03-2847-2002, Pasal 9. 6. 2)

- d. Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 1,5 *db* ataupun 40 mm

(SNI 03-2847-2002, Pasal 9. 6. 3)

2. Perhitungan momen dan gaya dalam pada balok
- a. Suatu balok dianggap terjepit elastis pada suatu tumpuan, apabila balok tersebut pada tumpuan tersebut merupakan satu kesatuan monolit dengan balok lain, dinding atau kolom beton bertulang, yang dapat dianggap dapat memberikan perlawanan terhadap perubahan bentuk balok di tumpuan.

(PBB1 1971 N.1-2 Pasal 13. 2. 1)

- b. Momen-momen balok akibat beban terbagi rata q per-satuan panjang balok, ditetapkan sebagai:
- Momen = koefisien $\times ql^2$
 Gaya melintang = koefisien $\times ql^2$

(PBB1 1971 N.1-2 Pasal 13. 2. 1)

3. Perhitungan penulangan lentur pada balok

- a. Perencanaan kuat lentur perlu
- $$M_{u,b} = 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{L,b}$$
- $$= 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{L,b} \pm M_{RS,b} \text{ dan seterusnya}$$

$$\phi M_{n,b} \geq M_{u,b}$$

- b. Perencanaan penulangan lentur
- Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/3 kuat lentur negatif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/5 kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-

muka kolom kedua ujung komponen struktur tersebut.

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23. 10. 4. (1))

- 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 dari pada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi:
 - $d/4$
 - 8 kali $\phi_{tulangan}$ longitudinal terkecil (tulangan arah memanjang)
 - 24 kali diameter sengkang
 - 300 mm

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23. 10. 4. (2))

- Sengkang harus di pasang sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/2$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 23. 10. 4. (3))

- Langkah perhitungan
 - a. Tentukan nilai momen tumpuan dan lapangan pada balok (hasil didapat dari output SAP)
 - b. Rencanakan f_y , f_c' , d , d' , d''

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

$$P_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$P_b = \frac{0,8 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$P_{max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

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

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

$X_{\text{coba-coba}}$ dimana $x < 0,75 \times b$

$$d = b_w - \text{decking} - \phi_{\text{sejangkang}} - 1/2$$

$\phi_{\text{tul.utama}}$

$$d' = \text{decking} - \phi_{\text{sejangkang}} - 1/2 \phi_{\text{tul.utama}}$$

$$C_c = T_1 = 0,85 \beta_1 \times f_c' \times b \times X$$

$$A_{BC} = \frac{T_1}{f_y}$$

$$M_{ns} - M_n - M_{nc} - \frac{M_u}{\phi} - M_{nc}$$

- d. Periksa kebutuhan tulangan sejangkang, jika:

- $(M_n - M_{nc}) > 0$; perlu tulangan rangkap

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

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

Jika $f_x' > f_y$ maka tulangan tekan leleh $f_s' - f_y$

Jika $f_x' > f_y$ tulangan tekan tidak leleh maka :

$$s = \frac{C_x}{f - 0,85 f_c'}$$

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

- Tulangan perlu
 - $A_s = A_{sc} + A_{ss}$
 - $A_s = A_s'$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$S = \frac{b_w - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{tul.sejangkang}}) - (n \times \phi_{\text{tul.utama}})}{n - 1}$$

- Kontrol kekuatan

$$M_n^o \leq \frac{M_u}{\phi}$$

- $(M_n - M_{nc}) < 0$; tidak perlu tulangan rangkap

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

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

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

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

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

4. Perhitungan tulangan geser dan torsi pada balok

a. Menentukan tulangan geser

b. Kuat puntir Beton

Pengaruh puntir pada struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen punter terfaktor T_u besarnya kurang dari:

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

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13. 6. 1. a)

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan punter adalah :

$$\phi T_n \geq T_u$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13. 6. 3. 5)

Sedangkan tulangan sengkang yang dibutuhkan untuk menahan punter adalah sebagai berikut :

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

(SNI 03-2847-2002, Pasal 16. 6. 3. 6)

5. Penyaluran dan penyambungan tulangan

a. Penyaluran batang ulir dalam kondisi tarik

- Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter db . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm
- Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai l_d/db harus diambil sebagai berikut:

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

Tabel 3. 14 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

- b. Penyaluran batang ulir dalam kondisi tekan
Panjang penyaluran (l_d), dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar l_{db} . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 200 mm.
Panjang penyaluran dasar l_{db} harus diambil sebesar $\frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}}$ dan tidak kurang dari **0,04 x d_b x f_y**

(SNI 03-2847-2002, Pasal 14.3)

4) Kolom

Adapun kriteria kolom dalam metode SRPMM adalah sebagai berikut:

- Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang λ_n dari muka hubungan balok kolom adalah S_0 . Spasi S_0 tersebut tidak boleh melebihi:
 1. 8 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
 2. 24 kali diameter sengkang ikat
 3. $\frac{1}{2}$ dimensi penampang terkecil komponen struktur, dan
 4. 300 mm

Panjang λ_n tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:

1. $\frac{1}{6}$ tinggi bersih kolom
 2. Diameter terbesar penampang kolom
 3. 500 mm
- Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih dari $0,5 S_0$ dari muka hubungan balok kolom
 - Tulangan hubungan balok kolom memenuhi 13.11.(2)
 - Spasi sengkang ikat pada penampang kolom tidak boleh melebihi $2 S_0$
 - a) Penulangan kolom
 1. Kontrol kelangsingan kolom

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

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.11.6)

$$EI = \frac{(0,2 E_c I_g) + (E_c I_g)}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.12.3)

$$EI = \frac{0,4 \times E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.12.3)

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{\text{kolom}}}{(k \times \lambda_y)^2}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.12.3)

$\frac{k x l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$, untuk rangka portal tak bergoyang

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.12.2)

$\frac{k x l_u}{r} \leq 22$, untuk rangka portal bergoyang

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.13.2)

Apabila $\frac{k x l_u}{r} \leq 100$, maka diperlukan perhitungan momen orde dua

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.11.5)

2. Penulangan lentur kolom

- Tentukan harga β
- Menentukan panjang tekuk kolom,
 - Apabila kolom langsing, memakai pembesaran momen
 - Apabila kolom pendek, pembesaran momen diabaikan
- Cek kondisi balance
- Menghitung e_{perlu} ,
 - apabila $< e_b$, maka kontrol kondisi tekan menentukan
 - apabila $> e_b$, maka control kondisi tarik menentukan
- Cek $M_n > M_u$

3. Penulangan geser kolom

- Kontrol kekuatan geser

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

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

Kuat geser V_c dapat diganti dengan nilai M_m menggantikan nilai M_u dan nilai V_u d. M_u boleh diambil lebih besar daripada 1,0

$$M_m = M_u - N_u \frac{(4h-d)}{8}$$

Tetapi dalam hal ini V tidak boleh diambil lebih besar daripada

$$Mm = 0,3 \sqrt{f'c'} b_w d \cdot \sqrt{1 + \frac{0,3 Nu}{Ag}}$$

4. Panjang penyaluran

- Tulangan dalam kondisi tarik

$$\text{Jika } \leq D-19; \frac{\lambda d}{db} = \frac{12 f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \sqrt{f'c'}}$$

$$\text{Jika } \geq D-22; \frac{\lambda d}{db} = \frac{3 f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f'c'}}$$

Dimana $\lambda \geq 300$ mm

- Tulangan dalam kondisi tekan

$$\lambda d = \frac{db \cdot f_y}{4 \sqrt{f'c'}} \geq 0,04 \cdot db \cdot f_y$$

$$\text{untuk tulangan lebih} = \frac{A_{sperlu}}{A_{sterpasang}} \cdot \lambda d$$

5. Untuk panjang sambungan lewatan kolom sesuai dengan ketentuan pada SNI 03-2847-2002 Pasal 14.17.1, yaitu:

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

dimana: f_y = mutu baja

db = diameter tulangan

3.7.3 Struktur Bawah

1) Sloof

1. Perhitungan tulangan Lentur.

- Mencari nilai momen *ultimate* kanan dan kiri pada kolom beserta gaya tarik (N_u) dari 10% gaya aksial pada kolom .
Perhitungan Tulangan Lentur :

- Hitung M_n

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

- Menghitung ρ_{perlu} untuk lentur, ditinjau menggunakan diagram interaksi untuk sloof

- Hitung $A_{st} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$
- Cek Perencanaan.

$$a = \frac{A_{st} \text{ pasang} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

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

- Kontrol jarak tulangan :

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

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

2. Perhitungan Geser Sloof

a. Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \phi V_c$ (tidak perlu tulangan geser)

b. Kondisi 2

$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ (tulangan geser minimum)

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

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

c. Kondisi 3

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

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

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

d. Kondisi 4 (perlu tulangan geser)

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

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

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

e. Kondisi 5 (perlu tulangan geser)

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

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

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

f. Kondisi 6

$$V_s > \frac{2}{3}\sqrt{f'c'}bw d \text{ (perbesar penampang)}$$

3. Perhitungan Panjang Penyaluran

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

$$\frac{\lambda d}{d_s} = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f'c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

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

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

2) Pondasi

1. Perhitungan daya dukung tanah.

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

Dimana : C_{n1} diambil 6D di atas ujung conus

: C_{n2} diambil 3,5D di bawah ujung conus

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

Dimana :

Q_u = daya dukung *ultimate* (ton)

Q_p = daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung selimut tiang

N = nilai SPT pada ujung tiang

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

- A_p = luas permukaan ujung tiang
 A_s = luas selimut tiang
 SF = 3 Perencanaan struktur

Kekuatan tanah

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

- Dimana : SF-1 Conus = 2-3
 : SF-2 cleef = 5

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

2. Perencanaan tiang pancang.

Kekuatan bahan

$$P_b = f_c' \text{ ijin} \times A_{tp}$$

a) Kebutuhan tiang pancang.

$$N = \frac{\sum P}{P_{ijin}}$$

b) Perhitungan jarak antar tiang pancang.

$$2,5D \leq S \leq 3D$$

c) Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer.

$$1,5 D \leq S1 \leq 2 D$$

d) Efisiensi (η)

$$\eta = 1 - \Theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$\Theta = \arcsin \left(\frac{D}{S} \right)$$

e) Tekanan grup tiang pancang (P grup)

$$P_{grup} = \eta \times P_{ijin}$$

f) Gaya yang dipikul tiang pancang.

$$P \text{ (1 tiang pancang)} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y X_{max}}{\sum X^2} \pm \frac{M_x Y_{max}}{\sum Y^2}$$

g) Kontrol tiang pancang.

- $P_{max} \leq P_{ijin}$
- $P_{min} \leq P_{ijin}$
- $P_{max} \leq P_{grup \text{ tiang pancang}}$

3. Perencanaan pile cap (poer).

1. Kontrol geser pons

a. Geser satu arah pada poer

- Tentukan beban poer $qt = \frac{P}{A_{poer}}$
- Menentukan luasan *tributary* akibat geser satu arah
- Kontrol 'd' (tebal poer) berdasarkan gaya geser satu arah
- $\sigma_u = \sum p/A$
- $V_u = \sigma_u \times (\text{luas total poer} - \text{luas pons})$
- Kontrol perlu tulangan geser
 - $\phi V_c > V_u$ (Tidak perlu tulangan geser)
 - $\phi V_c < V_u$ (perlu tulangan geser)
 - Jika $\phi V_c > V_u$ (Tidak perlu tulangan geser), maka dimensi poer diperbesar.

b. Geser dua arah poer

Kontrol kemampuan beton berdasarkan SNI 2847-2002 Pasal 13.12.2.1

2. Penulangan lentur poer.

$$M_u = (P \cdot X) - (1/2) \cdot q_x \cdot L^2$$

3. Hitung Penulangan.

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

$$- \rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

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

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

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

- $A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$
4. Penulangan geser poer.
 - Hitung V_c
 - Cek kondisi penampang:
 $\emptyset V_c \geq V_u$
 - Spasi tulangan geser maksimum.
 $S_{\text{maks}} \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ m}$
 4. Perencanaan panjang penyaluran tulangan kolom.
 - a) Tulangan kondisi Tarik berdasarkan SNI 2847-2002 Pasal 14.2.2 dan Tulangan lebih berdasarkan SNI 2847-2002 Pasal 14.2.5
 - b) Tulangan kondisi tekan berdasarkan SNI 2847-2002 Pasal 14.3.2 dan Tulangan lebih berdasarkan SNI 2847-2002 Pasal 14.2.5
 - c) Tulangan berkait dalam kondisi Tarik

$$\lambda_{\text{hb}} = \frac{100 \times db}{\sqrt{f_c}}$$
 (untuk batang dengan f_y sama dengan 400 MPa)

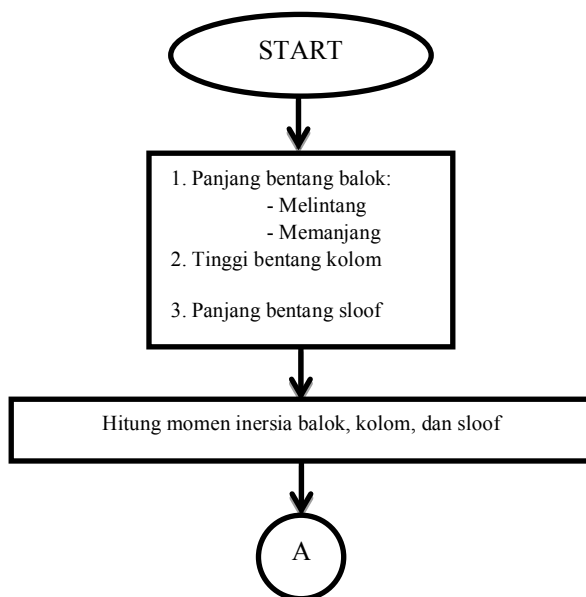
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

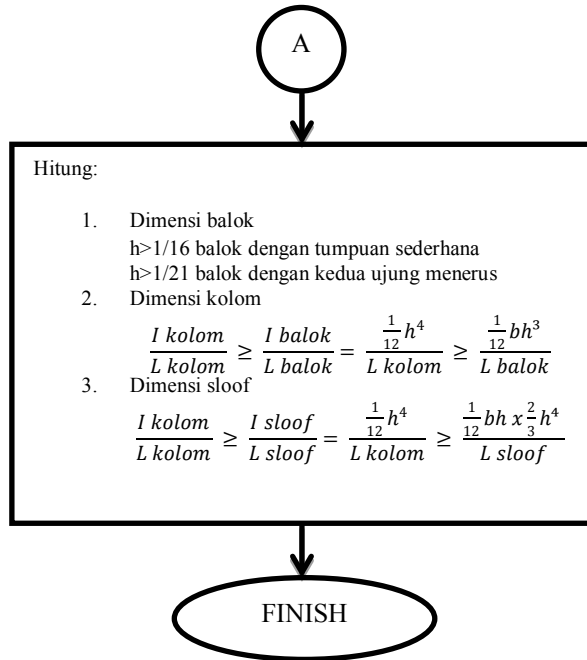
Bab ini akan menjelaskan hasil dari perhitungan perencanaan sesuai dengan metodologi pada bab III

4.1. PERENCANAAN DIMENSI STRUKTUR

Sebelum merencanakan struktur bangunan gedung *Mess Atlet - Office B*, terlebih dahulu menentukan dimensi dari struktur-struktur utama yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

4.1.1. Perencanaan Dimensi Balok





Gambar 4. 1 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Balok

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi balok dalam perencanaan dimensi struktur gedung *Mess Atlet - Office B* adalah sebagai berikut:

1. Balok 1

a. Data-data Perencanaan:

- Tipe balok : B1
- Letak balok : -. Lt. 2
: -. Lt. 3
: -. Lt. 4
- Bentang balok (L_{balok}) : 700 cm
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

b. Ketentuan Perencanaan:

(SNI 03-2847-2002 tabel 8):

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) balok atau pelat rusuk satu arah menggunakan $L/16$.
- Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

c. Perhitungan Perencanaan:

$$h \geq L/16$$

$$h \geq 700 \text{ cm}/16$$

$$h \geq 43,75 \text{ cm}$$

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

direncanakan $h = 60 \text{ cm}$

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

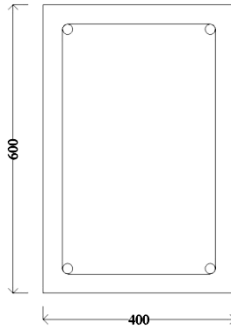
$$b = \frac{2}{3} \times 60 \text{ cm}$$

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

direncanakan $b = 40 \text{ cm}$

Maka direncanakan dimensi **Balok 1** dengan ukuran **40/60**.

d. Hasil Akhir Gambar Perencanaan:



Gambar 4. 2 Dimensi Penampang B1

2. Balok 2

a. Data-data Perencanaan:

- Tipe balok : B2
- Letak balok : -. Lt. 2
: -. Lt. 3
: -. Lt. 4
- Bentang balok (L_{balok}) : 200 cm
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

b. Ketentuan Perencanaan:

(SNI 03-2847-2002 tabel 8):

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) balok atau pelat rusuk satu arah menggunakan $L/16$.
- Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

c. Perhitungan Perencanaan:

$$h \geq L/16$$

$$h \geq 200 \text{ cm}/16$$

$$h \geq 12,5 \text{ cm}$$

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

direncanakan $h = 60 \text{ cm}$

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

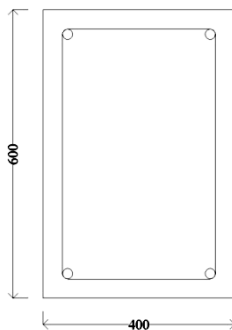
$$b = \frac{2}{3} \times 60 \text{ cm}$$

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

direncanakan $b = 40 \text{ cm}$

Maka direncanakan dimensi **Balok 2** dengan ukuran **40/60**.

d. Hasil Akhir Gambar Perencanaan:



Gambar 4. 3 Dimensi Penampang B2

3. Balok 3

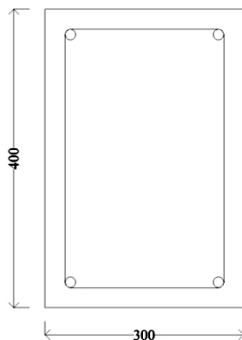
a. Data-data Perencanaan:

- Tipe balok : B3
- Letak balok : -. Lt. 2
: -. Lt. 3
: -. Lt. 4

- Bentang balok (L_{balok}) : 400 cm
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa
- b. Ketentuan Perencanaan:
(SNI 03-2847-2002 tabel 8):
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) balok atau pelat rusuk satu arah menggunakan $L/16$.
 - Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$
- c. Perhitungan Perencanaan:
- $$h \geq L/16$$
- $$h \geq 400 \text{ cm}/16$$
- $$h \geq 25 \text{ cm}$$
- $$h \approx 40 \text{ cm}$$
- direncanakan $h = 40 \text{ cm}$
- $$b = \frac{2}{3} h$$
- $$b = \frac{2}{3} \times 40 \text{ cm}$$
- $$b = 26,67 \text{ cm}$$
- direncanakan $b = 30 \text{ cm}$

Maka direncanakan dimensi **Balok 3** dengan ukuran **30/40**.

- d. Hasil Akhir Gambar Perencanaan:



Gambar 4. 4 Dimensi Penampang B3

4. Balok 4

a. Data-data Perencanaan:

- Tipe balok : B4
- Letak balok : -. Lt. 2
: -. Lt. 3
- Bentang balok (L_{balok}) : 250 cm
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

b. Ketentuan Perencanaan:

(SNI 03-2847-2002 tabel 8):

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) balok atau pelat rusuk satu arah menggunakan $L/16$.
- Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

c. Perhitungan Perencanaan:

$$h \geq L/16$$

$$h \geq 250 \text{ cm}/16$$

$$h \geq 11,9 \text{ cm}$$

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

direncanakan $h = 20 \text{ cm}$

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

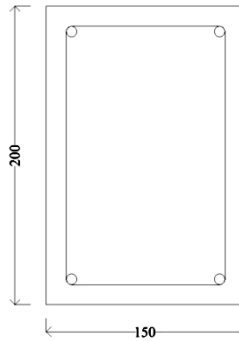
$$b = \frac{2}{3} \times 20 \text{ cm}$$

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

direncanakan $b = 15 \text{ cm}$

Maka direncanakan dimensi **Balok 4** dengan ukuran **15/20**.

d. Hasil Akhir Gambar Perencanaan:



Gambar 4. 5 Dimensi Penampang B4

5. Balok Bordes

a. Data-data Perencanaan:

- Tipe balok : BB
- Letak balok : -. Lt. 1
: -. Lt. 2
: -. Lt. 3
- Bentang balok (L_{balok}) : 400 cm
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 MPa

b. Ketentuan Perencanaan:

(SNI 03-2847-2002 tabel 8):

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) balok atau pelat rusuk satu arah menggunakan $L/16$.
- Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

c. Perhitungan Perencanaan:

$$h \geq L/16$$

$$h \geq 400 \text{ cm} / 16$$

$$h \geq 25 \text{ cm}$$

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

direncanakan $h = 40 \text{ cm}$

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

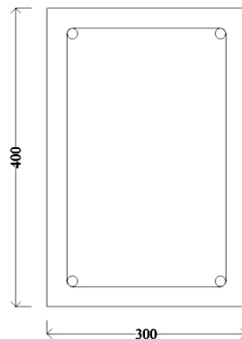
$$b = \frac{2}{3} \times 40 \text{ cm}$$

$$b = 26,67 \text{ cm}$$

direncanakan $b = 30 \text{ cm}$

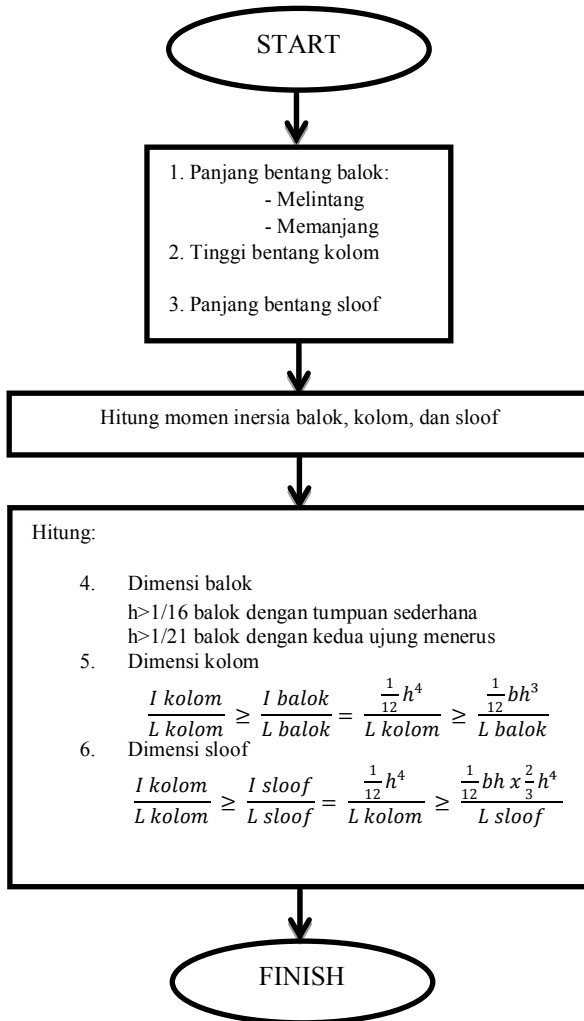
Maka direncanakan dimensi **Balok Bordes** dengan ukuran **30/40**.

d. Hasil Akhir Gambar Perencanaan:



Gambar 4. 6 Dimensi Penampang Balok Bordes

4.1.2. Perencanaan Dimensi Kolom



Gambar 4. 7 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Kolom

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi kolom dalam perencanaan dimensi struktur gedung *Mess Atlet – Office B* adalah sebagai berikut:

1. Kolom 1

a. Data-data Perencanaan:

- Tipe kolom : K1
- Letak kolom : Lt. 1
- Tinggi kolom (H_{kolom}) : 420 cm
- Bentang balok (L_{balok}) : 700 cm
- Dimensi balok (b_{balok}) : 40 cm
- Dimensi balok (h_{balok}) : 60 cm

b. Ketentuan Perencanaan:

$$\frac{I_{kolom}}{h_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

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

c. Perhitungan Perencanaan:

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L_{balok}}$$

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

$$\frac{\frac{1}{12} h^4}{420 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 40 \text{ cm} \cdot 60 \text{ cm}^3}{700 \text{ cm}}$$

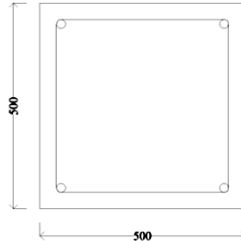
$$h \geq 47,72 \text{ cm}$$

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

$$b = h = 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi **Kolom 1** dengan ukuran **50/50**.

d. Hasil Akhir Gambar Perencanaan:



Gambar 4. 8 Dimensi Penampang Kolom 1

2. Kolom 2

a. Data-data Perencanaan:

- Tipe kolom : K2
- Letak kolom : Lt. 2
: Lt. 3
- Tinggi kolom (H_{kolom}) : 310 cm
- Bentang balok (L_{balok}) : 700 cm
- Dimensi balok (b_{balok}) : 40 cm
- Dimensi balok (h_{balok}) : 60 cm

b. Ketentuan Perencanaan:

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{h_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

Dimana, I_{kolom} = inersia kolom ($1/12 \times b \times h^3$)

h_{kolom} = tinggi kolom

I_{balok} = inersia balok ($1/12 \times b \times h^3$)

L_{balok} = bentang balok

c. Perhitungan Perencanaan:

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

$$\frac{\frac{1}{12} h^4}{h \text{ kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L \text{ balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} h^4}{310 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 40 \text{ cm} \cdot 60 \text{ cm}^3}{700 \text{ cm}}$$

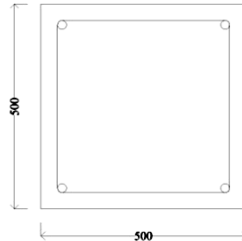
$$h \geq 44,23 \text{ cm}$$

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

$$b = h = 50 \text{ cm}$$

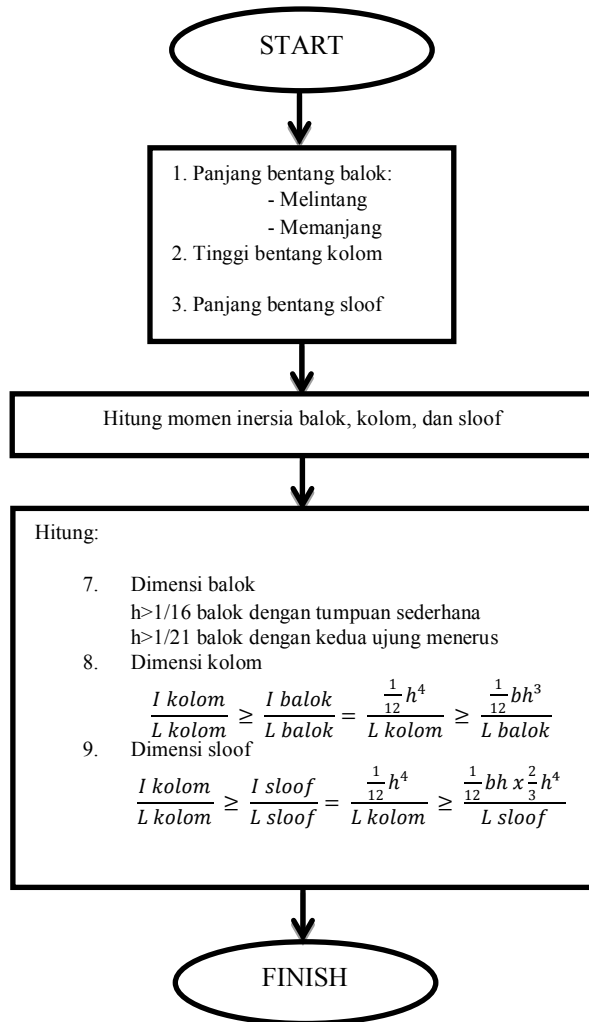
Maka direncanakan dimensi **Kolom 2** dengan ukuran **50/50**.

d. Hasil Akhir Gambar Perencanaan:



Gambar 4. 9 Dimensi Penampang Kolom 2

4.1.3. Perencanaan Dimensi Sloof



Gambar 4. 10 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Sloof

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi sloof dalam perencanaan dimensi struktur gedung *Mess Atlet – Office B* adalah sebagai berikut:

1. Sloof 1

a. Data-data Perencanaan:

- Tipe sloof : S1
- Bentang sloof (L_{sloof}) : 700 cm
- Tinggi kolom (H_{kolom}) : 420 cm
- Dimensi kolom (b_{kolom}) : 50 cm
- Dimensi kolom (h_{kolom}) : 50 cm

b. Ketentuan Perencanaan:

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

Dimana, I_{sloof} = inersia sloof ($1/12 \times b \times h^3$)

L_{sloof} = bentang sloof

I_{kolom} = inersia kolom ($1/12 \times b \times h^3$)

H_{kolom} = tinggi kolom

c. Perhitungan Perencanaan:

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

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot \frac{2}{3} h \times h^3}{L_{\text{sloof}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot h^4}{H_{\text{kolom}}}$$

$$\frac{\frac{1}{18} h^4}{700 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 50 \text{ cm}^4}{420 \text{ cm}}$$

$$h \geq 62,87 \text{ cm}$$

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

direncanakan $h = 60 \text{ cm}$

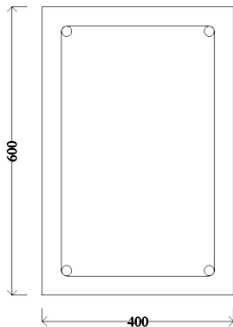
$$b = \frac{2}{3} h$$

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

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

Maka direncanakan dimensi **Sloof 1** dengan ukuran **40/60**.

d. Hasil Akhir Gambar Perencanaan:



Gambar 4. 11 Dimensi Penampang Sloof 1

2. Sloof 2

a. Data-data Perencanaan:

- Tipe sloof : S2
- Bentang sloof (L_{sloof}) : 400 cm
- Tinggi kolom (H_{kolom}) : 420 cm
- Dimensi kolom (b_{kolom}) : 50 cm
- Dimensi kolom (h_{kolom}) : 50 cm

b. Ketentuan Perencanaan:

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

Dimana, $I_{\text{sloof}} = \text{inersia sloof } (1/12 \times b \times h^3)$

$L_{\text{sloof}} = \text{bentang sloof}$

$I_{\text{kolom}} = \text{inersia kolom } (1/12 \times b \times h^3)$

$H_{\text{kolom}} = \text{tinggi kolom}$

c. Perhitungan Perencanaan:

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

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot \frac{2}{3} h \times h^3}{L \text{ sloof}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot h^4}{H \text{ kolom}}$$

$$\frac{\frac{1}{18} h^4}{400 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 50 \text{ cm}^4}{420 \text{ cm}}$$

$$h \geq 54,67 \text{ cm}$$

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

direncanakan $h = 60 \text{ cm}$

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

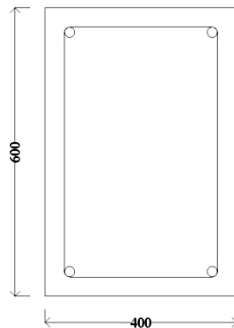
$$b = \frac{2}{3} \times 60 \text{ cm}$$

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

direncanakan $b = 40 \text{ cm}$

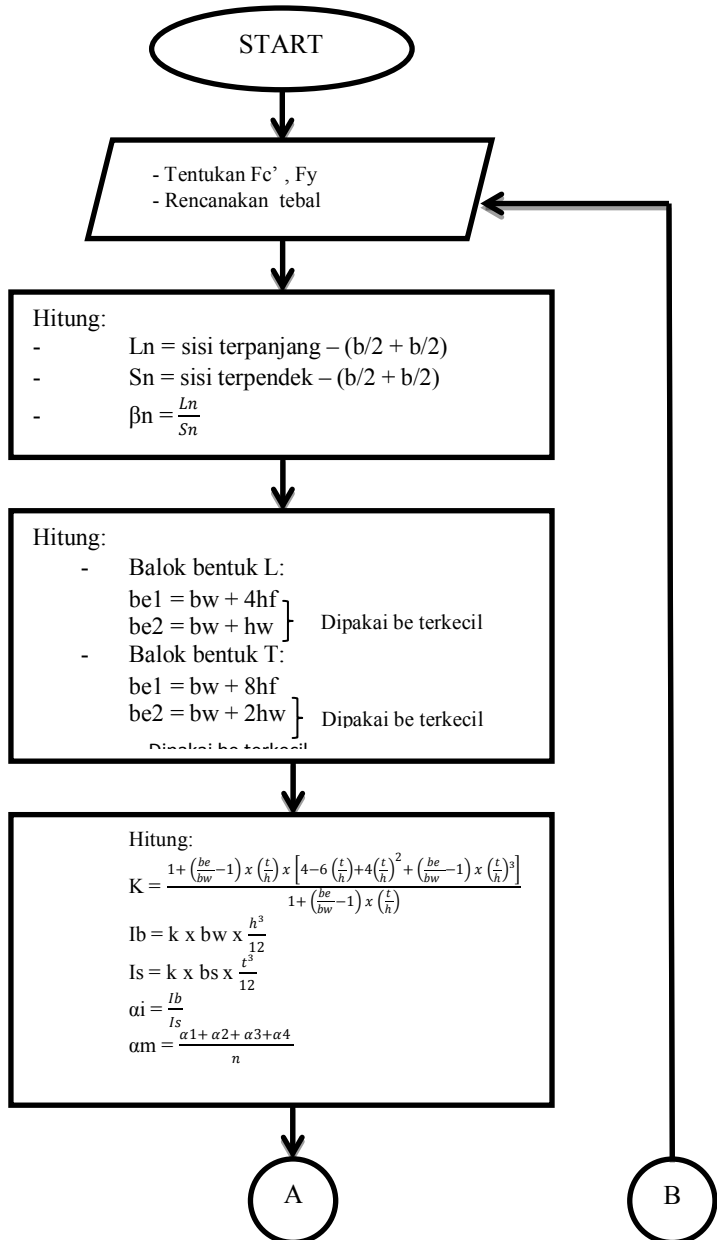
Maka direncanakan dimensi **Sloof 2** dengan ukuran **40/60**.

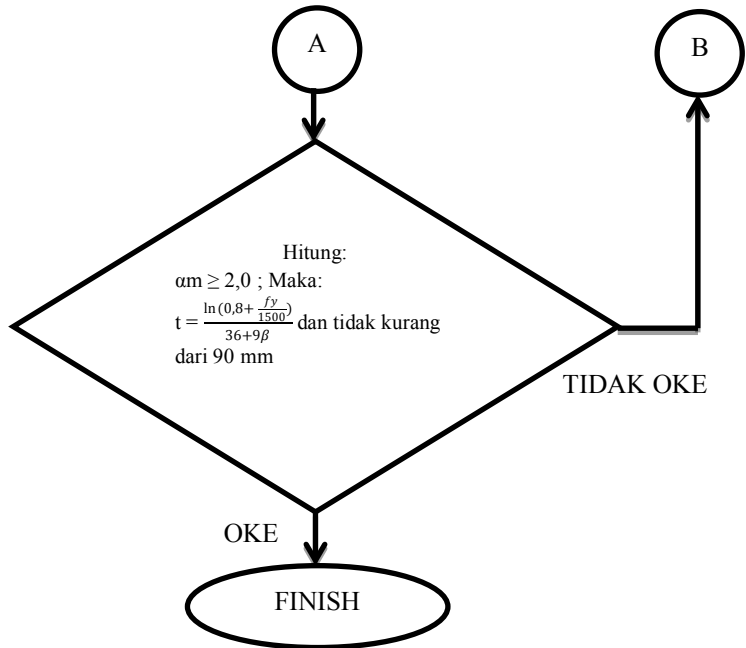
d. Hasil Akhir Gambar Perencanaan:



Gambar 4. 12 Dimensi Penampang Sloof 2

4.1.4. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai



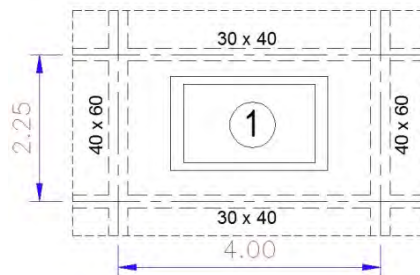


Gambar 4. 13 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Pelat Lantai

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi pelat lantai dalam perencanaan dimensi struktur gedung *Mess Atlet – Office B* adalah sebagai berikut:

1. Pelat 1

- a. Data-data Perencanaan:
- Tipe pelat : A1
 - Kuat tekan beton (f_c') : 25 MPa
 - Kuat leleh tulangan (f_y) : 240 MPa
 - Rencana tebal pelat : 12 cm
 - Bentang pelat sumbu panjang (L_n) : 400 cm
 - Bentang pelat sumbu pendek (S_n) : 225 cm
 - Balok 1 (B1) : 40/60 cm
 - Balok 2 (B3) : 30/40 cm
 - Balok 3 (B1) : 40/60 cm
 - Balok 4 (B3) : 30/40 cm
- b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4. 14 Denah Perencanaan Pelat Lantai (A1)

- c. Perhitungan Perencanaan:
- Bentang bersih pelat sumbu panjang

$$\begin{aligned} L_n &= 400 - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) \\ &= 360 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek

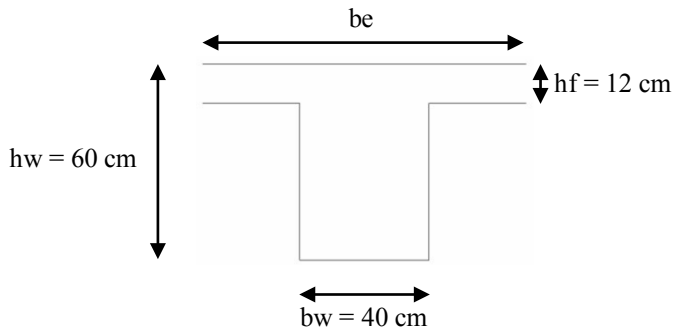
$$\begin{aligned} S_n &= 225 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) \\ &= 195 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka, berdasarkan SNI 10-2847-2002 pasal 15.6.1.2:

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{360}{195}$$

$$= 1,846 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

- **Balok 40/60, $S_n = 225 \text{ cm}$**



Gambar 4. 15 Sketsa Balok-T

Lebar efektif balok:

$$\begin{aligned} Be &= bw + 2 hb \\ &= 40 + 2 (60-12) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

ambil terkecil = 136 cm

Faktor Modifikasi:

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

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

$$K = 1,53$$

Momen Inersia Penampang T:

$$I_b = k x \frac{1}{12} x b x h^3$$

$$I_b = 1,56 x \frac{1}{12} x 40 x 60^3$$

$$I_b = 1098478,7 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Pelat:

$$I_p = \frac{1}{12} x \text{ lebar pelat} x t^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} x 225 x 12^3$$

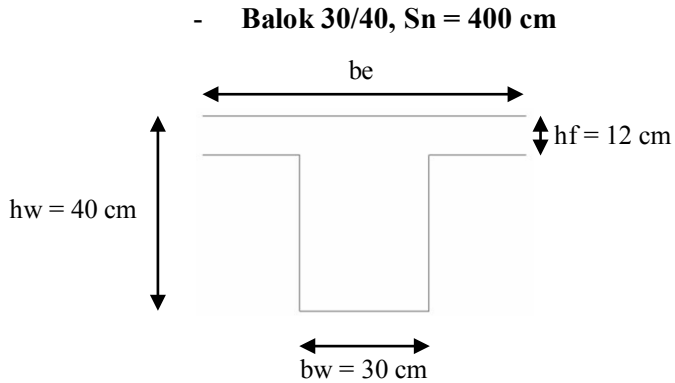
$$I_p = 32400 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat:

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

$$\alpha = \frac{1098478,7 \text{ cm}^4}{32400 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha = 33,9$$



Gambar 4. 16 Sketsa Balok-T

Lebar efektif balok:

$$\begin{aligned} Be &= bw + 2 hb \\ &= 30 + 2 (40-12) \\ &= 86 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Be &= bw + 8 hf \\ &= 30 + (8 \times 12) \\ &= 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

ambil terkecil = 86 cm

Faktor Modifikasi:

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

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

$$K = 1,28$$

Momen Inersia Penampang T:

$$I_b = k \times \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_b = 1,28 \times \frac{1}{12} \times 30 \times 40^3$$

$$I_b = 205351,385 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Pelat:

$$I_p = \frac{1}{12} \times \text{lebar pelat} \times t^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 400 \times 12^3$$

$$I_p = 57600 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekakuan Balok terhadap Pelat:

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

$$\alpha = \frac{205351,385 \text{ cm}^4}{57600 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha = 3,57$$

Dari perhitungan rasio kekakuan dari masing-masing balok terhadap pelat dapat diperoleh nilai rata-rata kekakuan balok terhadap pelat (α_m)

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

$$\alpha_m = 18,73$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 11.5.3.(c) tebal pelat untuk α_m lebih besar dari 2,0 (α_m)

$\geq 2,0$), ketebalan minimum tidak boleh melampaui:

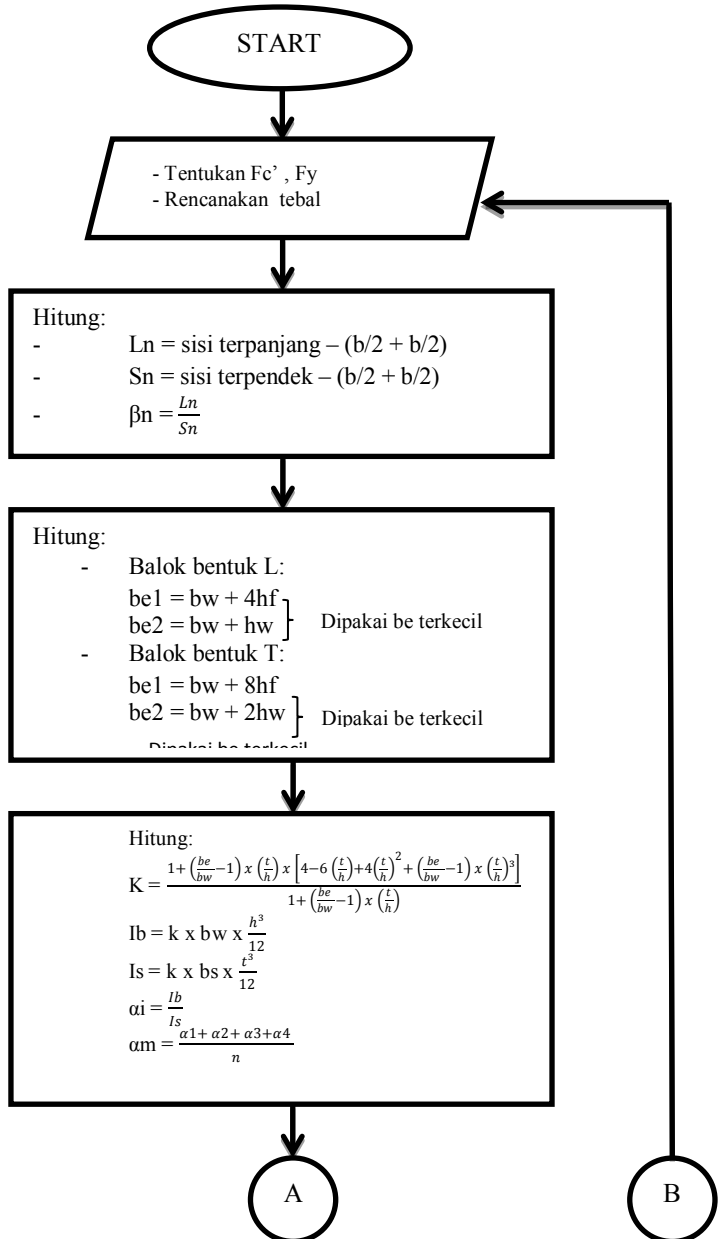
$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta}$$

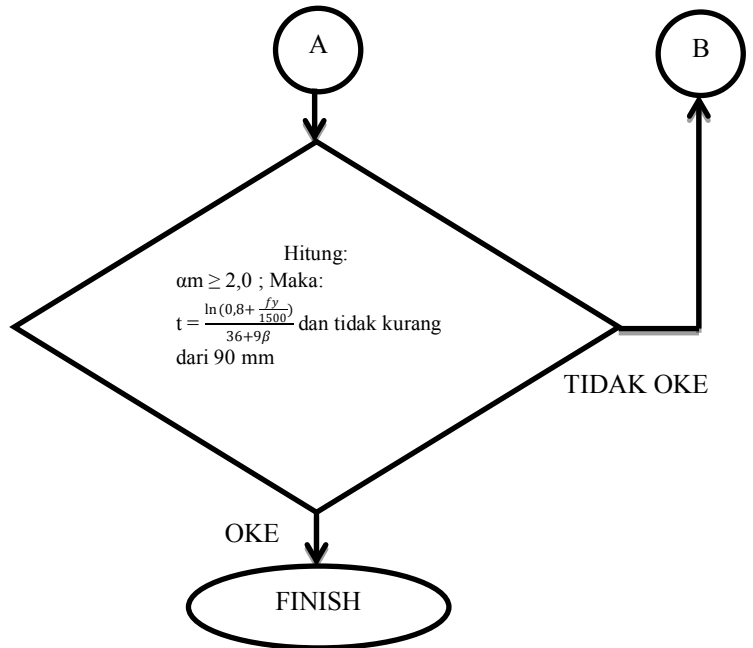
$$h = \frac{3600\left(0,8 + \frac{400}{1500}\right)}{36 + 9 \times 1,846}$$

$$h = 72,98 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$$

Maka, $h = 90$, sehingga rencana tebal pelat, **$h = 120 \text{ mm}$ memenuhi.**

4.1.5. Perencanaan Dimensi Pelat Tangga





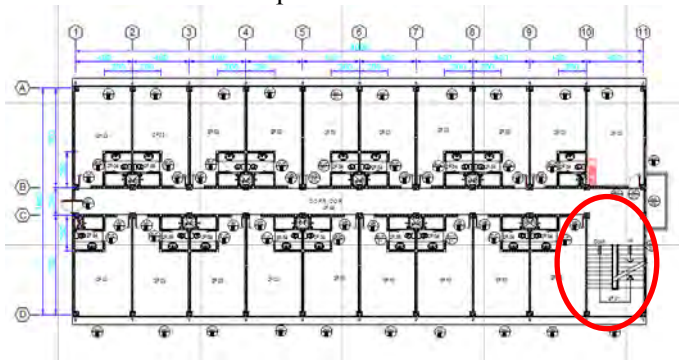
Gambar 4. 17 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Pelat Tangga

Adapun data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir perencanaan dimensi **Tangga Utama As (C'-D;10-11)** adalah sebagai berikut:

a. Data-data perencanaan:

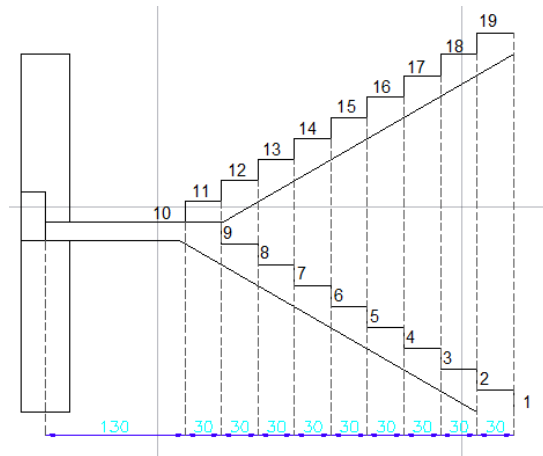
- As tangga : (C'-D;10-11)
- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 400 Mpa
- Ketinggian (h) : 320 cm
- Elevasi lantai : 320 cm
- Elevasi lantai bordes : 150 cm
- Bentang tangga : 400 cm
- Lebar bordes : 130 cm
- Lebar tangga : 270 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Tinggi injakan (t) : 17 cm

b. Gambar denah perencanaan:



Gambar 4. 18 Denah Pelat Tangga yang Ditinjau

○ → Posisi perencanaan tanggayang ditinjau.



Gambar 4. 19 Perencanaan Pelat Tangga

c. Perhitungan Perencanaan:

- Sudut kemiringan tangga:

$$\begin{aligned}\alpha &= \text{arc tan } t/i \\ &= \text{arc tan } 17/30 \\ &= 29,5^\circ\end{aligned}$$

- Syarat sudut kemiringan tangga:

$$\begin{aligned}25^\circ &\leq \alpha \leq 40^\circ \\ 25^\circ &\leq 29,5^\circ \leq 40^\circ \text{ [OKE]}\end{aligned}$$

- Syarat lebar injakan dan tinggi injakan:

$$\begin{aligned}60 \text{ cm} &\leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} &\leq 2 \cdot 17 + 30 \leq 65 \text{ cm} \\ 60 \text{ cm} &\leq 64 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm [OKE]}\end{aligned}$$

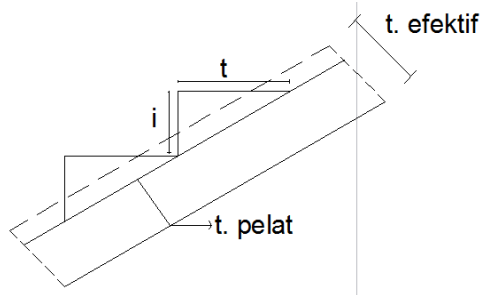
- Jumlah tanjakan:

$$\begin{aligned}N_t &= \frac{\text{tinggi pelat anak tangga}}{t} \\ &= \frac{150}{17} \\ &= 8,82 \\ &\approx 9 \text{ buah}\end{aligned}$$

- Jumlah injakan:

$$\begin{aligned} N_i &= nt - 1 \\ &= 9 - 1 \\ &= 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Tebal pelat tangga dan pelat bordes = 150 mm



Gambar 4. 20 Perencanaan Tebal Pelat Tangga & Bordes

- Tebal efektif pelat anak tangga:
Dengan perbandingan sudut pada segitiga, maka:

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 1 &= \frac{1}{2} \times i \times t \\ &= \frac{1}{2} \times 30 \times 17 \\ &= 255 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 2 &= \frac{1}{2} (\sqrt{i^2 + t^2}) \times d \\ &= \frac{1}{2} (\sqrt{30^2 + 17^2}) \times d \\ &= 17,24 \times d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persamaan } \Delta 1 : \Delta 2 &= 255 \text{ cm}^2 : 17,24 \times d \\ d &= 14,79118 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} d = 7,39 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal efektif pelat tangga} &= 15 \text{ cm} + 7,39 \text{ cm} \\ &= 23 \text{ cm} \end{aligned}$$

- d. Hasil akhir perencanaan:
Sehingga dari perhitungan diatas, dihasilkan dan direncanakan dimensi **tebal efektif pelat**

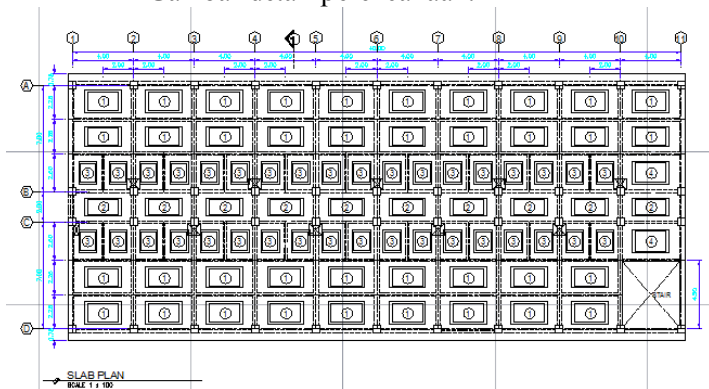
tangga = 23 cm, dan tebal pelat bordes 15 cm.

4.2. PEMBEBANAN STRUKTUR

4.2.1. Pembebanan Pelat Lantai

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: **1,2DL+1,6LL**.

- Pembebanan Pelat Lantai Gedung.
Gedung mess atlet ini berfungsi sebagai asrama atau tempat tinggal para atlet. Dimana pelat lantai tipikal dari lantai 1 hingga lantai 4. Sehingga untuk pembebanan pada pelat lantai dapat dilihat pada PPIUG'83 sesuai fungsinya.
- Beban Pelat Lantai Untuk Asrama:
 - Gambar detail perencanaan:



Gambar 4. 21 Denah Pembebanan Pelat Lantai

- Berat mati:
 1. Berat pelat (12cm)
: $0,12 \times 2400$ = 288 kg/m²
 2. Berat spesi (2cm)
: 2×21 = 42 kg/m²
(PPIUG'83 tbl. 2. 1.)
 3. Berat keramik (1cm)
: 1×24 = 24 kg/m²
(PPIUG'83 tbl. 2.1.)
 4. Berat penggantung
= 7 kg/m²
(PPIUG'83 tbl. 2.1.)
 5. Berat plafond
= 11 kg/m²
(PPIUG'83 tbl. 2.1.)
 6. MEP : Asumsi
= 40 kg/m²

qDL = 412 kg/m²

- Beban hidup:
 1. Berat hidup lantai gedung asrama
qLL = 250 kg/m²
(PPIUG'83 tbl. 3.1.)

- Beban *ultimate* rencana:

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

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.2.1)

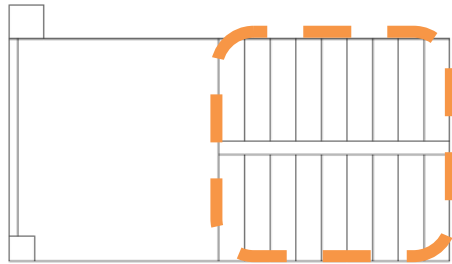
$$= (1,2 \times 412) + (1,6 \times 250)$$

$$= \mathbf{894,4 \text{ kg/m}^2}$$

4.2.2. Pembebanan Tangga

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: **1,2DL+1,6LL.**

- Pembebanan Pelat Anak Tangga
 - Gambar denah perencanaan:



Gambar 4. 22 Denah Pembebanan Pelat Anak Tangga

- Beban mati:
 1. Berat spesi (2cm)
: 2×21 = 42 kg/m²
➔ (PPIUG'83 tbl. 2.1.)
 2. Berat keramik (1cm)
: 1×24 = 24 kg/m²
➔ (PPIUG'83 tbl. 2.1.)
 3. Berat anak tangga (0,07m)
: $0,07 \times 2400$ = 177 kg/m²
 4. Berat railing tangga
: (Asumsi) = 20 kg/m²

$$q_{DL} = 263 \text{ kg/m}^2$$

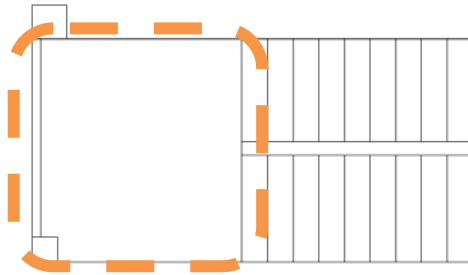
- Beban hidup:
 1. Beban hidup tangga

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

(PPIUG'83 tbl. 3.1.)

- Pembebanan Pelat Bordes:

- Gambar denah perencanaan:



Gambar 4. 23 Denah Pembebanan Pelat Bordes

- Beban mati:
 1. Berat spesi (2cm)

$$: 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$$

(PPIUG'83 tbl. 2.1.)

2. Berat keramik (1cm)

$$: 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{DL} = 66 \text{ kg/m}^2$$

- Beban hidup:
 1. Beban hidup tangga

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

(PPIUG'83 tbl. 3.1.)

4.2.3. Pembebanan Dinding

Komponen dinding pada perencanaan struktur direncanakan tidak dimodelkan dalam permodelan SAP 2000 sehingga beban dinding harus dibebankan pada komponen struktur yang berada diatas sisi komponen struktur balok.

Pembebanan yang ada pada komponen dinding disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983). Maka menurut peraturan tersebut, digunakan beban mati pasangan dinding setengah bata yaitu sebesar 250 kg/m^2 .

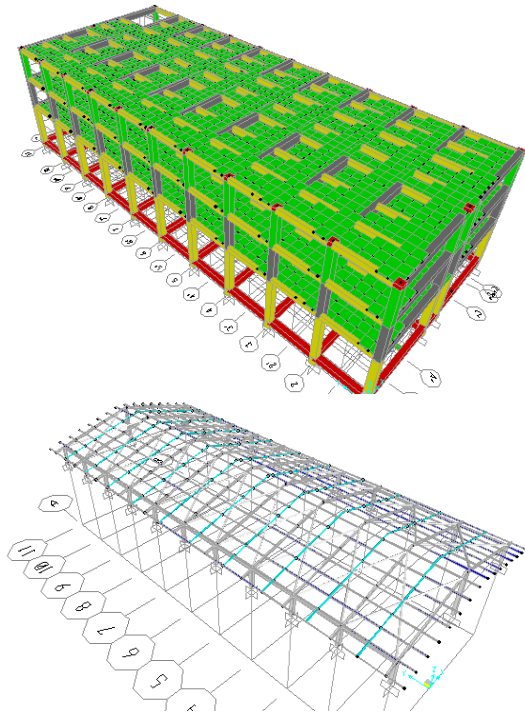
- Tinggi dinding tiap lantai:
 - Lantai 1 : 4,2 m
 - Lantai 2 : 3,1 m
 - Lantai 3 : 3,1 m
- Perhitungan beban dinding:
 - Beban merata dinding lantai 1:
 - $q = H_{\text{dinding}} \times 250 \text{ kg/m}^2$
 - $q = 4,2 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$
 - $q = 1050 \text{ kg/m}$
 - Beban merata dinding lantai 2:
 - $q = H_{\text{dinding}} \times 250 \text{ kg/m}^2$
 - $q = 3,1 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$
 - $q = 775 \text{ kg/m}$
 - Beban merata dinding lantai 3:
 - $q = H_{\text{dinding}} \times 250 \text{ kg/m}^2$
 - $q = 3,1 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$
 - $q = 775 \text{ kg/m}$

4.3. PERHITUNGAN BEBAN GEMPA

4.3.1. Permodelan Struktur

Perhitungan struktur menggunakan program bantu SAP 2000. Perhitungan struktur ini menggunakan analisis Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

Sistem struktur dari balok, kolom dan sloof dimodelkan sebagai rangka ruang dengan perletakkan jepit pada dasar kolom, sedangkan pelat dimodelkan sebagai *shell* yang akan dipikul oleh balok. Perencanaan terhadap gempa akan dianalisis dengan metode statik ekuivalen.



Gambar 4. 24 Permodelan Struktur 3D

4.3.2. Pembebanan

Struktur dibebani oleh beban hidup dan beban mati yang berasal dari lantai, berat dinding, berat struktur sendiri dan beban gempa. Beban mati (beban lantai dan beban dinding) dan hidup dikelompokkan di dalam beban grafitasi yang dipikul oleh balok. Sedangkan untuk beban gempa termasuk dalam beban horisontal yang diterima oleh struktur pada masing-masing tingkat yang kemudian diteruskan ke pondasi.

Kombinasi pembebanan menurut *SNI 03-2847-2002 pasal 11.2* adalah sebagai berikut:

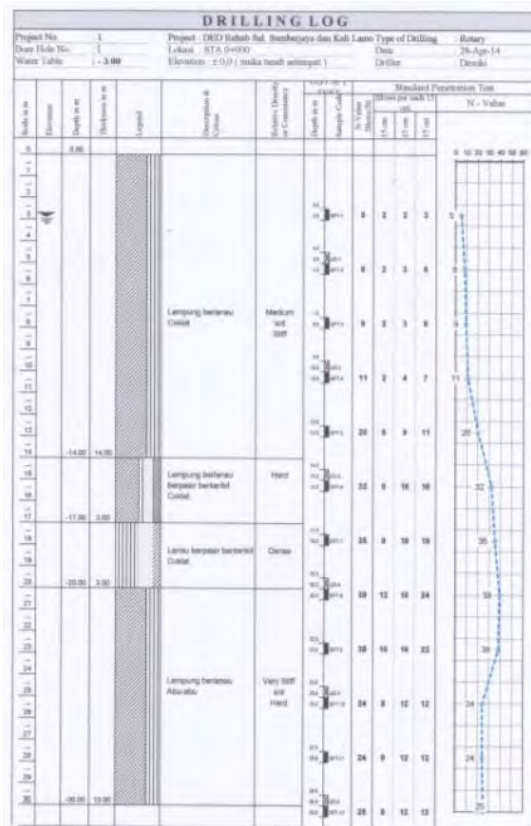
- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 1,0 LL \pm 1,6 W
- 1,2 DL + 1,0 LL \pm 1,0 E
- 0,9 DL \pm 1,6 W
- 0,9 DL \pm 1,0 E

4.3.3. Perhitungan Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menggunakan analisa statik ekuivalen, dimana gaya geser dasar nominal harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban gempa nominal statik ekuivalen pada gedung yang beraturan.

Adapun langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut:

- a. Menentukan Klasifikasi Situs Tanah



Gambar 4. 25 Data Tanah yang Ditinjau

Lapisan ke- <i>i</i>	Tebal Lapisan (<i>d_i</i>) (m)	Deskripsi Jenis Tanah	Nilai N-SPT
1	14	Lempung Berlanau Coklat	10,6
2	3	Lempung Berlanau Berpasir Berkerikil Coklat	32
3	3	Lanau Berpasir	35

		Berkerikil Coklat	
4	10	Lempung Berlanau Abu-abu	30

dimana:

d_i = Tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter

$$\begin{aligned}\Sigma d_i &= d_1 + d_2 + d_3 \\ &= 14 \text{ m} + 3 \text{ m} + 3 \text{ m} + 10 \text{ m} \\ &= 30 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \frac{d_i}{N_i} &= \frac{d_1}{N_1} + \frac{d_2}{N_2} + \frac{d_3}{N_3} + \frac{d_4}{N_4} \\ &= \frac{14}{10,6} + \frac{3}{32} + \frac{3}{35} + \frac{10}{30} = 1,834 \text{ m}\end{aligned}$$

$$N = \frac{\Sigma d_i}{\Sigma \frac{d_i}{N_i}} = \frac{30 \text{ m}}{1,843 \text{ m}} = 16,36$$

maka, klasifikasi situs termasuk kelas situs SD (tanah sedang) dengan nilai $15 < N < 50$

b. Periode Fundamental Pendekatan (T)

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

(SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2.1)

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75

Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Tabel 4. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_i dan x

$$T = 0,0466 \times 10,4^{0,9}$$

$$= 0.383 \text{ dt}$$

- c. Menentukan Nilai S_S
 S_S merupakan percepatan batuan dasar pada periode pendek.
 $S_S = 0,4$ (Kota Surabaya)
(Peta Hazard Gempa Indonesia 2010)
- d. Menentukan Nilai S_1
 S_1 merupakan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik.
 $S_1 = 0,1$ (Kota Surabaya)
(Peta Hazard Gempa Indonesia 2010)
- e. Menentukan Koefisien Situs untuk Periode Pendek (F_a)

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

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat dilakukan interpolasi linier,
 (b) SS = Situs yang menentukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1.

Tabel 4. 2 Koefisien Situs, F_a

$$F_a = 1,6$$

- f. Menentukan Koefisien Situs untuk Periode Panjang (F_v)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_I				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_I dapat dilakukan interpolasi linier,
 (b) SS = Situs yang menentukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1.

Tabel 4. 3 Koefisien Situs, F_v

$$F_v = 2,2$$

- g. Parameter Spektrum Respons Percepatan pada Periode Pendek (S_{MS})

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

(SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 persamaan (5))

$$S_{MS} = 1,6 \times 0,4 = 0,63$$

- h. Parameter Spektrum Respons Percepatan pada Periode 1 Detik (S_{M1})

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

(SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 persamaan (6))

$$S_{M1} = 2,2 \times 0,1 = 0,22$$

- i. Menghitung Parameter Percepatan Spektral Desain untuk Periode Pendek (S_{DS})

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

(SNI 03-1726-2012 pasal 6.3 persamaan (7))

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 0,63 = 0,42$$

- j. Menghitung Parameter Percepatan Spektral Desain untuk Periode 1 Detik (S_{D1})

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

(SNI 03-1726-2012 pasal 6.3 persamaan (8))

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0,22 = 0,15$$

- k. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Berdasarkan fungsi bangunan gedung yaitu sebagai gedung asrama, sehingga berdasarkan **tabel 2 SNI 03-1726-2012**, didapatkan nilai $I_e = 1$.

Kategori Risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Tabel 4. 4 Faktor Keutamaan Gempa

- l. Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan menggunakan SRPMM. Sehingga berdasarkan **tabel 9 SNI 03-1726-2012**, didapatkan nilai faktor reduksi gempa, $R = 5$.

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembebanan defleksi, C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
C. Sistem rangka pemikul momen								
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

Tabel 4. 5 Faktor R, C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

- m. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik (V)

$$V = C_s W$$

(SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1)

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

(SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1 persamaan (22))

$$C_s = \frac{0,42}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0,084$$

Nilai C_s yang dihitung tidak perlu melebihi:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

(SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1 persamaan (23))

$$C_s = \frac{0,15}{0,383\left(\frac{5}{1}\right)} = 0,076$$

Namun, C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

(SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1 persamaan (24))

$$C_s = 0,044 \times 0,42 \times 1 = 0,01848 \geq 0,01$$

Dengan demikian, C_s yang digunakan adalah = **0,084**.

n. Berat Bangunan (W)

W_0

NO	KET	BERAT (kg)
1	Kolom lt. 1 (2,1m x 0,5m x 0,5m x 2400 kg/m ³) x 44	35481,6
2	Sloof (0,6m x 7m x 0,4m x 2400 kg/m ³) x 22	88704
3	Sloof (0,6m x 4m x 0,4m x 2400 kg/m ³) x 40	92160
4	Sloof (0,3m x 2m x 0,2m x 2400 kg/m ³) x 10	2880
5	Sloof (0,3m x 2,5m x 0,2m x 2400 kg/m ³) x 8	2880
6	Sloof (0,3m x 2,1m x 0,2m x 2400 kg/m ³) x 1	302,4
7	Spesi 2 cm (4m x 2,25m x 42 kg/m ²) x 38	14364
8	Spesi 2 cm (4m x 2m x 42 kg/m ²) x 10	3360
9	Spesi 2 cm (2m x 2,5m x 42 kg/m ²) x 18	3780
10	Spesi 2 cm (4m x 2,5m x 42 kg/m ²) x 1	420
11	Keramik 1 cm (4m x 7m x 24 kg/m ²) x 19	12768
12	Keramik 1 cm (4m x 2m x 24 kg/m ²) x 1	1920
13	Dinding (2,1m x 4m x 250 kg/m ²) x 39	81900
14	Dinding (2,1m x 7m x 250 kg/m ²) x 17	62475
15	Dinding (2,1m x 2,5m x 250 kg/m ²) x 8	10500
16	Dinding (2,1m x 2m x 250 kg/m ²) x 10	10500
TOTAL		424395

W_1

NO	KET	BERAT (kg)
1	Kolom lt. 1 & 2 (3,65m x 0,5m x 0,5m x 2400 kg/m ³) x 44	96360
2	Balok (0,4m x 4m x 0,3m x 2400 kg/m ³) x 79	91008

3	Balok (0,6m x 7m x 0,4m x 2400 kg/m ³) x 22	88704
4	Balok (0,6m x 2m x 0,4m x 2400 kg/m ³) x 11	12672
5	Balok (0,2m x 2,5m x 0,15m x 2400 kg/m ³) x 18	3240
6	Balok Bordes (0,4m x 2m x 0,3m x 2400 kg/m ³) x 1	576
7	Spesi 2 cm (7m x 4m x 42 kg/m ²) x 19	22344
8	Spesi 2 cm (4m x 2m x 42 kg/m ²) x 10	3360
9	Keramik 1 cm (4m x 7m x 24 kg/m ²) x 19	12768
10	Keramik 1 cm (40m x 2m x 24 kg/m ²) x 1	1920
11	Pelat Lantai (0,12m x 7m x 4m x 2400 kg/m ³) x 19	153216
12	Pelat Lantai (0,12m x 40m x 2m x 2400 kg/m ³) x 1	23040
13	Dinding (2,1m x 4m x 250 kg/m ²) x 39	81900
14	Dinding (2,1m x 7m x 250 kg/m ²) x 17	62475
15	Dinding (2,1m x 2,5m x 250 kg/m ²) x 8	10500
16	Dinding (2,1m x 2m x 250 kg/m ²) x 10	10500
17	Dinding (1,55m x 4m x 250 kg/m ²) x 39	60450
18	Dinding (1,55m x 7m x 250 kg/m ²) x 22	59675
19	Dinding (1,55m x 2,5m x 250 kg/m ²) x 18	17437,5
20	Dinding (1,55m x 2m x 250 kg/m ²) x 18	13950
21	Plafond + Penggantung (40m x 16m x 18 kg/m ²) x 1	11520
22	ME dan Plumbing (40m x 16m x 40 kg/m ²) x 1	25600
23	Beban Hidup (Asrama)(40m x 16m x 250 kg/m ² x 0,3)	48000
TOTAL		909116

W₂

NO	KET	BERAT (kg)
1	Kolom lt. 2 & 3 (3,1m x 0,5m x 0,5m x 2400	81840

	kg/m^3) x 44	
2	Balok (0,4m x 4m x 0,3m x 2400 kg/m^3) x 79	91008
3	Balok (0,6m x 7m x 0,4m x 2400 kg/m^3) x 22	88704
4	Balok (0,6m x 2m x 0,4m x 2400 kg/m^3) x 11	12672
5	Balok (0,2m x 2,5m x 0,15m x 2400 kg/m^3) x 18	3240
6	Balok Bordes (0,4m x 2m x 0,3m x 2400 kg/m^3) x 1	576
7	Spesi 2 cm (7m x 4m x 42 kg/m^2) x 19	22344
8	Spesi 2 cm (4m x 2m x 42 kg/m^2) x 10	3360
9	Keramik 1 cm (4m x 7m x 24 kg/m^2) x 19	12768
10	Keramik 1 cm (40m x 2m x 24 kg/m^2) x 1	1920
11	Pelat Lantai (0,12m x 7m x 4m x 2400 kg/m^3) x 19	153216
12	Pelat Lantai (0,12m x 40m x 2m x 2400 kg/m^3) x 1	23040
13	Dinding (3,1m x 4m x 250 kg/m^2) x 39	120900
14	Dinding (3,1m x 7m x 250 kg/m^2) x 22	119350
15	Dinding (3,1m x 2,5m x 250 kg/m^2) x 18	34875
16	Dinding (3,1m x 2m x 250 kg/m^2) x 18	27900
17	Plafond + Penggantung (40m x 16m x 18 kg/m^2) x 1	11520
18	ME dan Plumbing (40m x 16m x 40 kg.m^2) x 1	25600
19	Beban Hidup (Asrama)(40m x 16m x 250 kg/m^2 x 0,3)	48000
TOTAL		882833

W₃

NO	KET	BERAT (kg)
1	Kolom lt. 3 (1,55m x 0,5m x 0,5m x 2400 kg/m^3) x 44	26188,8
2	Balok (0,4m x 4m x 0,3m x 2400 kg/m^3) x 79	91008
3	Balok (0,6m x 7m x 0,4m x 2400 kg/m^3) x 22	88704

4	Balok (0,6m x 2m x 0,4m x 2400 kg/m ³) x 11	12672
5	Balok Bordes (0,4m x 2m x 0,3m x 2400 kg/m ³) x 1	576
6	Spesi 2 cm (3,6m x 1,6m x 42 kg/m ²) x 1	241,92
7	Spesi 2 cm (0,4m x 0,9m x 42 kg/m ²) x 1	15,12
8	Keramik 1 cm (3,6m x 1,6m x 24 kg/m ²) x 1	138,24
9	Keramik 1 cm (0,4m x 0,9m x 24 kg/m ²) x 1	8,64
10	Pelat Lantai (0,12m x 4m x 9m x 2400 kg/m ³) x 1	10368
11	Pelat Lantai (0,12m x 36m x 16m x 2400 kg/m ³) x 1	165888
12	Dinding (1,55m x 4m x 250 kg/m ²) x 39	60450
13	Dinding (1,55m x 7m x 250 kg/m ²) x 22	59675
14	Dinding (1,55m x 2,5m x 250 kg/m ²) x 18	17437,5
15	Dinding (1,55m x 2m x 250 kg/m ²) x 18	13950
16	Plafond + Penggantung (40m x 16m x 18 kg/m ²) x 1	11520
17	ME dan Plumbing (40m x 16m x 40 kg/m ²) x 1	25600
18	Beban Hidup (Asrama)(40m x 16m x 250 kg/m ² x 0,3)	48000
TOTAL		720510

Tabel 4. 6 Berat Bangunan per Lantai

$$\begin{aligned}
 W_t &= \sum W_0 + \sum W_1 + \sum W_2 + \sum W_3 \\
 &= 424395 \text{ kg} + 909116 \text{ kg} + 882833 \text{ kg} + \\
 &\quad 720510 \text{ kg} \\
 &= 2936853,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- o. Gaya Geser Dasar Gempa (V).

$$V = C_s \times W_t$$

(SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1 persamaan (21))

$$V = 0,084 \times 2936853,2 \text{ kg} = 246695,665 \text{ kg}$$

- p. Gaya Geser yang Disebarkan di Sepanjang Tingkat Bangunan (F_i).

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

dimana:

	W_i	h_i	$W_i \times h_i$
0	424395	0	0
1	909116	4.2	3818285
2	882833	7.3	6444681
3	720510	10.4	7493300
$\Sigma W_i \times h_i$			17756266

Tabel 4. 7 Berat Bangunan x Tinggi antar tingkat

$$F_0 = \frac{W_0 \times h_0}{\Sigma(W_0 \times h_0)} \times V$$

$$= \frac{0 \text{ kgm}}{17756266 \text{ kgm}} \times 246695,665 \text{ kg} = 0 \text{ kg}$$

$$F_1 = \frac{W_1 \times h_1}{\Sigma(W_1 \times h_1)} \times V$$

$$= \frac{3818285 \text{ kgm}}{17756266 \text{ kgm}} \times 246695,665 \text{ kg}$$

$$= 53049,124 \text{ kg}$$

$$F_2 = \frac{W_2 \times h_2}{\Sigma(W_2 \times h_2)} \times V$$

$$= \frac{6444681 \text{ kgm}}{17756266 \text{ kgm}} \times 246695,665 \text{ kg}$$

$$= 89538,803 \text{ kg}$$

$$F_3 = \frac{W_3 \times h_3}{\Sigma(W_3 \times h_3)} \times V$$

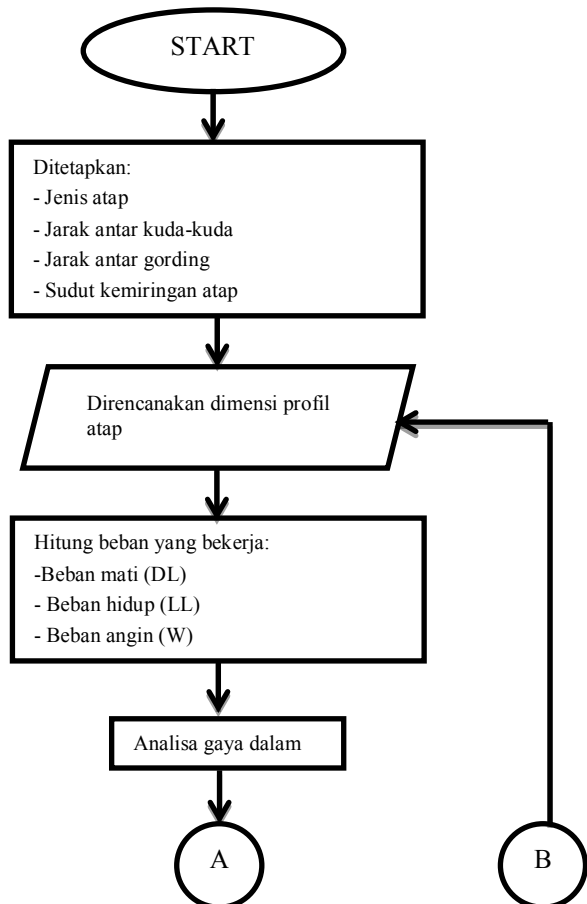
$$= \frac{7493300 \text{ kgm}}{17756266 \text{ kgm}} \times 246695,665 \text{ kg}$$

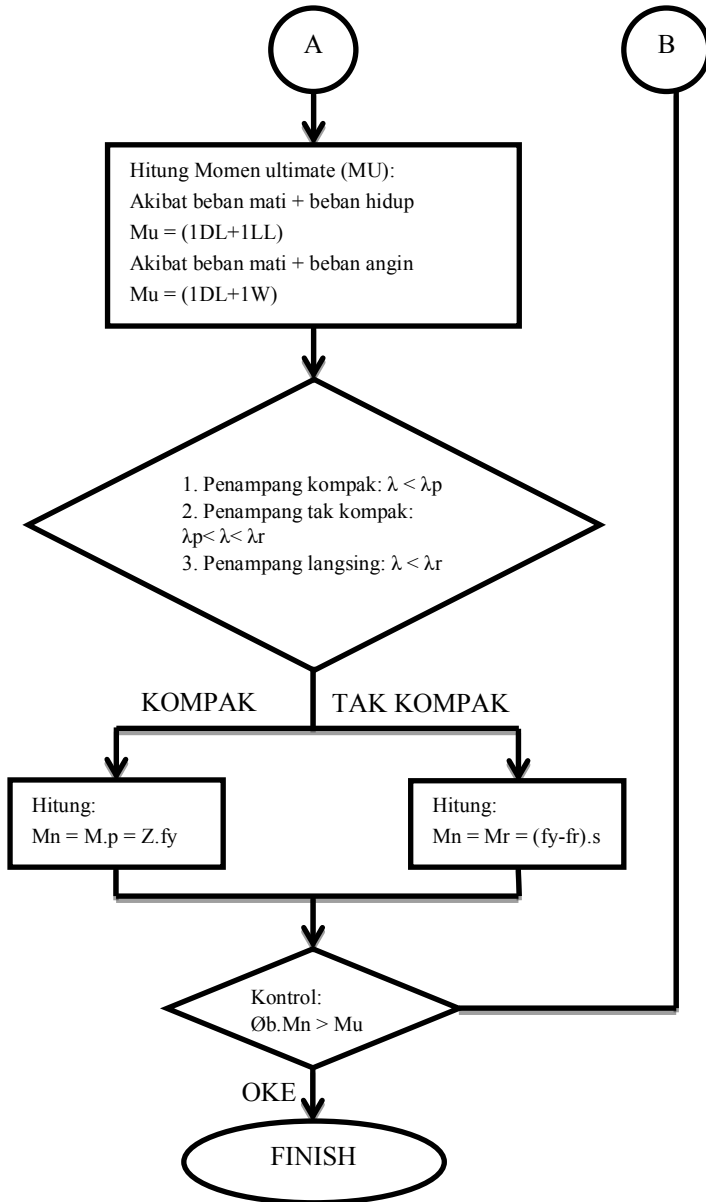
$$= 104107,738 \text{ kg}$$

4.4. PERHITUNGAN STRUKTUR ATAP

Atap sebagai bagian dari struktur bangunan yang berada pada posisi atas, harus mampu mentransfer beban dan gaya, yang berubah akibat hujan dan/ atau angin, ke struktur yang berada di bawahnya.

Komponen struktur baja selain dirancang untuk kuat menahan beban dari struktur atap diharapkan juga mampu melindungi komponen struktur lain yang berada di bawahnya dari pengaruh lingkungan yang dapat merusak ketahanan komponen struktur.

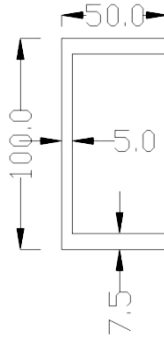




Gambar 4. 26 Diagram Alir Perencanaan Struktur Atap

4.4.1. Perhitungan Gording

Gording adalah komponen struktur atap yang berfungsi sebagai penghubung antara satu kuda-kuda dengan kuda-kuda yang lain. Gording yang digunakan adalah profil baja kanal. Dibawah ini adalah perhitungan perencanaan gording:



Gambar 4. 27 Penampang Gording

- **Data Perencanaan Gording :**

Jarak antar kuda-kuda = 5 m = 5000 cm

Direncanakan dimensi gording dari profil C
100.50.5.7.5

Berat sendiri = 9,36 kg/m

Momen Inersia (I_x) = 189 cm⁴

Momen Inersia (I_y) = 26,9 cm⁴

Section Modulus (W_x) = 37,8 cm³

Section Modulus (W_y) = 7,82 cm³

Radius of Gyration (i_x) = 3,98 cm

Radius of Gyration (i_y) = 1,50

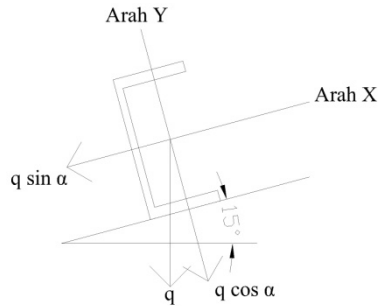
Section Area (A) = 11,92

Mutu Baja, BJ 37 = $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

= $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

- **Pembebanan pada Gording**

Beban yang mengenai atap arahnya tegak lurus terhadap sudut kemiringan atap, sehingga untuk perhitungannya diperlukan nilai resultan.



Gambar 4. 28 Proyeksi Gaya pada Gording

Arah x adalah arah yang sejajar dengan kemiringan atap, sedangkan arah y adalah arah tegak lurus terhadap sudut kemiringan atap. Dalam perhitungan gording ini, digunakan asumsi bahwa M_x adalah momen yang terjadi akibat beban dari arah x, serta momen ini bekerja tegak lurus sumbu x dan mengitari sumbu y. Sebaliknya, M_y adalah momen yang terjadi akibat beban dari arah y, serta momen ini bekerja tegak lurus sumbu y dan mengitari sumbu x.

- **Perhitungan Beban pada Gording**

- a. **Beban Mati (q_D)**

1. Berat penutup atap asbes gelombang
 $11 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m} = 13,2 \text{ kg/m}$
2. Berat Gording
 $= 9,36 \text{ kg/m} +$
 $= 22,56 \text{ kg/m}$
3. Lain-lain (berat lain-lain diasumsikan 10% dari beban yang terjadi)

$$22,56 \text{ kg/m} \times 10\% = 2,256 \text{ kg/m} +$$

$$q_D \text{ TOTAL} = 24,82 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah x} = q_{Dx} = q_{D \text{ TOTAL}} \times \sin \alpha$$

$$= 24,82 \times \sin 15^\circ$$

$$= 6,423 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah y} = q_{Dy} = q_{D \text{ TOTAL}} \times \cos \alpha$$

$$= 24,82 \times \cos 15^\circ$$

$$= 23,97 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup (q_L)

- Beban hidup terbagi rata (air hujan)
Berdasarkan PPIUG 1983 pasal 3.2.2a :

$$q_L = (40 - 0,8 \alpha) \leq 20$$

$$= (40 - 0,8 \times 15^\circ) \leq 20$$

$$= 28 \text{ kg/m}^2, \text{ maka } q_L = 20 \text{ kg/m}^2$$

Maka beban air hujan :

$$20 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah x} = q_{Lx} = q_L \times \sin \alpha$$

$$= 24 \text{ kg/m} \times \sin 15^\circ$$

$$= 6,212 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah y} = q_{Ly} = q_L \times \cos \alpha$$

$$= 24 \text{ kg/m} \times \cos 15^\circ$$

$$= 23,18 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup terpusat (P_L)
Berdasarkan PPIUG 1983 pasal 3.2.2b :
Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg
 $P_L = 100 \text{ kg}$

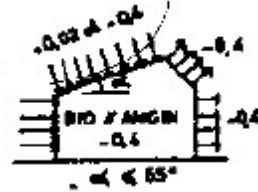
$$\text{Arah x} = P_x = P_L \times \sin \alpha$$

$$= 100 \text{ kg} \times \sin 15^\circ$$

$$\begin{aligned}
 &= 25,88 \text{ kg} \\
 \text{Arah } y = P_y &= P_L \times \cos \alpha \\
 &= 100 \text{ kg} \times \cos 15^\circ \\
 &= 96,59 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Beban Angin

Berdasarkan PPIUG 1983 pasal 4.1, besarnya tekanan angin ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup (w) dengan koefisien angin (c). Besarnya tekanan tiup angin menurut PPIUG 1983 pasal 4.2 adalah $w = 25 \text{ kg/m}^2$, sedangkan nilai koefisien menurut PPIUG 1983 pasal 4.3 adalah sebagai berikut:



$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien } w \text{ tekan} &= 0,02 \alpha - 0,4 \\
 &= (0,02 \times 15^\circ) - 0,4 \\
 &= -0,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W \text{ tekan} &= -0,1 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m} \\
 &= -3 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arah } x &= 3 \text{ kg/m} \times \sin \alpha \\
 &= 3 \text{ kg/m} \times 15^\circ \\
 &= 0,776 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

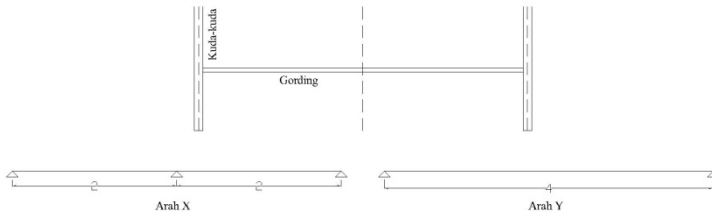
$$\begin{aligned}
 \text{Arah } y &= 3 \text{ kg/m} \times \cos \alpha \\
 &= 3 \text{ kg/m} \times \cos 15^\circ \\
 &= 2,898 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan struktur atap gedung tertutup, maka beban angin hisap dapat diabaikan sesuai PPIUG 1983 pasal 4.4, maka digunakan angin tekan yaitu :

$$q_x = 0,776 \text{ kg/m}$$

$$q_y = 2,898 \text{ kg/m}$$

• Perhitungan Momen Gording



Gambar 4. 29 Model Mekanika

Untuk memperkecil nilai lendutan pada arah x gording, maka dipasang penggantung gording. Pada perhitungan ini, direncanakan dipasang penggantung gording sejumlah 1 buah.

a. Akibat Beban Mati

Momen yang terjadi akibat beban mati

$$MD_x = \frac{1}{8} \times q_{Dy} \times \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

$$MD_x = \frac{1}{8} \times 6,423 \text{ kg/m} \times \left(\frac{4 \text{ m}}{2}\right)^2$$

$$= 3,211 \text{ kg.m}$$

$$MD_y = \frac{1}{8} \times q_{Dy} \times (L)^2$$

$$MD_y = \frac{1}{8} \times 23,97 \text{ kg/m} \times (4 \text{ m})^2$$

$$= 47,94 \text{ kg.m}$$

b. Akibat Beban Hidup

- Akibat Beban Hujan (M_H)

Momen yang terjadi akibat beban hidup:

$$MH_x = \frac{1}{8} \times qlh_x \times \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

$$MH_x = \frac{1}{8} \times 6,212 \text{ kg/m} \times \left(\frac{4 \text{ m}}{2}\right)^2$$

$$= 3,211 \text{ kg.m}$$

$$MH_y = \frac{1}{8} \times q_l h_x \times (L)^2$$

$$MH_x = \frac{1}{8} \times 23,18 \text{ kg/m} \times (4 \text{ m})^2$$

$$= 46,36 \text{ kg.m}$$

- Akibat Beban Terpusat (M_{L_a})

$$P_L = L_a = 100 \text{ kg}$$

Maka momen yang terjadi:

$$ML_{ax} = \frac{1}{4} \times P_x \times \frac{L}{2}$$

$$ML_{ax} = \frac{1}{4} \times 25,88 \text{ kg} \times \frac{4 \text{ m}}{2}$$

$$= 12,94 \text{ kg.m}$$

$$ML_{ay} = \frac{1}{4} \times P_y \times L$$

$$ML_{ay} = \frac{1}{4} \times 96,59 \text{ kg} \times 4 \text{ m}$$

$$= 96,59 \text{ kg}$$

- c. Akibat Beban Angin Terbagi Rata (M_w)

$$q_w = 25 \text{ kg/m}^2$$

Maka momen yang terjadi:

$$M_{Wx} = \frac{1}{8} \times q_x \times \left(\frac{L}{2}\right)^2 = 0$$

$$M_{Wy} = \frac{1}{8} \times q_y \times (L)^2$$

$$M_{Wy} = \frac{1}{8} \times 2,898 \text{ kg/m} \times (4)^2$$

$$= 5,796 \text{ kg.m}$$

- **Perhitungan Momen Berfaktor Gording**

1. 1DL + 1LL

$$\begin{aligned} MU_x &= (1 \times 3,211 \text{ kg.m}) + (1 \times 12,94 \text{ kg.m}) \\ &= 16,15 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MU_y &= (1 \times 47,94 \text{ kg.m}) + (1 \times 96,59 \text{ kg.m}) \\ &= 144,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

2. 1DL + 1LL + 1W

$$\begin{aligned} MU_x &= (1 \times 3,211 \text{ kg.m}) + (1 \times 12,94 \text{ kg.m}) \\ &\quad + (1 \times 0) \\ &= 16,15 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MU_y &= (1 \times 47,94 \text{ kg.m}) + (1 \times 96,59 \text{ kg.m}) \\ &\quad + (1 \times 5,796 \text{ kg.m}) \\ &= 150,3 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, telah diketahui bahwa MU_x terbesar adalah = 16,15 kg.m dan MU_y terbesar adalah = 150,3 kg.m

- **Kontrol Kekuatan Gording Terhadap Tegangan**

$$\begin{aligned} \sigma_{ijin} &= 1,3 \times \sigma_{lt} = 1,3 \times 1600 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2080 \text{ kg/cm}^2 \text{ (PPBBI '84)} \end{aligned}$$

$$\sigma_{lt \text{ ytb}} = \frac{M_{tot}}{W} \leq \sigma_{ijin} = 2080 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} MU_x (1DL + 1LL + 1W) &= 16,15 \text{ kg.m} \\ &= 1615 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MU_y (1DL + 1LL + 1W) &= 150,32 \text{ kg.m} \\ &= 15032 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{lt \text{ ytb}} &= \frac{M_{tot}}{W} = \frac{M_x}{Z_y} + \frac{M_y}{Z_x} \\ &= \frac{1615 \text{ kg.cm}}{7,82 \text{ cm}^3} + \frac{15032 \text{ kg.cm}}{37,8 \text{ cm}^3} \\ &= 604,2 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$604,2 \text{ kg/cm}^2 \leq 2080 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

- **Kontrol Kekuatan Gording Terhadap Lendutan**

Batas lendutan maksimum arah vertikal untuk gording batang tunggal menerus (**PPBBI '83**)

$$f_{\text{maks}} = \frac{1}{180} L = \frac{1}{180} \times 400 \text{ cm} = 2,222 \text{ cm}$$

a. Besar Lendutan Arah x (Δx)

$$\Delta x = \frac{5}{384} \times \frac{qD_x \times (L_x)^4}{E \times I_y} + \frac{1}{48} \times \frac{P_x \times (L_x)^3}{E \times I_y}$$

Dimana:

Δ_x = lendutan arah x (cm)

qD_x = beban mati arah sumbu x (kg/cm)

L_x = bentang arah sumbu x (cm)

E = 2000000 (kg/cm²)

I_y = momen kelembaman pada sumbu y profil

P_x = beban hidup arah sumbu x (kg)

Sehingga,

$$\begin{aligned} \Delta x &= \frac{5}{384} \times \frac{0,06423 \times (200)^4}{2000000 \times 26,9} + \frac{1}{48} \times \frac{25,8819 \times (200)^3}{2000000 \times 26,9} \\ &= 0,105051 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Besar Lendutan Arah y (Δy)

$$\Delta y = \frac{5}{384} \times \frac{qD_y \times (L_y)^4}{E \times I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_y \times (L_y)^3}{E \times I_x}$$

Dimana:

Δ_y = lendutan arah y (cm)

qD_y = beban mati arah sumbu y (kg/cm)

L_y = bentang arah sumbu y (cm)

E = 2000000 (kg/cm²)

I_x = momen kelembaman pada sumbu x profil

P_y = beban hidup arah sumbu y (kg)

Sehingga,

$$\Delta y = \frac{5}{384} \times \frac{0,4794 \times (400)^4}{2000000 \times 189} + \frac{1}{48} \times \frac{96,59 \times (400)^3}{2000000 \times 189}$$

$$= 0,7634 \text{ cm}$$

- c. Besar Resultan Lendutan Arah x (Δx) dan Lendutan Arah y (Δy)

$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$\Delta = \sqrt{(0,105051 \text{ cm})^2 + (0,7634 \text{ cm})^2}$$

$$= 0,771 \text{ cm}$$

Syarat lendutan:

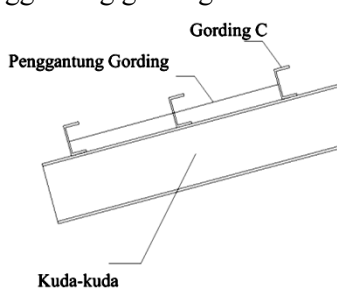
$$\Delta < \Delta_{ijin}$$

$$0,771 \text{ cm} < 2,222 \text{ cm} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka, dalam perencanaan struktur atap gording digunakan **profil C 100.50.5.7,5**

4.4.2. Perhitungan Penggantung Gording

Dikarenakan sumbu lemah pada gording adalah sumbu y, maka pada arah sumbu y gording dipasang penggantung gording. Dalam perhitungan ini, dipakai 1 penggantung gording dengan jarak 2 m dari kuda-kuda ke penggantung gording.



Gambar 4. 30 Letak Penggantung Gording

- Analisis Pembebanan

Berikut adalah beban-beban yang bekerja pada penggantung gording:

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri profil} = 9,36 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 11 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m}$$

$$= 13,2 \text{ kg/m} +$$

$$= 22,56 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat lain-lain (10\% dari beban mati)}$$

$$= 22,56 \text{ kg/m} \times 10\%$$

$$= 2,256 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D \text{ total}} = 24,8 \text{ kg/m}$$

karena beban arah x,

$$q_{Dx} = q_{D \text{ total}} \times \sin \alpha \times \text{lebar efektif}$$

$$= 24,8 \text{ kg/m} \times \sin 15^\circ \times 2 \text{ m}$$

$$= 12,8457 \text{ kg}$$

Jumlah gording yang menjadi beban

penggantung gording (n) = 8 buah

Maka, beban total seluruhnya (w_{total}) adalah:

$$q_{Dx} = w \times n$$

$$= 12,8457 \text{ kg} \times 8$$

$$w_{\text{total}} = 102,766 \text{ kg}$$

2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup pekerja, P = 100 kg

$$\text{Arah x} = P_x = P \times \sin \alpha$$

$$= 100 \text{ kg} \times \sin 15^\circ$$

$$= 25,8819 \text{ kg}$$

Jumlah pekerja yang bekerja di atas atap diasumsikan berjumlah 4 orang

Maka, beban total seluruhnya (w_{total}) adalah:

$$\begin{aligned}
 P_x \text{ total} &= w \times n \\
 &= 25,8819 \text{ kg} \times 4 \\
 &= 103,528 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, beban total tiap 1 gording adalah jumlah beban mati ditambah beban hidup.

$$\begin{aligned}
 W &= q_{Dx} + P_x \\
 &= 102,766 \text{ kg} + 103,528 \text{ kg} \\
 &= 206,293 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tan \theta &= \frac{1,2 \text{ m}}{2 \text{ m}} \\
 \theta &= \text{arc. tan } \frac{1,2 \text{ m}}{2 \text{ m}}, \theta = 31^\circ
 \end{aligned}$$

Perhitungan gaya penggantung gording (T)

$$\begin{aligned}
 \sum V &= 0 \\
 T \sin \theta - w &= 0 \\
 T &= \frac{W}{\sin \theta} = \frac{206,293 \text{ kg}}{\sin 31^\circ} = 400,962 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan leleh berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 10.1

$$\begin{aligned}
 P_u &= \phi f_y A_g \\
 A_g &= \frac{P_u}{\phi f_y} = \frac{400,962 \text{ kg}}{0,9 \times 2400 \text{ kg/cm}^2} = 0,19 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan tarik putus berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 10.1

$$\begin{aligned}
 P_u &= \phi f_u 0,75 A_g \\
 A_g &= \frac{P_u}{\phi f_u 0,75} = \frac{400,962 \text{ kg}}{0,75 \times 3700 \text{ kg/cm}^2 \times 0,75} \\
 &= 0,19 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

Direncanakan menggunakan $d = 12 \text{ mm}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,19 \text{ cm}^2}{\pi}} = 0,4954 \text{ cm}$$

$\approx 5 \text{ mm}$

Dari data perencanaan diatas, maka besi yang dipakai sebagai penggantung gording adalah besi polos berdiameter **8 mm**.

4.4.3. Perhitungan Kuda-kuda

Rangka pada kuda-kuda untuk semua komponennya menggunakan profil WF. Adapun spesifikasi dari profil yang digunakan adalah WF 200.100.5,5.8.

Data-data perencanaan:

$$\begin{array}{ll}
 A = 27,16 \text{ cm}^2 & i_y = 2,22 \text{ cm} \\
 g = 21,3 \text{ kg/m} & t_w = 5,5 \text{ mm} \\
 d = 200 \text{ mm} & t_f = 8 \text{ mm} \\
 b = 100 \text{ mm} & I_x = 1840 \text{ cm}^4 \\
 r = 11 \text{ mm} & I_y = 134 \text{ cm}^4 \\
 h = 162 \text{ mm} & Z_x = 184 \text{ cm}^3 \\
 i_x = 8,24 \text{ cm} & Z_y = 26,8 \text{ cm}^3 \\
 E = 200000 \text{ MPa} &
 \end{array}$$

Kontrol Kekuatan Kuda-kuda

Dari analisa struktur dengan menggunakan program SAP 2000, didapatkan gaya-gaya dalam akibat dari kombinasi 1,2D+1,6L+0,8W As-2 yang menentukan antara lain sebagai berikut:

$$\begin{array}{l}
 P_u = 8366.39 \text{ kg} \\
 V_u = 2240.74 \text{ kg} \\
 M_{u_x} = 211689.84 \text{ kg.cm} \\
 M_{u_y} = 12751.42 \text{ kg.cm} \\
 m_a = 45133.09 \text{ kg.cm} \\
 m_b = 72446.36 \text{ kg.cm} \\
 m_c = 39070,9 \text{ kg.cm} \\
 m_{\max} = 211689.84 \text{ kg.cm}
 \end{array}$$

- **Kelangsingan Komponen Struktur Kuda-kuda**
Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Tabel 5.3 didapatkan:

Spesifikasi BJ 37:

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

Dari data perencanaan:

$$L_x \text{ (panjang sisi miring kuda-kuda)} = 931,7 \text{ cm}$$

$$L_y \text{ (jarak antar gording)} = 120 \text{ cm}$$

$$K_c \text{ (SNI 03-1729-2002 Gambar 7.6.1)} = 0,5 \text{ (jepit-jepit)}$$

Diperoleh:

Kontrol kelangsingan komponen struktur

$$\lambda = \frac{L_k}{r} \text{ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.4)}$$

$$\lambda_x = \frac{L_{k_x}}{i_x} = \frac{kc \times L_x}{i_x} = \frac{0,5 \times 931,7}{8,24} = 56,54$$

(menentukan)

$$\lambda_y = \frac{L_{k_y}}{i_y} = \frac{kc \times L_y}{i_y} = \frac{0,5 \times 120}{2,22} = 27,03$$

Maka, parameter kelangsingan komponen struktur:

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \text{ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.1)} \\ &= \frac{56,54}{\pi} \times \sqrt{\frac{2400}{2000000}} = 0,624 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan koefisien factor tekuk struktur:

$$\lambda_c = 0,624, 0,25 < \lambda_c < 1,2$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 (0,624)} = 1,21$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)

- **Kontrol Kuat Tekan Kuda-kuda**

$$P_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3 persamaan (6))

$$P_n = 27,16 \times \frac{2400}{1,21} = 53883,7 \text{ kg}$$

$$P_u < \phi P_n$$

$$8366,39 \text{ kg} < 0,85 \times 53883,7 \text{ kg}$$

$$8366,39 \text{ kg} < 45801,14 \text{ kg (OK)}$$

- **Kontrol Lokal *Buckling* Kuda-kuda**

Kontrol plat sayap

$$\frac{b_f}{2 t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Kontrol plat badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{162}{5,5} = 29,455$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,4435$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Profil yang direncanakan termasuk penampang kompak, $M_n = M_p$

Maka, momen nominal kuda-kuda akibat tekuk lokal:

Terhadap sumbu x:

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\ &= 184 \text{ cm}^3 \times 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 441600 \text{ kg.cm} = 4416 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Terhadap sumbu y:

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 26,8 \text{ cm}^3 \times 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 64320 \text{ kg.cm} = 643,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Kontrol Lateral Buckling Kuda-kuda**

Dari data perencanaan:

$$L_b = 4 \text{ m (bentang terkekang kuda-kuda)}$$

$$L_p = 1,76 \times \sqrt{\frac{I_y}{A}} \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

(SNI 03-1729-2002 Tabel 8.3-2)

$$= 1,76 \times \sqrt{\frac{134 \text{ cm}^4}{27,16 \text{ cm}^2}} \times \sqrt{\frac{2000000 \text{ kg/cm}^2}{2400 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$= 112,9 \text{ cm} = 1,129 \text{ m}$$

$$G = 80000 \text{ MPa (modulus geser baja)}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 \text{ (konstanta punter torsi)}$$

$$= \frac{1}{3} ((2 \times 100 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}^3) +$$

$$(184 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}^3))$$

$$= 44337,67 \text{ mm}^4$$

$$I_w = \frac{I_y \times h^2}{4}$$

$$= \frac{1340000 \text{ mm}^4 \times 162 \text{ mm}^2}{4}$$

$$= 8,79 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$f_L = f_y - f_t = 2400 \text{ kg/cm}^2 - 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1700 \text{ kg/cm}^2 = 170 \text{ MPa}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{Z_x} \sqrt{\frac{EGJ_A}{2}}$$

$$= \frac{\pi}{184000 \text{ mm}^3} \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa} \times 80000 \text{ MPa} \times 44337,67 \text{ mm}^4 \times 2716 \text{ mm}^2}{2}}$$

$$= 16749,74 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= 4 \times \left(\frac{Z_x}{GJ} \right)^2 \times \frac{I_w}{I_y} \\ &= 4 \times \left(\frac{184000 \text{ mm}^3}{80000 \text{ MPa} \times 44337,67 \text{ mm}^4} \right)^2 \times \frac{8,79 \times 10^9 \text{ mm}^6}{1340000 \text{ mm}^4} \\ &= 7,06 \times 10^{-5} \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1340000 \text{ mm}^4}{2716 \text{ mm}^2}} = 22,21 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_r &= r_y \left(\frac{X_1}{f_L} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_L)^2}} \\ 22,21 \text{ mm} \left(\frac{16749,74 \text{ MPa}}{170 \text{ MPa}} \right) &\sqrt{1 + \sqrt{1 + 7,06 \times 10^{-5} \text{ MPa} (170 \text{ MPa})^2}} \\ &= 3625,151 \text{ mm} = 3,63 \text{ m} \end{aligned}$$

$L_b > L_r$, $4 \text{ m} > 3,63 \text{ m}$ (**Bentang panjang**)

Maka,

$$M_n = M_{cr} \leq M_p$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 8.3.5)

Dari hasil perhitungan SAP akibat kombinasi beban 1,2D+1,6L+0,8W As-2:

$$m_a = 45133,09 \text{ kg.cm}$$

$$m_b = 72446,36 \text{ kg.cm}$$

$$m_c = 39070,9 \text{ kg.cm}$$

$$m_{\max} = 211689,8 \text{ kg.cm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 m_a + 4 m_b + 3 m_c} \leq 2,3$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 8.3.1)

$$12,5 \times 211689,8 \text{ kg.cm}$$

$$2,5 \times 211689,8 \text{ kg.cm} + 3 \times 45133,09 \text{ kg.cm} + 4 \times 72446,36 \text{ kg.cm} + 3 \times 39070,9 \text{ kg.cm}$$

$$C_b = 2,469$$

Maka, dipakai nilai $C_b = 2,3$

Momen nominal kuda-kuda akibat tekuk lateral:

$$M_p = Z_x \times f_y = 184000 \text{ mm}^3 \times 240 \text{ N/mm}^2 \\ = 44160000 \text{ Nmm}$$

$$M_r = Z_x \times (f_y - f_t) = 184000 \text{ mm}^3 \times 170 \text{ N/mm}^2 \\ = 31280000 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E \times I_y \times G \times J + \left(\frac{\pi \times E}{L}\right)^2 \times I_y \times I_w} \\ = 2,469 \frac{\pi}{4000 \text{ mm}} \sqrt{200000 \text{ MPa} \times 13400000 \text{ mm}^4 \times 80000 \text{ MPa} \\ \times 44337,67 \text{ mm}^4 + \left(\frac{\pi \times 200000 \text{ MPa}}{4000 \text{ mm}}\right)^2 \\ \times 1340000 \text{ mm}^4 \times 8,79 \cdot 10^9 \text{ mm}^6} \\ = 68284448,76 \text{ Nmm} = 682844,487 \text{ kg.cm}$$

Karena penampang kompak, $M_n = M_p$

Periksa,

$$M_u < \phi M_n$$

$$211689,8 \text{ kg.cm} < 0,9 \cdot 44160000 \text{ kg.cm}$$

$$211689,8 \text{ kg.cm} < 39744000 \text{ kg.cm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Interaksi Kuda-kuda

Kontrol interaksi tekan dan momen lentur untuk beban gravitasi:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{8366,39 \text{ kg}}{0,85 \times 53883,7 \text{ kg}} = \frac{8366,39 \text{ kg}}{45801,14 \text{ kg}}$$

$$= 0,183 < 0,2$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.4.3.3)

maka,

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$\frac{8366,39 \text{ kg}}{2 \times 45801,14 \text{ kg}} + \left(\frac{211689,84 \text{ kg.cm}}{0,9 \times 441600 \text{ kg.cm}} + \frac{12751,42 \text{ kg.cm}}{0,9 \times 64320 \text{ kg.cm}} \right)$$

$$= 0,844 \leq 1 \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Geser**

Kuat geser balok kuda-kuda pada perbandingan antara tinggi bersih plat badan (h) dengan tebal plat badan (t_w)

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{162 \text{ mm}}{5,5 \text{ mm}} \leq \frac{1100}{\sqrt{240 \text{ MPa}}} = 29,45 \leq 71$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 2400 \text{ kg/cm}^2 \times \left(\frac{16,2 \text{ cm}}{0,55 \text{ cm}} \right) \\ &= 12830,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat,

$$\phi V_n \geq V_u$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 8.8.1)

$$0,9 \times 12830,4 \text{ kg} \geq 2240,74 \text{ kg} \text{ (Memenuhi)}$$

- **Kontrol Lendutan Kuda-kuda**

$$\text{Lendutan ijin, } \Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{240} = \frac{400 \text{ cm}}{240} = 1,667 \text{ cm}$$

Lendutan maksimum yang terjadi:

$$\Delta L^\circ = 12,7699 \text{ mm} = 1,27699 \text{ cm} \text{ (Output SAP)}$$

Syarat, $\Delta_{\text{ijin}} > \Delta L^\circ$

$$1,667 \text{ cm} > 1,277 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

Maka profil **WF 200.100.5,5.8** memenuhi persyaratan untuk dipakai sebagai kuda-kuda.

4.4.4. Perhitungan Kolom Pendek Kuda-kuda

Kolom pendek pada atap direncanakan menggunakan profil WF 250.250.11.11.

Berikut merupakan data perencanaan:

- Mutu Baja : BJ 37 ; $f_u = 370$ MPa
; $f_y = 240$ MPa
- Berat (W) : 64,4 kg/m
- Tinggi (d) : 244 mm
- Lebar (b) : 252 mm
- Tebal Badan (t_w) : 11 mm
- Tebal Sayap (t_f) : 11 mm
- Momen Inersia (I_x) : 8790 cm⁴
- Momen Inersia (I_y) : 2940 cm⁴
- Section Area (A) : 82,06 cm²
- Modulus Section (Z_x) : 720 cm³
- Modulus Section (Z_y) : 233 cm³
- Jari-jari Girasi (r_x) : 10,3 cm
- Jari-jari Girasi (r_y) : 5,98 cm
- E (modulus elastisitas) : 200000 MPa

CEK KELANGSINGAN PROFIL

- Kontrol Sayap

$$\lambda = \frac{b}{2 t_f} = \frac{252}{2 \times 11} = 11,45$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$k_e = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} = \frac{4}{\sqrt{\frac{244}{11}}} = 0,849; 0,35 < k_e < 0,763$$

(SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1)

maka $k_e = 0,763$

$$\lambda_r = \frac{420}{\sqrt{\frac{f_y - f_r}{k_e}}} = \frac{420}{\sqrt{\frac{(240 - 70)}{0,763}}} = 28,14$$

$$\lambda_p < \lambda < \lambda_r \text{ (Tidak Kompak)}$$

- Kontrol Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{244}{11} = 22,18$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,4$$

$$\lambda_p = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{240}} = 164,6$$

$$\lambda_p > \lambda < \lambda_r \text{ (Kompak)}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{d}{2}\right)} = \frac{87900000 \text{ mm}^4}{\left(\frac{244 \text{ mm}}{2}\right)} = 720492 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y = 720000 \text{ mm}^3 \times 240 \text{ MPa} \\ &= 172800000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= S_x \times (f_y - f_r) = 720492 \text{ mm}^3 \times (240 \text{ MPa} - 70 \text{ MPa}) \\ &= 122483606,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

KONTROL LOCAL BUCKLING KOLOM

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \\ &\quad \text{(SNI 03-1729-2002 Pasal 8.2.4)} \\ &= 172800000 \text{ N mm} - (172800000 \text{ Nmm} - \\ &\quad 122483606,6 \text{ Nmm}) \frac{11,45 - 10,97}{28,14 - 10,97} \\ &= 171389685,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 233000 \text{ mm}^3 \times 240 \text{ MPa} \\ &= 55920000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

KONTROL LATERAL BUCKLING KOLOM

$$L_p = 1,76 \times \sqrt{\frac{I_y}{A}} \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

(SNI 03-1729-2002 Tabel 8.3-2)

$$\begin{aligned} &= 1,76 \times \sqrt{\frac{2940 \text{ cm}^4}{82,06 \text{ cm}^2}} \times \sqrt{\frac{2000000 \text{ kg/cm}^2}{2400 \text{ kg/cm}^2}} \\ &= 304,1 \text{ cm} = 3,041 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L = 1,7 \text{ m}$$

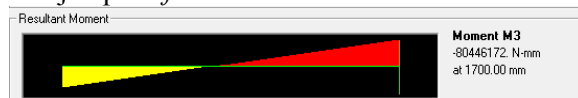
$$L < L_p \text{ (Bentang Pendek)}$$

Maka,

$$M_n = M_p$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 8.3.3)

Dari analisis pada SAP 2000, momen terbesar terdapat pada frame 182 dengan kombinasi 1,4D, sehingga pada perhitungan kolom pendek ini ditinjau pada *frame* 182.



Gambar 4. 31 Hasil Output SAP (Momen akibat 1,4D)

$$\text{Momen maksimum } (M_u) = 80446172 \text{ Nmm}$$

Kontrol Momen:

$$M_u < \phi M_n$$

$$80446172 \text{ Nmm} < 0,9 \times 171389685,7 \text{ Nmm}$$

$$80446172 \text{ Nmm} < 154250717,1 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

KONTROL KUAT TEKAN KOLOM

Kontrol kelangsingan komponen struktur

$$\lambda = \frac{L_k}{r}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.4)

$$\lambda_x = \frac{L_{k_x}}{i_x} = \frac{k_c \times L_x}{i_x} = \frac{0,5 \times 170 \text{ cm}}{10,3 \text{ cm}} = 8,252$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.1)

$$= \frac{8,252}{\pi} \times \sqrt{\frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{2000000 \text{ kg/cm}^2}} = 0,091$$

Sehingga, didapatkan koefisien faktor tekuk struktur:

$$\lambda_c = 0,091, \lambda_c < 0,25; \omega = 1$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)

$$P_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3 persamaan 9.3-6)

$$P_n = 82,06 \text{ cm}^2 \times \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{1} = 196944 \text{ kg}$$

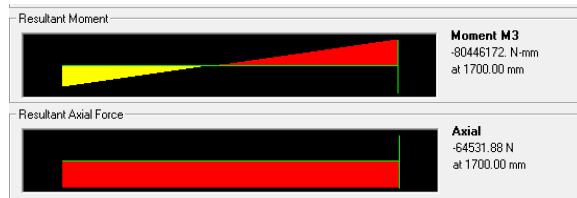
$$N_{cr} = \frac{A_b f_y}{\lambda_c^2}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.1)

$$= \frac{8206 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ MPa}}{(0,091)^2} = 237605999,6 \text{ N}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} \leq 1$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.4.3.1 persamaan 7.4-4)



Gambar 4. 32 Hasil Output SAP (N_u , M_1 dan M_2)

$$M_1 = 62144913,14 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = 80446172 \text{ Nmm}$$

$$N_u = 64531,88 \text{ N}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \frac{62144913,14 \text{ Nmm}}{80446172 \text{ Nmm}} = 0,291$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{cr}}} \geq 1$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.4.3.1 persamaan 7.4-3)

$$= \frac{0,291}{1 - \frac{64531,88 \text{ N}}{237605999,6 \text{ N}}} = 0,291 \leq 1$$

maka, diambil $\delta_b = 1$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{N_u}{N_{cr}}}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.4.3.2 persamaan 7.4-6b)

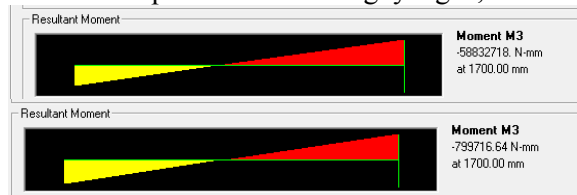
$$= \frac{1}{1 - \frac{64531,88 \text{ N}}{237605999,6 \text{ N}}} = 1$$

$$M_u = \delta_b M_{ntu} + \delta_s M_{ltu}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.4.3.2 persamaan 7.4-5)

M_{ntu} = Momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang tidak menimbulkan goyangan, N-mm

M_{ltu} = Momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang dapat menimbulkan goyangan, N-mm



Gambar 4. 33 Hasil Output SAP (M_{ntu} dan M_{ltu})

$$M_{ntu} = 58832718 \text{ Nmm}$$

$$M_{ltu} = 799716,64 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 1 \times 58832718 \text{ Nmm} + 1 \times 799716,64 \text{ Nmm}$$

$$= 59632651,9 \text{ Nmm}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{64531,88 \text{ N}}{0,85 \times 1969440 \text{ N}} = 0,039 < 0,2$$

Maka, digunakan interaksi aksial momen:

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$\frac{64531,88 \text{ N}}{2,085 \times 1969440 \text{ N}} + \left(\frac{59632651,9 \text{ Nmm}}{0,9 \times 171389685,7 \text{ Nmm}} \right)$$

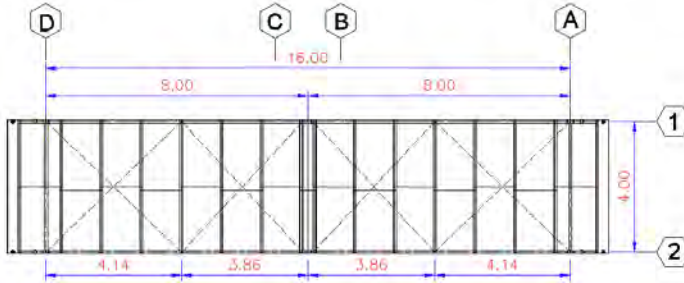
$$= 0,406 < 1 \text{ (Memenuhi)}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.4.3.3 persamaan 7.4-7b)

4.4.5. Perhitungan Ikatan Angin

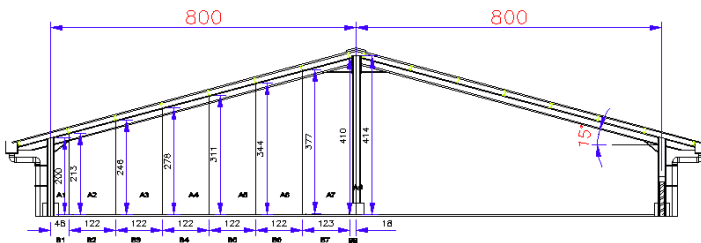
Fungsi ikatan angin pada atap adalah untuk menahan beban angin yang mengenai dinding tepi bangunan.

Hal ini bertujuan untuk menjaga kestabilan dari kuda-kuda itu sendiri. Ikatan angin dianggap sebagai pengaku, maka yang dihitung adalah kelangsingannya saja.



Gambar 4. 34 Denah Ikatan Angin

- Data perencanaan:
- Jarak antar gording = 13 m
 - Jarak antar kuda-kuda = 4 m
 - Sudut kemiringan atap (β) = 15°
 - Beban angin (q_A) = 25 Kg/m²
(PPIUG 1983 psl. 4.2)
 - \emptyset ikatan angin = 12 mm
 - Koefisien reduksi (C) = 0,9
(PPIUG 1983 psl. 2.2)
 - σ_{ijin} = 1600 Kg/cm²
 - Jarak mendatar gording:



Gambar 4. 35 Bidang Kerja Ikatan Angin

H1 = 2 m	B1 = 0,48 m
H2 = 2,13 m	B2 = 1,22 m
H3 = 2,46 m	B3 = 1,22 m
H4 = 2,78 m	B4 = 1,22 m
H5 = 3,11 m	B5 = 1,22 m
H6 = 3,44 m	B6 = 1,22 m
H7 = 3,77 m	B7 = 1,23 m
H8 = 4,1 m	B8 = 0,18 m
H9 = 4,14 m	

Perhitungan luas trapesium (bagian yang tertekan angin):

$$A = \frac{\Sigma \text{jumlah sisi sejajar}}{2} \times t$$

$$A1 = \frac{H1+H2}{2} \times B1 = 0,9912 \text{ m}^2$$

$$A2 = \frac{H2+H3}{2} \times B2 = 2,7999 \text{ m}^2$$

$$A3 = \frac{H3+H4}{2} \times B3 = 3,1964 \text{ m}^2$$

$$A4 = \frac{H4+H5}{2} \times B4 = 3,5929 \text{ m}^2$$

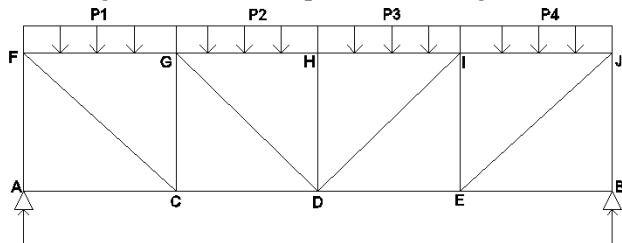
$$A5 = \frac{H5+H6}{2} \times B5 = 3,9955 \text{ m}^2$$

$$A6 = \frac{H6+H7}{2} \times B6 = 4,3981 \text{ m}^2$$

$$A7 = \frac{H7+H8}{2} \times B7 = 4,84005 \text{ m}^2$$

$$A8 = \frac{H8+H9}{2} \times B8 = 0,7416 \text{ m}^2$$

Perhitungan beban-beban pada ikatan angin:



Gambar 4. 36 Beban yang Bekerja pada Ikatan Angin

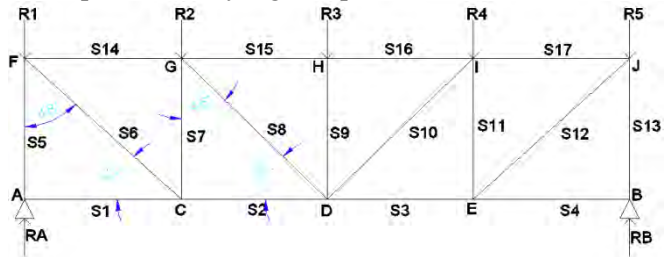
$$P = A \times q \times C$$

$$P1 = P4 = \frac{(A1+A2+A3+A4) \times 25 \times 0,9}{2} = 119,0925 \text{ Kg}$$

$$P2 = P3 = \frac{(A5+A6+A7+A8) \times 25 \times 0,9}{2} = 157,2216 \text{ Kg}$$

* Dibagi 2, karena beban disalurkan pada ikatan angin dan balok/kolom.

Karena konstruksi dan pembebanan simetris, maka reaksi perletakkan yang didapat adalah:



Gambar 4. 37 Reaksi yang bekerja pada ikatan angin

$$\begin{aligned} RA = RB &= \frac{P1+P2+P3+P4}{2} \\ &= \frac{119,0925 + 157,2216 + 157,2216 + 119,0925}{2} \\ &= 276,2511 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Gaya yang diterima tiap joint:

$$\begin{aligned} R1 &= \frac{1}{2} \times P1 \\ &= 78,61078 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R2 &= (\frac{1}{2} \times P1) + (\frac{1}{2} \times P2) \\ &= 138,1255 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R3 &= (\frac{1}{2} \times P2) + (\frac{1}{2} \times P3) \\ &= 157,2216 \text{ Kg} \end{aligned}$$

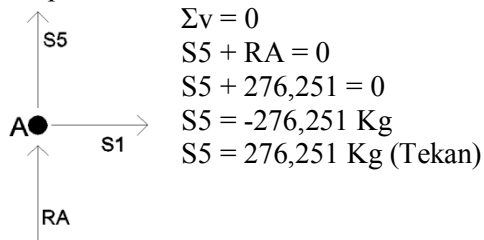
$$\begin{aligned} R4 &= R2 \\ &= 138,1255 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$R5 = R1$$

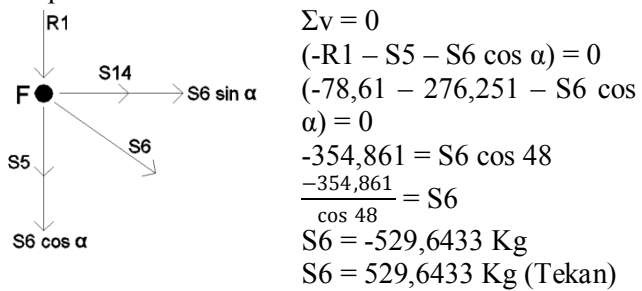
$$= 78,61078 \text{ Kg}$$

Gaya yang bekerja pada batang:

Simpul A:



Simpul F:



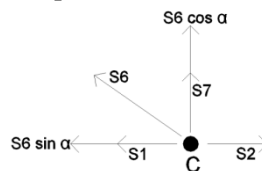
$$\Sigma H = 0$$

$$S14 + S6 \sin \alpha = 0$$

$$S14 - 529,643 \sin 42 = 0$$

$$S14 = 354,861 \text{ Kg (Tarik)}$$

Simpul C:



$$\Sigma H = 0$$

$$S2 - S1 - S6 \sin 42 = 0$$

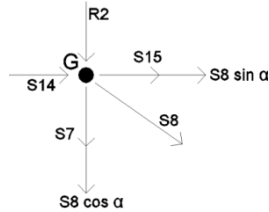
$$S2 - S1 + 529,643 \sin 42 = 0$$

$$S2 = 0 - 529,643 \sin 42 = 0$$

$$S2 = -354,861 \text{ Kg}$$

$$S2 = 354,861 \text{ Kg (Tekan)}$$

Simpul G:



$$\Sigma v = 0$$

$$(-R2 - S7 - S8 \cos \alpha) = 0$$

$$(-138,125 - 354,861 - S8 \cos \alpha) = 0$$

$$-492,986 = S8 \cos 46$$

$$\frac{-492,986}{\cos 46} = S8$$

$$S8 = 714,4725 \text{ (Tekan)}$$

$$\Sigma H = 0$$

$$S14 + S15 + S8 \sin \alpha = 0$$

$$354,861 + S15 - 714,4725 \sin \alpha = 0$$

$$\sin \alpha = 0$$

$$S15 = 714,4725 \sin \alpha - 354,861$$

$$S15 = 138,125 \text{ Kg (Tarik)}$$

Gaya batang ikatan angin:

Batang	Tarik (Kg)	Tekan (Kg)
S1	0	0
S5	-	276,251
S6	-	529,643
S14	354,861	-
S7	354,861	-
S2	-	354,861
S8	-	714,472
S15	138,125	-

Gaya maksimum $S8 = 714,472 \text{ Kg}$

$$A \geq \frac{S_{maks}}{\sigma_{ijin}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{714,472}{1600} \\
 &= 0,446 \text{ cm}^2 \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\
 &= 113,09 \text{ mm}^2 \\
 &= 1,13 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Panjang ikatan angin:

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{(400^2) + (399^2)} \\
 &= 565 \text{ cm} \\
 &= 5650 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat diameter minimum:

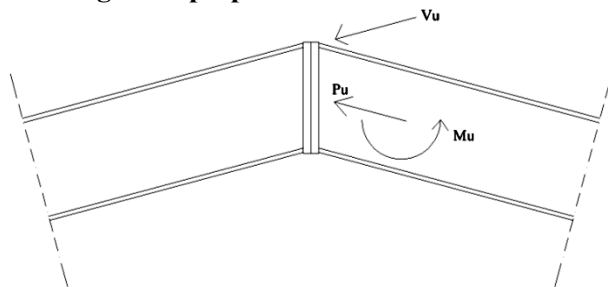
$$L/500$$

(PBBI 1983 psl. 3.3(4))

$$\begin{aligned}
 d_{\min} &= L/500 \\
 &= 5650/500 \\
 &= 11,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka ikatan angin dengan Ø12 mm memenuhi untuk digunakan pada struktur atap bangunan.

4.4.6. Perhitungan Sambungan Kuda-kuda Sambungan atap tipe A:



Gambar 4. 38 Gaya yang Terjadi pada Sambungan

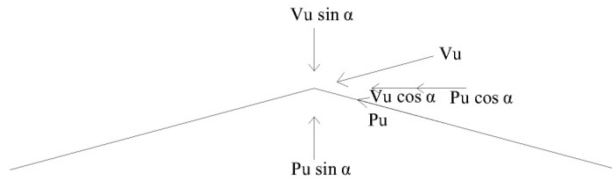
Data *Output* SAP akibat kombinasi beban
1,2D+1,6L+0,8W as-2:

$$P_u = 8362,42 \text{ kg}$$

$$V_u = 2240,74 \text{ kg}$$

$$M_u = 2116,9 \text{ kg.m}$$

Penguraian gaya pada sambungan yang ditinjau:



Gambar 4. 39 Penguraian Gaya pada Sambungan

$$V_u \sin \alpha = 2240,74 \text{ kg} \times \sin 15^\circ = 579,9462 \text{ kg}$$

$$V_u \cos \alpha = 2240,74 \text{ kg} \times \cos 15^\circ = 2164,389 \text{ kg}$$

$$P_u \sin \alpha = 8362,42 \text{ kg} \times \sin 15^\circ = 2164,354 \text{ kg}$$

$$P_u \cos \alpha = 8362,42 \text{ kg} \times \cos 15^\circ = 8077,477 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_u H &= P_u \cos \alpha + V_u \cos \alpha \\ &= 8077,477 \text{ kg} + 2164,389 \text{ kg} \\ &= 10241,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u V &= P_u \sin \alpha - V_u \sin \alpha \\ &= 2164,354 \text{ kg} - 579,9462 \text{ kg} \\ &= 1584,407 \text{ kg} \end{aligned}$$

Direncanakan:

Tebal pelat : 15 mm

Mutu Baja BJ 37 : $f_u = 370 \text{ MPa}$, $f_y = 240 \text{ MPa}$

- Tinjauan Baut
Digunakan baut $\varnothing 13$
 $f_u^b = 825 \text{ MPa}$
 $f_u = 370 \text{ MPa}$

1. Geser Sentris Tunggal

Tahanan geser 1 baut:

$$\phi R_n = 0.75 \times r_1 \times f_u^b \times A_b$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.1 persamaan 13.2-2)

$$= 0,75 \times 0,5 \times 825 \text{ MPa} \times (1/4 \times \pi \times (13 \text{ mm}^2))$$

$$= 41043,23 \text{ N/baut}$$

$$= 4104,323 \text{ kg/baut (menentukan)}$$

Tahanan tumpu 1 baut:

$$R_d = 2.4 \times \phi_f \times d_b \times t_p \times f_u$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.4 persamaan 13.2-7)

$$= 2,4 \times 0,75 \times 13 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 370 \text{ MPa}$$

$$= 129870 \text{ N}$$

Kebutuhan baut :

$$N = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{8362,42 \text{ kg}}{4104,323 \text{ kg/baut}} = 2,037 \text{ baut}$$

Dipasang : 6 baut

Tahanan tarik baut :

$$T_d = \phi_f \times 0.75 \times f_u^b \times A_b$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.2 persamaan 13.2-3)

$$= 0,75 \times 0,75 \times 825 \text{ MPa} \times (1/4 \times \pi \times (13 \text{ mm})^2)$$

$$= 61564,852 \text{ N}$$

Cek jarak baut :

- Jarak minimum:

$$\circ \text{ Antar baut} = 3 d_b$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.1)

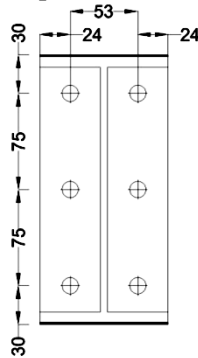
$$3 \times 13 \text{ mm} = 39 \text{ mm}$$

$$\circ \text{ Dari tepi ke baut} = 1.25 d_b$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.2)

$$1,25 \times 13 \text{ mm} = 16,25 \text{ mm}$$

- Jarak maksimum:
 - o Antar baut = $15 t_p$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.3)
 $15 \times 15 \text{ mm} = 225 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$
Maka, dipakai maks = 200 mm
 - o Dari tepi ke baut = $12 t_p$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.4)
 $12 \times 15 \text{ mm} = 180 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$
Maka, dipakai maks = 150 mm



Gambar 4. 40 Detail Pemasangan Baut

2. Geser Lentur

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u \times d_{max}}{\sum d^2} \\
 &= \frac{21169000 \text{ Nmm} \times 150 \text{ mm}}{2 \times ((75 \text{ mm})^2 + (150 \text{ mm})^2)} \\
 &= 56450,67 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$T_u < T_n$$

$$56450,67 \text{ N} < 61564,852 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tinjauan Las

$$f_{uw} = 490 \text{ MPa}$$

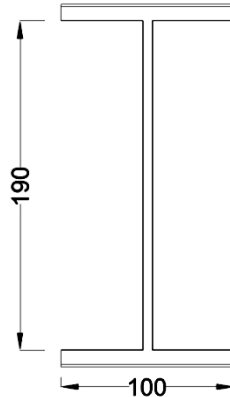
$$t_w = 6 \text{ mm}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 13.5-1)

$$t_e = 0,707 \times t_w = 0,707 \times 6 \text{ mm} = 4,242 \text{ mm} \\ \approx 5 \text{ mm}$$

1. Geser Sentris

$$L_{\text{total}} = (2 \times 190 \text{ mm}) + (2 \times 94,5 \text{ mm}) \\ = 569 \text{ mm}$$



Gambar 4. 41 Detail Daerah yang di Las

Kuat las sudut:

Tahanan terhadap las :

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \times t_t \times (0,6 f_{uw})$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10 persamaan 13.5-3a)

$$= 0,75 \times 5 \text{ mm} \times (0,6 \times 490 \text{ MPa})$$

$$= 1102,5 \text{ N/mm}$$

Tahanan terhadap bahan dasar

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \times t_t \times (0,6 f_u)$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10 persamaan 13.5-3b)

$$= 0,75 \times 5 \text{ mm} \times (0,6 \times 370 \text{ MPa})$$

$$= 832,5 \text{ N/mm (menentukan)}$$

$$R_u = \frac{PuV}{L_{\text{total}}} = \frac{15844,07 \text{ N}}{569 \text{ mm}} = 27,85 \text{ N/mm}$$

Cek syarat:

$$R_u < \phi_f R_{nw}$$

$$27,85 \text{ N/mm} < 832,5 \text{ N/mm} \text{ (Memenuhi)}$$

2. Geser Lentur

Menghitung modulus penampang (S)

$$\begin{aligned} S &= bd_1 + (d_1^2/3) \\ &= (100 \text{ mm} \times 190 \text{ mm}) + ((190 \text{ mm})^2/3) \\ &= 31033,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$R_u = \frac{M_u}{S} = \frac{21169000 \text{ Nmm}}{31033,33 \text{ mm}^2} = 682,1 \text{ N/mm}$$

Cek syarat :

$$R_u < \phi_f R_{nw}$$

$$682,1 \text{ N/mm} < 832,5 \text{ N/mm} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tinjauan Pelat

1. Kondisi Leleh

$$\phi N_n = \phi A_g f_y$$

$$\text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)}$$

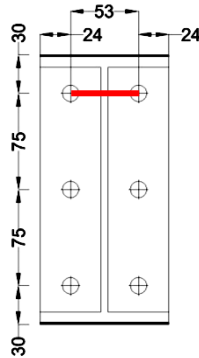
$$= 0,9 \times (15 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}) \times 240 \text{ MPa}$$

$$= 324000 \text{ N}$$

Kondisi Fraktur:

- Kondisi fraktur 1

$$\text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)}$$



Gambar 4. 42 Arah robekan pada kondisi fraktur 1

$$\begin{aligned}
 A_{nt} &= A_{eg} - n d t \\
 &= 1500 \text{ mm}^2 - (2 \times 15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}) \\
 &= 1050 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$l \geq 2w$$

$$569 \text{ mm} \geq 2 \times 100 \text{ mm}$$

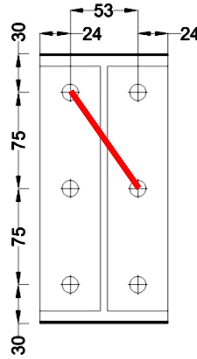
$$\text{Maka, } U = 1$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4)

$$\begin{aligned}
 A_e &= U \times A_{nt} \\
 &= 1 \times 1050 \text{ mm} = 1050 \text{ mm}^2 \\
 &\text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi N_n &= \phi A_e f_u \\
 &= 0,75 \times 1050 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa} \\
 &= 291375 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kondisi fraktur 2



Gambar 4. 43 Arah robekan pada kondisi fraktur 2

$$\begin{aligned}
 A_{nt} &= A_g - n d t + \sum \frac{s^2 t}{4u} \\
 &\quad \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)} \\
 &= (1500 \text{ mm}^2 - 2 \times 15 \text{ mm} \times 15 \\
 &\quad \text{mm}) + \left(\frac{75 \text{ mm}^2 \times 15 \text{ mm}}{4 \times 53 \text{ mm}} \right) \\
 &= 1448 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$l \geq 2w$$

$$569 \text{ mm} \geq 2 \times 100 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, } U = 1$$

$$\text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4)}$$

$$A_e = U \times A_{nt}$$

$$= 1 \times 1448 \text{ mm} = 1448 \text{ mm}^2$$

$$\text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)}$$

$$\varphi N_n = \varphi A_e f_u$$

$$= 0,75 \times 1448 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa}$$

$$= 401818,7 \text{ N}$$

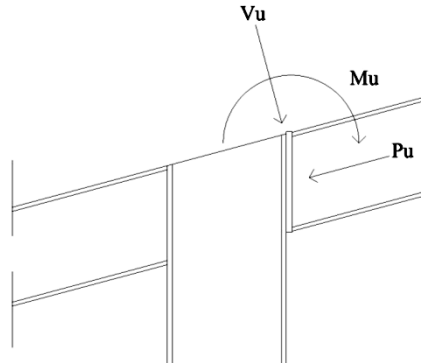
Kondisi fraktur 1 menentukan

Cek syarat

$$P_u V < \phi N_n$$

$$1584,407 \text{ kg} < 29137,5 \text{ kg (Memenuhi)}$$

Sambungan atap tipe B:



Gambar 4. 44 Gaya yang Terjadi pada Sambungan

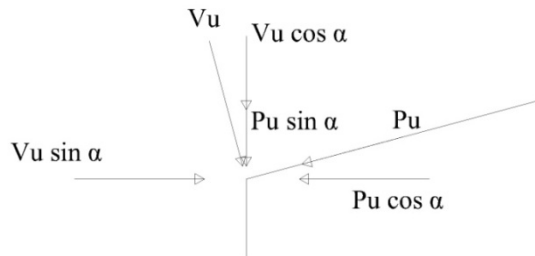
Data Output SAP akibat kombinasi beban 1,2D+1,6L+0,8W as-2:

$$P_u = 2055,02 \text{ kg}$$

$$V_u = 1345,32 \text{ kg}$$

$$M_u = 1672,92 \text{ kg.m}$$

Penguraian gaya pada sambungan yang ditinjau:



Gambar 4. 45 Penguraian Gaya pada Sambungan

$$\begin{aligned} V_u \sin \alpha &= 1345,32 \text{ kg} \times \sin 15^\circ = 348,1944 \text{ kg} \\ V_u \cos \alpha &= 1345,32 \text{ kg} \times \cos 15^\circ = 1299,479 \text{ kg} \\ P_u \sin \alpha &= 2055,02 \text{ kg} \times \sin 15^\circ = 531,8783 \text{ kg} \\ P_u \cos \alpha &= 2055,02 \text{ kg} \times \cos 15^\circ = 1984,997 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u H &= P_u \cos \alpha - V_u \sin \alpha \\ &= 1984,997 \text{ kg} - 348,1944 \text{ kg} \\ &= 1636,802 \text{ kg} \\ P_u V &= P_u \sin \alpha + V_u \sin \alpha \\ &= 531,8783 \text{ kg} + 1299,479 \text{ kg} \\ &= 1831,358 \text{ kg} \end{aligned}$$

Direncanakan:

Tebal pelat : 12 mm

Mutu Baja BJ 37 : $f_u = 370 \text{ MPa}$, $f_y = 240 \text{ MPa}$

- Tinjauan Baut

Digunakan baut Ø13

$$f_u^b = 825 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

1. Geser Sentris Tunggal

Tahanan geser 1 baut:

$$\phi R_n = 0,75 \times r_1 \times f_u^b \times A_b$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.1 persamaan 13.2-2)

$$= 0,75 \times 0,5 \times 825 \text{ MPa} \times (1/4 \times \pi \times (13 \text{ mm}^2))$$

$$= 41043,23 \text{ N/baut}$$

$$= 4104,323 \text{ kg/baut (menentukan)}$$

Tahanan tumpu 1 baut:

$$R_d = 2,4 \times \phi_f \times d_b \times t_p \times f_u$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.4 persamaan 13.2-7)

$$= 2,4 \times 0,75 \times 13 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 370 \text{ MPa}$$

$$= 103896 \text{ N}$$

Kebutuhan baut :

$$N = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{2055,02 \text{ kg}}{4104,323 \text{ kg/baut}} = 0,501 \text{ baut}$$

Dipasang : 6 baut

Tahanan tarik baut :

$$T_d = \phi_f \times 0,75 \times f_u^b \times A_b$$

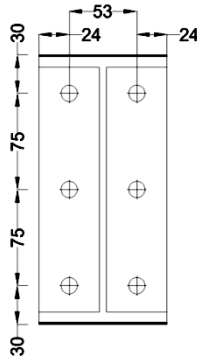
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.2 persamaan 13.2-3)

$$= 0,75 \times 0,75 \times 825 \text{ MPa} \times (1/4 \times \pi \times (13 \text{ mm})^2)$$

$$= 61564,852 \text{ N}$$

Cek jarak baut :

- Jarak minimum:
 - o Antar baut = $3 d_b$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.1)
 $3 \times 13 \text{ mm} = 39 \text{ mm}$
 - o Dari tepi ke baut = $1,25 d_b$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.2)
 $1,25 \times 13 \text{ mm} = 16,25 \text{ mm}$
- Jarak maksimum:
 - o Antar baut = $15 t_p$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.3)
 $15 \times 12 \text{ mm} = 180 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$
 - o Dari tepi ke baut = $12 t_p$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.4)
 $12 \times 12 \text{ mm} = 144 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$



Gambar 4. 46 Detail Pemasangan Baut

2. Geser Lentur

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u \times d_{max}}{\sum d^2} \\
 &= \frac{16729200 \text{ Nmm} \times 150 \text{ mm}}{2 \times ((75 \text{ mm})^2 + (150 \text{ mm})^2)} \\
 &= 44611,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$T_u < T_n$$

$$44611,2 \text{ N} < 61564,852 \text{ N (Memenuhi)}$$

- Tinjauan Las

$$f_{uw} = 490 \text{ MPa}$$

$$t_w = 5 \text{ mm}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 13.5-1)

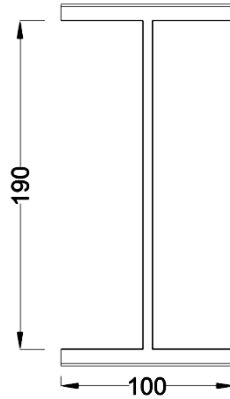
$$t_e = 0,707 \times t_w = 0,707 \times 5 \text{ mm} = 3,535 \text{ mm}$$

$$\approx 4 \text{ mm}$$

1. Geser Sentris

$$L_{total} = (2 \times 190 \text{ mm}) + (2 \times 94,5 \text{ mm})$$

$$= 569 \text{ mm}$$



Gambar 4. 47 Detail Daerah yang di Las

Kuat las sudut:

Tahanan terhadap las :

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \times t_t \times (0,6 f_{uw})$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10 persamaan 13.5-3a)

$$= 0,75 \times 4 \text{ mm} \times (0,6 \times 490 \text{ MPa})$$

$$= 882 \text{ N/mm}$$

Tahanan terhadap bahan dasar

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \times t_t \times (0,6 f_u)$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10 persamaan 13.5-3b)

$$= 0,75 \times 4 \text{ mm} \times (0,6 \times 370 \text{ MPa})$$

$$= 666 \text{ N/mm (menentukan)}$$

$$R_u = \frac{P_u V}{L_{\text{total}}} = \frac{18313,58 \text{ N}}{569 \text{ mm}} = 32,19 \text{ N/mm}$$

Cek syarat:

$$R_u < \phi_f R_{nw}$$

$$32,19 \text{ N/mm} < 666 \text{ N/mm (Memenuhi)}$$

2. Geser Lentur

Menghitung modulus penampang (S)

$$\begin{aligned} S &= bd_1 + (d_1^2/3) \\ &= (100 \text{ mm} \times 190 \text{ mm}) + ((190 \text{ mm})^2/3) \\ &= 31033,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$R_u = \frac{M_u}{S} = \frac{16729200 \text{ Nmm}}{31033,33 \text{ mm}^2} = 539,1 \text{ N/mm}$$

Cek syarat :

$$R_u < \phi_f R_{nw}$$

$$539,1 \text{ N/mm} < 666 \text{ N/mm} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tinjauan Pelat

1. Kondisi Leleh

$$\phi N_n = \phi A_g f_y$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)

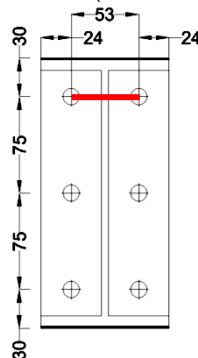
$$= 0,9 \times (12 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}) \times 240 \text{ MPa}$$

$$= 259200 \text{ N}$$

Kondisi Fraktur:

• Kondisi fraktur 1

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)



Gambar 4. 48 Arah robekan pada kondisi fraktur 1

$$A_{nt} = A_g - n d t$$

$$\begin{aligned}
 &= 1200 \text{ mm}^2 - (2 \times 15 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}) \\
 &= 840 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$l \geq 2w$$

$$569 \text{ mm} \geq 2 \times 100 \text{ mm}$$

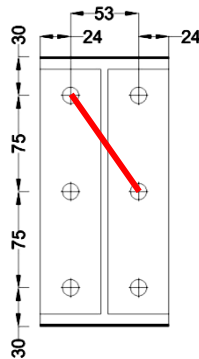
Maka, $U = 1$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4)

$$\begin{aligned}
 A_e &= U \times A_{nt} \\
 &= 1 \times 840 \text{ mm}^2 = 840 \text{ mm}^2 \\
 &\text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi N_n &= \phi A_e f_u \\
 &= 0,75 \times 840 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa} \\
 &= 233100 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kondisi fraktur 2



Gambar 4. 49 Arah robekan pada kondisi fraktur 2

$$\begin{aligned}
 A_{nt} &= A_g - n d t + \sum_{4u} \frac{s^2 t}{4u} \\
 &\text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (1200 \text{ mm}^2 - 2 \times 15 \text{ mm} \times 12 \\
 &\text{mm}) + \left(\frac{75 \text{ mm}^2 \times 12 \text{ mm}}{4 \times 53 \text{ mm}} \right) \\
 &= 1158 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$l \geq 2w$$

$$569 \text{ mm} \geq 2 \times 100 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, } U = 1$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4)

$$A_e = U \times A_{nt}$$

$$= 1 \times 1158 \text{ mm} = 1158 \text{ mm}^2$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)

$$\varphi N_n = \varphi A_e f_u$$

$$= 0,75 \times 1158 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa}$$

$$= 321455 \text{ N}$$

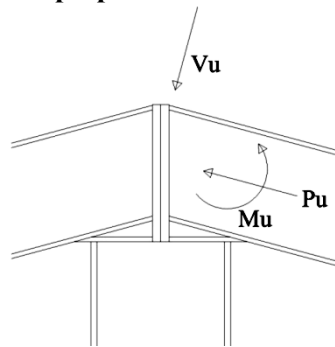
Kondisi fraktur 1 menentukan

Cek syarat

$$P_u V < \varphi N_n$$

$$1584,407 \text{ kg} < 29137,5 \text{ kg (Memenuhi)}$$

Sambungan atap tipe C:



Gambar 4. 50 Gaya yang Terjadi pada Sambungan

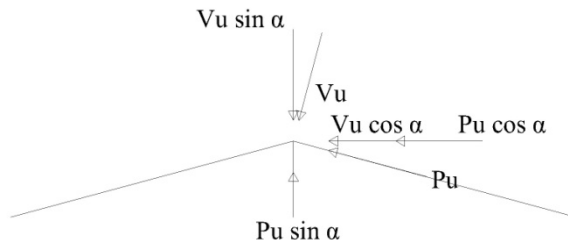
Data Output SAP akibat kombinasi beban 1,2D+1,6L+0,8W as-2:

$$Pu = 3894,63 \text{ kg}$$

$$Vu = 1196,52 \text{ kg}$$

$$Mu = 1280,38 \text{ kg.m}$$

Penguraian gaya pada sambungan yang ditinjau:



Gambar 4. 51 Penguraian Gaya pada Sambungan

$$Vu \sin \alpha = 1196,52 \text{ kg} \times \sin 15^\circ = 309,6822 \text{ kg}$$

$$Vu \cos \alpha = 1196,52 \text{ kg} \times \cos 15^\circ = 1155,75 \text{ kg}$$

$$Pu \sin \alpha = 3894,63 \text{ kg} \times \sin 15^\circ = 1008,004 \text{ kg}$$

$$Pu \cos \alpha = 3894,63 \text{ kg} \times \cos 15^\circ = 3761,924 \text{ kg}$$

$$PuH = Pu \cos \alpha + Vu \cos \alpha$$

$$\begin{aligned}
 &= 3761,924 \text{ kg} + 1155,75 \text{ kg} \\
 &= 4917,673 \text{ kg} \\
 \text{PuV} &= \text{Pu} \sin \alpha - \text{Vu} \sin \alpha \\
 &= 1008,004 \text{ kg} - 309,6822 \text{ kg} \\
 &= 698,3223 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Direncanakan:

Tebal pelat : 12 mm

Mutu Baja BJ 37 : $f_u = 370 \text{ MPa}$, $f_y = 240 \text{ MPa}$

- Tinjauan Baut

Digunakan baut $\text{Ø}13$

$f_u^b = 825 \text{ MPa}$

$f_u = 370 \text{ MPa}$

1. Geser Sentris Tunggal

Tahanan geser 1 baut:

$$\text{Ø} R_n = 0,75 \times r_1 \times f_u^b \times A_b$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.1 persamaan 13.2-2)

$$= 0,75 \times 0,5 \times 825 \text{ MPa} \times (1/4 \times \pi \times (13 \text{ mm}^2))$$

$$= 41043,23 \text{ N/baut}$$

$$= 4104,323 \text{ kg/baut (menentukan)}$$

Tahanan tumpu 1 baut:

$$R_d = 2,4 \times \phi_f \times d_b \times t_p \times f_u$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.4 persamaan 13.2-7)

$$= 2,4 \times 0,75 \times 13 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 370 \text{ MPa}$$

$$= 103896 \text{ N}$$

Kebutuhan baut :

$$N = \frac{\text{Pu}}{\text{Ø}R_n} = \frac{2055,02 \text{ kg}}{4104,323 \text{ kg/baut}} = 0,501 \text{ baut}$$

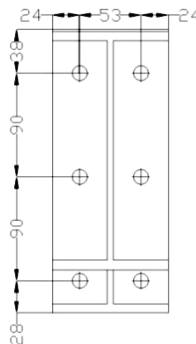
Dipasang : 6 baut

Tahanan tarik baut :

$$\begin{aligned}
 T_d &= \varphi_f \times 0,75 \times f_u^b \times A_b \\
 (\text{SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.2 persamaan 13.2-3}) \\
 &= 0,75 \times 0,75 \times 825 \text{ MPa} \times (1/4 \times \pi \times \\
 &\quad (13 \text{ mm})^2) \\
 &= 61564,852 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek jarak baut :

- Jarak minimum:
 - o Antar baut = $3 d_b$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.1)
 $3 \times 13 \text{ mm} = 39 \text{ mm}$
 - o Dari tepi ke baut = $1,25 d_b$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.2)
 $1,25 \times 13 \text{ mm} = 16,25 \text{ mm}$
- Jarak maksimum:
 - o Antar baut = $15 t_p$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.3)
 $15 \times 12 \text{ mm} = 180 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$
 - o Dari tepi ke baut = $12 t_p$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.4)
 $12 \times 12 \text{ mm} = 144 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$



Gambar 4. 52 Detail Pemasangan Baut

2. Geser Lentur

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u \times d_{max}}{\sum d^2} \\
 &= \frac{12803800 \text{ Nmm} \times 180 \text{ mm}}{2 \times ((90 \text{ mm})^2 + (180 \text{ mm})^2)} \\
 &= 28452,89 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$T_u < T_n$$

$$28452,89 \text{ N} < 61564,852 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tinjauan Las

$$f_{uw} = 490 \text{ MPa}$$

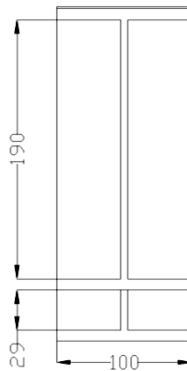
$$t_w = 5 \text{ mm}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 13.5-1)

$$\begin{aligned}
 t_e &= 0,707 \times t_w = 0,707 \times 5 \text{ mm} = 3,535 \text{ mm} \\
 &\approx 4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1. Geser Sentris

$$\begin{aligned}
 L_{total} &= (2 \times 190 \text{ mm}) + (2 \times 94,5 \text{ mm}) + (2 \times 94,5 \text{ mm}) + (2 \times 29 \text{ mm}) \\
 &= 816 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 53 Detail Daerah yang di Las

Kuat las sudut:

Tahanan terhadap las :

$$\begin{aligned}\varphi_f R_{nw} &= 0,75 \times t_t \times (0,6 f_{uw}) \\ (SNI\ 03-1729-2002\ pasal\ 13.5.3.10\ persamaan\ 13.5-3a) \\ &= 0,75 \times 4\ \text{mm} \times (0,6 \times 490\ \text{MPa}) \\ &= 882\ \text{N/mm}\end{aligned}$$

Tahanan terhadap bahan dasar

$$\begin{aligned}\varphi_f R_{nw} &= 0,75 \times t_t \times (0,6 f_u) \\ (SNI\ 03-1729-2002\ pasal\ 13.5.3.10\ persamaan\ 13.5-3b) \\ &= 0,75 \times 4\ \text{mm} \times (0,6 \times 370\ \text{MPa}) \\ &= 666\ \text{N/mm (menentukan)}\end{aligned}$$

$$R_u = \frac{PuV}{L_{total}} = \frac{6983,223\ \text{N}}{816\ \text{mm}} = 8,558\ \text{N/mm}$$

Cek syarat:

$$\begin{aligned}R_u &< \varphi_f R_{nw} \\ 8,558\ \text{N/mm} &< 666\ \text{N/mm (Memenuhi)}\end{aligned}$$

2. Geser Lentur

Menghitung modulus penampang (S)

$$\begin{aligned}S &= \Sigma bd_1 + (d_1^2/3) \\ &= ((100\ \text{mm} \times 190\ \text{mm}) + ((190\ \text{mm})^2/3)) \\ &\quad + (100\ \text{mm} \times 29\ \text{mm}) + ((190\ \text{mm})^2/3)) \\ &= 45966,67\ \text{mm}^2\end{aligned}$$

$$R_u = \frac{M_u}{S} = \frac{12803800\ \text{Nmm}}{45966,67\ \text{mm}^2} = 278,5\ \text{N/mm}$$

Cek syarat :

$$\begin{aligned}R_u &< \varphi_f R_{nw} \\ 278,5\ \text{N/mm} &< 666\ \text{N/mm (Memenuhi)}\end{aligned}$$

- Tinjauan Pelat

1. Kondisi Leleh

$$\varphi N_n = \varphi A_g f_y$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)

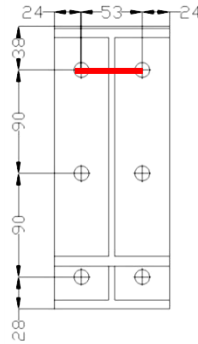
$$= 0,9 \times (12 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}) \times 240 \text{ MPa}$$

$$= 259200 \text{ N}$$

Kondisi Fraktur:

- Kondisi fraktur 1

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)



Gambar 4. 54 Arah robekan pada kondisi fraktur 1

$$A_{nt} = A_g - n d t$$

$$= 1200 \text{ mm}^2 - (2 \times 15 \text{ mm} \times 12 \text{ mm})$$

$$= 840 \text{ mm}^2$$

$$l \geq 2w$$

$$816 \text{ mm} \geq 2 \times 100 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, } U = 1$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4)

$$A_e = U \times A_{nt}$$

$$= 1 \times 840 \text{ mm}^2 = 840 \text{ mm}^2$$

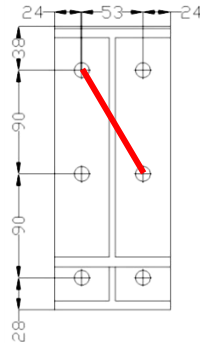
(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)

$$\phi N_n = \phi A_e f_u$$

$$= 0,75 \times 840 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa}$$

$$= 233100 \text{ N}$$

- Kondisi fraktur 2



Gambar 4. 55 Arah robekan pada kondisi fraktur 2

$$\begin{aligned}
 A_{nt} &= A_g - n d t + \sum \frac{s^2 t}{4u} \\
 &\quad \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)} \\
 &= (1200 \text{ mm}^2 - 2 \times 15 \text{ mm} \times 12 \\
 &\quad \text{mm}) + \left(\frac{90 \text{ mm}^2 \times 12 \text{ mm}}{4 \times 53 \text{ mm}} \right) \\
 &= 1298 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$l \geq 2w$$

$$816 \text{ mm} \geq 2 \times 100 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, } U = 1$$

$$\text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4)}$$

$$A_e = U \times A_{nt}$$

$$= 1 \times 1298 \text{ mm} = 1298 \text{ mm}^2$$

$$\text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)}$$

$$\phi N_n = \phi A_e f_u$$

$$= 0,75 \times 1298 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa}$$

$$= 360331,1 \text{ N}$$

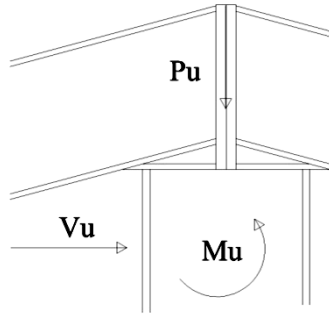
Kondisi fraktur 1 menentukan

Cek syarat

$$P_u V < \phi N_n$$

$$698,3223 \text{ kg} < 23310 \text{ kg (Memenuhi)}$$

Sambungan atap tipe D:



Gambar 4. 56 Gaya yang Terjadi pada Sambungan

Data *Output* SAP akibat kombinasi beban 1,2D+1,6L+0,8W as-2:

$$P_u = 4327,51 \text{ kg}$$

$$V_u = 38,89 \text{ kg}$$

$$M_u = 14,34 \text{ kg.m}$$

Direncanakan:

Tebal pelat : 6 mm

Mutu Baja BJ 37 : $f_u = 370 \text{ MPa}$, $f_y = 240 \text{ MPa}$

- Tinjauan Baut
Dijadikan baut $\varnothing 13$
 $f_u^b = 825 \text{ MPa}$
 $f_u = 370 \text{ MPa}$

1. Geser Sentris Tunggal

Tahanan geser 1 baut:

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 0.75 \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.1 persamaan 13.2-2)} \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 825 \text{ MPa} \times (1/4 \times \pi \times \\ &\quad (13 \text{ mm}^2)) \\ &= 41043,23 \text{ N/baut} \\ &= 4104,323 \text{ kg/baut (menentukan)} \end{aligned}$$

Tahanan tumpu 1 baut:

$$\begin{aligned} R_d &= 2.4 \times \varphi_r \times d_b \times t_p \times f_u \\ \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.4 persamaan 13.2-7)} \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 13 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \times 370 \\ &\quad \text{MPa} \\ &= 51948 \text{ N} \end{aligned}$$

Kebutuhan baut :

$$N = \frac{P_u}{\emptyset R_n} = \frac{4327,51 \text{ kg}}{4104,323 \text{ kg/baut}} = 1,054 \text{ baut}$$

Dipasang : 6 baut

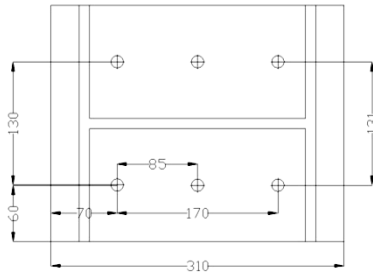
Tahanan tarik baut :

$$\begin{aligned} T_d &= \varphi_r \times 0.75 \times f_u^b \times A_b \\ \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.2 persamaan 13.2-3)} \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 825 \text{ MPa} \times (1/4 \times \pi \times \\ &\quad (13 \text{ mm})^2) \\ &= 61564,852 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek jarak baut :

- Jarak minimum:
 - o Antar baut = $3 d_b$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.1)
 $3 \times 13 \text{ mm} = 39 \text{ mm}$
 - o Dari tepi ke baut = $1.25 d_b$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.2)
 $1,25 \times 13 \text{ mm} = 16,25 \text{ mm}$
- Jarak maksimum:

- Antar baut = $15 t_p$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.3)
 $15 \times 6 \text{ mm} = 90 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$
- Dari tepi ke baut = $12 t_p$
(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4.4)
 $12 \times 6 \text{ mm} = 72 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$



Gambar 4. 57 Detail Pemasangan Baut

2. Geser Lentur

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u \times d_{max}}{\sum d^2} \\
 &= \frac{143400 \text{ Nmm} \times 170 \text{ mm}}{2 \times ((85 \text{ mm})^2 + (170 \text{ mm})^2)} \\
 &= 337,4118 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$T_u < T_n$$

$$337,4118 \text{ N} < 61564,852 \text{ N (Memenuhi)}$$

- Tinjauan Las

$$f_{uw} = 490 \text{ MPa}$$

$$t_w = 3 \text{ mm}$$

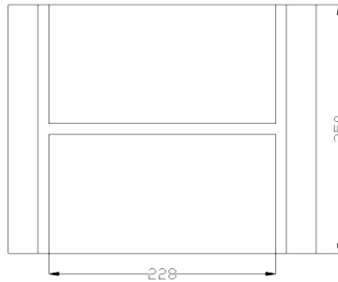
(SNI 03-1729-2002 tabel 13.5-1)

$$t_e = 0,707 \times t_w = 0,707 \times 3 \text{ mm} = 2,121 \text{ mm}$$

$$\approx 3 \text{ mm}$$

1. Geser Sentris

$$L_{\text{total}} = (2 \times 228 \text{ mm}) + (2 \times 239 \text{ mm}) \\ = 934 \text{ mm}$$



Gambar 4. 58 Detail Daerah yang di Las

Kuat las sudut:

Tahanan terhadap las :

$$\begin{aligned} \phi_f R_{nw} &= 0,75 \times t_t \times (0,6 f_{uw}) \\ \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10 persamaan 13.5-3a)} \\ &= 0,75 \times 3 \text{ mm} \times (0,6 \times 490 \text{ MPa}) \\ &= 661,5 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Tahanan terhadap bahan dasar :

$$\begin{aligned} \phi_f R_{nw} &= 0,75 \times t_t \times (0,6 f_u) \\ \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10 persamaan 13.5-3b)} \\ &= 0,75 \times 3 \text{ mm} \times (0,6 \times 370 \text{ MPa}) \\ &= 499,5 \text{ N/mm (menentukan)} \end{aligned}$$

$$R_u = \frac{V_u}{L_{\text{total}}} = \frac{38,89 \text{ N}}{934 \text{ mm}} = 0,042 \text{ N/mm}$$

Cek syarat:

$$R_u < \phi_f R_{nw} \\ 8,558 \text{ N/mm} < 666 \text{ N/mm (Memenuhi)}$$

2. Geser Lentur

Menghitung modulus penampang (S)

$$S = \Sigma b d_1 + (d_1^2/3)$$

$$= (250 \text{ mm} \times 228 \text{ mm}) + ((228 \text{ mm})^2/3)$$

$$= 74328 \text{ mm}^2$$

$$R_u = \frac{M_u}{S} = \frac{143400 \text{ Nmm}}{74328 \text{ mm}^2} = 1,929 \text{ N/mm}$$

Cek syarat :

$$R_u < \phi_f R_{nw}$$

$$1,929 \text{ N/mm} < 499,5 \text{ N/mm (Memenuhi)}$$

- Tinjauan Pelat

1. Kondisi Leleh

$$\phi N_n = \phi A_g f_y$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)

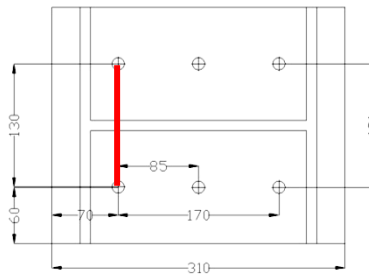
$$= 0,9 \times (6 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}) \times 240 \text{ MPa}$$

$$= 324000 \text{ N}$$

Kondisi Fraktur:

• Kondisi fraktur 1

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)



Gambar 4. 59 Arah robekan pada kondisi fraktur 1

$$A_{nt} = A_g - n d t$$

$$= 1500 \text{ mm}^2 - (2 \times 15 \text{ mm} \times 6 \text{ mm})$$

$$= 1320 \text{ mm}^2$$

$$l \geq 2w$$

$$934 \text{ mm} \geq 2 \times 250 \text{ mm}$$

Maka, $U = 1$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4)

$$A_e = U \times A_{nt}$$

$$= 1 \times 1320 \text{ mm} = 1320 \text{ mm}^2$$

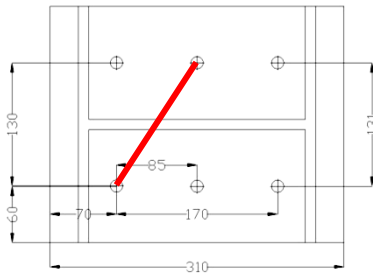
(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)

$$\phi N_n = \phi A_e f_u$$

$$= 0,75 \times 1320 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa}$$

$$= 366300 \text{ N}$$

- Kondisi fraktur 2



Gambar 4. 60 Arah robekan pada kondisi fraktur 2

$$A_{nt} = A_g - n d t + \sum \frac{s^2 t}{4u}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)

$$= (1500 \text{ mm}^2 - 2 \times 15 \text{ mm} \times 6 \text{ mm})$$

$$+ \left(\frac{85 \text{ mm}^2 \times 6 \text{ mm}}{4 \times 131 \text{ mm}} \right)$$

$$= 1403 \text{ mm}^2$$

$$l \geq 2w$$

$$934 \text{ mm} \geq 2 \times 100 \text{ mm}$$

Maka, $U = 1$

(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4)

$$\begin{aligned}
 A_e &= U \times A_{nt} \\
 &= 1 \times 1403 \text{ mm} = 1403 \text{ mm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi Nn &= \phi A_e f_u \\
 &= 0,75 \times 1403 \text{ mm}^2 \times 370 \text{ MPa} \\
 &= 389257,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kondisi fraktur 1 menentukan

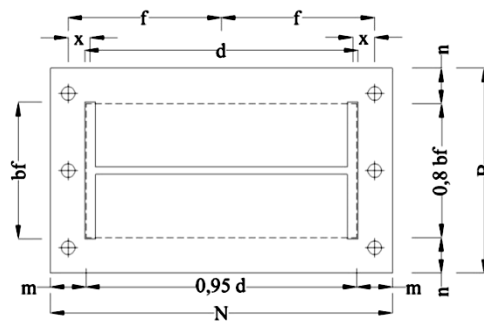
Cek syarat

$$P_u V < \phi Nn$$

$$38,89 \text{ kg} < 36630 \text{ kg (Memenuhi)}$$

4.4.7. Perhitungan Pelat Landas

Sebelum beban kolom diteruskan ke pondasi, beban diterima terlebih dahulu oleh pelat landas (pelat kaki) yang berfungsi meratakan tekanan kolom pada pondasi.



Gambar 4. 61 Penampang Base Plate

Dimana:

$$m = \frac{(N-0,95d)}{2}$$

$$n = \frac{B-0,8bf}{2}$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2}$$

B = lebar *base plate*

N = panjang *base plate*

b_f = lebar sayap/*flens* kolom

d = tinggi kolom

f = jarak angkur ke sumbu *base plate* dan sumbu kolom

• Data perencanaan :

- Mutu Baja = BJ-37; $f_y = 240$ MPa,
 $f_u = 370$ MPa

- Mutu Beton = 25 MPa

- σ_{ijin} = 1600 kg/cm²

- Dimensi Kolom = WF 250.250.11.11

- Dimensi Pelat = 300 mm x 300 mm

Output SAP:

N_u : 61,478 kN

M_u : 69,932 kN.m

V_u : 78,939 kN

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{69,932 \text{ kN.m}}{61,478 \text{ kN}} = 1,138 \text{ m}$$

$$= 1138 \text{ mm}$$

$$\frac{N}{6} = \frac{400 \text{ mm}}{6} = 66,67 \text{ mm}$$

$\frac{N}{6} < e$, maka termasuk kategori D

$$m = \frac{N - 0,95d}{2}$$

$$= \frac{400 \text{ mm} - 0,95 \times 250 \text{ mm}}{2} = 81,25 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0,8 b_f}{2}$$

$$= \frac{400 - 0,8 \times 250}{2} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} x &= f - \frac{d}{2} + \frac{tf}{2} \\ &= 162,5 \text{ mm} - \frac{250 \text{ mm}}{2} + \frac{11}{2} = 43 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menghitung Tegangan Tumpu pada Beton

$$q = \phi_c \times 0,85 \times f_c' \times B \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$\text{Asumsi } \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 2$$

Dimana,

A_1 = Luas penampang baja yang secara konsentris menumpu pada permukaan beton, mm^2

A_2 = Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani, mm^2

$$\phi_c = 0,6$$

$$\begin{aligned} q &= 0,6 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 400 \text{ mm} \times 2 \\ &= 10200 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$f + \frac{N}{2} = 162,5 \text{ mm} + \frac{400 \text{ mm}}{2} = 362,5 \text{ mm}$$

$$f + e = 162,5 \text{ mm} + 1138 \text{ mm} = 1300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Y &= \left(f + \frac{N}{2} \right) \pm \sqrt{\left[\left(f + \frac{N}{2} \right) \right]^2 - \frac{2P_u(f+e)}{q}} \\ &= 362,5 \text{ mm} \pm \sqrt{[-362,5 \text{ mm}]^2 - \frac{2 \times 61,478 \text{ N} \times 1300 \text{ mm}}{10200 \text{ N/mm}}} \\ &+ = 703 \text{ mm} \\ &- = 22 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Periksa, } \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}}{300 \text{ mm} \times 22 \text{ mm}}} \\ = 4,235$$

$$\text{Maka, } \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \text{ diambil} = 2$$

$$T_u = q Y - P_u \\ = (10200 \text{ N/mm} \times 22 \text{ mm}) - 61,478 \text{ N} \\ = 165994 \text{ N} \\ = 16599,4 \text{ kg}$$

- Periksa Angkur Terhadap Gaya Geser dan Tarik
Digunakan 6 buah angkur berdiameter 19 mm

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} = \frac{78939 \text{ N}}{6} = 13156,5 \text{ N}$$

$$\emptyset.F_v.A_b = 0,75 \times 166 \times 283,4 \text{ mm}^2 \\ = 35281,43 \text{ N}$$

$$F_t = 407 - 1,9f_v$$

$$f_v = \frac{V_{ub}}{A_b} = \frac{13156,5 \text{ N}}{283,4 \text{ mm}^2} = 46,43 \text{ N/mm}^2$$

$$F_t = 407 - 1,9 \times 46,43 \text{ N/mm}^2 \\ = 318,79 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{ub} = \frac{T_u}{n_t} = \frac{165994 \text{ N}}{3} = 55331,4 \text{ N} \\ = 5533,14 \text{ kg}$$

$$\emptyset.F_t.A_b = 0,75 \times 318,79 \text{ N/mm}^2 \times 283,4 \text{ mm}^2 \\ = 67755,3 \text{ N}$$

- Perencanaan Panjang Angkur

$$L_{db} = \frac{d_b \times f_y}{4\sqrt{f_c}}$$

$$(SNI 03-2847-2002 \text{ pasal } 14.3.2) \\ = \frac{19 \text{ mm} \times 400 \text{ MPa}}{4 \sqrt{25 \text{ MPa}}} = 380 \text{ mm}$$

tetapi, tidak kurang dari:

$$0,04 \times d_b \times f_y = 0,04 \times 19 \text{ mm} \times 400 \text{ MPa} = 304 \text{ mm}$$

Maka, panjang angkur adalah 300 mm

- Perhitungan Tebal *Base Plate*

$$Y = 22 \text{ mm} < m = 81,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} t_{p \text{ perlu1}} &= 2,11 \times \sqrt{\frac{T_u \cdot x}{B f_y}} \\ &= 2,11 \times \sqrt{\frac{165994 \text{ N} \times 43 \text{ mm}}{400 \text{ mm} \times 240 \text{ MPa}}} = 18,19 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{p \text{ perlu2}} &= 2,11 \times \sqrt{\frac{P_u \left(m - \frac{Y}{2}\right)}{B f_y}} \\ &= 2,11 \times \sqrt{\frac{61478 \text{ N} \times \left(81,25 \text{ mm} - \frac{22,3 \text{ mm}}{2}\right)}{400 \text{ mm} \times 240 \text{ MPa}}} \\ &= 14,14 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ambil tebal *base plate*, $t_p = 18,19 \text{ mm}$
 $\approx 2 \text{ cm}$

Sehingga, ukuran *base plate* adalah 400 mm x 400 mm x 20 mm dengan angkur 6 buah berdiameter 19 mm dan panjang angkur adalah 300 mm

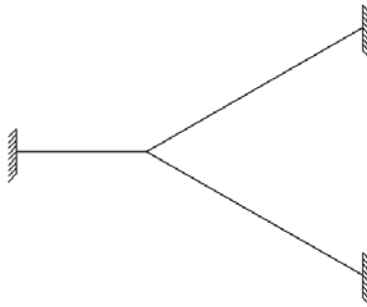
4.5. PERHITUNGAN STRUKTUR TANGGA

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.

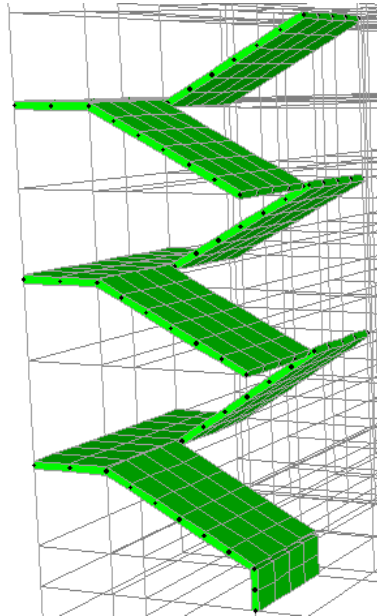
Permodelan struktur tangga dalam hal ini menggunakan program SAP 2000. Adapun data-data yang di-*input* adalah sebagai berikut:

1. *Load cases* → DL dan LL
2. *Combinations* → $1,2DL + 1,6LL$
3. *Area loads (uniform shell)* → untuk semua beban (DL dan LL), besarnya beban sesuai dengan input pembebanan SAP pada bab pembebanan.

Permodelan struktur tangga yaitu seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 62 Permodelan Mekanika Tangga



Gambar 4. 63 Permodelan Struktur 3D Tangga

Gaya dalam dari output SAP 2000 kombinasi (1,2DL + 1,6LL):

- Pelat anak tangga
Momen lentur M2-2
Tump. – Lap. = area 127 ; joint 507 = 2854 kgm
- Pelat anak tangga
Momen lentur M1-1
Tump. – Lap. = area 27 ; joint 490 = 5182 kgm
- Pelat bordes
Momen lentur M2-2
Tump. – Lap. = area 4384 ; joint 100 = 3149 kgm
- Pelat bordes
Momen lentur M1-1
Tump. – Lap. = area 4339 ; joint 482 = 4343 kgm

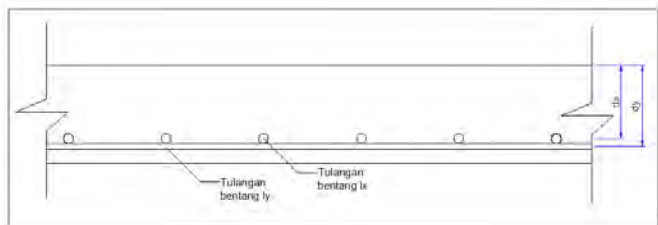
➤ Penulangan Tangga

Berikut akan dibahas penulangan tangga As (D-C';10-11). Adapun data-data dan perhitungan penulangan tangga adalah sebagai berikut:

Data perencanaan:

- Tipe tangga : As (D-C';10-11)
- Mutu beton (f_c') : 25 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Berat jenis beton : 2400 kg/m³
- β : 0,85
(SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7.3)
- Tebal pelat anak tangga : 15 cm
- Tebal pelat bordes : 15 cm
- Tebal selimut beton : 20 mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1.(C))
- D Tulangan lentur arah y (tangga) : 14 mm
- D Tulangan lentur arah x (tangga) : 14 mm
- D Tulangan lentur arah y (bordes) : 14 mm
- D Tulangan lentur arah x (bordes) : 14 mm

➤ Penulangan Pelat Anak Tangga



Gambar 4. 64 Rencana Penulangan pada Pelat Anak Tangga

Tebal manfaat pelat:

$$\begin{aligned}
 dx &= t \text{ pelat} - \text{selimut} - \frac{1}{2} D \\
 &= 150 - 20 - (1/2 \times 14) \\
 &= 123 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= t \text{ pelat} - \text{selimut} - D - \frac{1}{2} D \\ &= 150 - 20 - 14 - (1/2 \times 14) \\ &= 109 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \\ \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ & \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,027 \\ \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ & \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 0,027 \\ &= 0,02 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 25} \\ &= 18,82 \end{aligned}$$

- Penulangan arah Y

$$\begin{aligned} M2-2 &= 2854,01 \text{ kgm} \\ &= 28540100 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{M}{0,8} \\ &= \frac{28540100}{0,8} \\ &= 35675125 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times dy^2} \\ &= \frac{35675125}{1000 \times 109^2} \end{aligned}$$

$$= 3,002$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 3,002}{400}} \right) \\ &= 0,0081\end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 \leq 0,0081 \leq 0,02$$

Dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0081$

$$\begin{aligned}\text{As} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\ &= 0,0081 \times 1000 \times 109 \\ &= 886,021 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.1)

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

$$\begin{aligned}\text{As} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 109 \\ &= 196,2 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Pemilihan tulangan:

(Tabel penampang tulangan tersedia)

$$\begin{aligned}\text{As} &= 886,021 \text{ mm}^2 \\ &\text{(Digunakan tulangan D14 - 170)}\end{aligned}$$

$$\text{As}_{\text{pasang}} = 905,52 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{As}_{\text{susut}} &= 196,2 \text{ mm}^2 \\ &\text{(Digunakan tulangan } \emptyset 8 - 250)\end{aligned}$$

$$\text{As}_{\text{pasang}} = 201,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

(SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)

$$S_{\text{max}} < 2h$$

$$170 < 2 \times 150$$

$$170 < 300 \text{ (OKE)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.2.2)

$$\begin{aligned} S_{\max} &< 5h \\ 250 &< 5 \times 150 \\ 250 &< 750 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

- Penulangan arah X

$$\begin{aligned} M1-1 &= 5181,95 \text{ kgm} \\ &= 51819500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M}{0,8} \\ &= \frac{51819500}{0,8} \\ &= 64774375 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d \times x^2} \\ &= \frac{64774375}{1000 \times 123^2} \\ &= 4,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 4,28}{400}} \right) \\ &= 0,012 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} \rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max} \\ 0,0035 \leq 0,0121 \leq 0,02 \end{aligned}$$

Dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,012$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\ &= 0,012 \times 1000 \times 123 \\ &= 1485,378 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.1)

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

$$A_s = \rho \times b \times d_y$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 123$$

$$= 221,4 \text{ mm}^2$$

Pemilihan tulangan:

(Tabel penampang tulangan tersedia)

$$A_s = 1485,378 \text{ mm}^2$$

(Digunakan tulangan D14 – 100)

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 1539,38 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{susut}}} = 221,4 \text{ mm}^2$$

(Digunakan tulangan Ø8 – 220)

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 228,48 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

(SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)

$$S_{\text{max}} < 2h$$

$$100 < 2 \times 150$$

$$100 < 300 \text{ (OKE)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.2.2)

$$S_{\text{max}} < 5h$$

$$200 < 5 \times 150$$

$$200 < 750 \text{ (OKE)}$$

- Kontrol retak

Karena $f_y = 400 \text{ Mpa} > 300 \text{ Mpa}$, maka kontrol retak diperlukan.

(SNI 03-2847-2002 psl. 12.6 persamaan (24))

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

dengan syarat:

$z \leq 30 \text{ MN/m}$ (untuk struktur dalam ruangan)

$$f_s = 60\% \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 240 \text{ Mpa}$$

$$d_c = \text{selimut} + \frac{1}{2} \text{ Ø tulangan}$$

$$\begin{aligned}
 &= 20 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 14 \text{ mm} \\
 &= 27 \text{ mm} \\
 A &= 2 \times d_c \times s \\
 &= 2 \times 27 \text{ mm} \times 170 \text{ mm} \\
 &= 9180 \text{ mm}^2 \\
 \text{Sehingga,} \\
 z &= f_s \sqrt[3]{d_c \times A} \\
 &= 240 \sqrt[3]{27 \times 9180} \\
 &= 15075,78 \text{ N/mm} \\
 &= 15,07 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m (OKE)}
 \end{aligned}$$

➤ Penulangan Pelat Bordes

- Penulangan arah Y

$$\begin{aligned}
 M2-2 &= 3149,06 \text{ kgm} \\
 &= 31490600 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M}{0,8} \\
 &= \frac{31490600}{0,8} \\
 &= 39363250 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d_y^2} \\
 &= \frac{39363250}{1000 \times 109^2} \\
 &= 3,31
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,82} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 3,31}{400}} \right) \\
 &= 0,009
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}} \\
 0,0035 &\leq 0,009 \leq 0,02
 \end{aligned}$$

Dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,009$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\
 &= 0,009 \times 1000 \times 109 \\
 &= 986,931 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.1)

Didapat ρ_{susut} pakai = 0,0018

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 109 \\ &= 196,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan:

(Tabel penampang tulangan tersedia)

$$\begin{aligned} A_s &= 986,931 \text{ mm}^2 \\ &\text{(Digunakan tulangan D14 – 150)} \end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{pasang}}} = 1026,26 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{susut}}} &= 196,2 \text{ mm}^2 \\ &\text{(Digunakan tulangan } \emptyset 8 - 250) \end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{pasang}}} = 201,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

(SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &< 2h \\ 150 &< 2 \times 150 \\ 150 &< 300 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.2.2)

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &< 5h \\ 250 &< 5 \times 150 \\ 250 &< 750 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

- Penulangan arah X

$$\begin{aligned} M1-1 &= 4343,89 \text{ kgm} \\ &= 43438900 \text{ Nmm} \\ M_n &= \frac{M}{0,8} \\ &= \frac{43438900}{0,8} \end{aligned}$$

$$= 54298625 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times dx^2}$$

$$= \frac{54298625}{1000 \times 123^2}$$

$$= 3,58$$

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

$$= \frac{1}{18,82} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 3,58}{400}} \right)$$

$$= 0,009$$

Syarat:

$$\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 \leq 0,009 \leq 0,02$$

Dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,009$

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

$$= 0,009 \times 1000 \times 123$$

$$= 1216,952 \text{ mm}^2$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.1)

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

$$A_s = \rho \times b \times d_y$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 123$$

$$= 221,4 \text{ mm}^2$$

Pemilihan tulangan:

(Tabel penampang tulangan tersedia)

$$A_s = 1216,952 \text{ mm}^2$$

(Digunakan tulangan D14 – 120)

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 1282,82 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{susut}}} = 221,4 \text{ mm}^2$$

(Digunakan tulangan Ø8 – 220)

$$A_{S_{\text{pasang}}} = 228,48 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

(SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &< 2h \\ 100 &< 2 \times 150 \\ 100 &< 300 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.2.2)

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &< 5h \\ 200 &< 5 \times 150 \\ 200 &< 750 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

- Kontrol retak
 Karena $f_y = 400 \text{ Mpa} > 300 \text{ Mpa}$, maka kontrol retak diperlukan.
 (SNI 03-2847-2002 psl. 12.6.4)

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

dengan syarat:

$z \leq 30 \text{ MN/m}$ (untuk struktur dalam ruangan)

$$\begin{aligned} f_s &= 60\% \times 400 \text{ Mpa} \\ &= 240 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dc &= \text{selimut} + \frac{1}{2} \text{ Ø tulangan} \\ &= 20 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 14 \text{ mm} \\ &= 27 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 2 \times dc \times s \\ &= 2 \times 27 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ &= 8100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

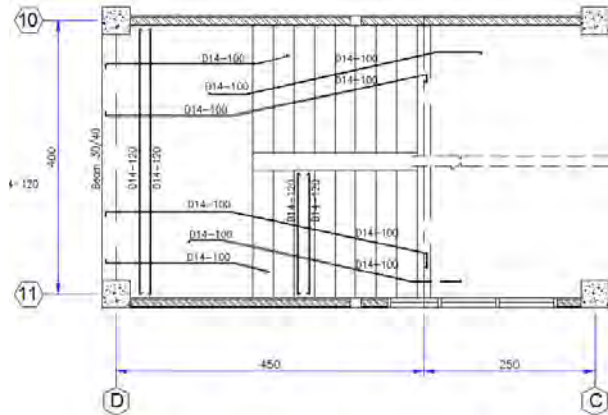
Sehingga,

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

$$\begin{aligned}
 &= 240 \sqrt[3]{27 \times 8100} \\
 &= 14459,75 \text{ N/mm} \\
 &= 14,45 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m (OKE)}
 \end{aligned}$$

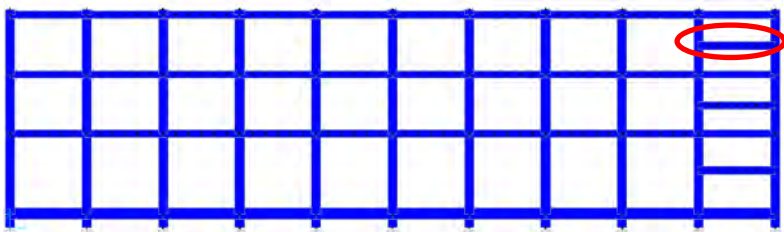
➤ **Hasil gambar perencanaan:**

Pada penggambaran jarak tulangan disamakan mengikuti jarak terpendek:



Gambar 4. 65 Gambar Penulangan Pelat Bordes dan Anak Tangga

➤ **Penulangan Balok Bordes Tangga**



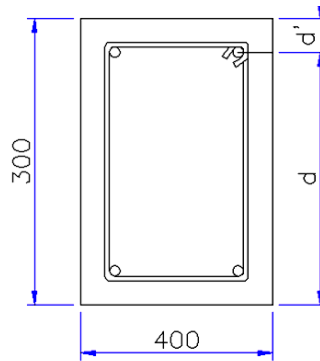
Gambar 4. 66 Permodelan Balok Bordes yang Ditinjau

Data perencanaan:

- Tipe balok = Bordes 30/40
- As balok = D (10-11)
- Bentang balok L_{balok} = 4000 mm
- Dimensi balok B_{balok} = 300 mm
- Dimensi balok H_{balok} = 400 mm
- Kuat tekan beton f_c' = 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur f_y = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser f_{yv} = 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir f_{yt} = 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur D_{lentur} = 16 mm
- Diameter tulangan geser \emptyset_{geser} = 10 mm
- Diameter tulangan puntir D_{puntir} = 16 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar S_{sejajar} = 25 mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1)
- Jarak spasi tulangan lapis S_{lapis} = 25 mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1)
- Tebal selimut beton t = 40 mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1)
- Faktor β_1 β_1 = 0,85
- 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. 11.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) = 0,75
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2.1)

Tinggi efektif balok:

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ tul. Geser} - \frac{1}{2} D \text{ tul.} \\
 &\quad \text{lentur} \\
 &= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (16 \text{ mm}/2) \\
 &= 342 \text{ mm} \\
 d' &= \text{selimut beton} + \emptyset \text{ tul. Geser} + \frac{1}{2} D \text{ tul. lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (16 \text{ mm}/2) \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 67 Rencana Penulangan pada Balok Bordes

Berikut diperoleh hasil gaya dalam output SAP200 akibat kombinasi:

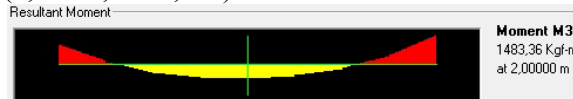
- Torsi (max) = 14224600 Nmm
(1,2D+1L+1Ey)



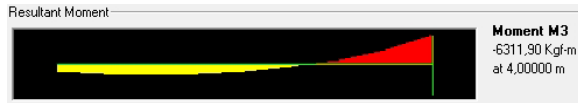
- Lentur tumpuan kiri (max) = 54651600 Nmm
(1,2D+1L-1Ey)



- Lentur lapangan (max) = 14833600 Nmm
(1,2D+1,6L+0,8W)



- Lentur tumpuan kanan (max) = 63119000 Nmm
(1,2D+1L+1Ey)



Perhitungan Tulangan Puntir

Momen puntir *ultimate*:

$$T_u = 14224600 \text{ Nmm}$$

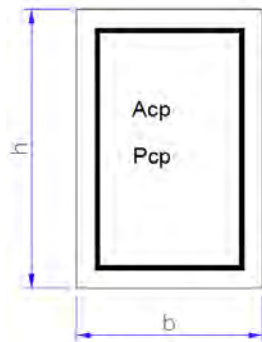
Momen puntir nominal:

$$T_n = T_u / \phi$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.(5))

$$T_n = 14224600 \text{ Nmm} / 0,75$$

$$= 18966133,33 \text{ Nmm}$$

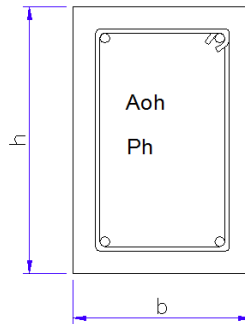


Gambar 4. 68 Luasan A_{cp} dan Keliling P_{cp}

Luas penampang dibatasi sisi luar:

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 300 \times 400 \\ &= 120000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (300 + 400) \\ &= 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 69 Luasan Aoh dan Keliling Ph

Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang:

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b \text{ balok} - 2 \times \text{selimut} - (\text{Øgeser})) \times (h \text{ balok} - 2 \\ &\quad \times \text{selimut} - (\text{Øgeser})) \\ &= (300 - (2 \times 40) - 10) \times (400 - (2 \times 40) - 10) \\ &= 65100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang:

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b \text{ balok} - 2 \times \text{selimut} - (\text{Øgeser})) + ((h \\ &\quad \text{balok} - 2 \times \text{selimut} - (\text{Øgeser}))) \\ &= 2 \times ((300 - (2 \times 40) - 10) + (400 - (2 \times 40) - 10)) \\ &= 1040 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada:

$$\begin{aligned} &= \frac{\phi \sqrt{f'c'}}{12} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1.(a)}) \\ &= \frac{0,75 \sqrt{25}}{12} \times \left(\frac{120000^2}{1400} \right) \\ &= 3214285,71 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar:

$$= \frac{\phi \sqrt{f'c'}}{3} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.2.2(a))

$$= \frac{0,75 \sqrt{25}}{3} \times \left(\frac{120000^2}{1400} \right)$$

$$= 12857142,86 \text{ Nmm}$$

Cek pengaruh momen puntir:

$$= \frac{\varphi \sqrt{f_c'}}{12} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \leq T_u$$

$$= 3214285,71 \text{ Nmm} \leq 18966133 \text{ Nmm} \text{ (Tinjau Torsi)}$$

Cek kuat lentur puntir:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_o h^2} \right)^2} \leq \varphi \left(\frac{V_c}{b \times d} + \frac{2 \times \sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.1(a))

$$\sqrt{\left(\frac{62844,126}{400 \times 342} \right)^2 + \left(\frac{18966133 \times 1040}{1,7 \times 65100^2} \right)^2} \leq \varphi \left(\frac{85500}{300 \times 342} + \frac{2 \times \sqrt{25}}{3} \right)$$

$$= 2,805 \leq 3,125 \text{ (OKE)}$$

* Maka penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir yang terjadi

Tulangan puntir untuk geser

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

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

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.6)

$$A_o = 0,85 \times A_{oh}$$

$$= 0,85 \times 65100$$

$$= 55335 \text{ mm}^2$$

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

$$= \frac{18966133,33}{2 \times 55335 \times 240 \times \cot \theta}$$

$$= 0,714 \text{ mm}^2$$

Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = A_t/s \times Ph \times (F_{yv}/F_{yt}) \times \cot^2\theta$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.7)

$$A_l = 0,71 \times 1040 \times (240/400) \times \cot^2\theta$$

$$= 445,576 \text{ mm}^2$$

Bilamana diperlukan tulangan puntir, maka luas total minimum tulangan puntir longitudinal harus dihitung dengan ketentuan:

$$A_{l_{\min}} = \frac{5 \sqrt{f'c} \times A_{cp}}{12 \times F_{yt}} - \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yv}}{F_{yt}} \right)$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.5.3)

$$= \frac{5 \sqrt{25} \times 120000}{12 \times 400} - 0,71 \times 1040 \times \left(\frac{240}{400} \right)$$

$$= 179,423 \text{ mm}^2$$

* Kontrol:

$$A_{l_{\text{perlu}}} \geq A_{l_{\min}}$$

$$445,576 \text{ mm}^2 \geq 179,423 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Maka gunakan $A_{l_{\text{perlu}}}$.

Luas tulangan puntir untuk lentur didistribusikan merata ke empat sisi balok:

$$\frac{A_l}{4} = \frac{445,576}{4}$$

$$= 111,394 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu puntir longitudinal sisi samping balok (web):

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 2 \times A_l/4$$

$$= 2 \times 111,394$$

$$= 222,788 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir:

$$D-16 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$$

$$= 200,96 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (web):

$$= \frac{As \text{ perlu puntir}}{\text{luas}an \ D \ \text{puntir}}$$

$$= \frac{222,788}{200,96}$$

$$= 1,108$$

$$\approx 2 \text{ buah}$$

Perhitungan tulangan lentur

- Daerah tumpuan kiri

$$M_u = 54651600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{54651600}{0,8}$$

$$= 68314500 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{(600 + F_y)} \times d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400)} \times 342$$

$$= 205,2 \text{ mm}$$

$$X_{\max} < 0,75 \times X_b$$

$$< 0,75 \times 205,2 \text{ mm}$$

$$= 153,9 \text{ mm}$$

$$X_{\min} = 58 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 80 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta \times X_{\text{rencana}}$$

$$= 0,85 \times 25 \times 300 \times 0,85 \times 80$$

$$= 433500 \text{ N}$$

$$A_{sc} = \frac{C_c}{F_y}$$

$$= \frac{433500}{400}$$

$$= 1083,75 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 1083,75 \times 400 \times \left(342 - \frac{0,85 \times 80}{2} \right) \\
 &= 133518000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 68314500 \text{ Nmm} - 133518000 \text{ Nmm} \\
 &= -65203500 \text{ Nmm} > 0
 \end{aligned}$$

(TAK PERLU TUL. TEKAN)

* Maka untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan tulangan tunggal

$$\begin{aligned}
 \rho_{bal} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_{bal} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3)} \\
 &= 0,75 \times 0,027 \\
 &= 0,02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{68314500}{300 \times 342^2} \\
 &= 1,95
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 25} \\
 &= 18,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 1,95}{400}} \right) \\
 &= 0,005
 \end{aligned}$$

Syarat: $\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$

* Gunakan ρ_{perlu}

Luasan tulangan perlu lentur tarik:

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &= 0,005 \times 300 \times 342 \\
 &= 524,622 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan rencana:

$$\begin{aligned}
 D - 16 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 200,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (*top*):

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\
 &= 524,622 + 111,39 \\
 &= 636,016 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (*bottom*):

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\
 &= 0 + 111,39 \\
 &= 111,39 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang:

$$\begin{aligned}
 N \text{ pasang lentur tarik (top)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{\text{Luasan } D \text{ lentur}}{200,96}} \\
 &= \frac{636,016}{200,96} \\
 &= 3,16 \\
 &\approx 4 \text{ D16}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N \text{ pasang lentur tekan (bottom)} &= \frac{As \text{ perlu}}{\frac{Luasan D \text{ lentur}}{111,394}} \\
 &= \frac{200,96}{111,394} \\
 &= 0,554 \\
 &\approx 2 \text{ D16}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tarik (*top*):

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan D lentur} \\
 &= 4 \times 200,96 \\
 &= 803,84 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (*bottom*):

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan D lentur} \\
 &= 2 \times 200,96 \\
 &= 401,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek spasi tulangan:

Spasi tulangan tarik:

$$\begin{aligned}
 S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{N-1} \\
 &= \frac{300 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 16)}{4-1} \\
 &= 45,333 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}
 \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 4 D16

$$\begin{aligned}
 S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{N-1} \\
 &= \frac{300 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2-1} \\
 &= 168 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}
 \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 2 D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok:

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 x M lentur tumpuan (-)

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4.1)

Maka dilakukan pengecekan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_s = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 401,92 \text{ mm}^2$$

M lentur tumpuan (+) \geq 1/3 x M lentur tumpuan (-)

$$401,92 \geq 1/3 \times 803,84$$

$$401,92 \geq 267,94 \quad \text{(OKE)}$$

Cek momen nominal pasang balok:

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s \text{ pasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(803,84 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 300} \\ &= 50,437 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 50,437 \\ &= 321536 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \times (d - a/2) \\ &= 321536 \times (342 - 50,347/2) \\ &= 101856653,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$M_{n_{\text{pasang}}} \geq M_{n_{\text{perlu}}}$$

$$101856653,2 \text{ Nmm} \geq 68314500 \text{ Nmm} \quad \text{(OKE)}$$

- Daerah tumpuan kanan

$$M_u = 63119000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{63119000}{0,8} \\ &= 78898750 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600}{(600+F_y)} \times d \\
 &= \frac{600}{(600+400)} \times 342 \\
 &= 205,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &< 0,75 \times X_b \\
 &< 0,75 \times 205,2 \text{ mm} \\
 &= 153,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$X_{\min} = 58 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 80 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta \times X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 0,85 \times 80 \\
 &= 433500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{C_c}{F_y} \\
 &= \frac{433500}{400} \\
 &= 1083,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times F_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right) \\
 &= 1083,75 \times 400 \times \left(342 - \frac{0,85 \times 80}{2} \right) \\
 &= 133518000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 78898750 \text{ Nmm} - 133518000 \text{ Nmm} \\
 &= -54619250 \text{ Nmm} > 0
 \end{aligned}$$

(TAK PERLU TUL. TEKAN)

* Maka untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan tulangan tunggal

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{bal}} \quad (\text{SNI } 03-2847-2002 \text{ psl. } 12.3.3)$$

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$= 0,02$$

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

$$(\text{SNI } 03-2847-2002 \text{ psl. } 12.5.1)$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{78898750}{300 \times 342^2} = 2,24$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 2,24}{400}} \right) = 0,0059$$

Syarat: $\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$

* Gunakan ρ_{perlu}

Luasan tulangan perlu lentur tarik:

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0059 \times 300 \times 342 \\ &= 610,989 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan rencana:

$$\begin{aligned} D - 16 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (*top*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 610,98 + 111,39 \\ &= 722,383 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (*bottom*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 0 + 111,39 \\ &= 111,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang:

$$\begin{aligned} N \text{ pasang lentur tarik (top)} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{\text{Luasan } D \text{ lentur}}{722,383}} \\ &= \frac{722,383}{200,96} \\ &= 3,59 \\ &\approx 4 \text{ D16} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N \text{ pasang lentur tekan (bottom)} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{\text{Luasan } D \text{ lentur}}{111,394}} \\ &= \frac{111,394}{200,96} \\ &= 0,554 \\ &\approx 2 \text{ D16} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tarik (*top*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pasang}}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan } D \text{ lentur} \\ &= 4 \times 200,96 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (*bottom*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pasang}}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan } D \text{ lentur} \\ &= 2 \times 200,96 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek spasi tulangan:

Spasi tulangan tarik:

$$S_{\text{min}} = \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{N-1}$$

$$= \frac{300 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 16)}{4-1}$$

$$= 45,333 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 4 D16

$$S_{\min} = \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{\frac{300 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2-1}}$$

$$= 168 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 2 D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok:

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times$ M lentur tumpuan (-)

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4.1)

* Maka dilakukan pengecekan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_s = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 401,92 \text{ mm}^2$$

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times$ M lentur tumpuan (-)

$$401,92 \geq 1/3 \times 803,84$$

$$401,92 \geq 267,94 \quad \text{(OKE)}$$

Cek momen nominal pasang balok:

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s \text{ pasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(803,84 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 300} \\ &= 50,437 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 300 \times 50,437$$

$$= 321536 \text{ N}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \times (d - a/2) \\ &= 321536 \times (342 - 50,347/2) \\ &= 101856653,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} M_{n_{\text{pasang}}} &\geq M_{n_{\text{perlu}}} \\ 101856653,2 \text{ Nmm} &\geq 78898750 \text{ Nmm} \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

- Daerah lapangan

$$M_u = 14833600 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{14833600}{0,8} \\ &= 18542000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600 + F_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 342 \\ &= 205,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{max}} &< 0,75 \times X_b \\ &< 0,75 \times 205,52 \text{ mm} \\ &= 153,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$X_{\text{min}} = 58 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 80 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 0,85 \times 80 \\ &= 433500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{C_c}{F_y} \\ &= \frac{433500}{400} \\ &= 1083,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times F_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 1083,75 \times 400 \times \left(342 - \frac{0,85 \times 80}{2} \right) \\
 &= 133518000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 18542000 \text{ Nmm} - 133518000 \text{ Nmm} \\
 &= -114976000 \text{ Nmm} > 0
 \end{aligned}$$

(TAK PERLU TUL. TEKAN)

* Maka untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan tulangan tunggal

$$\begin{aligned}
 \rho_{bal} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{bal} \quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3)}$$

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$= 0,02$$

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

$$\text{(SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1)}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{18542000}{300 \times 342^2} \\
 &= 0,528
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 25}
 \end{aligned}$$

$$= 18,82$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 0,52}{400}} \right) \\ &= 0,001\end{aligned}$$

Syarat: $\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$

* Karena $\rho_{\min} \geq \rho_{\text{perlu}}$, maka gunakan ρ_{\min}

Luasan tulangan perlu lentur tarik:

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 300 \times 342 \\ &= 359,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan tulangan rencana:

$$\begin{aligned}D - 16 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (*bottom*):

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 359,1 + 111,39 \\ &= 470,494 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (*top*):

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 0 + 111,39 \\ &= 111,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang:

$$N \text{ pasang lentur tarik (bottom)} = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luasan } D \text{ lentur}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{470,494}{200,96} \\
 &= 2,3 \\
 &\approx 3 \text{ D16} \\
 \text{N pasang lentur tekan (top)} &= \frac{\text{As perlu}}{\frac{\text{Luasan D lentur}}{200,96}} \\
 &= \frac{111,39}{200,96} \\
 &= 0,554 \\
 &\approx 2 \text{ D16}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tarik (*bottom*):

$$\begin{aligned}
 \text{As}_{\text{pasang}} &= \text{N pasang} \times \text{Luasan D lentur} \\
 &= 3 \times 200,96 \\
 &= 602,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (*bottom*):

$$\begin{aligned}
 \text{As}_{\text{pasang}} &= \text{N pasang} \times \text{Luasan D lentur} \\
 &= 2 \times 200,96 \\
 &= 401,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek spasi tulangan:

Spasi tulangan tarik:

$$\begin{aligned}
 S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{\frac{N-1}{3-1}} \\
 &= \frac{300 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3-1} \\
 &= 76 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}
 \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 3 D16

$$\begin{aligned}
 S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{\frac{N-1}{2-1}} \\
 &= \frac{300 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2-1} \\
 &= 168 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}
 \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 2 D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok:

M lentur lapangan (+) $\geq 1/5 \times$ M lentur tumpuan (-)

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4.1)

* Maka dilakukan pengecekan dengan meninjau tulangan pasang

Pada lapangan:

$$A_s = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 401,92 \text{ mm}^2$$

Pada tumpuan:

$$A_s = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 401,92 \text{ mm}^2$$

M lentur lapangan (+) $\geq 1/3$ x M lentur tumpuan (-)

$$401,92 \geq 1/5 \times 803,84$$

$$401,92 \geq 160,768 \quad \text{(OKE)}$$

M lentur lapangan (+) $\geq 1/5$ x M lentur tumpuan (-)

$$602,88 \geq 1/5 \times 803,84$$

$$602,88 \geq 160,768 \quad \text{(OKE)}$$

Cek momen nominal pasang balok:

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s \text{ pasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(602,88 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 300} \\ &= 37,827 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 37,827 \\ &= 241152 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \times (d - a/2) \\ &= 241152 \times (342 - 37,827/2) \\ &= 77912863,44 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$Mn_{pasang} \geq Mn_{perlu}$$

$$77912863,44 \text{ Nmm} \geq 18542000 \text{ Nmm (OKE)}$$

* Untuk memudahkan pekerjaan, maka pemasangan tulangan di daerah tumpuan disamakan. (mengikuti momen yang terbesar)

Tumpuan kanan = Tumpuan kiri

$$As = 803,84 \text{ mm}^2 \rightarrow 4 \text{ D16}$$

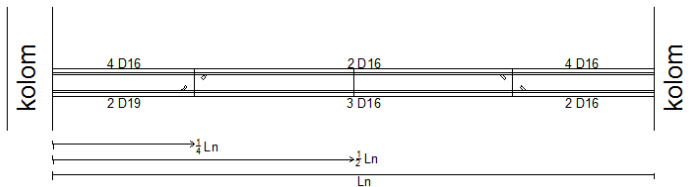
$$As' = 401,92 \text{ mm}^2 \rightarrow 2 \text{ D16}$$

Lapangan

$$As = 602,88 \text{ mm}^2 \rightarrow 3 \text{ D16}$$

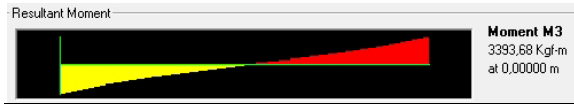
$$As' = 401,92 \text{ mm}^2 \rightarrow 2 \text{ D16}$$

- Kontrol kemampuan balok
Pada pemasangan tulangan lentur perlu dilakukan pengecekan kekuatan kembali untuk menanggulangi apabila terjadi momen bolak-balik yang diakibatkan oleh gaya gempa yang diterima. Sehingga terdapat kemungkinan penulangan yang semula menerima gaya tarik menjadi menerima gaya tekan dan sebaliknya.



Gambar 4. 70 Sketsa Pemasangan Tulangan Lentur pada Balok

Pada tinjauan SAP data gaya dalam yang terjadi pada balok, dapat dilihat bahwa yang mengalami perubahan momen adalah daerah tumpuan kiri, maka perlu dilakukan pengecekan pada sisi tersebut. Akibat kombinasi $(0,3Ex+1Ey)$



Cek pada tumpuan kiri:

$$M (+) = 54651600 \text{ Nmm}$$

$$M (-) = 3393,68 \text{ kgm} = 33936800 \text{ Nmm}$$

Momen sesuai tulangan terpasang:

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 2 \text{ D16} = 401,92 \text{ mm}^2$$

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(401,92 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 300} \\ &= 25,21 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 25,21 \\ &= 160768 \text{ N} \end{aligned}$$

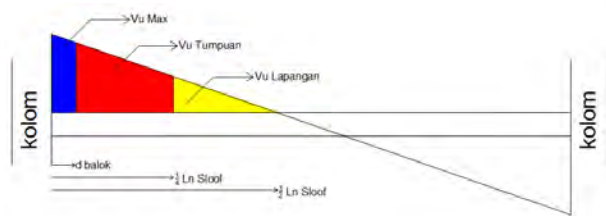
Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \times (d - a/2) \\ &= 160768 \times (342 - 25,21/2) \\ &= 52955491,31 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} M_{n_{\text{pasang}}} &\geq M_{n_{\text{perlu}}} \\ 52955491,31 \text{ Nmm} &\geq 33936800 \text{ Nmm} \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

- Perhitungan penulangan geser
Pembagian wilayah geser balok:
 1. Wilayah tumpuan sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom (**SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2**)
 2. Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok.



Gambar 4. 71 Diagram Gaya Geser pada Balok

Momen pasang tumpuan kiri:

Dipasang tulangan tarik 4 D 16 dengan $A_s = 803,84 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s \text{ pasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(803,84 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 300} \\ &= 50,437 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 300 \times 50,437 \\ &= 321536 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} M_{nl} &= C_c' \times (d - a/2) \\ &= 321536 \times (342 - 50,437/2) \\ &= 101856653,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{n\text{-kiri}} (M_{nl}) = 101856653,2 \text{ Nmm}$$

(momen pasang)

Momen pasang tumpuan kanan:

Dipasang tulangan tekan 2 D 16 dengan $A_s = 401,92 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$a = \frac{(A_s \text{ pasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{(401,92 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 300}$$

$$= 25,218 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton:

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 300 \times 25,218$$

$$= 160768 \text{ N}$$

Momen nominal pasang:

$$M_n = C_c' \times (d - a/2)$$

$$= 16078 \times (342 - 25,218/2)$$

$$= 52955491,31 \text{ Nmm}$$

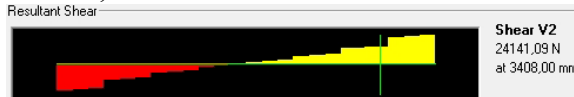
$$M_n\text{-kanan (Mnr)} = 52955491,31 \text{ Nmm}$$

(momen pasang)

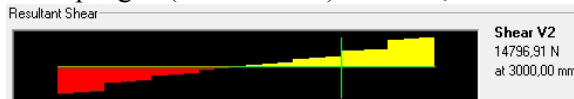
Dari hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1L dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser:

$$V_u \text{ Tumpuan (1/2 b kolom + d balok)}$$

$$= 24141,09 \text{ N}$$



$$V_u \text{ Lapangan (1/4 L_n balok)} = 14796,91 \text{ N}$$



Syarat kuat tekan beton:

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2.1)

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{f_c}{3}$$

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3}$$

$$5 \leq 8,333 \text{ N/mm}^2$$

Kuat geser beton:

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

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 1/6 \times \sqrt{25} \times 300 \times 342 \\ &= 85500 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser:

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= 1/3 \times b \times d \\ &= 1/3 \times 300 \times 342 \\ &= 34200 \text{ N} \\ V_{S_{\max}} &= 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 1/3 \times \sqrt{25} \times 300 \times 342 \\ &= 171000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= 2/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 2/3 \times \sqrt{25} \times 300 \times 342 \\ &= 342000 \text{ N} \\ &= 720666,667 \text{ N} \end{aligned}$$

Wilayah tumpuan:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u \\ &= \frac{101856653,2 + 52955491}{4000} + 24141,09 \\ &= 62844,126 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kondisi:

- 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 : $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\min}})$
- Kondisi 4 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\max}})$
- Kondisi 5 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + 2V_{S_{\max}})$

Kontrol:

Kondisi 2

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

$$0,5 \times 0,75 \times 85500 \leq 62844,12 \leq 0,75 \times 85500$$

$$32063 \leq 62844,12 \leq 64125$$

Tulangan geser:

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= 1/3 \times b \times d \\ &= 1/3 \times 300 \times 342 \\ &= 34200 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser:

Digunakan sengkang 2 kaki, $\emptyset = 10$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser + luasan tambahan puntir transversal:

$$\begin{aligned} A_{v_{\text{perlu}}} &= A_v + 2(A_t/s) \\ &= 157 + (2 \times 0,713) \\ &= 158,428 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka didapat nilai:

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_{v_{\text{perlu}}} \times 3 \times f_y}{b} \\ &= \frac{158,428 \times 3 \times 240}{300} \\ &= 380,227 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan spasi tulangan geser 100 mm

Cek spasi tulangan geser:

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM:

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2)

$$- \quad S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$$

- S pakai $\leq d/4$ pada daerah tumpuan
- S pakai $\leq 8 D$ lentur
- S pakai $\leq 24 \emptyset$ geser
- S pakai ≤ 300 mm

Kontrol:

- $100 \text{ mm} \leq 380,227 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq 85,5 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq 128 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$

➔ Maka, dipasang $\emptyset 10 - 80$ (dengan sengkang 2 kaki)

➔ Sengkang pertama dipasang < 50 mm dari muka kolom (SRPMM)

Wilayah lapangan:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u \\ &= \frac{101856653,2 + 529555491}{4000} + 14796,91 \\ &= 53499,946 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kondisi:

- 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 : $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\min}})$
- Kondisi 4 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\max}})$
- Kondisi 5 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + 2V_{S_{\max}})$

Kontrol:

Kondisi 2

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

$$0,5 \times 0,75 \times 85500 \leq 53499,94 \leq 0,75 \times 85500$$

$$32063 \leq 53499,94 \leq 64125$$

Tulangan geser:

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= 1/3 \times b \times d \\ &= 1/3 \times 300 \times 342 \\ &= 34200 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser:

Digunakan sengkang 2 kaki, $\emptyset = 10$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 1/4 \times \pi \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser + luasan tambahan puntir transversal:

$$\begin{aligned} A_{V_{\text{perlu}}} &= A_v + 2(At/s) \\ &= 157 + (2 \times 0,713) \\ &= 158,428 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka didapat nilai:

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \text{ perlu} \times 3 \times f_y}{b} \\ &= \frac{158,428 \times 3 \times 240}{300} \\ &= 380,227 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan spasi tulangan geser 150 mm

Cek spasi tulangan geser:

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM:

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2)

- $S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq d/2$ pada daerah lapangan
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 D$ lentur
- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \emptyset$ geser
- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$

Kontrol:

- $150 \text{ mm} \leq 380,227 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 171 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 128 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$

Maka, dipasang $\emptyset 10-120$ (dengan sengkang 2 kaki)

➤ Panjang Penyaluran Tulangan

- Tulangan kondisi tarik:
Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2002 psl 14.2.**

$$\frac{\lambda d}{d_b} = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f_c'}}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.2)

$$\lambda_d = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda x d_b}{5 \sqrt{f_c'}} \geq 300$$

Dimana:

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 agregat (1)

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.4)

Maka:

$$\begin{aligned} \lambda_d &= \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda x d_b}{5 \sqrt{f_c'}} \geq 300 \\ &= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 16}{5 \sqrt{25}} \geq 300 \\ &= 1152 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_d \\ &= \frac{772,38}{803,84} \times 1152 \\ &= 1035,26 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi panjang penyaluran dipakai 1100 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*)

Berdasarkan **SNI 03-2847-2002 psl 14.5.2.** panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan adalah:

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{hb}} &= \frac{100 \times db}{\sqrt{f_c}} \geq 8 \times d_b \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.2)} \\ &= \frac{100 \times 16}{\sqrt{25}} \geq 8 \times 16 \\ &= 320 \geq 128\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{hb}} \text{ modif} &= F \text{ modif} \times \lambda_{\text{hb}} \geq 150 \text{ mm} \\ &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_{\text{hb}} \geq 150 \text{ mm} \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.3.2)} \\ &= \frac{722,38}{803,84} \times 320 \geq 150 \text{ mm} \\ &= 287,57 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi panjang penyaluran dipakai 300 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)

$$\lambda_{db} = \frac{db \times fy}{4 \times \sqrt{fc'}} \geq 0,04 \times d_b \times fy$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.2)

$$= \frac{16 \times 400}{4 \times \sqrt{25}} \geq 0,04 \times 16 \times 400$$

$$= 320 \text{ mm} \geq 256 \text{ mm}$$

$$\lambda_{db} \text{ modif} = F \text{ modif} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm}$$

$$= \frac{As' \text{ perlu}}{As' \text{ pasang}} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.3.2)

$$= \frac{111,39}{401,92} \times 320 \geq 200 \text{ mm}$$

$$= 88,68 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

Jadi panjang penyaluran dipakai 200 mm

- Kontrol retak

(SNI 03-2847-2002 psl. 12.6)

$$Z = fs \sqrt[3]{dc A}$$

$$\leq 30 \text{ Mn/m untuk struktur dalam ruangan}$$

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

$$fs = 0,6 \times fy$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 12.6.4)

$$= 0,6 \times 400$$

$$= 240$$

$$dc = \text{selimut} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan}$$

$$= 40 + 16/2$$

$$= 48 \text{ mm}$$

$$A = \frac{2 dc \times b}{n}; \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan}$$

$$= \frac{2(48) \times 300}{4}$$

$$= 7200 \text{ mm}^3$$

$$Z = fs \sqrt[3]{dc A}$$

$$= 240 \times \sqrt[3]{48 \times 7200}$$

$$= 16842,342 \text{ N/mm}$$

$$= 16,84 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m (OKE)}$$

Sebagai alternatif terhadap hitungan Z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh:

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

$$= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 240 \sqrt[3]{48 \times 7200}$$

$$= 0,143$$

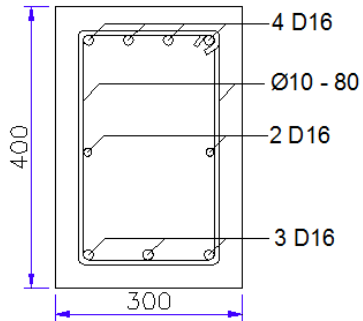
Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. Dimana $\beta = 0,85$ untuk $fc' \leq 30$ Mpa.

- Panjang kait
 $6 D = 6 \times 10$
 $= 60 \text{ mm}$

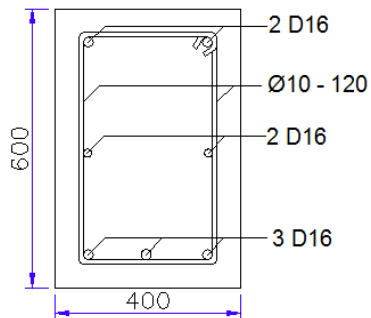
(PBBI 1971, Bab 8.2)

➤ **Gambar hasil akhir perencanaan:**

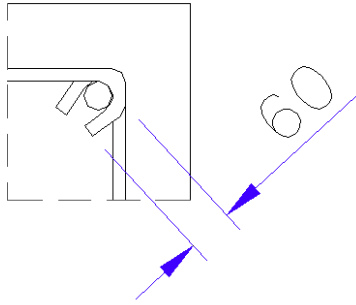
Tumpuan:



Lapangan:



Panjang kait:



Gambar 4. 72 Gambar Penulangan pada Balok Bordes

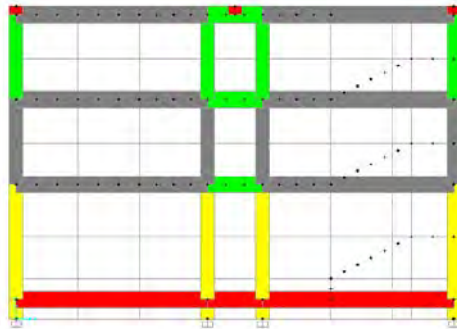
4.6. PERMODELAN STRUKTUR BANGUNAN

Dalam analisa struktur pada perencanaan struktur Gedung Mess Atlet - *Office B* ini menggunakan program bantu analisa struktur SAP 2000.

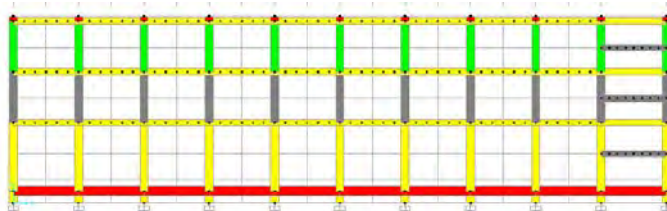
Penggunaan program bantu analisa struktur SAP 2000 dikarenakan untuk mempercepat dan memudahkan dalam proses menganalisa struktur gedung, sehingga mendapatkan hasil analisa struktur gedung dan kemudian dilanjutkan dalam proses perhitungan selanjutnya.

Dimana komponen struktur dari gedung ada yang dimodelkan seperti balok, kolom, sloof, pelat lantai, pelat tangga dan pelat atap. Pada program SAP 2000 diasumsikan menggunakan perletakan jepit pada dasar perletakan permodelan struktur gedung.

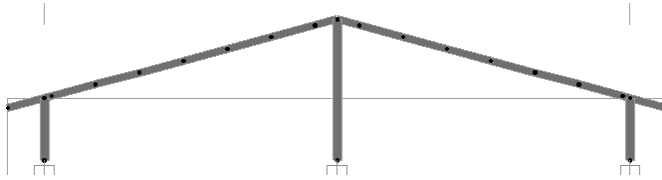
Dan untuk perencanaan terhadap gempa akan digunakan analisa pembebanan gempa statik ekuivalen.



Gambar 4. 73 Permodelan 2D portal melintang



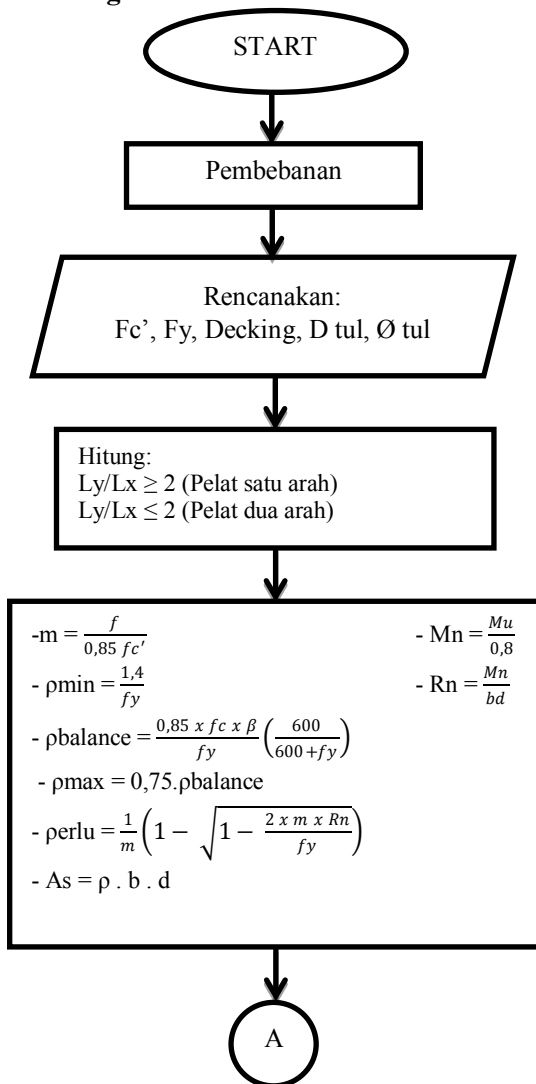
Gambar 4. 74 Permodelan 2D portal memanjang

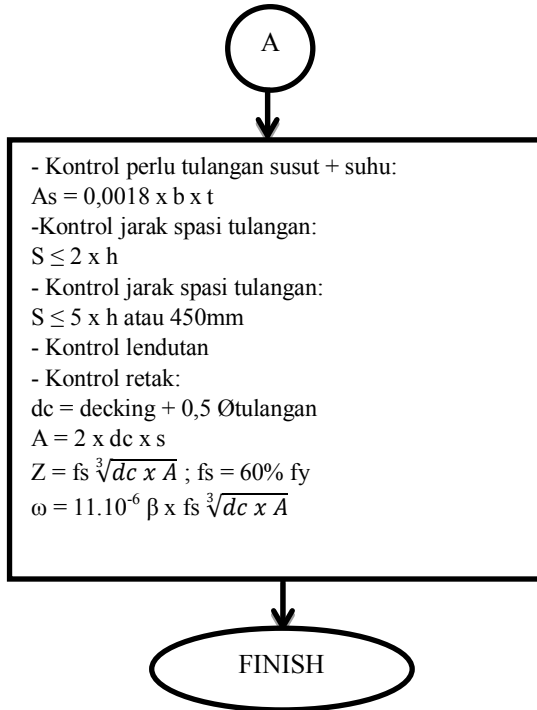


Gambar 4. 75 Permodelan 2D portal melintang atap

4.7. PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS

4.7.1. Perhitungan Pelat Lantai





Gambar 4. 76 Diagram Alir Perencanaan Pelat Lantai

Pelat adalah bidang datar yang menahan 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 (lx). Sedangkan pada pelat dua arah, momen lentur akan bekerja pada kedua arah bentang pelat (ly dan lx).

Pelat direncanakan menerima beban berdasar peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG'83) berdasarkan fungsi tiap lantai dan atap gedung. Kombinasi yang digunakan adalah:

$$U = 1,2DL + 1,6LL$$

Dimana :

U = Beban *ultimate* pelat

DL = Beban mati pelat

LL = Beban hidup pelat

Dalam buku “Disain Beton Bertulang”, oleh *Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon* pada Bab 16 menyatakan bahwa: “Bila perbandingan dari bentang L (ly) 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 pelat termasuk dalam pelat 2 arah.

Pada struktur bangunan ini terdapat 4 macam tipe pelat:

Tipe Pelat	Panjang (Ly) cm	Lebar (Lx) cm	Lx/Ly	Jenis Pelat

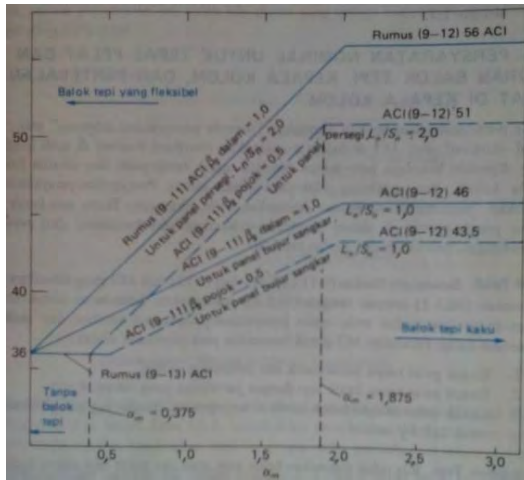
1	400	225	1,77	2 Arah
2	400	200	2	2 Arah
3	250	200	1,25	2 Arah
4	400	250	1,6	2 Arah

Tabel 4. 8 Tabel Pelat pada Bangunan

Karena semua jenis pelat sama, maka akan diambil satu contoh untuk perhitungan pelat, yaitu pelat tipe 1.











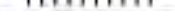
Dari buku Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon Jilid II halaman 135 terdapat juga pernyataan mengenai anggapan perletakkan pelat, yaitu:

- $\alpha_m \leq 0,375$ → 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.



Gambar 4. 77 Diagram α_m untuk pelat elastis/jepit penuh

Karena nilai $\alpha m = 18,73$ untuk tipe pelat 1, sehingga $\alpha m \geq 1,875$. Maka berdasar anggapan perletakkan dalam buku Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon bisa dikatakan bahwa pelat termasuk dalam pelat kaku/terjepit penuh. Dimana dalam perhitungan analisis pelat dua arah ini digunakan metode koefisien momen. Nilai koefisien momen didapat berdasarkan Tabel 13.3.1, PBI 1971.

Tipe Pelat	Momen	ly / lx																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2.5
I	 $M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
II	 $M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
	$M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
III	 $M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	13
	$M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
IVA	 $M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
IVB	 $M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	$M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
VA	 $M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	$M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
VB	 $M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	60	61	61	62	63
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
	$M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
VIA	 $M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
	$M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79
VIB	 $M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
	$M_{lx} = +0.001 q_d l^2 X$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{ly} = +0.001 q_d l^2 X$	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Legenda :		= Terletak bebas																
		= Terjepit penuh																

Dikarenakan pelat yang direncanakan terjepit penuh oleh balok pada keempat sisinya sehingga pada PBI'71 pasal 13.3 tabel 13.3.1 pelat termasuk dalam tipe II dimana persamaan gaya dalam momen yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

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

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

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

Dimana:

$$M_{tx} = \text{Momen tumpuan arah X}$$

$$M_{lx} = \text{Momen lapangan arah X}$$

$$M_{ty} = \text{Momen tumpuan arah Y}$$

$$M_{ly} = \text{Momen lapangan arah Y}$$

➤ Penulangan pelat lantai

Berikut akan dibahas penulangan pelat lantai tipe 1 As ($A' - A''$; 1-2). Adapun data-data, gambar denah tipe pelat, perhitungan penulangan, dan hasil akhir gambar penulangan sebagai berikut:

• Data perencanaan:

Tipe pelat : tipe 1 As ($A' - A''$; 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 : 120 mm

Tebal selimut : 20 mm

\emptyset tulangan lentur : 10 mm

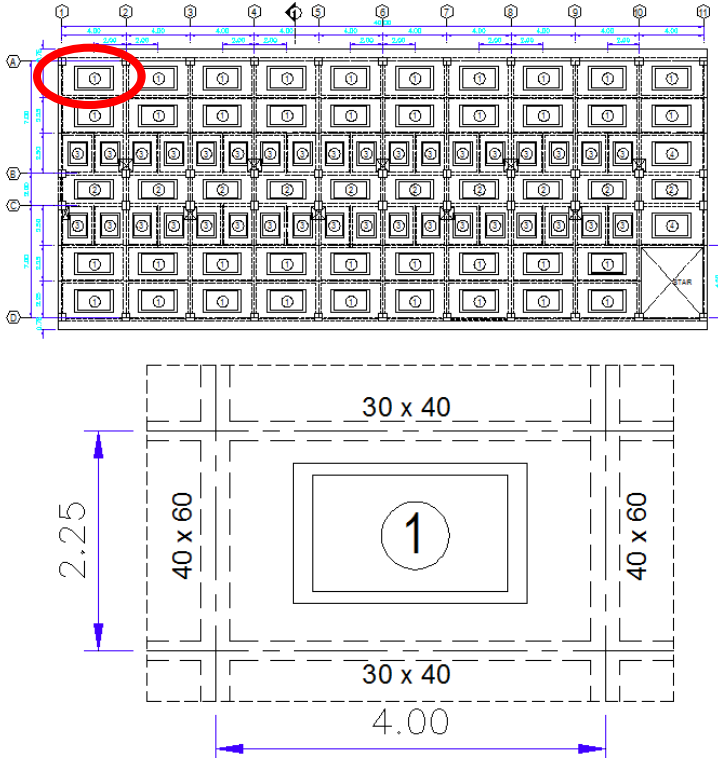
\emptyset tulangan susut : 8 mm

Bentang pelat (l_y) : 400 cm

Bentang pelat (l_x) : 225 cm

q_u pelat : 894,4 kg/m²

Perletakkan pelat : Jepit penuh



Gambar 4. 78 Daerah Penulangan Pelat yang Ditinjau

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat:

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{2,25} = 1,78$$

Momen-momen pelat yang dihitung:

(tabel 13.3.1 PBI'71)

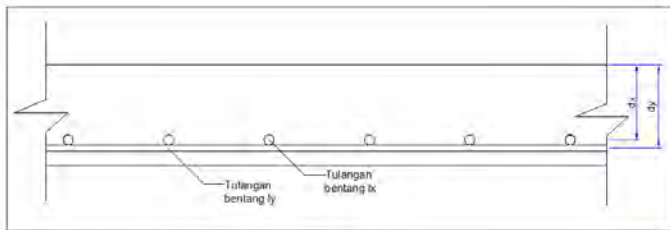
Lapangan : $X_x = 40$ dan $X_y = 13$

Tumpuan : $X_x = 82$ dan $X_y = 57$

Perhitungan momen-momen pelat:

$$\begin{aligned} M_{tux} &= -0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\ &= -0,001 \times 894,4 \times 2,25^2 \times 82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= -371,288 \text{ kgm} \\
 &= -3712878 \text{ Nmm} \\
 M_{lux} &= 0,001 \times q \times Lx^2 \times Xx \\
 &= 0,001 \times 894,4 \times 2,25^2 \times 40 \\
 &= 181,116 \text{ kgm} \\
 &= 1811160 \text{ Nmm} \\
 M_{tux} &= -0,001 \times q \times Lx^2 \times Xx \\
 &= -0,001 \times 894,4 \times 2,25^2 \times 57 \\
 &= -258,09 \text{ kgm} \\
 &= -2580903 \text{ Nmm} \\
 M_{tuy} &= 0,001 \times q \times Ly^2 \times Yy \\
 &= 0,001 \times 894,4 \times 2,25^2 \times 13 \\
 &= 58,8627 \text{ kgm} \\
 &= 588627 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 79 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:

$$\begin{aligned}
 dx &= t \text{ pelat} - \text{selimut} - \frac{1}{2} D \\
 &= 120 - 20 - (1/2 \times 10) \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= t \text{ pelat} - \text{selimut} - D - \frac{1}{2} D \\
 &= 120 - 20 - 10 - (1/2 \times 10) \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

(SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$= \frac{1,4}{240}$$

$$= 0,0058$$

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

(SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{240} \times \left(\frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$= 0,0537$$

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

(SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0537$$

$$= 0,04$$

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

$$= \frac{240}{0,85 \times 25}$$

$$= 11,29$$

- Penulangan tumpuan:

Tumpuan arah X

$$M_{tx} = 371,2878 \text{ kgm}$$

$$= 3712878 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{tx}}{0,8}$$

$$= \frac{3712878}{0,8}$$

$$= 4641098 \text{ Nmm}$$

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

$$= \frac{4641098}{1000 \times 95^2}$$

$$= 0,51$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,29} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,51}{240}} \right) \\
 &= 0,0021
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &\leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}} \\
 0,0058 &\geq 0,0021 \leq 0,04
 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{min}} \geq \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}}$

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx \\
 &= 0,0058 \times 1000 \times 95 \\
 &= 554,167 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.1)

Didapat ρ_{susut} pakai = 0,0018

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \rho \times b \times dx \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 95 \\
 &= 171 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan:

(Tabel penampang tulangan tersedia)

$\text{As} = 554,167 \text{ mm}^2 \rightarrow$ digunakan tulangan Ø10-140

$$\text{As}_{\text{pasang}} = 561 \text{ mm}^2$$

$\text{As}_{\text{susut}} = 171 \text{ mm}^2 \rightarrow$ digunakan tulangan Ø8-250

$$\text{As}_{\text{pasang}} = 201,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

(SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &< 2h \\
 140 &< 2 \times 120
 \end{aligned}$$

$$140 < 240 \text{ (OKE)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.2.2)

$$S_{\max} < 5h$$

$$250 < 5 \times 120$$

$$250 < 600 \text{ (OKE)}$$

Pemasangan tul. susut + suhu dipasang ujung kiri dan kanan tumpuan baik pada arah bentang lx maupun ly. 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 psl. 9.12) yaitu:

$$\begin{aligned} \text{*Ke arah bentang panjang} &= 0,22 \times (400-20-20) = \\ &= 79,2 \approx 80 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{*Ke arah bentang panjang} &= 0,22 \times (225-15-15) = \\ &= 42,9 \approx 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tumpuan arah Y

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 258,0903 \text{ kgm} \\ &= 2580903 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_{ty}}{0,8} \\ &= \frac{2580903}{0,8} \\ &= 3226129 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d_y^2} \\ &= \frac{3226129}{1000 \times 85^2} \\ &= 0,45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,45}{240}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,0018$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0058 \geq 0,0018 \leq 0,04$$

Karena $\rho_{\min} \geq \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 85 \\ &= 495,833 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.1)

Didapat ρ_{susut} pakai = 0,0018

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 85 \\ &= 153 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan:

(Tabel penampang tulangan tersedia)

$A_s = 495,833 \text{ mm}^2 \rightarrow$ digunakan tulangan $\text{Ø}10\text{-}150$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 523,6 \text{ mm}^2$$

$A_{s_{\text{susut}}} = 153 \text{ mm}^2 \rightarrow$ digunakan tulangan $\text{Ø}8\text{-}250$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 201,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

(SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)

$$S_{\max} < 2h$$

$$150 < 2 \times 120$$

$$150 < 240 \text{ (OKE)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan susut:

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.2.2)

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &< 5h \\
 250 &< 5 \times 120 \\
 250 &< 600 \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

Pemasangan tul. susut +suhu dipasang ujung kiri dan kanan tumpuan baik pada arah bentang l_x maupun l_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 psl. 9.12) yaitu:

$$\begin{aligned}
 *Ke \text{ arah bentang panjang} &= 0,22 \times (400-20-20) = \\
 &= 79,2 \approx 80 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 *Ke \text{ arah bentang panjang} &= 0,22 \times (225-15-15) = \\
 &= 42,9 \approx 50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Penulangan lapangan:

Lapangan arah X

$$\begin{aligned}
 M_lx &= 181,116 \text{ kgm} \\
 &= 1811160 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_lx}{0,8} \\
 &= \frac{1811160}{0,8} \\
 &= 2263950 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d \times x^2} \\
 &= \frac{2263950}{1000 \times 95^2} \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,29} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,25}{240}} \right) \\
 &= 0,001
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0058 \geq 0,001 \leq 0,04$$

Karena $\rho_{\min} \geq \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 95 \\ &= 554,167 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan:

(Tabel penampang tulangan tersedia)

As = 554,167 mm² → digunakan tulangan Ø10-140

As pasang = 561 mm²

Kontrol jarak spasi tulangan:

(SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)

$$\begin{aligned} S_{\max} &< 2h \\ 140 &< 2 \times 120 \\ 140 &< 240 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Lapangan arah Y

$$\begin{aligned} Mly &= 58,8627 \text{ kgm} \\ &= 588627 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mly}{0,8} \\ &= \frac{588627}{0,8} \\ &= 735783,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times dy^2} \\ &= \frac{735783,8}{1000 \times 85^2} \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,1}{240}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,0042$$

Syarat:

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0058 \geq 0,0042 \leq 0,04$$

Karena $\rho_{\min} \geq \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min}$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 85 \\ &= 495,833 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan:

(Tabel penampang tulangan tersedia)

$$A_s = 495,833 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{digunakan tulangan } \emptyset 10-150$$

$$A_s \text{ pasang} = 523,6 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan:

(SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2)

$$\begin{aligned} S_{\max} &< 2h \\ 150 &< 2 \times 120 \\ 150 &< 240 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

- 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.

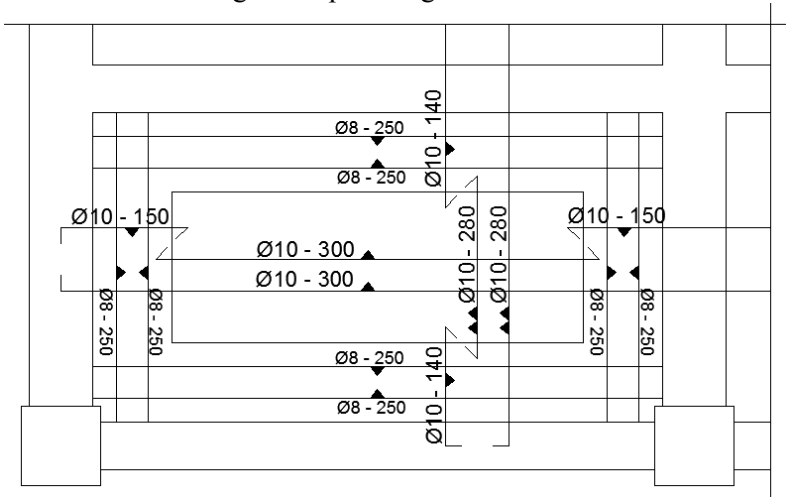
- Kontrol retak
(SNI 03-2847-2002 psl. 12.6)

Karena tegangan leleh rencana $f_y = 240 \text{ Mpa}$ untuk tulangan tarik $< 300 \text{ Mpa}$, maka tidak perlu kontrol retak.

Dari hasil akhir perhitungan penulangan pelat lantai tersebut, maka dapat disimpulkan:

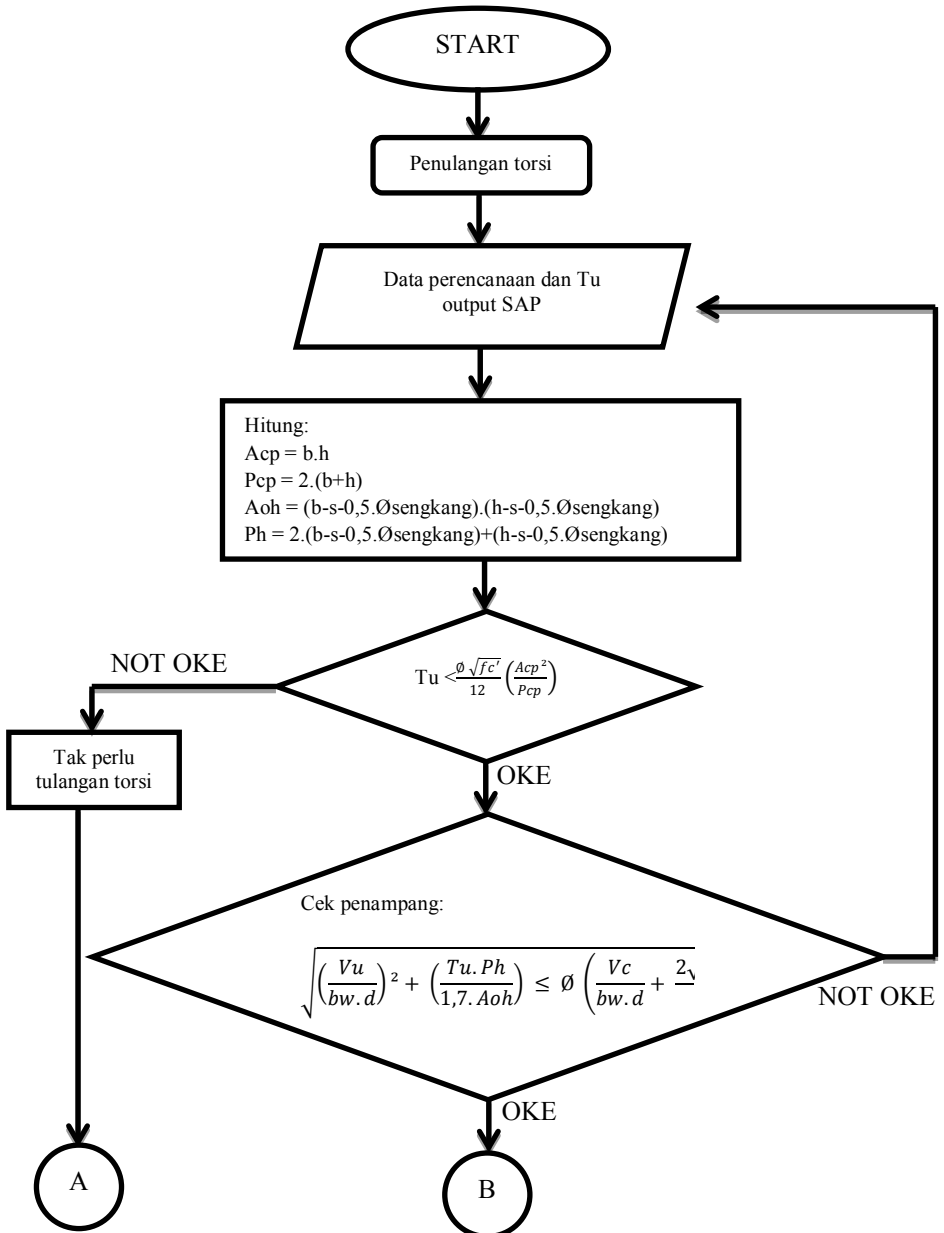
1. Arah sumbu x:
 - Tumpuan = $\text{Ø}10-140$
 - Lapangan = $\text{Ø}10-140$
 - Susut+suhu = $\text{Ø}8-250$
2. Arah sumbu y:
 - Tumpuan = $\text{Ø}10-150$
 - Lapangan = $\text{Ø}10-150$
 - Susut+suhu = $\text{Ø}8-250$

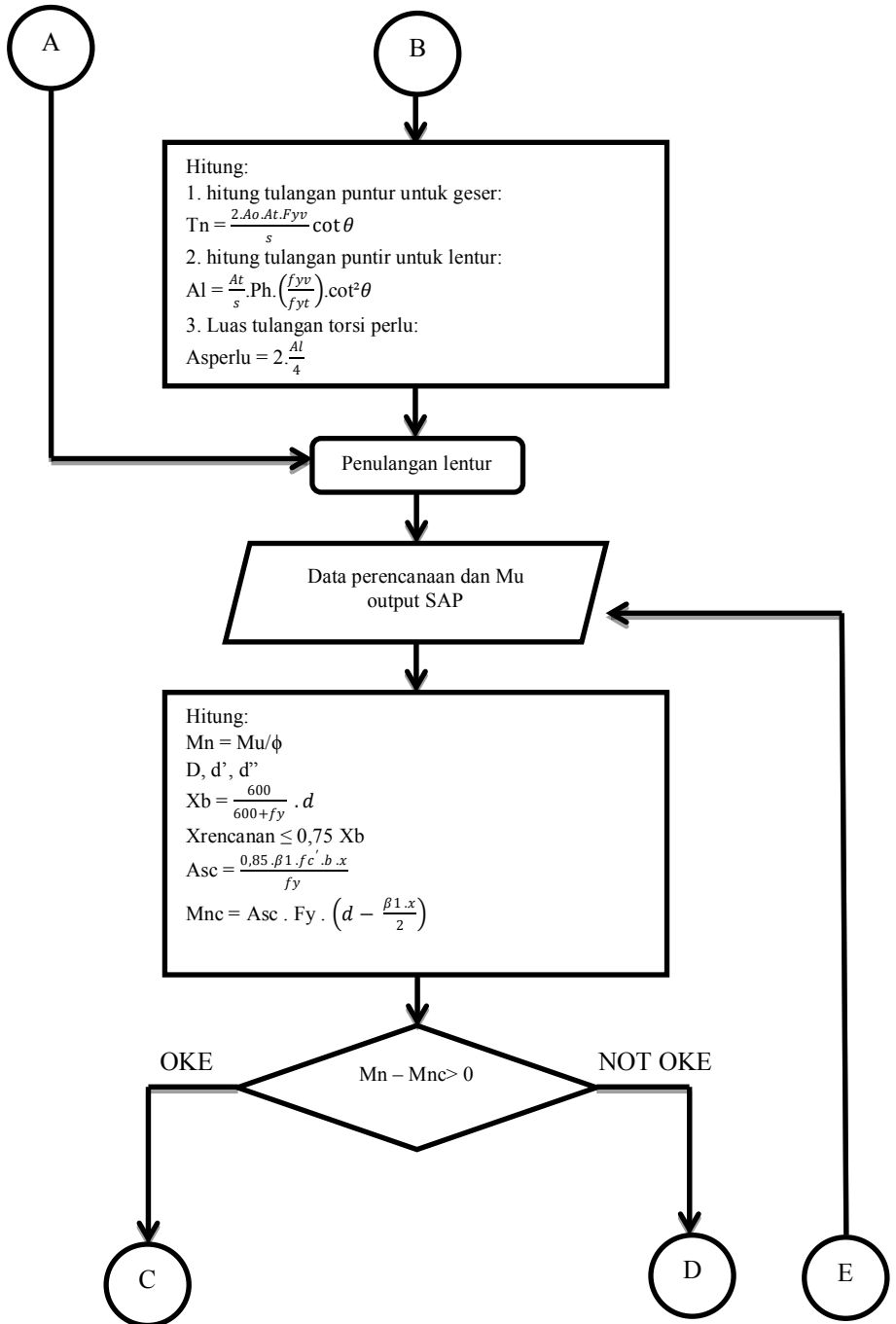
- Hasil akhir gambar penulangan:

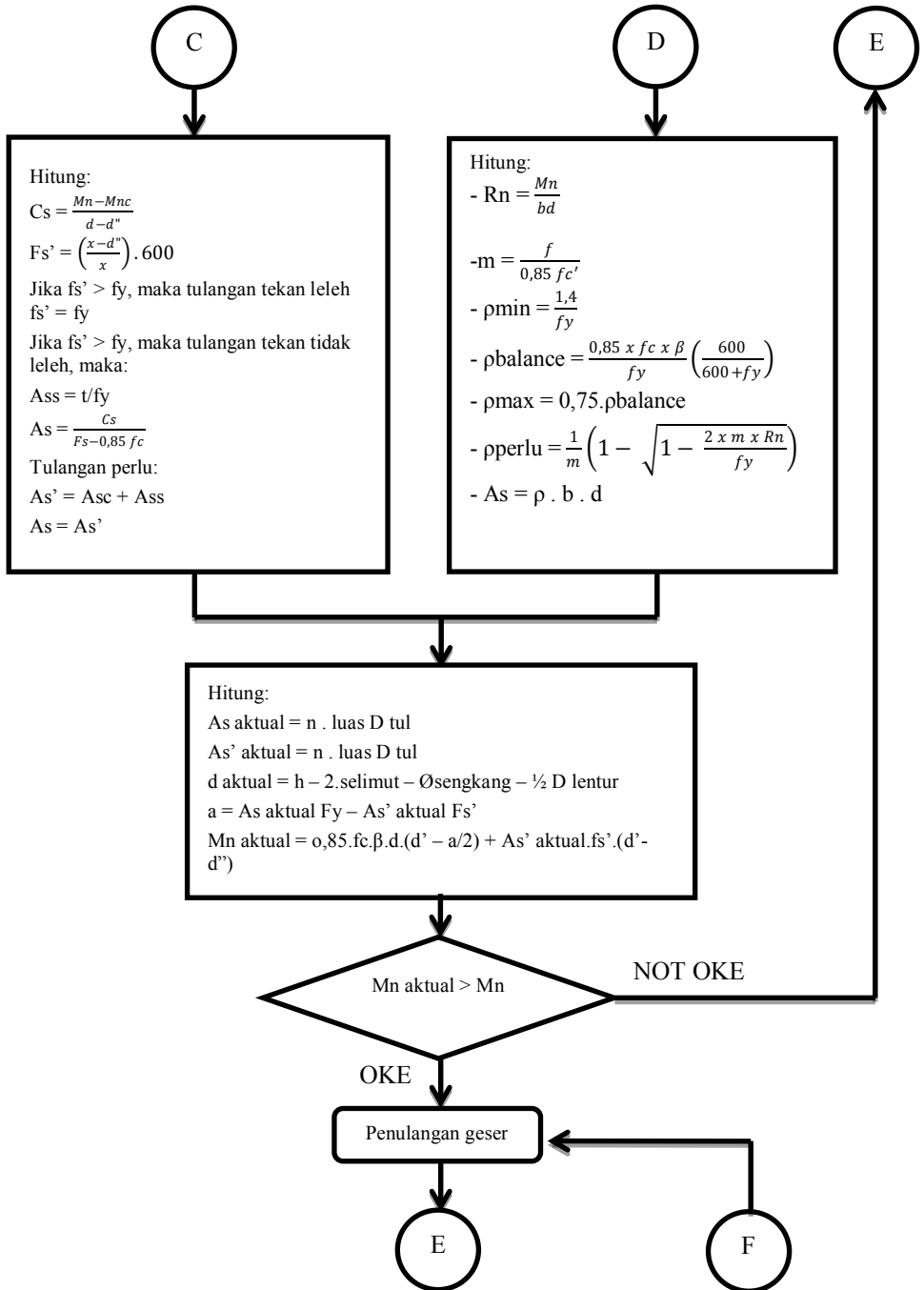


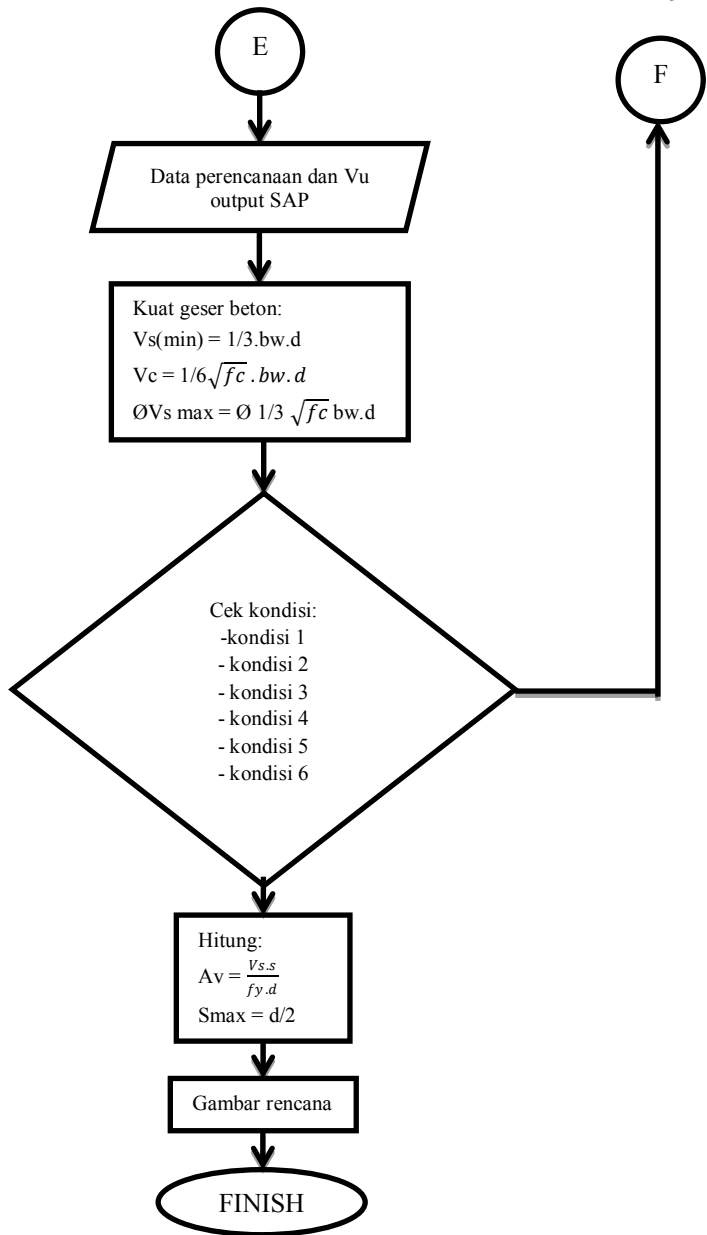
Gambar 4. 80 Sketsa Rencana Penulangan Pelat Lantai

4.7.2. Perhitungan Balok









Gambar 4. 81 Diagram Alir Perencanaan Balok

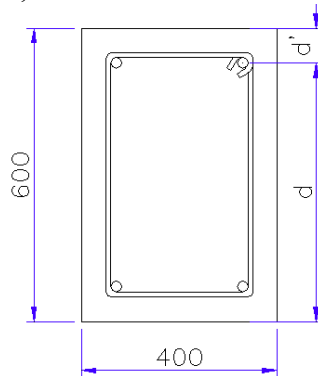
Berikut adalah pembahasan penulangan Balok-1 40/60 pada As 9 (A-B). Adapun data-data, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000, ketentuan perhitungan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut:

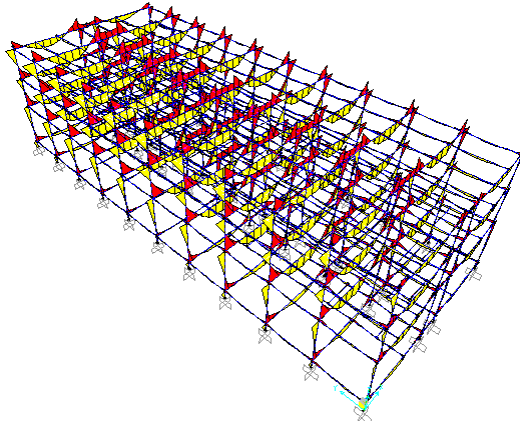
- Data perencanaan penulangan balok:
- Tipe balok = B1 40/60
 - As balok = 9 (A-B)
 - Bentang balok L_{balok} = 7000 mm
 - Dimensi balok B_{balok} = 400 mm
 - Dimensi balok H_{balok} = 600 mm
 - Bentang kolom L_{kolom} = 4200
 - Dimensi kolom B_{kolom} = 500 mm
 - Dimensi kolom H_{kolom} = 500 mm
 - Kuat tekan beton f_c' = 25 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur f_y = 400 Mpa
 - Kuat leleh tulangan geser f_{yv} = 240 Mpa
 - Kuat leleh tulangan puntir f_{yt} = 400 Mpa
 - Diameter tulangan lentur D_{lentur} = 19 mm
 - Diameter tulangan geser \emptyset_{geser} = 10 mm
 - Diameter tulangan puntir D_{puntir} = 19 mm
 - Jarak spasi tulangan sejajar S_{sejajar} = 25 mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1)
 - Jarak spasi tulangan lapis S_{lapis} = 25 mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1)
 - Tebal selimut beton t = 40 mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1)
 - Faktor β_1 β_1 = 0,85
 - 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. 11.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) = 0,75
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2.1)

Tinggi efektif balok:

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - \text{selimut beton} - \text{\textcircled{O}} \text{ tul. Geser} - \frac{1}{2} D \text{ tul. Lentur} \\
 &= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (19 \text{ mm}/2) \\
 &= 540,5 \text{ mm} \\
 d' &= \text{selimut beton} + \text{\textcircled{O}} \text{ tul. Geser} + \frac{1}{2} D \text{ tul. Lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (19 \text{ mm}/2) \\
 &= 59,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$





Gambar 4. 82 Tinggi efektif penampang balok dan Permodelan Struktur 3D Bangunan

Berikut diperoleh hasil gaya dalam output SAP200 akibat kombinasi:

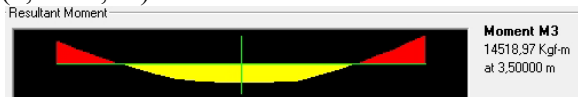
- Torsi (max) = 30689300 Nmm
(1,2D++1L+0,3Ex+1Ey)



- Lentur tumpuan kiri (max) = 266155700 Nmm
(1,2D+1L+1Ex)



- Lentur lapangan (max) = 145189700 Nmm
(1,2D+1,6L)



- Lentur tumpuan kanan (max) = 288347600 Nmm

(1,2D+1L-1Ex)



➤ Perhitungan penulangan puntir

Momen puntir *ultimate*:

$$T_u = 30689300 \text{ Nmm}$$

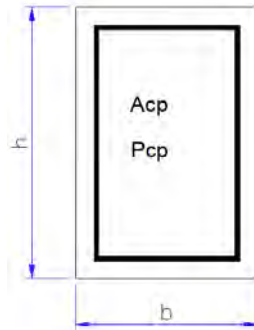
Momen puntir nominal:

$$T_n = T_u / \phi$$

(SNI 03-2847-2002 *psl. 13.6.3.(5)*)

$$T_n = 30689300 \text{ Nmm} / 0,75$$

$$= 40919066,67 \text{ Nmm}$$

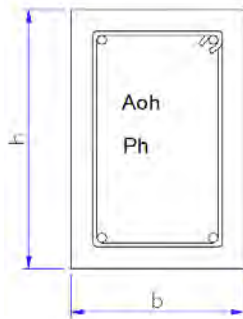


Gambar 4. 83 Luasan A_{cp} dan keliling P_{cp}

Luas penampang dibatasi sisi luar:

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400 \times 600 \\ &= 240000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400 + 600) \\ &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 84 Luasan Aoh dan Keliling Ph

Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang:

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \times s \text{ selimut} - (\text{Øgeser})) \times (h_{\text{balok}} - 2 \times \text{selimut} - (\text{Øgeser})) \\
 &= (400 - (2 \times 40) - 10) \times (600 - (2 \times 40) - 10) \\
 &= 158100 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang:

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \times ((b_{\text{balok}} - 2 \times s \text{ selimut} - (\text{Øgeser})) + (h_{\text{balok}} - 2 \times \text{selimut} - (\text{Øgeser}))) \\
 &= 2 \times ((400 - (2 \times 40) - 10) + (600 - (2 \times 40) - 10)) \\
 &= 1640 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\varphi \sqrt{f_c'}}{12} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1.(a))} \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{25}}{12} \times \left(\frac{240000^2}{2000} \right) \\
 &= 9000000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\varphi \sqrt{f_c'}}{3} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.2.2(a))} \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{25}}{3} \times \left(\frac{240000^2}{2000} \right) \\
 &= 36000000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Cek pengaruh momen puntir:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\varphi \sqrt{f_c'}}{12} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \leq T_u \\
 &= 9000000 \text{ Nmm} \leq 40919066,67 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

(TINJAU TORSI)

Cek kuat lentur puntir:

$$\begin{aligned}
 &\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_o h^2} \right)^2} \leq \varphi \left(\frac{V_c}{b \times d} + \frac{2 \times \sqrt{f_c'}}{3} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.1(a))}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\sqrt{\left(\frac{222433,47}{400 \times 540,5} \right)^2 + \left(\frac{40919067 \times 1640}{1,7 \times 158100^2} \right)^2} \leq \\
 &\varphi \left(\frac{180166,667}{400 \times 540,5} + \frac{2 \times \sqrt{25}}{3} \right)
 \end{aligned}$$

$$1,884 \leq 3,125 \text{ (OKE)}$$

* Maka penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir yang terjadi

Tulangan puntir untuk geser

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yv}}{s} \times \cot \theta \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.6)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_o &= 0,85 \times A_o h \\
 &= 0,85 \times 158100 \\
 &= 134385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{At}{s} &= \frac{Tn}{2 \times A_o \times F_{yv} \times \cot \theta} \\ &= \frac{40919066,67}{2 \times 134385 \times 240 \times \cot \theta} \\ &= 0,634 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{At}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}}\right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.7)

$$\begin{aligned} A_l &= 0,63 \times 1640 \times (240/400) \times \cot^2 \theta \\ &= 624,207 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Bilamana diperlukan tulangan puntir, maka luas total minimum tulangan puntir longitudinal harus dihitung dengan ketentuan:

$$\begin{aligned} A_{l_{\min}} &= \frac{5 \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{12 \times F_{yt}} - \frac{At}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yv}}{F_{yt}}\right) \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.5.3)} \\ &= \frac{5 \sqrt{25} \times 240000}{12 \times 400} - 0,63 \times 1640 \times \left(\frac{240}{400}\right) \\ &= 625,792 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

* Kontrol:

$$A_{l_{\text{perlu}}} \geq A_{l_{\min}}$$

$$624,207 \text{ mm}^2 \geq 625,792 \text{ mm}^2 \text{ (NOT OKE)}$$

Maka gunakan $A_{l_{\min}}$.

Luas tulangan puntir untuk lentur didistribusikan merata ke empat sisi balok:

$$\begin{aligned} \frac{A_l}{4} &= \frac{625,792}{4} \\ &= 156,448 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu puntir longitudinal sisi samping balok (web):

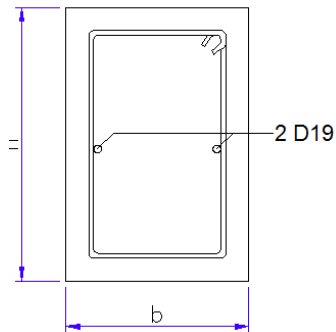
$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= 2 \times A_{I/4} \\
 &= 2 \times 156,448 \\
 &= 312,896 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir:

$$\begin{aligned}
 D-19 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\
 &= 283,385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (web):

$$\begin{aligned}
 &= \frac{A_{S \text{ perlu puntir}}}{\text{luas } D \text{ puntir}} \\
 &= \frac{312,896}{283,385} \\
 &= 1,104 \\
 &\approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 85 Penulangan Puntir pada Balok

➤ **Perhitungan penulangan lentur**

- Daerah tumpuan kiri

$$M_u = 266155700 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{266155700}{0,8}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 332694625 \text{ Nmm} \\
 X_b &= \frac{600}{(600+F_y)} \times d \\
 &= \frac{600}{(600+400)} \times 540,5 \\
 &= 324,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &< 0,75 \times X_b \\
 &< 0,75 \times 324,3 \text{ mm} \\
 &= 243,225 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$X_{\min} = 59,5 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 90 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta \times X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \times 90 \\
 &= 650250 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{C_c}{F_y} \\
 &= \frac{650250}{400} \\
 &= 1625,625 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right) \\
 &= 1625,625 \times 400 \times \left(540,5 - \frac{0,85 \times 90}{2} \right) \\
 &= 326588062,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 332694625 \text{ Nmm} - 326588063 \text{ Nmm} \\
 &= 6106562,5 \text{ Nmm} > 0
 \end{aligned}$$

(PERLU TUL. TEKAN)

* Maka untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan tulangan rangkap.

Gaya tekan dan tarik tulangan lentur rangkap:

$$\begin{aligned}
 C_s' = T_s &= \frac{Mns}{d-d'} \\
 &= \frac{6106562,5}{540,5 - 59,5} \\
 &= 12695,556 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi tulangan lentur tekan:

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \left(\frac{x-d'}{x} \right) \times 600 \\
 &= \left(\frac{90-59,5}{90} \right) \times 600 \\
 &= 203,333 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Jika tulangan tekan leleh : $f_s' \geq f_y$;
dipakai f_y

Jika tulangan tekan tidak leleh : $f_s' \leq f_y$
; dipakai f_s'

* Karena $f_s' \leq f_y$; dipakai f_s'

Luas tulangan lentur gaya tekan tulangan
lentur rangkap:

$$\begin{aligned}
 A_s' &= \frac{C_s'}{f_s' - 0,85 f_c'} \\
 &= \frac{12695,556}{203,333 - (0,85 \times 25)} \\
 &= 69,723 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan
lentur rangkap:

$$\begin{aligned}
 A_{ss} &= \frac{C_s'}{f_y} \\
 &= \frac{12695,556}{400} \\
 &= 31,738 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur tarik (*top*):

$$\begin{aligned}
 A_s &= A_{sc} + A_{ss} \\
 &= 1625,625 + 31,738 \\
 &= 1657,363 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan tekan (*bottom*):

$$A_s' = 69,723 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan perlu tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (*top*):

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 1657,363 + 156,448 \\ &= 1813,812 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (*bottom*):

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 69,723 + 156,448 \\ &= 226,172 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan rencana:

$$\begin{aligned} D - 19 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang:

$$\begin{aligned} N \text{ pasang lentur tarik (top)} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{\text{Luasan } D \text{ lentur}}{283,385}} \\ &= \frac{1813,812}{283,385} \\ &= 6,4 \\ &\approx 7 \text{ D19} \end{aligned}$$

N pasang lentur tekan (*bottom*)

$$\begin{aligned} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{\text{Luasan } D \text{ lentur}}{283,385}} \\ &= \frac{226,172}{283,385} \\ &= 0,798 \\ &\approx 3 \text{ D19} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tarik (*top*):

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan D lentur} \\
 &= 7 \times 283,385 \\
 &= 1983,695 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (*bottom*):

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan D lentur} \\
 &= 3 \times 283,385 \\
 &= 850,155 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek spasi tulangan:

Spasi tulangan tarik:

$$\begin{aligned}
 S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{N-1} \\
 &= \frac{400 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (7 \times 19)}{7-1} \\
 &= 27,833 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}
 \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 7 D19

$$\begin{aligned}
 S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{N-1} \\
 &= \frac{400 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 19)}{3-1} \\
 &= 121,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)}
 \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 3 D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok:

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times$ M lentur tumpuan (-)

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4.1)

*Maka dilakukan pengecekan dengan meninjau tulangan pasang

$$A_s = 1983,695 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 850,155 \text{ mm}^2$$

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times$ M lentur tumpuan (-)

$$850,16 \geq 1/3 \times 1983,695$$

$$850,16 \geq 661,231 \quad \text{(OKE)}$$

Cek momen nominal pasang balok:

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(As_{pasang} \times fy) - (As'_{pasang} \times fs')}{0,85 \times fc' \times b} \\ &= \frac{(1983,695 \times 400) - (850,155 \times 203,33)}{0,85 \times 25 \times 400} \\ &= 73,013 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 73,013 \\ &= 620613,15 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap:

$$\begin{aligned} Cs' &= As' \times (fs' - 0,85 fc') \\ &= 850,155 \times (203,33 - 0,85 \times 25) \\ &= 154799,056 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} Mn &= Cc' \times (d - a/2) + Cs' \times (d - d') \\ &= 620613,15 \times (540,5 - 73,013/2) + \\ &\quad 154799,056 \times (540,5 - 59,5) \\ &= 387243242,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} Mn_{pasang} &\geq Mn_{perlu} \\ 387243242,9 \text{ Nmm} &\geq 332694625 \text{ Nmm} \quad \text{(OKE)} \end{aligned}$$

- Daerah tumpuan kanan

$$Mu = 288347600 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\ &= \frac{288347600}{0,8} \\ &= 360434500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600}{(600+F_y)} \times d \\
 &= \frac{600}{(600+400)} \times 540,5 \\
 &= 324,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &< 0,75 \times X_b \\
 &< 0,75 \times 324,3 \text{ mm} \\
 &= 243,225 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\min} &= 59,5 \text{ mm} \\
 X_{\text{rencana}} &= 90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta \times X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \times 90 \\
 &= 650250 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{C_c}{F_y} \\
 &= \frac{650250}{400} \\
 &= 1625,625 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times F_y \times \left(d - \frac{\beta \times X_{\text{rencana}}}{2} \right) \\
 &= 1625,625 \times 400 \times \left(540,5 - \frac{0,85 \times 90}{2} \right) \\
 &= 326588062,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 360434500 \text{ Nmm} - 326588063 \text{ Nmm} \\
 &= 33846437,5 \text{ Nmm} > 0
 \end{aligned}$$

(PERLU TUL. TEKAN)

* Maka untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan tulangan rangkap.

Gaya tekan dan tarik tulangan lentur rangkap:

$$C_s' = T_s = \frac{M_{ns}}{d-d'}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{33846438}{540,5 - 59,5} \\
 &= 70366,814 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi tulangan lentur tekan:

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \left(\frac{x-d'}{x} \right) \times 600 \\
 &= \left(\frac{90-59,5}{90} \right) \times 600 \\
 &= 203,333 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Jika tulangan tekan leleh : $f_s' \geq f_y$; dipakai f_y

Jika tulangan tekan tidak leleh : $f_s' \leq f_y$;
dipakai f_s'

* Karena $f_s' \leq f_y$; dipakai f_s'

Luas tulangan lentur gaya tekan tulangan
lentur rangkap:

$$\begin{aligned}
 A_s' &= \frac{C_s'}{f_s' - 0,85 f_c'} \\
 &= \frac{70366,813}{203,333 - (0,85 \times 25)} \\
 &= 386,453 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan
lentur rangkap:

$$\begin{aligned}
 A_{ss} &= \frac{C_s'}{f_y} \\
 &= \frac{70366,814}{400} \\
 &= 175,917 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur tarik (*top*):

$$\begin{aligned}
 A_s &= A_{sc} + A_{ss} \\
 &= 1625,625 + 175,917 \\
 &= 1801,542 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan tekan (*bottom*):

$$A_s' = 386,453 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan perlu tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (*top*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 1801,542 + 156,448 \\ &= 1957,990 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (*bottom*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 386,453 + 156,448 \\ &= 542,902 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan rencana:

$$\begin{aligned} D - 19 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang:

$$\begin{aligned} N \text{ pasang lentur tarik (top)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luasan } D \text{ lentur}} \\ &= \frac{1957,990}{283,385} \\ &= 6,9 \\ &\approx 7 \text{ D19} \end{aligned}$$

N pasang lentur tekan (*bottom*)

$$\begin{aligned} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luasan } D \text{ lentur}} \\ &= \frac{542,902}{283,385} \\ &= 1,915 \\ &\approx 3 \text{ D19} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tarik (*top*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pasang}}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan } D \text{ lentur} \\ &= 7 \times 283,385 \end{aligned}$$

$$= 1983,695 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan
(*bottom*):

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan D lentur} \\ &= 3 \times 283,385 \\ &= 850,155 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek spasi tulangan:

Spasi tulangan tarik:

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \phi \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{N-1} \\ &= \frac{400 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (7 \times 19)}{7-1} \\ &= 27,833 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)} \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 7 D19

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \phi \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{N-1} \\ &= \frac{400 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 19)}{3-1} \\ &= 121,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)} \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 3 D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur
pada balok:

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times M$ lentur
tumpuan (-)

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4.1)

*Maka dilakukan pengecekan dengan
meninjau tulangan pasang

$$A_s = 1983,695 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 850,155 \text{ mm}^2$$

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times M$ lentur
tumpuan (-)

$$850,16 \geq 1/3 \times 1983,695$$

$$850,16 \geq 661,231 \quad \text{(OKE)}$$

Cek momen nominal pasang balok:

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(As_{pasang} \times f_y) - (As'_{pasang} \times f_s')}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{(1983,695 \times 400) - (850,155 \times 203,33)}{0,85 \times 25 \times 400} \\
 &= 73,013 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 73,013 \\
 &= 620613,15 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap:

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As' \times (f_s' - 0,85 f_c') \\
 &= 850,155 \times (203,33 - 0,85 \times 25) \\
 &= 154799,056 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned}
 Mn &= Cc' \times (d - a/2) + Cs' \times (d - d') \\
 &= 620613,15 \times (540,5 - 73,013/2) + \\
 &\quad 154799,056 \times (540,5 - 59,5) \\
 &= 387243242,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 Mn_{pasang} &\geq Mn_{perlu} \\
 387243242,9 \text{ Nmm} &\geq 360434500 \text{ Nmm} \\
 \mathbf{(OKE)}
 \end{aligned}$$

- Daerah lapangan

$$Mu = 145189700 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{145189700}{0,8} \\
 &= 181487125 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600}{(600+F_y)} \times d \\
 &= \frac{600}{(600+400)} \times 540,5 \\
 &= 324,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &< 0,75 \times X_b \\
 &< 0,75 \times 324,3 \text{ mm} \\
 &= 243,225 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$X_{\min} = 59,5 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 90 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta \times X_{\text{rencana}} \\
 &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 0,85 \times 90 \\
 &= 650250 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{C_c}{F_y} \\
 &= \frac{650250}{400} \\
 &= 1625,625 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{\text{rencana}}}{2} \right) \\
 &= 1625,625 \times 400 \times \left(540,5 - \frac{0,85 \times 90}{2} \right) \\
 &= 326588062,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 181487125 \text{ Nmm} - 326588063 \text{ Nmm} \\
 &= -145100938 \text{ Nmm} > 0
 \end{aligned}$$

(TAK PERLU TUL. TEKAN)

* Maka untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan tulangan tunggal

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

$$\begin{aligned}
 & \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\
 & = \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
 & = 0,027
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{bal}} \\
 & \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3)} \\
 & = 0,75 \times 0,02 \\
 & = 0,02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 & \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1)} \\
 & = \frac{1,4}{400} \\
 & = 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{181487125}{400 \times 540,5^2} \\
 &= 1,55
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 25} \\
 &= 18,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 1,55}{400}} \right) \\
 &= 0,004
 \end{aligned}$$

Syarat: $\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$
 * Gunakan ρ_{perlu}

Luasan tulangan perlu lentur tarik:

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,004 \times 400 \times 540,5 \\ &= 872,587 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan rencana:

$$\begin{aligned} D - 19 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (*bottom*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + A_{I/4} \\ &= 872,587 + 156,448 \\ &= 1029,035 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (*top*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + A_{I/4} \\ &= 0 + 156,448 \\ &= 156,448 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang:

$$\begin{aligned} N \text{ pasang lentur tarik (top)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{\text{Luasan } D \text{ lentur}}{283,385}} \\ &= \frac{1029,035}{283,385} \\ &= 3,6 \\ &\approx 4 \text{ D19} \end{aligned}$$

N pasang lentur tekan (*bottom*)

$$\begin{aligned} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{\text{Luasan } D \text{ lentur}}{283,385}} \\ &= \frac{156,448}{283,385} \\ &= 0,552 \end{aligned}$$

$\approx 2 \text{ D19}$

Luasan tulangan pasang lentur tarik (*bottom*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pasang}}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan D lentur} \\ &= 4 \times 283,385 \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (*bottom*):

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pasang}}} &= N \text{ pasang} \times \text{Luasan D lentur} \\ &= 2 \times 283,385 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek spasi tulangan:

Spasi tulangan tarik:

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{\frac{N-1}{4-1}} \\ &= \frac{400 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{4-1} \\ &= 74,667 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)} \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 4 D19

$$\begin{aligned} S_{\min} &= \frac{b \times (2 \times \text{selimut}) - (2 \times \emptyset \text{ tul geser}) - (N \times D \text{ tul utama})}{\frac{N-1}{2-1}} \\ &= \frac{400 \times (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 19)}{2-1} \\ &= 262 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (OKE)} \end{aligned}$$

* Maka tulangan dipasang 1 lapis 2 D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok:

M lentur lapangan (+) $\geq 1/5 \times M$ lentur tumpuan (-)

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4.1)

*Maka dilakukan pengecekan dengan meninjau tulangan pasang

Pada lapangan:

$$A_s = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$As' = 566,77 \text{ mm}^2$$

Pada tumpuan:

$$As = 1983,695 \text{ mm}^2$$

$$As' = 850,155 \text{ mm}^2$$

M lentur lapangan (+) $\geq 1/3 \times M$ lentur tumpuan (-)

$$566,77 \geq 1/5 \times 1983,695$$

$$566,77 \geq 397,739 \quad \text{(OKE)}$$

M lentur lapangan (+) $\geq 1/5 \times M$ lentur tumpuan (-)

$$1133,5 \geq 1/5 \times 1983,695$$

$$1133,5 \geq 396,739 \quad \text{(OKE)}$$

Cek momen nominal pasang balok:

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(As \text{ pasang} \times fy)}{0,85 \times f'c' \times b} \\ &= \frac{(1133,54 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 400} \\ &= 53,34 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f'c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 53,34 \\ &= 453416 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} Mn &= Cc' \times (d - a/2) \\ &= 620613,15 \times (540,5 - 73,013/2) \\ &= 232978049,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} Mn_{\text{pasang}} &\geq Mn_{\text{perlu}} \\ 232978049,8 \text{ Nmm} &\geq 181487125 \text{ Nmm} \\ \text{(OKE)} \end{aligned}$$

* Untuk memudahkan pekerjaan, maka pemasangan tulangan di daerah tumpuan disamakan. (mengikuti momen yang terbesar)

Tumpuan kanan = Tumpuan kiri

$As = 1983,695 \text{ mm}^2 \rightarrow 7 \text{ D19}$

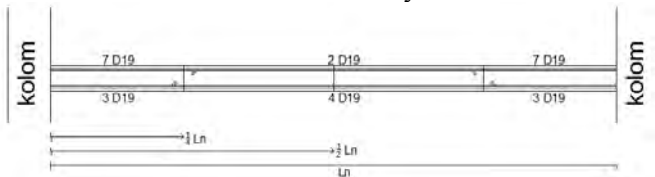
$As' = 850,155 \text{ mm}^2 \rightarrow 3 \text{ D19}$

Lapangan

$As = 1133,54 \text{ mm}^2 \rightarrow 4 \text{ D19}$

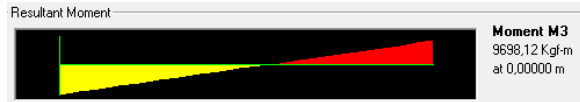
$As' = 566,77 \text{ mm}^2 \rightarrow 2 \text{ D19}$

- Kontrol kemampuan balok
 Pada pemasangan tulangan lentur perlu dilakukan pengecekan kekuatan kembali untuk menanggulangi apabila terjadi momen bolak-balik yang diakibatkan oleh gaya gempa yang diterima. Sehingga terdapat kemungkinan penulangan yang semula menerima gaya tarik menjadi menerima gaya tekan dan sebaliknya.



Gambar 4. 86 Sketsa Penulangan Lentur pada Balok

Pada tinjauan SAP data gaya dalam yang terjadi pada balok, dapat dilihat bahwa yang mengalami perubahan momen adalah daerah tumpuan kiri, maka perlu dilakukan pengecekan pada sisi tersebut. Akibat kombinasi $(-1Ex -0,3Ey)$



Cek pada tumpuan kiri:

$$M (+) = 266155700 \text{ Nmm}$$

$$M (-) = 9698,12 \text{ kgm}$$

$$= 96981200 \text{ Nmm}$$

Momen sesuai tulangan terpasang:

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 3 \text{ D19} = 850,155 \text{ mm}^2$$

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(850,155 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 400} \\ &= 40,007 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 40,007 \\ &= 340062 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \times (d - a/2) \\ &= 340062 \times (540,5 - 40,007/2) \\ &= 177001030,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat:

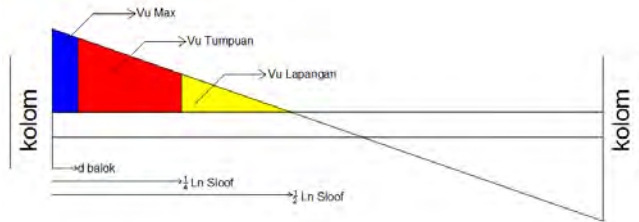
$$\begin{aligned} M_{n_{\text{pasang}}} &\geq M_{n_{\text{perlu}}} \\ 177001030,8 \text{ Nmm} &\geq 96981200 \text{ Nmm} \\ \text{(OKE)} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan penulangan geser

Pembagian wilayah geser balok:

1. Wilayah tumpuan sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom (SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2)

2. Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok.



Gambar 4. 87 Diagram Gaya Geser pada Balok

Momen pasang tumpuan kiri:

Dipasang tulangan tarik 7 D 19 dengan $A_s = 1938,695 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s \text{ pasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(1938,695 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 400} \\ &= 93,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 93,35 \\ &= 793478 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} M_{nl} &= C_c' \times (d - a/2) \\ &= 793478 \times (540,5 - 93,35/2) \\ &= 391839133,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Mn-kiri (Mnl)

$$= 391839133,3 \text{ Nmm (momen pasang)}$$

Momen pasang tumpuan kanan:

Dipasang tulangan tekan 3 D19 dengan $A_s = 850,155 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s \text{ pasang} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{(850,155 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 400} \\ &= 40,007 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton:

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 25 \times 400 \times 40,007 \\ &= 340062 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen nominal pasang:

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \times (d - a/2) \\ &= 340062 \times (540,5 - 40,007/2) \\ &= 177001030,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Mn-kanan (M_{nr})

$$= 177001030,8 \text{ Nmm (momen pasang)}$$

Dari hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1L dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser:

V_u Tumpuan ($1/2 b$ kolom + d balok)

$$= 141170,59 \text{ N}$$



V_u Lapangan ($1/4 L_n$ balok)

$$= 112683,84 \text{ N}$$



Syarat kuat tekan beton:

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2.1)

$$\sqrt{f'c} \leq \frac{f_c}{3}$$

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3}$$

$$5 \leq 8,333 \text{ N/mm}^2$$

Kuat geser beton:

(SNI 03-2847-2002 psl 13.3.1.1)

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= 1/6 \times \sqrt{25} \times 400 \times 540,5 \\ &= 180166,667 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser:

$$\begin{aligned} V_{s_{\min}} &= 1/3 \times b \times d \\ &= 1/3 \times 400 \times 540,5 \\ &= 72066,667 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s_{\max}} &= 1/3 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= 1/3 \times \sqrt{25} \times 400 \times 540,5 \\ &= 360333,333 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{s_{\max}} &= 2/3 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= 2/3 \times \sqrt{25} \times 400 \times 540,5 \\ &= 720666,667 \text{ N} \end{aligned}$$

Wilayah tumpuan:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u \\ &= \frac{391839133,3 + 177001031}{7000} + 141170,59 \\ &= 222433,4706 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kondisi:

- 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 : $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{s_{\min}})$
- Kondisi 4 : $\phi \times (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{s_{\max}})$

$$\text{- Kondisi 5 : } \phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + 2V_{S_{\max}})$$

Kontrol:

Kondisi 4

$$\begin{aligned} \phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) &\leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\max}}) \\ 0,75 \times (180166,667 + 72066,667) &\leq 222433,47 \leq \\ 0,75 \times (180166,667 + 360333,333) & \\ 189175 &\leq 222433,47 \leq 405375 \end{aligned}$$

Tulangan geser:

$$V_u = \phi V_n \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 13.1.1})$$

$$\begin{aligned} V_u &= \phi V_u - \phi V_c \\ \phi V_s &= V_u - \phi V_c \\ V_s &= \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi} \\ &= \frac{222433,47 - (0,75 \times 180166,667)}{0,75} \\ &= 116411,294 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser:

Digunakan sengkang 2 kaki, $\emptyset = 10$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser + luasan tambahan puntir transversal:

$$\begin{aligned} A_{v_{\text{perlu}}} &= A_v + 2(A_t/s) \\ &= 157 + (2 \times 0,63) \\ &= 158,268 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka didapat nilai:

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_{v_{\text{perlu}}} \times f_y \times d}{V_s}$$

$$= \frac{158,268 \times 240 \times 540,5}{116411,294}$$

$$= 176,362 \text{ mm}$$

Direncanakan spasi tulangan geser 150 mm

Cek spasi tulangan geser:

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM:

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2)

- $S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq d/4$ pada daerah tumpuan
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 D$ lentur
- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \emptyset$ geser
- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$

Kontrol:

- $150 \text{ mm} \leq 176,362 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 135,125 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$
- ➔ Maka, dipasang $\emptyset 10-130$ (dengan sengkang 2 kaki)
- ➔ Sengkang pertama dipasang $< 50 \text{ mm}$ dari muka kolom (SRPMM)

Wilayah lapangan:

$$V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

$$= \frac{391839133,3 + 177001031}{7000} + 112683,84$$

$$= 193946,720 \text{ N}$$

Cek kondisi:

- 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 : $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\min}})$
- Kondisi 4 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\max}})$
- Kondisi 5 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + 2V_{S_{\max}})$

Kontrol:

Kondisi 4

$$\begin{aligned} \phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) &\leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\max}}) \\ 0,75 \times (180166,667 + 72066,667) &\leq 193946,72 \leq \\ 0,75 \times (180166,667 + 360333,333) & \\ 189175 &\leq 193946,72 \leq 405375 \end{aligned}$$

Tulangan geser:

$$V_u = \phi V_n \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 13.1.1})$$

$$\begin{aligned} V_u &= \phi V_u - \phi V_c \\ \phi V_s &= V_u - \phi V_c \\ V_s &= \frac{V_u - (\phi \times V_c)}{\phi} \\ &= \frac{193946,72 - (0,75 \times 180166,667)}{0,75} \\ &= 78428,96 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser:

Digunakan sengkang 2 kaki, $\emptyset = 10$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser + luasan tambahan puntir transversal:

$$\begin{aligned} A_{v_{\text{perlu}}} &= A_v + 2(A_t/s) \\ &= 157 + (2 \times 0,63) \end{aligned}$$

$$= 158,268 \text{ mm}^2$$

Maka didapat nilai:

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{Av \text{ perlu} \times fy \times d}{Vs} \\ &= \frac{158,268 \times 240 \times 540,5}{78428,960} \\ &= 261,773 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan spasi tulangan geser 150 mm

Cek spasi tulangan geser:

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM:

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2)

- $S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq d/2$ pada daerah lapangan
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 D$ lentur
- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \emptyset$ geser
- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$

Kontrol:

- $150 \text{ mm} \leq 261,773 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 270,25 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$
- ➔ Maka, dipasang $\emptyset 10$ -150 (dengan sengkang 2 kaki)

➤ Panjang penyaluran tulangan

- Tulangan kondisi tarik:
Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2002 psl 14.2.**

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f_c'}}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.2)

$$\lambda_d = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda x db}{5 \sqrt{f_c'}} \geq 300$$

Dimana:

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 agregat (1)

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.4)

Maka:

$$\begin{aligned} \lambda_d &= \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda x db}{5 \sqrt{f_c'}} \geq 300 \\ &= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 19}{5 \sqrt{25}} \geq 300 \\ &= 1368 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_d \\ &= \frac{1957,99}{1983,695} \times 1368 \\ &= 1350,27 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi panjang penyaluran dipakai 1400 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)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 14.5.2. panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan adalah:

$$\lambda_{hb} = \frac{100 \times db}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \times db$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.2)

$$= \frac{100 \times 19}{\sqrt{25}} \geq 8 \times 19$$

$$= 380 \geq 152$$

$$\lambda_{hb} \text{ modif} = F \text{ modif} \times \lambda_{hb} \geq 150 \text{ mm}$$

$$= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_{hb} \geq 150 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.5.3.2)

$$= \frac{1957,99}{1983,695} \times 380 \geq 150 \text{ mm}$$

$$= 375,075 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm}$$

Jadi panjang penyaluran dipakai 400 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)

$$\lambda_{db} = \frac{db \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times d_b \times f_y$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.2)

$$= \frac{19 \times 400}{4 \times \sqrt{25}} \geq 0,04 \times 19 \times 400$$

$$\begin{aligned}
 &= 380 \text{ mm} \geq 304 \text{ mm} \\
 \lambda_{db} \text{ modif} &= F \text{ modif} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm} \\
 &= \frac{A_s' \text{ perlu}}{A_s' \text{ pasang}} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 14.3.3.2)} \\
 &= \frac{386,453}{850,155} \times 380 \geq 200 \text{ mm} \\
 &= 172,736 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \\
 &\text{Jadi panjang penyaluran dipakai 200 mm}
 \end{aligned}$$

- Kontrol retak
(SNI 03-2847-2002 psl. 12.6)

$$\begin{aligned}
 Z &= f_s \sqrt[3]{dc A} \\
 &\leq 30 \text{ Mn/m untuk struktur dalam ruangan} \\
 &\leq 25 \text{ Mn/m untuk penampang yang} \\
 &\quad \text{dipengaruhi cuaca luar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= 0,6 \times f_y \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 12.6.4)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,6 \times 400 \\
 &= 240
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dc &= \text{selimut} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan} \\
 &= 40 + 19/2 \\
 &= 49,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{2 dc \times b}{n} ; \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah} \\
 &\quad \text{tulangan} \\
 &= \frac{2(49,5) \times 400}{7} \\
 &= 5657,142 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= f_s \sqrt[3]{dc A} \\
 &= 240 \times \sqrt[3]{49,5 \times 5657,142}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 15701,652 \text{ N/mm} \\
 &= 15,7 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m (OKE)}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap hitungan Z, dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh:

$$\begin{aligned}
 \omega &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \sqrt[3]{dc A} \\
 &= \frac{11}{10^{-6}} \times 0,85 \times \\
 &\quad 240 \sqrt[3]{49,5 \times 5657,142} \\
 &= 0,133
 \end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

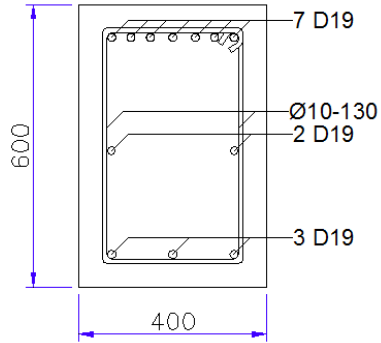
Dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$.

- Panjang kait
 $6 D = 6 \times 10$
 $= 60 \text{ mm}$

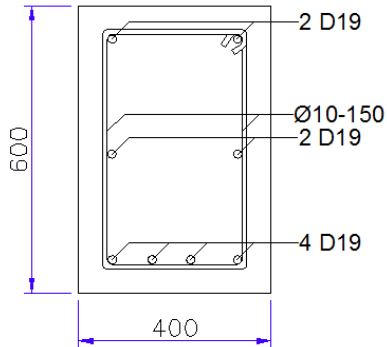
(PBBI 1971, Bab 8.2)

➤ **Gambar hasil akhir perencanaan:**

Tumpuan:

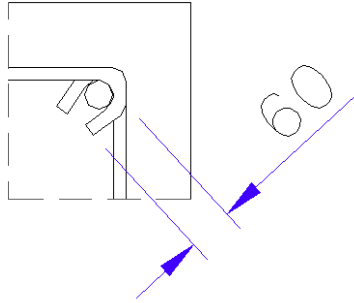


Lapangan:



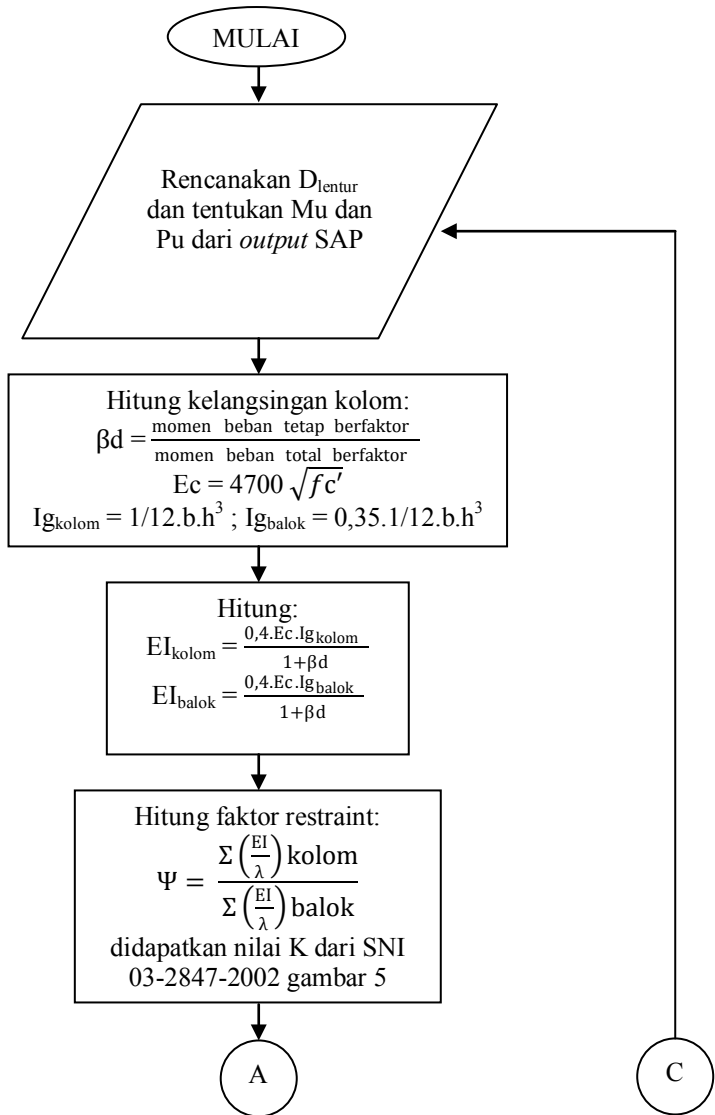
Gambar 4. 88 Penulangan pada Balok

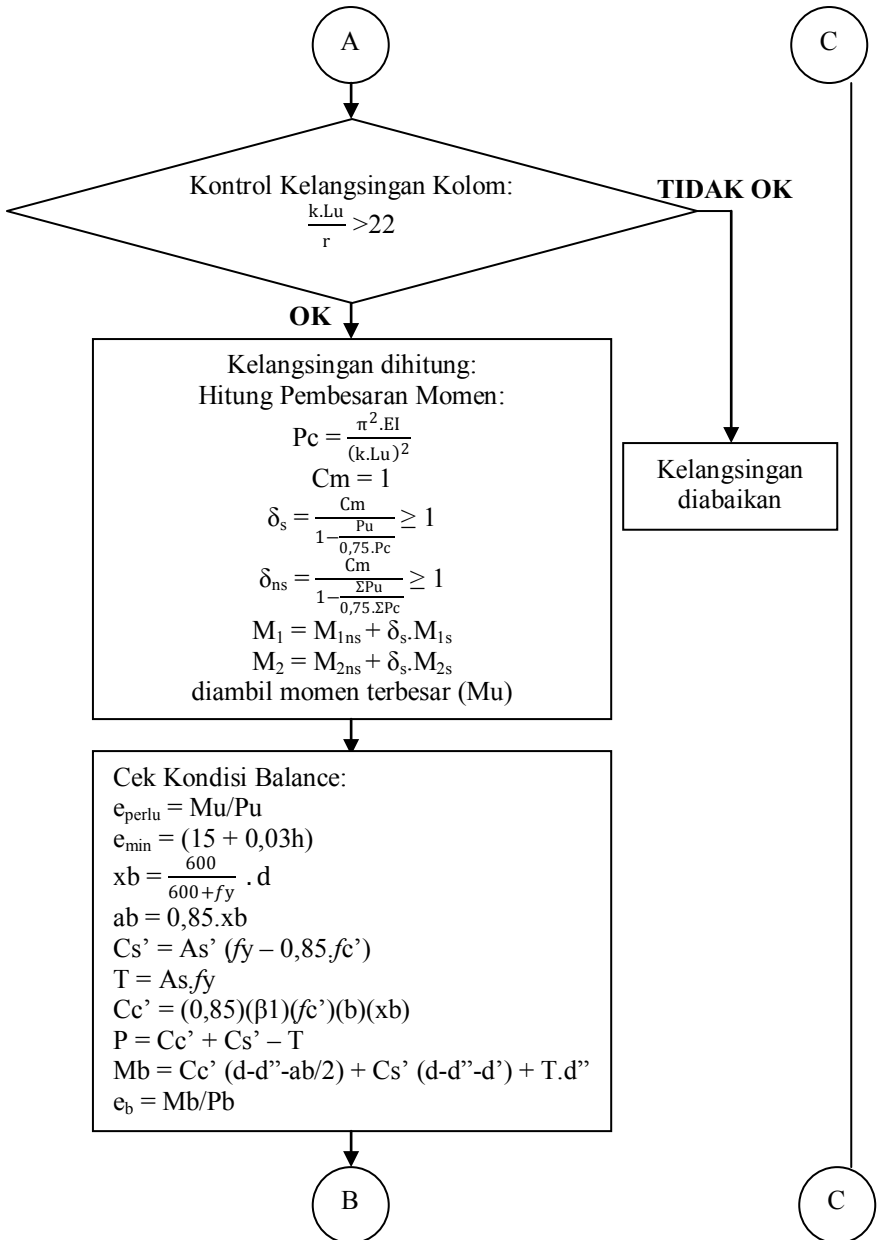
Panjang kait:

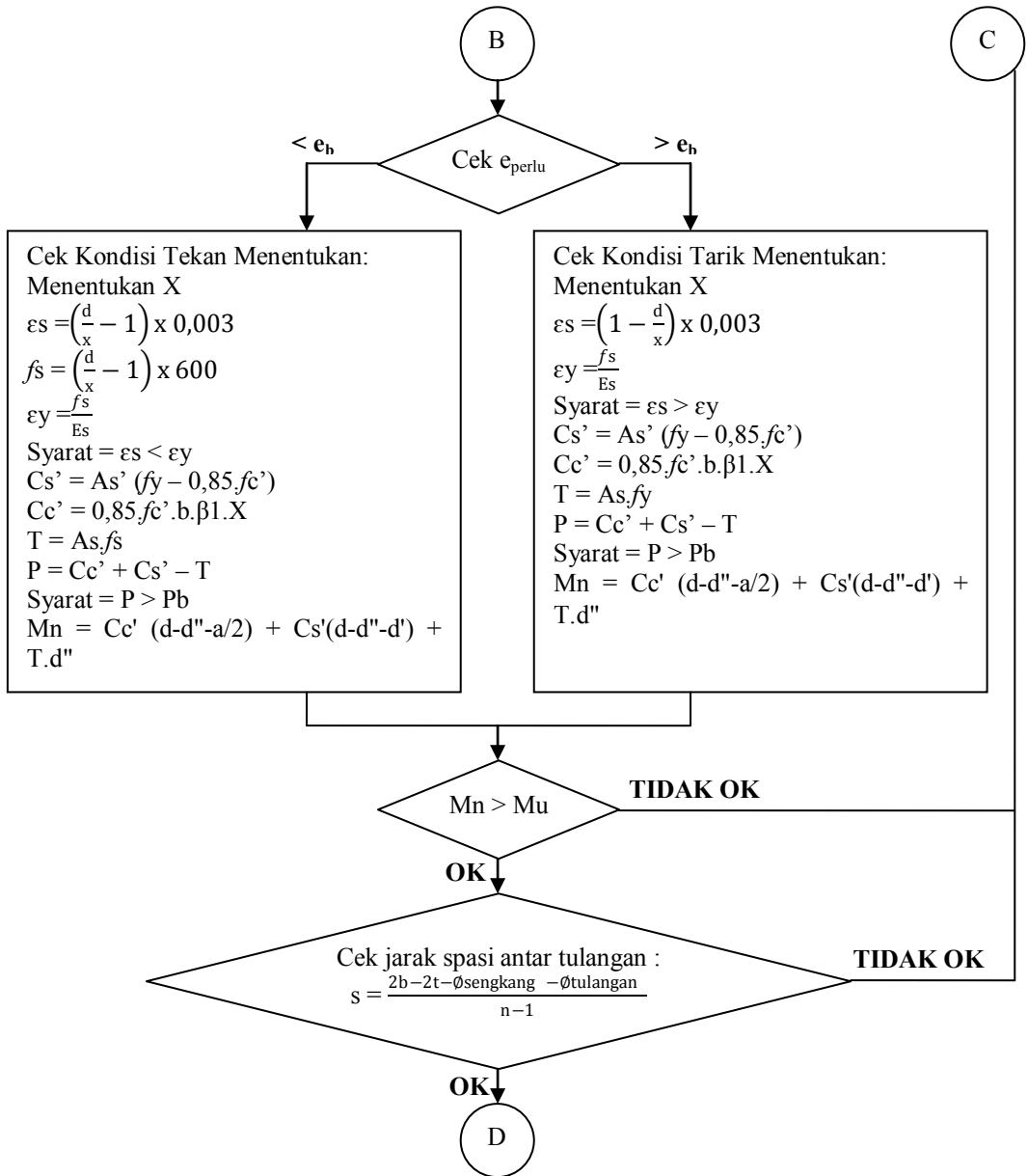


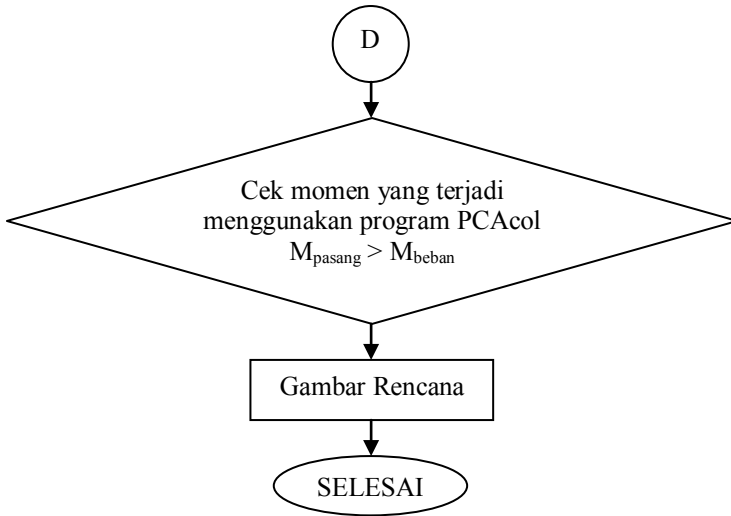
Gambar 4. 89 Panjang kait pada Balok

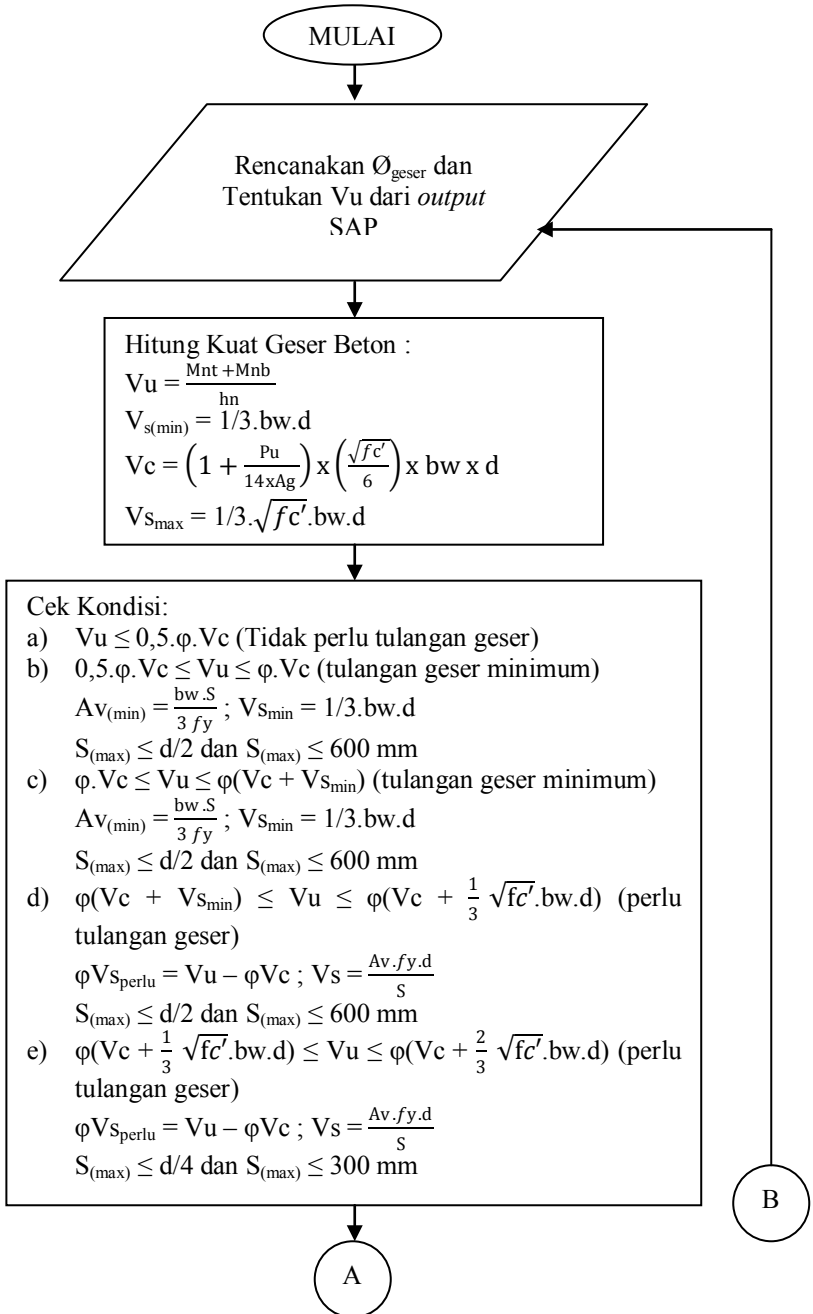
4.7.3. Perhitungan Kolom

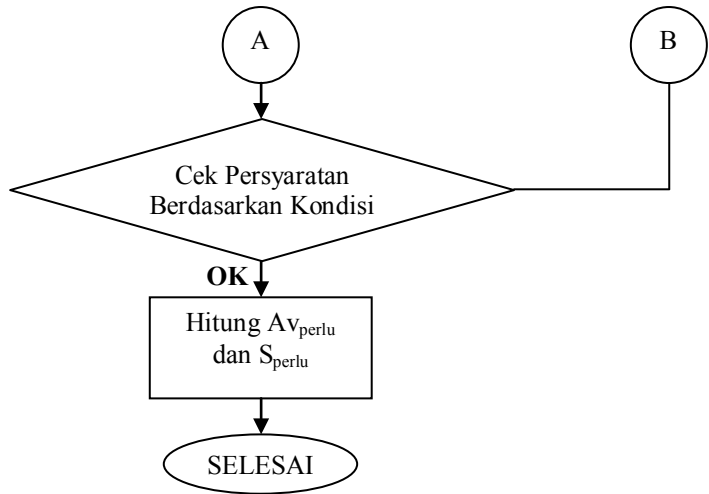








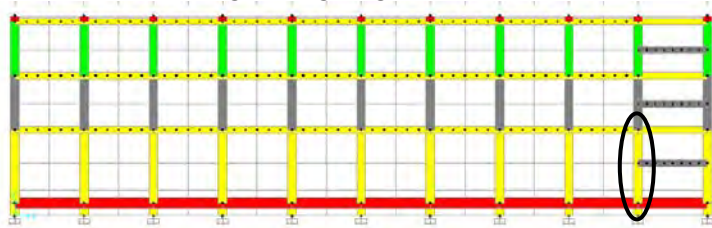




Gambar 4. 90 Diagram Alir Perencanaan Kolom

Data Perencanaan:

- Dimensi kolom : 500 x 500 mm²
- 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 : Ø-10



Gambar 4. 91 Posisi Kolom pada As 10-D

Sebagai contoh dalam perhitungan diambil kolom lantai 1 As 10-D. Diperoleh output SAP:

- **Penulangan Lentur**

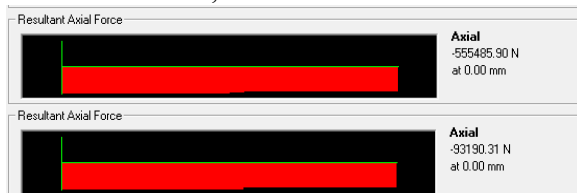
- Untuk momen arah x:

- Aksial:

$$P_{DL} = 555485,9 \text{ N}$$

$$P_{LL} = 93190,31 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} P_U &= (1,2P_{DL} + 1,6P_{LL}) \\ &= ((1,2 \times 555485 \text{ N}) + (1,6 \times 93190,31 \\ &\quad \text{N})) \\ &= 815687,576 \text{ N} \end{aligned}$$



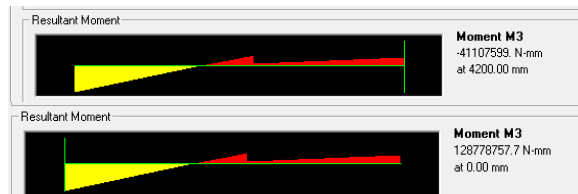
Gambar 4. 92 Hasil output SAP (aksial)

- Momen akibat pengaruh gempa
 - M_{1s} = Momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm (SNI 03-2847-2002)
 - M_{2s} = Momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm (SNI 03-2847-2002)

Akibat combo gempa x (-1,0Ex - 0,3Ey):

$$M_{1s} = 41107599 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 128778757,7 \text{ Nmm}$$

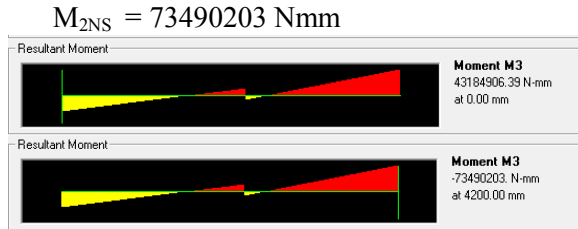


Gambar 4. 93 Hasil output SAP (momen gempa)

- Momen akibat pengaruh beban gravitasi
 - M_{1NS} = 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} = 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)

Akibat *combo* 1,2DL + 1,0LL:

$$M_{1NS} = 43184906,39 \text{ Nmm}$$



Gambar 4. 94 Hasil output SAP (momen grafitasi)

- Kelangsingan kolom
Kontrol kelangsingan kolom
 β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{1,2 \times P_{DL}}{(1,2 \times P_{DL}) + (1,6 \times P_{LL})}$$

$$= \frac{1,2 \times 555485,9 \text{ Nmm}}{815687,576 \text{ Nmm}} = 0,82$$

Panjang tekuk kolom

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

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.6)

Untuk Kolom:

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

$$I_g = 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 1/12 \times 500 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3$$

$$= 5,21 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \sqrt{25} = 23500 \text{ Nmm}$$

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \times 23500 \text{ Nmm} \times 5,21 \cdot 10^9 \text{ mm}^4}{1+0,82}$$

$$= 2,69 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Untuk Balok:

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1+\beta_d}$$

$$I_{g1} = 0,35 \times I_g$$

$$= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 0,35 \times 1/12 \times 400 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3$$

$$= 2,52 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

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

$$= 4700 \sqrt{25} = 23500 \text{ Nmm}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1+\beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \times 23500 \text{ Nmm} \times 2,52 \cdot 10^9 \text{ mm}^4}{1+0,82}$$

$$= 1,30 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik *alligment*.

Kolom Atas

$$\Psi_A = \frac{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{kolom}}}{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{balok}}}$$

$$= \frac{(2,69 \times 10^{13} / 4200) + (2,69 \times 10^{13} / 3100)}{(1,3 \times 10^{13} / 7000) + (1,3 \times 10^{13} / 4000) + (1,3 \times 10^{13} / 4000)}$$

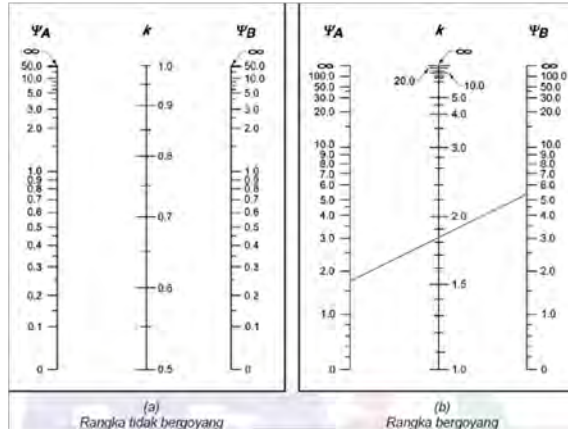
$$= 1,803$$

Kolom Bawah

$$\Psi_B = \frac{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{kolom}}}{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{balok}}}$$

$$= \frac{(2,69 \times 10^{13} / 4200) + (2,69 \times 10^{13} / 720)}{(1,3 \times 10^{13} / 7000) + (1,3 \times 10^{13} / 4000) + (1,3 \times 10^{13} / 4000)}$$

$$= 5,231$$



Gambar 4. 95 Grafik Alligment

Dari grafik *alligment* didapatkan $k = 1,85$

$$r = 0,3 \times h$$

$$= 0,3 \times 500 \text{ mm}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

$$\frac{K \times \lambda u}{r} \leq 22$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.2)

$$\frac{1,85 \times 4200 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 51,8 > 22 \text{ (Kolom Langsing)}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times Lu)^2} = \frac{\pi^2 \times 2,69 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,85 \times 4200 \text{ mm})^2}$$

$$= 4399873,798 \text{ N}$$

$$\Sigma P_c = \text{Jumlah kolom} \times P_c$$

$$= 44 \times 4399873,798 \text{ N}$$

$$= 193594447,1 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\Sigma P_u &= \text{Jumlah kolom} \times P_u \\ &= 44 \times 815687,576 \text{ N} \\ &= 35890253,34 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1 \\ &= \frac{1}{1 - \frac{35890253,34 \text{ N}}{0,75 \times 193594447,1 \text{ N}}} = 1,328 > 1\end{aligned}$$

➤ Perbesaran Momen

Dari SAP diperoleh:

$$M_{1NS} = 43184906,39 \text{ Nmm}$$

$$M_{2NS} = 73490203 \text{ Nmm}$$

$$M_{1S} = 41107599 \text{ Nmm}$$

$$M_{2S} = 128778757,7 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}M_{1X} &= M_{1NS} + \delta_s M_{1S} \\ &= 43184906,39 \text{ Nmm} + 1,328 \times \\ &\quad 41107599 \text{ Nmm} \\ &= 97790097,33 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{2X} &= M_{2NS} + \delta_s M_{2S} \\ &= 73490203 \text{ Nmm} + 1,328 \times \\ &\quad 128778757,7 \text{ Nmm} \\ &= 244553189,5 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar:

$$M_{2X} = 244553189,5 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}M_u &= \frac{M_{2X}}{\phi} = \frac{244553189,5 \text{ Nmm}}{0,65} \\ &= 376235676,2 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$P_u = \frac{P_u}{\phi} = \frac{815687,576 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1254903,963 \text{ N} \\
 e_{\text{perlu}} &= \text{Mu/Pu} \\
 &= 376235676,2 \text{ Nmm}/1254903,963 \text{ N} \\
 &= 299,8123 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{min}} &= (15 + 0,03 h) \\
 &= (15 + 0,03 (500 \text{ mm})) \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Cek Kondisi Balance

$$d = 500 - 40 - 10 - 22/2 = 439 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 11 = 61 \text{ mm}$$

$$d'' = 500 - 40 - 10 - 22/2 - 250 = 189 \text{ mm}$$

Coba 10 D22

$$\begin{aligned}
 A_s &= A_s' = 5 \times (1/4 \times \pi \times D^2) \\
 &= 5 \times (1/4 \times \pi \times 22^2) \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\
 &= \frac{600}{600 + 400} \times 439 \text{ mm} = 263,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= 0,85 \times x_b = 0,85 \times 263,4 \text{ mm} \\
 &= 223,89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \times 25 \\
 &\quad \text{MPa}) \\
 &= 719511,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ MPa} \\
 &= 759880 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times \\
 &\quad 263,4 \text{ mm} \\
 &= 2378831,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 2378831,25 \text{ N} + 719511,4 \text{ N} + 759880 \\
 &\quad \text{N} \\
 &= 2338462,625 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= Cc' (d-d''-ab/2) + Cs' (d-d''-d') + T.d'' \\
 &= 2378831,25 \text{ N} (439 \text{ mm} - 189 \text{ mm} - \\
 &\quad 111,9 \text{ mm}) + 719511,4 \text{ N} (439 \text{ mm} - \\
 &\quad 189 \text{ mm} - 61 \text{ mm}) + 759880 \text{ N} \times 189 \\
 &\quad \text{mm} \\
 &= 608014518,1 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b/P_b \\
 &= 608014518,1 \text{ Nmm} / 2338462,625 \text{ N} \\
 &= 260,01 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\min} &< e_{\text{perlu}} < e_b \\
 30 \text{ mm} &< 299,8 \text{ mm} > 260,01 \text{ mm} \\
 &\text{(Kondisi Tarik Menentukan)}
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol Kondisi Tarik Menentukan

$$\begin{aligned}
 e &> e_b \\
 299,8 \text{ mm} &> 260,01 \text{ mm} \\
 \text{Diambil nilai } x &= 270 \text{ mm} \\
 a &= 0,85 \times \\
 &= 0,85 \times 270 \text{ mm} \\
 &= 229,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_s &< e_y \quad (f_y = f_s) \\
 f_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 600 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$= \left(\frac{439 \text{ mm}}{270 \text{ mm}} - 1 \right) \times 600 \text{ MPa} = 375,6 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} e_y &= f_s / E_s \\ &= 375,6 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa} \\ &= 0,001878 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_s &= \left(1 - \frac{d'}{x} \right) 0,003 \\ &= \left(1 - \frac{61 \text{ mm}}{270 \text{ mm}} \right) 0,003 \\ &= 0,002322 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_s &> e_y \\ 0,002322 &> 0,001878 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \times 25 \\ &\quad \text{MPa}) \\ &= 719511,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times X \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 270 \\ &\quad \text{mm} \\ &= 2438437,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ MPa} \\ &= 759880 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= C_c' + C_s' - T \\ &= 2438437,5 \text{ N} + 719511,4 \text{ N} - 759880 \\ &\quad \text{N} \\ &= 2398068,875 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &> P_b \\ 2398068,875 \text{ N} &> 2338462,625 \text{ N (OK)} \end{aligned}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' (d-d''-a/2) + C_s' (d-d''-d') + T \cdot d'' \\ &= 2438437,5 \text{ N} (439 \text{ mm} - 189 \text{ mm} - \\ &\quad (229,5 \text{ mm}/2)) + 719511,4 \text{ N} (439 \text{ mm} \\ &\quad - 189 \text{ mm} - 61 \text{ mm}) + 759880 \text{ N} \times \\ &\quad 189 \text{ mm} \\ &= 609403641,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

➤ Cek Syarat

$$M_n \geq M_u$$

$$609403641,8 \text{ Nmm} > 376235676,2 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi, dapat digunakan tulangan utama pada arah x kolom sebesar 5 D22 pada tiap sisi

- Untuk momen arah y:

➤ Aksial:

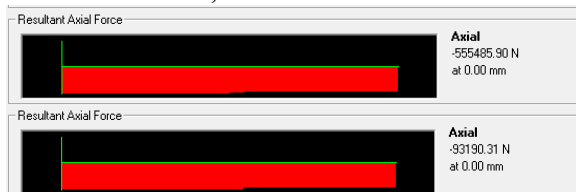
$$P_{DL} = 555485,9 \text{ N}$$

$$P_{LL} = 93190,31 \text{ N}$$

$$P_U = (1,2P_{DL} + 1,6P_{LL})$$

$$= ((1,2 \times 555485 \text{ N}) + (1,6 \times 93190,31 \text{ N}))$$

$$= 815687,576 \text{ N}$$



Gambar 4. 96 Hasil output SAP (aksial)

➤ Momen akibat pengaruh gempa

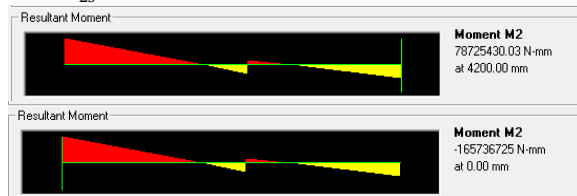
M_{1s} = Momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm (SNI 03-2847-2002)

M_{2s} = Momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm (SNI 03-2847-2002)

Akibat *combo* gempa x (-0,3Ex - 1,0Ey):

$$M_{1s} = 78725430,03 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 165736725 \text{ Nmm}$$



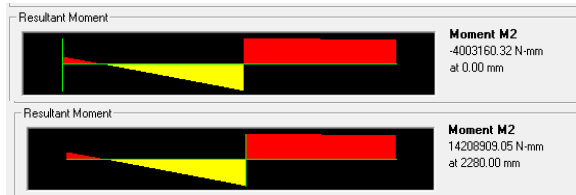
Gambar 4. 97 Hasil output SAP (momen gempa)

- Momen akibat pengaruh beban gravitasi
 - M_{1NS} = 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} = 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)

Akibat *combo* 1,2DL + 1,0LL:

$$M_{1NS} = 4003160,32 \text{ Nmm}$$

$$M_{2NS} = 14208909,05 \text{ Nmm}$$



Gambar 4. 98 Hasil output SAP (momen grafitasi)

- Kelangsingan kolom
Kontrol kelangsingan kolom
 βd = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\beta d = \frac{1,2 \times P_{DL}}{(1,2 \times P_{DL}) + (1,6 \times P_{LL})}$$

$$= \frac{1,2 \times 555485,9 \text{ Nmm}}{815687,576 \text{ Nmm}} = 0,82$$

Panjang tekuk kolom

$$\Psi = \frac{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{kolom}}}{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{balok}}}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.6)

Untuk Kolom:

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

$$I_g = 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 1/12 \times 500 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3$$

$$= 5,21 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \sqrt{25} = 23500 \text{ Nmm}$$

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$= \frac{0,4 \times 23500 \text{ Nmm} \times 5,21 \cdot 10^9 \text{ mm}^4}{1+0,82}$$

$$= 2,69 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Untuk Balok:

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1+\beta d}$$

$$I_{g1} = 0,35 \times I_g$$

$$= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 0,35 \times 1/12 \times 400 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3$$

$$= 2,52 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \sqrt{25} = 23500 \text{ Nmm}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1+\beta d}$$

$$= \frac{0,4 \times 23500 \text{ Nmm} \times 2,52 \cdot 10^9 \text{ mm}^4}{1+0,82}$$

$$= 1,30 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik *alligment*.

Kolom Atas

$$\Psi_A = \frac{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{kolom}}}{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{balok}}}$$

$$= \frac{(2,69 \times 10^{13} / 4200) + (2,69 \times 10^{13} / 3100)}{(1,3 \times 10^{13} / 7000) + (1,3 \times 10^{13} / 4000) + (1,3 \times 10^{13} / 4000)}$$

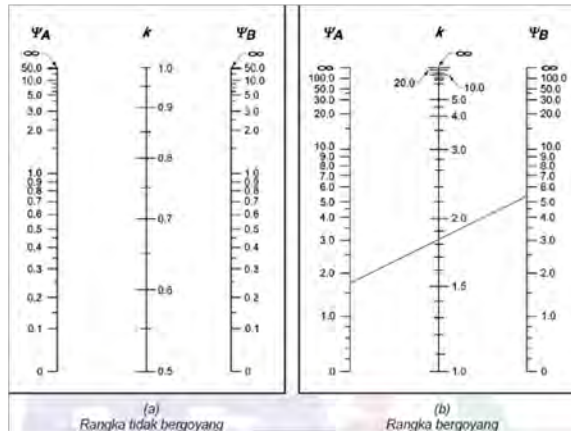
$$= 1,803$$

Kolom Bawah

$$\Psi_B = \frac{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{kolom}}}{\Sigma(EI/\lambda)_{\text{balok}}}$$

$$= \frac{(2,69 \times 10^{13} / 4200) + (2,69 \times 10^{13} / 720)}{(1,3 \times 10^{13} / 7000) + (1,3 \times 10^{13} / 4000) + (1,3 \times 10^{13} / 4000)}$$

$$= 5,231$$



Gambar 4. 99 Grafik Alligment

Dari grafik *alligment* didapatkan $k = 1,85$

$$r = 0,3 \times h$$

$$= 0,3 \times 500 \text{ mm}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

$$\frac{K \times \lambda u}{r} \leq 22$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.2)

$$\frac{1,85 \times 4200 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 51,8 > 22 \text{ (Kolom Langsing)}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times Lu)^2} = \frac{\pi^2 \times 2,69 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,85 \times 4200 \text{ mm})^2}$$

$$= 4399873,798 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\Sigma P_c &= \text{Jumlah kolom} \times P_c \\ &= 44 \times 4399873,798 \text{ N} \\ &= 193594447,1 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma P_u &= \text{Jumlah kolom} \times P_u \\ &= 44 \times 815687,576 \text{ N} \\ &= 35890253,34 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1 \\ &= \frac{1}{1 - \frac{35890253,34 \text{ N}}{0,75 \times 193594447,1 \text{ N}}} = 1,328 > 1\end{aligned}$$

➤ **Perbesaran Momen**

Dari SAP diperoleh:

$$\begin{aligned}M_{1NS} &= 4003160,32 \text{ Nmm} \\ M_{2NS} &= 14208909,05 \text{ Nmm} \\ M_{1S} &= 78725430,03 \text{ Nmm} \\ M_{2S} &= 165736725 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{1Y} &= M_{1NS} + \delta_s M_{1S} \\ &= 4003160,32 \text{ Nmm} + 1,328 \times \\ &\quad 78725430,03 \text{ Nmm} \\ &= 108577916,4 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{2Y} &= M_{2NS} + \delta_s M_{2S} \\ &= 14208909,05 \text{ Nmm} + 1,328 \times \\ &\quad 165736725 \text{ Nmm} \\ &= 234364932,1 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar:

$$M_{2Y} = 234364932,1 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \frac{M_{2y}}{\phi} = \frac{234364932,1 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$= 360561434 \text{ Nmm}$$

$$P_u = \frac{P_u}{\phi} = \frac{815687,576 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$= 1254903,963 \text{ N}$$

$$e_{\text{perlu}} = M_u/P_u$$

$$= 360561434 \text{ Nmm}/1254903,963 \text{ N}$$

$$= 287,3219 \text{ mm}$$

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

$$= (15 + 0,03 (500 \text{ mm}))$$

$$= 30 \text{ mm}$$

➤ Cek Kondisi Balance

$$d = 500 - 40 - 10 - 22/2 = 439 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 11 = 61 \text{ mm}$$

$$d'' = 500 - 40 - 10 - 22/2 - 250 = 189 \text{ mm}$$

Coba 10 D22

$$A_s = A_s' = 5 \times (1/4 \times \pi \times D^2)$$

$$= 5 \times (1/4 \times \pi \times 22^2)$$

$$= 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$= \frac{600}{600 + 400} \times 439 \text{ mm} = 263,4 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times x_b = 0,85 \times 263,4 \text{ mm}$$

$$= 223,89 \text{ mm}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \times f_c')$$

$$= 1899,7 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \times 25 \text{ MPa})$$

$$= 719511,4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ MPa} \\
 &= 759880 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times \\
 &\quad 263,4 \text{ mm} \\
 &= 2378831,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= Cc' + C_s' - T \\
 &= 2378831,25 \text{ N} + 719511,4 \text{ N} + 759880 \\
 &\quad \text{N} \\
 &= 2338462,625 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= Cc' (d-d''-ab/2) + C_s' (d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= 2378831,25 \text{ N} (439 \text{ mm} - 189 \text{ mm} - \\
 &\quad 111,9 \text{ mm}) + 719511,4 \text{ N} (439 \text{ mm} - \\
 &\quad 189 \text{ mm} - 61 \text{ mm}) + 759880 \text{ N} \times 189 \\
 &\quad \text{mm} \\
 &= 608014518,1 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b/P_b \\
 &= 608014518,1 \text{ Nmm} / 2338462,625 \text{ N} \\
 &= 260,01 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\min} &< e_{\text{perlu}} < e_b \\
 30 \text{ mm} &< 287,32 \text{ mm} > 260,01 \text{ mm} \\
 &\text{(Kondisi Tarik Menentukan)}
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol Kondisi Tarik Menentukan

$$\begin{aligned}
 e &> e_b \\
 287,32 \text{ mm} &> 260,01 \text{ mm} \\
 \text{Diambil nilai } x &= 270 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 0,85 \times \\
 &= 0,85 \times 270 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$= 229,5 \text{ mm}$$

$$e_s < e_y \quad (f_y = f_s)$$

$$f_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \times 600 \text{ MPa}$$

$$= \left(\frac{439 \text{ mm}}{270 \text{ mm}} - 1 \right) \times 600 \text{ MPa} = 375,6 \text{ MPa}$$

$$e_y = f_s / E_s$$

$$= 375,6 \text{ MPa} / 200000 \text{ MPa}$$

$$= 0,001878$$

$$e_s = \left(1 - \frac{d'}{x} \right) 0,003$$

$$= \left(1 - \frac{61 \text{ mm}}{270 \text{ mm}} \right) 0,003$$

$$= 0,002322$$

$$e_s > e_y$$

$$0,002322 > 0,001878 \text{ (OK)}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \times f_c')$$

$$= 1899,7 \text{ mm}^2 (400 \text{ MPa} - 0,85 \times 25 \text{ MPa})$$

$$= 719511,4 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times X$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 270 \text{ mm}$$

$$= 2438437,5 \text{ N}$$

$$T = A_s \times f_y$$

$$= 1899,7 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ MPa}$$

$$= 759880 \text{ N}$$

$$P = C_c' + C_s' - T$$

$$\begin{aligned}
 &= 2438437,5 \text{ N} + 719511,4 \text{ N} + 759880 \\
 &\quad \text{N} \\
 &= 2398068,875 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$P > P_b$$

$$2398068,875 \text{ N} > 2338462,625 \text{ N (OK)}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c' (d-d''-a/2) + C_s' (d-d''-d') + T \cdot d'' \\
 &= 2438437,5 \text{ N} (439 \text{ mm} - 189 \text{ mm} - \\
 &\quad (229,5 \text{ mm}/2)) + 719511,4 \text{ N} (439 \text{ mm} \\
 &\quad - 189 \text{ mm} - 61 \text{ mm}) + 759880 \text{ N} \times \\
 &\quad 189 \text{ mm} \\
 &= 609403641,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

➤ Cek Syarat

$$M_n \geq M_u$$

$$609403641,8 \text{ Nmm} > 360561434 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

Jadi, dapat digunakan tulangan utama pada arah y kolom sebesar 5 D22 pada tiap sisi

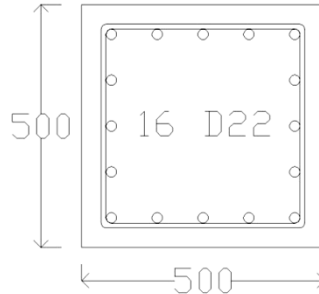
Kesimpulan:

Setelah menghitung nilai momen nominal yang terpasang pada arah x dan y, maka dipakai nilai yang terbesar. Sehingga dipakai tulangan 16 D22 yang dimana setiap sisi kolom terdapat tulangan 5 D22.

Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas bruto penampang A_g

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.9.1)

Maka, direncanakan penulangan kolom 50x50 untuk peninjauan arah x s ebesar 16 D 22 yang disebar sepanjang kanan dan kiri kolom, begitu pula untuk tulangan arah y.



Gambar 4. 100 Penampang Kolom 50x50

Luas tulangan yang digunakan:

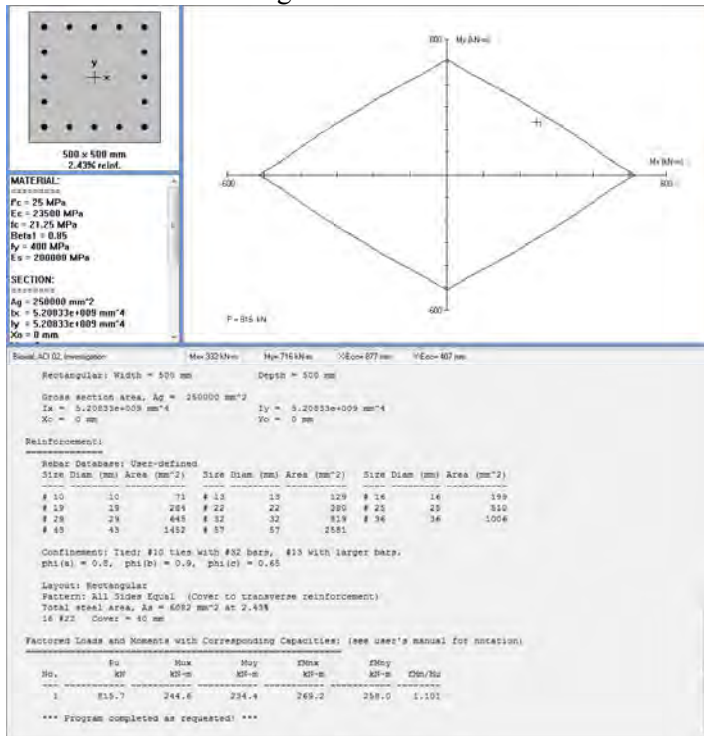
$$\begin{aligned} A_s &= 16 \times (1/4 \times \pi \times D^2) \\ &= 16 \times (1/4 \times \pi \times 22^2) \\ &= 6079,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek persyaratan:

$$\begin{aligned} \% \text{tulangan} &= \frac{\text{luas tulangan terpasang}}{\text{luas bruto penampang kolom}} \times 100\% \\ &= \frac{6079,04 \text{ mm}^2}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 2,43\% < 8\% \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Cek dengan program PCAcol
Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis PCAcol, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut:

Mutu beton : 25 N/mm²
 Mutu baja tulangan : 400 N/mm²
 Modulus Elastisitas : 23500 N/mm²
 β : 0,85
 Dimensi kolom : h : 500 mm
 : b : 500 mm
 Tulangan Kolom 16 D22



Momen kapasitas penampang (PCacol) yang dihasilkan adalah:

$$M = 269,2 \text{ kNm} = 269200000 \text{ Nmm}$$

Jadi, pada perhitungan geser dipakai momen 269200000 Nmm

Jadi,

$$Mu_x < Mn_{PCacol}$$

$$244553189,5 \text{ Nmm} < 269200000 \text{ Nmm (OK)}$$

$$Mn_x = 269200000 \text{ Nmm} = 269,2 \text{ kNm}$$

$$Mn_y = 258000000 \text{ Nmm} = 258 \text{ kNm}$$

Kesimpulan:

Jika momen yang dihasilkan oleh analisis PCAcol lebih besar daripada momen yang terjadi (Mu terbesar), maka perhitungan kebutuhan tulangan kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

- **Penulangan Geser:**

- 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	: Ø-10
ϕ	: 0,75

Diperoleh output dari SAP:

Aksial:

$$\begin{aligned} P_U &= (1,2P_{DL} + 1,6P_{LL}) \\ &= ((1,2 \times 555485 \text{ N}) + (1,6 \times 93190,31 \text{ N})) \\ &= 815687,576 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya lintang pada kolom untuk SRPMM:

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 23.10.3})$$

dimana:

M_{nt} = Momen nominal pasang *top* kolom

Mnb = Momen nominal pasang *bottom* kolom

$$M_{nt} = \frac{M_{ut}}{\phi} = \frac{269200000 \text{ Nmm}}{0,75} = 358933333,3 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = \frac{M_{ub}}{\phi} = \frac{269200000 \text{ Nmm}}{0,75} = 358933333,3 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{358933333,3 + 358933333,3}{4200} = 170920,64 \text{ N}$$

- Kekuatan geser sumbangan beton:

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

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.2)

$$V_c = \left(1 + \frac{815687,576}{14 (500 \times 500)}\right) \left(\frac{\sqrt{25}}{6}\right) 500 \times 439$$

$$= 225546,0531 \text{ N}$$

- Untuk daerah S_0 :

$$\phi V_c = 0,75 \times 225546,0531 \text{ N}$$

$$= 169159,5398 \text{ N}$$

$$0,5 \times \phi V_c = 0,5 \times 169159,5398 \text{ N}$$

$$= 84579,7699 \text{ N}$$

$$V_{S_{\min}} = 1/3 \times b_w \times d$$

$$= 1/3 \times 500 \times 439$$

$$= 73166,67 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 1/3 \times \sqrt{25} \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 439 \text{ mm}$$

$$= 365833,3 \text{ N}$$

$$2V_{S_{\max}} = 2/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 2/3 \times \sqrt{25} \text{ MPa} \times 500 \text{ mm} \times 439 \text{ mm}$$

$$= 731666,7 \text{ N}$$

- Cek Kondisi Penulangan Geser

Syarat:

$$\text{Kondisi 1} = V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 2} = 0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

$$\text{Kondisi 3} = \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{S_{\min}})$$

$$\text{Kondisi 4} = \phi (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{S_{\max}})$$

$$\text{Kondisi 5} = \phi (V_c + V_{S_{\max}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_{S_{\max}})$$

- Kontrol

$$\phi V_c = 169159,5398 \text{ N}$$

$$V_u = 170920,64 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + V_{S_{\min}}) = 224034,54 \text{ N}$$

Maka, penulangan geser pada **kondisi 3**

$$V_{S_{\min}} = \frac{b_w \times d}{3} = \frac{500 \times 439}{3} = 73167 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = 731666,7 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A_{v_{\text{pasang}}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times 2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times 3 \cdot f_{yv}}{b_w} = \frac{157 \times 3 \cdot 240}{500} = 226,1 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2 = 439/2 = 219,5 \text{ mm}$$

- **Cek Syarat SRPMM:**

1. Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang L_0 dari muka hubungan balok kolom adalah S_0 . Spasi S_0 tersebut tidak boleh melebihi:

- a. Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil
 $8D = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$
- b. 24 kali diameter sengkang ikat
 $24 \emptyset = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$
- c. Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur
 $\frac{1}{2} b_w = \frac{1}{2} 500 = 250 \text{ mm}$
- d. Tidak boleh melebihi 300 mm

Sehingga, dipakai $S_0 = 150 \text{ mm}$

2. Dipasang tulangan geser dari hubungan balok kolom (L_0) dengan jarak tidak boleh kurang dari nilai terbesar berikut ini:
 - a. Seperenam tinggi bersih kolom
 $\frac{1}{6} \times (4200 - 600) = 600 \text{ mm}$
 - b. Dimensi terbesar penampang kolom
 $b_w = 500 \text{ mm}$
 - c. Tidak boleh kurang dari 500 mm

Sehingga, dipasang sengkang $\emptyset 10$ -150 sejauh 600 mm dari muka hubungan balok kolom

3. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 S_0$ dari muka hubungan kolom
 $0,5 \times 150 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
4. Spasi sengkang ikat pada sembarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 S_0$
 $2 \times S_0 = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

Sehingga, dipasang sengkang Ø10-150 pada tengah kolom selain daerah S_0 .

- **Panjang Penyaluran**

Panjang sambungan lewatan kolom

$$0,07 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 03-1847-2002 pasal 14.16.1)

$$0,07 \times 400 \times 22 = 616 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

- Perhitungan Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.3, panjang sambungan lewatan untuk tulangan D22 harus dipenuhi rumus berikut:

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 f_y}{10 \sqrt{f_c'}} \times \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left(\frac{c+K_{tr}}{d_b}\right)}$$

Dimana nilai-nilai berikut diperoleh dari SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.3:

$$\alpha = 1,0$$

$$\beta = 1,5$$

$$\gamma = 1,0$$

$$\lambda = 1,0$$

$$K_{tr} = 0$$

$$c_1 = 40 + 10 + 22/2 = 61 \text{ mm}$$

$$c_2 = \frac{400 - 2(40 + 10) - 22}{4} = 69,5 \text{ mm}$$

Ambil nilai c terkecil = 61 mm

$$\frac{c+K_{tr}}{d_b} = \frac{61+0}{22} = 2,77 > 2,5, \text{ maka diambil nilai } = 2,5$$

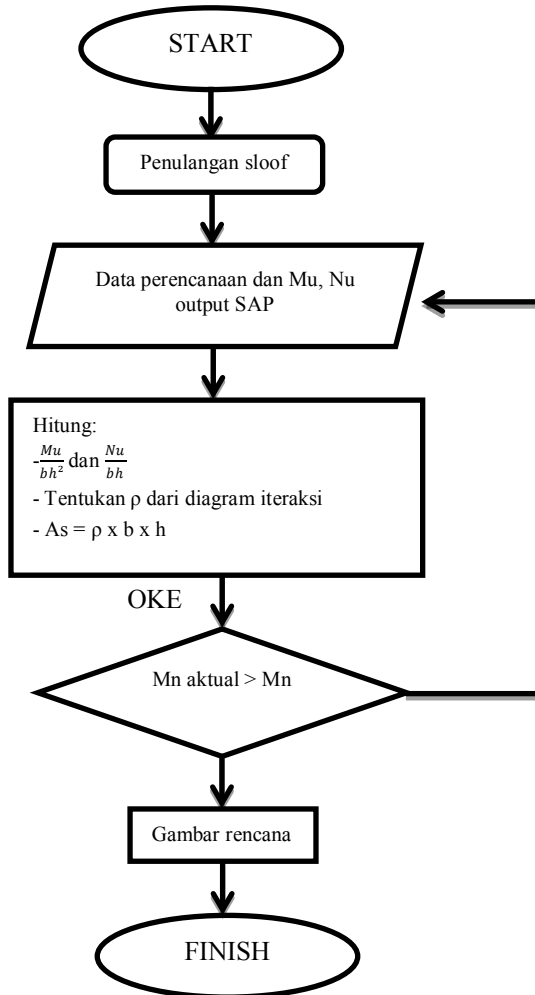
$$\frac{L_d}{d_b} = \frac{9 \times 400}{10 \sqrt{25}} \times \frac{1,0 \times 1,5 \times 1,0 \times 1,0}{2,5} = 43,2$$

$$L_d = 43,2 \times 22 = 950,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}f_s &= 60\% \times 400 \text{ MPa} \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.6.4)} \\ &= 240 \text{ MPa} \\ f_s > 0,5 f_y, L_d \text{ pakai} &= 1,3 L_d \\ &= 1,3 \times 950,4 \text{ mm} \\ &= 1235,52 \text{ mm} \\ &\approx 1300 \text{ mm} \\ &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 14.17.2.3)}\end{aligned}$$

4.8. PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH

4.8.1. Perhitungan Sloof



Gambar 4. 101 Diagram Alir Perencanaan 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 stabil.

Penulangan sloof berdasar pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Data-data perencanaan:

Dimensi sloof = 40/60

Bentang sloof = 7 m

Mutu beton (f_c') = 25 Mpa

Tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa

Tulangan geser (f_{ys}) = 240 Mpa

Diameter tul. Utama = D 22

Diameter tul. Geser = \emptyset 10

Spasi tulangan sejajar = 25 mm

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1)

Spasi tulangan lapis = 25 mm

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.2)

Tebal selimut = 50 mm

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1)

Faktor β_1 = 0,85

Φ Lentur = 0,8

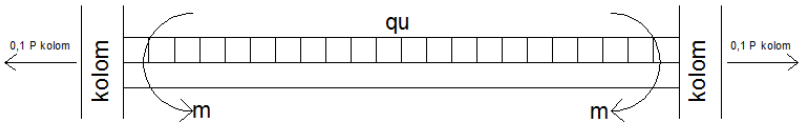
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)

Φ Geser = 0,75

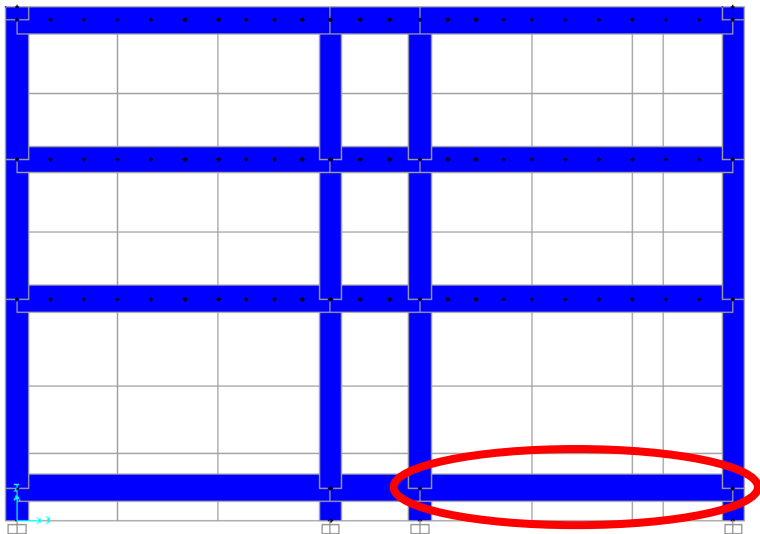
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)

Dalam contoh perhitungan perencanaan sloof ini diambil contoh untuk As 11 (C-D), sedangkan

perhitungan sloof lainnya disajikan dalam bentuk lampiran tabel.



Gambar 4. 102 Pembebanan pada sloof



Gambar 4. 103 Permodelan 2D balok sloof

➤ **Pembebanan sloof**

Gaya normal (N) pada sloof adalah 10% dari gaya aksial terbesar pada kolom . Atau gaya aksial yang terbesar diantara kedua kolom yang menjepit dikanan maupun kiri balok sloof.

Perhitungan momen *ultimate*

Untuk menentukan momen ultimate yang terjadi pada sloof maka digunakan Analisa Struktur SAP 2000. Dimana pada sloof dengan bentang 7 m didapat output momen *ultimate* maksimal dari kombinasi 1,2D+1L+1Ex.



Gambar 4. 104 Hasil Output SAP (M_u)

Sehingga:

$$\begin{aligned} M_n &= 183937400 \text{ Nmm} / 0,8 \text{ (faktor reduksi)} \\ &= 229921750 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan beban aksial kolom**

Beban aksial kolom diambil dari beban aksial terbesar dari kombinasi beban-beban pada SAP 2000 pada kedua kolom yang menjepit sloof.

$$\text{Beban aksial kolom kiri} = 780356,41 \text{ N}$$

$$\text{Beban aksial kolom kanan} = 721038,79 \text{ N}$$

Dari kedua beban aksial tersebut, diambil yang terbesar.

$$P = 780356,41 \text{ N}$$

Sehingga gaya normal yang terjadi pada sloof:

$$\begin{aligned} N &= 10\% \times P \text{ kolom} \\ &= 10\% \times 780356,41 \text{ N} \\ &= 78035,641 \text{ N} \end{aligned}$$

➤ **Penulangan lentur sloof**

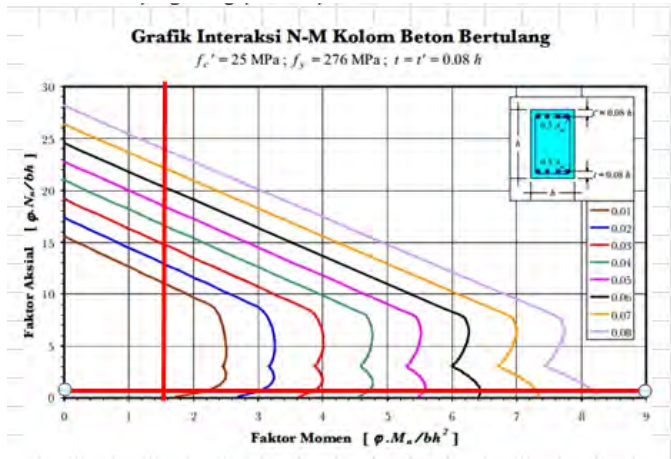
$$N_u = 78035,641 \text{ N}$$

$$M_n = 229921750 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \frac{M_n}{bh^2} &= \frac{229921750}{400 \times 600^2} \\ &= 1,597 \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{bh} = \frac{78035,641}{400 \times 600}$$

$$= 0,325$$



Gambar 4. 105 Diagram Interaksi untuk Sloof

Dari diagram interaksi diperoleh $\rho = 0,01$ sehingga didapat luas tulangan perlu:

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times h \\ &= 0,001 \times 400 \times 600 \\ &= 2400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur:

$$\begin{aligned} D - 22 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang:

$$\begin{aligned} N &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luasan tul.lentur}} \\ &= \frac{2400}{379,94} \\ &= 6,3 \\ &\approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= N \times \text{Luasan D lentur} \\ &= 8 \times 379,94 \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan pasangan atas:

$N = 4$ buah

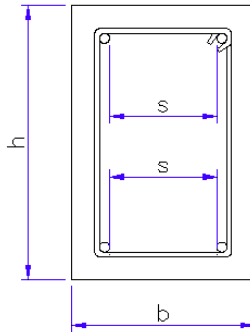
$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= N \times \text{Luasan D lentur} \\ &= 4 \times 379,94 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan pasangan bawah:

$N = 4$ buah

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= N \times \text{Luasan D lentur} \\ &= 4 \times 379,94 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek jarak spasi tulangan:



Gambar 4. 106 Jarak spasi tulangan sejajar dari penampang sloof

Spasi tulangan:

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \varnothing_{\text{geser}}) - (N - D_{\text{lentur}})}{N - 1} \\ &= \frac{400 - (2 \times 50) - (2 \times 10) - (4 \times 22)}{4 - 1} \\ &= 64 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Maka, tulangan lentur susun 1 lapis

Cek nominal pasang sloof:

- Tinggi sloof gaya tekan beton:

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

$$= \frac{(3039,5 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 400}$$

$$= 143,036 \text{ mm}$$

- Gaya tekan beton:

$$Cc' = 0,85 \times fc' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 400 \times 143,036$$

$$= 1215808 \text{ N}$$

- Momen nimal pasang:

$$M_n = Cc' \times (d - a/2)$$

$$= 1215808 \times (529 - 143,036/2)$$

$$= 556210132 \text{ Nmm}$$

- Syarat:

$$M_n \text{ pasang} \geq M_n \text{ perlu}$$

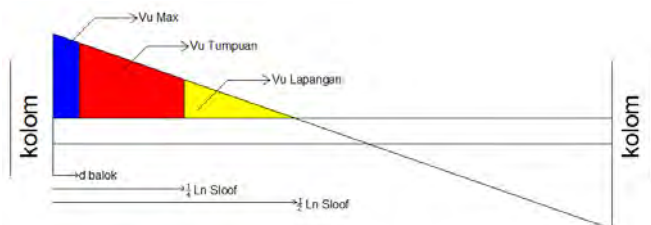
$$556210132 \text{ Nmm} \geq 229921750 \text{ Nmm (OK)}$$

Maka penulangan lentur sloof memenuhi.

➤ Penulangan geser sloof

Pembagian wilayah geser balok:

1. Wilayah tumpuan sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom (**SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2**)
2. Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok.



Gambar 4. 107 Diagram Geser pada Balok

Dari perhitungan tulangan lentur pada Sloof 40/60 As 11 (C-D), didapat:

Momen pasang tumpuan kiri (dipasang 4 D22)

- $$a = \frac{(As \text{ pasang} \times fy)}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{(1519,8 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 400}$$

$$= 71,518 \text{ mm}$$
- Gaya tekan beton:

$$Cc' = 0,85 \times fc' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 400 \times 71,518$$

$$= 607904 \text{ N}$$
- Momen nimal pasang:

$$Mn = Cc' \times (d - a/2)$$

$$= 607904 \times (529 - 71,518/2)$$

$$= 299843141 \text{ Nmm}$$

$Mn\text{-kiri} (Mnl) = 299843141,1 \text{ Nmm}$
(momen pasang)

Momen pasang tumpuan kanan (dipasang 4 D22)

- $$a = \frac{(As \text{ pasang} \times fy)}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{(1519,8 \times 400)}{0,85 \times 25 \times 400}$$

$$= 71,518 \text{ mm}$$
- Gaya tekan beton:

$$Cc' = 0,85 \times fc' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 25 \times 400 \times 71,518$$

$$= 607904 \text{ N}$$
- Momen nimal pasang:

$$Mn = Cc' \times (d - a/2)$$

$$= 607904 \times (529 - 71,518/2)$$

$$= 299843141 \text{ Nmm}$$

$Mn\text{-kanan} (Mnr) = 299843141,1 \text{ Nmm}$

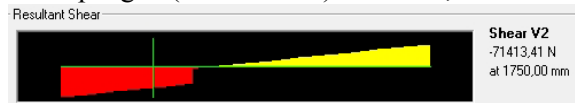
(momen pasang)

Dari hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2D+1L dari analisa SAP 2000 didapatkan gaya geser:

V_u Tumpuan ($1/2$ b kolom + d sloof) = 89993,24 N



V_u Lapangan ($1/4 L_n$ sloof) = 71413,41 N



Syarat kuat tekan beton:

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2.1)

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{f_c}{3}$$

$$\sqrt{25} \leq \frac{25}{3}$$

$$5 \leq 8,333 \text{ N/mm}^2$$

Kuat geser beton:

(SNI 03-2847-2002 psl 13.3.1.1)

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 1/6 \times \sqrt{25} \times 400 \times 529 \\ &= 881666,67 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser:

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= 1/3 \times b \times d \\ &= 1/3 \times 400 \times 529 \\ &= 70533,333 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 1/3 \times \sqrt{25} \times 400 \times 529 \\ &= 352666,667 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{S_{\max}} &= 2/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 2/3 \times \sqrt{25} \times 400 \times 529 \\ &= 705333,333 \text{ N} \end{aligned}$$

Wilayah tumpuan:

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{Mnl + Mnr}{Ln} + Vu \\
 &= \frac{299843141,1 + 299843141,1}{7000} + 89993,24 \\
 &= 175662,7089 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi:

- 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 : $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\min}})$
- Kondisi 4 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\max}})$
- Kondisi 5 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + 2V_{S_{\max}})$

Kontrol:

Kondisi 1

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

$$175662,709 \leq 0,5 \times 0,8 \times 881666,67$$

$$175662,709 \leq 330625$$

Tulangan geser:

$$\begin{aligned}
 V_{s(\min)} &= 1/3 \times b \times d \\
 &= 1/3 \times 400 \times 529 \\
 &= 70533,333 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Luas tulangan geser:

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{b \times s}{3 \times f_y} \\
 \frac{A_v}{s} &= \frac{b}{3 \times f_y} \\
 &= \frac{400}{3 \times 240} \\
 &= 0,5556 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah:

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= d/2 \leq 600 \text{ mm} \\
 &= 529/2 \\
 &= 264,5 \text{ mm atau } 600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki:

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 157 \text{ mm}^2$$

Maka didapat nilai:

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{\frac{A_v}{s}}$$

$$= \frac{157}{0,5556}$$

$$= 282,6 \text{ mm}$$

Cek spasi tulangan geser:

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Syarat penulangan geser SRPMM:

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2)

- $S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$
- $S_{\text{pakai}} \leq d/4$ pada daerah tumpuan
- $S_{\text{pakai}} \leq 8 D$ lentur
- $S_{\text{pakai}} \leq 24 \emptyset$ geser
- $S_{\text{pakai}} \leq 300 \text{ mm}$

Kontrol:

- $150 \text{ mm} \leq 282,6 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 132,25 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$

➔ Maka, dipasang $\emptyset 10$ -120 (dengan sengkang 2 kaki)

➔ Sengkang pertama dipasang $< 50 \text{ mm}$ dari muka kolom (SRPMM)

Wilayah lapangan:

$$V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

$$= \frac{299843141,1 + 299843141,1}{7000} + 71413,41$$

$$= 157082,878 \text{ N}$$

Cek kondisi:

- 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 : $\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\min}})$
- Kondisi 4 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + V_{S_{\max}})$
- Kondisi 5 : $\phi \times (V_c + V_{S_{\min}}) \leq V_u \leq \phi \times (V_c + 2V_{S_{\max}})$

Kontrol:

Kondisi 1

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

$$157082,879 \text{ N} \leq 0,5 \times 0,8 \times 881666,67$$

$$157082,879 \text{ N} \leq 330625 \text{ N}$$

Tulangan geser:

$$\begin{aligned} V_s(\min) &= 1/3 \times b \times d \\ &= 1/3 \times 400 \times 529 \\ &= 70533,333 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser:

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{b \times s}{3 \times f_y} \\ \frac{A_v}{s} &= \frac{b}{3 \times f_y} \\ &= \frac{400}{3 \times 240} \\ &= 0,5556 \text{ mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah:

$$\begin{aligned} S_{\max} &= d/2 \leq 600 \text{ mm} \\ &= 529/2 \\ &= 264,5 \text{ mm atau } 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki:

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka didapat nilai:

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{Av}{Av/s} \\ &= \frac{157}{0,5556} \\ &= 282,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek spasi tulangan geser:

Spakai = 150 mm

Syarat penulangan geser SRPMM:

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2)

- S pakai \leq S perlu
- S pakai \leq d/2 pada daerah lapangan
- S pakai \leq 8 D lentur
- S pakai \leq 24 \emptyset geser
- S pakai \leq 300 mm

Kontrol:

- 150 mm \leq 282,6 mm
- 150 mm \leq 264,5 mm
- 150 mm \leq 176 mm
- 150 mm \leq 240 mm
- 150 mm \leq 300 mm

➔ Maka, dipasang \emptyset 10-150 (dengan sengkang 2 kaki)

➤ **Panjang penyaluran tulangan:**

Tulangan kondisi tarik:

(SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.2)

$$\begin{aligned} \frac{\lambda_d}{d_b} &= \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} \\ \lambda_d &= \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda x d_b}{5 \sqrt{f_c'}} \geq 300 \end{aligned}$$

Dimana:

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 agregat (1)
(SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.4)

Maka:

$$\begin{aligned}\lambda_d &= \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda x d b}{5 \sqrt{f_c'}} \geq 300 \\ &= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 22}{5 \sqrt{25}} \geq 300 \\ &= 1584 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times \lambda_d \\ &= \frac{2400}{3039,52} \times 1584 \\ &= 1250,72 \text{ mm}\end{aligned}$$

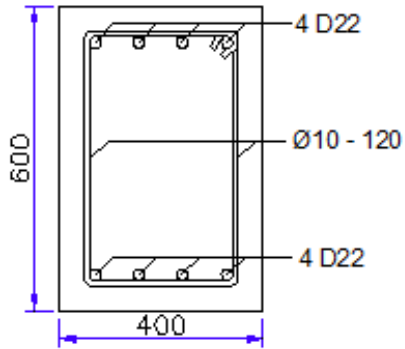
Jadi panjang penyaluran dipakai 1300 mm

➤ Panjang kait:

(PBB1 1971, Bab 8.2)

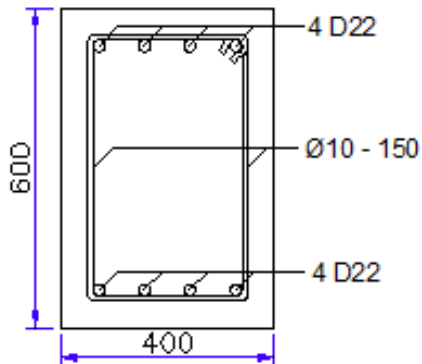
$$\begin{aligned}6d &= 6 \times 10 \\ &= 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Hasil akhir gambar perencanaan:
Tumpuan:



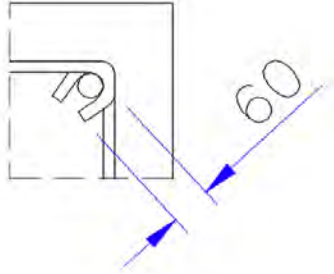
Gambar 4. 108 Gambar Penulangan Sloof (Tumpuan)

Lapangan:



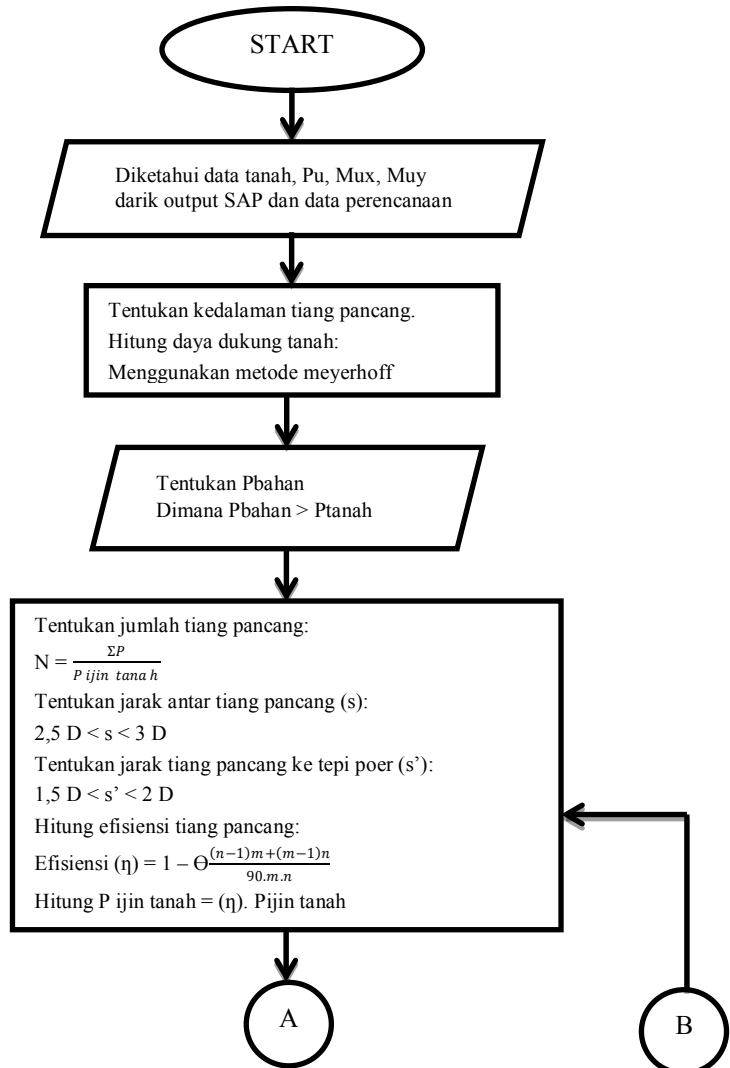
Gambar 4. 109 Gambar Penulangan Sloof (Lapangan)

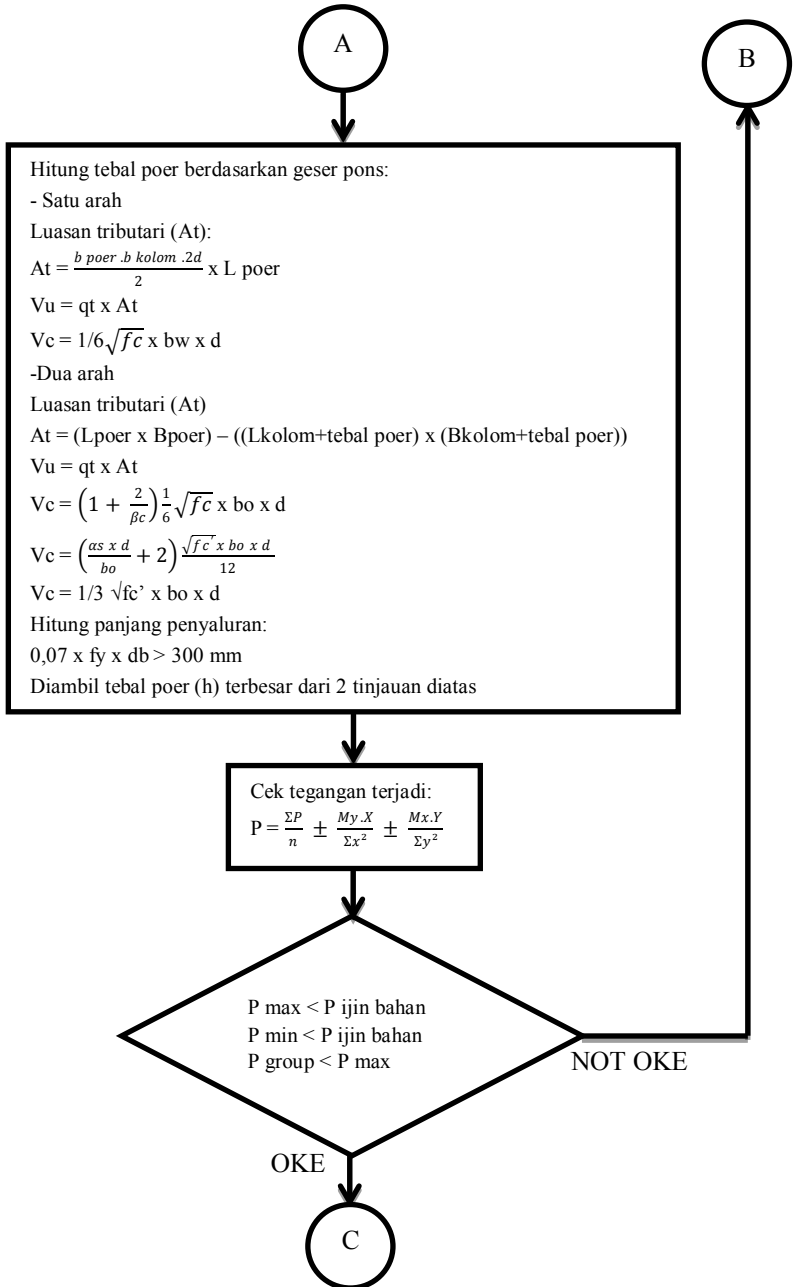
Panjang kait:

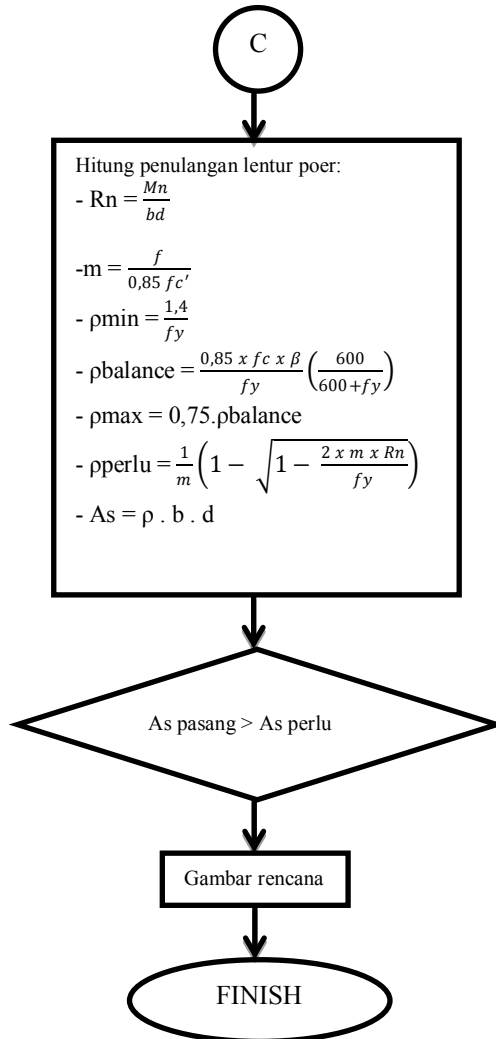


Gambar 4. 110 Gambar Penulangan Sloof (sejang)

4.8.2. Perhitungan Pondasi dan Poer







Gambar 4. 111 Diagram Alir Perencanaan Pondasi dan Poer

Pondasi termasuk struktur bawah pada suatu bangunan, walau tidak terlihat namun pondasi merupakan bagian terpenting dari bangunan. Fungsi pondasi adalah 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.

➤ Data perencanaan:

Kedalaman tiang pancang : 20 m
 Diameter tiang pancang : 30 cm = 300 mm

Keliling tiang pancang : $= \pi \times d$
 $= \pi \times 30 \text{ cm}$
 $= 94,2 \text{ cm}$

Luas tiang pancang : $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 30^2$
 $= 707 \text{ cm}^2$

Tebal selimut beton (poer) : 75 mm

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1.a)

Dimensi kolom b : 50 cm = 500 mm

h : 50 cm = 500 mm

Mutu beton poer f_c' : 25 Mpa

Mutu baja poer f_y : 400 Mpa

➤ Perhitungan daya dukung ijin

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT diperoleh dari nilai *conus* dan dalam perhitungannya menggunakan *Metode Mayerhoff*. Faktor keamanan $SF_1 = 3$. Dari data SPT kedalaman 15 m maka didapatkan daya dukung tiang (Q_u).

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

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

Dimana:

- Q_u = Daya dukung *ultimate* tiang (ton)
 Q_{ijin} = Daya dukung ijin tiang
 Q_p = Daya dukung ujung tiang
 Q_s = Daya dukung selimut tiang
 N = Nilai SPT pada ujung tiang
 N_{av} = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang
 A_p = Luas permukaan ujung tiang (m^2)
 SF = Angka keamanan (3)

➤ Kekuatan tanah dan kekuatan bahan

Nilai SPT pada ujung tiang:

$$N = 39 \text{ blow/feet}$$

Nav (Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang):

$$\begin{aligned}
 N_{av} &= \frac{5+8+9+11+20+32+35+39}{8} \\
 &= 19,9 \text{ blow/feet}
 \end{aligned}$$

Daya dukung ijin tiang:

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

Luas permukaan ujung tiang:

$$\begin{aligned}
 A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,3^2 \\
 &= 0,07 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas selimut tiang:

$$\begin{aligned}
 A_s &= \pi \times d \times l \\
 &= \pi \times 0,3 \times 20 \\
 &= 18,85 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Daya dukung *ultimate* tiang:

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= (40 \times N \times A_p) + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5} \right)
 \end{aligned}$$

$$= (40 \times 93,9 \times 0,07) + \left(\frac{19,9 \times 18,8}{5} \right)$$

$$= 185,197 \text{ Ton}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Qu}{Sf}$$

$$= \frac{185}{3}$$

$$= 61,7 \text{ Ton}$$

* Digunakan tiang pancang D = 300 mm, *Class* = A2

$Q_b = 72,6 \text{ Ton}$ (Tabel spesifikasi pancang)

$Q_b > Q_{ijin}$

$72,6 \text{ Ton} > 61,7 \text{ Ton}$

* Maka kekuatan tiang pancang yang digunakan berdasar kekuatan bahan = 61,7 Ton

- Perencanaan dimensi poer (kelompok tiang pancang)

Berdasarkan Output SAP 2000 pa da *joint* 11 diperoleh:

Akibat beban tetap (1DL + 1LL):

P = 92019,81 Kg

Mx = 186,236 Kgm

My = -120,913 Kgm

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1Ex):

P = 116324,2 Kg

Mx = 200,043 Kgm

My = 7226,856 Kgm

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1Ey):

P = 94098,29 Kg

Mx = 6791,792 Kgm

My = 50,888 Kgm

Menghitung kebutuhan tiang pancang:

$$* P_{\max} = 116,324 \text{ Ton}$$

$$* \text{Berat tiang pancang} = 0,133 \text{ Ton}$$

$$* P_{\text{ijin}} = 61,7 \text{ Ton}$$

$$N = \frac{P_{\max}}{P_{\text{ijin}}}$$

$$= \frac{116,324 + 0,133}{61,7}$$

$$= 1,89 \text{ buah}$$

$$\approx 2 \text{ buah}$$

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

Perhitungan jarak antar tiang pancang (s):

$$\begin{array}{lcl} 2,5 \times D & \leq & s \leq 3 \times D \\ 2,5 \times 30 & \leq & s \leq 3 \times 30 \\ 75 & \leq & s \leq 90 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Dipakai S} & = 80 \text{ cm} & = 0,8 \text{ m} \\ \text{Arah X} & = 80 \text{ cm} & = 0,8 \text{ m} \\ \text{Arah Y} & = 80 \text{ cm} & = 0,8 \text{ m} \end{array}$$

Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer (s')

$$\begin{array}{lcl} 1,5 \times D & \leq & s \leq 2 \times D \\ 1,5 \times 30 & \leq & s \leq 2 \times 30 \\ 45 & \leq & s \leq 60 \end{array}$$

$$\text{Dipakai S} = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

Perencanaan dimensi poer:

$$P = 1,8 \text{ m} = 1800 \text{ mm}$$

$$L = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

➤ Perencanaan tebal poer

$$\begin{aligned}
 qt &= \frac{P_{max}}{\text{luas poer}} \\
 &= \frac{116457,18}{1800 \times 1000} \\
 &= 0,06 \text{ kg/mm}^2 \\
 &= 0,65 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok 1 arah dan kerja balok 2 arah, ambil nilai d yang terbesar diantara keduanya). Untuk merencanakan tebal poer harus memnuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, dimana V_c diambil dari persamaan berikut:

Geser 1 Arah

Luas tributari *area* (A_t):

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{P_{poer} - b_{kolom} - 2d}{2} \times L_{poer} \\
 &= \frac{1800 - 500 - 2d}{2} \times 1000 \\
 &= 650 - d \times 1000 \\
 &= 650000 - 1000d
 \end{aligned}$$

Beban gaya geser (V_u):

$$\begin{aligned}
 V_u &= qt \times A_t \\
 &= 0,65 \times (650000 - 1000d) \\
 &= 420539,8 - 646,984d
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton (V_c):

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 03-2847-2002 psl.13.8.6)

Syarat:

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 420539,8 - 646,984d &\leq 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times 1800 \\
 &\times d \\
 420539,8 - 646,984d &\leq 1125 d
 \end{aligned}$$

$$420539,8 \leq 646,9843 d + 1125 d$$

$$420539,8 \leq 1771,984 d$$

$$237,327 \leq d$$

$$d \leq 237 \text{ mm}$$

Geser 2 arah

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 13.12.(2) poin (a), poin (b), dan poin (c). Untuk perencanaan pelat atau pondasi telapak aksi 2 arah, untuk beton non-prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

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

Dimana:

β_c = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$= \frac{500}{500}$$

$$= 1$$

b_o = Keliling dari penampang kritis

$$= (2 \times (500 + 500)) + 4d$$

$$= 2000 + 4d$$

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

Dimana:

α_s = 40 untuk kolom dalam

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

Luas tributari *area* (A_t):

A_t = (P poer x L poer) - ((B kolom + t poer) x (H kolom + t poer))

$$= (1800 \times 1000) - ((500 + d) \times (500 + d))$$

$$= (1800000) - (250000 + 1000d + d^2)$$

$$= 1800000 - 250000 - 1000d - d^2$$

$$= 1550000 - 1000d - d^2$$

Beban gaya geser (V_u):

$$\begin{aligned} V_u &= qt \times At \\ &= 0,65 \times (1550000 - 1000d - d^2) \\ &= 1002826 - 646,984d - 0,65d^2 \end{aligned}$$

Persamaan 1 (SNI 03-2847-2002, pasal 13.12.(2) poin (a))

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{25} \times (2000 + 4d) \times d \\ &= 2,5 \times (2000 + 4d) \times d \\ &= 2,5 \times (2000d + 4d^2) \\ &= 5000d + 10d^2 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} V_c &\geq V_u \\ 5000d + 10d^2 &\geq 1002826 - 646,9843d - 0,65d^2 \\ 10d^2 + 0,65d^2 + 5000d + 646,9843d - 1002826 &\geq 0 \\ 10,6d^2 + 5646,984d - 1002826 &\geq 0 \\ d^2 + 530,383d - 94188,71 &\geq 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{1,2} &\geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ d_{1,2} &\geq \frac{-530,383 \pm \sqrt{530,383^2 - (4 \times 1 \times (-94188,71))}}{2 \times 1} \\ d_{1,2} &\geq -265 \pm 405,60493 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &\geq -265 - 405,60493 \\ d_1 &\geq -671 \text{ mm} \\ d_2 &\geq -265 + 405,60493 \\ d_2 &\geq 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi:

$$d_2 \geq 140 \text{ mm}$$

Persamaan 2 (SNI 03-2847-2002, pasal 13.12.(2) poin (b))

$$\begin{aligned} V_c &= \left(\frac{\alpha_s x d}{b_o} + 2 \right) \left(\frac{\sqrt{f_c} x b_o x d}{12} \right) \\ &= \left(\frac{40 d}{2000 + 4d} + 2 \right) \left(\frac{\sqrt{25} x (2000 + 4d x d)}{12} \right) \\ &= \left(\frac{40 d + 8 d + 4000}{2000 + 4d} \right) \left(\frac{\sqrt{25} x (2000 + 4d x d)}{12} \right) \\ &= (40d + 8d + 4000) \left(\frac{\sqrt{25} d}{12} \right) \\ &= (48d + 4000) x 0,42d \\ &= 20d^2 + 1666,667d \end{aligned}$$

Syarat:

$$V_c \geq V_u$$

$$20d^2 + 1666,667d \geq 1002826 - 646,9843d - 0,65d^2$$

$$20d^2 + 0,65d^2 + 1666,667d + 646,9843d - 1002826 \geq 0$$

$$20,6d^2 + 2313,651d - 1002826 \geq 0$$

$$d^2 + 112,0576d - 48570,82 \geq 0$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-112,0576 \pm \sqrt{112,0576^2 - (4 \times 1 \times (-48570,82))}}{2 \times 1}$$

$$d_{1,2} \geq -56 \pm 227,3968$$

$$d_1 \geq -56 - 227,3968$$

$$d_1 \geq -283 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq -265 + 227,3968$$

$$d_2 \geq 171 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi:

$$d_2 \geq 171 \text{ mm}$$

Persamaan 3 (SNI 03-2847-2002, pasal 13.12.(2)
poin (c))

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} x b_o x d \\
 &= \frac{1}{3} \sqrt{25} x (2000 + 4d) x d \\
 &= 1,67 x (2000 + 4d) x d \\
 &= (6,67 + 3333) x d \\
 &= 6,67d^2 + 3333,333d
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 V_c &\geq V_u \\
 6,67d^2 + 3333,333d &\geq 1002826 - 646,9843d - 0,65d^2 \\
 6,67d^2 + 0,65d^2 + 3333,333d + 646,9843d - 1002826 &\geq 0 \\
 7,31d^2 + 3980,318d - 1002826 &\geq 0 \\
 d^2 + 544,2313d - 137116,98 &\geq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{1,2} &\geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 d_{1,2} &\geq \frac{-544,2313 \pm \sqrt{544,2313^2 - (4 \times 1 \times (-137116,98))}}{2 \times 1} \\
 d_{1,2} &\geq -272 \pm 459,5257 \\
 d_1 &\geq -272 - 459,5257 \\
 d_1 &\geq -732 \text{ mm} \\
 d_2 &\geq -265 + 459,5257 \\
 d_2 &\geq 187 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi:

$$d_2 \geq 187 \text{ mm}$$

* Dari geser 1 arah dan 2 arah, maka didapat nilai = 237 mm

$$\text{Dipakai } d = 237 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } h = \text{tebal selimut} + D \text{ tul. poer} + \frac{1}{2}$$

$$D \text{ tul. lemtur} + d \text{ rencana}$$

$$\begin{aligned}
 &= 75 + 19 + 8,5 + 237 \\
 &= 341 \text{ mm} \\
 &\approx 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek terhadap panjang penyaluran kolom

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,07 \times f_y \times d_b$ untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

(SNI 03-2847-2002psl. 14.16.1)

$$0,07 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \times 400 \times 19 \geq 300 \text{ mm}$$

$$532 \geq 300 \text{ mm}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas kait.

(SNI 03-2847-2002psl. 14.16.1)

$$\begin{aligned}
 L &= 12d_b \\
 &= 12 \times 19 \text{ mm} \\
 &= 228 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{d_{\text{vertikal}}} &= 532 \text{ mm} - 228 \text{ mm} \\
 &= 304 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$h > L_d$$

$$400 \text{ mm} > 304 \text{ mm}$$

* Maka dipakai tebal poer (h) = 400 mm

- Perhitungan daya dukung tiang dalam kelompok:
Berdasarkan Output SAP 2000 pa da *joint* 11 diperoleh:

Akibat beban tetap (1DL + 1LL):

$$P = 92019,81 \text{ Kg}$$

$$M_x = 186,236 \text{ Kgm}$$

$$M_y = -120,913 \text{ Kgm}$$

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1Ex):

$$\begin{aligned} P &= 116324,2 \text{ Kg} \\ M_x &= 200,043 \text{ Kgm} \\ M_y &= 7226,856 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1Ey):

$$\begin{aligned} P &= 94098,29 \text{ Kg} \\ M_x &= 6791,792 \text{ Kgm} \\ M_y &= 50,888 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Perencanaan akibat beban tetap (1DL + 1LL):

$$\begin{aligned} P &= 92019,81 \text{ Kg} \\ M_x &= 186,236 \text{ Kgm} \\ M_y &= -120,913 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

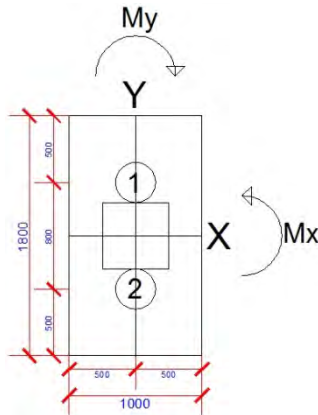
Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap:

$$\begin{aligned} * \text{ Berat sendiri poer: } & 1,8 \times 1 \times 0,4 \times 2400 = 1728 \\ & \text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * P_{\max} &= 92019,81 \text{ kg} \\ \Sigma p &= 93747,81 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{\Sigma p}{P_{\text{ijin}}} \\ &= \frac{93747,81}{61732} \\ &= 1,52 \\ &\approx 2 \end{aligned}$$

Gambar arah gaya pada poer akibat beban tetap:



Gambar 4. 112 Penampang Poer akibat Beban Tetap

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial:

Tabel perhitungan jarak X

	X (m)	X ²
X1	0	0
X2	0	0
Σ	0	0

Tabel perhitungan jarak Y

	X (m)	X ²
X1	0,4	0,16
X2	0,4	0,16
Σ	0,8	0,32

Gaya yang dipikul tiang pancang:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\Sigma p \pm \frac{M_y \cdot X}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2}}{N} \\
 P1 &= \frac{93747,81}{2} - \frac{-120,913 \times 0}{0} - \frac{186,236 \times 0,4}{0,32} \\
 &= 46641,11 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$P_2 = \frac{93747,81}{2} + \frac{-120,913 \times 0}{0} + \frac{186,236 \times 0,4}{0,32}$$

$$= 47106,7 \text{ Kg}$$

$$P_{\min} = 46641,11 \text{ Kg}$$

$$P_{\max} = 47106,7 \text{ Kg}$$

Kontrol P:

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

$$47106,7 \text{ kg} < 61732 \text{ kg (OKE)}$$

* Karena nilai $x = 0$ (jarak tiang pancang ke sumbu $y = 0$) maka pengaruh akibat momen x langsung dipikul oleh tiang pancang itu sendiri (dimana momen yang terjadi (M_y) tidak boleh melebihi momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang (pada spesifikasi tiang pancang)).

Dimana:

$$M_y = -120,913 \text{ Kgm}$$

$$M_r = \frac{M_y}{\frac{\text{Jumlah } h \text{ tiang pancang}}{2}}$$

$$= \frac{120,913}{2}$$

$$= 60,4565 \text{ Kgm}$$

Syarat:

$M_r < M_u$ (Momen ijin tiang pada spesifikasi tiang pancang)

$$60,4565 \text{ Kgm} < 7500 \text{ Kgm (OKE)}$$

* Dari perhitungan diatas maka poer dengan jumlah pancang 2 buah, diameter 30 c m, kedalaman 15 m telah mencukupi untuk menahan gaya akibat beban tetap (1DL + 1LL)

Perencanaan akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1Ex):

$$P = 116324,2 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} M_x &= 200,043 \text{ Kgm} \\ M_y &= 7226,856 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

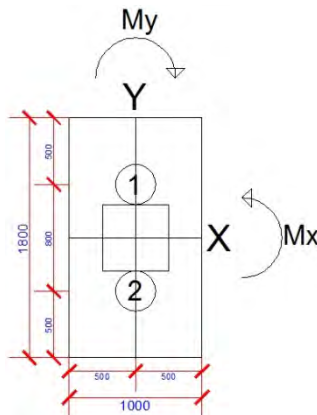
Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap:

$$\text{* Berat sendiri poer: } 1,8 \times 1 \times 0,4 \times 2400 = 1728 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{* } P_{\text{max}} &= 116324,2 \text{ kg} \\ \Sigma p &= 118052,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{\Sigma p}{P_{\text{ijin}}} \\ &= \frac{118052,2}{61732} \\ &= 1,91 \\ &\approx 2 \end{aligned}$$

Gambar arah gaya pada poer akibat beban sementara:



Gambar 4. 113 Penampang Poer akibat Beban Sementara

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial:

Tabel perhitungan jarak X

	X (m)	X ²
X1	0	0
X2	0	0
Σ	0	0

Tabel perhitungan jarak Y

	X (m)	X ²
X1	0,4	0,16
X2	0,4	0,16
Σ	0,8	0,32

Gaya yang dipikul tiang pancang:

$$P = \frac{\Sigma p}{N} \pm \frac{My \cdot X}{\Sigma x^2} \pm \frac{My \cdot Y}{\Sigma y^2}$$

$$P1 = \frac{118052,2}{2} - \frac{7226,856 \times 0}{0} - \frac{200,043 \times 0,4}{0,32}$$

$$= 58776,04 \text{ Kg}$$

$$P2 = \frac{118052,2}{2} + \frac{7226,856 \times 0}{0} + \frac{200,043 \times 0,4}{0,32}$$

$$= 59276,14 \text{ Kg}$$

$$P_{\min} = 58776,04 \text{ Kg}$$

$$P_{\max} = 59276,14 \text{ Kg}$$

Kontrol P:

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

* Merujuk PPIUG 1983 pasal 1.2.(2), untuk daya dukung pondasi pada tanah sedang akibat beban sementara dinaikkan 30%

$$P_{\max} = 59276,14 \text{ Kg} < 1,3 \times P_{\text{ijin}}$$

$$= 59276,14 \text{ Kg} < 1,3 \times 61732,3 \text{ kg}$$

$$= 59276,14 \text{ Kg} < 80251 \text{ Kg (OKE)}$$

* Karena nilai $x = 0$ (jarak tiang pancang ke sumbu $y = 0$) maka pengaruh akibat momen x langsung dipikul oleh tiang pancang itu sendiri (dimana momen yang terjadi (M_y) tidak boleh melebihi momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang (pada spesifikasi tiang pancang)).

Dimana:

$$\begin{aligned} M_y &= 7226,856 \text{ Kgm} \\ M_r &= \frac{M_y}{\text{Jumlah tiang pancang}} \\ &= \frac{7226,856}{2} \\ &= 3613,428 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Syarat:

$M_r < M_u$ (Momen ijin tiang pada spesifikasi tiang pancang)

$$3613,428 \text{ Kgm} < 3750 \text{ Kgm (OKE)}$$

* Dari perhitungan diatas maka poer dengan jumlah pancang 2 buah, diameter 30 cm, kedalaman 20 m telah mencukupi untuk menahan gaya akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1Ex)

Perencanaan akibat beban sementara (1DL + 1LL + 1Ey):

$$\begin{aligned} P &= 94098,29 \text{ Kg} \\ M_x &= 6791,792 \text{ Kgm} \\ M_y &= 50,888 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap:

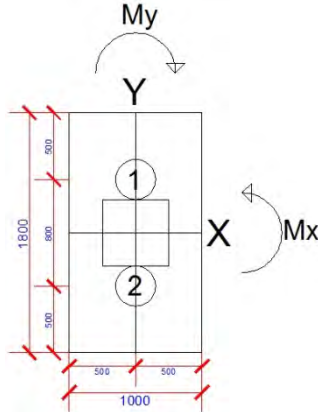
* Berat sendiri poer: $1,8 \times 1 \times 0,4 \times 2400 = 1728$ kg

$$\begin{aligned} * P_{\text{max}} &= 94098,29 \text{ kg} \\ \Sigma p &= 95826,29 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$N = \frac{\Sigma p}{P_{\text{ijin}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{95826,29}{61732,3} \\
 &= 1,55 \\
 &\approx 2
 \end{aligned}$$

Gambar arah gaya pada poer akibat beban tetap:



Gambar 4. 114 Penampang Poer akibat Beban Tetap

Kontrol tegangan yang terjadi akibat momen dan aksial:

Tabel perhitungan jarak X

	X (m)	X ²
X1	0	0
X2	0	0
Σ	0	0

Tabel perhitungan jarak Y

	X (m)	X ²
X1	0,4	0,16
X2	0,4	0,16
Σ	0,8	0,32

Gaya yang dipikul tiang pancang:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\Sigma p \pm My.X \pm My.Y}{N \pm \Sigma x^2 \pm \Sigma y^2} \\
 P1 &= \frac{95826,29}{2} - \frac{50,88 \times 0}{0} - \frac{6791,792 \times 0,4}{0,32} \\
 &= 39423,41 \text{ Kg} \\
 P2 &= \frac{95826,29}{2} + \frac{50,88 \times 0}{0} + \frac{6791,792 \times 0,4}{0,32} \\
 &= 56402,89 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$P_{\min} = 39423,41 \text{ Kg}$$

$$P_{\max} = 56402,89 \text{ Kg}$$

Kontrol P:

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

* Merujuk PPIUG 1983 pasal 1.2.(2), untuk daya dukung pondasi pada tanah sedang akibat beban sementara dinaikkan 30%

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 56402,89 \text{ Kg} < 1,3 \times P_{\text{ijin}} \\
 &= 56402,89 \text{ Kg} < 1,3 \times 61732 \text{ kg} \\
 &= 56402,89 \text{ Kg} < 80251 \text{ Kg} \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

* Karena nilai $x = 0$ (jarak tiang pancang ke sumbu $y = 0$) maka pengaruh akibat momen x langsung dipikul oleh tiang pancang itu sendiri (dimana momen yang terjadi (M_y) tidak boleh melebihi momen yang mampu dipikul oleh tiang pancang (pada spesifikasi tiang pancang)).

Dimana:

$$\begin{aligned}
 M_y &= 50,88 \text{ Kgm} \\
 M_r &= \frac{M_y}{\text{Jumlah tiang pancang}} \\
 &= \frac{50,88}{2} \\
 &= 25,444 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$M_r < M_u$ (Momen ijin tiang pada spesifikasi tiang pancang)

$$25,444 \text{ Kgm} < 7500 \text{ Kgm} \text{ (OKE)}$$

* Dari perhitungan diatas maka poer dengan jumlah pancang 2 buah, diameter 30 c m, kedalaman 20 m telah mencukupi untuk menahan gaya akibat beban tetap (1DL + 1LL + 1Ey)

- Kelompok tiang pancang perhitungan daya dukung pile berdasarkan metode AASHTO.

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right)$$

Dimana:

$$m = \text{banyak kolom} = 2$$

$$n = \text{banyak baris} = 1$$

$$D = \text{diameter tiang pancang}$$

$$s = \text{jarak antar As tiang pancang}$$

$$\Theta = \text{arc tg } D/s$$

$$= \text{arc tg } 30/80$$

$$= 20,6$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - \theta \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right) \\ &= 1 - 20,56 \left(\frac{(1-1)2 + (2-1)1}{90 \times 2 \times 1} \right) \\ &= 0,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ group tiang} &= \eta \times 1,3 P \text{ ijin} \geq P \text{ max} \\ &= 0,89 \times 1,3 \times 61732,3 \geq \\ &= 59276,14 \text{ Kg} \\ &= 71085,42 \text{ Kg} \geq 59276,14 \text{ Kg} \end{aligned}$$

➔ Tidak terjadi cabutan

- Perencanaan tulangan lentur poer

Data perencanaan:

$$\text{Dimensi poer} \quad P : 1,8 \text{ m}$$

$$L : 1 \text{ m}$$

$$H : 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tiang pancang} \quad : 2 \text{ buah}$$

$$\text{Dimensi kolom} \quad b : 0,5 \text{ m}$$

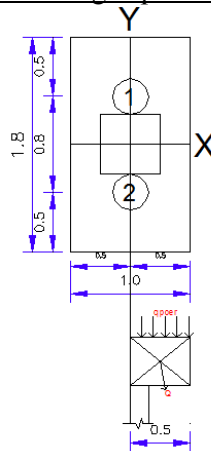
$$h : 0,5 \text{ m}$$

Mutu beton (f_c')	: 25 Mpa
Mutu baja (f_y)	: 400 Mpa
Diameter tulangan utama	: D-19 mm
Selimut beton (p)	: 75 mm

(SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1.a)

$$\begin{aligned} \Phi &= 0,8 \\ dx &= h - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} D \text{ tulangan lentur} \\ &= 400 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 9,5 \text{ mm} \\ &= 316 \text{ mm} \\ dy &= h - \text{selimut beton} - D \text{ tul. lentur} - \frac{1}{2} D \\ \text{tul. Lentur} \\ &= 400 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - 9,5 \text{ mm} \\ &= 297 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan poer arah sumbu X



Gambar 4. 115 Mekanika Penulangan Poer arah X

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut:

Pembebanan yang terjadi pada poer:

$$q_u = \text{berat poer}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 960 \text{ kg/m} \\
 Q &= 0,5 \times q_u \times l \\
 &= 0,5 \times 960 \text{ kg/m} \times 1 \text{ m} \\
 &= 480 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada poer:

$$\begin{aligned}
 Mu &= Q \times \frac{1}{2} L \\
 &= 480 \text{ kg} \times \frac{1}{2} \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 120 \text{ Kgm} \\
 &= 1200000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 16.8.3)} \\
 &= \frac{1200000}{0,8} \\
 &= 1500000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \times dx^2} \\
 &= \frac{1500000}{1000 \times 316^2} \\
 &= 0,015
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fc} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 25} \\
 &= 18,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,8} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8 \times 0,01}{400}} \right) \\
 &= 0,000038
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times fc' \times \beta}{fy} \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \\ \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho \text{ balance} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 0,027 \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,000038 < 0,02 \end{aligned}$$

*Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min} .

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 316 \\ &= 1104,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As. Tul.} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N.tul.psg.} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tul.}} \\ &= \frac{1104,25}{284} \\ &= 3,89 \end{aligned}$$

$$\approx 5 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{As. Psg.} &= \text{N} \times \text{As. Tul.} \\ &= 5 \times 284 \\ &= 1417,644 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan:

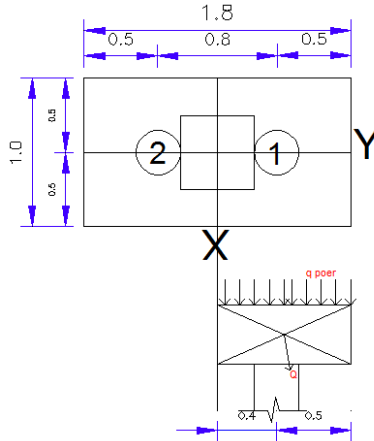
$$\begin{aligned} S &= \frac{b - (2 \times \text{selimut})}{(n-1)} \\ &= \frac{1000 - (2 \times 75)}{(5-1)} \end{aligned}$$

= 213 mm

* Jadi dipasang 5 D19

* Jarak 200 mm

Penulangan poer arah sumbu Y



Gambar 4. 116 Mekanika Penulangan Poer arah Y

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut:

Pembebanan yang terjadi pada poer:

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} \\ &= 1,8 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1728 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,5 \times q_u \times l \\ &= 0,5 \times 1728 \text{ kg/m} \times 1,8 \text{ m} \\ &= 1555 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{beban tiang dari bawah (max)} \\ &= 59276,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada poer:

$$M_u = M_q - M_p$$

$$\begin{aligned}
 &= (Q \times \frac{1}{2}(0,5 + 0,4)) - (P \times \text{jarak As tiang ke As kolom}) \\
 &= (1555,2 \text{ kg} \times 0,45 \text{ m}) - (59276,14 \text{ kg} \times 0,4 \text{ m}) \\
 &= -23010,62 \text{ Kgm} \\
 &= 230106175 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 16.8.3)} \\
 &= \frac{230106175}{0,8} \\
 &= 287632718,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d x^2} \\
 &= \frac{287632718,8}{1000 \times 297^2} \\
 &= 1,81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 25} \\
 &= 18,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,8} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8 \times 1,81}{400}} \right) \\
 &= 0,0047
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 10.4.3)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,027
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1)}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

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

(SNI 03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$= 0,02$$

Syarat:

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0047 < 0,02$$

*Pakai ρ_{perlu}

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

$$= 0,0047 \times 1000 \times 297$$

$$= 2538,91 \text{ mm}^2$$

$$\text{As. Tul.} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2$$

$$= 284 \text{ mm}^2$$

$$\text{N.tul.psg.} = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tul.}}$$

$$= \frac{2538,91}{284}$$

$$= 8,95$$

$$\approx 10 \text{ buah}$$

$$\text{As. Psg.} = N \times \text{As. Tul.}$$

$$= 10 \times 284$$

$$= 2835,287 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan:

$$S = \frac{b - (2 \times \text{selimut})}{(n - 1)}$$

$$= \frac{1000 - (2 \times 75)}{(10 - 1)}$$

$$= 200 \text{ mm}$$

* Jadi dipasang 10 D19

* Jarak 200 mm

- Panjang penyaluran
 Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,07 \times f_y \times d_b$ untuk $f_y =$

400 Mpa atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.16.1)

$$\begin{aligned} L_d &= 0,07 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm} \\ &= 0,07 \times 400 \times 19 \geq 300 \text{ mm} \\ &= 532 \geq 300 \text{ m} \end{aligned}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12db pada ujung bebas kait.

(SNI 03-2847-2002psl. 14.16.1)

$$\begin{aligned} L &= 12d_b \\ &= 12 \times 19 \text{ mm} \\ &= 228 \text{ mm} \end{aligned}$$

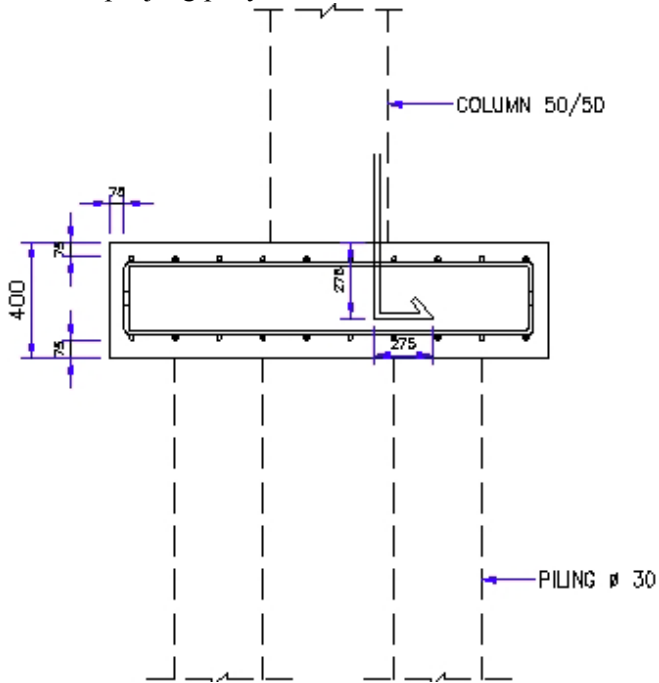
$$L = 275 \text{ mm}$$

* Jadi panjang sambungan lewatan

$$\begin{aligned} &= L_d - L \\ &= 532 - 275 \\ &= 257 \text{ mm} \\ &= 275 \text{ mm} \end{aligned}$$

* Jadi panjang kaitan = L

➤ Gambar panjang penyaluran:



Gambar 4. 117 Panjang Penyaluran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil keseluruhan perhitungan Perencanaan Struktur Bangunan Gedung *Mess* Atlet – *Office* B Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah. Diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Struktur Pelat Lantai

- Tebal Pelat : 120 mm
- Tumpuan Arah 1-1 : Ø10 – 140 mm
- Tumpuan Arah 2-2 : Ø10 – 150 mm
- Lapangan Arah 1-1 : Ø10 – 140 mm
- Lapangan Arah 2-2 : Ø10 – 150 mm
- Tulangan Susut : Ø8 – 250 mm

2. Struktur Pelat Tangga dan Bordes

Pelat Tangga

- Tebal Pelat Tangga : 150 mm
- Tumpuan Arah 1-1 : D14 – 100 mm
- Tumpuan Arah 2-2 : D14 – 170 mm
- Tulangan Susut : Ø8 – 200 mm

Pelat Bordes

- Tebal Pelat Bordes : 150 mm
- Tumpuan Arah 1-1 : D14 – 120 mm
- Tumpuan Arah 2-2 : D14 – 150 mm
- Tulangan Susut : Ø 8 – 200 mm

3. Struktur Atap Baja

- Profil Gording : C 100.50.5.7,5
- Penggantung Gording : ø8 mm
- Ikatan Angin : ø12 mm
- Profil Kuda – Kuda : WF 200.100.5,5.8
- Kolom Pendek Baja : WF 250.250.11.11
- Pelat Landas : 400 x 400 x 20

4. Struktur Balok

Balok Bordes

- Dimensi Balok Bordes : 30 cm x 40 cm
- Tulangan Torsi : 2 D 16 mm
- Tulangan Lentur Tumpuan
 - Tarik : 4 D 16 mm
 - Tekan : 2 D 16 mm
- Tulangan Lapangan
 - Tarik : 3 D 16 mm
 - Tekan : 2 D 16 mm
- Tulangan Geser Tumpuan : D10 – 80 mm
- Tulangan Geser Lapangan : D10 – 120 mm

Balok Induk B1

- Dimensi Balok Induk : 40 cm x 60 cm
- Tulangan Torsi : 2 D 19 mm
- Tulangan Lentur Tumpuan
 - Tarik : 7 D 19 mm
 - Tekan : 3 D 19 mm
- Tulangan Lentur Lapangan
 - Tarik : 4 D 19 mm
 - Tekan : 2 D 19 mm
- Tulangan Geser Tumpuan : Ø10 – 130 mm
- Tulangan Geser Lapangan : Ø10 – 150 mm

5. Struktur Kolom

- Dimensi Kolom (K1) : 50 cm x 50 cm
- Tulangan Lentur : 16 D 22 mm
- Tulangan Geser : D10 – 150 mm
- Panjang Penyaluran : 1200 mm

6. Struktur Sloof

- Dimensi Sloof (S1) : 40 cm x 60 cm
- Tulangan Torsi : 2 D 16 mm
- Tulangan Lentur Tumpuan

- | | |
|----------------------------|----------------|
| Tarik | : 4 D 22 mm |
| Tekan | : 4 D 22 mm |
| - Tulangan Lentur Lapangan | |
| Tarik | : 4 D 22 mm |
| Tekan | : 4 D 22 mm |
| - Tulangan Geser Tumpuan | : Ø10 – 120 mm |
| - Tulangan Geser Lapangan | : Ø10 – 150 mm |
| - Panjang Penyaluran | : 1300 mm |
| - Panjang Kait | : 60 mm |

7. Struktur Pondasi

Pondasi Tipe P1

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| - Kedalaman Tiang Pancang | : 20 m |
| - Diameter Tiang Pancang | : 30 cm |
| - Dimensi Poer | : 1,8 m x 1 m x 0,4 m |
| - Tulangan Poer Arah X | : 5 D19 – 200 mm |
| - Tulangan Poer Arah Y | : 10 D19 – 200 mm |

5.2. SARAN

Perlu dilakukan studi lebih lanjut dan mendalam untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dengan mempertimbangkan aspek teknis, nilai ekonomis dan estetika, sehingga hasil dari perbandingan yang telah dilakukan akan menjadi semakin lengkap. Tanpa mengurangi aspek teknis (kekuatan), nilai ekonomis dapat ditekan dengan memperhatikan prosentase antara luas penampang beton dengan luas penampang tulangan terpasang ($\rho_{maks} > \rho > \rho_{min}$). Apabila syarat prosentase belum dipenuhi maka perlu adanya perbaikan pada saat preliminary design.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta: BSN, 2012.

Badan Standardisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Bandung: BSN, 2002.

Departemen Pekerjaan Umum. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG)*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983.

Departemen Pekerjaan Umum. *Tata Cara Perencanaan Baja untuk Bangunan Gedung (03-1729-2002)*. Jakarta: BSN, 2002.

Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1979.

Setiawan, Agus. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga, 2008.

Umum, Kementrian Pekerjaan. *PETA HAZARD GEMPA INDONESIA 2010 s ebagai acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum, 2010.

Wang, Chu Kia, Charles G Salmon, dan Binsar Hariandja. *Disain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid I*. Jakarta: Erlangga, 1992.

Wang, Chu Kia, Charles G Salmon, dan Binsar Hariandja. *Disain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 2*. Jakarta: Erlangga, 1992.

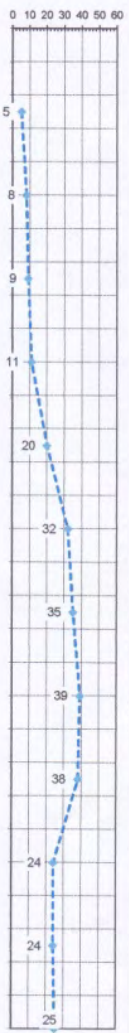
DAFTAR LAMPIRAN

- A. Data Tanah
- B. Spesifikasi Tiang Pancang

DRILLING LOG

Project No. : 1	Project : DEID Rehab Sal. Sumberjaya dan Kali Lamo Type of Drilling : Rotary	
Bore Hole No. : I	Lokasi : STA 0+000	Date : 28-Apr-14
Water Table : - 3.00	Elevation : ± 0,0 (muka tanah setempat)	Driller : Dasuki

Scale in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Legend	Description & Colour	Relative Density for Constancy	Standard Penetration Test						
							Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30	Blows per each 15 cm			N - Value
							15 cm	15 cm	15 cm				
0	0.00												
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14	-14.00	14.00			Lempung berlanau Coklat	Medium s/d Stiff	2.5	SPT-1	5	2	2	3	5
15							4.8	UD-1					
16							5.0	SPT-2	8	2	3	5	8
17							5.5	SPT-3	9	2	3	6	9
18							7.5	UD-2					
19							8.0	SPT-4	11	2	4	7	11
20							9.5	SPT-5	20	5	9	11	20
21	-17.00	3.00			Lempung berlanau berpasir berkerkil Coklat	Hard	12.5	UD-3					
22							14.5	SPT-6	32	6	16	16	32
23							15.5	SPT-7	35	9	16	19	35
24					Lanau berpasir berkerkil Coklat	Dense	17.5	UD-4					
25							18.0	SPT-8	39	12	16	24	39
26	-20.00	3.00					19.5	SPT-9	38	10	16	22	38
27							22.5	UD-5					
28							23.0	SPT-10	24	8	12	12	24
29							24.5	SPT-11	24	9	12	12	24
30							25.5	UD-6					
31							26.0	SPT-12	25	8	12	13	25
32	-30.00	10.00			Lempung berlanau Abu-abu	Very Stiff s/d Hard	26.5						



PC SPUN PILE

Description

Type of piles : Prestressed Concrete Spun Piles
 Splice system : Welded at steel joint plate
 Type of shoe : Pencil (Standard Product)
 Mamira (Special Design)
 Method of Driving : Diesel or Hydraulic Hammer

Classification

Outside Diameter (D) (mm)	Wall Thickness (t) (mm)	Class	Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
					Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	2.50	3.75	72.60
		A3			3.00	4.50	70.75
		B			3.50	6.30	67.50
		C			4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	3.50	5.25	93.10
		A3			4.20	6.30	89.50
		B			5.00	9.00	86.40
		C			6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	5.50	8.25	121.10
		A3			6.50	9.75	117.60
		B			7.50	13.50	114.40
		C			9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	7.50	11.25	149.50
		A2			8.50	12.75	145.80
		A3			10.00	15.00	143.80
		B			11.00	19.80	139.10
		C			12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	10.50	15.75	185.30
		A2			12.50	18.75	181.70
		A3			14.00	21.00	178.20
		B			15.00	27.00	174.90
		C			17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	17.00	25.50	252.70
		A2			19.00	28.50	249.00
		A3			22.00	33.00	243.20
		B			25.00	45.00	238.30
		C			29.00	58.00	229.50

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, Jawa Timur, 03 April 1994, merupakan anak keempat dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Maryam Surabaya, SDN Kertajaya XIII/219 Surabaya, SMP Muhammadiyah 5 Surabaya dan SMA Muhammadiyah 2 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2012, penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh

Nopember Surabaya Jurusan DIII Teknik Sipil FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP 3112030001. Setelah menempuh pendidikan selama kurang lebih tiga tahun akhirnya berhasil menyelesaikan tulisan yang merupakan tugas akhir dari program DIII Teknik Sipil. Di Jurusan tersebut Penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang konstruksi bangunan gedung bertingkat dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) di Jakarta.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya Jawa Timur, 30 Oktober 1993, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Arisska Surabaya, SD Kendangsari I/276 Surabaya, SMPN 1 Surabaya dan SMAN 1 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN tahun 2012, penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan DIII Teknik Sipil FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP 311203028. Setelah menempuh pendidikan selama kurang lebih tiga tahun akhirnya berhasil menyelesaikan tulisan yang merupakan tugas akhir dari program DIII Teknik Sipil. Di Jurusan tersebut Penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang konstruksi bangunan gedung bertingkat dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) di Jakarta.