



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG NAMIRA SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN *SHEARWALL*

Mahasiswa

JERRY ANUGRAH
NRP. 10111410000033

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS
NIP. 19590209 198603 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
NAMIRA SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN METODE PELAKSANAAN
*SHEARWALL***

Mahasiswa

**JERRY ANUGRAH
NRP. 10111410000033**

Dosen Pembimbing

**Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS
NIP. 19590209 198603 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



APPLIED FINAL PROJECT - RC 145501

STRUCTURE DESIGN MODIFICATION OF NAMIRA BUILDING USING DUAL SYSTEM AND SHEARWALL CONSTRUCTION METHOD

**JERRY ANUGRAH
NRP. 10111410000033**

Supervisor

**Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS
NIP. 19590209 198603 1 002**

**DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

LEMBAR PENGESAHAN
MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG NAMIRA
SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN
METODE PELAKSANAAN *SHEARWALL*
PROYEK AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Terapan

Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, 28 Juli 2018

Disusun Oleh :

MAHASISWA



Jerry Anugrah

NRP. 10111410000033

DOSEN PEMBIMBING



Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.

NIP. 19590209 198603 1 002

130 JUL 2018



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 12 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Modifikasi Struktur Gedung Namira Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Ganda Dan Metode Pelaksanaan Shearwall		
Nama Mahasiswa	Jerry Anugrah	NRP	1011141000033
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 19590209 198603 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. Perbaiki gambar = 13, 15, 23, 24, 2. Periksa penempatan komposisi tul. balok beton dari 1 lapis	 Ir. Srie Subekti, MT NIP 19560520 198903 2 001
1. Tata tulis laporan = tul. Balok-balok, equation dan nomor 2. Uraian pada nomor kesam ditft pada struktur dan mm. 3. Hasil analisis = balok & kolom sudah dipakai sistem ganda ditampilkan 4. Resume revisi = kolom pada sistem ganda	 Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003
1. Periksa kembali rumus = perhitungan pondasi dengan Meyerhoff → tanah, kompaksi & N 2. Periksa perencanaan bangunan	 Prof Ir. Indarto, DEA NIP 19501011 198203 1 002

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Srie Subekti, MT NIP 19560520 198903 2 001	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 19590209 198603 1 002	Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Prof Ir. Indarto, DEA NIP 19501011 198203 1 002

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS	



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.stpmass2010.its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Jerry Anugrah 2
 NRP : 1 2
 Judul Tugas Akhir : Desain dan Metode Pelaksanaan Gedung
 Hotel Namira Surabaya Menggunakan Sistem Ganda
 Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Dicky Imam MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1.	10-02-2018	1) Rambu beton anak lemin real (prelim) 2) Cara drawing RPKM dan drift. Tug betapa?	<i>lie</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.	05-03-2018	1) Pembesian pada SAP dengan pemaksaan bukan rangka dan trapesium pada beton. dengan memperhatikan pemotongan plat 2) Perhitungan gaya geser dengan memperhatikan dengan program Joint massif	<i>lie</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.	29-03-2018	1) Setiap titik joint massif di input dengan torsi pada elemen dan OK 40% SAP 2) Perhitungan beban gempa RIK 100% 70 y 70 % 3) Kuerd drift	<i>lie</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	2-04-2018	1) Cara bay SAP 2) Rambu cara pemotongan dengan menggunakan gambar.	<i>lie</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Sel.
 B = Lebih cepat dan jelas
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terambat dan jelas



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Jerry Anugrah 2
NRP : 1 2
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Dicky Iman M.S.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5	26 April 2018	- Dinding minimal 25% lateral - Permutatan dinding dipisah dikori - Lahan lateral 25% Cek F - Cek sumbu x,y pd struktur - Setelah itu gambar struktur dinding sesor dengan ranges - Permutatan dusa sistem tetap ada frame - Cek balok / kolom, perbesar dimensi hingga tidak ada yg merah	<i>lie</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K

Ket :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

Hana gambar HRS
bisa kapal pada #1/2 SAP
bisa gambar pada M

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG NAMIRA
SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN
METODE PELAKSANAAN *SHEARWALL*

Nama : Jerry Anugrah
NRP : 10111410000033
Jurusan : D4 Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRAK

Gedung Hotel Namira ini terletak di Jl Raya Wisma Pagesangan Surabaya, memiliki 9 lantai, 1 lantai dasar dan 1 lantai semi basement. Karena terletak di Indonesia yang merupakan negara yang termasuk dalam kawasan wilayah potensi gempa tinggi. Maka gedung ini harus didesain tahan gempa untuk mengurangi kerusakan dan resiko yang diakibatkan oleh gempa tersebut. Terlebih lagi hotel merupakan bangunan yang memiliki resiko jiwa tinggi jika terjadi kegagalan struktur. Salah satu sistem struktur bangunan penahan gempa yang efektif adalah dengan menggunakan sistem ganda yang terdiri dari sistem rangka dan sistem dinding struktural atau dinding geser.

Pada tugas akhir ini gedung akan ditinjau terlebih dahulu dengan kondisi eksisting dimana kondisi eksistingnya menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus sebagai sistem strukturnya. Permodelan struktur menggunakan program bantu SAP2000 untuk menganalisa kondisi struktur eksisting serta persyaratannya mengacu pada peraturan SNI 2847 2013,

SNI 1726 2012 dan SNI 1727 2013. Dari hasil analisa didapatkan nilai T (periode struktur) 2,1 detik dan nilai T_a (batas periode) sesuai SNI 1726 2012 1,4 detik, dimana persyaratan sesuai SNI nilai T hasil analisa tidak boleh melebihi nilai T_a (batas periode) yang disyaratkan. Dan dari hasil analisa simpangan antar lantai diperoleh nilai simpangan antar lantai tidak memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726 2012.

Dari hasil analisa struktur kondisi eksisting tersebut dapat diketahui bahwa sistem struktur kondisi eksisting memerlukan modifikasi agar mampu memikul beban lateral yang terjadi. Pada tugas akhir ini modifikasi struktur direncanakan menggunakan sistem ganda yaitu menambahkan dinding geser(shearwall) pada sumbu lemah bangunan. Modifikasi struktur pada tugas akhir ini bertujuan untuk merencanakan bangunan gedung tersebut mampu menahan beban aksial maupun lateral akibat gempa yang terjadi. Perencanaan akhir ini berupa gambar struktural bangunan dan metode pelaksanaan dinding geser (shearwall). Diharapkan hasil tugas akhir ini dapat berguna sebagai referensi perencanaan bangunan yang berada di wilayah resiko gempa tinggi.

Kata kunci : *sistem ganda, sistem rangka pemikul momen, sistem dinding struktural, dinding geser*

STRUCTURE DESIGN MODIFICATION OF NAMIRA SURABAYA BUILDING USING DUAL SYSTEM AND SHEARWALL CONSTRUCTION METHOD

Name : Jerry Anugrah
NRP : 10111410000033
Department : D4 Teknik Infrastruktur Sipil
Supervisor : Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS.
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRACT

Namira Hotel is located on Jl Raya Wisma Pagesangan Surabaya, has 9 storry, 1 ground floor and 1 semi basement . Because it is located in Indonesia which is a country that is included in the high potential of earthquake area, So this building must be designed to be earthquake resistant to reduce the damage and risk caused by the earthquake. Moreover the hotel is a building that has a high risk of life in case of structural failure.

In this final project, the building will be reviewed in advance with the existing condition where the existing condition using special moment resisting frame system as the main system structure. The structural modeling using SAP2000 program to analyze the condition of existing structure and its requirement refers to the regulation of SNI 2847 2013, SNI 1726 2012 and SNI 1727 2013. From the analysis result got value of T (period of structure) 2,1 second and value of Ta (period limit) SNI 1726 2012 1,4 sec, where the requirements of SNI value of T value of analysis result must not exceed than the required Ta (period

limit) value. And from the results of inter-floor deviation analysis obtained the value of inter-story deviation doesn't complete the requirements in accordance with SNI 1726 2012.

From the results of the existing structure analysis can be seen that the existing structure system requires modification in order to bear the lateral load that occurred. In this final project modification of the structure is planned using a dual system that is adding shearwall on the weak axis of the building. Structural modification in this final project aims to plan the building is able to withstand the axial and lateral loads due to the earthquake that occurred. The output of this final project are structural image of the building and the method of shearwall implementation. It is expected that the results of this final project can be useful as a reference for building planning that is in high risk earthquake area.

Keywords : *dual system, moment bearer frame system, structural wall system, shearwall*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T atas segala rahmat-Nya proposal Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Penulis menyadari bahwa, proposal tugas akhir ini dapat terbentuk dengan bantuan dari beberapa pihak yang membantu, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukunga baik secara moral dan materil yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Machus, ST.MT., selaku kepala departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membantu memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Teman-teman terdekat yang telah membantu dan memberikan saran atas penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan propsal tugas akhir ini tak lepas dari kesalahan. Oleh karenanya penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan proposal tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih serta berharap proposal ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya, 12 Januari 2018

Penulis

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Analisa Kategori Desain Seismik.....	6
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	13
2.4 Ketentuan Elemen Struktur Beton SRPMK	15
2.5 Sistem Dinding Struktural.....	22
2.6 Sistem Ganda (Dual System)	23

2.7 Sistem Transportasi Vertikal	24
--	----

BAB 3 METODOLOGI DAN ANALISA STRUKTUR

EKSISTING

3.1 Umum.....	27
3.2 Diagram Alir	28
3.3 Data Eksisting Bangunan	29
3.4 Preliminary Design.....	31
3.5 Analisa Pembebanan	34
3.6 Permodelan Struktur.....	36
3.7 Analisa Hasil	37
3.8 Perhitungan Struktur Primer dan Sekunder.....	40
3.9 Penggambaran Gambar Rencana.....	52
3.10 Metode Pelaksanaan.....	53
3.11 Analisa Struktur Eksisting Dan Diskusi.....	54
3.12 Struktur Alternatif	64

BAB 4 DESAIN STRUKTUR SISTEM GANDA.....

4.1. Umum.....	67
4.2. <i>Preliminary</i> Desain Pelat Lantai	67
4.3. <i>Preliminary</i> Desain Tangga	73
4.4. <i>Preliminary</i> Desain Balok	74
4.5. <i>Preliminary</i> Design Kolom	78

4.6. <i>Preliminary</i> Dinding Geser	80
4.7. Rekapitulasi Dimensi Struktur	80
BAB 5 ANALISA PEMBEBANAN	83
5.1 Beban Mati	83
5.2 Beban Hidup.....	90
5.3 <i>Joint Masses</i>	93
5.4 Beban Hidup Tekanan Tanah.....	93
5.5 Beban Angin.....	96
5.6 Beban Gempa	101
5.7 Ketentuan Pembebanan	106
BA B 6 PERMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR	109
6.1. Permodelan Dengan SRPMK (<i>Open Frame</i>).....	109
6.2. Permodelan Dinding Geser (<i>Shearwall</i>)	169
6.3. Permodelan Dengan Sistem Ganda	181
BAB 7 PERHITUNGAN STRUKTUR.....	201
7.1. Perhitungan Pelat Lantai	201
7.2. Perhitungan Dinding Semi Basement	218
7.3. Perhitungan Struktur Tangga	222
7.4. Perhitungan Balok Anak	232
7.5. Perhitungan Balok Kantilever	242

7.6. Perhitungan Balok Penggantung Lift	251
7.7. Perhitungan Balok Induk	260
7.8. Perhitungan Struktur Kolom.....	289
7.9. Hubungan Balok Kolom (HBK).....	300
7.10 Perhitungan Struktur Dinding Geser (<i>Shearwall</i>) ...	303
7.11.Perhitungan Balok Kopel (<i>Coupling Beam</i>).....	313
7.12.Perhitungan Struktur Pondasi.....	321
7.13.Perhitungan Balok Sloof	359
BAB 8 METODE PELAKSANAAN SHEARWALL.....	363
8.1. Metode Pelaksanaan Shearwall	364
BAB 9 KESIMPULAN DAN SARAN	377
9.1 Kesimpulan	377
9.2 Saran.....	383
DAFTAR PUSTAKA	385

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Contoh peta parameter S_s untuk kota Surabaya	8
Gambar 2. 2.	Contoh peta parameter S_1 untuk kota Surabaya	8
Gambar 2. 3.	Nilai <i>spektrum respons</i> desain wilayah surabaya. 11	
Gambar 2. 4	Konsep <i>strong collum weak beam</i>	15
Gambar 2. 5.	Contoh-contoh sengkang tertutup	18
Gambar 2. 6	Contoh Tulangan Transversal Pada Kolom	20
Gambar 2. 7	Luas <i>Joint</i> Efektif.....	22
Gambar 3. 1	Denah awal (a) dan denah modifikasi (b)	30
Gambar 3. 2.	Nomograf penentuan nilai k pada kolom	43
Gambar 3. 3.	Permodelan Struktur Eksisting Pada SAP	54
Gambar 3. 4	Beban Dead Trapesium Pada Balok.....	55
Gambar 3. 5.	Beban <i>Live</i> Trapesium Pada Balok	56
Gambar 3. 6	Input analisa modal pada SAP 2000	57
Gambar 3. 7.	Input Faktor Skala Pada Sumbu X.....	58
Gambar 3. 8	Input Faktor Skala Pada Sumbu Y	58
Gambar 3. 9	Denah rencana dinding geser	66
Gambar 4. 1	Tipe plat P1	67
Gambar 4. 2	Plat tinjau As D join1-2	68
Gambar 4. 3	Plat tinjau As 2 join C-D.....	69
Gambar 4. 4	Plat tinjau As C join1-2.....	70
Gambar 4. 5	Plat tinjau As 1 join C-D.....	71
Gambar 5. 1	Beban Trapesium Dan Segitiga Pada Balok	84
Gambar 5. 2	Beban Trapesium Pada Balok	84
Gambar 5. 3	Reaksi Akibat Beban <i>Lift</i>	88
Gambar 5. 4	Reaksi Pada <i>Pit Lift</i>	88
Gambar 5. 5	Pembebanan Pada Balok <i>Lift</i>	89

Gambar 5. 6	Elevasi Pada Semi Basement	94
Gambar 5. 7	Beban Aktif Tanah	95
Gambar 5. 8	Pengaruh Angin Pada Dinding.....	100
Gambar 5. 9	Nilai Ss Wilayah Jawa Timur	102
Gambar 5. 10	Nilai S ₁ Wilayah Jawa Timur.....	102
Gambar 6. 1	Permodelan Struktur <i>Open Frame</i> Pada SAP	109
Gambar 6. 2	Input analisa modal pada SAP 2000	110
Gambar 6. 3	Input Faktor Skala Pada Sumbu X	111
Gambar 6. 4	Input Faktor Skala Pada Sumbu Y	111
Gambar 6. 5	Input Faktor Skala Setelah Dikali Faktor	119
Gambar 6. 6	Balok Anak Yang Ditinjau.....	125
Gambar 6. 7	Panjang Tulangan Kait.....	134
Gambar 6. 8	Balok Induk Yang Ditinjau	135
Gambar 6. 9	Panjang Kait.....	158
Gambar 6. 10	Kolom Yang Ditinjau.....	159
Gambar 6. 11	Diagram interaksi P-M pada SPColumn	161
Gambar 6. 12.	Konfigurasi Penulangan Kolom Pada Pccol....	162
Gambar 6. 13	Output Diagram Interaksi P-M Kolm Desain ...	164
Gambar 6. 14	Permodelan Dinding Geser	169
Gambar 6. 15	Input faktor skala gaya gempa pada <i>shearwall</i> .	171
Gambar 6. 16	Diagram Interaksi Dinding Struktural.....	175
Gambar 6. 17	Hasil <i>Control Points</i> Dari Program Spcolumn..	177
Gambar 6. 18	Permodelan Struktur Sistem Ganda Pada SAP	181
Gambar 6. 19	Input Analisa Modal Pada SAP 2000.....	182
Gambar 6. 20	Input Faktor Skala Pada Sumbu X	183
Gambar 6. 21	Input Faktor Skala Pada Sumbu Y	183
Gambar 6. 22	Input Faktor Skala Setelah Dikali Faktor	190
Gambar 7. 1	Gambar Ly/Lx Pelat.....	201
Gambar 7. 2	Gambar Ly/Lx Pelat P1.....	203

Gambar 7. 3	Gambar Penulangan Tumpuan Pelat P1.....	217
Gambar 7. 4	Diagram momen hasil analisa SAP 2000.....	218
Gambar 7. 5	Diagram Momen M11 Dinding Basement.....	218
Gambar 7. 6	Diagram Momen M22 Dinding Basement.....	219
Gambar 7. 7	Denah Tangga.....	223
Gambar 7. 8	Diagram Momen Pelat Tangga Hasil Analisa	226
Gambar 7. 9	Diagram Momen Pelat Bordes Hasil Analisa....	229
Gambar 7. 10	Penulangan Pelat Tangga.....	231
Gambar 7. 11	Balok anak yang ditinjau.....	232
Gambar 7. 12	Diagram Momen Balok Anak.....	232
Gambar 7. 13	Diagram Momen Balok Anak.....	233
Gambar 7. 14	Diagram Gaya Geser Balok Anak.....	233
Gambar 7. 15	Diagram Torsi Balok Anak.....	233
Gambar 7. 16	Diagram Gaya Geser Balok Anak.....	237
Gambar 7. 17	Penulangan Balok Anak.....	241
Gambar 7. 18	Balok Kantilever Yang Ditinjau	242
Gambar 7. 19	Diagram Momen Balok Kantilever.....	242
Gambar 7. 20	Diagram Geser Balok Kantilever.....	242
Gambar 7. 21	Diagram Torsi Balok Kantilever.....	243
Gambar 7. 22	Diagram Gaya Geser Balok Kantilever	246
Gambar 7. 23	Penulangan Balok Kantilever.....	250
Gambar 7. 24	Balok <i>Lift</i> Yang Ditinjau.....	251
Gambar 7. 25	Diagram Momen Tumpuan Balok <i>Lift</i>	251
Gambar 7. 26	Diagram Momen Lapangan Balok <i>Lift</i>	252
Gambar 7. 27	Diagram Geser Balok <i>Lift</i>	252
Gambar 7. 28	Diagram Torsi Balok <i>Lift</i>	252
Gambar 7. 29	Diagram Gaya Geser Balok <i>Lift</i>	256
Gambar 7. 30	Penulangan Balok Penggantung <i>Lift</i>	259
Gambar 7. 31	Balok Induk Yang Ditinjau	260
Gambar 7. 32	Diagram Momen Tumpuan Balok B2.....	260
Gambar 7. 33	Diagram Momen Lapangan Balok B2	260

Gambar 7. 34	Diagram Geser Balok B2	261
Gambar 7. 35	Diagram Torsi Balok B2	261
Gambar 7. 36	Diagram Axial Balok B2.....	261
Gambar 7. 37	Diagram Geser Balok B2	279
Gambar 7. 38	Panjang Kait.....	287
Gambar 7. 39	Penulangan Balok Induk	289
Gambar 7. 40	Kolom Yang Ditinjau	289
Gambar 7. 41	Diagram Axial Kolom Tinjau	290
Gambar 7. 41	Diagram Axial Kolom Bawah.....	290
Gambar 7. 43	Diagram interaksi P-M pada PCACol.....	291
Gambar 7. 44	Konfigurasi Penulangan Kolom Pada Pcacol....	292
Gambar 7. 26	Output Diagram Interaksi P-M Kolm Desain ...	294
Gambar 7. 46	Penulangan Kolom K1	299
Gambar 7. 47	<i>Shearwall</i> Yang Ditinjau.....	303
Gambar 7. 48	Diagram Interaksi <i>Shearwall</i> padaSPCcolumn...	308
Gambar 7. 49	Hasil <i>Control Points</i> dari Program SpColum	309
Gambar 7. 50	Balok Kopel Yang Ditinjau.....	313
Gambar 7. 51	Panjang kait.....	320
Gambar 7. 52	Denah Rencana Pondasi.....	321
Gambar 7. 53	Pondasi Tipe 1.....	332
Gambar 7. 54	Titik Nomor Perhitungan Tiang Pancang.....	333
Gambar 7. 55	Bidang Kritis Satu Arah Akibat Kolom	334
Gambar 7. 56	Bidang Kritis Dua Arah Akibat Kolom.....	336
Gambar 7. 57	Bidang Kritis Dua Arah Akibat Tiang	337
Gambar 7. 58	Mekanika Gaya pada Poer Arah X.....	339
Gambar 7. 59	Mekanika Gaya pada Poer Arah Y.....	341
Gambar 7. 60	Pondasi Tipe 2.....	346
Gambar 7. 61	Titik Nomor Perhitungan Tiang Pancang.....	347
Gambar 7. 40	Bidang Kritis Satu Arah Akibat Kolom	350
Gambar 7. 41	Bidang Kritis Dua Arah Akibat <i>Shearwall</i>	351
Gambar 7. 42	Bidang Kritis Dua Arah Akibat Tiang	352

Gambar 7. 43 Mekanika Gaya pada Poer Arah X	354
Gambar 7. 44 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y	356
Gambar 7. 45 Hasil Analisa Balok Sloof Pada SPColumn.....	360
Gambar 8. 1 Bagan Alir Metode Pelaksanaan <i>Shearwall</i>	363
Gambar 8. 2 Proses Fabrikasi Tulangan	364
Gambar 8. 3 Perakitan Tulangan <i>Shearwall</i>	364
Gambar 8. 4 Penentuan As <i>Shearwall</i>	365
Gambar 8. 5 Letak Pemasangan Sepatu <i>Shearwall</i>	366
Gambar 8. 6 <i>Installing</i> Tulangan <i>Shearwall</i>	366
Gambar 8. 7 Tulangan <i>Shearwall</i> Terpasang.....	367
Gambar 8. 8 Pemasangan <i>Styrofoam</i> Pada Daerah <i>Blockout</i>	367
Gambar 8. 9 Pemasangan Beton <i>Decking</i>	368
Gambar 8. 10 <i>Bekisting Shearwall</i>	369
Gambar 8. 11 Proses Cek <i>Vertikalisasi</i>	369
Gambar 8. 12 Tahapan <i>Slump Test</i> Beton.....	370
Gambar 8. 13 Benda Uji Silinder.....	371
Gambar 8. 14 Penuangan Beton <i>Ready Mix</i>	371
Gambar 8. 15 Pengangkatan <i>Bucket</i> Dengan TC.....	372
Gambar 8. 16 Pengecoran <i>Shearwall</i> dengan Pipa Tremi	372
Gambar 8. 17 <i>Shearwall</i> Yang Telah Dicor.....	373
Gambar 8. 18 Pelepasan Balok Perangkai pada <i>Bekisting</i>	374
Gambar 8. 19 Pelepasan <i>Push Pull</i> Penyangga <i>Bekisting</i>	374
Gambar 8. 20 Pelepasan Panel/Papan <i>Bekisting</i>	375
Gambar 8. 21 <i>Curing</i> Beton <i>Shearwall</i>	375

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor Keutamaan Gempa	6
Tabel 2. 2 Kategori resiko bangunan.....	7
Tabel 2. 3 Klasifikasi situs.....	9
Tabel 2. 4 Koefisien situs, F_a	10
Tabel 2. 5 Koefisien situs , F_v	10
Tabel 2. 6 Kategori desain sesimik.....	12
Tabel 2. 7 Kategori desain sesimik	12
Tabel 2. 8 Penentuan sistem struktur sesuai KDS	13
Tabel 3. 1 Tebal minimum balok non-prategang /Pela.....	31
Tabel 3. 2 Tebal pelat minimum tanpa balok interior.....	32
Tabel 3. 3 Nilai koefisin C_t dan x	38
Tabel 3. 4. Koefisien untuk batas atas pada periode	38
Tabel 3. 5. Simpangan antar lantai ijin	40
Tabel 3. 6 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	59
Tabel 3. 7 Koefisien nilai C_u	60
Tabel 3. 8 Modal <i>load participation ratios</i>	60
Tabel 3. 9 hasil modal/periode fundamental struktur	61
Tabel 3. 10 Nilai simpangan antar lantai ijin.....	62
Tabel 3. 11 Analisa simpangan antar lantai hasil permodelan....	63
Tabel 3. 12 Analisa simpangan antar lantai hasil permodelan....	63
Tabel 4. 1 Dimensi Balok dan Kolom Lt. Dasar	81
Tabel 4. 2 Dimensi Balok dan Kolom Lt.1- Lt 5	81
Tabel 4. 3 Dimensi Balok dan Kolom Lt.6- Lt Atap	82
Tabel 5. 1 Q trap Beban Mati Balok Pada Lantai Dasar – Lt 8 ..	86
Tabel 5. 2 Q Trap Beban Mati Balok Pada Lantai Atap.....	87
Tabel 5. 3 Spesifikasi <i>Lift</i> Hyundai	87

Tabel 5. 4	Spesifikasi <i>Lift</i> Hyundai(lanjutan)	88
Tabel 5. 5	Q Trap Beban Hidup Balok Pada Lantai Dasar	91
Tabel 5. 6	Q Trap Beban Hidup Balok Pada Lantai 1-8	92
Tabel 5. 7	Q Trap Beban Hidup Balok Pada Lantai Atap.....	93
Tabel 5. 8	Kategori Resiko Bangunan	96
Tabel 5. 9	Faktor Arah Angin (Kd)	97
Tabel 5. 10	Koefisien Tekanan Internal.....	98
Tabel 5. 11	Koefisien Eksposur Velositas	98
Tabel 5. 12	Koefisien Tekanan Dinding	99
Tabel 5. 13	Perhitungan N-SPT	101
Tabel 5. 14	Nilai Fa	103
Tabel 5. 15	Nilai Fv	103
Tabel 5. 16	Respon Spektrum Desain Beserta Grafik	105
Tabel 6. 1	Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct Dan X SNI 1726 2012	112
Tabel 6. 2	Koefisien Nilai C_u	113
Tabel 6. 3	Modal <i>Load Participation Ratio</i>	114
Tabel 6. 4	Hasil Modal/Perioda Fundamental Struktur Analisa SAP2000.....	114
Tabel 6. 5	Nilai Simpangan Antar Lantai Ijin.....	115
Tabel 6. 6	Analisa Simpangan Antar Lantai SumbuX.....	116
Tabel 6. 7	Analisa Simpangan Antar Lantai Sumbu Y	116
Tabel 6. 8	<i>Base Reaction</i> Untuk Nilai Wt.....	118
Tabel 6. 9	<i>Vbase Shear</i>	118
Tabel 6. 10	<i>Base Reaction</i> Hasil Analisa SAP	119
Tabel 6. 11	Momen balok akibat gaya gempa	137
Tabel 6. 12	V_{sway} Pada Balok Akibat Gempa.....	151
Tabel 6. 13	Hasil Analisa SAP 2000 v.14 pada SCUT.....	172
Tabel 6. 14	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_1 Dan X.....	184
Tabel 6. 15	Koefisien Nilai C_u	185

Tabel 6. 16 Modal <i>Load Participation Ratios</i>	186
Tabel 6. 17 Hasil Modal/Perioda Fundamental Struktur Analisa	187
Tabel 6. 18 Base Reaction Untuk Nilai Wt	189
Tabel 6. 19 <i>V Base Shear</i>	190
Tabel 6. 20 <i>Base Reaction</i> Hasil Analisa SAP	191
Tabel 6. 21 Nilai Simpangan Antar Lantai Ijin	192
Tabel 6. 22 Analisa Simpangan Antar Lantai Pada Sumbu X..	192
Tabel 6. 23 Analisa Simpangan Antar Lantai Pada Sumbu Y..	193
Tabel 6. 24 Distribusi Gaya Gempa Hasil Analisa SAP.....	194
Tabel 6. 25 Persentase distribusi gaya gempa	194
Tabel 7. 1 Penulangan Pelat P1	217
Tabel 7. 2 Momen Balok Akibat Gaya Gempa	262
Tabel 7. 3 Hasil Analisa Sap 2000 V.14 Pada SCUT.....	304
Tabel 7. 4 Analisa Gaya Dalam Balok Kopel.....	314
Tabel 7. 5 Perhitungan Daya Dukung Tanah.....	326
Tabel 7. 6 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang	333
Tabel 9. 1 Dimensi Balok dan Kolom Lt. Dasar	378
Tabel 9. 2 Dimensi Balok dan Kolom Lt.1- Lt 5.....	378
Tabel 9. 3 Dimensi Balok dan Kolom Lt.6- Lt Atap	379
Tabel 9. 4 Tabel Kesimpulan Pelat Tangga.....	379
Tabel 9. 5 Tabel Kesimpulan Pelat.....	380
Tabel 9. 6 Tabel Kesimpulan Balok	380
Tabel 9. 7 Tabel Kesimpulan Kolom.....	381
Tabel 9. 8 Tabel Kesimpulan <i>Shearwall</i>	381
Tabel 9. 9 Tabel Kesimpulan Pondasi	381
Tabel 9. 10 Tabel Kesimpulan Sloof	382

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia yang memiliki jumlah penduduk tidak kurang dari 2,765 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2010). Ini lah yang membuat kota Surabaya ini menjadi kota yang strategis dalam berbisnis berbagai macam bidang properti, seperti saat ini banyaknya pembangunan properti seperti apartement dan hotel di Surabaya. Berbagai macam hotel sudah menjamur di Surabaya, mulai dari hotel yang berbintang 1 sampai 5 dengan berbagai fasilitas yang ditawarkan. Hotel merupakan bangunan gedung yang umumnya memiliki struktur yang yang tinggi menjulang dan merupakan suatu bangunan yang memiliki resiko jiwa tinggi saat terjadi kegagalan struktur pada bangunan tersebut. Hal tersebut membuat bangunan gedung itu memiliki beban vertikal maupun lateral yang harus diperhitungkan dengan baik agar tidak terjadi kerusakan struktur yang dapat mengakibatkan robohnya bangunan. Hotel Namira merupakan salah satu hotel yang terletak di Surabaya, lokasi pembangunan proyek Hotel Namira bisa dibilang cukup strategis, berada di sebelah selatan Masjid Al Akbar Surabaya, bersebelahan dengan pangkalan taksi, serta jalan Tol Surabaya-Porong. Proses konstruksi hotel ini dilaksanakan oleh PT. Tata Bumi Raya. Hotel Namira memiliki sepuluh lantai dengan luas bangunan 4649 m².

Dengan struktur bangunan yang cukup tinggi, hotel Namira termasuk dalam bangunan yang memiliki resiko akibat gempa yang cukup tinggi. Terlebih lagi di Indonesia yang merupakan negara dengan potensi gempa yang cukup tinggi. Pada saat terjadi gempa bumi, gempa tersebut akan menyebabkan tanah dibawah bangunan dan sekitarnya tergoncang dan bergerak

secara tak beraturan. Maka dari itu perlu direncanakannya bangunan tahan gempa untuk mengurangi resiko kerugian yang di akibatkan gempa tersebut. Bangunan tahan gempa di desain sesuai dengan acuan SNI gempa (SNI 1726-2012). Konsep dasar falsafah desain tahan gempa pada SNI 1726-2012 yaitu melawan gempa kecil tanpa kerusakan, melawan gempa sedang tanpa kerusakan struktural dan mungkin beberapa kerusakan non-struktural, dan melawan gempa besar yang memiliki intensitas terbesar yang pernah dialami atau yang diperkirakan tanpa keruntuhan dengan beberapa kerusakan struktural maupun kerusakan non-struktural. Salah satu sistem struktur penahan gempa pada bangunan yang efisien adalah sistem ganda yang terdiri dari sistem rangka dan dinding geser. Sistem ganda memiliki 3 ciri dasar yaitu pertama, rangka ruang lengkap berupa SRPM yang penting berfungsi memikul beban gravitasi. Kedua, pemikul beban lateral dilakukan oleh dinding struktural dan SRPM. Ketiga, dinding struktural dan SRPM direncanakan untuk menahan V (beban dasar geser nominal) secara proporsional berdasarkan kekakuan relatifnya (R. Purwono,2006).

Untuk tugas akhir terapan ini penulis merencanakan bangunan gedung hotel Namira dengan sepuluh lantai ditinjau ulang dengan kondisi eksisting lalu jika struktur eksistingnya tidak memenuhi persyaratan maka direncanakan menggunakan sistem alternatif lain yaitu sistem ganda yang terdiri dari Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan dinding geser (*Shearwall*) akan direncanakan guna memperoleh struktur bangunan yang tahan gempa dan efektif. Perencanaan bangunan gedung pada tugas akhir ini memiliki acuan pada SNI 03-2847-2013 “Persyaratan Beton Struktural Untuk Gedung”, SNI 1727-2013 “Beban minimum untuk perencanaan gedung dan struktur lainnya”, dan SNI 1726 2012 “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merencanakan struktur untuk Hotel Namira yang mampu menahan beban gravitasi, beban layan, dan beban gempa yang bekerja dengan metode sistem ganda ?
2. Bagaimana merencanakan elemen struktur primer dan sekunder sesuai acuan SNI 1726-2012 dan SNI 03-2847-2013 ?
3. Bagaimana menggambar hasil perencanaan menjadi gambar perencanaan ?
4. Bagaimana langkah-langkah metode pelaksanaan *shearwall*?

1.3 Batasan Masalah

1. Beban gempa pada struktur dihitung dengan metode respons spektrum desain sesuai SNI-03 1726 2012
2. Perhitungan struktur meninjau hanya 2 portal yang ditentukan (1 portal memanjang dan 1 portal melintang).
3. Perencanaan gedung ini hanya meninjau segi struktural tanpa memperhitungkan segi arsitektural, manajemen konstruksi, utilitas bangunan dan anggaran biaya.
4. Hanya meninjau metode pelaksanaan pada elemen *shearwall*.

1.4 Tujuan

1. Mengetahui perencanaan sistem struktur menggunakan metode sistem ganda pada Hotel Namira.
2. Mengetahui perencanaan elemen struktur primer dan sekunder pada Hotel Namira Surabaya yang sesuai acuan SNI 1726-2012 dan SNI 03-2847-2013.
3. Menggambar hasil perencanaan menjadi gambar perencanaan.
4. Mengetahui metode pelaksanaan pada pekerjaan balok, plat lantai, kolom dan *shearwall*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan tugas akhir terapan ini ialah :

1. Untuk mendapatkan desain struktur bangunan gedung Hotel Namira Surabaya dengan metode sistem ganda yang mampu menahan gempa.
2. Untuk menerapkan ilmu-ilmu yang telah diperoleh selama masa perkuliahan yang berkaitan tentang perencanaan struktur bangunan dengan data bangunan sesungguhnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Indonesia merupakan negara berkembang yang tengah gencar-gencarnya membangun berbagai infrastruktur baik bangunan gedung, transportasi maupun bangunan air. Indonesia sendiri terletak di posisi wilayah potensial tektonik yang cukup tinggi. Dan oleh karena itu setiap bangunan di Indonesia dituntut memiliki ketahanan terhadap gempa bumi yang kerap terjadi di wilayah Indonesia ini, terutama bangunan gedung yang strukturnya vertikal dan menjulang keatas yang rawan terjadi kerusakan struktur akibat gaya gempa yang terjadi. Beban gempa harus diperhitungkan secara detail dalam perencanaan struktur bangunan gedung tersebut agar dapat mencegah atau meminimalisir kerusakan struktur bangunan tersebut.

Di Indonesia sendiri peraturan perencanaan bangunan tahan gempa sudah ada dan diperbarui secara berkala. Aturan perencanaan gedung tahan gempa diatur dalam SNI 03-2847-2013 dan SNI 03-1726-2012 dimana detailiing pembebana n gempa berdasar Kategori Desain Seismik yang dikenakan pada struktur bangunan. Berdasar SNI tersebut bangunan dibagi menjadi beberapa kategori desain, yaitu bangunan dengan kategori desain seismik rendah dikategorikan di KDS A dan KDS B, unuk menengah di kategorikan KDS C dan untuk bangunan dengan kategori desain seismik tinggi di kategorikan dalam KDS D, KDS E, dan KDS F.

Salah satu sistem struktur yang dapat diterapkan pada untuk desain bangunan tahan gempa adalah Sistem Rangka Pemikul

Momen, dimana terdapat 3 kelas dalam Sistem Rangka Pemikul Momen yaitu SRPMM, SRPMB, SRPMK. Dan sistem dinding struktural , yang terdiri dari sistem dinding struktural biasa dan sistem dinding struktural khusus.

2.2 Analisa Kategori Desain Seismik

2.2.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur

Bangunan

Setiap bangunan memiliki kategori resiko yang berbeda-beda berdasarkan fungsi bangunan tersebut. Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non-gedung sesuai tabel 1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan satu faktor keutamaan I_e menurut tabel 2. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori resiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan harus didesain sesuai dengan kategori resiko IV (SNI 1726-2012).

Tabel 2. 1 Faktor Keutamaan Gempa

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

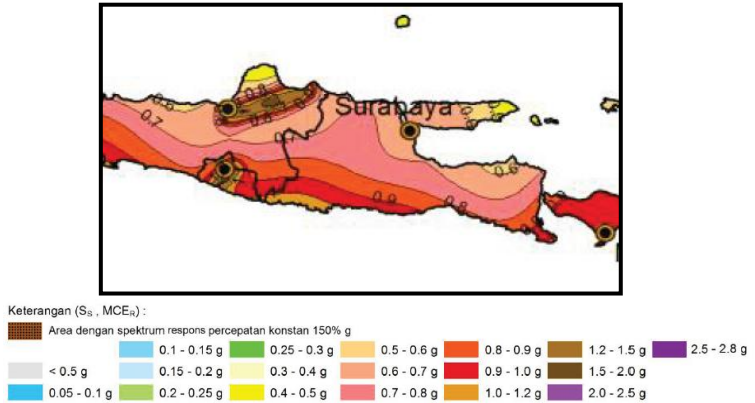
Tabel 2. 2 Kategori Resiko Bangunan Berdasarkan Jenis Pemanfaatan Bangunan

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko jiwa rendah seperti ; Fasilitas pertanian,perkebunan,peternakan, Fasilitas sementara, Gudang, Rumah jaga.	I
Perumahan, Ruko, Perkantoran, Pasar, Apartemen, Rumah susun, Mall, Bangunan industri, Manufaktur, Pabrik.	II
<ul style="list-style-type: none"> • Gedung dan non-gedung yang memiliki resiko jiwa tinggi saat terjadi kegagalan seperti ; Bioskop, Stadion, Penjara, Fasilitas kesehatan. • Gedung dan non-gedung yang memiliki potensi menyebabkan dampak ekonomi seperti ; Pusat pembangkit listrik, Pusat telekomunikasi, Penanganan air. • Gedung dan non-gedung sebagai tempat pembuangan bahan bakar, bahan kimia limbah. 	III
Gedung dan non gedung yang digunakan untuk fasilitas penting seperti ; Bangunan monumental, Fasilitas pendidikan, Rumah sakit, Pusat pembangkit energi, Struktur tambahan..	IV

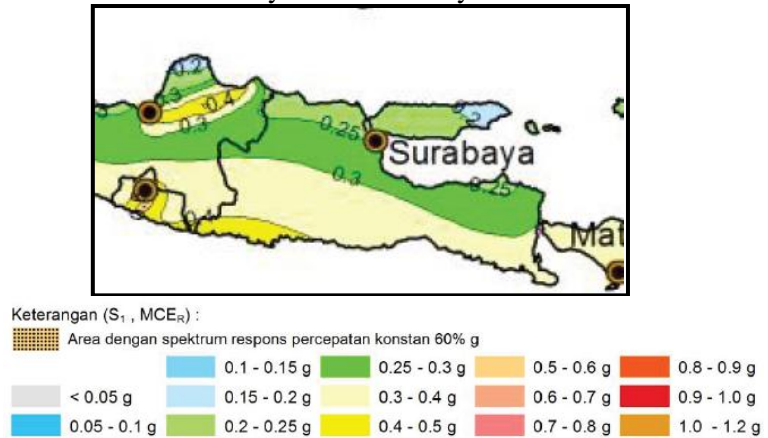
2.2.2 Parameter Percepatan Gempa

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_l (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respon spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun

(MCE_R 2persen dalam 50 tahun) dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.



Gambar 2. 1 Contoh Peta Parameter S_y Untuk Kota Surabaya Dan Sekitarnya



Gambar 2. 2.Contoh Peta Parameter S_l Untuk Kota Surabaya Dan Sekitarnya

2.2.3 Kelas Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs maka situs diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE dan SF.

Tabel 2.3 . Klasifikasi situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{CH}	S_u (kPa)
SA	> 1500	N/A	N/A
SB	750 - 1500	N/A	N/A
SC	350 – 750	>50	≥ 100
SD	175 – 350	15 – 50	50 - 100
SE	< 175	< 15	< 50
SF	Tanah berkarakteristik khusus: <ul style="list-style-type: none"> • Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh • Lempung sangat organik • Lempung berplastis sangat tinggi • Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m 		

Catatan N/A = tidak dapat dipakai

2.2.4 Parameter-parameter Respon Spektral dan Percepatan Gempa Maksimum

Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa MCE_R dipermukaan tanah diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan

yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) periode 1 detik (S_{MI}) yang disesuaikan harus ditentukan dengan rumus berikut :

$$(S_{MS}) = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots (2 - 1)$$

$$(S_{MI}) = F_v \cdot S_I \dots\dots\dots (2 - 2)$$

Dengan koefisien situs F_a dan F_v mengikuti tabel 4 dan tabel 5

Tabel 2.4 . Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, S_z				
	$S_z \leq 0,25$	$S_z = 0,5$	$S_z = 0,75$	$S_z = 1,0$	$S_z \geq 1,25$
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_z dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 2.5 . Koefisien situs , F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE _R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
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_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek dan periode 1 detik ditentukan melalui perumusan sebagai berikut ;

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS} \dots\dots\dots (2 - 3)$$

$$S_{DI} = 2/3 \cdot S_{MI} \dots\dots\dots (2 - 4)$$

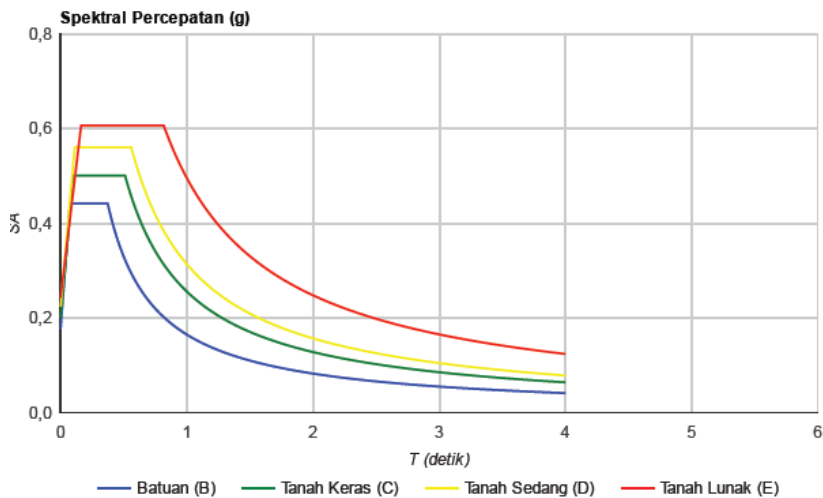
2.2.5 Spektrum Respons Desain

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 spektrum respon percepatan desain, S_a , harus diambil dalam persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots (2 - 5)$$

Untuk periode lebih besar dari T_s spektrum respon percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan ;

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (2 - 6)$$



Gambar 2. 3. Nilai Spektrum Respons Desain Wilayah Surabaya

2.2.6 Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik sesuai SNI 1726 2012 pasal 6.5.

Tabel 2. 6 . Kategori Desain Sesimik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2. 7 . Kategori Desain Sesimik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

2.2.7 Pemilihan Sistem Struktur

Pemilihan sistem struktur harus sesuai dengan SNI 1726 2012 pasal 7.2.1 - 7.2.2 dan sistem struktur, nilai R , C dan \mathcal{Q}_0 dapat dilihat dalam tabel 9 SNI 1726-2012 .

Tabel 2.8 . Penentuan sistem struktur sesuai KDS

Kategori Desain Seismik	Jenis Struktur
KDS A dan KDS B	Sistem Rangka Pemikul Momen : <ul style="list-style-type: none"> • SRPMB • SRPMM • SRPMK Sistem Dinding Struktural : <ul style="list-style-type: none"> • SDSB • SDSK
KDS C	Sistem Rangka Pemikul Momen : <ul style="list-style-type: none"> • SRPMM • SRPMK Sistem Dinding Struktural : <ul style="list-style-type: none"> • SDSB • SDSK
KDS D, KDS E dan KDS F	Sistem Rangka Pemikul Momen : <ul style="list-style-type: none"> • SRPMK Sistem Dinding Struktural : <ul style="list-style-type: none"> • SDSK

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Indonesia terbagi menjadi 6 wilayah gempa dimana wilayah gempa 1 merupakan wilayah gempa rendah dan wilayah 6 adalah wilayah gempa tinggi. Pembagian wilayah ini berdasar percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun (SNI 1726-2002). Terdapat 3 sistem rangka pemikul momen, yaitu sistem rangka pemikul

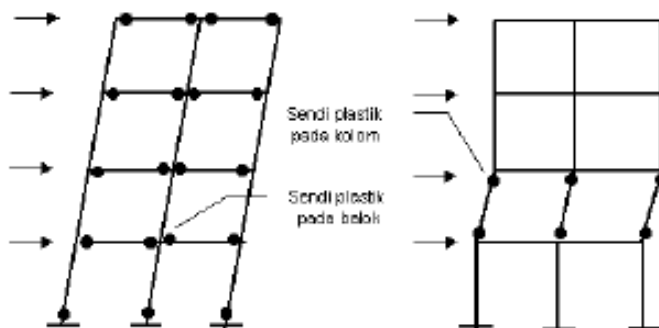
momen biasa (SRPMB), sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Dan pada tugas akhir ini gedung yang ditinjau direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) merupakan sistem komponen struktur yang mampu memikul gaya akibat beban gempa dan direncanakan untuk memikul lentur dan geser. Sehingga SRPMK ini dapat digunakan dalam pembangunan bangunan yang berada di wilayah gempa tinggi 5 dan 6.

Sistem struktur tersebut juga harus memenuhi syarat-syarat ;

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi $0,1 \cdot A_g \cdot F'_c$.
2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.
3. Perbandingan antara lebar dan tinggi dan tidak boleh kurang dari 0,3.
4. Lebarnya tidak boleh kurang dari 250 mm dan lebih dari struktur komponen pendukung, ditambah jarak pada tiap sisi komponen struktur pendukung yang tidak melebihi $\frac{3}{4}$ tinggi komponen struktur lentur.

Menurut SNI 03-1726-2012 SRPMK didesain mampu mengalami deformasi inelastik yang cukup besar akibat gempa rencana melalui kelelahan balok pada rangka dan pada ujung kolom dasar. Pada sistem ini kolom didesain lebih kuat dari pada balok (*strong colum weak beam*) yang mencapai *strain-hardening*.



Gambar 2. 4 Konsep *Strong Collum Weak Beam*

2.4 Ketentuan Elemen Struktur Beton SRPMK

2.4.1 Mutu Beton

Sesuai SNI 2847-2013 ditetapkan kekuatan tekan beton minimal (F_c') tidak boleh kurang dari 20 MPa (pasal 21.1.4.2). Dan kekuatan tekan beton berat ringan (*lightweight*) yang ditetapkan (F_c) tidak boleh melebihi 35 MPa kecuali bila ditunjukkan dengan bukti eksperimen bahwa komponen struktur yang dibuat dengan beton berat ringan (*lightweight*) tersebut memberikan kekuatan dan ketegaran (*toughness*) yang sama dengan atau melebihi kekuatan tekan komponen struktur setara yang dibuat dengan beton berat normal (*normalweight*) dengan kekuatan yang sama (pasal 21.1.4.3).

2.4.2 Komponen Struktur Lentur

Komponen struktur untuk menahan lentur pada SRPMK diatur dalam SNI 2847 2013 pasal 21.5. Berikut persyaratan komponen struktur lentur untuk SRPMK :

1. Gaya tekan aksial terfaktor $P_u < A_g \cdot F_c / 10$.
2. Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Lebar komponen, bw , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250mm .
4. Lebar komponen struktur, bw , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, $c2$, ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari (a) dan (b):
 - (a) Lebar komponen struktur penumpu, $c2$, dan
 - (b) $0,75$ kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, $c1$.
5. Pada setiap penampang komponen struktur lentur dimana tulangan tarik diperlukan oleh analisis, kecuali seperti yang disediakan dalam pasal 10.5.2, 10.5.3, dan 10.5.4, A_s yang tersedia tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh ;

$$A_{s,min} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \dots\dots\dots(2 - 7)$$

tetapi tidak boleh lebih kecil dari $1,4bwd / F_y$,

2.4.2.1 Tulangan Longitudinal

1. Pada sebarang penampang komponen struktur lentur, kecuali seperti diberikan dalam 10.5.3, untuk tulangan atas maupun bawah, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang diberikan oleh Pers. (10-3) tetapi tidak kurang dari $1,4bwd/F_y$, dan rasio tulangan, tidak boleh

melebihi 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \dots\dots\dots (2 - 8)$$

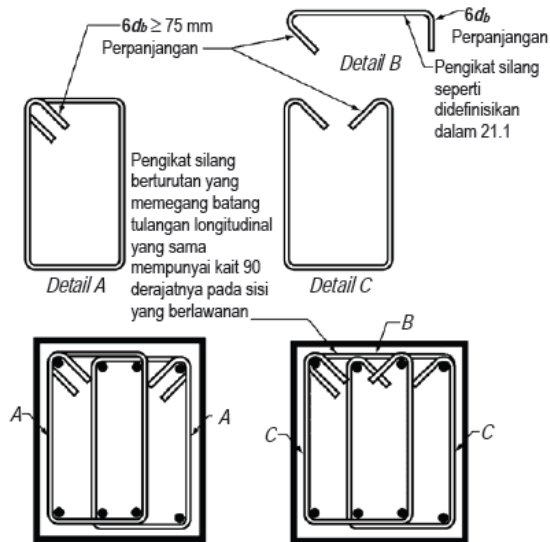
2. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut.

3. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan:

- (a) Dalam *joint*
- (b) Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka *joint*
- (c) Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.

2.4.2.2 Tulangan Transversal

Persyaratan tulangan transversal diatur dalam pasal 21.5.3.2 - 21.5.3.6 SNI 2847-2013. Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka berikut :



Gambar 2. 5. Contoh-Contoh Sengkang Tertutup Saling Tumpang Dan Ilustrasi Batasan Pada Spasi Maksimum

Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi nilai yang terkecil dari:

- $d/4$
- enam kali diameter terkecil tulangan lentur utama
- 150 mm

2.4.2.3 Persyaratan Geser

Gaya desain

Gaya geser desain (V_e), harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka *joint*. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin, M_{pr} , bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya (Gambar S21.5.4).

2.4.3 Komponen Struktur Yang Dikenai Beban Lentur Dan Aksial

Persyaratan dari subpasal ini berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial terfaktor P_u akibat sebarang kombinasi beban yang melebihi $A_g F_c' / 10$. Komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi-kondisi dari :

1. Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

Kekuatan lentur minimum kolom harus memenuhi SNI 2847 2013 pasal 21.6.2.2 – 21.6.2.3 serta persamaan berikut :

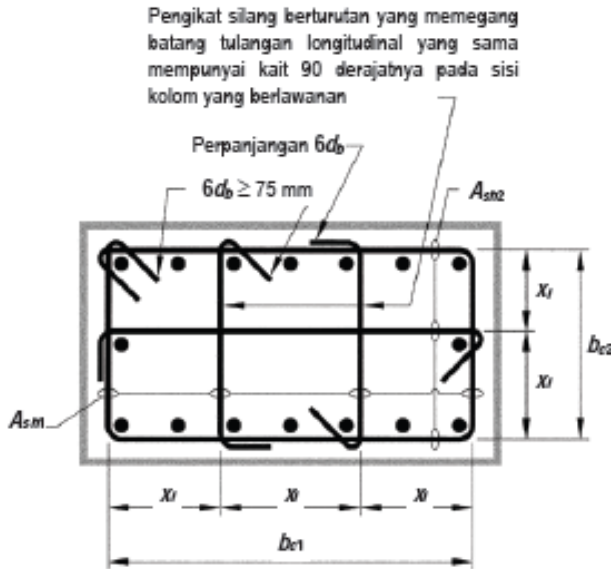
$$\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb}$$

ΣM_{nc} = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

ΣM_{nb} = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*.

Untuk tulangan memanjang luas tulangannya tidak boleh kurang 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g . Pada kolom dengan sengkang tertutup bulat, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6. Untuk tulangan transversal, spasi tulangan sepanjang L_o komponen struktur tidak boleh melebihi nilai dari :

- $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur minimum
- 6 kali diameter tulangan longitudinal yang terkecil
- $S_o = 100 + \left\lceil \frac{350 - hx}{3} \right\rceil$, dan $100 \text{ mm} < S_o < 150 \text{ mm}$



Dimensi X_l dari garis pusat ke garis pusat kaki-kaki pengikat tidak melebihi 350 mm. Rumus h_x yang digunakan dalam persamaan 21-2 diambil sebagai nilai terbesar dari X_l .

Gambar 2. 6 Contoh Tulangan Transversal Pada Kolom

Rasio volume tulangan spiral atau sengkang bulat tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,12 \left[\frac{F_c'}{F_{yt}} \right] \dots\dots\dots (2 - 9)$$

Luas penampang total tulangan sengkang persegi A_{sh} tidak boleh kurang dari 2 persamaan :

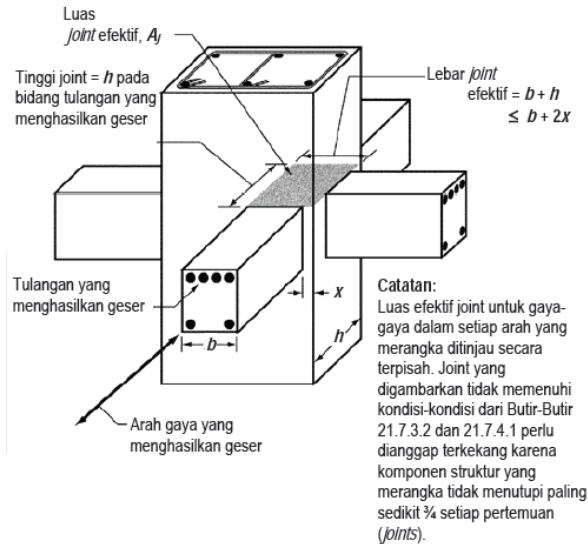
$$A_{sh} = 0,3 \cdot \frac{Sb_c F_c'}{F_{yt}} \left[\frac{Ag}{Ach} - 1 \right] \dots\dots\dots (2 - 10)$$

$$A_{sh} = 0,9 \cdot \frac{Sb_c F_c'}{F_{yt}} \dots\dots\dots (2 - 11)$$

2.4.4 Joint Rangka Momen Khusus

Persyaratan umum joint rangka momen khusus diatur dalam SNI 2847 2013 pasal 21.7.2. yaitu:

1. Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal di muka *joint* harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25F_y$.
2. Tulangan longitudinal balok yang dihentikan dalam suatu kolom harus diteruskan ke muka jauh inti kolom terkekang dan diangkur dalam kondisi tarik menurut pasal 21.7.5 dan dalam kondisi tekan menurut Pasal 12.
3. Bila tulangan balok longitudinal menerus melalui joint balok-kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar untuk beton normal (*normal weight*). Untuk beton ringan (*lightweight*), dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter batang tulangan.



Gambar 2.7 Luas Joint Efektif

2.5 Sistem Dinding Struktural

Sistem Dinding Struktural (SDS) adalah dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi gaya geser, momen dan gaya aksial yang ditimbulkan oleh beban lateral khususnya beban gempa. Suatu dinding geser (*Shearwall*) pada dasarnya merupakan dinding struktural dan persyaratan yang disyaratkan sesuai SNI 1726 2012 dimana dinding struktural setidaknya mampu memikul beban lateral sebesar 75% dari total beban lateral yang bekerja pada bangunan tersebut. Dinding Struktural dapat dikelompokkan sebagai berikut.

1. Dinding Struktural Beton Biasa
Sistem dinding struktural yang memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya boleh digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.
2. Dinding Struktural Beton Khusus
Sistem dinding struktural yang memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan KDS D, E dan F.

2.6 Sistem Ganda (*Dual System*)

Sistem Ganda dapat diartikan sebagai kesatuan sistem struktur yang terdiri dari rangka utama yang memikul seluruh beban gravitasi dan pemikul beban lateral berupa dinding struktural dengan rangka utama (SNI 03-1726-2012). Dengan sistem ganda, maka tinggi bangunan dapat mencapai sampai 50 tingkat untuk struktur beton, sedangkan bila digunakan struktur baja dapat mencapai sampai 40 tingkat (Tavio dan Kusuma, 2009).

Tipe sistem struktur ini memiliki 3 ciri dasar :

1. Rangka utama lengkap berupa SRPM yang memikul beban gravitasi.
2. Pemikul beban lateral dilakukan oleh SRPM dan Dinding struktural dimana SRPM harus bisa memikul sedikitnya 25% dari beban lateral dan Dinding struktural yang memikul sisa 75 % beban lateral tersebut.
3. SRPM dan Dinding struktural direncanakan untuk menahan beban gempa nominal secara proporsional berdasarkan kekakuan relatifnya.

2.7 Sistem Transportasi Vertikal

Suatu bangunan tinggi tentu memerlukan sarana transportasi vertikal demi menunjang sarana lalu lintas dan kebutuhan kenyamanan para penghuni bangunan tersebut. Sarana transportasi vertikal tersebut bertujuan untuk mempermudah akses berpindah dari satu lantai ke lantai lainnya sehingga lebih efisien waktu dan tenaga bagi para penghuni bangunan tersebut. Salah satu sarana transportasi vertikal dalam gedung bertingkat adalah *lift/elevator*. *Lift/Elevator* sangat umum dijumpai pada gedung bertingkat saat ini. Lift menurut fungsinya dibagi menjadi empat yaitu ;

1. *Lift* penumpang (*passanger elevator*)
2. *Lift* barang (*frigt elevator*)
3. *Lift* uang/makanan (*dump waiters*)
4. *Lift* pemadam kebakaran

Perencanaan lift dalam suatu bangunan juga harus diperhatikan, dimana setiap bangunan tentu memiliki kebutuhan yang berbeda-beda. Dasar penentuan kriteria *lift* dalam suatu bangunan harus memperhatikan beberapa aspek seperti tipe/fungsi dari bangunan tersebut, jumlah lantai, luas tiap lantai dan interval tiap lantai. Sistem penggerak dalam *lift/elevator* dibedakan menjadi ;

1. Sistem *gearless*, yaitu mesin dari *lift* tersebut berada diatas bangunan. Seperti pada bangunan perkantorean, hotel, rumah sakit.
2. Sistem *hydraulic*, yaitu mesin dari *lift* tersebut berada dibawah *lift*, biasanya hanya terbatas untuk gedung 3-4 lantai. Umumnya digunakan untuk *lift* barang atau *lift* uang.

Dan bagian-bagian dari rumah lift dibagi menjadi ;

1. *Lift* pit, yang merupakan tempat pemberitahuan akhir paling bawah, berupa *buffer* sangkar dan *buffer* beban penyeimbang .
2. Ruang luncur (*hoistway*), tempat meluncurnya kereta *lift*, pada umumnya ruang luncur berada pada *core* bangunan.
3. Ruang mesin, tempat meletakkan mesin *lift* serta tempat *control panel lift*.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 3

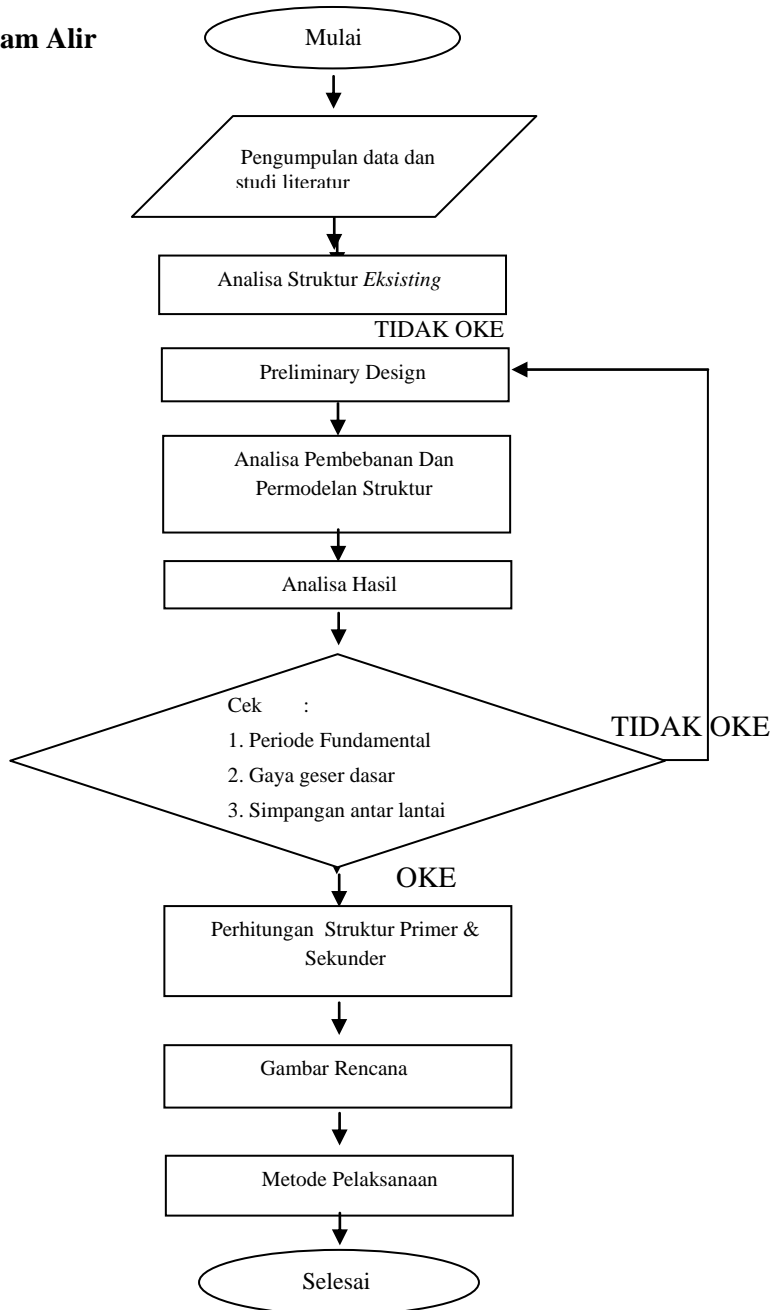
METODOLOGI DAN ANALISA STRUKTUR EKSISTING

3.1 Umum

Pada proses perencanaan struktur tentunya harus memiliki susunan dan langkah-langkah dalam pengerjaannya. Bab 3 ini yang merupakan metodologi serta analisa struktur kondisi eksisting akan membahas mengenai tahapan-tahapan awal pengerjaan tugas akhir serta menganalisa sistem struktur eksisting dari gedung Namira Surabaya yang berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Tahapan-tahapan bagan alir tersebut terdiri dari ;

1. Studi literatur dan pengumpulan data bangunan
2. Menganalisa kondisi struktur eksisting
3. Melakukan preliminary design jika struktur eksisting tidak memenuhi
4. Analisa pembebanan dan permodelan struktur
5. Analisa hasil permodelan struktur
6. Perhitungan Struktur Sekunder dan Primer
7. Menggambar hasil perencanaan
8. Metode Pelaksanaan
9. Selesai (Kesimpulan)

3.2 Diagram Alir



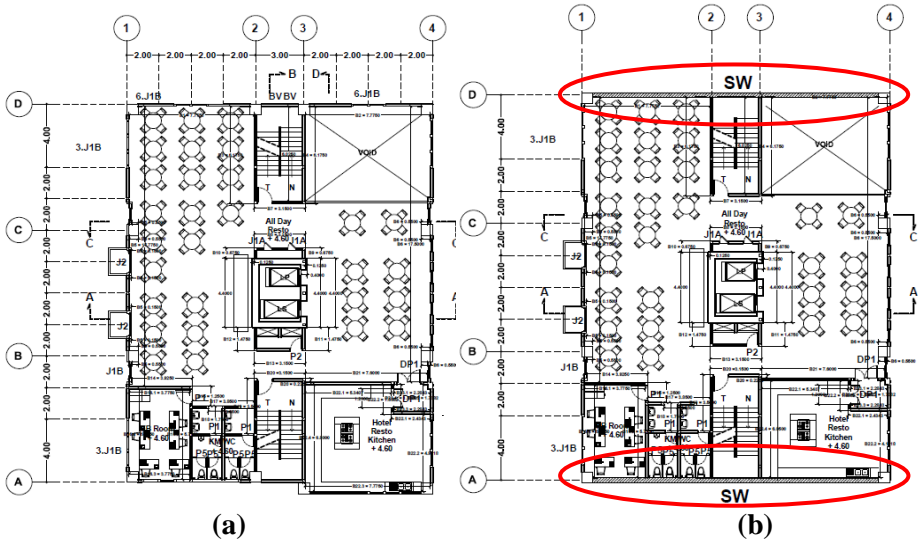
3.3 Data Eksisting Bangunan

Berikut merupakan data-data proyek Hotel Namira Surabaya:

1) Data Umum Proyek

Nama proyek	: Hotel Namira Surabaya
Lokasi proyek	: Jl. Raya Pagesangan, Surabaya
Fungsi bangunan	: Hotel
Luas bangunan	: 4649 m ² .
Jumlah lantai	: 9 lantai + lantai atap
Tinggi bangunan	: + 35,7 meter
Sistem Struktur	: Sistem Rangka Pemikul Momen
Struktur atap	: Pelat beton

Dari data awal yang didapat maka pada tugas akhir terapan ini bangunan akan direncanakan dimodifikasi diantaranya menambahkan *shearwall* pada sisi luar bangunan yang merupakan sumbu lemah bangunan namun tidak mengubah jumlah lantai bangunan .



Gambar 3. 1 Denah Awal (a) Dan Denah Modifikasi (b)

- 2) Data Tanah

Data tanah proyek diperoleh dari hasil uji test tanah di laboratorium uji tanah Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS. Tepatnya data tanah di lokasi jambangan Surabaya yang sangat berdekatan dengan lokasi proyek Hotel Namira. Dan setelah melakukan analisa kategori desain seismik dari data tanah tersebut dapat disimpulkan klasifikasi tanahnya SE dan bangunan tersebut termasuk dalam kategori desain seismik D.
- 3) Peraturan Yang Digunakan :
 1. SNI 2847-2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

2. SNI 1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
3. SNI 1727-2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

3.4 Preliminary Design

Preliminary design adalah memperkirakan dimensi awal dari komponen struktur suatu bangunan berdasarkan standar acuan tertentu. *Preliminary* dilakukan untuk merencanakan struktur baru dari suatu bangunan yang akan direncanakan.

3.4.1 Preliminary Elemen Balok

Perencanaan elemen struktur balok menurut acuan SNI 03-2847 2013 dapat menggunakan persamaan pada tabel 9.5(a)

Tabel 3. 1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang Atau Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,00.
 (b) Untuk f_c selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_c/700)$.

Untuk lebar minimum balok juga diatur dalam SNI 03-2847 2013 pasal 21.5.1.3 bahwa lebar minimum balok (bw) adalah tidak kurang dari nilai terkecil dari 0,3h dan 250 mm.

3.4.2 Preliminary Tebal Pelat

Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang diantara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek tidak lebih dari 2 (pelat 1 arah), maka sesuai SNI 03-2847 2013 pasal 9.5.3.2 tebal minimum nya harus sesuai tabel 9.5(c)

Tabel 3. 2 Tebal pelat minimum tanpa balok interior

Tegangan leleh, f_y MPa [†]	Tanpa penebalan [‡]			Dengan penebalan [‡]		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

^{*}Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
[†]Untuk f_y , antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
[‡]Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
[§]Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai a_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

Untuk pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya (pelat 2 arah), maka tebal minimum (h) harus memenuhi ketentuan SNI 03-2847 2013 pasal 9.5.3.3 sebagai berikut ;

- a. Untuk $\alpha_{fm} \leq 0,2$ maka :
 Tebal pelat tanpa penebalan = 125 mm
 Tebal pelat dengan penebalan = 100 mm
- b. Untuk $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2$ maka :

$$h = \frac{\ln (0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)} \dots\dots\dots (3 - 1)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- c. Untuk $\alpha_{fm} \geq 0,2$ maka h minimum :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (3 - 2)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_r tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan pada persamaan b dan c diatas ditambah 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

dimana :

h = tebal pelat beton

ln = panjang bentang bersih terpanjang pelat

sn = panjang bentang bersih terpendek pelat

α_r = Rasio kekuatan lentur

α_{fm} = Nilai rata-rata α_f untuk keempat sisi pelat

β = Rasio bentang bersih terpanjang terhadap bentang bersih terpendek

$\frac{ln}{sn} \leq 2$ termasuk pelat 1 arah, dan $\frac{ln}{sn} \geq 2$ termasuk pelat

2 arah

3.4.3 Preliminary Elemen Kolom

Persyaratan untuk perencanaan kolom terdapat pada SNI 03-2847 2013 pasal 21.6 :

- Besarnya beban aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak kurang dari $\frac{A_g \cdot F_c'}{10}$
- Ukuran penampang tidak kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.
- Persamaan penentuan dimensi = $\frac{h_{kolom}}{i_{kolom}} \geq \frac{h_{balok}}{i_{balok}}$

3.4.4 Preliminary Elemen Shearwall

Perencanaan *shearwall* sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 14. 5. 3. 1, tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm.

3.4.5 Perencanaan Tangga

Perletakkan pada tangga diasumsikan sebagai sendi-rol serta tebal pelat tangga memperhitungkan kenyamanan pengguna dengan persyaratan sebagai berikut :

- Sudut kemiringan tangga $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
- Sudut kemiringan tangga $\alpha = \frac{\text{arc tan } t}{i}$
- Jumlah tanjakan (n_i) = Tinggi tangga / t
- Tebal efektif tangga :

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

$\frac{1}{2} \times i \times t = \frac{1}{2} (\sqrt{i^2 + t^2}) \times d$, maka tebal efektif pelat tangga adalah tebal rencana + $d/2$

Atau perencanaan tebal pelat tangga dapat direncanakan sesuai SNI 1746 2000 mengenai “Tata Cara Perencanaan Dan Pemasangan Sarana Jalan Keluar Untuk Penyelamatan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung” pada pasal 5.2.1.

3.5 Analisa Pembebanan

Analisa pembebanan ditinjau sesuai dengan SNI 03- 1727 2013 (Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain).

3.5.1 Beban Mati

Beban mati struktur bangunan terdiri dari:

- a. Beban mati pada pelat lantai :
 - Berat sendiri pelat
 - Beban Keramik
 - Spesi
 - *Plafond* + penggantung
 - *Plumbing*
 - Instalasi listrik
- b. Beban mati pada balok
 - Berat sendiri balok
 - Beban mati pelat lantai
 - Beban dinding
 - Beban acian
- c. Beban mati pada atap
 - Berat sendiri pelat atap
 - Beban aspal
 - *Plafond* + penggantung
 - *Plumbing*
 - Instalasi listrik
- d. Beban mati pada tangga
 - Berat sendiri pelat tangga
 - Beban anak tangga
 - Beban pelat bordes
 - Beban keramik
 - Beban spesi
 - Beban *railing*

3.5.2 Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada struktur bangunan ditentukan sebagai berikut :

- a. Beban Hidup pada pelat lantai (sesuai SNI 03-1727 2013 tabel 4-1)

- b. Beban Hidup pada pelat atap (sesuai SNI 03-1727 2013 pasal 4.8.2)
- c. Beban Hidup pada tangga (sesuai SNI 03-1727 2013 pasal 4.5.4)

3.5.3 Beban Gempa

Analisa beban seismik direncanakan menggunakan respons spektrum sesuai dengan acuan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 03-1726 2012.

3.5.4 Beban Angin

Beban angin yang bekerja pada bangunan direncanakan sesuai persyaratan yang ada pada SNI 03-1727 2013 pasal 26 - pasal 31.

3.6 Permodelan Struktur

Pada tahap permodelan struktur digunakan program bantu SAP 2000 untuk memodelkan struktur bangunan dari hasil *preliminary design* serta analisa pembebanan yang telah dilakukan sebelumnya dengan sistem struktur SRPMK. Serta melakukan input kombinasi pembebanan sesuai SNI 03-1727 2013 pasal 2.3.2 untuk menganalisa gaya dalam yang terjadi pada struktur bangunan. Dimana kombinasi pembebanannya ialah :

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (I \text{ atau } 0,5 W)$
- $1,2D + 1W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$

- $1,2D + 1E + L + 0,2S$
- $0,9D + 1W$
- $0,9D + 1E$

dimana :

- D = Beban mati
 L = Beban hidup
 E = Beban gempa
 R = Beban hujan
 Lr = Beban hidup atap
 W = Beban angin

3.7 Analisa Hasil

Dari hasil permodelan struktur dan input pembebanan sesuai SNI 03-1727 2013 pasal 2.3.2, maka dapat di analisa gaya dalam yang terjadi struktur bangunan tersebut. Dapat diketahui titik-titik atau bagian mana saja pada struktur bangunan yang mengalami kegagalan. Selain itu juga dilakukan kontrol dinamis pada struktur bangunan tersebut.

3.7.1 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Menurut SNI 1726 2012 pasal 7.8.2.1 persamaan periode fundamental pendekatan (T_a) harus ditentukan dalam persamaan berikut :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \dots\dots\dots (3 - 3)$$

dimana :

h_n = tinggi struktur bangunan (meter)

Nilai C_t dan x ditentukan dalam tabel 15 SNI 1726 2012

Tabel 3. 3 Nilai koefisin C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 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 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Batasan atas periode fundamental sesuai SNI 1726 2012 pasal 7.8.2 adalah

$$T_a \text{ atas} = C_u \cdot T_a \dots\dots\dots (3 - 4)$$

Dimana C_u diperoleh dari tabel 14 pada SNI 1726 2012.

Tabel 3. 4. Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sesuai SNI 1726 2012 pasal 7.9.4.1 periode yang digunakan untuk menghitung gaya geser dasar seismik adalah sebagai berikut :

Jika $T_c > C_u \cdot T_a$, maka $T = C_u \cdot T_a$

Jika $T_c < T_a$, maka $T = T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$, maka $T = T_c$

3.7.2 Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Kontrol gaya geser dasar gempa ini bertujuan untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan

menggunakan *response spektrum* sudah sesuai dengan persyaratan SNI 1726 2012. Gaya geser seismik (V_{statik}).

$$V_{statik} = C_s \cdot W_t \dots\dots\dots (3 - 5)$$

diamana :

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik efektif

Dan sesuai SNI 1726 2012 pasal 7.8.1.1

$$C_s = \frac{S_{ds}}{R / I_e} \dots\dots\dots (3 - 6)$$

dan nilainya tidak perlu melebihi

$$C_s = \frac{S_{d1}}{T \cdot (R / I_e)} \dots\dots\dots (3 - 7)$$

Juga harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,44 S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

dengan :

S_{DS} = Parameter percepatan spektrum respon desain dalam rentang periode pendek

S_{D1} = Parameter percepatan spektrum respon desain dalam rentang periode 1 detik

T = Periode fundamental struktur

I_e = Faktor keutamaan gempa

Kontrol gaya geser dasar sesuai SNI 1726 2012 pasal 7.9.4

$$V_{statik} < V_{dinamik}$$

diamana $V_{dinamik}$ adalah gaya geser dasar yang didapat melalui analisa struktur . Jika tidak memenuhi persamaan diatas maka gaya harus dikalikan $\frac{0,85 V_{dinamik}}{V_{statik}}$

3.7.3 Kontrol Simpangan

Pada SNI 1726 2012 pasal 7.8.6 defleksi pusat massa pada tingkat x (δx) ditentukan dengan persamaan :

$$\delta x = \frac{Cd \cdot \delta xe}{Ie} \dots\dots\dots (3 - 8)$$

dimana :

Cd = faktor amplifikasi defleksi (dalam tabel 9 SNI 1726 2012)

δx = defleksi pada lokasi yang disyaratkan

Ie = Faktor keutamaan gempa

Dan sesuai SNI 1726 2012 pasal 7.12.1 simpangan antar lantai tidak boleh melebihi simpangan ijin sesuai tabel 16 SNI 1726 2012

Tabel 3. 5. Simpangan Antar Lantai Ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

3.8 Perhitungan Struktur Primer dan Sekunder

3.8.1 Perhitungan Penulangan Balok

Langkah-langkah dalam perhitungan tulangan balok adalah sebagai berikut :

a. Penulangan lentur :

$$d = h - \text{selimut beton} - (D/2) \dots\dots\dots (3 - 9)$$

$$\beta_1 = 0,05 \times \left(\frac{F_c' - 28}{7} \right) \dots\dots\dots (3 - 10)$$

$$R_n = \frac{Mn}{bw \cdot d} \dots\dots\dots (3 - 11)$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot F_c'} \dots\dots\dots (3 - 12)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot F_c'}{F_y} + \left(\frac{F_y + 600}{600} \right) \dots\dots\dots (3 - 13)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0367 = 0,028 \dots\dots\dots (3 - 14)$$

$$\rho_{max} = 1,4 / F_y \dots\dots\dots (3 - 15)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \sqrt{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}}} \dots\dots\dots (3 - 16)$$

$$A_s = \rho \times bw \times d \dots\dots\dots (3 - 17)$$

$$n = A_s \text{perlu} / A_s \text{ tulangan} \dots\dots\dots (3 - 18)$$

kontrol :

- Luas tulangan minimum

$$A_s \text{ min} = 0,25 \frac{\sqrt{F_c}}{F_y} bw \cdot d, \dots\dots\dots (3 - 19)$$

$$\text{tidak boleh lebih kecil dari} = \frac{bw \cdot d}{F_y} 1,4$$

- Jarak tulangan maksimum , nilai terkecil dari :

$$S_{max} = 3 \cdot H_f$$

$$S_{max} = 450 \text{ mm}$$

- Momen aktual

$$a = \frac{A_s \cdot fy}{0,85 \cdot F_c \cdot bw} \dots\dots\dots (3 - 20)$$

$$M_n = \phi \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{a}{2} \right) > M_u$$

b. Penulangan geser :

Pada SNI 2847 2013 pasal 11.1.1 desain penampang geser ialah

$$\begin{aligned} & \emptyset \cdot V_n > V_u \\ V_n &= V_c + V_s \dots\dots\dots (3 - 21) \end{aligned}$$

dimana ;
 V_c = kapasitas geser penampang
 V_s = kapasitas geser tulangan

Jika $V_u < \emptyset V_c$, maka tidak perlu tulangan geser
 $V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{F_c'} \times b_w \times d \dots\dots\dots (3 - 22)$

$V_s = \frac{A_v \cdot F_{yt} \cdot d}{s}$, tidak boleh lebih besar dari
 $V_s = 0,66 \times \sqrt{F_c'} \times b_w \times d \dots\dots\dots (3 - 23)$
 $S_{max} \leq d / 2$

3.8.2 Perhitungan Penulangan Kolom

- a. Penulangan lentur :
 Sesuai SNI 2847 2013 pasal 21.6.2.2 kekuatan kolom harus memenuhi :
 $\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \cdot \Sigma M_{nb} \dots\dots\dots (3 - 24)$

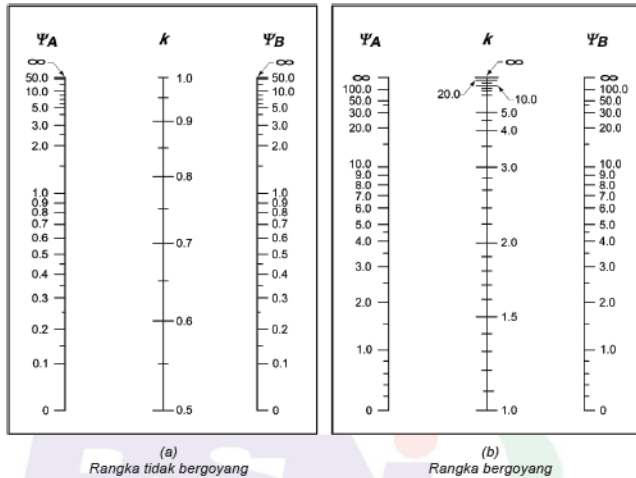
Nilai faktor kekuan kolom (EI),menurut SNI 2847 2013 pasal 10.10.6.1
 $EI = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_1} \dots\dots\dots (3 - 25)$

Faktor kekangan ujung kolom , menurut SNI 2847 2013 pasal 10.10.7.2

$$\Psi = \frac{\Sigma \left(\frac{EI}{L} \right)_{Kolom}}{\Sigma \left(\frac{EI}{L} \right)_{Balok}} \dots\dots\dots (3 - 26)$$

Faktor panjang efektif

Untuk menentukan faktor panjang efektif maka dipakai nomogram pada SNI 2847 2013 pasal 10.10.7.2



Gambar 3. 2. Nomograf Penentuan Nilai K Pada Kolom

Kontrol kelangsingan

Pengaruh kelangsingan kolom harus dicek terlebih dahulu dengan dua kondisi sesuai SNI 2847 2013 pasal 10.10.1, yaitu :

$$Unbraced = \frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 \dots\dots\dots (3 - 27)$$

$$Braced = \frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34 - 12 \frac{M1}{M2} \leq 40 \dots\dots (3 - 28)$$

dimana :

k = faktor panjang efektif

l_u = panjang kolom yang tidak tertumpu

- r = radius girasi
- M_1/M_2 = rasio momen pada ujung

Beban kritis , sesuai SNI 2847 2013 pasal 10.10.6

$$P_c = \frac{\pi \cdot EI \text{ Kolom}}{(k.lu)^2} \dots\dots\dots (3 - 29)$$

Faktor Pembesaran Momen

1. Untuk rangka portal tidak bergoyang

$$\delta ns = \frac{cm}{1 - \frac{Pu}{0,75 \cdot Pc}} \geq 1 \dots\dots\dots (3 - 30)$$

$$M_c = \delta ns \cdot M2$$

2. Untuk rangka portal bergoyang

$$\delta ns = \frac{cm}{1 - \frac{Pu}{0,75 \cdot Pc}} \geq 1 \dots\dots\dots (3 - 31)$$

$$M_1 = M1_{ns} + \delta s M1_s \dots\dots\dots (3 - 32)$$

$$M_2 = M2_{ns} + \delta s M2_s \dots\dots\dots (3 - 33)$$

Untuk perhitungan tulangnya dapat diperoleh dari diagram interaksi antara momen terfaktor dengan gaya aksial yang terjadi pada kolom. Diagram ini dapat diperoleh dari program bantu PCACOL.

b. Penulangan Geser

Perhitungan momen kapasitas (M_{pr})

Menurut sni 2847 2013 pasal 21.6.2.2 M_{pr} kolom tidak perlu lebih besar dari M_{pr} balok-balok yang merangka pada *joint* .

$$M_{pr} = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y (d - apr/2) \dots\dots\dots (3 - 34)$$

$$A_{pr} = \frac{1,25 A_s F_y}{0,85 F_c b} \dots\dots\dots (3 - 35)$$

reaksi pada ujung-ujung kolom dihitung dengan persamaan

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{l_u} \dots\dots\dots (3 - 36)$$

dimana :

M_{pr3} = kapasitas momen disalah satu ujung kolom

M_{pr4} = kapasitas momen diujung lainnya

l_u = panjang bentang bersih kolom

perhitungan kebutuhan tulangan geser

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots (3 - 37)$$

Spesi tulangan :

$$s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (3 - 38)$$

kontrol luas tulangan geser (A_{sh}) dan luas penampang tulangan (A_v) harus memenuhi syarat SNI 2847 2013 pasal 21.6.4.4

$$A_v > A_{sh} = 0,09 \frac{s \cdot b_c \cdot F_c'}{F_{yt}} \dots\dots\dots (3 - 39)$$

diamana :

V_s = gaya geser tulangan

V_u = gaya geser ultimate

V_c = gaya geser beton

b_w = lebar balok

d = tinggi efektif

A_v = luas tulangan sengkang

S = spesi tulangan transversal

b_c = lebar penampang inti beton yang terkekang

A_g = luas kotor kolom

A_{ch} = luas penampang inti beton , dari serat terluar tulangan transversal ke serat terluar tulangan transversal di sisi lainnya

3.8.3 Hubungan Balok Kolom

Kekuatan geser pada hubungan balok kolom harus memenuhi persyaratan SNI 2847 2013 pasal 21.7.4.1.

Untuk HBK terkekang balok pada semua muka :

$$1,7 \sqrt{F_c'} A_f$$

Untuk HBK terkekang balok pada 3 muka atau 2 muka berlawanan :

$$1,2 \sqrt{F_c'} A_f$$

Untuk HBK kasus-kasus lainnya :

$$1,0 \sqrt{F_c'} A_f$$

Panjang penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik harus sesuai SNI 2847 2013 pasal 21.7.5.1, yaitu :

- $8 \cdot db$
- 150 mm
- $L_d = \frac{f_y db}{5,4 \sqrt{f_c'}}$

3.8.4 Perhitungan *Shearwall*

Persyaratan untuk dinding struktur khusus terdapat pada SNI 2847 2013 pasal 21.9

- Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya geser:
 1. Kontrol dimensi dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh melebihi $0,083 A_{cv} \sqrt{F_c'}$
 2. Rasio tulangan ρ_t dan ρ_l tidak boleh kurang dari 0.0025
- Perhitungan Tulangan Geser (*Shearwall*)
Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 21.9.2.2, sedikitnya dipasang dua lapis tulangan apabila gaya geser terfaktor melebihi :

$$0,17 A_{cv} \sqrt{F_c'}$$

- Perhitungan Tulangan Geser Vertikal dan horizontal menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$V_u < \phi V_n$$

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{F_c'} + \rho_t F_y) \dots\dots\dots (3 - 40)$$

α_c bernilai 0.25 untuk $h_w/l_w \leq 1.5$ dan bernilai 0.17 untuk $h_w/l_w \geq 2.0$

- Kontrol spasi tulangan vertikal dan horizontal menurut SNI 2847 2013 pasal 21.9.1 spasi tulangan vertikal maupun horizontal ≤ 450 mm menurut SNI 2847 2013 pasal 11.9.9.3 Spasi tulangan horizontal:

$$S \leq L_w / 3$$

$$S \leq 3 h$$

Kontrol komponen batas menurut sni 2847 2013 pasal 21.9.6.3 komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* lebih dari $0.2 F_c'$

$$\frac{Mu}{w} + \frac{Pu}{Ac} > 0,2. F_c' \dots\dots\dots (3 - 41)$$

3.8.5 Perhitungan Pelat lantai

Berikut langkah-langkah perhitungan penulangan pelat sesuai dengan persamaan 3-9 sampai 3-18.

Pembebanan pelat lantai :

- Beban mati
- Beban hidup

Menghitung momen nominal pelat

$$M_n = M_u / \phi \dots\dots\dots (3 - 42)$$

Menghitung rasio tulangan seperti pada persamaan 3-11 sampai persamaan 3-17

$$R_n = \frac{Mn}{bw \cdot d}$$

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

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

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

$$\rho_{min} = 1,4 / F_y$$

Menghitung rasio tulangan pakai :

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \sqrt{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}}}$$

jika $\rho_{min} > \rho_{perlu}$, maka ρ_{perlu} diperbesar sebesar 30%

Menghitung luas tulangan perlu

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times bw \times d$$

Kontrol persyaratan tulangan pelat :

- Spasi tulangan pada daerah momen maks positif dan negatif sesuai SNI 2847 2013 pasal 13.3.2 dan pasal 7.12.2. 2

$$S \leq 2h$$

$$S \leq 450 \text{ mm}$$

- Syarat tulangan minimum dan maksimum sesuai SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1:

$$A_s \text{ min} = 0,0018 \cdot b \cdot h \text{ (untuk } F_y=400 \text{ Mpa)}$$

3.8.6 Perhitungan Struktur Pondasi

Perencanaan struktur pondasi menggunakan tiang pancang dan menggunakan data tanah *Standart Penetration Test* (SPT).

1 Kekuatan Ijin Tanah

Kekuatan ijin tanah dapat dihitung :

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (3 - 43)$$

$$Q_u = 20 N A_p + \frac{N_{av} A_s}{5} \dots\dots\dots (3 - 44)$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{S_F} \dots\dots\dots (3 - 45)$$

dimana :

Q_u = daya dukung tanah ultimit

Q_p = daya dukung di ujung tiang

Q_s = daya dukung selimut tiang

Q_{ijin} = kekuatan ijin tanah

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

S_F = *safety factor* = 3

2 Perencanaan Tiang Pancang

a. Perhitungan jarak antar tiang pancang

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

b. Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer

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

c. Efisiensi (η)

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \dots\dots\dots (3 - 46)$$

dimana :

θ = arctan d/s, dalam derajat

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

d = diameter tiang
 s = jarak pusat ke pusat tiang lain

d. Kekuatan kelompok tiang

$$P_{kelompok} = \eta \cdot P_{ijin} \dots\dots\dots (3 - 47)$$

e. Gaya yang dipikul tiang pancang

$$P = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y X_{maks}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x Y_{maks}}{\Sigma y^2} \dots\dots\dots (3 - 48)$$

f. Kontrol tiang pancang

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

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

$$P_{max} \leq P_{kelompok}$$

3 Perencanaan *Pile Cap* (*Poer*)

a. Perhitungan Tulangan Lentur

Langkah-langkah penulangan lentur sebagai berikut
 :

Rencanakan ketinggian *pile cap* (h)

Hitung momen ultimit

$$M_u = (P \cdot x) - \left(\frac{1}{2} q l^2\right) \dots\dots\dots (3 - 49)$$

Hitung nilai R_n

$$R_n = \frac{M_u}{b d^2} \dots\dots\dots (3 - 50)$$

Hitung rasio tulangan minimum *poer*

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (3 - 51)$$

Hitung rasio tulangan maksimum *poer*

$$P_{max} = 0,75 \frac{0,85 \beta f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y}\right) \dots\dots\dots (3 - 52)$$

Hitung nilai m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} \dots\dots\dots (3 - 53)$$

Hitung rasio tulangan lentur *pile cap*

$$P_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \dots\dots\dots (3 - 54)$$

Kebutuhan tulangan lentur *pile cap*

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (3 - 55)$$

b. Perhitungan Tulangan Geser

Perencanaan tulangan geser, nilai V_c diambil dari yang terkecil sesuai SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{F_c'} b_0 d \dots\dots\dots (3 - 56)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{F_c'} b_0 d \dots\dots\dots (3 - 57)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{F_c'} b_0 d \dots\dots\dots (3 - 58)$$

Kemudian cek kondisi geser sesuai SNI 2847-2013 PASAL 11.1.1 :

$$\Phi V_c \geq V_u$$

Jika tidak memenuhi, maka penampang harus diperbesar

c. Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

1 Tulangan Kondisi Tarik

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2 :

- Untuk tulangan yang lebih besar dari D22

$$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d \geq 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (3 - 59)$$

- Untuk tulangan yang lebih kecil dari D19

$$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d \geq 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (3 - 60)$$

2 Tulangan Kondisi Tekan

Diambil yang terbesar sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.3.2:

$$\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} d_b \text{ dan } 0,043 F_y \cdot d_b \dots\dots\dots (3 - 61)$$

3 Tulangan Lebih

Dihitung sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.3.3(b) :

$$\frac{As\text{-perlu}}{As\text{-pasang}} \lambda_d \dots\dots\dots (3 - 62)$$

Dimana : $\lambda_d = 1,0$ untuk beton normal sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.2.4

3.9 Penggambaran Gambar Rencana

Dari hasil perencanaan struktur diatas maka setelah itu hasil perencanaan dapat direalisasikan kedalam gambar rencana menggunakan program bantu Autocad. Gambar yang dihasilkan berupa gambar-gambar strutuk dan arsitektur seperti :

- Denah bangunan
- Tampak bangunan
- Potongan memanjang dan melintang
- Denah pembalokan
- Denah pondasi
- Denah kolom
- Denah pelat
- Penulangan balok
- Penulangan kolom
- Penulangan *shearwall*
- Penulangan pelat
- Penulangan hubungan balok kolom
- Penulangan pada tangga

3.10 Metode Pelaksanaan

Setelah perencanaan struktur dan gambar struktur diselesaikan, selanjutnya pembahasan mengenai metode pelaksanaan. Pada tugas akhir ini penulis membahas mengenai metode pelaksanaan pekerjaan *shearwall*.

1 Pekerjaan Bekisting

Pekerjaan bekisting dilaksanakan setelah diketahui titik-titik penempatan bekisting melalui *marking point*. Pekerjaan bekisting pada balok – pelat menggunakan sistem semi modern dengan memakai *plywood* dan *scaffolding*.

2 Pekerjaan Tulangan

Pekerjaan tulangan merupakan pekerjaan yang meliputi pekerjaan pemotongan hingga perakitan tulangan, baik perakitan di tempat langsung maupun di tempat fabrikasi. .

3 Pekerjaan Pengecoran

Pekerjaan pengecoran merupakan pekerjaan penuangan beton segar ke area yang telah dipasang *bekisting* dan tulangan. Pengecoran pada balok – pelat menggunakan beton *ready mix*.

4 Pekerjaan Pembongkaran *Bekisting*

Pekerjaan pembongkaran *bekisting* pelat dan balok dilakukan apabila beton telah cukup umur yaitu selama 7 hari. Beton yang cukup umur adalah beton yang dapat menahan berat sendiri dan beban dari luar.

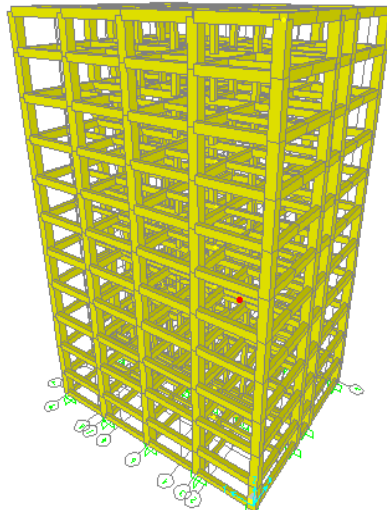
5 Pekerjaan *Curing* Beton

Pekerjaan *curing* beton dilakukan setelah pembongkaran *bekisting*, saat beton mulai atau memasuki fase *hardening*.

3.11 Analisa Struktur Eksisting Dan Diskusi

Analisa struktur merupakan suatu proses untuk menentukan respons suatu struktur bangunan terhadap suatu pembebanan, baik beban aksial maupun lateral. Respons struktur dari hasil analisa tadi dinyatakan dengan gaya-gaya yang terjadi dalam struktur dan deformasi yang dialami struktur bangunan tersebut. Dalam sub bab ini sistem struktur eksisting gedung Namira Surabaya akan dimodelkan dan dianalisa guna mengetahui respons struktur yang terjadi menggunakan program bantu SAP 2000 .

Permodelan bangunan dilakukan dengan memodelkan sistem sesuai kondisi eksisting yang menggunakan sistem rangka pemikul momen sebagai sistem strukturnya.



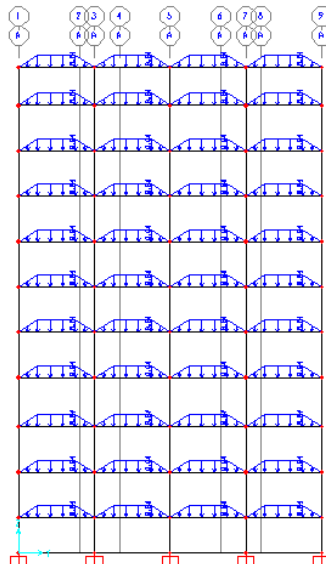
Gambar 3. 3. Permodelan Struktur Eksisting Pada SAP 2000

3.11.1 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur permodelan ditinjau dengan beberapa kombinasi pembebanan , dimana beban-beban yang bekerja pada struktur antara lain beban aksial maupun beban lateral

1. Beban Mati

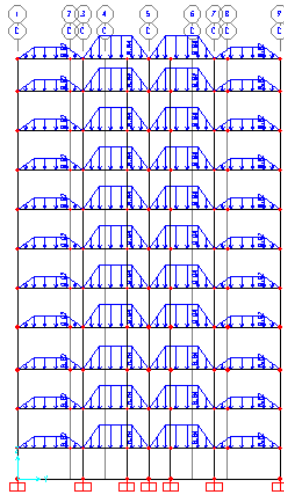
Beban mati yang bekerja pada struktur dibagi menjadi berat sendiri (*self weight*) struktur seperti pelat, balok dan kolom yang sudah secara otomatis terdefiniskan langsung dalam permodelan SAP dan beban mati tambahan yang terlebih dahulu dihitung lalu di input kedalam permodelan sebagai beban mati (dead load) trapesium dan segitiga pada balok.



Gambar 3. 4 Beban Dead Trapesium Pada Balok

2. Beban Hidup

Beban hidup (*live load*) yang bekerja pada struktur dianalisa berdasarkan SNI 1727 2012 tabel 4-1 dimana beban hidup untuk bangunan hotel/apartemen $1,92 \text{ kN/m}^2$, beban hidup lobby $4,79 \text{ kN/m}^2$ dan untuk atap $0,98 \text{ kN/m}^2$. Kemudian beban hidup tersebut di input kedalam permodelan SAP 2000 sebagai beban hidup (*live load*) trapesium dan segitiga pada balok sama halnya dengan beban mati.



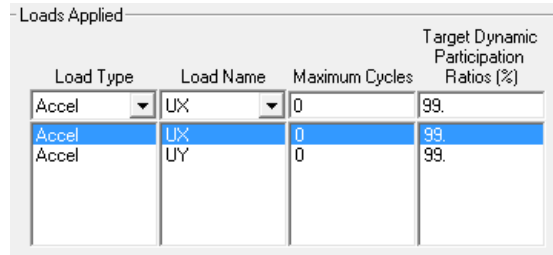
Gambar 3. 5. Beban Live Trapesium Pada Balok

3. Beban Gempa

Untuk beban lateral yaitu beban gempa dianalisa terlebih dahulu sesuai ketentuan SNI 1726 2012. Pembebanan gempa ditinjau dalam arah sumbu x dan sumbu y bangunan. Dan untuk pembebanan gempa disesuaikan dengan lokasi bangunan yang terletak di Surabaya dimana untuk tanahnya termasuk dalam kategori tanah lunak dan bangunan termasuk dalam KDS D

3.11.2 Pendefinisian Modal Analisis Dan Faktor Skala Gaya Gempa Respons Spektrum

Analisa modal menggunakan program bantu SAP 2000 didefinisikan 5 kali jumlah lantai yang dimodelkan dalam SAP 2000 untuk menjamin partisipasi massa struktur 90



Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)
Accel	UX	0	99.
Accel	UX	0	99.
Accel	UY	0	99.

Gambar 3. 6 Input analisa modal pada SAP 2000

Pembebanan gempa ditinjau dari 2 arah yaitu arah x dan arah y sesuai sumbu global, yaitu :

$$\text{Gempa arah } X (Q_x) = 100\% E_x + 30\% E_y \dots\dots\dots (3 - 63)$$

$$\text{Gempa arah } Y (Q_y) = 100\% E_y + 30\% E_x \dots\dots\dots (3 - 64)$$

Faktor skala gaya gempa dengan respon spektrum diambil dari persamaan SNI 1726 2012 dan menyesuaikan dengan sistem struktur bangunan berikut :

$$\frac{I_e}{R} \times g = \frac{1}{8} \times 9,81 = 1,225 \dots\dots\dots (3 - 65)$$

Faktor beban diatas untuk faktor beban gempa yang ditinjau 100% , sementara untuk arah tegak lurus gempa yang ditinjau tersebut maka gempa akan direduksi menjadi 30%

dari beban gempa. Sehingga faktor skala gaya gempa tersebut dikalikan 30 % yaitu ;

$$1,225 \times 30\% = 0,3675$$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SURABAYA	1.225
Accel	U1	SURABAYA	1.225
Accel	U2	SURABAYA	0.3675

Gambar 3. 7. Input Faktor Skala Pada Sumbu X

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SURABAYA	0.3675
Accel	U1	SURABAYA	0.3675
Accel	U2	SURABAYA	1.225

Gambar 3. 8 Input Faktor Skala Pada Sumbu Y

dimana :

I_e = Faktor keutamaan gempa (untuk hotel = 1)

R = Koefisien modifikasi respons

g = percepatan gravitasi

3.11.3 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur (T) merupakan waktu yang diperlukan oleh struktur bangunan untuk menempuh satu putaran lengkap dari suatu getaran ketika terganggu dari posisi

keseimbangan statis dan kembali ke posisi aslinya. Pada SNI 1726 2012 pasal 7.8.2.1 mengatur tentang nilai pendekatan periode fundamental struktur ;

$$T_a = C_t \cdot H_n^x \dots\dots\dots (3 - 66)$$

Dimana :

H_n = ketinggian struktur

C_t = parameter pendekatan struktur

x = parameter pendekatan tipe struktur

Tabel 3. 6 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x
SNI 1726 2012

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Nilai T pendekatan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen :

$$T_a = C_t \cdot H_n^x$$

$$T_a = 0,0466 \times (35,7)^{0,9} = 0,97 \text{ detik}$$

Lalu batas atas periode fundamental dari struktur adalah T_a dikali dengan koefisien C_u :

$$T_{\text{batas atas}} = C_u \cdot T_{\text{batas bawah}} \dots\dots\dots (3 - 67)$$

Tabel 3. 7 Koefisien nilai C_u

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

karena nilai S_{D1} diketahui diatas 0,4 maka didapat nilai $C_u = 1,4$.Oleh karena itu nilai T batas atas struktur bangunan ini adalah :

$$T_{batas\ atas} = 1,4 \times 0,97 = 1,4 \text{ detik}$$

Dari perhitungan diatas dapat diperoleh nilai T batas atas bangunan, nilai tersebut menjadi nilai pembatas dari nilai periode yang dihasilkan permodelan analisa di program bantu SAP 2000. Apabila nilai periode yang dihasilkan oleh SAP (T_c) tidak melebihi nilai T batas atas tersebut dan nilai T_c mendekati nilai periode pendekatan struktur (T_a) maka bisa dikatakan permodelan struktur mencapai nilai T yang ideal atau memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726 2012. Dari hasil analisa permodelan program bantu SAP dapat diketahui nilai *modal load participation ratio* dan hasil periode fundamental struktur nya adalah sbb:

Tabel 3. 8 *Modal Load Participation Ratios*

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9846	95.285
MODAL	Acceleration	UY	99.994	97.347

Tabel 3. 9 Hasil Modal/Perioda Fundamental Struktur Analisa SAP2000.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	2.15951	0.771	2.5E-16	0
MODAL	Mode	2	2.05728	4.21E-17	0.782	1E-20
MODAL	Mode	3	1.69151	1.36E-08	4.7E-10	0
MODAL	Mode	4	0.69619	0.103	8.3E-13	1E-18
MODAL	Mode	5	0.6825	1.56E-13	0.095	2E-18
MODAL	Mode	6	0.61545	1.39E-08	7.5E-10	1E-16

Dari hasil analisa struktur diatas dapat diketahui nilai periode struktur hasil permodelan mode 1:

$$T_c = 2,1$$

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai T_c dari analisa SAP ;

$$T_c > T_{\text{batas atas}}$$

$$2,1 \text{ detik} > 1,4 \text{ detik}$$

Pada SNI 1726 2012 pasal 7.8.2 menyatakan bahwa nilai periode hasil analisa tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa nilai T hasil permodelan *open frame* melebihi nilai T_a (batasan periode) dan tidak memenuhi persyaratan.

6.1.1. Kontrol Simpangan Antar Lantai

Sesuai dengan SNI 1726 2012 simpangan antar lantai dapat ditentukan dengan rumus :

$$\delta x = \frac{C_d \cdot \delta x_e}{I_e} \leq \delta a \dots\dots\dots (3 - 68)$$

dimana :

C_d = faktor pembesaran defleksi

δx_e = defleksi pada lantai x ditentukan dengan analisa elastis

δa = *drift* yang diijinkan berdasarkan SNI 1726 2012 pada tabel 16.

I_e = faktor keutamaan gempa

Untuk nilai simpangan antar lantai ijin δa , berdasarkan SNI 03 1726 2012 pada tabel 16. diperoleh :

Tabel 3. 10 nilai simpangan antar lantai ijin

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025h _{sx}	0,020h _{sx}	0,015h _{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010h _{sx}	0,010h _{sx}	0,010h _{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007h _{sx}	0,007h _{sx}	0,007h _{sx}
Semua struktur lainnya	0,020h _{sx}	0,015h _{sx}	0,010h _{sx}

Tabel 3. 11 Analisa Simpangan Antar Lantai Hasil Permodelan Pada Sumbu X

Arah x							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi tingkat (m)	δe (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	δa (mm)	Ket
Atap	35,7	3	61,7	2,0	11,0	46	oke
Lantai 9	32,7	3,6	59,7	3,4	18,7	55	oke
Lantai 8	29,1	3,6	56,3	4,5	24,8	55	oke
Lantai 7	25,5	3,6	51,8	5,3	29,2	55	oke
Lantai 6	21,9	3,6	46,5	6,5	35,8	55	oke
Lantai 5	18,3	3,6	40,0	7,0	38,5	55	oke
Lantai 4	14,7	3,6	33,1	4,0	22,0	55	oke
Lantai 3	11,1	3,6	29,0	11,4	62,7	55	No
Lantai 2	7,5	3,9	17,6	8,6	47,3	60	oke
Lantai 1	3,6	3,6	9,0	7,0	38,5	55	oke
Lantai dasar	0	3,6	2,1	2,0	11,0	55	oke

Tabel 3. 12 Analisa Simpangan Antar Lantai Hasil Permodelan Pada Sumbu Y

Arah y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi tingkat (m)	δe (mm)	δye (mm)	δy (mm)	δa (mm)	Ket
Atap	35,7	3	42,5	1,5	8,1	46	oke
Lantai 9	32,7	3,6	41,0	2,1	11,7	55	oke
Lantai 8	29,1	3,6	38,9	2,8	15,2	55	oke
Lantai 7	25,5	3,6	36,1	3,5	19,4	55	oke
Lantai 6	21,9	3,6	32,6	4,0	22,0	55	oke
Lantai 5	18,3	3,6	28,6	4,5	24,8	55	oke
Lantai 4	14,7	3,6	24,1	5,1	28,0	55	oke
Lantai 3	11,1	3,6	19,0	2,9	16,0	55	oke
Lantai 2	7,5	3,9	16,1	10,8	59,4	55	No
Lantai 1	3,6	3,6	5,3	3,3	18,2	55	oke
Lantai dasar	0	3,6	2,0	2,0	11,0	55	oke

Dari analisa simpangan antar lantai yang ditinjau arah sumbu x dan arah sumbu y diatas dapat diketahui terdapat simpangan antar lantai yang tidak memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726 2012 pada lantai 3 dan lantai 2. Dan dari hasil analisa perioda fundamental struktur (T), nilai perioda hasil analisa SAP2000 (T_c) = 2,1 detik melebihi syarat batas atas (T_a) = 1,4 detik. Maka terdapat 2 penyelesaian yaitu dengan memperbesar dimensi struktur kolom agar persyaratan *drift* antar lantai memenuhi syarat atau dengan menggunakan struktur alternatif yaitu dengan menambahkan *shearwall* pada sumbu lemah bangunan. Untuk keperluan tugas akhir, maka dipilih solusi dengan menggunakan struktur alternatif yaitu sistem ganda agar persyaratan simpangan antar lantai dan perioda fundamental memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726 2012.

3.12 Struktur Alternatif

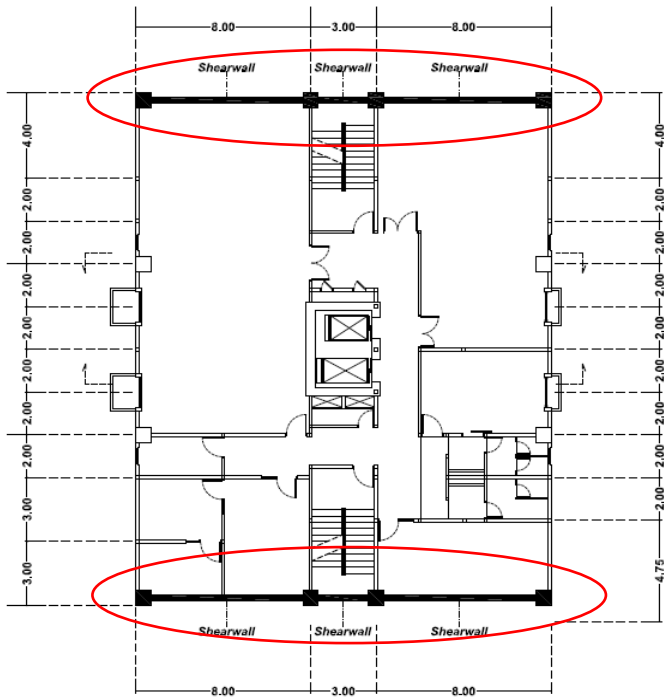
Dari hasil analisa struktur kondisi eksisting pada sub bab sebelumnya telah didapatkan hasil analisa bahwa nilai T_c (periode struktur hasil analisa struktur) didapatkan nilai 2,1 detik sementara untuk nilai T_a (periode pendekatan batas atas) sesuai hasil analisa yang berdasar pada SNI 1726 2012 adalah 1,4 detik. Pada SNI 1726 2012 pasal 7.8.2 menyatakan bahwa nilai periode hasil analisa tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung. Dapat disimpulkan bahwa hasil analisa periode fundamental kondisi eksisting tidak memenuhi persyaratan SNI 1726 2012. Untuk kontrol simpangan (*drift*) pada sub bab sebelumnya juga dapat diketahui nilai simpangan batas (Δ_i) = $0,020 h_{sx}$, dari hasil analisa simpangan perlantai terdapat nilai simpangan yang tidak memenuhi syarat.

Sehingga dari hasil analisa kondisi eksisting tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem struktur memerlukan modifikasi atau sistem struktur alternatif. Pada tugas akhir ini struktur alternatif yang diusulkan adalah memodifikasi sistem struktur menggunakan sistem ganda yaitu dengan menambahkan dinding geser (*shearwall*) pada sumbu lemah bangunan gedung Namira Surabaya. Sistem Ganda dapat diartikan sebagai kesatuan sistem struktur yang terdiri dari rangka utama yang memikul seluruh beban gravitasi dan pemikul beban lateral berupa dinding struktur dengan rangka utama (SNI 03-1726-2012).

sistem struktur ganda ini memiliki 3 ciri dasar :

1. Rangka utama lengkap berupa SRPM yang memikul beban gravitasi.
2. Pemikul beban lateral dilakukan oleh SRPM dan Dinding struktural dimana SRPM harus bisa memikul sedikitnya 25% dari beban lateral dan Dinding struktural yang memikul sisa 75 % beban lateral tersebut.
3. SRPM dan Dinding struktural direncanakan untuk menahan beban gempa nominal secara proporsional berdasarkan kekakuan relatifnya.

Pada tugas akhir ini direncanakan dinding geser didesain terletak pada sumbu lemah bangunan seperti pada gambar berikut ;



Gambar 3. 9 Denah Rencana Penambahan Dinding Geser

BAB 4

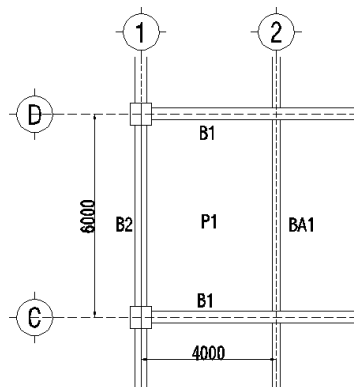
DESAIN STRUKTUR DENGAN SISTEM GANDA

4.1. Umum

Dalam suatu desain memerlukan sebuah tahap pra-perencanaan atau *preliminary design*. *Preliminary design* adalah desain awal dari suatu struktur bangunan yang meliputi perencanaan dimensi struktur dan jenis material. Pada tahap *preliminary design* mengacu pada peraturan SNI-03 2847 2013.

4.2. Preliminary Desain Pelat Lantai

Untuk merencanakan tebal pelat maka digunakan contoh perhitungan 1 tipe pelat yaitu pelat P1



Gambar 4. 1 Tipe plat P1

$$B_1 = 35/60$$

$$B_2 = 35/60$$

$$B_A = 30/40$$

$$L_x = 400 \text{ cm}$$

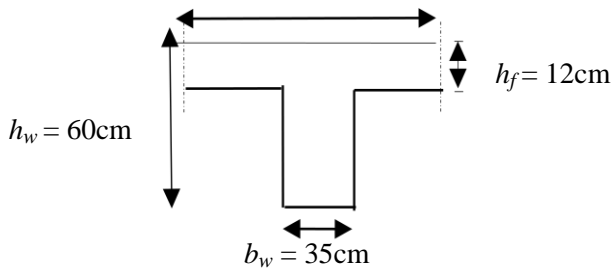
$$L_y = 600 \text{ cm}$$

$$L_n = L_y - (35 \text{ cm}/2) \times 2 = 600 \text{ cm} - 35 \text{ cm} = 565 \text{ cm}$$

$$S_n = L_x - (30 \text{ cm}/2) - (35 \text{ cm}/2) = 367,5 \text{ cm}$$

$$\beta = L_n/S_n = 1,53 < 2, \text{ maka tergolong pelat 2 arah}$$

Peninjauan Balok $A_s D$ joint 1-2



Gambar 4. 2 Pelat tinjau $A_s D$ joint 1-2

$$b_e = b_w + 2 \cdot h_b = 35 + 2 \times (60 - 12) = 131 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8 \cdot h_f = 35 + 8 \times 12 = 131 \text{ cm}$$

pilih nilai b_e yaitu $b_e = 131 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w}\right) \alpha \frac{h_f}{h_w} \left[4 - 6 \cdot \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \alpha \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w}\right) \alpha \frac{h_f}{h_w}}$$

$$k = 1,702$$

$$I_{balok} = k \cdot (1/12) b \cdot h^3 = 1072317 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = 1/12 \cdot L \cdot h_f^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

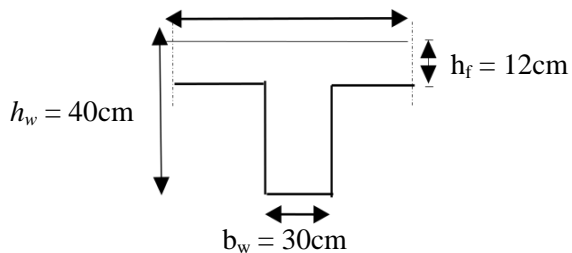
Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = I_{balok} / I_{pelat}$$

$$\alpha_1 = 1072317 \text{ cm}^4 / 72000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = 14,89$$

Peninjauan Balok A_s 2 joint C-D



Gambar 4.3 Pelat tinjau A_s 2 joint C-D

$$b_e = b_w + 2 \cdot h_b = 30 + 2 \times (40 - 12) = 86 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8 \cdot h_f = 30 + 8 \times 12 = 126 \text{ cm}$$

pilih nilai b_e yang minimal, yaitu $b_e = 86 \text{ cm}$

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

$$k = 1,578$$

$$I_{balok} = k \cdot (1/12) \cdot b \cdot h^3 = 252494,8 \text{ cm}^4$$

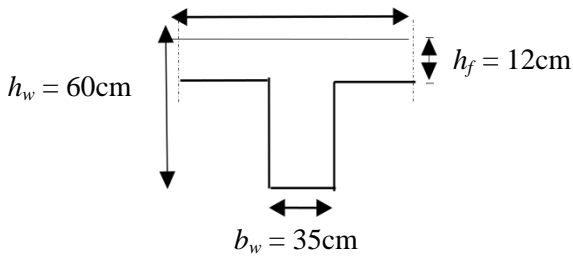
$$I_{pelat} = 1/12 \cdot L \cdot h_f^3 = 86400 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan $\alpha_2 = I_{balok} / I_{pelat}$

$$\alpha_2 = 252494,8 \text{ cm}^4 / 86400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_2 = 2,92$$

Peninjauan Balok A_s C joint 1-2



Gambar 4.4 Pelat tinjau A_s C joint 1-2

$$b_e = b_w + 2 \cdot h_f = 35 + 2 \times (60 - 12) = 131 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8 \cdot h_f = 35 + 8 \times 12 = 131 \text{ cm}$$

pilih nilai b_e yang minimal, yaitu $b_e = 131 \text{ cm}$

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

$$k = 1,702$$

$$I_{balok} = k \cdot (1/12) \cdot b \cdot h^3 = 1072317 \text{ cm}^4$$

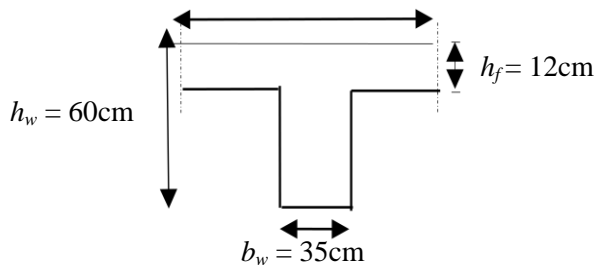
$$I_{pelat} = 1/12 \cdot L \cdot hf^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_3 = I_{balok} / I_{pelat}$$

$$\alpha_3 = 1072317 \text{ cm}^4 / 72000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_3 = 14,89$$

Peninjauan Balok A_s 1 joint C-D



Gambar 4. 5 Pelat tinjau A_s 1 joint C-D

$$b_e = b_w + 2 \cdot h_b = 35 + 2 \times (60 - 12) = 131 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8 \cdot h_f = 35 + 8 \times 12 = 131 \text{ cm}$$

pilih nilai be yang minimal, yaitu $be = 131$ cm

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

$$k = 1,702$$

$$I_{balok} = k \cdot (1/12) \cdot b \cdot h^3 = 1072317 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = 1/12 \cdot L \cdot hf^3 = 86400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_4 = I_{balok} / I_{pelat}$$

$$\alpha_4 = 808197,6 \text{ cm}^4 / 86400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_4 = 12,41$$

maka nilai rata-rata dari α

$$= (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) / 4 = 11,28$$

karena nilai $\alpha_m > 2$ maka sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 9.5.3.3 dipakai persamaan :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{565\left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9 \cdot 1,54} = 11,96 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

maka digunakan tebal pelat lantai = 12 cm

4.3. Preliminary Desain Tangga

a. Data perencanaan :

Tebal pelat tangga/bordes	: 15 cm
Diameter tulangan lentur	: 14 mm
Tebal selimut beton	: 40 mm
Lebar injakan (i)	: 30 cm
Tinggi injakan (t)	: 18,5 cm dan 17 cm
Tinggi tangga	: 3,6 m
Tinggi bordes	: 1,885 m

b. Perhitungan perencanaan

Sudut kemiringan tangga

Syarat $25^\circ < \alpha < 40^\circ$

$\alpha = \text{arc tan} (t/i) = \text{arc tan} (18,5/30) = 31,66^\circ$, maka memenuhi syarat

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{188,5 \text{ cm} - 18,5 \text{ cm}}{17} = 10$$

dengan 1 tanjakan = 18,5 cm

9 tanjakan = 17 cm

Tebal efektif pelat tangga dengan perbandingan luas pada segitiga

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

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

$$\frac{1}{2} \times 30 \times 18,5 = \frac{1}{2} (\sqrt{30^2 + 18,5^2}) \times d$$

$$d = 15,7$$

$$\frac{1}{2} d = 7,8$$

Maka tebal efektifnya adalah $= 7,8 + 15 = 22,9$ cm

4.4. Preliminary Desain Balok

Perencanaan dimensi balok induk tipe B1

$$\text{Bentang } (L) = 800 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h \text{ minimum} &= 1/14 \times L \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right) \\ &= 1/14 \times 800 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \\ &= 55,51 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ minimum} &= 1/2 \times h \\ &= 1/2 \times 60 \text{ cm} = 30 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk B1 dengan ukuran 35/60 cm

Perencanaan dimensi balok induk tipe B2

$$\text{Bentang } (L) = 600 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h \text{ minimum} &= 1/14 \times L \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right) \\ &= 1/14 \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \end{aligned}$$

$$= 41,63 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

$$b \text{ minimum} = 1/2 \times h$$

$$= 1/2 \times 60 \text{ cm} = 30 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk B2 dengan ukuran 35/60 cm

Perencanaan dimensi balok BL

$$\text{Bentang } (L) = 300 \text{ cm}$$

$$h \text{ minimum} = 1/14 \times L \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

$$= 1/14 \times 300 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$= 20,82 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b \text{ minimum} = 1/2 \times h$$

$$= 1/2 \times 40 \text{ cm} = 20 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok BL adalah 30/40 cm

Perencanaan dimensi balok bordes/tangga (BB)

$$\text{Bentang } (L) = 300 \text{ cm}$$

$$h \text{ minimum} = 1/14 \times L \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

$$= 1/14 \times 300 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$= 20,8 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

$$b \text{ minimum} = 1/2 \times h$$

$$= 1/2 \times 30 \text{ cm} = 15 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok BB dengan ukuran 20/30 cm

Perencanaan dimensi balok anak (*BA*)

$$\text{Bentang } (L) = 600 \text{ cm}$$

$$h \text{ minimum} = 1/21 \times L \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

$$= 1/21 \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$= 27,76 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b \text{ minimum} = 1/2 \times h$$

$$= 1/2 \times 40 \text{ cm} = 20 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok BA ukuran 30/40cm

Perencanaan dimensi balok induk tipe B3

$$\text{Bentang } (L) = 800 \text{ cm}$$

$$h \text{ minimum} = 1/16 \times L \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

$$= 1/16 \times 800 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$= 48,57 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

$$b \text{ minimum} = 1/2 \times h$$

$$= 1/2 \times 30 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk B3 dengan ukuran 30/60 cm

Perencanaan dimensi balok induk tipe B4

$$\text{Bentang } (L) = 600 \text{ cm}$$

$$h \text{ minimum} = 1/16 \times L \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

$$= 1/16 \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$= 36,43 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

$$b \text{ minimum} = 1/2 \times h$$

$$= 1/2 \times 55 \text{ cm} = 27,5 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk B4 dengan ukuran 30/55 cm

4.5. Preliminary Design Kolom

Perencanaan dimensi kolom K1

Tinggi kolom (H) = 360 cm

Bentang balok (L) = 800 cm

Lebar balok (b) = 35 cm

Tinggi balok (h) = 60 cm

$$\frac{I_{Kolom}}{H_{kolom}} \geq \frac{I_{Balok}}{L_{Balok}} = \frac{\frac{1}{12} bk \cdot hk^3}{H_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} bb \cdot hb^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot hk^4}{360 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} 35 \text{ cm} \cdot 60 \text{ cm}^3}{800 \text{ cm}}$$

$$h_k \geq 42,95 \text{ cm}$$

**dari hasil pertimbangan maka dipakai dimensi
K1=65x65 cm**

Perencanaan dimensi kolom K2

Tinggi kolom (H) = 360 cm

Bentang balok (L) = 800 cm

Lebar balok (b) = 30 cm

Tinggi balok (h) = 55 cm

$$\frac{I_{\text{Kolom}}}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{Balok}}}{L_{\text{Balok}}} = \frac{\frac{1}{12} b k . h k^3}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} b b . h b^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} . h k^4}{360 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} 30 \text{ cm} . 55 \text{ cm}^3}{800 \text{ cm}}$$

$$h_k \geq 38,7 \text{ cm}$$

dari hasil pertimbangan maka dipakai dimensi K2=55x55 cm

Perencanaan dimensi kolom K3

$$\text{Tinggi kolom } (H) = 360 \text{ cm}$$

$$\text{Bentang balok } (L) = 800 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar balok } (b) = 35 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi balok } (h) = 55 \text{ cm}$$

$$\frac{I_{\text{Kolom}}}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{Balok}}}{L_{\text{Balok}}} = \frac{\frac{1}{12} b k . h k^3}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} b b . h b^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} . h k^4}{360 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} 35 . 55^3}{800 \text{ cm}}$$

$$h_k \geq 40 \text{ cm}$$

maka dipakai dimensi kolom K3 = 45 x 45 cm

4.6. Preliminary Dinding Geser

Tebal dinding geser menurut SNI 2847 2013 pasal 14.5.3.1 tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi dinding penumpu atau panjang bentang tertumpu dan tidak boleh kurang dari 100 mm.

$$\text{Panjang bentang } (L) = 745 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi per lantai } (H) = 360 \text{ cm}$$

$$\frac{H}{25} = \frac{360}{25} = 14,4 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{25} = \frac{745}{25} = 29,8 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang bentang } (L) = 745 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi per lantai } (H) = 390 \text{ cm}$$

$$\frac{H}{25} = \frac{390}{25} = 15,6 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{25} = \frac{745}{25} = 29,8 \text{ cm}$$

Tebal dinding geser tidak boleh kurang dari 29,8 cm, dan juga tidak boleh kurang dari 10 cm maka pakai tebal dinding geser digunakan **30 cm** dan **25 cm**.

4.7. Rekapitulasi Dimensi Struktur Eksisting dan Sistem Ganda

1. Rekapitulasi dimensi struktur balok dan kolom pada elevasi +1.00 (lantai dasar)

Tabel 4. 1 Dimensi Balok dan Kolom Lt. Dasar

No	Komponen	Tipe	Struktur Eksisting (cm)	Struktur Sistem Ganda (cm)
1	Balok	B1	50/70	35/60
2		B2	40/60	35/60
3		BA	30/45	30/40
4		BL	35/50	30/40
5		BB	25/35	25/35
6	Kolom	K1	70/70	65/65
7		K2	70/70	65/65
8		K3	55/55	45/45

2. Rekapitulasi dimensi struktur balok dan kolom pada elevasi +4.60 sampai elevasi +19.30 (lantai 1 – lantai 5)

Tabel 4. 2 Dimensi Balok dan Kolom Lt.1- Lt 5

No	Komponen	Tipe	Struktur Eksisting (cm)	Struktur Sistem Ganda (cm)
1	Balok	B1	50/70	35/60
2		B2	40/60	35/60
3		BA	30/45	30/40
4		BL	35/50	30/40
5		BK	30/40	25/30
6		BB	25/35	25/35
7	Kolom	K1	70/70	65/65
8		K2	70/70	65/65
9		K3	55/55	45/45

3. Rekapitulasi dimensi struktur balok dan kolom pada elevasi +22.90 sampai elevasi +35.70 (lantai 6 – lantai atap)

Tabel 4. 3 Dimensi Balok dan Kolom Lt.6- Lt Atap

No	Komponen	Tipe	Struktur Eksisting (cm)	Struktur Sistem Ganda (cm)
1	Balok	B1	50/70	30/60
2		B2	40/60	35/55
3		BA	30/45	30/40
4		BL	35/50	30/40
5		BK	30/40	25/30
6		BB	25/35	25/35
7	Kolom	K1	70/70	55/55
8		K2	70/70	55/55
9		K3	55/55	45/45

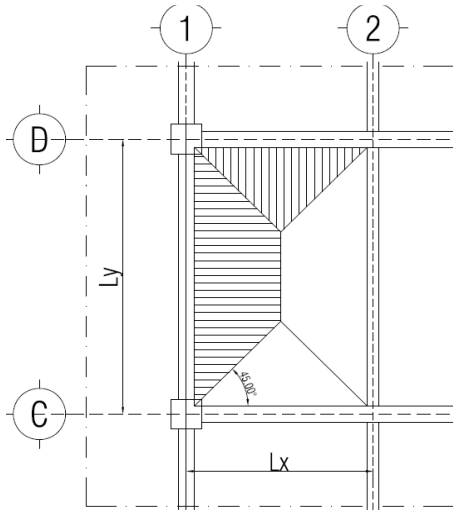
BAB 5 ANALISA PEMBEBANAN

5.1 Beban Mati

Beban mati yang ada dalam struktur tugas akhir ini terdiri atas berat sendiri elemen struktur dan juga perlengkapan penunjang yang ada dalam gedung tersebut. Perencanaan tugas akhir ini sesuai dengan SNI 1727 2013 pasal 3.1.1 dimana beban mati meliputi :

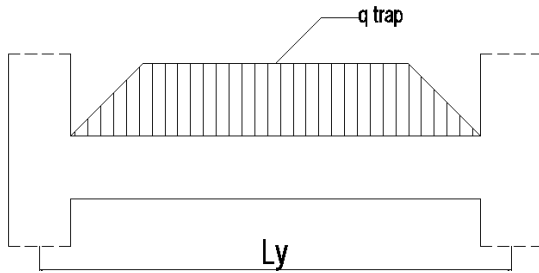
- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Berat sendiri | |
| Beton normal | 2400 kg/m ³ |
| 2. Dinding bata ringan <i>citicon</i> | 600 kg/m ³ |
| 3. Keramik dan lapisan mortar | 77 kg/m ² |
| 4. <i>Water proofing</i> | 5 kg/m ² |
| 5. Aspal lantai atap | 14 kg/m ² |
| 6. <i>Plafond gypsum</i>
(ASCE7-2002) | 5 kg/m ² /mm |
| 7. Penggantung
(ASCE-7-2002) | 10 kg |
| 8. Klading gedung <i>mechanical duct</i>
(ASCE-7-2002) | 19 kg/m ² |
| 9. <i>Railing</i> tangga | 10 kg/m ² |

Beban mati lalu diinput kedalam permodelan SAP 2000 sebagai beban mati (*dead load*) dan sebagai beban mati tambahan (*super dead load*) dengan cara *tributary* pada balok. Balok yang dimaksud mendapatkan pembebanan dari bagian-bagian yang berbentuk trapesium dan segitiga seperti gambar berikut ;



Gambar 5. 1 Beban Trapesium dan Segitiga Pada Balok

Dimana besaran beban trapesium dan segitiga :



Gambar 5. 2 Beban Trapesium Pada Balok

$$q_{trap} = q_{pelat} \times \frac{1}{2} \cdot Lx \dots\dots\dots (5 - 1)$$

5.1.1. Pembebanan Lantai Dasar- Lantai 9

$$\text{Berat sendiri pelat} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik dan lapisan mortar} = 77 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Klading } \textit{mechanical duct} = 19 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Waterproofing} = 5 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \underline{\text{Penggantung}} &= 10 \text{ kg/m}^2 + \\ &= 404 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk pelat $L_y/L_x = 6 \text{ m} / 4 \text{ m}$;

$$q \text{ trap} = 404 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} = 808 \text{ kg/m}$$

- Untuk pelat $L_y/L_x = 4\text{m}/3\text{m}$

$$q \text{ trap} = 404 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ m} = 606 \text{ kg/m}$$

- Untuk pelat kantilever 1, $L_y/L_x = 1,75\text{m}/0,5\text{m}$

$$q \text{ trap} = 365 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 0,5 \text{ m} = 91.25 \text{ kg/m}$$

- Untuk pelat kantilever 2, $L_y/L_x = 1,75\text{m}/1,2\text{m}$

$$q \text{ trap} = 365 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 1,2 \text{ m} = 219 \text{ kg/m}$$

Tabel 5. 1 q_{trap} Beban Mati Balok Pada Lantai Dasar – Lt 8

Tipe Balok	Jenis Beban	q_{trap} (kg/m ²)
B2 Eksterior	trapesium	808
B2 tangga	trapesium	808
B2 Lift	trapesium	1414
B1 Eksterior	segitiga	808
B1 Interior	segitiga	1616
BL	segitiga	606
BA	trapesium	1616
B kantilever 1	Trap/Segitiga	91.25
B kantilever 2	Trap/Segitiga	219

5.1.2. Pembebanan Lantai Atap

$$\text{Berat sendiri pelat} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Klading } \textit{mechanical duct} = 19 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Lapisan aspal} = 14 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Penggantung} &= 10 \text{ kg/m}^2 + \\ &= 336 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk pelat $L_y/L_x = 6 \text{ m} / 4 \text{ m}$;

$$q_{trap} = 336 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} = 808 \text{ kg/m}$$

- Untuk pelat $L_y/L_x = 4\text{m}/3\text{m}$

$$q_{\text{trap}} = 336 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ m} = 606 \text{ kg/m}$$

Tabel 5. 2 q_{trap} Beban Mati Balok Pada Lantai Atap

Tipe Balok	Jenis Beban	qtrap (kg/m ²)
B2 Eksterior	trapesium	672
B2 tangga	trapesium	672
B2 Lift	trapesium	1176
B1 Eksterior	segitiga	672
B1 Interior	segitiga	1344
BL	segitiga	504
BA	trapesium	1344

5.1.3. Pembebanan Balok *Lift*

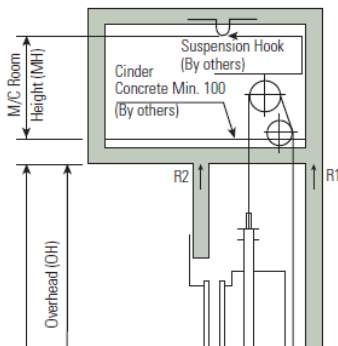
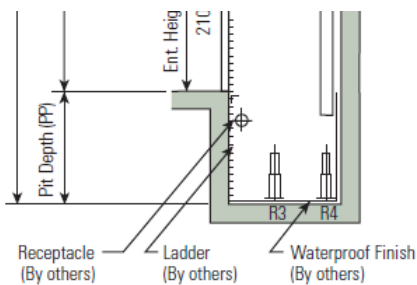
Untuk beban *lift* yang dipakai sesuai dengan spesifikasi *lift* merkHyundai sebagai berikut ;

Tabel 5. 3 Spesifikasi *Lift* Hyundai

Speed	Capacity		M/C Room Reaction				Clear Opening
			(kg)				
(m/sec)	Person	Kg	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	OP
1	12	900	3600	2000	5400	4500	700

Tabel 5. 4 Spesifikasi *Lift* Hyundai (lanjutan)

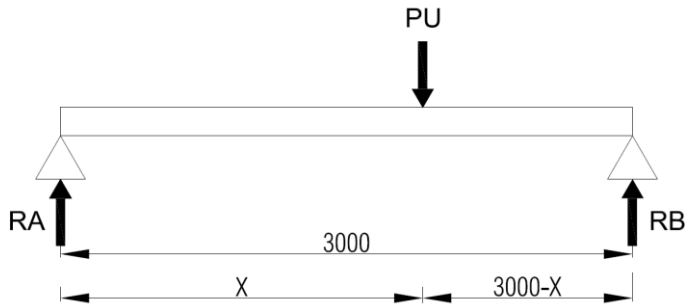
<i>Inside Dimension</i>				
<i>Car</i>		<i>Hoistway</i>		<i>Motor</i>
CA	CB	X	Y	(kW)
1100	1100	1600	1700	5.7

**Gambar 5. 3** Reaksi Akibat Beban *Lift***Gambar 5. 4** Reaksi Pada *Pit Lift*

Perhitungan Pembebanan Pada Balok *Lift*

$$R_a = R_l. K_{LL} = R_l. 150\% = 3600. 150\% = 5400 \text{ kg}$$

$$R_b = R_l. K_{LL} = R_l. 150\% = 2000. 150\% = 3000 \text{ kg}$$



Gambar 5. 5 Pembebanan Pada Balok *Lift*

$$\Sigma M_b = 0$$

$$0 = 5400 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m} - P_u \cdot X$$

$$P_u = \frac{16200 \text{ kg} \cdot \text{m}}{x}$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$0 = 3000 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m} - P_u \cdot (3\text{m}-x)$$

$$0 = 9000 \text{ kg} \cdot \text{m} - \frac{16200 \text{ kg} \cdot \text{m}}{x} \cdot (3\text{m}-x)$$

$$x = 1,929 \text{ meter}$$

$$P_u = \frac{16200 \text{ kg} \cdot \text{m}}{1,929 \text{ m}} = 8400 \text{ kg}$$

$$P_u / 2 = 4200 \text{ kg}$$

Maka pada balok *lift* dibebani sebesar $P_u / 2$ sejarak 1,929 m.

5.2 Beban Hidup

Beban mati yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini sesuai dengan SNI 1727 2013 pasal 4 dimana beban hidup meliputi:

1. Beban hidup ruang pribadi	192 kg/m ²
2. Ruang publik	479 kg/m ²
3. Ruang makan dan restoran	479 kg/m ²
4. Beban hidup atap	96 kg/m ²
5. Beban hidup tangga terpusat	133 kg

Beban hidup ini kemudian di input kedalam permodelan SAP 2000 sebagai beban hidup (*live load*) dengan cara *tributary* pada balok. Dimana balok yang dimaksud mendapatkan pembebanan dari bagian-bagian yang berbentuk trapesium dan segitiga seperti penjelasan sub bab beban mati sebelumnya.

5.2.1. Pembebanan Lantai Dasar

$$\text{Beban hidup lobby/ruang publik} = 479 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban hidup ruang makan} = 479 \text{ kg/m}^2$$

- Untuk pelat $L_y/L_x = 6 \text{ m} / 4 \text{ m}$;

$$q_{\text{trap}} = 479 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} = 958 \text{ kg/m}$$

- Untuk pelat $L_y/L_x = 4\text{m}/3\text{m}$

$$q_{\text{trap}} = 479 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ m} = 718,5 \text{ kg/m}$$

Tabel 5.5 q_{trap} Beban Hidup Balok Pada Lantai Dasar

Tipe Balok	Jenis Beban	q_{trap} (kg/m)
B2 Eksterior	trapesium	958
B2 tangga	trapesium	958
B2 Lift	trapesium	1676.5
B1 Eksterior	segitiga	958
B1 Interior	segitiga	1916
BL	segitiga	718.5
BA	trapesium	1916

5.2.2. Pembebanan Lantai 1 - 8

Beban hidup ruang pribadi = 192 kg/m^2

- Untuk pelat $L_y/L_x = 6 \text{ m} / 4 \text{ m}$;

$$q_{trap} = 192 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} = 384 \text{ kg/m}$$

- Untuk pelat $L_y/L_x = 4\text{m}/3\text{m}$

$$q_{trap} = 192 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ m} = 288 \text{ kg/m}$$

- Untuk pelat kantilever 1, $L_y/L_x = 1,75\text{m}/0,5\text{m}$

$$q_{trap} = 192 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 0,5 \text{ m} = 48 \text{ kg/m}$$

- Untuk pelat kantilever 2, $L_y/L_x = 1,75\text{m}/1,2\text{m}$

$$q \text{ trap} = 192 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 1,2 \text{ m} = 115,2 \text{ kg/m}$$

Tabel 5. 6 q_{trap} Beban Hidup Balok Pada Lantai 1-8

Tipe Balok	Jenis Beban	q_{trap} (kg/m ²)
B2 Eksterior	trapesium	384
B2 tangga	trapesium	384
B2 Lift	trapesium	672
B1 Eksterior	segitiga	384
B1 Interior	segitiga	768
BL	segitiga	288
BA	trapesium	768
B kantilever 1	Trap/Segitiga	48
B kantilever 2	Trap/Segitiga	115.2

5.2.3. Pembebanan Lantai Atap

Beban hidup atap = 100 kg/m²

- Untuk pelat $L_y/L_x = 6 \text{ m}/4 \text{ m}$;

$$q \text{ trap} = 192 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} = 384 \text{ kg/m}$$

- Untuk pelat $L_y/L_x = 4\text{m}/3\text{m}$

$$q \text{ trap} = 192 \text{ kgm/m}^2 \times \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ m} = 288 \text{ kg/m}$$

Tabel 5. 7 q_{trap} Beban Hidup Balok Pada Lantai Atap

Tipe Balok	Jenis Beban	q_{trap} (kg/m ²)
B2 Eksterior	trapesium	200
B2 tangga	trapesium	200
B2 Lift	trapesium	350
B1 Eksterior	segitiga	200
B1 Interior	segitiga	400
BL	segitiga	150
BA	trapesium	400

5.3 Joint Masses

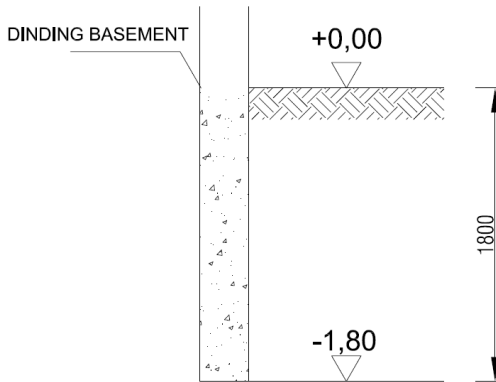
Pada pembebanan struktur dalam SAP2000 , dilakukan *input* pembebanan pada *joint-joint* dalam permodelan struktur tersebut, baik beban hidup maupun beban mati. Pembebanan *joint masses* terbagi merata kedalam *joint-joint* dalam permodelan struktur. Untuk tabel perhitungan *joint masses* terdapat pada halaman lampiran.

5.4 Beban Hidup Tekanan Tanah

Tekanan aktif tanah dihitung untuk pembebanan pada dinding lantai semi *basement*. Kedalaman dari lantai semi *basement* adalah – 1,8 meter dari permukaan tanah. Dan dari hasil data tanah diketahui bahwa muka air tanah berada pada kedalaman 2 meter dibawah permukaan tanah.

Diketahui dari data tanah sebagai berikut :

- γ_t = 17,2 kN/m³
- c = 0,17 kN/m²
- ϕ = 2,1 °
- Kedalaman = 30 meter



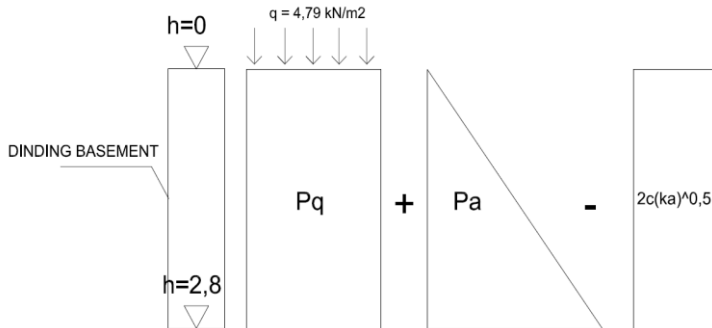
Gambar 5. 6 Elevasi Pada Semi *Basement*

Menghitung Nilai K_a ;

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \dots\dots\dots (5 - 2)$$

$$= \frac{1 - \sin 2,1}{1 + \sin 2,1} = 0,929$$

Total tinggi dinding = 2,8 meter
 q (beban lantai atas) = 4,79 kN/m²



Gambar 5. 7 Beban Aktif Tanah

Nilai tekanan tanah aktif :

$$P_q = q \cdot K_a = 4,79 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,929 = 4,45 \text{ kN/m}^2$$

$$P_a = K_a \cdot \gamma_t \cdot H = 0,929 \cdot 17,2 \text{ kN/m}^3 \cdot 2,8 \text{ m} \\ = 44,495 \text{ kN/m}^2$$

$$2c\sqrt{ka} = 2 \cdot 0,17 \text{ kN/m}^2 \cdot \sqrt{0,929} = 0,328 \text{ kN/m}^2$$

Maka beban aktif tanah pada dinding *basement* berdasarkan titik ketinggian adalah ;

$$\text{Pada } h = 0, P = P_q - 2c\sqrt{Ka} = 4,12 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pada } h = 2,8 \text{ m}, P = P_q + P_a - 2c\sqrt{Ka} = 48,62 \text{ kN/m}^2$$

5.5 Beban Angin

Perhitungan beban angin minimum sesuai dengan SNI 1727 2013 , dengan tahap-tahap sebagai berikut :

Data perencanaan

Fungsi bangunan : Hotel

Lokasi : Surabaya, Jawa Timur

Panjang bangunan : 19 meter

Lebar bangunan : 24 meter

Tinggi bangunan : 35,7 meter

Langkah langkah menentukan beban angin sesuai SNI 1727 2013 sebagai berikut :

- a. Menentukan kategori resiko bangunan (SNI 1727 2013 tabel 1.5-1)

Tabel 5. 8 Kategori Resiko Bangunan

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.	III
Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dan hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.	
Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.	
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.	IV
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.	
Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis*.	
Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.	

- b. Menentukan kecepatan angin dasar (v) sesuai dengan perkiraan Badan Meteorologi dan Geofisika . Dimana diketahui $V= 40 \text{ km/jam} = 11,1 \text{ m/s}$
- c. Menentukan faktor arah angin sesuai tabel 26.6-1, $K_d = 0,85$

Tabel 5. 9 Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

* Faktor arah K_d telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal 2. Faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan Pasal 2.4.

- d. Kategori eksposur sesuai SNI 03-1727 2013 pasal 26.7.2 ,maka termasuk dalam kategori eksposur B yaitu daerah perkotaan dan pinggiran kota.
- e. Faktor topografi sesuai tabel 26.8.2 , $K_{zt} = 1$
- f. Faktor efek tiupan angin , sesuai SNI 172 7 2013 pasal 26.9.1 dimana faktor tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku diambil $G = 0,85$
- g. Koefisien tekanan internal sesuai tabel 26.11-1

Tabel 5. 10 Koefisien Tekanan Internal

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

maka $GC_{pi} = +0,18$ dan $-0,18$

h. Koefisien eksposur tekanan velositas sesuai tabel 27.3-1

Tabel 5. 11 Koefisien Eksposur Velositas

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Catatan:

1. Koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat ditentukan dari formula berikut:

Untuk $15 \text{ ft.} \leq z \leq z_g$ Untuk $z < 15 \text{ ft.}$

$$K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha} \quad K_z = 2,01(15/z_g)^{2/\alpha}$$

2. α dan z_g ditabulasi dalam Tabel 26.9.1.

3. Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai.

4. Kategori eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7

dimana tinggi bangunan = 35,7 meter , maka interpolasi untuk mendapatkan nilai z

$$Z_g = 365,76$$

$$\alpha = 7$$

$$K_z = K_h = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} \dots\dots\dots (5 - 3)$$

$$K_z = 1,06$$

i. Menentukan tekanan velositas sesuai SNI pasal 27.3.2

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_D \times V^2 \dots\dots\dots (5 - 4)$$

$$q_z = 0,61 \times 1,06 \times 1 \times 085 \times 123$$

$$q_z = 68 \text{ N/m}^2$$

j. Menentukan koefisien tekanan eksternal sesuai SNI 1727 2013 tabel 27.4-1 untuk dinding dan atap rata.

Tabel 5. 12 Koefisien Tekanan Dinding

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_e
Dinding di sisi angin pergi	0 - 1	- 0,5	q_h
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

dinding disisi angin datang (q_z) $C_p = 0,8$

dinding disisi angin pergi (qh) = $\frac{L}{B} = \frac{24}{19} = 1,26$

dinding tepi (qh) $C_p = -0,7$ (Untuk dinding pada angin tepi berdasarkan SNI 03-1727)

k. Tekanan angin pada setiap permukaan bangunan gedung kaku. Sesuai SNI 1727 2013 persamaan 27.4-1

Dinding di sisi angin datang

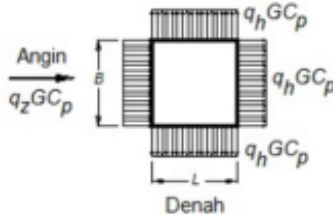
$$\begin{aligned}
 P &= q \cdot G \cdot P_{ci} - q_r \cdot (G \cdot C_{pi}) \dots\dots\dots (5 - 5) \\
 &= 68 \times 0,85 \times 0,8 \\
 &= 46,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Dinding di sisi angin pergi

$$\begin{aligned}
 P &= q \cdot G \cdot P_{ci} - q_r \cdot (G \cdot C_{pi}) \dots\dots\dots (5 - 6) \\
 &= 68 \times 0,85 \times -0,2 \\
 &= -1,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Dinding di sisi tepi

$$\begin{aligned}
 P &= q \cdot G \cdot P_{ci} - q_r \cdot (G \cdot C_{pi}) \dots\dots\dots (5 - 7) \\
 &= 68 \times 0,85 \times -0,7 \\
 &= -4,04 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 8 Pengaruh Angin Pada Dinding

Sesuai SNI 1727 2013 pasal 27.1.5 beban angin untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari 0,77 kN/m² dikalikan luas dinding bangunan gedung, maka beban angin dipakai nilai 0,77 kN/m².

5.6 Beban Gempa

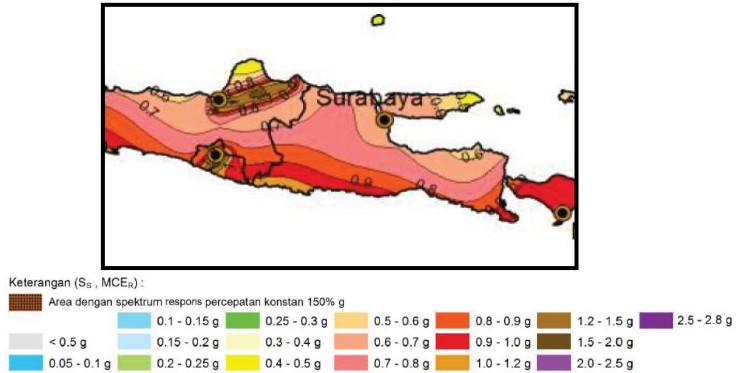
Beban gempa yang bekerja pada bangunan gedung ini disesuaikan dengan tempat atau wilayah bangunan gedung ini berada yaitu di Surabaya, Jawa timur. Sesuai dengan data tanah dan nilai SPT wilayah Surabaya beban gempa di analisa menggunakan response spektrum desain sesuai dengan SNI 03-1726 2013.

Tabel 5. 13 Perhitungan N-SPT

Kedalaman (d_i)		Jumlah Pukulan (N_i)	d_i/N_i
0		-	-
0	0	0	0.000
3	2	8	0.250
5	3	9	0.333
8	2	13	0.154
10	3	3	1.000
13	2.5	5	0.500
15.5	2.5	6	0.417
18	2.5	5	0.500
20.5	2.5	5	0.500
23	2.5	6	0.417
25.5	2.5	8	0.313
28	2.5	16	0.156
30.5	2.5	28	0.089
$\Sigma d_i/N_i$			4.629

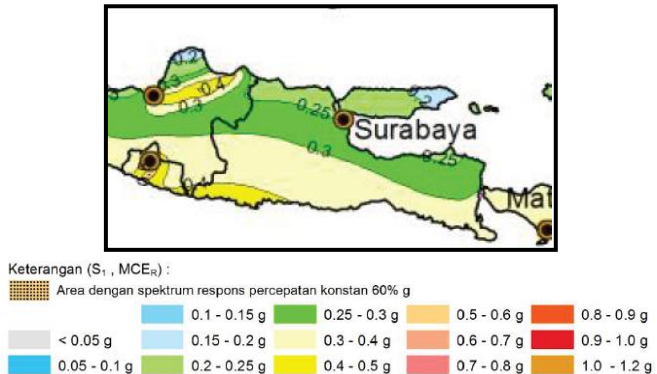
$$N \text{ rata-rata} = \frac{\Sigma d_i}{\Sigma d_i/N_i} = \frac{30,5}{4,629} = 6,59$$

Mengacu pada tabel 3 SNI 1727 2013 tentang klasifikasi situs tanah bahwa jika nilai $N < 15$ maka termasuk dalam kategori kelas situs SE yaitu tanah lunak. Nilai S_s berdasarkan SNI 1727 2013 gambar 9 :



Gambar 5. 9 Nilai S_s Wilayah Jawa Timur

Menyatakan bahwa Surabaya nilai S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) mempunyai nilai $S_s = 0,663$. Nilai S_I berdasarkan SNI 1727 2013 gambar 10 :



Gambar 5. 10 Nilai S_I Wilayah Jawa Timur

Menyatakan bahwa Surabaya nilai S_I (percepatan batuan dasar pada periode pendek) mempunyai nilai $S_I = 0,247$

Nilai F_a SNI 1727 2013 tabel 4 :

Tabel 5. 14 Nilai F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_z				
	$S_z \leq 0,25$	$S_z = 0,5$	$S_z = 0,75$	$S_z = 1,0$	$S_z \geq 1,25$
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_z dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Dengan di dapatnya nilai $S_s = 0,663$ maka dapat ditentukan dari tabel diatas dengan interpolasi nilai F_a atau dapat dilihat dari web puskim.go.id

$$F_a = 1,37$$

Nilai F_v SNI 1727 2013 tabel 5 :

Tabel 5. 15 Nilai F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
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_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Dengan di dapatnya nilai $S_I = 0,247$ maka dapat ditentukan dari tabel diatas nilai F_v atau dapat dilihat dari web puskim.

$$F_v = 3,01$$

Nilai parameter percepatan spectrum respons pada periode pendek dan pada periode 1 detik (S_{MS} dan S_{MI}) dapat ditentukan sesuai SNI 1727 2013 pasal 6.2 :

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,37 \times 0,663 = 0,908$$

$$S_{MI} = F_v \times S_I = 3,01 \times 0,247 = 0,743$$

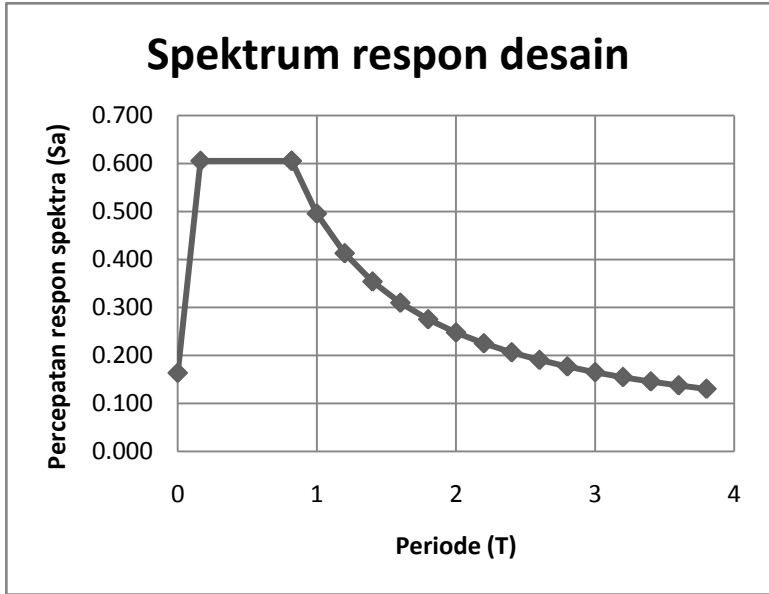
Lalu ditentukan parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek dan periode 1 detik (S_{DS} dan S_{DI}) dapat ditentukan sesuai SNI 1727 2013 :

$$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS} = 2/3 \times 0,908 = 0,605$$

$$S_{DI} = 2/3 \times S_{MI} = 2/3 \times 0,743 = 0,496$$

Tabel 5. 16 Nilai T dan S_a Respon Spektrum Desain

T (detik)	S_a (g)
0	0.164
0.164	0.605
0.819	0.605
0.818	0.605
1	0.495
1.2	0.413
1.4	0.354
1.6	0.309
1.8	0.275
2	0.247
2.2	0.225
2.4	0.206
2.6	0.190
2.8	0.177
3	0.165
3.2	0.154
3.4	0.145
3.6	0.137
3.8	0.130



Gambar 5. 11 Grafik Respon Spektrum Desain

5.7 Ketentuan Pembebanan Menurut Peraturan Pembebanan

Ketentuan dalam perencanaan bangunan menurut SNI-03 1727 2013 semua sistem struktur dan komponennya harus dirancang untuk memiliki kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan, simpangan lateral, getaran atau deformasi lain yang melampaui persyaratan kerja fungsi bangunan tersebut.

Untuk beban hidup sesuai ketentuan SNI-03 1727 2013 pasal 4.7.3 , komponen struktur yang memiliki nilai $K_{LL}A_T$ adalah 400 ft² (37,16 m²) atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sesuai dengan rumus :

$$L = L_o \cdot \left(0,25 + \frac{15}{\sqrt{K_{LL} \cdot A_T}} \right) \dots\dots\dots (5 - 8)$$

dimana :

L = Beban hidup rencana tereduksi per ft^2 (m^2)

L_o = Beban hidup rencana tanpa reduksi

K_{LL} = Faktor elemen beban hidup

A_T = Luas tributary dalam ft^2 (m^2)

Untuk beban hidup atap tereduksi dapat dirancang dengan rumus :

$$L_r = L_o \cdot R_1 \cdot R_2 \text{ dimana } 0,58 \leq L_r \leq 0,96 \text{ (dalam satuan SI)}$$

dimana :

$L_r = L_r$ beban hidup atap tereduksi

L_o = Beban hidup atap rencana tanpa reduksi

Dan ketentuan atau persyaratan khusus untuk sistem ganda yang terdiri dari sistem rangka pemikul momen dan dinding geser sebagai pemikul beban lateral maupun beban aksial yang bekerja pada bangunan, sesuai SNI 03 1726 2012 yaitu :

1. Sistem Rangka Pemikul Momen sebagai pemikul semua beban aksial yang bekerja pada bangunan dan harus memikul setidaknya 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan.
2. Dinding Geser sebagai pemikul utama beban lateral yang bekerja, dimana dinding geser akan menerima beban lateral setidaknya 75% dari beban geser nominal yang bekerja pada bangunan tersebut.

Kombinasi pembebanan pada struktur mengacu pada peraturan SNI 1727 2013 pasal 2.3.2 tentang beban minimum bangunan gedung dan struktur lain . Lalu struktur harus mampu memikul

beban sesuai kombinasi pembebanan yang ditentukan sesuai SNI 1727 2013 :

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (1 \text{ atau } 0,5 W)$
- $1,2D + 1W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1E_x + L$
- $1,2D + 1E_y + L$

dimana :

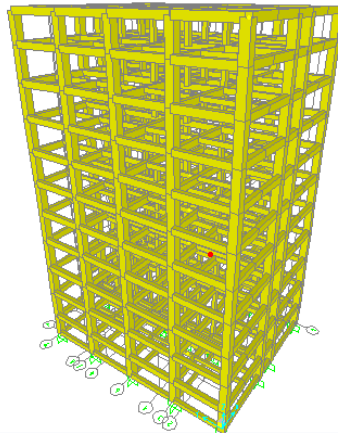
- D = Beban mati
 L = Beban hidup
 $E_{(x,y)}$ = Beban gempa
 R = Beban hujan
 L_r = Beban hidup atap
 W = Beban angin

BA B 6

PERMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR

6.1. Permodelan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (*Open Frame*)

Permodelan bangunan dilakukan dengan memodelkan sistem secara *open frame* (rangka) dengan menggunakan struktur hasil *preliminary* desain . Permodelan sistem rangka bangunan ini menggunakan program bantu SAP 2000. Dan dikarenakan untuk perencanaan bangunan dengan sistem ganda memiliki persyaratan pembebanan 75% gaya gempa dipikul oleh dinding geser dan minimal 25% gaya gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen. Maka dari itu pada permodelan sistem rangka pemikul momen ini gaya gempa yang bekerja dikenakan sebesar 25% dari total gaya yang bekerja pada bangunan.



Gambar 6. 1 Permodelan Struktur *Open Frame* Pada SAP 2000

6.1.1. Pendefinisian Modal Analisis Dan Faktor Skala Gaya Gempa Respons Spektrum

Analisa modal menggunakan program bantu SAP 2000 didefinisikan 5 kali jumlah lantai yang dimodelkan dalam SAP 2000 untuk menjamin partisipasi massa minimal struktur 90%

- Loads Applied -

Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)
Accel	UX	0	99.
Accel	UX	0	99.
Accel	UY	0	99.

Gambar 6. 2 Input analisa modal pada SAP 2000

Pembebanan gempa ditinjau dari 2 arah yaitu arah x dan arah y sesuai sumbu global, yaitu :

$$\text{Gempa arah X } (Q_x) = 100\% E_x + 30\% E_y$$

$$\text{Gempa arah Y } (Q_y) = 100\% E_y + 30\% E_x$$

Faktor skala gaya gempa dengan respon spektrum diambil dari persamaan SNI 1726 2012 dan menyesuaikan dengan sistem struktur bangunan berikut :

$$\frac{I_e}{R} \times g = \frac{1}{8} \times 9,81 = 1,225$$

Faktor beban diatas untuk faktor beban gempa yang ditinjau 100% , sementara untuk arah tegak lurus gempa yang ditinjau tersebut maka gempa akan direduksi menjadi 30% dari beban gempa, sehingga :

$$1,225 \times 30\% = 0,3675$$

Pada perencanaan sebelumnya, direncanakan dinding geser akan didesain di sumbu lemah bangunan (sumbu x). Sesuai perencanaan sistem ganda dimana sistem rangka minimal menerima beban lateral sebesar 25% dari total beban. Maka faktor skala gaya gempa untuk sumbu x yang terdapat dinding geser menjadi ;

$$1,225 \times 25\% = 0,3065$$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SURABAYA	0.3065
Accel	U1	SURABAYA	0.3065
Accel	U2	SURABAYA	0.3675

Gambar 6. 3 Input Faktor Skala Pada Sumbu X

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SURABAYA	0.3675
Accel	U1	SURABAYA	0.3675
Accel	U2	SURABAYA	1.225

Gambar 6. 4 Input Faktor Skala Pada Sumbu Y

dimana :

I_e = Faktor keutamaan gempa (untuk hotel = 1)

R = Koefisien modifikasi respons

g = percepatan gravitasi (9,81)

6.1.2. Kontrol Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur (T) merupakan waktu yang diperlukan oleh struktur bangunan untuk menempuh satu putaran lengkap dari suatu getaran ketika terganggu dari posisi keseimbangan statis dan kembali ke posisi aslinya. Pada SNI 1726 2012 pasal 7.8.2.1 mengatur tentang nilai pendekatan periode fundamental struktur ;

$$T_a = C_t \cdot H_n^x$$

dimana :

H_n = ketinggian struktur

C_t = parameter pendekatan struktur

x = parameter pendekatan tipe struktur

Tabel 6. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t Dan X SNI 1726 2012

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 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 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Nilai T pendekatan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen :

$$T_a = C_t \cdot H_n^x$$

$$T_a = 0,0466 \times (35,7)^{0,9} = 0,97 \text{ detik}$$

Lalu batas atas periode fundamental dari struktur adalah T_a dikali dengan koefisien C_u :

$$T_{batas\ atas} = C_u \cdot T_{batas\ bawah}$$

Tabel 6. 2 Koefisien Nilai C_u

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

karena nilai S_{DI} diketahui diatas 0,4 maka didapat nilai $C_u = 1,4$.Oleh karena itu nilai T batas atas struktur bangunan ini adalah :

$$T_{batas\ atas} = 1,4 \times 0,97 = 1,4 \text{ detik}$$

Dari perhitungan diatas dapat diperoleh nilai T batas atas bangunan, nilai tersebut menjadi nilai pembatas dari nilai periode yang dihasilkan permodelan analisa di program bantu SAP 2000. Apabila nilai periode yang dihasilkan oleh SAP (T_c) tidak melebihi nilai T batas atas tersebut dan nilai T_c mendekati nilai periode pendekatan struktur (T_a) maka bisa dikatakan permodelan struktur mencapai nilai T yang ideal atau memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726 2012. Dari hasil analisa permodelan program bantu SAP dapat diketahui nilai modal load participation ratio dan hasil periode fundamental struktur nya adalah sbb:

Tabel 6. 3 Modal Load Participation Ratio

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.996	99.856
MODAL	Acceleration	UY	99.994	99.771

Tabel 6. 4 Hasil Modal/Perioda Fundamental Struktur Analisa SAP2000.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequenc	Circfre	Eigenva
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Rad/sec	Rad2/sec
MODAL	Mode	1	2.04467	0.4774	2.9996	8.9976
MODAL	Mode	2	1.80809	0.55307	3.475	12.076
MODAL	Mode	3	1.80263	0.55474	3.4856	12.149
MODAL	Mode	4	0.68226	1.4657	9.2094	84.812
MODAL	Mode	5	0.65666	1.5228	9.5683	91.552
MODAL	Mode	6	0.59865	1.6704	10.496	110.16

Dari hasil analisa struktur dengan program bantu SAP2000 diatas dapat diketahui nilai periode struktur hasil permodelan pada mode 1 sebesar, $T_c = 2,0$

6.1.3. Kontrol Simpangan Antar Lantai

Sesuai dengan SNI 1726 2012 simpangan antar lantai dapat ditentukan dengan rumus :

$$\delta x = \frac{C_d \cdot \delta x_e}{I_e} \leq \delta a$$

dimana :

C_d = faktor pembesaran defleksi

δx_e = defleksi pada lantai x ditentukan dengan analisa elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa

δa = *drift* yang diijinkan berdasarkan SNI 1726 2012 pada tabel 16.

Untuk nilai simpangan antar lantai ijin δa , berdasarkan SNI 03 1726 2012 pada tabel 16. diperoleh :

Tabel 6. 5 Nilai Simpangan Antar Lantai Ijin

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai simpangan antar lantai yang diijinkan(δa) = 0,020 h_{sx}

Tabel 6. 6 Analisa Simpangan Antar Lantai Sumbu X

Arah x							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi lantai (m)	δe (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	δa (mm)	Ket
Atap	35,7	3	31,6	1,1	6	46	oke
Lantai 9	32,7	3,6	30,5	4,3	24	55	oke
Lantai 8	29,1	3,6	26,2	2,8	15	55	oke
Lantai 7	25,5	3,6	23,4	3,2	18	55	oke
Lantai 6	21,9	3,6	20,2	3,6	20	55	oke
Lantai 5	18,3	3,6	16,6	3,9	22	55	oke
Lantai 4	14,7	3,6	12,7	4,5	25	55	oke
Lantai 3	11,1	3,6	8,2	3,9	21	55	oke
Lantai 2	7,5	3,9	4,3	3,3	18	60	oke
Lantai 1	3,6	3,6	1,0	1,0	5,5	55	oke
Lantai dasar	0	3,6	0	0	0	55	oke

Tabel 6. 7 Analisa Simpangan Antar Lantai Sumbu Y

Arah y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggilantai (m)	δe (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	δa (mm)	Ket
Atap	35,7	3	35,1	0,8	4,5	46	oke
Lantai 9	32,7	3,6	34,3	1,6	8,8	55	oke
Lantai 8	29,1	3,6	32,7	2,3	13	55	oke
Lantai 7	25,5	3,6	30,4	2,9	16	55	oke
Lantai 6	21,9	3,6	27,5	3,4	19	55	oke
Lantai 5	18,3	3,6	24,1	3,9	22	55	oke
Lantai 4	14,7	3,6	20,2	4,5	25	55	oke
Lantai 3	11,1	3,6	15,7	5,3	29	55	oke
Lantai 2	7,5	3,9	10,4	4,7	26	55	oke
Lantai 1	3,6	3,6	5,7	5,7	31	55	oke
Lantai dasar	0	3,6	0	0	0	55	oke

6.1.4. Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Kontrol gaya geser dasar gempa dihitung untuk melihat apakah gaya gempa yang di input menggunakan *response spektrum* sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726 2012 pasal 7.8.1. Dari hasil analisa periode fundamental (T) diatas maka dapat ditentukan nilai C_s dari persamaan berikut :

1. Untuk SRPMK (arah sumbu Y)

$$C_s = \frac{SDS}{T} = \frac{0,606}{1} = 0,076$$

Tetapi nilai C_s diatas tidak perlu melebihi :

$$C_s = \frac{SD1}{T(\frac{R}{I})} = \frac{0,606}{2,0(\frac{8}{1})} = 0,031$$

Dan harus tidak kurang dari :

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

$$C_s = 0,044 \times 0,606 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,027 \geq 0,01$$

Jadi dari hasil analisa diatas maka menggunakan nilai

$$C_s = 0,031$$

Berikut perhitungan gaya geser dasar gempa struktur yang terjadi;

Tabel 6. 8 *Base Reaction* Untuk Nilai W_t

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalF_Y	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
D+L	Combination	2.12E-12	2.1E-13	61823.96

$$V_{static} = C_s \times W_t = 0,031 \times 61823,96 \text{ kN}$$

$$= 1916,542 \text{ kN}$$

$$0,85 v_{static} = 0,85 \times 1916,542 \text{ kN} = 1629,06 \text{ kN}$$

Dan hasil analisa struktur pada SAP 2000 diperoleh nilai V base shear ;

Tabel 6. 9 *Vbase Shear*

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalF_Y	GlobalFZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN
Qx	LinRespSpec	Max	565.287	774.262	0.04
Qy	LinRespSpec	Max	1677.61	2579.467	0.049

Syarat V base shear $> 0,85 V_{statik}$

$$\text{Arah X} = 565,287 \text{ kN} < 1629,06 \text{ kN} \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$\text{Arah Y} = 2579,567 \text{ kN} > 1629,06 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

Faktor pembesar untuk gempa arah X ;

$$F_x = \frac{565,287 \text{ kN}}{1629,06 \text{ kN}} = 2,882$$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SURABAYA	0.885
Accel	U1	SURABAYA	0.885
Accel	U2	SURABAYA	1.

Gambar 6. 5 Input Faktor Skala Setelah Dikali Faktor Pembesaran

Dari hasil analisa dinamis gaya geser dasar gempa dari SAP setelah dikali faktor skala diatas menjadi :

Tabel 6. 10 Base Reaction Hasil Analisa SAP Setelah Dikali Faktor Pembesar

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalF _y	GlobalF _Z
Text	Text	Text	KN	KN	KN
Qx	LinRespSpec	Max	1629.574	2103.97	0.04
Qy	LinRespSpec	Max	1677.61	2579.67	0.049

Arah X = 1629,574 > 1629,06 kN (memenuhi)

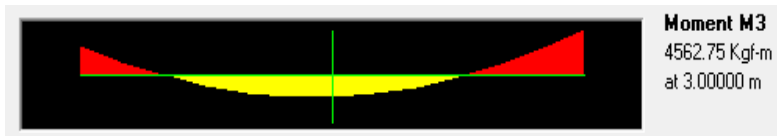
Arah Y = 2579,567 kN > 1629,06 kN (memenuhi)

6.1.5. Cek Reaksi Yang Terjadi

Pengecekan gaya yang terjadi memastikan bahwa permodelan pada program bantu SAP2000 sudah mendekati kondisi yang sebenarnya. Pengecekan dilakukan dengan membandingkan gaya yang terjadi pada SAP dengan hitungan manual. Pada perhitungan ini gaya yang ditinjau merupakan gaya pada struktur balok

A. Cek Momen Pada Balok

Pengecekan dilakukan pada balok object 139 yang berada di lantai tiga dan gaya yang didapat dari hasil analisa SAP 2000 adalah ;



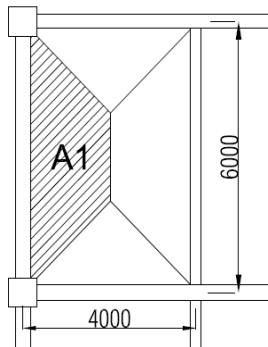
Gambar 6. 6 Diagram Momen Balok Pada Balok 139

Gaya yang diambil hasil analisa SAP adalah kombinasi akibat beban tetap (1,2D+1,6L).

$$M_u \text{ tumpuan} = 6381 \text{ kg.m}$$

$$M_u \text{ lapangan} = 4562,7 \text{ kg.m}$$

Untuk perhitungan gaya yang terjadi dengan perhitungan manual adalah sebagai berikut ;



Gambar 6. 7 Tributary Area Yang Diterima Balok

$$A1 = \frac{(6m+2m)}{2} \cdot 2m = 8 \text{ m}^2$$

Bentang balok = 5350 mm = 5,35 m

Beban mati tidak terfaktor persatuan panjang

- Berat sendiri Balok 35/60 504 kg/m
- Berat sendiri plat 288 kg/m²
- Dinding bata ringan citicon 413 kg/m
- Keramik dan lapisan mortar 77 kg/m²
- *Water proofing* 5 kg/m²
- *Mechanical Duct* 19 kg/m²
- *Plafond gypsum* 5 kg/m²
- Penggantung 10 kg/m²

Beban mati tambahan total perluasan(/m²) = 404 kg/m²

Beban mati total persatuan panjang adalah ;

$$D = ((404 \text{ kg/m}^2 \cdot 8 \text{ m}^2) / 5,35 \text{ m}) + 413 \text{ kg/m} + 504 \text{ kg/m}$$

$$= 1521,12 \text{ kg/m}$$

Beban hidup total persatuan panjang adalah ;

$$L = ((192 \text{ kg/m}^2 \cdot 8 \text{ m}^2) / 5,35 \text{ m})$$

$$= 287,1 \text{ kg/m}$$

Kombinasi beban ultimate akibat gravitasi ;

$$Q_u = 1,2 D + 1,6 L = 1,2 \cdot (1521,12 \text{ kg/m}) + 1,6 (287,1 \text{ kg/m})$$

$$Q_u = 2284,699 \text{ kg/m}$$

Untuk menghitung momen yang terjadi digunakan metode analisis berdasarkan SNI 03-2847 2013 pasal 8.3.3. dimana

$$M_u \text{ tumpuan} = \frac{Q_u \cdot l_n^2}{11} = \frac{2284,69 \text{ kg/m} \cdot (5,35 \text{ m})^2}{11}$$

$$= 5944,89 \text{ kg.m}$$

$$M_u \text{ lapangan} = \frac{Qu \cdot ln^2}{14} = \frac{2284,69 \text{ kg/m} \cdot (5,35\text{m})^2}{14} = 4670,98 \text{ kg.m}$$

$$\text{Selisih tumpuan} = \frac{6381\text{kg.m} - 5944,89 \text{ kg.m}}{6381\text{kg.m}} = 6,03\% < 10\%$$

$$\text{Selisih lapangan} = \frac{4562,7 \text{ kg.m} - 4670,98 \text{ kg.m}}{4562,7 \text{ kg.m}} = 2,3\% < 10\%$$

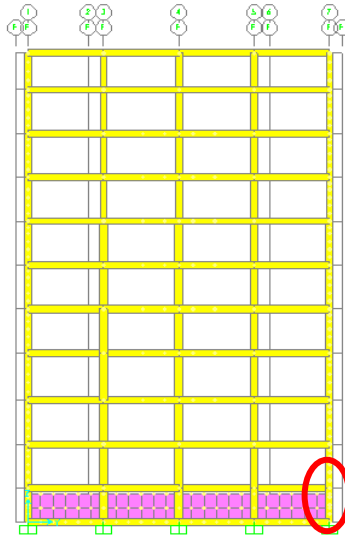
Karena momen hasil analisa SAP dan perhitungan manual relatif sama maka dianggap permodelan sudah hampir mendekati keadaan sebenarnya.

B. Cek Reaksi Pada Kolom

Untuk cek gaya pada reaksi kolom yang terjadi dibandingkan dari hasil analisa SAP dan analisa secara manual. Untuk reaksi kolom pada SAP2000 diambil reaksi kolom pada lantai paling bawah dengan kombinasi aksial beban mati (*Dead*). Diperoleh reaksi sebagai berikut ;

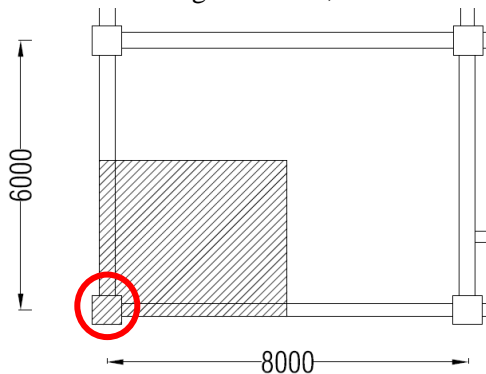
	Joint Object 1			Joint Element 1		
	1	2	3	2	3	3
Force	5485.799	538.822	94889.555			
Moment	1222.786	-1252.812	-0.177			

Gambar 6. 8 Reaksi Kolom Dasar Analisa SAP2000



Gambar 6. 9 Kolom yang Ditinjau

Reaksi aksial yang terjadi (F_z) = 94889,55 kg
 Dan untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan secara manual adalah sebagai berikut ;



Gambar 6. 10 Tributary Area Yang Diterima Titik Kolom

Beban mati yang diterima tributary titik kolom lantai dasar :

$$\begin{aligned}
 \text{Balok B1} &= 0,35\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 3,675\text{m} = 1852,2 \text{ kg} \\
 \text{Balok B2} &= 0,35\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 2,675\text{m} = 1348,2 \text{ kg} \\
 \text{Balok B3} &= 0,3\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,675\text{m} = 1587,6 \text{ kg} \\
 \text{Balok B4} &= 0,35\text{m} \cdot 0,55\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 2,675\text{m} = 1235,5 \text{ kg} \\
 \text{Pelat} &= 0,12\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 2,825\text{m} \cdot 3,825\text{m} = 3112,02 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K} &= 0,65\text{m} \cdot 0,65\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 2,8\text{m} = 2839,2 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K1} &= 0,65\text{m} \cdot 0,65\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 3,6\text{m} = 3650,4 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K2} &= 0,55\text{m} \cdot 0,55\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 3,6\text{m} = 2613,6 \text{ kg} \\
 \text{Kolom KA} &= 0,55\text{m} \cdot 0,55\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 3 \text{ m} = 2178 \text{ kg} \\
 \text{Sloof S1} &= 0,4\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 2,675\text{m} = 1540,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Total Beban mati (Lt. SB- Lt. Atap) :

$$\begin{aligned}
 \text{Balok B1} &= 1852, \text{ kg} \cdot 6 &= 11113,2 \text{ kg} \\
 \text{Balok B2} &= 1348,2 \text{ kg} \cdot 6 &= 16178,4 \text{ kg} \\
 \text{Balok B3} &= 1587,6 \text{ kg} \cdot 5 &= 7938 \text{ kg} \\
 \text{Balok B4} &= 1235,5 \text{ kg} \cdot 5 &= 12358,5 \text{ kg} \\
 \text{Pelat} &= 3112,02 \text{ kg} \cdot 10 &= 31120,2 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K} &= 2839,2 \text{ kg} &= 2839,2 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K1} &= 3650,4 \text{ kg} \cdot 6 &= 21902,4 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K2} &= 2613,6 \text{ kg} \cdot 3 &= 7840,8 \text{ kg} \\
 \text{Kolom KA} &= 2178 \text{ kg} &= 2178 \text{ kg} \\
 \text{Sloof S1} &= 1540,8 \text{ kg} &= 1540,8 \text{ kg} + \\
 &&= 100741,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Selisih hasil analisa = $\frac{94889,55 \text{ kg} - 100741,1 \text{ kg}}{94889,55 \text{ kg}} \cdot 100\% = 6,1 \%$

Selisih = 6,1 % < 10 %

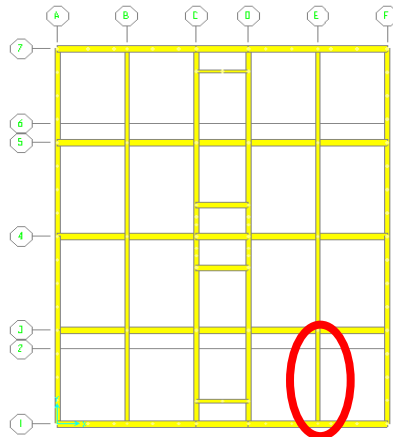
Karena reaksi pada kolom dari hasil analisa SAP dengan perhitungan manual relatif sama yaitu $< 10\%$, maka permodelan struktur di SAP2000 bisa dikatakan mendekati kondisi sebenarnya.

6.1.6. Perhitungan Struktur Dengan Permodelan SRPMK

Perencanaan struktur dengan memodelkan sistem rangka pemikul momen meliputi struktur utama saja. Dengan pembebanan gempa sebesar 25% dari total beban gempa yang terjadi. Perhitungan struktur meliputi :

1. Perhitungan Balok Anak (30/40)

Struktur balok anak yang ditinjau adalah balok anak yang mengalami gaya dalam terbesar dari hasil analisa SAP, yaitu frame 141 yang berada pada lantai dasar.



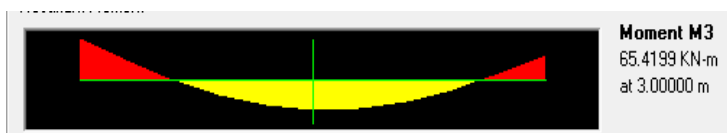
Gambar 6. 11 Balok Anak Yang Ditinjau

Dan dari hasil analisa SAP dapat diketahui besarnya gaya dalam yang terjadi pada balok anak (*frame 141*) meliputi :



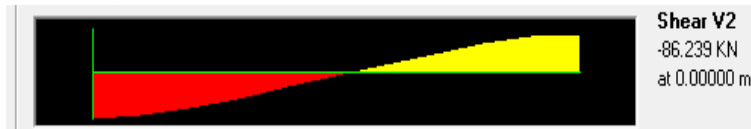
Gambar 6. 12 Momen Tumpuan Balok Anak

$$M_u \text{ tumpuan} = -96,494 \text{ kN-m}$$



Gambar 6. 13 Momen Lapangan Balok Anak

$$M_u \text{ lapangan} = 65,419 \text{ kN-m}$$



Gambar 6. 14 Gaya Geser Balok Anak

$$V_u \text{ max} = 86,239 \text{ kN}$$



Gambar 6. 15 Torsi Pada Balok Anak

$$T_u \text{ max} = 0,182 \text{ kN-m}$$

Data perencanaan balok anak sebagai berikut ;

F_c	= 35 Mpa
F_y	= 400 Mpa
L balok	= 6000 mm
b	= 300 mm
h	= 400 mm
selimut beton	= 40 mm
\emptyset tul. lentur	= 19 mm
\emptyset tul. geser	= 10 mm

A. Perhitungan Tulangan Lentur

Rasio tulangan maks dan min ;

$$\beta_1 = 0,8$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$d = h - \text{selimut} - \emptyset \text{ geser} - (\emptyset \text{ lentur}/2)$$

$$= 400\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - 9,5\text{mm} = 340,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

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

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0268 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tumpuan :

$$M_t = 96,494 \text{ kN-m} = 96494000 \text{ N-mm}$$

$$M_n = \frac{96494000 \text{ N-mm}}{0,9} = 107261000 \text{ N-mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{107261000 \text{ N-mm}}{300 \cdot (340,5^2)} = 3,08$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 3,08}{400}} \right) = 0,0079 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0079 < 0,027 \text{ (memenuhi)}$$

maka ρ pakai = 0,0079

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0079 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm} \\ &= 809,22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan **3 D19**

$$A_s \text{ pasang} = 0,25 \cdot \pi \cdot (19^2) \cdot 3 = 851 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$809,22 \text{ mm}^2 < 851 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Untuk tulangan bawah $A_s' = \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ tarik}$

$$A_s' = \frac{1}{2} \cdot 851 \text{ mm}^2 = 404,5 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan **2 D19** ($A_s = 567 \text{ mm}^2$)

Cek jarak antar tulangan (s)

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \cdot d \text{ lentur})}{n - 1} \\ &= \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - (3 \cdot 19)}{3 - 1} = 71,5 \text{ mm} \\ &= 71,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan lapangan :

$$M_l = 65,419 \text{ kN-m} = 65419000 \text{ N-mm}$$

$$M_n = \frac{65419000 \text{ N-mm}}{0,9} = 72687777,8 \text{ N-mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{72687777,8 \text{ N-mm}}{300 \cdot (340,5^2)} = 2,09$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 2,09}{400}} \right) \\ &= 0,0054 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0054 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

maka ρ pakai = 0,0054

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0054 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm} \\ = 553,9 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan **2 D19**

$$A_s \text{ pasang} = 0,25 \cdot \pi \cdot (19^2) \cdot 2 = 567 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$553,9 \text{ mm}^2 < 567 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Cek jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot d \text{ lentur})}{n - 1} \\ = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - (2 \cdot 19)}{2 - 1} = 162 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

B. Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser sesuai dengan SNI 2847 2013 pasal 11.1.3.1 , gaya geser yang dipakai adalah gaya geser terfaktor V_u sejarak d dari muka tumpuan.

$$V_u = 86,239 \text{ kN} = 86239 \text{ N}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

$$d = h - \text{selimut} - \emptyset \text{ geser} - (\emptyset \text{ lentur} / 2)$$

$$= 400 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 9,5 \text{ mm} = 340,5 \text{ mm}$$

$$V_u' = \frac{V_u}{L/2} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right) = \frac{86239 \text{ N}}{6000/2} \cdot \left(\frac{6000}{2} - 340,5 \right)$$

$$= 76450,87 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur dapat dihitung dengan : ($\lambda=1$ untuk beton normal)

$$V_c = 0,17. \lambda. \sqrt{f'c}. bw. d$$

$$= 0,17. 1\sqrt{35} \text{ Mpa}. 300\text{mm}. 340,5 \text{ mm}$$

$$= 100721,3 \text{ N}$$

$$0,5. \emptyset.V_c = \frac{1}{2} . 0,75. 100721,3 \text{ N} = 37770,47 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = 0,33. bw. d = 34050 \text{ N}$$

$$V_s = 1/3. \sqrt{f'c}.bw. d = 201442,5 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 1} &= Vu' \leq 0,5. \emptyset.V_c \\ &= 76450,87 \text{ N} > 37770,47 \text{ N} \\ &\text{(tidak memenuhi, cek kondisi 2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 2} &= 0,5. \emptyset. V_c \leq Vu' \leq \phi.V_c \\ &= 37770,47 \text{ N} \leq 76450,87 \text{ N} \geq 75540,9 \text{ N} \\ &\text{(tidak memenuhi, cek kondisi 3)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 3} &= \phi.V_c \leq Vu' \leq \phi.(V_c+V_{smin}) \\ &= 75540,9 \text{ N} \leq 76450,87 \text{ N} \leq 101078,44 \text{ N} \\ &\text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Karena masuk dalam kondisi 3 maka hanya perlu tulangan geser minimum.

$$V_s \min = 0,33 \cdot b \cdot d = 34050 \text{ N}$$

$$S \text{ maks} = \frac{1}{2} \cdot d = 150 \text{ mm}$$

$$A_v \min = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} = \frac{34050 \text{ N} \cdot 150}{240 \cdot 340,5} = 62,5 \text{ mm}^2$$

Maka pakai sengkang **2 kaki D10**

$$A_v \text{ pakai} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 157,08 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

C. Perhitungan Tulangan Torsi

Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 11.5.3.1.

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_o h^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f'c'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi ($T_u \text{ max}$) adalah

$$T_u = 0,182 \text{ kN-m} = 182 \text{ N-m} = 182000 \text{ Nmm}$$

$$bh = b - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$hh = h - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 10 = 310 \text{ mm}$$

Keliling penampang yang dibatasi oleh sengkang adalah ;

$$P_h = 2 \times (bh + hh) = 2 \times (210 \text{ mm} + 310 \text{ mm}) = 1040 \text{ mm}$$

Luas penampang yang dibatasi oleh sengkang

$$A_o h = bh \times hh = 210 \times 310 \text{ mm} = 65100 \text{ mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{86239 \text{ N}}{300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{182000 \text{ Nmm} \cdot 1040 \text{ mm}}{1,7 \cdot 65100 \text{ mm}^2}\right)^2} = 2,332 \text{ Mpa}$$

$$0,75 \left(\frac{100721,3 \text{ N}}{300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}\right) = 3,667 \text{ Mpa}$$

Maka penampang kuat menahan torsi

Periksa persyaratan pengaruh puntir sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.5.1 , yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan bila $T_u \leq T_u \text{ min}$

$$T_u \leq \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

dimana ;

A_{cp} = luas penampang keseluruhan

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (untuk beton normal)

\emptyset = 0,75 (faktor reduksi beban torsi)

$$A_{cp} = 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 120000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (300 \text{ mm} + 400 \text{ mm}) = 1400 \text{ mm}$$

$$T_u \text{ min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{120000^2}{1400} \right)$$

$$= 22500000 \text{ Nmm}$$

$$455000 \text{ Nmm} < 15212776,6 \text{ Nmm}$$

(Nilai torsi dapat diabaikan , diberi tulangan torsi minimum)

Perhitungan kebutuhan tulangan transversal penahan torsi

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 65100 \text{ mm}^2$$

$$= 110754,2 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{2 \cdot \emptyset \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot 45} = \frac{33985543,06 \text{ N}}{2 \cdot 0,75 \cdot 110754,2 \text{ mm} \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \cot 45}$$

$$= 0,114 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_{smin}}{f_y \cdot d} = \frac{34050 \text{ N}}{400 \text{ Mpa} \cdot 340,5 \text{ mm}} = 0,25 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 0,25 + (2 \cdot 0,114) = 0,478 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka untuk sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2D10-150**

Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 11.5.3.7 ;

$$A_s = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

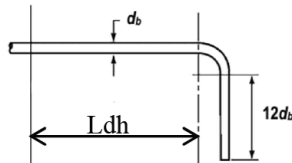
$$= 0,114 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 1040 \text{ mm} \cdot \frac{400}{400} \cdot \cot^2 45$$

$$= 118,66 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan longitudinal penahan torsi 2D10 dengan $A_s = 157,079 \text{ mm}^2$

Panjang Penyaluran Tulangan

1. Panjang penyaluran tulangan tarik ;
 - $d = 340,5 \text{ mm}$
 - $12 db = 12 \cdot 19 \text{ mm} = 228 \text{ mm}$
 - $L_n/16 = 5350/16 = 334,375 \text{ mm}$
 Dari ketiga nilai diatas diambil yang terbesar yaitu
 - $d = 340,5 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$
2. Panjang tulangan berkait
 - Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 12.2.2



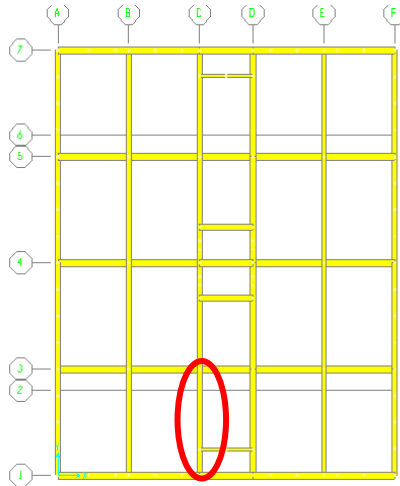
Gambar 6. 16 Panjang Tulangan Kait

$$L_{dh} = \left[\frac{0,24 \cdot 1 \cdot F_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right] \cdot db$$

$$= \left[\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right] \cdot 19 \text{ mm} = 308,31 \text{ mm} \approx 320 \text{ mm}$$

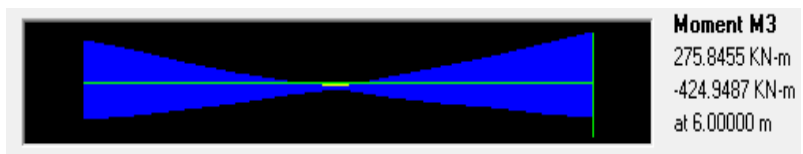
2. Perhitungan Balok Induk B2

Dari program bantu SAP dipilih frame sesuai ukuran balok yang ditinjau dengan nilai gaya-gaya yang paling besar yaitu pada frame 119 dengan ukuran 35/60



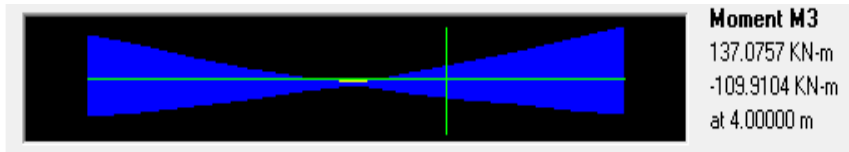
Gambar 6. 17 Balok Induk Yang Ditinjau

dapat diketahui gaya dalam yang terjadi pada balok tersebut dengan program bantu SAP dengan kombinasi terbesar ENVELOPE.



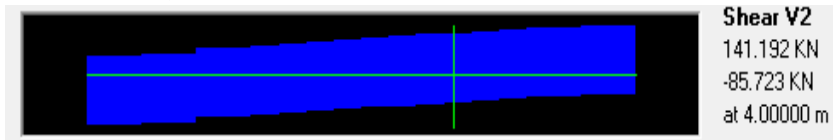
Gambar 6. 18 Diagram Momen Tumpuan Balok Induk

$$M_{u,t} = 424,94 \text{ kN-m}$$



Gambar 6. 19 Diagram Momen Lapangan Balok Induk

$$M_u.lapangan = 137,07 \text{ kN-m}$$



Gambar 6. 20 Diagram Gaya Geser Balok Induk

$$V_u = 141,19 \text{ kN}$$



Gambar 6. 21 Diagram Torsi Balok Induk

$$T_u = 20,41 \text{ kN-m}$$



Gambar 6. 22 Diagram Gaya Aksial Balok Induk

$$P_u = 20,76 \text{ kN}$$

Data perencanaan balok sebagai berikut ;

$$L \text{ balok} = 6000 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi kolom} = 650 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$$

$$L_n = 5350 \text{ mm}$$

$$b \text{ balok} = 350$$

$$h \text{ balok} = 600$$

$$\text{Mutu beton } (F_c) = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja } (F_y) = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{selimut beton } (t) = 40 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tul. lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tul. geser} = 13 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7} \right) \cdot 0,05 = 0,8$$

$$\emptyset = 0,9$$

Tabel 6. 11 Momen balok akibat gaya gempa

Kondisi	Lokasi tinjau	Arah goyangan	Momen (Mu) (kN.m)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	-424,94
2	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	-365,11
3	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	275,84
4	Tumpuan Kiri(+)	Kanan	293,56
5	Lapangan	Kanan/Kiri	137,07

Cek Syarat Struktur Penahan Gempa

- Gaya aksial tekan terfaktor struktur maksimum $= 0,1 A_g \cdot F_c'$
 $0,1 \times 350 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 35 \text{ Mpa} = 735 \text{ kN}$
 $P_u = 20,764 \text{ kN} < 0,1 A_g \cdot F_c' = 735 \text{ kN}$ (memenuhi)
- Bentang bersih komponen tidak kurang dari 4 kali tinggi efektifnya
 $L_n = 5350 \text{ mm}$
 $d = h \text{ balok} - t - d \cdot \text{senggang} - (d \cdot \text{lentur}/2)$
 $= 600 - 40 - 13 - 25/2 = 534,5 \text{ mm}$
 $4d = 4 \cdot 534,5 \text{ mm} = 2138 \text{ mm}$
 $5350 \text{ mm} > 2138 \text{ mm}$ (memenuhi)
- Lebar komponen tidak kurang dari 0,3 h dan 250mm
 $b_w = 350 \text{ mm}$
 $0,3 h = 0,3 \times 600 = 180 \text{ mm}$ (memenuhi)

A. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

1. Kondisi 1 (Momen tumpuan kanan dengan momen negatif)

$$Mn_l = \frac{Mu}{\phi} = \frac{424940000 \text{ Nmm}}{0,9} = 472155555,56 \text{ Nmm}$$

Jika diambil nilai $X_r \leq 0,75 X_b$ untuk mencari titik berat, maka ;

$$X_b = \frac{600}{600 + fy} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 534,5 \text{ mm} = 320,7 \text{ mm}$$

$$X_r = 0,75 X_b = 0,75 \cdot 320,7 \text{ mm} = 240,53 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $X_r = 200$

$$A_{sc} = \frac{0,85 f_c' \beta 1.b.X_r}{f_y} = \frac{0,85. 35 . 0,8. 350 .200}{400} = 4165 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc}. F_y. \left(d - \frac{\beta 1-X_r}{f_y} \right) \\ &= 4165 \text{ mm}^2. 400. \left(534,5 - \frac{0,8-200}{400} \right) \\ &= 889810600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n - M_{nc} &= 472155555,56 \text{ Nmm} - 889810600 \text{ Nmm} \\ &= -417655044,44 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena nilai $M_n - M_{nc} < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan maka digunakan perhitungan tulangan tunggal .

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{472155555,56 \text{ Nmm}}{350\text{mm} . (534,5\text{mm})^2} = 4,71$$

$$m = \frac{F_y}{0,85.F_c'} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85.35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2. 13,45. 4,71}{400}} \right\} = 0,012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 .F_c. \beta 1}{F_y} \times \frac{600}{600+F_y} \\ &= \frac{0,85 .35 .0,8}{400} \times \frac{600}{600+400} = 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,012 < 0,027 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{maka } \rho_{\text{pakai}} = 0,012$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,012 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} \\ &= 2244,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan **5 D 25**

$$A_s \text{ aktual} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 5 = 2454,37 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$2244,9 \text{ mm}^2 < 2454,37 \text{ mm}^2, \text{ (memenuhi)}$$

Maka dipasang 2 lapis tulangan dengan 3 tulangan atas dan 2 tulangan bawah

Cek jarak antar tulangan ;

$$s = \frac{b - 2t - 2 \text{ sengkang} - (n \cdot d \cdot \text{lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - (3 \cdot 25)}{3 - 1} = 84,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

maka digunakan tulangan 2 lapis dengan konfigurasi tulangan atas 3 D 25 dan tulangan bawah 2 D 25

Cek batas jarak tulangan untuk membatasi retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $C_c = t + d \text{ sengkang} = 53 \text{ mm}$

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{400 \text{ Mpa}} \right) - 2,5 \cdot 53 \text{ mm} = 264,5 \text{ mm}$$

2. Kondisi 2 (Momen tumpuan kiri dengan momen negatif)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{3651100,00}{0,9} = 405677777,8 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 534,5 \text{ mm} = 320,7 \text{ mm}$$

$$X_r = 0,75 X_b = 0,75 \cdot 320,7 \text{ mm} = 240,53 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $X_r = 200$

$$A_{sc} = \frac{0,85 f_c' \beta_1 b X_r}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8 \cdot 350 \cdot 200}{400} = 4165 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 - X_r}{f_y} \right) \\ &= 4165 \text{ mm}^2 \cdot 400 \cdot \left(534,5 \text{ mm} - \frac{0,8 - 200}{400 \text{ Mpa}} \right) \\ &= 889810600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n - M_{nc} &= 405677777,8 \text{ Nmm} - 889810600 \text{ Nmm} \\ &= -484132822,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena nilai $M_n - M_{nc} = < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan perhitungan tulangan tunggal.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{405677777,8 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \cdot (534,5 \text{ mm})^2} = 4,06$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 4,06}{400}} \right\} = 0,0109 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600+400} = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

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

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0109 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\text{maka } \rho_{pakai} = 0,0109$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0109 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} \\ &= 1870,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan **4 D 25**

$$A_s \text{ aktual} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 4 = 1963,49 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$1870,75 \text{ mm}^2 < 1963,49 \text{ mm}^2, \quad (\text{memenuhi})$$

Cek jarak antar tulangan ;

$$s = \frac{b - 2t - 2 \text{ sengkang} - (n \times d \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - (4 \times 25)}{4 - 1} = 48 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

maka digunakan tulangan 2 lapis dengan konfigurasi tulangan atas 4 D 25

Cek batas jarak tulangan untuk membatasi retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $C_c = t+d$ sengkang = 53 mm

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 400 \text{ Mpa}} \right) - 2,5 \cdot 53 \text{ mm} = 264,5 \text{ mm}$$

$$s = 48 \text{ mm} < 264,5 \text{ mm}, \text{ (memenuhi)}$$

3. Kondisi 3 (Momen tumpuan kanan dengan momen positif)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{275840000 \text{ Nmm}}{0,9} = 306488888,9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{306488888,9 \text{ Nmm}}{350 \cdot 534,5^2} = 3,1$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 3,1}{400}} \right\} = 0,0081 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0081 < 0,027 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{maka } \rho_{\text{pakai}} = 0,0081$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0081 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}$$

$$= 1496,6 \text{ mm}^2$$

Pada persyaratan SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.2 bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{2}$ kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$$A_s \text{ min} = \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ perlu tulangan negatif tumpuan kanan.}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2244,9 \text{ mm}^2 = 1122,45 \text{ mm}^2$$

Karena nilai $1496,6 \text{ mm}^2 > 1122,45 \text{ mm}^2$ maka dipakai nilai terbesar

Jadi dipakai tulangan **4 D 25** dengan $A_s \text{ pakai} = 1963,49 \text{ mm}^2$

Cek jarak antar tulangan ;

$$s = \frac{b - 2t - 2 \text{ sengkang} - (n \times d \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - (4 \times 25)}{4 - 1} = 48 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

4. Kondisi 4 (Momen tumpuan kiri dengan momen positif)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{293560000}{0,9} = 326177777,8 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{326177777,8 \text{ Nmm}}{350 \cdot 534,5^2} = 3,26$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\}$$

$$= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 3,26}{400}} \right\} = 0,0086$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036\end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

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

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0086 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\text{maka } \rho_{pakai} = 0,0086$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0086 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}$$

$$= 1619,92 \text{ mm}^2$$

Pada persyaratan SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.2 bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{2}$ kuat lentur negatifnya.

$A_s \text{ min} = \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ perlu tulangan negatif tumpuan kiri} .$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1870,75 \text{ mm}^2 = 935,37 \text{ mm}^2$$

Karena nilai $1619,92 \text{ mm}^2 > 935,37 \text{ mm}^2$ maka dipakai nilai terbesar. Jadi dipakai tulangan **4 D 25** dengan $A_s \text{ pakai} = 1963,49 \text{ mm}^2$

Cek jarak antar tulangan ;

$$s = \frac{b - 2t - 2 \text{ sengkang} - (n \times d \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - (4 \times 25)}{4 - 1} = 48 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

5. Kondisi 5 (Momen Lapangan)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{137070000 \text{ Nmm}}{0,9} = 152300000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{152300000 \text{ Nmm}}{350.534,5^2} = 1,5$$

$$m = \frac{Fy}{0,85.Fc'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85.35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{Fy}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,45.1,5}{400}} \right\} = 0,0039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85.Fc.\beta_1}{Fy} \times \frac{600}{600+Fy} \\ &= \frac{0,85.35.0,8}{400} \times \frac{600}{600+400} = 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{Fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0039 < 0,027 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{maka } \rho_{\text{pakai}} = 0,0039$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho. b. d = 0,0039. 350 \text{ mm}. 534,5 \text{ mm} \\ &= 731,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pada persyaratan SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.2 bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesarnya.

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= \frac{1}{4} \cdot A_s \text{ perlu tulangan negatif tumpuan kiri} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \text{mm}^2. 2244,9 \text{ mm}^2 = 561,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan **2 D 25** dengan $A_s \text{ pakai} = 981,75 \text{ mm}^2$
 Untuk tulangan tekan daerah lapangann sesuai SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.1 mengahuruskan setidaknya ada 2 tulangan yang dibuat menerus pada kedua sisi atas dan bawah sehingga digunakan **2 D 25** .

Cek jarak antar tulangan ;

$$s = \frac{b-2t-2 \text{ sengkang} -(n \times d.\text{lentur})}{n-1}$$

$$s = \frac{350-2.40 -2. 13-(2 \times 25)}{2-1} = 194 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$$

Cek batas jarak tulangan untuk membatasi retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5. C_c$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik , maka $C_c = t+d \text{ sengkang} = 53 \text{ mm}$

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3} 400 \text{ Mpa}} \right) - 2,5. 53 \text{ mm} = 264,5 \text{ mm}$$

$$s = 194 \text{ mm} < 264,5 \text{ mm} , \text{ (memenuhi)}$$

B. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Geser

1. Perhitungan Momen Kapasitas (Probable moment capacities/ M_{pr})
 - a. M_{pr} apabila struktur bergoyang ke kanan
(Kondisi 1)

$$\alpha_{pr-1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

$$= 117,85 \text{ mm}$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{\alpha_{pr-1}}{2} \right)$$

$$= 583614116,9 \text{ Nmm}$$

(Kondisi 4)

$$\alpha_{pr-4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

$$= 94,28 \text{ mm}$$

$$M_{pr-4} = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{\alpha_{pr-1}}{2} \right)$$

$$= 478461864,4 \text{ Nmm}$$

b. M_{pr} apabila struktur bergoyang ke kiri

(Kondisi 2)

$$\alpha_{pr-2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

$$= 94,28 \text{ mm}$$

$$M_{pr-2} = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{\alpha_{pr-1}}{2} \right)$$

$$= 478461864,4 \text{ Nmm}$$

(Kondisi 3)

$$\alpha_{pr_3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

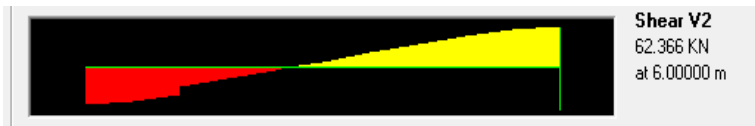
$$= 94,28 \text{ mm}$$

$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{\alpha_{pr_1}}{2} \right)$$

$$= 478461864,4 \text{ Nmm}$$

2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Sesuai SNI 2847 2013 gambar S.21.5.4 dalam mencari reaksi gaya geser pada ujung kiri dan ujung kanan balok. Untuk diagram gaya geser yang terjadi didapatkan dari hasil analisa SAP dengan kombinasi 1,2D+1L, seperti gambar dibawah



Gambar 6. 23 Diagram Gaya Geser Akibat Beban Tetap

Di dapatkan nilai $V_g = 62,366 \text{ kN} = 62366 \text{ N}$

$$\text{Maka } \omega u = \frac{V_g \cdot 2}{ln} = \frac{62,366 \text{ kN} \cdot 2}{5,35 \text{ m}} = 23,315 \text{ kN/m}$$

- a. Menghitung gaya geser akibat goyangan struktur ke kiri

$$V_{sway} = \frac{M_{pr_2} + M_{pr_3}}{Ln}$$

$$= \frac{478461864,4 \text{ Nmm} + 478461864,4 \text{ Nmm}}{5350 \text{ mm}}$$

$$V_{sway} = 178864,248 \text{ N}$$

Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok

$$\text{Reaksi} = V_g \pm V_{sway}$$

$$\text{Reaksi di kanan} = 62366 \text{ N} + 178864,248 \text{ N}$$

$$= 241230,248 \text{ N}$$

$$\text{Reaksi di kiri} = 62366 \text{ N} - 178864,248 \text{ N}$$

$$= -116498,248 \text{ N}$$

- b. Menghitung gaya geser akibat goyangan struktur ke kanan

$$\begin{aligned} V_{sway} &= \frac{Mp_1 + Mpr_4}{Ln} \\ &= \frac{583614116,9 \text{ Nmm} + 478461864,4 \text{ Nmm}}{5350 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$V_{sway} = 198518,87 \text{ N}$$

Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok

$$\text{Reaksi} = V_g \pm V_{sway}$$

$$\text{Reaksi di kiri} = 62366 \text{ N} + 198518,86 \text{ N}$$

$$= 260884,86 \text{ N}$$

$$\text{Reaksi di kanan} = 62366 \text{ N} - 198518,86 \text{ N}$$

$$= -136152,86 \text{ N}$$

3. Perhitungan kebutuhan sengkang

Pada SNI 2847 2013 pasal 21.5.4.2 , mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser yaitu $V_c=0$ pada sendi plastis apabila :

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum , V_u disepanjang bentang.

Tabel 6. 12 V_{sway} Pada Balok Akibat Gempa

Arah gerakan	V_{sway}	Reaksi Tumpuan Kiri		Reaksi Tumpuan Kanan		Cek Syarat
		V_u	0,5 V_u	V_u	0,5 V_u	
		N	kN	kN	kN	kN
Kanan	198518,86	260884,87	130442,44	-136152,87	68076,43	OKE
Kiri	178864,24	-116498,25	-58249,12	241230,25	108553,62	OKE

- Gaya aksial tekan terfaktor $< \frac{A_g \cdot f_c'}{20} = 367,5 \text{ kN}$
 $P_u = 20,405 \text{ kN} < 367,5 \text{ kN}$ (memenuhi)
 Dikarenakan kedua syarat tersebut terpenuhi, nilai $V_c = 0$

a. Muka kolom kiri

Diambil nilai V_u terbesar = 260884,87 N

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{260884,87 \text{ N}}{0,75} - 0 = 347846,5 \text{ N}$$

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 11.4.7.9 nilai maksimum dari V_s dapat ditentukan ;

$$\begin{aligned} V_{s, \max} &= 2/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 737833,75 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = 347846,5 \text{ N} < V_{s, \max} = 737833,75 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Bila digunakan sengkang D13 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}}{347846,5 \text{ N}} = 163,16 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum menurut SNI 03 2847 pasal 21.5.3.2 adalah :

$$d/4 = 534,5 \text{ mm} / 4 = 133,63 \text{ mm}$$

$$6 \cdot db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$s \leq 150 \text{ mm}$$

maka dari nilai s diatas diambil yang terkecil

pakai sengkang **2 kaki D13 – 120** sepanjang sejarak $2 \cdot h = 2 \cdot 600 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$ dari muka kolom tumpuan kiri dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

b. Muka kolom kanan

Diambil nilai V_u terbesar = 241230,25 N

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{241230,25 \text{ N}}{0,75} - 0 = 321640,33 \text{ N}$$

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 11.4.7.9 nilai maksimum dari V_s dapat ditentukan ;

$$\begin{aligned} V_s \text{ max} &= 2/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 737833,75 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = 321640,33 \text{ N} < V_s \text{ max} = 737833,75 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Bila digunakan sengkang D13 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}}{321640,33 \text{ N}}$$

$$= 176,45 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum menurut SNI 03 2847 pasal 21.5.3.2 adalah :

$$d / 4 = 534,5 \text{ mm} / 4 = 133,63 \text{ mm}$$

$$6 \cdot db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$s \leq 150 \text{ mm}$$

maka dari nilai s diatas diambil yang terkecil pakai sengkang **2 kaki D13 – 120** sepanjang sejarak $2 \cdot h = 2 \cdot 600 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$ dari muka kolom tumpuan kanan dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

c. Ujung zona sendi plastis (lapangan)

Gaya geser maksimum pada ujung zona sendi plastis yaitu sejarak $2 \cdot h = 1200 \text{ mm}$ dari muka kolom adalah sebesar $260884,87 \text{ N} - (2 \cdot h \cdot \omega u)$

$$V_u = 260,884 \text{ kN} - (1,2 \text{ m} \cdot 23,315 \text{ kN/m})$$

$$= 232,907 \text{ kN} = 232907,6 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}$$

$$= 184453,43 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{232907,6 \text{ N}}{0,75} - 184453,43 \text{ N}$$

$$= 126085,034 \text{ N}$$

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 11.4.7.9 nilai maksimum dari V_s dapat ditentukan ;

$$V_s \text{ max} = 2/3 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 737833,75 \text{ N}$$

$$V_s = 126085,034 \text{ N} < V_s \text{ max} = 737833,75 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Bila digunakan sengkang D13 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}}{126085,034 \text{ N}}$$

$$= 450,15 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum sepanjang balok menurut SNI 03 2847 pasal 21.5.3.2 adalah :

$$d/2 = 534,5 \text{ mm} / 2 = 267,25 \text{ mm}$$

$$6 \cdot db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$s \leq 150 \text{ mm}$$

maka dari nilai s diatas diambil yang terkecil pakai sengkang **2 kaki D13 – 150** sepanjang zona sendi plastis/lapangan

C. Perhitungan Tulangan Torsi

Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 11.5.3.1.

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f_c'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi (T_u maks) adalah

$$T_u = 20,41 \text{ kN-m} = 20410000 \text{ Nmm (hasil analisa SAP)}$$

$$V_u = 141,19 \text{ kN} = 141190 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} \\ = 184453,4 \text{ N} = 184,46 \text{ kN}$$

$$bh = b - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 350 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 13 = 257 \text{ mm}^2$$

$$hh = h - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 13 = 507 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang yang dibatasi oleh sengkang adalah ;

$$P_h = 2 \times (bh + hh) = 2 \times (257 \text{ mm} + 507 \text{ mm}) = 1528 \text{ mm}$$

Luas penampang yang dibatasi oleh sengkang

$$A_{oh} = bh \times hh = 257 \text{ mm} \times 507 \text{ mm} = 130299 \text{ mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{141190 \text{ N}}{350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{20410000 \text{ Nmm} \cdot 1528 \text{ mm}}{1,7 \cdot (130299 \text{ mm}^2)^2}\right)^2} = 1,28 \text{ Mpa}$$

$$0,75 \left(\frac{184453,4 \text{ N}}{350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35}\right) = 3,66 \text{ Mpa}$$

Karena nilai $1,35 \text{ Mpa} < 3,66 \text{ Mpa}$ maka penampang kuat menahan torsi terfaktor

Periksa persyaratan pengaruh puntir sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.5.1 , yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan bila $T_u \leq T_{u \text{ min}}$

$$T_u \leq \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

dimana ;

A_{cp} = luas penampang keseluruhan

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (untuk beton normal)

\emptyset = 0,75 (faktor reduksi beban torsi)

$$A_{cp} = 350 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 210000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (350 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) = 1900 \text{ mm}$$

$$T_u \text{ min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{210000 \text{ mm}^2}{1900} \right)$$

$$= 34328831 \text{ Nmm}$$

$$20410000 \text{ Nmm} < 34328831 \text{ Nmm}$$

(Nilai torsi dapat diabaikan , diberi tulangan torsi minimum)

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 nilai torsi dapat direduksi menjadi ;

$$= \emptyset \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

$$= 0,75 \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot \frac{(210000 \text{ mm})^2}{1900 \text{ mm}}$$

$$= 33985543,06 \text{ N}$$

Karena nilai $34328831 \text{ Nmm} > 33985543,06 \text{ N}$

Maka pakai nilai $T_u = 33985543,06 \text{ N}$

Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Penahan

Torsi

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,8 \cdot 130299 \text{ mm}^2$$

$$= 110754,2 \text{ mm}^2$$

$$\frac{At}{s} = \frac{T_u}{2 \cdot \emptyset \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot 45} = \frac{33985543,06 \text{ N}}{2 \cdot 0,75 \cdot 110754,2 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \cot 45}$$

$$= 0,511 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

1. Pada daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{347846,5 \text{ N}}{400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}} = 1,63 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = 1,63 + (2 \cdot 0,511) = 2,64 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka untuk sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2D13-100**, dengan nilai $Av/s = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$

2. Pada daerah lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{126085,034 \text{ N}}{400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}} = 0,59 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = 0,59 + (2 \cdot 0,511) = 1,61 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka untuk sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2D13-150**, dengan nilai $Av/s = 1,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 11.5.3.7 ;

$$A\ell = \frac{At}{s} \cdot Ph \left(\frac{fyt}{fy} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

$$= 0,511 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 1528 \text{ mm} \cdot \frac{400}{400} \cdot \cot^2 45 = 781,45 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan torsi **2 D 25** dengan $A_s = 981,75 \text{ mm}^2$

Panjang Penyaluran Tulangan

1. Panjang penyaluran tulangan tarik ;

$$d = 534,5 \text{ mm}$$

$$12 db = 12 \cdot 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

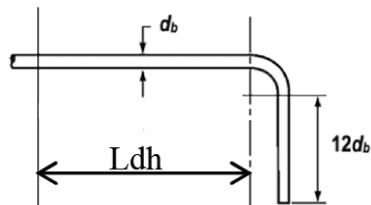
$$Ln/16 = 5350/16 = 334,375 \text{ mm}$$

Dari ketiga nilai diatas diambil yang terbesar yaitu

$$d = 534,5 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}$$

2. Panjang tulangan berkait

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 12.2.2



Gambar 6. 24 Panjang Kait

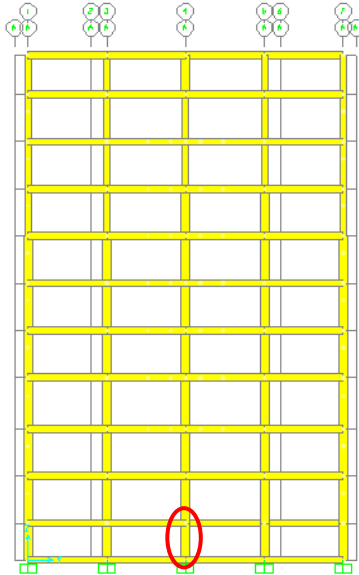
$$l_{dh} = \left[\frac{0,24 \cdot 1 \cdot F_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right] \cdot db$$

$$= \left[\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right] \cdot 25 \text{ mm} = 405,6 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kait} = 12 \cdot db = 300 \text{ mm}$$

3. Perhitungan Struktur Kolom

Pada contoh perhitungan struktur kolom dalam sub bab ini , kolom yang di desain merupakan kolom utama yang mengalami gaya aksial terbesar dari hasil analisa SAP 2000



Gambar 6. 25 Kolom Yang Ditinjau

Data perancangan kolom sebagai berikut ;

H kolom = 3600 mm

Dimensi kolom = 650 mm x 650 mm

Mutu beton (F_c) = 35 Mpa

Mutu baja (F_y) = 400 Mpa

selimut beton (t) = 40 mm

\emptyset tul. lentur = 25 mm

\emptyset tul. geser = 13 mm

Dari program analisa SAP 2000 didapatkan gaya aksial yang terjadi pada kolom desain dengan kombinasi terbesar yaitu ENVELOPE.



Gambar 6. 26 Gaya Aksial Kolom Yang Ditinjau

P_u kolom bawah = 4177,06 kN



Gambar 6. 27 Gaya Aksial Kolom Yang Atas

P_u kolom atas = 3692,08 kN

Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

1. Gaya aksial kolom maksimum harus melebihi $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$ sesuai ketentuan SNI 2847 2013 pasal 21.6.1

$$\frac{(650\text{mm} \times 650\text{mm}) \cdot 35\text{Mpa}}{10} = \frac{1478750 \text{ N}}{10} = 147875 \text{ kg}$$

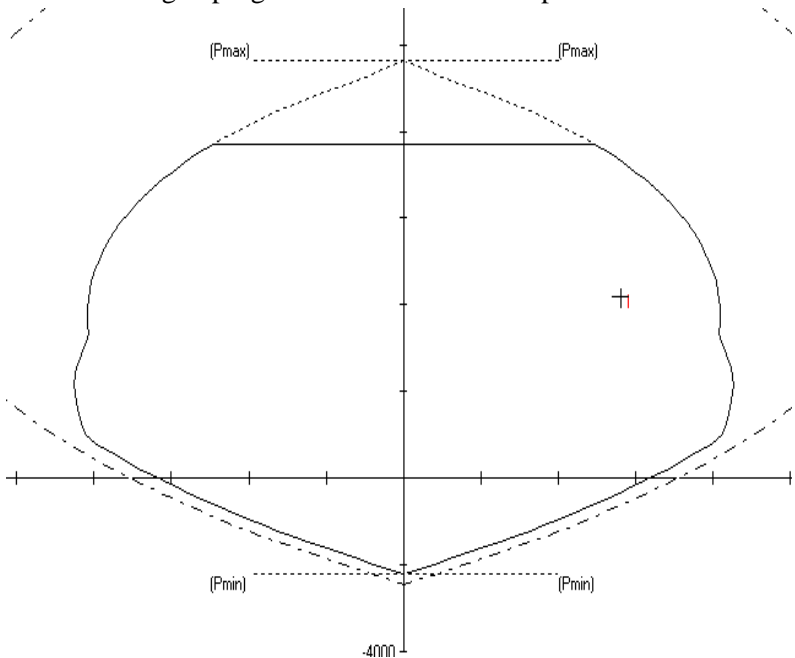
$$P_u = 417706 \text{ kg} > 147875 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

2. Sisi penampang terpendek kolom tidak kurang dari 300mm.
Sisi terpendek kolom = 650 mm > 300 mm (memenuhi)
3. Rasio lebar dan tinggi kolom tidak kurang dari 0,4

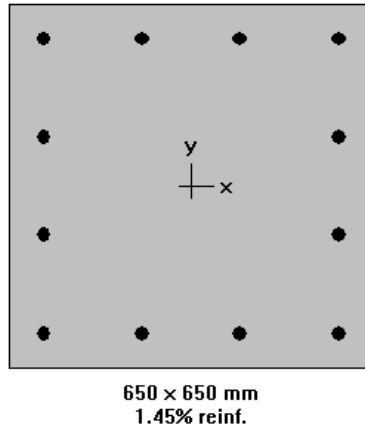
$$\frac{650 \text{ mm}}{650 \text{ mm}} = 1 > 0,4 \text{ (memenuhi)}$$

A. Perhitungan tulangan longitudinal penahan lentur

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.6.3.1 dimana luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari $0,01A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang maka dipakai program bantu PCA Column. Dan setelah dilakukan analisa dengan program bantu tersebut didapatkan :



Gambar 6. 28 Diagram interaksi P-M pada PCACol



Gambar 6. 29. Konfigurasi Penulangan Kolom Pada Pccol

Dari hasil analisa dengan PCA Col dengan memasukan gaya-gaya yang terjadi pada kolom didapatkan hasil konfigurasi tulangan longitudinal penahan lentur **12 D 25** dengan $\rho = 1,45 \% = 0,0145$ maka nilai $0,01 < \rho < 0,06$ telah terpenuhi.

Cek Syarat *Strong Column Weak Beam*

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 21.6.2.2 kekuatan kolom harus memenuhi nilai $\Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_b$, dimana ;

ΣM_c = jumlah M_n dua kolom yang bertemu di join

ΣM_b = jumlah M_n dua balok yang bertemu di join

1. Menentukan nilai ΣM_b

A_s tulangan lentur atas balok = 2454,37 mm²

A_s tulangan lentur bawah balok = 1963,49 mm²

d balok = 534,5 mm

a. Menentukan M_{nb}^+ dan M_{nb}^-

$$\alpha^+ = \frac{A_s \cdot f_y \cdot}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}} = 94,28 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb}^+ &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2}\right) \\ &= 0,75 \cdot 2945,24 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(534,5 \text{ mm} - \frac{94,28 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 430615677,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\alpha^- = \frac{A_s \cdot f_y \cdot}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}} = 75,43 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb}^- &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2}\right) \\ &= 0,75 \cdot 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(534,5 \text{ mm} - \frac{75,43 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 351157191,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nb} &= M_{nb}^+ + M_{nb}^- \\ &= 781772869,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,2 \Sigma M_{nb} &= 938127442,9 \text{ Nmm} \\ &= 938,13 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai ΣM_c

Untuk menentukan nilai M_{nc} maka digunakan program bantu PCA Col untuk mendapatkan diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah . Dimana nilai Aksial kolom atas dengan kolom bawahnya sebagai berikut;

$$P_u \text{ atas} = 3692,08 \text{ kN}$$

$$P_u \text{ bawah} = 4177,06 \text{ kN}$$

Dari diagram interaksi antar kolom atas dengan bawah didapatkan nilai M_{nc}

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:										
Design/Required ratio $\Phi M_n/M_u \geq 1.00$										
No.	Pu kN	Max kNm	Muy kNm	ΦM_{nx} kNm	ΦM_{ny} kNm	$\Phi M_n/M_u$	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	4177.00	304.80	469.67	442.92	682.49	1.453	550	820	0.00147	0.650
2	3692.10	410.60	456.40	540.25	600.52	1.316	527	828	0.00171	0.650

Gambar 6. 30 Output Diagram Interaksi P-M Kolm Desain

Dari hasil analisa diatas makan didapatkan :

$$M_{nc} \text{ kolom design} = 682,49 \text{ kNm}$$

$$M_{nc} \text{ kolom atas} = 600,52 \text{ kNm}$$

$$\text{Maka } \Sigma M_{nc} = 682,49 \text{ kNm} + 600,52 \text{ kNm} = 1283 \text{ kNm}$$

$$\text{Syarat ; } \Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_b$$

$$1283,01 \text{ kNm} > 938,13 \text{ kNm} \text{ (memenuhi)}$$

B. Perhitungan Tulangan Transversal Sebagai Confinement

1. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi(hoop). Tulangan hoop diperlukan sepanjang L_o dari ujung-ujung kolom , dengan L_o merupakan nilai terbesar dari ;

- Tinggi komponen struktur pada muka join, $h = 650 \text{ mm}$
- $1/6 L_n$ struktur = $1/6 \cdot 3200 \text{ mm} = 533,3 \text{ mm}$
- 450 mm

Maka dari nilai diatas dipilih $L_o = 650 \text{ mm}$

2. Tentukan spasi maksimum hoop , s_{max} pada daerah sepanjang L_o dari ujung kolom. Nilai s_{max} merupakan nilai terbesar dari ;

- $1/4$ dimensi minimum = $1/4 \cdot h = 162,5 \text{ mm}$
- $6 \cdot db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- Nilai $S_o = 100 + \frac{350 - 0,5hx}{3}$

$$hx = (650\text{mm} - 2 \cdot 40\text{ mm} - 2 \cdot 25\text{mm}) / 3 = 363,33\text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 363,33\text{ mm}}{3} = 95,56$$

Namun tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Maka $S_o = 100\text{ mm}$

Maka diambil $S_{max} = 100\text{ mm}$

3. Penentuan Luas Tulangan Confinement

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.6.4.4. untuk daerah sepanjang L_o dari ujung-ujung kolom total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara :

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$bc = \text{lebar penampang inti beton yang terkekang} \\ = bw - 2x(t + 0,5db)$$

$$= 650\text{ mm} - 2 \cdot (40\text{mm} + 12,5\text{mm}) = 545\text{ mm}$$

$$A_{ch} = \text{luas penampang inti beton} \\ = (bw - 2 \cdot t) \times (bw - 2 \cdot t) = (650\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm})^2 \\ = 324900\text{ mm}^2$$

Sehingga A_{sh1} ;

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{100\text{mm} \cdot 545\text{mm} \cdot 35}{400\text{Mpa}} \right) \cdot \left(\frac{422500\text{mm}^2}{324900\text{mm}^2} - 1 \right) \\ = 537\text{mm}^2$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100\text{mm} \cdot 545\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} = 536\text{ mm}^2$$

Maka dipakai $A_{sh} = 537\text{mm}^2$

Digunakan sengkang (hoop) **5 kaki D13** sepanjang L_o
 A_{sh} pakai = $5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 = 663,66 \text{ mm}^2$

Sehingga untuk daerah sejarak L_o dari muka kolom menggunakan tulangan *hoop* **5 kaki D13**. Berdasarkan SNI 3847 2013 pasal 21.6.4.5 untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom (tinggi kolom total dikurangi L_o di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum yaitu ;

- 6. $db = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka dipakai $s = 150 \text{ mm}$ diluar panjang L_o

Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.6.5.1 gaya geser desain yang digunakan tidak perlu lebih besar dari nilai berikut

1. Hitung nilai V_{sway}

$$V_{sway} = \frac{M_{pr} \text{ b.atas} \cdot DF_{atas} + M_{pr} \text{ b.bawah} \cdot DF_{bawah}}{l_n} h$$

DF = Faktor distribusi momen bagian atas dan bawah kolom desain (0,5)

M_{pr} = penjumlahan M_{pr} untuk masing-masing balok lantai atas dan lantai bawah di muka kolom interior.

Namun V diatas tidak perlu melebihi V_u analisa struktur

$$V_{sway} = \frac{1062075981 \text{ N} \cdot 0,5 + 1062075981 \text{ N} \cdot 0,5}{3000 \text{ mm}}$$

$$= 354025,33 \text{ N} = 354,03 \text{ kN}$$

Tidak boleh lebih kecil dari V_u hasil analisa struktur

$$V_u = 168,41 \text{ kN} < 354,03 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

Maka pakai nilai $V_u = 354,03 \text{ kN}$

2. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c
Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.6.5.2 kontribusi beton akan diabaikan apabila ;

- $V_e > \frac{1}{2} V = 354,03 \text{ kN} > \frac{168,41 \text{ kN}}{2}$ (memenuhi)

- $P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{10} = 4177070 \text{ N} < \frac{650 \text{ mm} \cdot 650 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{10}$

$$4177070 \text{ N} > 1478750 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Karena syarat diatas memenuhi maka kontribusi V_c diabaikan.

3. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{354,03 \text{ kN}}{0,75} = 472,03 \text{ kN}$$

Karena nilai $\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2}$, maka memerlukan tulangan geser minimum

Pengecekan kecukupan pasang tulangan geser minimum

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{354,03 \text{ kN}}{0,75} = 472,03 \text{ kN}$$

$$V_c + 1/3 \cdot b_w \cdot d = 490,96 \text{ kN}$$

$\frac{V_u}{\phi} < \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d$, maka diperlukan tulangan geser minimum

Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confinement 5 kaki D13-100 ($A_{sh} = 663,66 \text{ mm}^2$)

$$A_v \text{ min} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{650 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}}{3 \cdot 400 \text{ Mpa}} = 54,17 \text{ mm}^2$$

Maka $A_{sh} > A_v \text{ min}$ (memenuhi)

Untuk daerah L_o SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.2 memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja ;

$$0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c}, b_w \cdot d$$

$$P_u/N_u \text{ analisa SAP} = 4177070 \text{ N}$$

$$0,17 \cdot \left(1 + \frac{4177070 \text{ N}}{5915000 \text{ mm}^2}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 584,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 651938,04 \text{ N} = 651,9 \text{ kN}$$

Karena nilai $\frac{V_u}{\phi} < V_c$, maka tulangan geser tidak diperlukan untuk bentang tersebut. Sehingga digunakan hasil perhitungan tulangan confinement saja yaitu **5 kaki D 13 - 100**.

C. Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama , maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong sambungan kelas B dengan panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3 \cdot l_d$. Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 12.2.2 dimana $l_d = 48 \cdot db$.

$$\text{Diketahui nilai } db = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } 48 \cdot db = 48 \cdot 25 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$$

$$1,3 \cdot l_d = 1,3 \cdot 1200 \text{ mm} = 1560 \text{ mm}$$

Namun berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 12.17.2.4 nilai l_d diatas dapat direuksi dengan dikalikan 0,083 jika

confinement sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari $0,0015 \cdot h \times s$.

$$0,0015 \cdot h \times s = 0,0015 \cdot 650 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 146,25 \text{ mm}^2$$

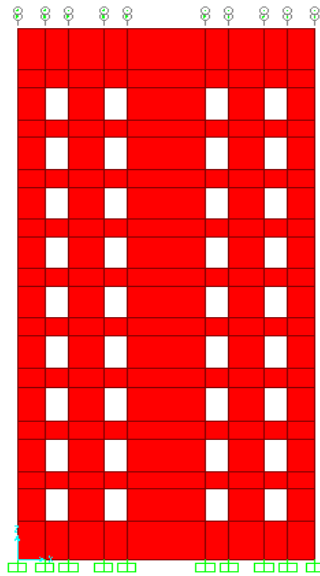
$$\text{Luas confinement} = 663,6 \text{ mm}^2$$

Maka *lap splices* menjadi $=0,83 \times 1560 \text{ mm} = 1295 \text{ mm}$

Diambil panjang *lap splices* = 1300 mm

6.2. Permodelan Dinding Geser (*Shearwall*)

Dinding geser termasuk dalam dinding struktural, permodelan dinding geser (*shearwall*) dimodelkan kedalam SAP 2000 sebagai pelat yang berdiri secara vertikal pada struktur bangunan. Dimana ketebalan dinding direncanakan sesuai *preliminary* desain yang telah diperhitungkan sebelumnya.



Gambar 6. 31 Permodelan Dinding Geser

6.2.1. Analisa Pembebanan

Untuk pembebanan yang terjadi pada dinding geser, beban yang bekerja merupakan beban gempa. Beban gempa yang bekerja ditinjau dengan respons spektrum dan sesuai dengan peraturan pembebanan SNI-03 1726 2012. Pembebanan gempa ditinjau dari 2 arah yaitu arah x dan arah y sesuai sumbu global, yaitu :

$$\text{Gempa arah X } (Q_x) = 100\% E_x + 30\% E_y$$

$$\text{Gempa arah Y } (Q_y) = 100\% E_y + 30\% E_x$$

Faktor skala gaya gempa dengan respon spektrum diambil dari persamaan SNI 1726 2012 dan menyesuaikan dengan sistem struktur bangunan, untuk sistem ganda dengan dinding geser struktural :

$$\frac{I_e}{R} \times g = \frac{1}{7} \times 9,81 = 1,40$$

Dimana :

I_e = Faktor keutamaan gempa (untuk hotel = 1)

R = Koefisien modifikasi respons

g = percepatan gravitasi (9,81)

Persyaratan SNI 1726 2012 pasal 7.5.2.1 menyatakan bahwa pada sistem ganda, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) setidaknya memikul 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan tersebut dan sisanya akan dipikul oleh dinding struktural. Maka pada pembebanan

dinding geser beban gempa yang bekerja dikenakan sebesar 75% dari total beban gempa yang bekerja pada bangunan. Maka faktor skala gaya gempa searah sumbu x menjadi :

$$1,40 \times 0,75 = 1,05$$

$$1,40 \times 0,75 \times 0,30 = 0,315$$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	SURABAYA	0.315
Accel	U1	SURABAYA	1.05
Accel	U2	SURABAYA	0.315

Gambar 6. 32 Input faktor skala gaya gempa pada *shearwall*

6.2.2. Perencanaan Struktur Dari Permodelan *Shearwall*

Pada bangunan yang ditinjau, terdapat beberapa *opening* pada struktur dinding geser. *Shearwall* yang ditinjau adalah *shearwall* lantai dasar dengan panjang 8 meter.

Data Perencanaan

Tebal dinding	= 300 mm
Panjang badan	= 7450 mm
Selimut beton	= 40 mm
Mutu beton F_c'	= 35 Mpa
Mutu baja F_y	= 400 Mpa
Tul. longitudinal pakai	= D16
Tul. geser pakai	= D16

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada *shearwall* (kombinasi ENVELOPE) dengan melakukan *section cut* pada dasar dinding, sebagai berikut:

Tabel 6. 13 Hasil Analisa SAP 2000 v.14 pada SCUT

TABLE: Section Cut Forces - Design							
SectionCut	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SW SB	ENVELOPE	7736.16	1001.45	72.422	194.28	-1165.6	4369.59
SW SB	ENVELOPE	811.776	-284.27	-72.42	-194.28	1165.57	-5302.8

Didapatkan dari tabel diatas yaitu:

$$P_u = 7736,16 \text{ kN}$$

$$V_u = 1001,45 \text{ kN}$$

$$M_u = 5302,8 \text{ kN-m}$$

1. Kontrol Ketebalan Terhadap Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh melebihi:

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} A_{cw} &= \text{Luas penampang dinding yang ditinjau} \\ &= \text{tebal dinding} \times (0,8 \text{ panjang badan}) \\ &= 300 \text{ mm} \times 0,8 \times 7450 \text{ mm} = 1.788.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'} &= 0,83 \cdot 1.788.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \\ 8779699 \text{ N} &= 8779,69 \text{ kN} > 1001,45 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

Maka, ketebalan *shearwall* mampu untuk menahan geser

2. Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal

1. Rasio tulangan minimum

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.1, apabila ;
 $V_u < 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka ρ_{min} tulangan horizontal dan vertikal adalah 0,0025.

A_{cv} = panjang badan x tebal dinding
 = 7450 mm x 300 mm = 2.235.000 mm²

$\lambda = 1$ (untuk beton normal)

$0,083 \cdot 1 \cdot 2.235.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} = 1097462 \text{ N} = 1097,5 \text{ kN}$
 $1097,5 \text{ kN} > 1001,45 \text{ kN}$

Karena nilai $V_u < 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka untuk nilai
 $\rho_{min} = 0,0025$

2. Cek kebutuhan lapis tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.2, Apabila
 $V_u > 0,17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka dibutuhkan 2 lapis tulangan.
 $= 0,17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,17 \cdot 2.235.000 \text{ mm}^2 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}$
 $= 2247815 \text{ N} = 2247,8 \text{ kN} > 1001,45 \text{ kN}$

Karena nilai $V_u < 0,17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$ maka perlu satu lapis tulangan.

3. Perhitungan tulangan longitudinal dan transversal

Luas minimal tulangan per meter panjang:

$A_s = 300 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 300.000 \text{ mm}^2$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal:

$$A_s \text{ min} = 0,0025 \cdot 300.000 \text{ mm}^2 = 750 \text{ mm}^2/\text{m} = 0,75 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Apabila dicoba pakai tulangan 2 kaki D16 ;

$$A_s = 2x\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2\right) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{A_s}{A_s \text{ min}} = \frac{402,12 \text{ mm}^2}{0,75 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 536,1 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan **2D16 – 250** pada arah horizontal dan vertikal

3. Kuat Geser Dinding Struktural

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.1, kuat geser nominal dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_n = A_c v \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y)$$

Dimana:

$$\alpha_c = 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2,0$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjang dinding}} = \frac{38500 \text{ mm}}{7450 \text{ mm}} = 5,16$$

Karena nilai $h_w/l_w > 2,0$ maka $\alpha_c = 0,17$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi **2D16-250**. Rasio tulangan transversal terpasang adalah:

$$\rho_t = \frac{A_s}{s \cdot t} = \frac{402,12 \text{ mm}^2}{250 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}} = 0,0054 > 0,0025 \text{ (OK!)}$$

Menghitung kuat geser nominal pada dinding:

$$V_n = 2.235.000 \text{ mm}^2 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} + 0,0054 \cdot 400 \text{ Mpa})$$

$$V_n = 7041130,9 \text{ N} = 7041,13 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 7041,13 \text{ kN} = 5280,85 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_u = 1001,45 \text{ kN} < \emptyset V_n = 5280,85 \text{ kN}$ (OK)

Maka dinding cukup kuat menahan geser.

Namun, pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal maksimum yang terjadi dibatasi yakni sebesar:

$$V_n \text{ maks} = 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f'c'} = 0,83 \cdot 1.788.000 \text{ mm}^2 \sqrt{35 \text{ Mpa}}$$

$$V_n \text{ maks} = 8779699,04 \text{ N} = 8779,69 \text{ kN}$$

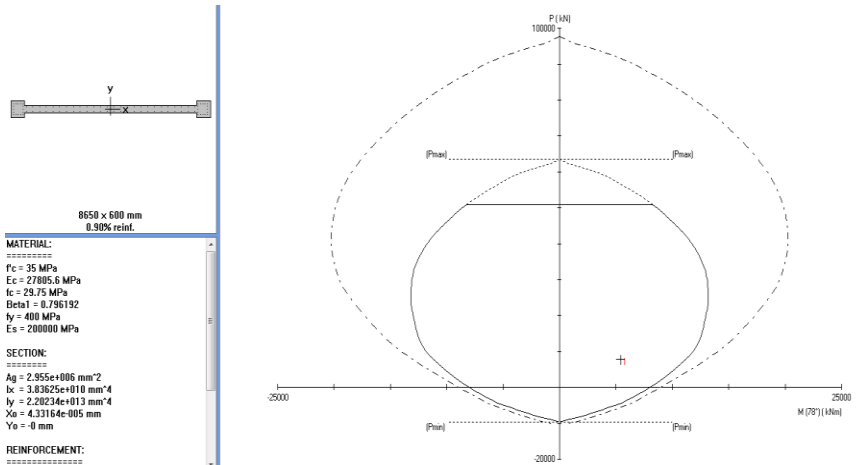
Karena $\emptyset V_n < V_n\text{-maks}$, maka dipakai yang terkecil yakni = 5280,85 kN

4. Perencanaan Dinding terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Kuat lentur dinding struktur diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu SPColoumn. Gaya gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yakni:

$$P_u = 7736,16 \text{ kN}$$

$$M_u = 5302,79 \text{ kN.m}$$



Gambar 6. 33 Diagram Interaksi Dinding Struktural SPColm

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan **2D16-250**.

5. Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*)

1. Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan *special boundary element* dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yakni:

Luas dinding bruto:

$$A_g = (300 \text{ mm} \times 7450 \text{ mm})$$

$$A_g = 2.235.000 \text{ mm}^2 = 2,235 \text{ m}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 300\text{mm} \cdot (7450\text{mm})^3 = 10,3 \cdot 10^{12} \text{ mm}^4 = 10,337 \text{ m}^4$$

$$y = \text{panjang badan} / 2 = 7450 \text{ mm} / 2 = 3725 \text{ mm} = 3,725 \text{ m}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas apabila:

$$\frac{Pu}{A_g} + \frac{Mu \cdot y}{I_g} > 0,2 \cdot F_c'$$

$$\frac{7736,16 \text{ kN}}{2,235 \text{ m}^2} + \frac{5302,79 \text{ kN.m} \cdot 3,725 \text{ m}}{10,337 \text{ m}^4} > 0,2 \cdot 35 \text{ Mpa}$$

$$5,3 \text{ kN/m}^2 > 7 \text{ Mpa}$$

Maka tidak diperlukan *special boundary element* di daerah tekan pada dinding berdasar kontrol pendekatan tegangan.

2. Kontrol komponen batas berdasarkan pendekatan perpindahan dibutuhkan komponen batas apabila nilai c (sumbu netral) lebih besar dari nilai berikut ;

$$C > \frac{l_w}{600 \cdot \left(\frac{S_u}{h_w}\right)}$$

Dimana :

- S_u = perpindahan maksimum *shearwall* hasil analisa SAP
 l_w = panjang dinding
 h_w = tinggi dinding keseluruhan

Diketahui dari hasil analisa ;

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:								
No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	PhiMnx kNm	PhiMny kNm	PhiMn/Mu	NA depth mm	Dt depth mm
1	7736.20	1165.60	5302.80	2333.45	10615.83	2.002	290	743

Gambar 6. 34 Hasil *Control Points* Dari Program Spcolumn

$$c = 290 \text{ mm}$$

$$S_u = 176,3 \text{ mm}$$

$$C > \frac{7450 \text{ mm}}{600 \cdot \left(\frac{176,3 \text{ mm}}{38500 \text{ mm}}\right)} = 290 \text{ mm} < 553,4 \text{ mm}$$

Maka dari hasil kontrol komponen batas berdasarkan pendekatan perpindahan tidak dibutuhkan komponen batas. Maka dari kedua persyaratan diatas menyatakan bahwa dinding geser tidak membutuhkan komponen batas.

6. Tulangan *Confinement* untuk Dinding Struktural

1. Tulangan longitudinal pada sayap *shearwall*

Sesuai hasil perhitungan diatas maka dilakukan pengecekan, pada sayap terdapat 12 D16, sehingga rasio tulangan yang dihasilkan adalah:

$$\rho_t = \frac{\left(12 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2\right)}{(600 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm})} = 0,0067$$

Berdasarkan UBC (1997), rasio tulangan longitudinal minimum pada daerah omponen batas khusus ditetapkan tidak kurang dari 0,005. Jadi, tulangan longitudinal terpasang sudah memenuhi syarat minimum.

2. Tulangan *confinement* pada sayap (*flange*) *shearwall*

Apabila digunakan *hoop* berbentuk persegi berdiameter D13, maka spasi maksimum *hoop* ditentukan oleh yang terkecil diantara:

- $\frac{1}{4}$ panjang sisi terpendek = $\frac{1}{4} \cdot 250 \text{ mm} = 62,5 \text{ mm}$
- $6 \text{ db} = 6 \cdot 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$

- Nilai S_0 , dimana: $S_0 = 100 + \frac{300 - 0,5 \cdot h_x}{3}$

$$h_x = 250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 16 \text{ mm} = 138 \text{ mm}$$

$$S_0 = 100 + \left(\frac{300 - 0,5 \cdot 138 \text{ mm}}{3}\right) = 193,6 \text{ mm}$$

Namun, nilai s tidak perlu diambil kurang dari 100 mm. Maka nilai $s = \mathbf{100 \text{ mm}}$.

Karakteristik inti penampang:

bc = dimensi inti *core*, diukur dari sumbu ke sumbu *hoop*

$$= 600 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 507 \text{ mm}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan adalah:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot fc'}{fyt}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 507 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 399,262 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 4 kaki D13 maka:

$$A_s = 4 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \right) = 530,93 \text{ mm}^2$$

Agar nilai $A_s > A_{sh}$, maka perlu dipasang **4 kaki D13 sejajar 100 mm** pada daerah sayap *shearwall*

3. Tulangan *confinement* pada badan penampang dinding struktural . Untuk tulangan pada daerah badan dinding struktural, dicoba menggunakan tulangan dengan **D13**.

Mencari nilai s max:

- $1/4$ panjang sisi terpendek = $1/4 \cdot 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$

- $6 db = 6 \cdot 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$

- Nilai S_0 , dimana: $S_0 = 100 + \frac{300 - 0,5 \cdot h_x}{3}$

$$h_x = 250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} = 144 \text{ mm}$$

$$S_0 = 100 + \left(\frac{300 - 0,5 \cdot 144\text{mm}}{3} \right) = 192,67 \text{ mm}$$

Namun, nilai s tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Diambil nilai $s = \mathbf{100 \text{ mm}}$.

Untuk tulangan *confinement* pada arah sejajar dinding struktural, coba digunakan **D13-100**

bc = dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$bc = 300 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 207 \text{ mm}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100\text{mm} \cdot 207\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} = 163,01 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 2 kaki D13 maka:

$$A_s = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \right) = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$= 265,46 \text{ mm}^2 > 163,01 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi, sesuai perhitungan di atas pada arah sejajar *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13 – 100**.

Untuk tulangan *confinement* pada arah tegak lurus dinding struktural digunakan D13-100

bc = dimensi inti *core*, diukur dari sumbu ke sumbu hoop

$$bc = 300 \text{ mm} + (2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 287 \text{ mm}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot fc'}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 287 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 226,01 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 2 kaki D13 maka:

$$A_s = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right)$$

$$= 265,46 \text{ mm}^2 > 226,01 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

Jadi, sesuai perhitungan di atas pada arah tegak lurus *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13 – 100**.

Panjang Penyaluran Tulangan

Untuk panjang penyaluran tulangan D16 yang dibutuhkan, ℓ_d , diambil dari yang terbesar dari nilai berikut berdasarkan SNI d 03-2847-2013 Pasal 12.2.

Diketahui nilai:

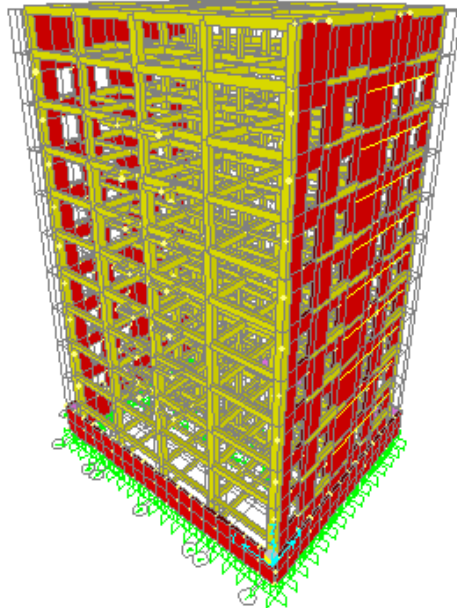
$$\begin{array}{ll} \psi_t & = 1,3 & \lambda & = 1,0 \\ \psi_e & = 1,0 & \psi_s & = 1,0 \\ d_b & = 16 \text{ mm} & & \end{array}$$

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 16 \text{ mm} = 827,25 \text{ mm} \approx 830 \text{ mm}$$

6.3. Permodelan Dengan Sistem Ganda (*Dual System*)

Permodelan dengan sistem ganda dilakukan dengan memodelkan sistem *open frame* (rangka) lalu menambahkan dengan dinding geser yang telah dimodelkan sebelumnya guna meredam gaya gempa yang terjadi dan permodelan dinding geser dimodelkan disepanjang sumbu lemah bangunan. Permodelan sistem ganda menggunakan program bantu SAP 2000.



Gambar 6. 35 Permodelan Struktur Sistem Ganda Pada SAP 2000

6.3.1. Pendefinisian Modal Analisis Dan Faktor Skala Gaya Gempa Respons Spektrum

Analisa modal menggunakan program bantu SAP 2000 didefinisikan 5 kali jumlah lantai yang dimodelkan dalam SAP 2000 untuk menjamin partisipasi massa minimal struktur 90%

Number of Modes

Maximum Number of Modes

Minimum Number of Modes

Loads Applied

Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)
Accel	UX	0	99.
Accel	UY	0	99.

Gambar 6. 36 Input Analisa Modal Pada SAP 2000

Pembebanan gempa ditinjau dari 2 arah yaitu arah x dan arah y sesuai sumbu global, yaitu :

$$\text{Gempa arah X } (Q_x) = 100\% E_x + 30\% E_y$$

$$\text{Gempa arah Y } (Q_y) = 100\% E_y + 30\% E_x$$

Faktor skala gaya gempa dengan respon spektrum diambil dari persamaan SNI 1726 2012 dan menyesuaikan dengan sistem struktur bangunan berikut :

Untuk SRPMK arah sumbu y bangunan ;

$$\frac{I_e}{R} \times g = \frac{1}{8} \times 9,81 = 1,225$$

Untuk Shearwall arah sumbu x bangunan ;

$$\frac{I_e}{R} \times g = \frac{1}{7} \times 9,81 = 1,4$$

Faktor beban diatas untuk faktor beban gempa yang ditinjau 100% , sementara untuk arah tegak lurus gempa yang ditinjau tersebut maka gempa akan direduksi menjadi 30% dari beban gempa. Sehingga faktor skala gaya gempa tersebut dikalikan 30 % yaitu ;

Untuk SRPMK arah sumbu Y :

$$1,225 \times 30\% = 0,368$$

Untuk *Shearwall* arah sumbu X :

$$1,4 \times 30\% = 0,42$$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SURABAYA	1.42
Accel	U1	SURABAYA	1.42
Accel	U2	SURABAYA	0.42

Gambar 6. 37 Input Faktor Skala Pada Sumbu X

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SURABAYA	0.367
Accel	U1	SURABAYA	0.367
Accel	U2	SURABAYA	1.225

Gambar 6. 38 Input Faktor Skala Pada Sumbu Y

Dimana :

I_e = Faktor keutamaan gempa (untuk hotel = 1)

R = Koefisien modifikasi respons

g = percepatan gravitasi (9,81)

6.3.2. Kontrol Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur (T) merupakan waktu yang diperlukan oleh struktur bangunan untuk menempuh satu putaran lengkap dari suatu getaran ketika terganggu dari posisi keseimbangan statis dan kembali ke posisi aslinya. Pada SNI 1726 2012 pasal 7.8.2.1 mengatur tentang nilai pendekatan periode fundamental struktur ;

$$T_a = C_t \cdot H_n^x$$

Dimana :

H_n = ketinggian struktur

C_t = parameter pendekatan struktur

x = parameter pendekatan tipe struktur

Tabel 6. 14 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t Dan X

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana 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 ^a	0,9
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terlokang terhadap tekuk	0,0724 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Maka nilai T_a untuk Sistem Rangka Pemikul Momen (searah sumbu Y bangunan) :

$$T_a = C_t \cdot Hn^x$$

$$T_a = 0,0466 \times (35,7)^{0,9} = 0,97 \text{ detik}$$

Lalu batas atas periode fundamental dari struktur adalah T_a dikali dengan koefisien C_u :

$$T_{batas\ atas} = C_u \cdot T_a$$

Tabel 6. 15 Koefisien Nilai C_u

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

karena nilai S_{D1} diketahui diatas 0,4 maka didapat nilai $C_u = 1,4$.Oleh karena itu nilai T batas atas struktur bangunan ini adalah :

$$T_{batas\ atas} = 1,4 \cdot 0,97 = 1,4 \text{ detik}$$

Maka nilai T_a untuk Sistem Dinding Struktural /*Shearwall* (searah sumbu X bangunan) :

$$T_{batas\ bawah} = C_t \cdot Hn^x$$

$$T_a = 0,0488 \times (35,7)^{0,75} = 0,59 \text{ detik}$$

Lalu batas atas periode fundamental dari struktur adalah T batas bawah dikali dengan koefisien C_u :

$$\begin{aligned} T_{\text{batas atas}} &= C_u \cdot T_{\text{batas bawah}} \\ T_{\text{batas atas}} &= 1,4 \times 0,59 = 0,86 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diperoleh nilai T batas atas bangunan, nilai tersebut menjadi nilai pembatas dari nilai periode yang dihasilkan permodelan analisa di program bantu SAP 2000. Apabila nilai periode yang dihasilkan oleh SAP (T_c) tidak melebihi nilai T batas atas tersebut dan nilai T_c mendekati nilai periode pendeketan struktur (T_a) maka bisa dikatakan permodelan struktur mencapai nilai T yang ideal atau memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726 2012. Dari hasil analisa permodelan program bantu SAP dapat diketahui nilai modal load participation ratio dan hasil periode fundamental struktur nya adalah sbb:

Tabel 6. 16 Modal Load Participation Ratios

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99,9847	92,7106
MODAL	Acceleration	UY	99,999	96,066

Tabel 6. 17 Hasil Modal Struktur Analisa SAP

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.807109	1.239	7.4336	55.259
MODAL	Mode	2	0.44086	2.2683	13.929	194.01
MODAL	Mode	3	0.35235	2.8381	17.724	314.14
MODAL	Mode	4	0.281618	3.5509	21.229	450.66
MODAL	Mode	5	0.262097	3.8154	22.596	510.56
MODAL	Mode	6	0.225888	4.3898	27.582	760.78
MODAL	Mode	7	0.211505	4.7284	29.584	875.19
MODAL	Mode	8	0.208819	4.7888	30.019	901.13
MODAL	Mode	9	0.175684	5.6888	34.496	1190
MODAL	Mode	10	0.168788	5.9249	35.645	1270.5

Modal 1 = 0,807≈0,81 (untuk Sistem Rangka Pemikul Momen)

Modal 2= 0,45 ≈ 0,5 (untuk Sistem Ganda)

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai T_c dari analisa SAP ;

1. Untuk SRPMK (mode 1)

$$T_c \leq T_{batas\ atas}$$

$$0,81 \leq 1,4$$

2. Untuk Sisitem Ganda (mode 2)

$$T_c \leq T_{batas\ atas}$$

$$0,45 \leq 0,86$$

6.3.3. Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Kontrol gaya geser dasar gempa dihitung untuk melihat apakah gaya gempa yang di input menggunakan response spektrum sudah sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 1726 2012 pasal 7.8.1. Dari hasil analisa periode fundamental (T) diatas maka dapat ditentukan nilai C_s dari persamaan berikut :

1. Untuk SRPMK (arah sumbu Y)

$$C_s = \frac{SDS}{T} = \frac{0,606}{1} = 0,076$$

Tetapi nilai C_s diatas tidak perlu melebihi :

$$C_s = \frac{SD1}{T(\frac{R}{7})} = \frac{0,5}{0,81(\frac{8}{7})} = 0,076$$

Dan harus tidak kurang dari :

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

$$C_s = 0,044 \times 0,606 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,027 \geq 0,01$$

Jadi dari hasil analisa diatas maka menggunakan nilai $C_s = 0,076$

2. Untuk Shearwall (arah sumbu X)

$$C_s = \frac{SDS}{T} = \frac{0,606}{7} = 0,087$$

Tetapi nilai C_s diatas tidak perlu melebihi :

$$C_s = \frac{SD1}{T(\frac{R}{7})} = \frac{0,5}{0,5(\frac{7}{7})} = 0,16$$

Dan harus tidak kurang dari :

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

$$C_s = 0,044 \times 0,606 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,027 \geq 0,01$$

Jadi dari hasil analisa diatas maka menggunakan nilai $C_s = 0,087$

Dari hasil perhitungan nilai C_s diatas dapat diketahui nilai C_s ;

Arah sumbu X bangunan (*Shearwall*) = 0,087

Arah sumbu Y bangunan (SRPMK) = 0,076

Berikut perhitungan gaya geser dasar gempa struktur yang terjadi;

Tabel 6. 18 *Base Reaction* Untuk Nilai W_t

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
D+L	Combination	-5.64E-10	5.69E-12	81100.984

$$V_{\text{statik } x} = C_s \times W_t = 0,087 \times 81100,98 \text{ kN}$$

$$= 6488,078 \text{ kN}$$

$$0,85 V_x = 0,85 \times 6488,078 \text{ kN} = 5514,87 \text{ kN}$$

$$V_{\text{statik } y} = C_s \times W_t = 0,076 \times 81100,98 \text{ kN}$$

$$= 6138,33 \text{ kN}$$

$$0,85 V_y = 0,85 \times 6138,33 \text{ kN} = 5217,58 \text{ kN}$$

Dan hasil analisa struktur pada SAP 2000 diperoleh nilai *V base shear* ;

Tabel 6. 19 *V Base Shear*

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN
Qx	LinRespSpec	Max	5175.002	2168.196	0.263
Qy	LinRespSpec	Max	1356.609	6323.859	0.071

Syarat *V base shear* > 0,85 *V* statik

Arah X = 5175,02 kN < 5514,87 kN (tidak memenuhi)

Arah Y = 6323,86 kN > 5217,58 kN (memenuhi)

Faktor pembesar untuk arah X ;

$$Faktor\ pembesaran = \frac{5514,87\ kN}{5175,02\ kN} = 1,066$$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SURABAYA	1.52
Accel	U1	SURABAYA	1.52
Accel	U2	SURABAYA	0.4

Gambar 6. 39 Input Faktor Skala Setelah Dikali Faktor Pembesaran

Dari hasil analisa dinamis gaya geser dasar gempa dari SAP setelah dikali faktor skala diatas menjadi :

Tabel 6. 20 *Base Reaction* Hasil Analisa SAP Setelah Dikali Faktor Pembesar

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalF_y	GlobalFZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN
Qx	LinRespSpec	Max	5517.02	2168.198	0.28
Qy	LinRespSpec	Max	1356.609	6323.859	0.071

Arah X = 5517,02 kN > 5514,87 kN (memenuhi)

Arah Y = 6323,86 kN > 5217,58 kN (memenuhi)

6.3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Sesuai dengan SNI 1726 2012 simpangan antar lantai dapat ditentukan dengan rumus :

$$\delta x = \frac{C_d \cdot \delta x_e}{I_e} \leq \delta a$$

dimana :

C_d = faktor pembesaran defleksi

δx_e = defleksi pada lantai x ditentukan dengan analisa

I_e = faktor keutamaan gempa

δa = *drift* yang diijinkan berdasarkan SNI 1726 2012 pada tabel 16.

Untuk nilai simpangan antar lantai ijin, Δi berdasarkan SNI 03 1726 2012 pada tabel 16. diperoleh :

Tabel 6. 21 Nilai Simpangan Antar Lantai Ijin

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Tabel 6. 22 Analisa Simpangan Antar Lantai Pada Sumbu X

Arah x							
Lantai	Elevasi	Tinggi lantai (m)	δe (mm)	δx_e (mm)	δx (mm)	δa (mm)	Ket
Atap	35.7	3	10.86	0.7	4	46	oke
Lantai 9	32.7	3.6	10.14	1.2	6.3	55	oke
Lantai 8	29.1	3.6	8.99	1.3	7.4	55	oke
Lantai 7	25.5	3.6	7.65	1.3	7	55	oke
Lantai 6	21.9	3.6	6.37	1.1	5.8	55	oke
Lantai 5	18.3	3.6	5.32	1	5.4	55	oke
Lantai 4	14.7	3.6	4.34	1	5.4	55	oke
Lantai 3	11.1	3.6	3.35	1.2	6.4	55	oke
Lantai 2	7.5	3.9	2.18	1.1	5.8	60	oke
Lantai 1	3.6	3.6	1.13	0.8	4.6	55	oke
Lantai dasar	0	3.6	0.3	0.3	1.7	55	oke

Tabel 6. 23 Analisa Simpangan Antar Lantai Pada Sumbu Y

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai (m)	Arah y				Ket
			δe (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	δa (mm)	
Atap	35.7	3	20.69	0.8	4.3	46	oke
Lantai 9	32.7	3.6	19.9	1.4	7.7	55	oke
Lantai 8	29.1	3.6	18.5	2	11	55	oke
Lantai 7	25.5	3.6	16.5	2.2	12	55	oke
Lantai 6	21.9	3.6	14.3	2.3	13	55	oke
Lantai 5	18.3	3.6	12	2.2	12	55	oke
Lantai 4	14.7	3.6	9.8	2.3	13	55	oke
Lantai 3	11.1	3.6	7.5	2.9	16	55	oke
Lantai 2	7.5	3.9	4.6	2.6	14	60	oke
Lantai 1	3.6	3.6	2	1.7	9.4	55	oke
Lantaidasar	0	3.6	0.3	0.3	1.7	55	oke

6.3.5 Kontrol Dual Sistem

Kontrol dual sistem menurut SNI 1726 2012 pasal 7.5.2.1 menyatakan bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) setidaknya memikul 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Oleh karena itu harus di analisa persentase base shear yang dihasilkan oleh SRPM dan base shear yang dihasilkan *shearwall* dari masing-masing kombinasi pembebanan gempa. Cara nya dengan menjumlah reaksi gempa Q_x dan Q_y antara SRPM dengan *Shearwall* kemudian dibandingkan persentasenya. Dan dari hasil analisa dengan kombinasi gempa arah sumbu x dan sumbu y didapatkan hasil sebagai berikut ;

Tabel 6. 24 Distribusi Gaya Gempa Hasil Analisa SAP

NO	Kombinasi	F1/FX (kN)		F2/FY (kN)	
		SRPM	<i>Shearwall</i>	SRPM	<i>Shearwall</i>
1	Qx	1567,43	3855,67	1258,44	266,04
2	Qy	596,27	1350,34	3850,73	810,6

Tabel 6. 25 Persentase Tabel 8. 1 Distribusi Gaya Gempa Yang Terjadi Pada Struktur

NO	Kombinasi	F1/FX (%)		F2/FY (%)	
		SRPM	<i>Shearwall</i>	SRPM	<i>Shearwall</i>
1	Qx	28,9	71,09	82,5	17,5
2	Qy	30,6	69,35	82,6	17,4

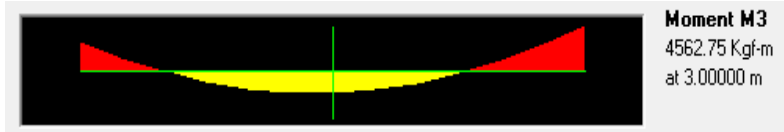
Dari hasil analisa struktur yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa permodelan struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus telah memikul gaya gempa diatas 25 % dari total beban gempa yang terjadi. Dan dari hasil analisa menunjukan bahwa sistem ganda telah memenuhi persyaratan sesuai SNI dan perhitungan struktur dengan metode sistem ganda akan dibahas dalam bab berikutnya.

6.3.6 Cek Reaksi Yang Terjadi

Pengecekan gaya yang terjadi memastikan bahwa permodelan pada program bantu SAP2000 sudah mendekati kondisi yang sebenarnya. Pengecekan dilakukan dengan membandingkan gaya yang terjadi pada SAP dengan hitungan manual. Pada perhitungan ini gaya yang ditinjau merupakan gaya pada struktur balok.

A. Cek Reaksi Momen Pada Balok

Pengecekan dilakukan pada balok object 139 yang berada di lantai tiga dan gaya yang didapat dari hasil analisa SAP 2000 adalah ;



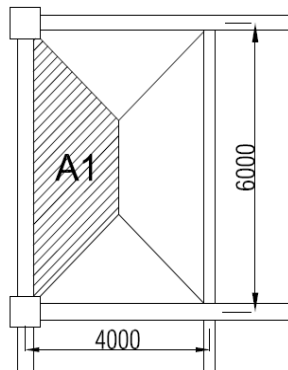
Gambar 6. 40 Diagram Momen Balok Pada Balok 139

Gaya yang diambil hasil analisa SAP adalah kombinasi akibat beban tetap ($1,2D+1,6L$).

$$M_u \text{ tumpuan} = 6381 \text{ kg.m}$$

$$M_u \text{ lapangan} = 4562,7 \text{ kg.m}$$

Untuk perhitungan gaya yang terjadi dengan perhitungan manual adalah sebagai berikut ;



Gambar 6. 41 Tributary area yang diterima balok

$$A_l = \frac{(6m+2m)}{2} \cdot 2m = 8 \text{ m}^2$$

Bentang balok = 5350 mm = 5,35 m

Beban mati tidak terfaktor persatuan panjang

- Berat sendiri Balok 35/60 504 kg/m
- Berat sendiri plat 288 kg/m²
- Dinding bata ringan citicon 413 kg/m
- Keramik dan lapisan mortar 77 kg/m²
- Water proofing 5 kg/m²
- Mechanical Duct 19 kg/m²
- Plafond gypsum 5 kg/m²
- Penggantungan 10 kg/m²

Beban mati tambahan total perluasan(/m²) = 404 kg/m²

Beban mati total persatuan panjang adalah ;

$$D = ((404 \text{ kg/m}^2 \cdot 8 \text{ m}^2) / 5,35 \text{ m}) + 413 \text{ kg/m} + 504 \text{ kg/m}$$

$$= 1521,12 \text{ kg/m}$$

Beban hidup total persatuan panjang adalah ;

$$L = ((192 \text{ kg/m}^2 \cdot 8 \text{ m}^2) / 5,35 \text{ m})$$

$$= 287,1 \text{ kg/m}$$

Kombinasi beban ultimate akibat gravitasi ;

$$Q_u = 1,2 D + 1,6 L = 1,2 \cdot (1521,12 \text{ kg/m}) + 1,6 (287,1 \text{ kg/m})$$

$$Q_u = 2284,699 \text{ kg/m}$$

Untuk menghitung momen yang terjadi digunakan metode analisis berdasarkan SNI 03-2847 2013 pasal 8.3.3. dimana

$$M_u \text{ tumpuan} = \frac{Q_u \cdot l_n^2}{11} = \frac{2284,69 \text{ kg/m} \cdot (5,35 \text{ m})^2}{11}$$

$$= 5944,89 \text{ kg.m}$$

$$M_u \text{ lapangan} = \frac{Qu \cdot ln^2}{14} = \frac{2284,69 \text{ kg/m} \cdot (5,35\text{m})^2}{14} \\ = 4670,98 \text{ kg.m}$$

$$\text{Selisih tumpuan} = \frac{6381\text{kg.m} - 5944,89 \text{ kg.m}}{6381\text{kg.m}} = 6,03\% < 10\%$$

$$\text{Selisih lapangan} = \frac{4562,7 \text{ kg.m} - 4670,98 \text{ kg.m}}{4562,7 \text{ kg.m}} = 2,3\% < 10\%$$

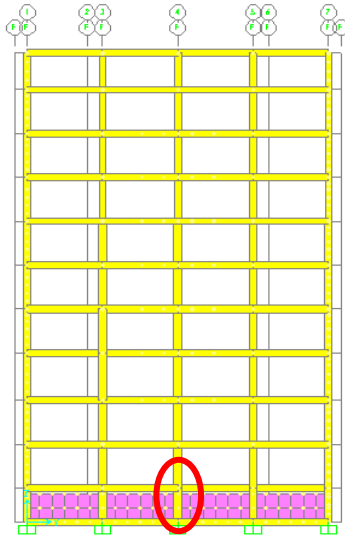
Karena momen hasil analisa SAP dan perhitungan manual relatif sama yaitu $< 10\%$ maka dianggap permodelan sudah hampir mendekati keadaan sebenarnya.

B. Cek Reaksi Pada Kolom

Untuk cek gaya pada reaksi kolom yang terjadi dibandingkan dari hasil analisa SAP dan analisa secara manual. Untuk reaksi kolom pada SAP2000 diambil reaksi kolom pada lantai paling bawah dengan kombinasi aksial beban mati (*Dead*). Diperoleh reaksi sebagai berikut ;

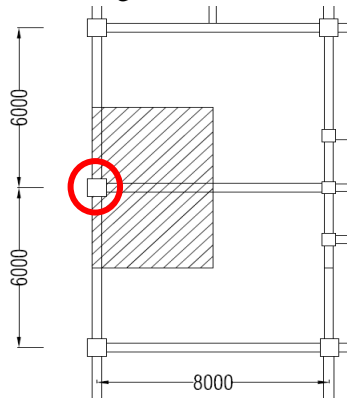
	Joint Object 413		Joint Element 413	
	1	2	2	3
Force	1163.773	56.962	117397.07	
Moment	8.281	-2058.933	8.762E-02	

Gambar 6. 42 Reaksi Kolom Dasar Analisa SAP2000



Gambar 6. 43 Kolom yang Ditinjau

Reaksi aksial yang terjadi (F_2) = 117397,07 kg
 Dan untuk gaya yang terjadi dengan menggunakan perhitungan secara manual adalah sebagai berikut ;



Gambar 6. 44 Tributary Area Yang Diterima Titik Kolom

Beban mati yang diterima *tributary* titik kolom lantai dasar :

$$\begin{aligned}
 \text{Balok B1} &= 0,35\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 3,675\text{m} = 1852, \text{ kg} \\
 \text{Balok B2} &= 0,35\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 2,675\text{m} \cdot 2 = 2696,4 \text{ kg} \\
 \text{Balok B3} &= 0,3\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,675\text{m} = 1587,6 \text{ kg} \\
 \text{Balok B4} &= 0,35\text{m} \cdot 0,55\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 2,675\text{m} \cdot 2 = 2471,7 \text{ kg} \\
 \text{Pelat} &= 0,12\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 2,825\text{m} \cdot 3,825\text{m} = 3112,02 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K1} &= 0,65\text{m} \cdot 0,65\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 3,6\text{m} = 3650,4 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K2} &= 0,55\text{m} \cdot 0,55\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 3,6\text{m} = 2613,6 \text{ kg} \\
 \text{Sloof S1} &= 0,4\text{m} \cdot 0,6\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \cdot 2,675\text{m} \cdot 2 = 1540,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Total Beban mati (Lt SB-Atap) :

$$\begin{aligned}
 \text{Balok B1} &= 1852, \text{ kg} \cdot 6 &= 11113,2 \text{ kg} \\
 \text{Balok B2} &= 2696,4 \text{ kg} \cdot 6 &= 16178,4 \text{ kg} \\
 \text{Balok B3} &= 1587,6 \text{ kg} \cdot 5 &= 7938 \text{ kg} \\
 \text{Balok B4} &= 2471,7 \text{ kg} \cdot 5 &= 12358,5 \text{ kg} \\
 \text{Pelat} &= 3112,02 \text{ kg} \cdot 11 &= 34232,2 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K1} &= 3650,4 \text{ kg} \cdot 7 &= 25552,8 \text{ kg} \\
 \text{Kolom K2} &= 2613,6 \text{ kg} \cdot 4 &= 10454,4 \text{ kg} \\
 \text{Sloof S1} &= 1540,8 \text{ kg} \cdot 2 &= 3081,6 \text{ kg} \quad + \\
 &&= 120909,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Selisih hasil analisa = $\frac{120909,1 \text{ kg} - 117397,07 \text{ kg}}{120909,1 \text{ kg}} \cdot 100\% = 2,9 \%$

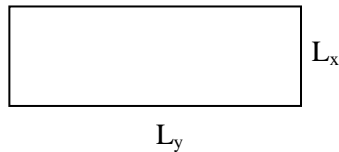
Karena reaksi pada kolom dari hasil analisa SAP dengan perhitungan manual relatif sama yaitu $< 10\%$, maka permodelan struktur di SAP2000 bisa dikatakan mendekati kondisi sebenarnya.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 7 PERHITUNGAN STRUKTUR

7.1. Perhitungan Pelat Lantai

Dalam perhitungan struktur pelat lantai untuk perhitungan momen yang terjadi mengacu pada tabel momen PBI 1971, dimana tipe pelat lantai yang dihitung pada bab ini terjepit penuh. Pada sub bab ini pelat yang ditinjau adalah pelat P1 dengan bentang 4 m x 6 m pada lantai dasar yang digunakan untuk lobby.



Gambar 7. 1 Gambar L_y/L_x Pelat

Dimana :

L_y = Bentang panjang pelat

L_x = Bentang pendek pelat

- Data umum perencanaan pelat ;

F_c' = 35 Mpa

F_y = 400 Mpa

β_1 = 0,8

b pelat	= 1000 mm	= 1 m
h pelat	= 120 mm	= 12 cm
\emptyset tul. lentur	= 12 mm	
\emptyset tul. susut	= 10 mm	
Selimut beton	= 20 mm	

7.1.1. Pembebanan Pelat P1

A. Beban Mati ;

Berat sendiri pelat	= 0,12 x 2400	= 288 kg/m ²
Keramik dan lapisan mortar		= 77 kg/m ²
Klading mechanical duct		= 19 kg/m ²
<i>Plafond</i>		= 5 kg/m ²
<i>Waterproofing</i>		= 5 kg/m ²
<u>Penggantung</u>		= 10 kg/m ² +
		= 404 kg/m ²

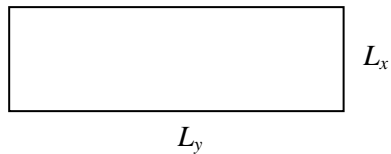
B. Beban Hidup ;

Beban hidup <i>lobby</i>		= 479 kg/m ²
--------------------------	--	-------------------------

C. Beban Ultimate

$$= 1,2D + 1,6L$$

$$= 1,2 (404 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (479 \text{ kg/m}^2) = 1251 \text{ kg/m}^2$$



Gambar 7. 2 Gambar L_y/L_x Pelat P1

$$L_y = 6 - 2x(0,35/2) = 5,65 \text{ m}$$

$$L_x = 4 - (0,35/2) - (0,3/2) = 3,675 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{5,65}{3,7} = 1,54 < 2 \text{ , termasuk } two \text{ way slab}$$

D. Perhitungan Momen Plat Sesuai Tabel PB1 1979 :

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 q. Lx^2. X \\ &= 0,001. 1251 \text{ kg/m}^2. (3,675\text{m})^2. 36,37 \\ &= 614,66 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 q. Lx^2. X \\ &= 0,001 . 1251 \text{ kg/m}^2. (3,675\text{m})^2. 16,63 \\ &= 280,95 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mtx &= 0,001 q. Lx^2. X \\ &= 0,001 . 1251 \text{ kg/m}^2. (3,675\text{m})^2. 77,12 \\ &= 1303,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= 0,001 q \cdot Lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1251 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,675\text{m})^2 \cdot 57 \\
 &= 963,2 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

7.1.2. Penulangan Arah X (Lapangan)

$$M_u \text{ lx} = 614,66 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{614,66 \text{ kg.m}}{0,9} = 682,95 \text{ kgm} \\
 &= 6829544,86 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= h - \text{selimut} - \frac{1}{2} \text{ tul.lentur} \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 6 \text{ mm} = 94 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot dx^2} = \frac{6829544,86 \text{ Nmm}}{1000 \cdot (94)^2} = 0,77$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\
 &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,77}{400}} \right\} = 0,0038
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = \\
 &0,0357
 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0268$$

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

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0038 < 0,0284, \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{maka } \rho_{pakai} = 0,0038$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0038 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 94 \text{ mm} \\ &= 363,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Spasi tulangan max} \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{pakai } s = 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan **D12-150**

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 12^2}{150} = 754,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$363,27 \text{ mm}^2 < 754,3 \text{ mm}^2, \text{ (memenuhi)}$$

Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c$$

$$S_{max} = 380. \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $C_c = 20$ mm

$$\text{Syarat (s)} = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3}.400} \right) - 2,5. 20 \text{ mm} = 264,98 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3}.400} \right) = 314,98 \text{ mm}$$

Kontrol geser 2 arah pada jarak $d/2$ dari muka kolom

$dx = 94$ mm, bila lebar kolom = 650 mm

$$b_o = 4 \times (650 \text{ mm} + 94 \text{ mm}) = 2976 \text{ mm}$$

$$V_u = (l_y. l_x - (b \text{ kolom} + dx)^2). Q_u$$

$$= (5,65 \text{ m} \times 3,675 \text{ m} - (0,65 \text{ m} + 0,094 \text{ m})^2). 1251 \text{ kg/m}^2$$

$$= 252,87 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,33. \lambda. \sqrt{f_c'}. b_o. dx$$

$$\phi V_c = 0,75. 0,33. 1. \sqrt{35}. 2980 \text{ mm}. 94 \text{ mm}$$

$$\phi V_c = 409,61 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_c$$

252,87 kN < 409,61 kN, maka memenuhi syarat

Kontrol geser 1 arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{5650}{2} - \frac{650}{2} - 94 \text{ mm} = 2405 \text{ mm} = 2,406 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \text{Qu. b. } x = 1251 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 2,406 \text{ m} \\ &= 30,104 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d_x \\ &= 0,75 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 94 \text{ mm} \\ &= 70,904 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u < \phi V_c$$

30,104 kN < 70,904 kN , maka memenuhi syarat

7.1.3. Penulangan Arah Y (Lapangan)

$$M_u ly = 280,95 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{280,95 \text{ kg.m}}{0,9} = 312,16 \text{ kgm} \\ &= 3121639,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= h - \text{selimut} - \phi \text{ tul.lentur} - 1/2 \phi \text{ tul. susut} \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 83 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{3121639,7 \text{ Nmm}}{1000 \cdot (83)^2} = 0,45 \\ m &= \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,45.0,45}{400}} \right\} = 0,0023\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85.F_c.\beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600+F_y} \\ &= \frac{0,85.35.0,8}{400} \times \frac{600}{600+400} = 0,0357\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,0268$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\ &= 1,3 \cdot \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 \times 0,0023 = 0,0029\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 &> 0,0023 < 0,0284, \text{ (tidak memenuhi)} \\ \text{maka } \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} = 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s_{\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 83 \text{ mm} \\ &= 290,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Spasi tulangan max $\leq 2.h = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
pakai $s = 150 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan **D12-150**

$$A_s_{\text{pasang}} = \frac{0,25.\pi.D^2}{s} = \frac{0,25.\pi.12^2}{150} = 754,3 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}A_s_{\text{perlu}} &< A_s_{\text{pasang}} \\ 290,5 \text{ mm}^2 &< 754,3 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5. C_c$$

$$S_{max} = 380. \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $C_c = 20$ mm

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3}.400} \right) - 2,5. 20 \text{ mm} = 264,98 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3}.400} \right) = 314,98 \text{ mm}$$

Kontrol geser 2 arah pada jarak $d/2$ dari muka kolom

$dy = 83$ mm, bila lebar kolom = 650 mm

$$bo = 4 \times (650 \text{ mm} + 83 \text{ mm}) = 2932 \text{ mm}$$

$$V_u = (ly. lx - (b \text{ kolom} + dy))^2. Qu$$

$$= (5,65 \text{ m} \times 3,675 \text{ m} - (0,65 \text{ m} + 0,083 \text{ m}))^2. 1251 \text{ kg/m}^2$$

$$= 253,07 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,33. \lambda. \sqrt{f_c'}. bo. dy$$

$$\emptyset V_c = 0,75. 0,33. 1. \sqrt{35}. 2932 \text{ mm}. 83 \text{ mm}$$

$$\emptyset V_c = 356,33 \text{ kN}$$

$$V_u < \emptyset V_c$$

253,07 kN < 356,33 kN ,maka memenuhi syarat

Kontrol geser 1 arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{5650}{2} - \frac{650}{2} - 83 = 2415 \text{ mm} = 2,417 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Qu \cdot b \cdot x = 1251 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 2,417 \text{ m} \\ &= 30,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d_y \\ &= 0,75 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 83 \text{ mm} \\ &= 62,61 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u < \emptyset V_c$$

30,24 kN < 62,61 kN , maka memenuhi syarat

7.1.4. Penulangan Arah X (Tumpuan)

$$M_u \text{ tx} = 1303,23 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{1303,23 \text{ kg.m}}{0,9} = 1448,04 \text{ kgm} \\ &= 14480372,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{selimut} - \frac{1}{2} \text{ tul.lentur} \\ &= 120\text{mm} - 20\text{mm} - 6\text{mm} = 93 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot dx^2} = \frac{14480372,2 \text{ Nmm}}{1000 \cdot (93 \text{ mm})^2} = 1,64$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 1,64}{400}} \right\} = 0,00819 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0357 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,0268$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0082 < 0,0284, \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{maka } \rho_{\text{pakai}} = 0,0082$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0082 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 93 \text{ mm} \\ &= 752 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi tulangan max $\leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
pakai $s = 150 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan **D12-150**

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 12^2}{150} = 754,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$752 \text{ mm}^2 < 754,3 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai
SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5. C_c$$

$$S_{max} = 380. \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $C_c = 20 \text{ mm}$

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 400} \right) - 2,5. 20 \text{ mm} = 264,98 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 400} \right) = 314,98 \text{ mm}$$

Kontrol geser 2 arah pada jarak $d/2$ dari muka kolom

$$dx = 94 \text{ mm}, \text{ bila lebar kolom} = 650 \text{ mm}$$

$$bo = 4 \times (650 \text{ mm} + 94 \text{ mm}) = 2976 \text{ mm}$$

$$V_u = (l_y. l_x - (b \text{ kolom} + dx)^2). Qu$$

$$= (5,65 \text{ m} \times 3,675 \text{ m} - (0,65 \text{ m} + 0,094 \text{ m})^2). 1251 \text{ kg/m}^2$$

$$= 252,87 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,33. \lambda. \sqrt{f_c'} . bo. dx$$

$$\phi V_c = 0,75. 0,33. 1. \sqrt{35}. 2980 \text{ mm}. 94 \text{ mm}$$

$$\phi V_c = 409,61 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_c$$

$252,87 \text{ kN} < 409,61 \text{ kN}$, maka memenuhi syarat

Kontrol geser 1 arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{5650}{2} - \frac{650}{2} - 94 \text{ mm} = 2405 \text{ mm} = 2,406 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot b \cdot x = 1251 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 2,406 \text{ m} \\ &= 30,104 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot dx \\ &= 0,75 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 94 \text{ mm} \\ &= 70,904 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u < \phi V_c$$

30,104 kN < 70,904 kN ,maka memenuhi syarat

7.1.5. Penulangan Arah Y (Tumpuan)

$$\begin{aligned} M_u \text{ ty} &= 963,2 \text{ kg.m} \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{963,2 \text{ kg.m}}{0,9} = 1070,22 \text{ kgm} \\ &= 10702217,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - \text{selimut} - \phi \text{ tul.lentur} - 1/2 \phi \text{ tul. susut} \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 83 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot dx^2} = \frac{10702217,4 \text{ Nmm}}{1000 \cdot (83)^2} = 1,55$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 1,55}{400}} \right\} = 0,0077 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0357 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,0268$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

0,0035 < 0,0077 < 0,0284, (memenuhi)

maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,0077$

$$\begin{aligned} A_s_{\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0077 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 83 \text{ mm} \\ &= 644,71 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi tulangan max $\leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$

pakai $s = 150 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan D10-150

$$A_s_{\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 12^2}{150} = 754,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s_{\text{perlu}} < A_s_{\text{pasang}}$$

644,71 mm² < 754,3 mm² (memenuhi)

Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5. C_c$$

$$S_{max} = 380. \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $C_c = 20$ mm

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 400} \right) - 2,5. 20 \text{ mm} = 264,98 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 400} \right) = 314,98 \text{ mm}$$

Kontrol geser 2 arah pada jarak $d/2$ dari muka kolom

$$d_y = 83 \text{ mm}, \text{ bila lebar kolom} = 650 \text{ mm}$$

$$b_o = 4 \times (650 \text{ mm} + 83 \text{ mm}) = 2932 \text{ mm}$$

$$V_u = (l_y \cdot l_x - (b \text{ kolom} + d_y)^2) \cdot Q_u$$

$$= (5,65 \text{ m} \times 3,675 \text{ m} - (0,65 \text{ m} + 0,083 \text{ m})^2) \cdot 1251 \text{ kg/m}^2$$

$$= 253,07 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d_y$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 2932 \text{ mm} \cdot 83 \text{ mm}$$

$$\phi V_c = 356,33 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_c$$

253,07 kN < 356,33 kN ,maka memenuhi syarat

Kontrol geser 1 arah pada jarak d dari muka kolom

$$x = \frac{5650}{2} - \frac{650}{2} - 83 = 2415 \text{ mm} = 2,417 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Qu \cdot b \cdot x = 1251 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 2,417 \text{ m} \\ &= 30,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d_y \\ &= 0,75 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 83 \text{ mm} \\ &= 62,61 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u < \phi V_c$$

30,24 kN < 62,61 kN , maka memenuhi syarat

7.1.6. Tulangan Susut

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1 maka luas tulangan susut harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton, tetapi tidak kurang dari 0,0020

$$\text{As tul. susut} = \rho \cdot b \cdot t = 0,0020 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D12-200

$$A_s \text{ susut pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot 1000}{s} = 565,7 \text{ mm}^2$$

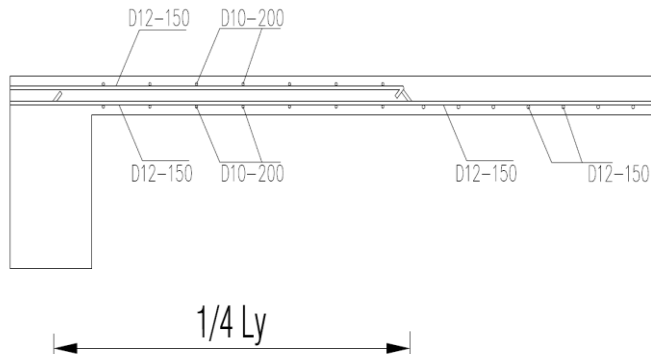
$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$240 \text{ mm}^2 < 565,7 \text{ mm}^2$ (memenuhi)

Maka pada plat P1 digunakan tulangan :

Tabel 7. 1 Penulangan Pelat P1

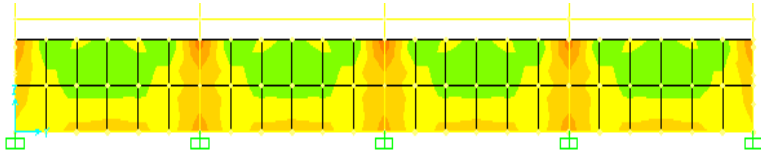
Arah	Tumpuan	Lapangan
Lx	D12 - 150	D12 - 150
Ly	D12 - 150	D12 - 150
Susut	D12 - 200	D12 - 200



Gambar 7. 3 Gambar Penulangan Tumpuan Pelat P1

7.2. Perhitungan Dinding *Semi Basement*

Dinding *basement* merupakan struktur penahan gaya lateral akibat tekanan aktif tanah maupun tekanan aktif air tanah pada struktur basement bangunan.



Gambar 7. 4 Diagram momen hasil analisa SAP 2000

$$L_y = 6 \text{ m}$$

$$L_x = 2,5 \text{ m}$$

$$t = 25 \text{ cm}$$

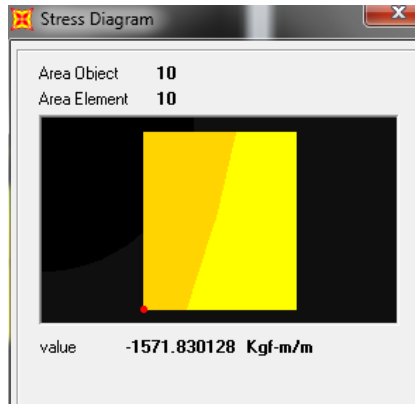
$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{6}{2,5} = 2,4 < 2 \quad , \text{ termasuk pelat satu arah}$$

Momen pelat dinding dari hasil analisa struktur SAP2000 ;



Gambar 7. 5 Diagram Momen M11 Dinding *Basement*

$$M_{11} = 4392,2 \text{ kg.m}$$



Gambar 7. 6 Diagram Momen M22 Dinding *Basement*

$$M_{22} = 1571,8 \text{ kg.m}$$

7.2.1. Penulangan Arah X Sumbu Pendek

$$M_u x = 4392,2 \text{ kg.m} = 43922000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{43922000 \text{ Nmm}}{0,9} = 48800000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{selimut} - \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ tul.lentur} \\ &= 250\text{mm} - 40 \text{ mm} - 16\text{mm} = 194 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot dx^2} = \frac{48800000 \text{ Nmm}}{1000 \cdot (194)^2} = 1,29$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\}$$

$$= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 1,29}{400}} \right\} = 0,0033$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &< \rho_{perlu} < \rho_{max} \\ 0,0035 &> 0,0033 < 0,0284, \text{ (tidak memenuhi)} \\ \text{maka pakai } \rho_{min} &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 194 \text{ mm} &= 679 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Spasi tulangan max $= \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 250 \text{ mm} = 500 \text{ mm}$
pakai $s = 200 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan **D16-200**

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2}{200} = 1005,3 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &< A_s \text{ pasang} \\ 679 \text{ mm}^2 &< 1005,3 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

7.2.2. Penulangan Arah Y Sumbu Panjang

$$M_u y = 1571,8 \text{ kg.m} = 15718000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{15718000 \text{ Nmm}}{0,9} = 17464444,4 \text{ Nmm} \\ &= 1546669,67 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d = h - \text{selimut} - \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ tul.lentur}$$

$$= 250\text{mm} - 40\text{ mm} - 16\text{mm} = 194\text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot dx^2} = \frac{17464444,4\text{ Nmm}}{1000 \cdot (194)^2} = 0,46$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400\text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,46}{400}} \right\} = 0,0012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\ 0,0035 &> 0,0012 < 0,0284 \\ \text{maka } \rho &\text{ pakai } \rho_{\text{min}} = 0,0035 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$0,0035 \cdot 1000\text{ mm} \cdot 194\text{ mm} = 679\text{ mm}^2$$

Spasi tulangan max = $\leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120\text{ mm} = 240\text{ mm}$,
pakai $s = 200\text{ mm}$

Maka digunakan tulangan **D16-200**

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2}{200} = 1005,3\text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$679\text{ mm}^2 < 1005,3\text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

7.2.3. Tulangan Susut

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1 maka luas tulangan susut harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas tulangan bruto penampang beton, tetapi tidak kurang dari 0,0012

$$A_s \text{ tul. susut} = \rho. b. t = 0,002. 1000. 250 = 500 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D 13-200

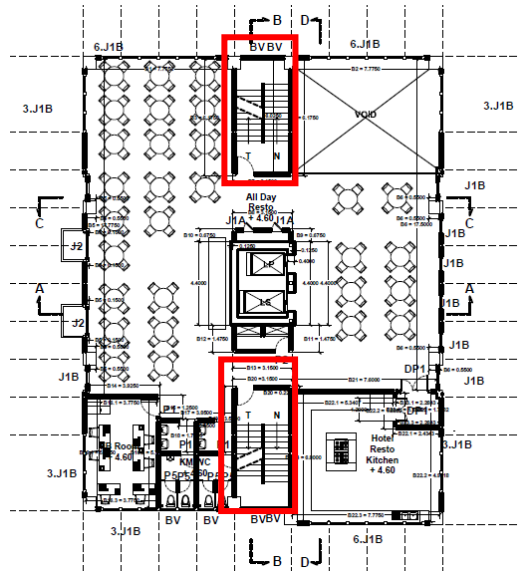
$$A_s \text{ susut pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2}{200} = 663,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$500 \text{ mm}^2 < 663,7 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

7.3. Perhitungan Struktur Tangga

Pada preliminary design tangga telah diketahui ukuran-ukuran konfigurasi tangga. Dan struktur tangga yang akan di desain meliputi pelat tangga, pelat bordes dan juga penulangan tangga tersebut. Denah penempatan tangga yang ditinjau dapat dilihat dalam gambar di bawah ini:



Gambar 7. 7 Denah Tangga

Data perencana ;

$$F_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal plat tangga} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal plat bordes} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi injakan} = 18,5 \text{ cm dan } 17 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar injakan} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang datar tangga} = 320 \text{ cm}$$

Tinggi bordes = 188,5 cm

Lebar bordes = 135 cm

Panjang bordes = 285 cm

Selimut beton = 40 mm

Ø tul. lentur = 13 mm

Sudut kemiringan tangga ;

$$(\alpha) = \text{arc tan } (t/i) = \text{arc tan } (18,5/30) = 31,66^\circ$$

Syarat = $25^\circ \leq 31,66^\circ \leq 40^\circ$ (memenuhi syarat)

Tebal efektif pelat tangga

$$\text{Luas } \Delta 1 = \frac{1}{2} \times i \times t = \frac{1}{2} \times 18,5 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 277,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas } \Delta 2 = \frac{1}{2} \times \sqrt{i^2 \times t^2} \times d = \frac{1}{2} \times \sqrt{30^2 \times 18,5^2} = 17,6 \text{ cm}^2 \times d$$

Persamaan Luas $\Delta 1 = \text{Luas } \Delta 2$

$$277,5 \text{ cm}^2 = 17,6 \text{ cm}^2 \times d \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2} d = 7,87 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif pelat tangga = $15 \text{ cm} + 7,87 \text{ cm} = 22,9 \text{ cm}$

7.3.1. Pembebanan Pelat Tangga & Bordes

- Beban mati ;

$$\text{Berat sendiri pelat} = 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg.m}^3$$

$$= 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik + spesi} = 77 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Mechanical duct} = 19 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Railing tangga} = \underline{14 \text{ kg/m}^2} +$$

$$= 470 \text{ kg/m}^2$$

- Beban hidup

Menurut SNI 2847 2013 pasal 4.5.4 beban pada tangga tetap dan anak tangga yaitu berupa beban terpusat sebesar 133 kg. Maka dalam pembebanan permodelan beban dijadikan beban merata sepanjang area pelat anak tangga.

$$\text{Beban hidup merata} = \frac{133 \text{ kg} \times n \text{ anak tangga}}{\text{Luas pelat tangga}} = \frac{133 \text{ kg} \times 10}{4,5 \text{ m}^2}$$

$$= 293 \text{ Kg/m}^2$$

- Beban Ultimate :

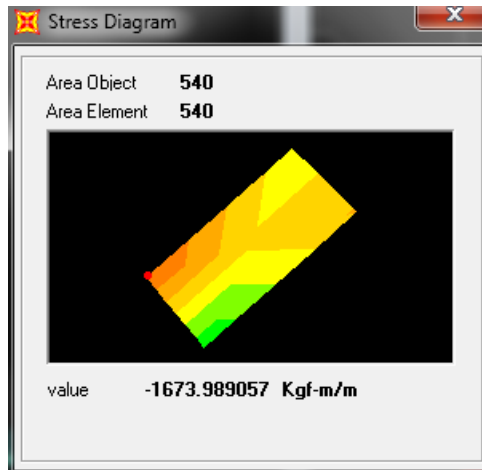
$$1,2 \text{ D} + 1,6 \text{ L} = 1,2 (470 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (293 \text{ Kg/m}^2)$$

$$= 1032,3 \text{ Kg/m}^2$$

7.3.2. Penulangan Pelat Tangga

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{3,2 \text{ m}}{1,42 \text{ m}} = 2,25 > 2, \text{ maka termasuk pelat 1 arah}$$

Perencanaan tulangan pelat tangga dihitung seperti pada sub bab penulangan pelat. Momen tangga diambil dari momen hasil analisa SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan 1,2D+1,6L.



Gambar 7. 8 Diagram Momen Pelat Tangga Hasil Analisa Sap2000

Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

$$M_u = 1673,9 \text{ kg.m} = 16739000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{16739000 \text{ Nmm}}{0,9} = 18598888,89 \text{ Nmm}$$

$$d = h - \text{selimut} - \phi \text{ tul.lentur}$$

$$= 150 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 103,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b.d.x^2} = \frac{18598888,89 \text{ Nmm}}{1000.(103,5\text{mm})^2} = 1,75$$

$$m = \frac{F_y}{0,85.F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85.35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,45.1,75}{400}} \right\} = 0,0049 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85.F_c.\beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600+F_y} \\ &= \frac{0,85.35.0,8}{400} \times \frac{600}{600+400} = 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0049 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

maka ρ pakai = 0,0049

$$A_s \text{ perlu} = \rho . b . d = 0,0049 . 1000 \text{ mm} . 103,5 \text{ mm}$$

$$= 508,45 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi tulangan max} \leq 2.h = 2.150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

pakai $s = 150$ mm

Maka digunakan tulangan **D13-150**

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot b \cdot D^2}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 13^2}{150} = 884,8 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$508,45 \text{ mm}^2 < 884,8 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Tulangan Susut Pelat Tangga

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1 maka luas tulangan susut harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas tulangan bruto penampang beton, tetapi tidak kurang dari 0,002

$$A_s \text{ tul. susut} = \rho \cdot b \cdot t = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D10-200

$$A_s \text{ susut pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot b \cdot D^2 \cdot 1000}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 10^2}{200} = 392,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$300 \text{ mm}^2 < 392,7 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

7.3.3. Pernulangan Pelat Bordes

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{2,85 \text{ m}}{1,35 \text{ m}} = 2,11 > 2, \text{ maka termasuk pelat 1 arah}$$

perencanaan tulangan pelat bordes dihitung seperti pada sub bab penulangan pelat. Momen tanga diambil dari momen hasil analisa SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan 1,2D+1,6L.



Gambar 7. 9 Diagram Momen Pelat Bordes Hasil Analisa SAP2000

$$M_u = 1709,8 \text{ kg.m} = 17098000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{17098000 \text{ Nmm}}{0,9} = 18997777,8 \text{ Nmm}$$

$$d = h - \text{selimut} - \text{Ø tul.lentur}$$

$$= 150 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 103,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{18997777,8 \text{ Nmm}}{1000 \cdot (103,5 \text{ mm})^2} = 1,78$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 1,78}{400}} \right\} = 0,0049\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0049 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,0049$

$$\begin{aligned}As_{\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0049 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 103,5 \text{ mm} \\ &= 516,7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Spasi tulangan max} \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

pakai $s = 150 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan **D13-150**

$$As_{\text{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot b \cdot D^2}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 13^2}{150} = 884,8 \text{ mm}^2$$

$$516,7 \text{ mm}^2 < 884,8 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Tulangan Susut Pelat Bordes

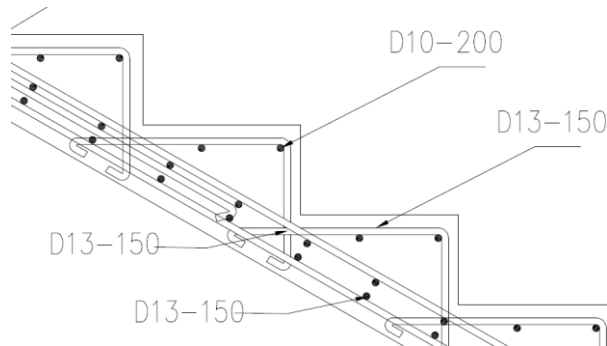
Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1 luas tulangan susut harus menyediakan paling sedikit rasio luas tulangan terhadap luas tulangan bruto penampang beton, tetapi tidak kurang dari 0,002

$$As_{tul. susut} = \rho \cdot b \cdot t = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D10-200

$$As_{susut pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot b \cdot D^2}{s} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 10^2}{200} = 392,7 \text{ mm}^2$$

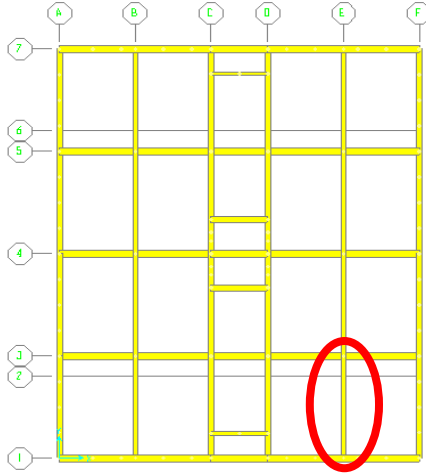
$$300 \text{ mm}^2 < 392,7 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$



Gambar 7. 10 Penulangan Pelat Tangga

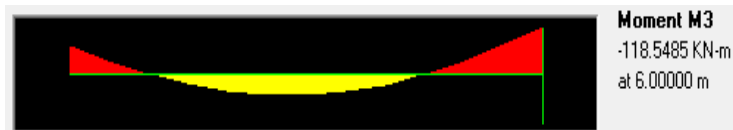
7.4. Perhitungan Balok Anak

Struktur balok anak yang ditinjau adalah balok anak yang mengalami gaya dalam terbesar dari hasil analisa SAP, yaitu frame 136 yang berada pada lantai dasar.



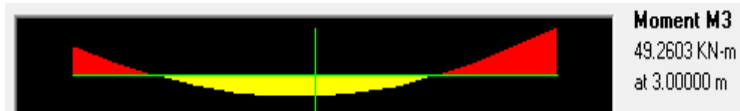
Gambar 7. 11 Balok anak yang ditinjau

Dan dari hasil analisa SAP dapat diketahui besarnya gaya dalam yang terjadi pada balok anak (frame 136) meliputi :



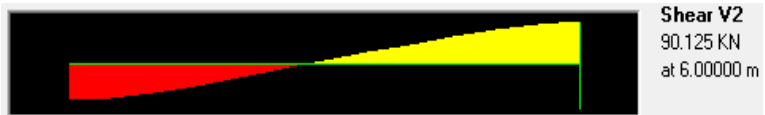
Gambar 7. 12 Diagram Momen Balok Anak

$$M_u \text{ tumpuan} = -118,549 \text{ kN-m}$$



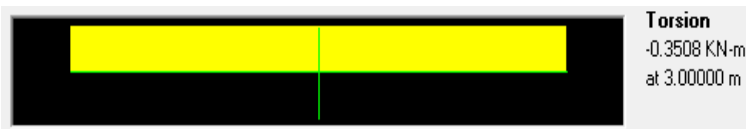
Gambar 7. 13 Diagram Momen Balok Anak

$$M_u \text{ lapangan} = 49,26 \text{ kN-m}$$



Gambar 7. 14 Diagram Gaya Geser Balok Anak

$$V_u \text{ max} = 90,125 \text{ kN}$$



Gambar 7. 15 Diagram Torsi Balok Anak

$$T_u \text{ max} = 0,351 \text{ kN-m}$$

7.4.1. Data Perencanaan Balok Anak :

$$F_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$L \text{ balok} = 6000 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$\text{selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tul. lentur} = 19 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tul. geser} = 10 \text{ mm}$$

Rasio tulangan maksimum dan minimum :

$$\beta_1 = 0,8$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$d = h - \text{selimut} - \emptyset \text{ geser} - (\emptyset \text{ lentur}/2)$$

$$= 400\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - 9,5\text{mm} = 340,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

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

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0268 \end{aligned}$$

7.4.2. Perhitungan Tulangan Tumpuan :

$$M_t = -118,549 \text{ kN-m} = 118548500 \text{ N-mm}$$

$$M_n = \frac{118548500 \text{ N-mm}}{0,9} = 131720555,6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{131720555,6 \text{ Nmm}}{300 \cdot (340,5^2)} = 3,79 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 3,79}{400}} \right) = 0,0099$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0099 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

maka ρ pakai = 0,0099

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0099 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm}$$

$$= 1012,3 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan **4 D19**

$$A_s \text{ pasang} = 0,25 \cdot \pi \cdot (19^2) \cdot 4 = 1135 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$1012,3 \text{ mm}^2 < 1135 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Untuk tulangan bawah (A_s') = $\frac{1}{2} \cdot A_s$ tarik

$$A_s' = \frac{1}{2} \cdot 1012,3 \text{ mm}^2 = 506 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan **2 D19** ($A_s = 567 \text{ mm}^2$)

Cek jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{sengkang} - (n \cdot d \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$= \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - (4 \cdot 19)}{4 - 1} = 41,33 \text{ mm}$$

$$= 41,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

7.4.3. Perhitungan tulangan lapangan :

$$Ml = 49,26 \text{ kN-m} = 49260300 \text{ N-mm}$$

$$M_n = \frac{49260300 \text{ N-mm}}{0,9} = 54733666,7 \text{ N-mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{54733666,7 \text{ N-mm}}{300 \cdot (340,5^2)} = 1,57 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,57}{400}} \right)$$

$$= 0,004$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,004 < 0,027 \text{ (memenuhi)}$$

maka ρ pakai = 0,004

$$A_{s,perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 340,5 \text{ mm}$$

$$= 413 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan **2 D19**

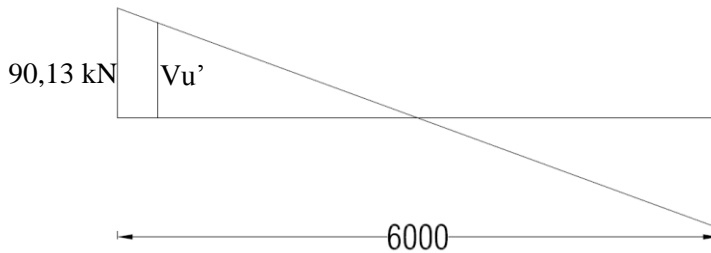
$$A_s, pasang = 0,25 \cdot \pi \cdot (19^2) \cdot 2 = 567 \text{ mm}^2$$

$$A_s, perlu < A_s, pasang$$

$$413 \text{ mm}^2 < 567 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

7.4.4. Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser sesuai dengan SNI 2847 2013 pasal 11.1.3.1 , gaya geser yang dipakai adalah gaya geser terfaktor V_u' sejarak d dari muka tumpuan.



Gambar 7. 16 Diagram Gaya Geser Balok Anak

$$V_u = 90,125 \text{ kN} = 90125 \text{ N}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

$$d = h - \text{selimut} - \emptyset \text{ geser} - (\emptyset \text{ lentur}/2)$$

$$= 400\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - 9,5\text{mm} = 340,5 \text{ mm}$$

$$V_u' = \frac{V_u}{L/2} \cdot \left(\frac{L}{2} - d\right) = \frac{90125 \text{ N}}{6000/2} \cdot \left(\frac{6000}{2} - 340,5\right)$$

$$= 79895,81 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur dapat dihitung dengan : ($\lambda=1$ untuk beton normal)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \\ &= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \text{ Mpa} \cdot 300\text{mm} \cdot 340,5 \text{ mm} \\ &= 100721,3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 100721,3 \text{ N} = 37770,47 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = 0,33 \cdot bw \cdot d = 34050 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d = 201442,5 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 1} &= V_u' \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\ &= 79895,81 \text{ N} > 37770,47 \text{ N} \\ &(\text{tidak memenuhi, cek kondisi 2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 2} &= 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u' \leq \phi \cdot V_c \\ &= 37770,47 \text{ N} \leq 79895,81 \text{ N} \leq 75540,9 \text{ N} \\ &(\text{tidak memenuhi, cek kondisi 3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 3} &= \phi \cdot V_c \leq V_u' \leq \phi \cdot (V_c + V_s \text{ min}) \\ &= 75540,9 \text{ N} \leq 79895,81 \text{ N} \leq 101078,44 \text{ N} \\ &(\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Karena masuk dalam kondisi 3 maka hanya perlu tulangan geser minimum.

$$V_s \text{ min} = 0,33 \cdot bw \cdot d = 34050 \text{ N}$$

$$S_{maks} = \frac{1}{2} \cdot d = 170 \text{ mm}$$

maka pakai $s = 150 \text{ mm}$

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} = \frac{34050 \text{ N} \cdot 150}{240 \cdot 340,5} = 62,5 \text{ mm}^2$$

Maka pakai sengkang **2 kaki D10-150**

$$A_{v,pakai} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 157,08 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

7.4.5. Perhitungan Tulangan Torsi

Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 11.5.3.1.

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f_c'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi (T_u maks) adalah

$$T_u = 0,351 \text{ kN-m} = 351 \text{ N-m} = 351000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 90,125 \text{ kN} = 90125 \text{ N}$$

$$bh = b - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 10 = 210 \text{ mm}^2$$

$$hh = h - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 10 = 310 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang yang dibatasi oleh sengkang adalah ;

$$P_h = 2 \times (bh + hh) = 2 \times (210\text{mm} + 310\text{mm}) = 1040 \text{ mm}$$

Luas penampang yang dibatasi oleh sengkang

$$A_{oh} = bh \times hh = 210 \times 310 \text{ mm} = 65100 \text{ mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{90125 \text{ N}}{300\text{mm} \cdot 340,5\text{mm}}\right)^2 + \left(\frac{351000 \text{ Nmm} \cdot 1040\text{mm}}{1,7 \cdot 65100 \text{ mm}^2}\right)^2} = 0,91 \text{ Mpa}$$

$$0,75 \left(\frac{100721,3 \text{ N}}{300\text{mm} \cdot 340,5\text{mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}'}\right) = 3,667 \text{ Mpa}$$

Maka penampang kuat menahan torsi

Periksa persyaratan pengaruh puntir sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.5.1 , yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan bila $T_u \leq T_u \text{ min}$

$$T_u \leq T_u \text{ min} = \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

dimana ;

A_{cp} = luas penampang keseluruhan

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (untuk beton normal)

\emptyset = 0,75 (faktor reduksi beban torsi)

$$A_{cp} = 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 120000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (300 \text{ mm} + 400 \text{ mm}) = 1400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} T_u \text{ min} &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{120000}{1400} \right) \\ &= 22500000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$351000 \text{ Nmm} < 3787981,37 \text{ Nmm}$$

(maka hanya perlu tulangan torsi minimum)

Perhitungan kebutuhan tulangan transversal penahan torsi

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 65100 \text{ mm}^2 \\ &= 55335 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{At}{s} &= \frac{T_u}{2 \cdot \emptyset \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot 45} = \frac{3787981,37 \text{ Nmm}}{2 \cdot 0,75 \cdot 55335 \text{ mm}^2 \cdot 2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \cot 45} \\ &= 0,114 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi

$$\frac{Av}{s} = \frac{V_{smin}}{f_y \cdot d} = \frac{34050 \text{ N}}{400 \text{ Mpa} \cdot 340,5 \text{ mm}} = 0,25 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi

$$\frac{Av_t}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} = 0,25 + (2 \cdot 0,114) = 0,478 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

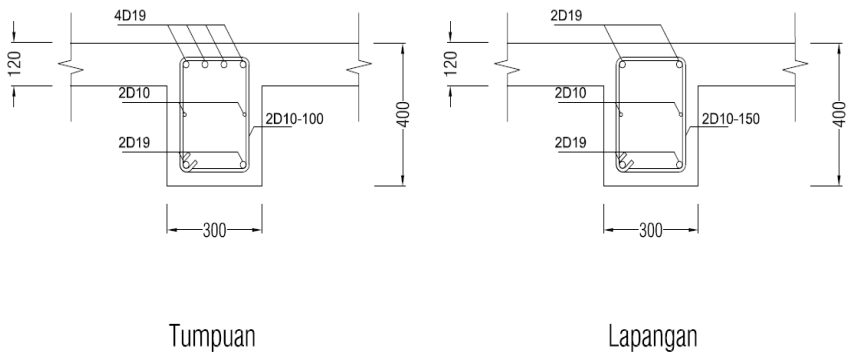
Maka untuk sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2D13-150** dengan A_v/s pakai = $1,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 11.5.3.7 ;

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta \\ &= 0,114 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 1040 \text{ mm} \cdot \frac{400}{400} \cdot \cot^2 45 \\ &= 118,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

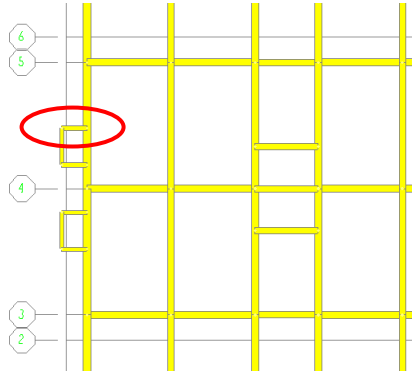
Maka digunakan tulangan longitudinal penahan torsi 2D10 dengan $A_s = 157,079 \text{ mm}^2$



Gambar 7. 17 Penulangan Balok Anak

7.5. Perhitungan Balok Kantilever

Struktur balok anak yang ditinjau adalah balok anak yang mengalami gaya dalam terbesar dari hasil analisa SAP, yaitu frame 154 yang berada pada lantai dasar.



Gambar 7. 18 Balok Kantilever Yang Ditinjau

Dan dari hasil analisa SAP dapat diketahui besarnya gaya dalam yang terjadi pada balok anak (frame 136) meliputi :



Gambar 7. 19 Diagram Momen Balok Kantilever

$$M_u = -9,79 \text{ kN-m}$$



Gambar 7. 20 Diagram Geser Balok Kantilever



Gambar 7. 21 Diagram Torsi Balok Kantilever

$$T_u \max = 0,597 \text{ kN-m}$$

7.5.1. Data Umum Perencanaan Balok Kantilever :

$$F_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$L \text{ balok} = 1150 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$\text{selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tul. lentur} = 13 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tul. geser} = 10 \text{ mm}$$

Rasio tulangan maks dan min ;

$$\beta_1 = 0,8$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$d = h - \text{selimut} - \emptyset \text{ geser} - (\emptyset \text{ lentur}/2)$$

$$= 300 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 6,5 \text{ mm} = 243,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

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

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0268 \end{aligned}$$

7.5.2. Perhitungan Tulangan Tumpuan :

$$M_t = -9,78 \text{ kN-m} = 9780000 \text{ N-mm}$$

$$M_n = \frac{9780000 \text{ N-mm}}{0,9} = 10866666,7 \text{ N-mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{10866666,7 \text{ N-mm}}{250 \cdot (243,5)^2} = 0,73 \text{ N-mm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,73}{400}} \right) = 0,00186 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,00186 < 0,027 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

maka ρ pakai = 0,0035

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 243,5 \text{ mm}$$

$$= 213,06 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan **3 D 13**

$$A_s \text{ pasang} = 0,25 \cdot \pi \cdot (13^2) \cdot 3 = 398 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$213,06 \text{ mm}^2 < 398 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Cek jarak antar tulangan (s)

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \cdot d \text{ lentur})}{n - 1} \\ &= \frac{250 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - (3 \cdot 13)}{3 - 1} = 55,5 \text{ mm} \\ &= 55,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

7.5.3. Perhitungan tulangan lapangan :

$$M_l = 3,91 \text{ kN-m} = 3910000 \text{ N-mm}$$

$$M_n = \frac{3910000 \text{ N-mm}}{0,9} = 4344444,4 \text{ N-mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4344444,4 \text{ N-mm}}{250 \cdot (243,5^2)} = 0,29$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,29}{400}} \right) = 0,001 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$0,0035 < 0,001 < 0,027$ (tidak memenuhi)

maka ρ pakai = 0,0035

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 200 \text{ mm} \cdot 234,5 \text{ mm} \\ &= 213,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan **2 D13**

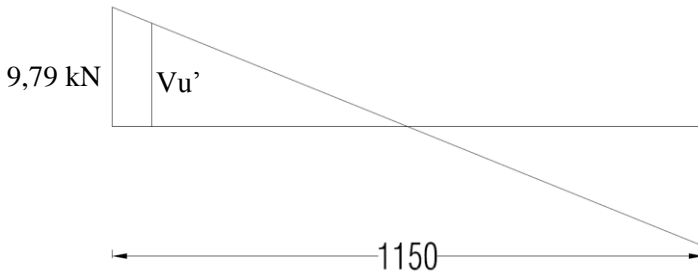
$$A_s \text{ pasang} = 0,25 \cdot \pi \cdot (13^2) \cdot 2 = 266 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$213,06 \text{ mm}^2 < 266 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

7.5.4. Perhitungan tulangan geser

Perhitungan tulangan geser sesuai dengan SNI 2847 2013 pasal 11.1.3.1 , gaya geser yang dipakai adalah gaya geser terfaktor V_u ' sejarak d dari muka tumpuan.



Gambar 7. 22 Diagram Gaya Geser Balok Kantilever

$$V_u = 9,789 \text{ kN} = 9789 \text{ N}$$

$$L = 1,2 \text{ m}$$

$$d = h - \text{selimut} - \emptyset \text{ geser} - (\emptyset \text{ lentur}/2)$$

$$= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 6,5 \text{ mm} = 243,5 \text{ mm}$$

$$V_u' = \frac{V_u}{L/2} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right) = \frac{9789 \text{ N}}{1200/2} \cdot \left(\frac{1200}{2} - 243,5 \right)$$

$$= 5816,3 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur dapat dihitung dengan : ($\lambda=1$ untuk beton normal)

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \text{ Mpa} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 243,5 \text{ mm}$$

$$= 60023,55 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 60023,55 \text{ N} = 22508,8 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = 0,33 \cdot b_w \cdot d = 20292 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 120047,1 \text{ N}$$

$$\text{Kondisi 1} = V_u' \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c$$

$$= 5816,3 \text{ N} < 22508,8 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Karena masuk dalam kondisi 1 maka tidak perlu tulangan geser, namun tetap diberi tulangan geser minimum

Maka pakai sengkang **2 kaki D10-150**

$$A_v \text{ pakai} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

7.5.5 Perhitungan Tulangan Torsi

Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 11.5.3.1.

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Ash^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{fc'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi (T_u maks) adalah

$$T_u = 0,597 \text{ kN-m} = 597 \text{ N-m} = 597000 \text{ Nmm}$$

$$bh = b - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 250 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 10 = 160 \text{ mm}^2$$

$$hh = h - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 300 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 10 = 210 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang yang dibatasi oleh sengkang adalah ;

$$Ph = 2 \times (bh + hh) = 2 \times (160\text{mm} + 210\text{mm}) = 740 \text{ mm}$$

Luas penampang yang dibatasi oleh sengkang

$$Aoh = bh \times hh = 160 \times 210 \text{ mm} = 33600 \text{ mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{11420 \text{ N}}{250\text{mm} \cdot 243,5\text{mm}}\right)^2 + \left(\frac{597000 \text{ N} \cdot 740\text{mm}}{1,7 \cdot (33600\text{mm})^2}\right)^2} = 0,515$$

$$0,75 \left(\frac{60023,55 \text{ N}}{250\text{mm} \cdot 243,5\text{mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}}\right) = 3,667 \text{ Mpa}$$

Maka penampang kuat menahan torsi

Periksa persyaratan pengaruh puntir sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.5.1 , yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan bila $T_u \leq Tu \text{ min}$

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{Fc'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$$

dimana ;

$$Acp = \text{luas penampang keseluruhan}$$

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan
 λ = 1 (untuk beton normal)
 \emptyset = 0,75 (faktor reduksi beban torsi)

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= 250 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} = 75000 \text{ mm}^2 \\
 P_{cp} &= 2 \times (250 \text{ mm} + 300 \text{ mm}) = 1100 \text{ mm} \\
 T_u \text{ min} &= 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{75000 \text{ mm}^2}{1100 \text{ mm}} \right) \\
 &= 1883229,37 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

597000 Nmm < 1883229,37 Nmm (maka hanya perlu tulangan torsi minimum)

Perhitungan kebutuhan tulangan transversal penahan torsi

$$\begin{aligned}
 A_o &= 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 33600 \text{ mm}^2 \\
 &= 28560 \text{ mm}^2 \\
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_u}{2 \cdot \emptyset \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot 45} = \frac{1883229,37 \text{ Nmm}}{2 \cdot 0,75 \cdot 28560 \text{ mm} \cdot 2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \cot 45} \\
 &= 0,109 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_{smin}}{f_y \cdot d} = \frac{20292 \text{ N}}{400 \text{ Mpa} \cdot 243,5 \text{ mm}} = 0,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 0,21 + (2 \cdot 0,109) = 0,428 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka untuk sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2D13-150** dengan A_{vs} pakai = $1,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

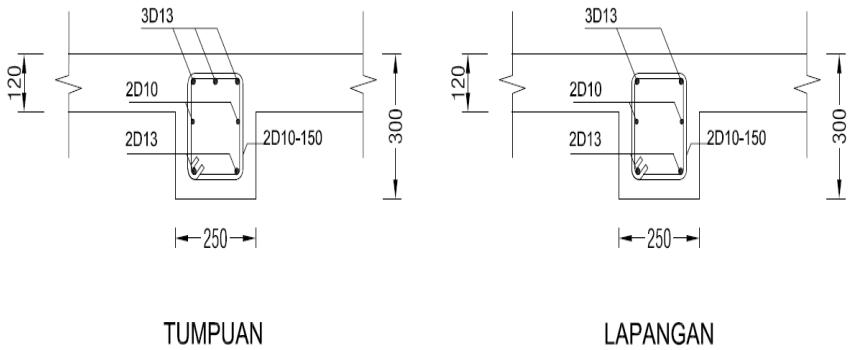
Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 11.5.3.7 ;

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

$$= 0,109 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 740 \text{ mm} \cdot \frac{400}{400} \cdot \cot^2 45$$

$$= 81,325 \text{ mm}^2$$

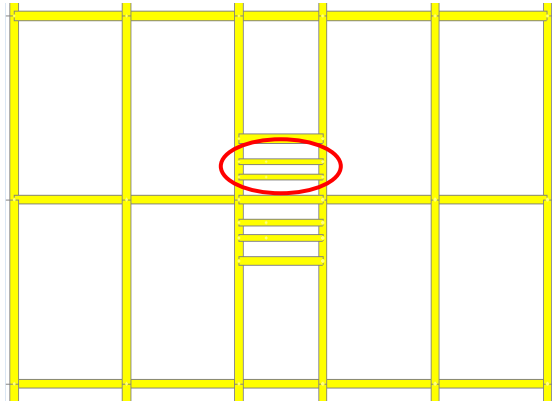
Maka digunakan tulangan longitudinal penahan torsi **2D10**
dengan $A_s = 157,079 \text{ mm}^2$



Gambar 7. 23 Penulangan Balok Kantilever

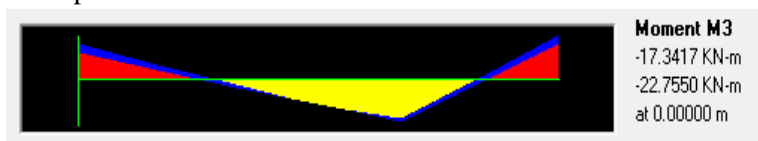
7.6. Perhitungan Balok Penggantug Lift

Struktur balok penggantung lift yang ditinjau adalah balok yang berada di lantai atap dan dari hasil analisa SAP, yaitu pada *frame* 186 didapatkan gaya dalam ;



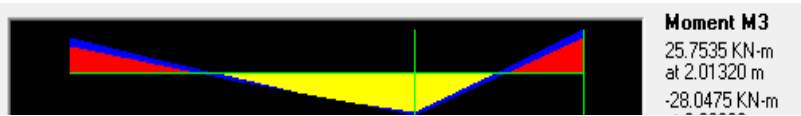
Gambar 7. 24 Balok *Lift* Yang Ditinjau

Dan dari hasil analisa SAP dapat diketahui besarnya gaya dalam yang terjadi pada balok anak (*frame* 186) meliputi :



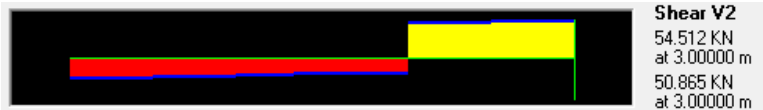
Gambar 7. 25 Diagram Momen Tumpuan Balok *Lift*

$$M_{u \text{ tumpuan}} = -22,75 \text{ kN-m}$$



Gambar 7. 26 Diagram Momen Lapangan Balok *Lift*

$$M_u \text{ lapangan} = 25,75 \text{ kN-m}$$



Gambar 7. 27 Diagram Geser Balok *Lift*

$$V_u \text{ max} = 54,5 \text{ kN}$$



Gambar 7. 28 Diagram Torsi Balok *Lift*

$$T_u \text{ max} = 0,675 \text{ kN-m}$$

7.6.1. Data Umum Perencanaan Balok *Lift* :

$$F_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$F_y \text{ lentur} = 400 \text{ Mpa}$$

$$L \text{ balok} = 3000 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$\text{selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tul. lentur} = 13 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ tul. geser} = 10 \text{ mm}$$

Rasio tulangan maks dan min ;

$$\beta_1 = 0,8$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$d = h - \text{selimut} - \emptyset \text{ geser} - (\emptyset \text{ lentur}/2)$$

$$= 350 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 6,5 \text{ mm} = 293,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= 0,75 \times \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0268$$

7.6.2. Perhitungan tulangan tumpuan :

$$M_t = -22,75 \text{ kN-m} = 22755000 \text{ N-mm}$$

$$M_n = \frac{22755000 \text{ N-mm}}{0,9} = 25283333,3 \text{ N-mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{25283333,3 \text{ N-mm}}{250 \cdot (293,5^2)} = 1,17 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,17}{400}} \right) = 0,0028$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0028 < 0,027 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

maka ρ pakai = 0,0035

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 293,5 \text{ mm} \\ &= 256,81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan **3 D 13**

$$A_s \text{ pasang} = 0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 3 = 398 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$256,81 \text{ mm}^2 < 298 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Cek jarak antar tulangan (s)

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \cdot d \text{ lentur})}{n - 1} \\ &= \frac{250 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - (3 \cdot 13)}{3 - 1} = 55,5 \text{ mm} \\ &= 55,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

7.6.3. Perhitungan tulangan lapangan :

$$M_l = 25,73 \text{ kN-m} = 25734000 \text{ N-mm}$$

$$M_n = \frac{25734000 \text{ N-mm}}{0,9} = 28593333,3 \text{ N-mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{28593333,3 \text{ N-mm}}{250 \cdot (292^2)} = 1,33$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,33}{400}} \right) \\ &= 0,0034\end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0034 < 0,027 \quad (\text{tidak memenuhi})$$

maka $\rho_{pakai} = 0,0035$

$$\begin{aligned}A_s, \text{perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 293,5 \text{ mm} \\ &= 256,81 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 2 D 13

$$A_s, \text{pasang} = 0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot 2 = 266 \text{ mm}^2$$

$$A_s, \text{perlu} < A_s, \text{pasang}$$

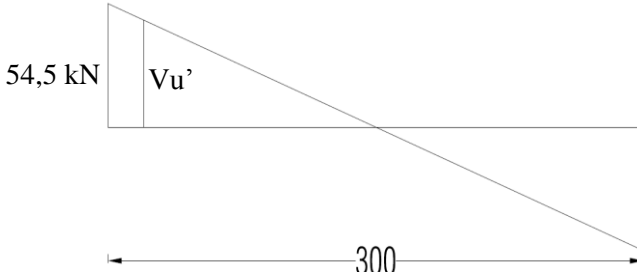
$$256,8 \text{ mm}^2 < 266 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Cek jarak antar tulangan (s)

$$\begin{aligned}S &= \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{senggang} - (n \cdot d \text{ lentur})}{n - 1} \\ &= \frac{250 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - (3 \cdot 13)}{3 - 1} = 55,5 \text{ mm} \\ &= 55,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

7.6.4. Perhitungan tulangan geser

Perhitungan tulangan geser sesuai dengan SNI 2847 2013 pasal 11.1.3.1 , gaya geser yang dipakai adalah gaya geser terfaktor V_u' sejarak d dari muka tumpuan.



Gambar 7. 29 Diagram Gaya Geser Balok Lift

$$V_u = 54,512 \text{ kN} = 54512 \text{ N}$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$d = h - \text{selimut} - \text{Ø geser} - (\text{Ø lentur}/2)$$

$$= 350 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = 293,5 \text{ mm}$$

$$V_u' = \frac{V_u}{L/2} \cdot \left(\frac{L}{2} - d\right) = \frac{54512 \text{ N}}{3000/2} \cdot \left(\frac{3000}{2} - 293,5\right)$$

$$= 43845,82 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur dapat dihitung dengan : ($\lambda=1$ untuk beton normal)

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,17 \cdot 1\sqrt{35} \text{ Mpa} \cdot 250\text{mm} \cdot 293,5 \text{ mm} \\
 &= 72348,7 \text{ N} \\
 \frac{1}{2} \cdot \emptyset \cdot V_c &= \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 71978,9 \text{ N} = 27130,77 \text{ N} \\
 V_s \text{ min} &= 0,33 \cdot b_w \cdot d = 24458 \text{ N} \\
 V_s &= 1/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 144697,45 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kondisi 1} &= V_u' \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \\
 &= 43845,82\text{N} > 27130,77 \text{ N} \\
 &\text{(tidak memenuhi, cek kondisi 2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kondisi 2} &= 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u' \leq \phi \cdot V_c \\
 &= 27130,7 \text{ N} \leq 43845,82\text{N} \leq 54261,5\text{N} \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Karena masuk dalam kondisi 2 maka hanya perlu tulangan geser minimum.

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= 0,33 \cdot b_w \cdot d = 24458 \text{ N} \\
 S \text{ maks} &= \frac{1}{2} \cdot d = 150 \text{ mm} \\
 A_v &= \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} = \frac{24333 \text{ N} \cdot 150}{240 \cdot 292} = 52,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka pakai sengkang **2 kaki D10-150**

$$A_v \text{ pakai} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 157,08 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

7.6.5. Perhitungan Tulangan Torsi

Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 11.5.3.1.

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_s h^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f_c'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi (T_u maks) adalah

$$T_u = 0,675 \text{ kN-m} = 675 \text{ N-m} = 675000 \text{ Nmm}$$

$$bh = b - 2.t - d \text{ sengkang} = 250 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 10 = 160 \text{ mm}^2$$

$$hh = h - 2.t - d \text{ sengkang} = 350 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 10 = 260 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang yang dibatasi oleh sengkang adalah ;

$$P_h = 2 \times (bh+hh) = 2 \times (160\text{mm}+260\text{mm}) = 840 \text{ mm}$$

Luas penampang yang dibatasi oleh sengkang :

$$A_{oh} = bh \times hh = 160 \times 260 \text{ mm} = 41600 \text{ mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{54512 \text{ N}}{250\text{mm} \cdot 293,5\text{mm}}\right)^2 + \left(\frac{675000 \text{ N} \cdot 840\text{mm}}{1,7 \cdot (41600 \text{ mm}^2)}\right)^2} = 0,863 \text{ Mpa}$$

$$0,75 \left(\frac{72348,7 \text{ N}}{250\text{mm} \cdot 293,5\text{mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}'} \right) = 3,668 \text{ Mpa}$$

0,863 Mpa < 3,668 Mpa, maka penampang kuat menahan torsi

Periksa persyaratan pengaruh puntir sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.5.1 , yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan bila $T_u \leq T_u \text{ min}$

$$T_u \leq \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

dimana ;

A_{cp} = luas penampang keseluruhan

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (untuk beton normal)

\emptyset = 0,75 (faktor reduksi beban torsi)

$$A_{cp} = 250 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} = 87500 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (250 \text{ mm} + 350 \text{ mm}) = 1200 \text{ mm}$$

$$T_u \text{ min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{87500 \text{ mm}^2}{1200 \text{ mm}} \right)$$

$$= 2349677,39 \text{ Nmm}$$

$$675000 \text{ Nmm} < 2349677,39 \text{ Nmm}$$

(Nilai torsi dapat diabaikan , diberi tulangan torsi minimum)

Perhitungan kebutuhan tulangan transversal penahan torsi

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 41600 \text{ mm}^2 \\ = 35560 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{2 \cdot \phi \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot 45} = \frac{2349677,39 \text{ Nmm}}{2 \cdot 0,75 \cdot 35560 \text{ mm} \cdot 2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \cot 45} \\ = 0,185 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_{smin}}{f_y \cdot d} = \frac{24458 \text{ N}}{400 \text{ Mpa} \cdot 293,5 \text{ mm}} = 0,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 0,21 + (2 \cdot 0,185) = 0,577 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

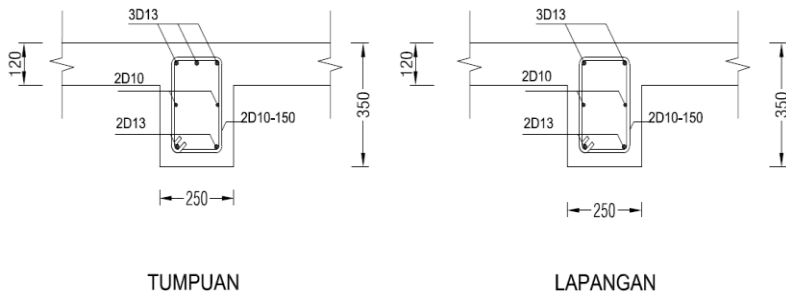
Maka untuk sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2D13-150** dengan A_{vs} pakai = $1,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 11.5.3.7 ;

$$A_\ell = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta \\ = 0,185 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 840 \text{ mm} \cdot \frac{400}{400} \cdot \cot^2 45 \\ = 155,05 \text{ mm}^2$$

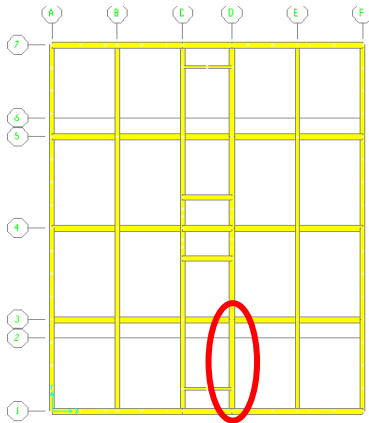
Maka digunakan tulangan longitudinal penahan torsi **2D10** dengan $A_s = 157,079 \text{ mm}^2$



Gambar 7. 30 Penulangan Balok Penggantung Lift

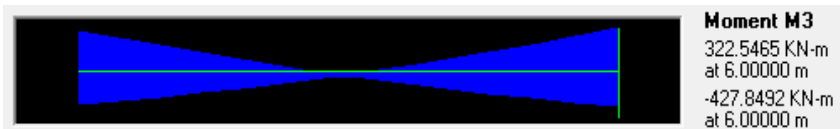
7.7. Perhitungan Balok Induk

Dari program bantu SAP dipilih frame sesuai ukuran balok yang ditinjau dengan nilai gaya dalam terbesar yang diambil dari hasil analisa SAP 2000 yaitu pada *frame* 39 dengan ukuran 35/60



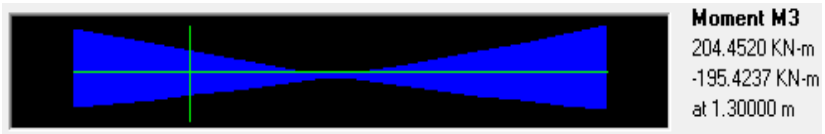
Gambar 7. 31 Balok Induk Yang Ditinjau

dapat diketahui gaya dalam yang terjadi pada balok tersebut dengan program bantu SAP dengan kombinasi terbesar *ENVELOPE*.



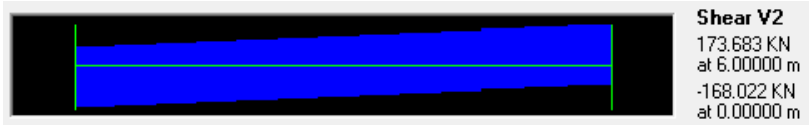
Gambar 7. 32 Diagram Momen Tumpuan Balok B2

$$M_{u,t} = 427,85 \text{ kN-m}$$



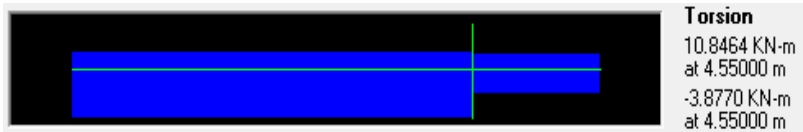
Gambar 7. 33 Diagram Momen Lapangan Balok B2

$$M_{u,\text{lapangan}} = 204,45 \text{ kN-m}$$



Gambar 7. 34 Diagram Geser Balok B2

$$V_u = 173,68 \text{ kN}$$



Gambar 7. 35 Diagram Torsi Balok B2

$$T_u = 10,85 \text{ kN-m}$$



Gambar 7. 36 Diagram Axial Balok B2

$$P_u = 26,1 \text{ kN}$$

Data perancangan balok sebagai berikut ;

$$L \text{ balok} = 6000 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi kolom} = 650 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$$

$$L_n = 5350 \text{ mm}$$

$$b \text{ balok} = 350 \text{ mm}$$

$$h \text{ balok} = 600 \text{ mm}$$

Mutu beton (f_c) = 35 Mpa

Mutu baja (f_y) = 400 Mpa

selimut beton (t) = 40 mm

D . lentur = 25 mm

D geser = 13 mm

$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-28}{7}\right) \cdot 0,05 = 0,8$

$\emptyset = 0,9$

Tabel 7. 2 Momen Balok Akibat Gaya Gempa

Kondisi	Lokasi tinjau	Arah goyangan	Momen (M_u) (kN.m)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	-427,85
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	322,55
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	-402,5
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	315,55
5	Lapangan	Kanan/Kiri	204,5

Cek Syarat Struktur Penahan Gempa

- Gaya aksial tekan terfaktor struktur maksimum = $0,1 A_g \cdot F_c'$
 $0,1 \times 350\text{mm} \times 600\text{mm} \times 35 \text{ Mpa} = 735 \text{ kN}$
 $P_u = 26,1 \text{ kN} < 0,1 A_g \cdot f_c' = 735 \text{ kN}$ (memenuhi)
- Bentang bersih komponen tidak kurang dari 4 kali tinggi efektifnya
 $L_n = 5350 \text{ mm}$

$$d = h \text{ balok} - t - d. \text{ sengkang} - (d. \text{lentur}/2)$$

$$= 600 - 40 - 13 - 25/2 = 534,5 \text{ mm}$$

$$4d = 4 \cdot 534,5 \text{ mm} = 2138 \text{ mm}$$

$$5350 \text{ mm} > 2138 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

- Lebar komponen tidak kurang dari 0,3 h dan 250mm

$$b_w = 350 \text{ mm}$$

$$0,3 h = 0,3 \times 600 = 180 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

7.7.1. Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

1. Kondisi 1 (Momen tumpuan kanan dengan momen negatif)

$$M_{nl} = \frac{Mu}{\phi} = \frac{427850000 \text{ Nmm}}{0,9} = 475388888,89 \text{ Nmm}$$

Jika diambil nilai $X_r \leq 0,75 X_b$ untuk mencari titik berat, maka ;

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 534,5 \text{ mm} = 320,7 \text{ mm}$$

$$X_r = 0,75 X_b = 0,75 \cdot 320,7 \text{ mm} = 240,53 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $X_r = 200$

$$A_{sc} = \frac{0,85 f_c' \beta_1 b X_r}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8 \cdot 350 \cdot 200}{400} = 4165 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{f_y} \right)$$

$$= 4165 \text{ mm}^2 \cdot 400 \cdot \left(534,5 - \frac{0,8 \cdot 200}{400} \right)$$

$$= 889810600 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n - M_{nc} &= 475388888,89 \text{ Nmm} - 889810600 \text{ Nmm} \\
 &= -414421711,11 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Karena nilai $M_n - M_{nc} = < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan maka digunakan perhitungan tulangan tunggal .

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{475388888,89 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \cdot (534,5 \text{ mm})^2} = 4,75$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\
 &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 4,75}{400}} \right\} = 0,013
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,013 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

maka ρ pakai = 0,013

$$\begin{aligned}
 A_s, \text{perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,013 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} \\
 &= 2431,975 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan **5 D 25**

$$A_s \text{ aktual} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (25\text{mm})^2 \cdot 5 = 2454,37 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pasang}$$

$$2431,975 \text{ mm}^2 < 2454,37 \text{ mm}^2, \text{ (memenuhi)}$$

Maka dipasang 2 lapis tulangan dengan 3 tulangan atas dan 2 tulangan bawah.

Cek jarak antar tulangan ;

$$s = \frac{b-2t-2 \text{ sengkang} -(n \times d.\text{lentur})}{n-1}$$

$$s = \frac{350-2.40-2.13-(3 \times 25)}{3-1} = 84,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

maka digunakan tulangan 2 lapis dengan konfigurasi tulangan atas 3 D 25 dan tulangan bawah 2 D 25

Cek batas jarak tulangan untuk membatasi retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $C_c = t+d \text{ sengkang} = 53 \text{ mm}$

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 400 \text{ Mpa}} \right) - 2,5 \cdot 53 \text{ mm} = 264,5 \text{ mm}$$

$$s = 84,5 \text{ mm} < 264,5 \text{ mm}, \text{ (memenuhi)}$$

2. Kondisi 2(Momen Tumpuan Kanan Dengan Momen Positif)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{322550000 \text{ Nmm}}{0,9} = 358388888,9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{358388888,9 \text{ Nmm}}{350\text{mm} \cdot (534,5\text{mm})^2} = 3,6$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 3,6}{400}} \right\} = 0,0095 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

0,0035 < 0,0095 < 0,027 (memenuhi)

maka ρ pakai = 0,0095

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0095 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} \\ &= 1791,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pada persyaratan SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.2 bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom

tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{2}$ kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$$A_{s \min} = \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ perlu tulangan negatif tumpuan kanan.}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \text{mm}^2 \cdot 2431,97 \text{ mm}^2 = 1215,9 \text{ mm}^2$$

Karena nilai $1791,63 \text{ mm}^2 > 1215,9 \text{ mm}^2$ maka dipakai nilai A_s perlu terbesar

Jadi dipakai tulangan **4 D 25** dengan A_s pakai = $1963,49 \text{ mm}^2$

Cek jarak antar tulangan ;

$$s = \frac{b-2t-2 \text{ sengkang} -(n \times d \text{ lentur})}{n-1}$$

$$s = \frac{350-2 \cdot 40-2 \cdot 13-(4 \times 25)}{4-1} = 48 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

Cek batas jarak tulangan untuk membatasi retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

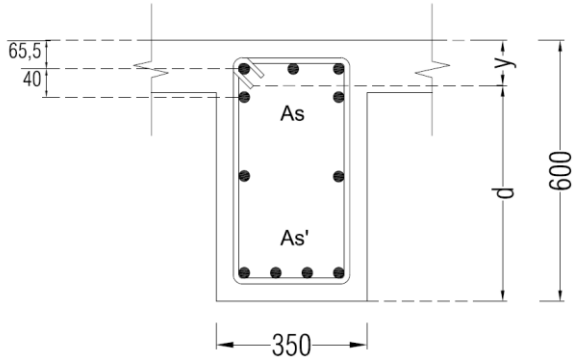
$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $C_c = t+d$ sengkang = 53 mm

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 400 \text{ Mpa}} \right) - 2,5 \cdot 53 \text{ mm} = 264,5 \text{ mm}$$

$$s = 84,5 \text{ mm} < 264,5 \text{ mm} , \text{ (memenuhi)}$$

Cek Kecukupan Momen Nominal Yang Tersedia Pada Tulangan 2 Lapis



Gambar 7. 37 Penulangan Tumpuan Balok B2

$$A_s = 5D 25 = 2454,37 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 4D 25 = 1963,49 \text{ mm}^2$$

$$t' = 65,5 \text{ mm}$$

$$y = \frac{3. 490,87 \text{ mm}^2. 65,5 \text{ mm} + 2. 490,87 \text{ mm}^2. 105,5 \text{ mm}}{5. 490,87 \text{ mm}^2}$$

$$= 81,5 \text{ mm}$$

$$d = 600 \text{ mm} - 81,5 \text{ mm} = 518,5 \text{ mm}$$

tulangan tekan leleh apabila;

$$\epsilon_{s'} \geq \frac{fy}{E_s}$$

$$c = \frac{(A_s - A_{s'}) \cdot fy}{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{(2454,37 \text{ mm}^2 - 1963,49 \text{ mm}^2) \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,8 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

$$= 25,57 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{0,003 \cdot (c - t')}{c} = \frac{0,003 \cdot (25,57 - 65,5)}{25,57} = 0,0053$$

$$\frac{f_y}{E_s} = \frac{400 \text{ Mpa}}{2 \cdot 10^5 \text{ Mpa}} = 0,002$$

maka ;

$$\varepsilon_s' = 0,005 \geq \frac{f_y}{E_s} = 0,002 ,$$

maka tulangan tekan dan tarik sama-sama leleh

$$a = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{(2454,37 \text{ mm}^2 - 1963,5 \text{ mm}^2) \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

$$= 18,857$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n1} = (A_s - A_s') \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$= (2454,37 \text{ mm}^2 - 1963,49 \text{ mm}^2) \cdot 400 \cdot (518,5 - \frac{18,857}{2})$$

$$= 99955946 \text{ Nmm}$$

$$M_{n2} = A_s' \cdot f_y \cdot (d - t')$$

$$= 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot (518,5 - 65,5)$$

$$= 407228948 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 99955946 \text{ Nmm} + 407228948 \text{ Nmm}$$

$$= 507184893 \text{ Nmm}$$

$$= 507,18 \text{ kNm}$$

$$M_u = 427,85 \text{ kNm (output SAP 2000)}$$

$$M_u = 427,85 \text{ kNm} < M_n = 507,18 \text{ kNm (OKE)}$$

Maka tulangan cukup untuk dipasang 2 lapis

3. Kondisi 3(Momen tumpuan kiri dengan momen negatif)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{402500000 \text{ Nmm}}{0,9} = 447222222,2 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} \cdot d = \frac{600}{600+400} \cdot 534,5 \text{ mm} = 320,7 \text{ mm}$$

$$X_r = 0,75 X_b = 0,75 \cdot 320,7 \text{ mm} = 240,53 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $X_r = 200$

$$A_{sc} = \frac{0,85 f_c' \beta_1 b X_r}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8 \cdot 350 \cdot 200}{400} = 4165 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{f_y} \right) \\ &= 4165 \text{ mm}^2 \cdot 400 \cdot \left(534,5 - \frac{0,8 \cdot 200}{400} \right) \\ &= 889810600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn-Mnc &= 447222222,2 \text{ Nmm} - 889810600 \text{ Nmm} \\ &= -442588377,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena nilai $Mn - Mnc = < 0$ maka tidak perlu tulangan tekan , maka digunakan perhitungan tulangan tunggal .

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{447222222,2 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \cdot (534,5 \text{ mm})^2} = 4,47$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 4,47}{400}} \right\} = 0,0121 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036\end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

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

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0121 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

maka ρ pakai = 0,0121

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0121 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}$$

$$= 2278,3 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan **5 D 25**

$$\text{As aktual} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 5 = 2454,37 \text{ mm}^2$$

$$\text{As perlu} < \text{As pasang}$$

$$2278,3 \text{ mm}^2 < 2454,37 \text{ mm}^2, \quad (\text{memenuhi})$$

Maka dipasang 2 lapis tulangan dengan 3 tulangan atas

Cek jarak antar tulangan ;

$$s = \frac{b - 2t - 2 \text{ sengkang} - (n \times d \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - (3 \times 25)}{3 - 1} = 84,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

maka digunakan tulangan 2 lapis dengan konfigurasi tulangan atas 3 D 25 dan tulangan bawah 2 D 25

Cek batas jarak tulangan untuk membatasi retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $C_c = t+d$ sengkang = 53 mm

$$\text{Syarat } (s) = 380 \cdot \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 400 \text{ Mpa}} \right) - 2,5 \cdot 53 \text{ mm} = 264,5 \text{ mm}$$

$$s = 84,5 \text{ mm} < 264,5 \text{ mm}, \text{ (memenuhi)}$$

4. Kondisi 4 (Momen tumpuan kiri dengan momen positif)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{315550000 \text{ Nmm}}{0,9} = 350611111,1 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{350611111,1 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \cdot (534,5 \text{ mm})^2} = 3,51$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\} \\ &= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 3,51}{400}} \right\} = 0,009 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

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

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,009 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

maka ρ pakai = 0,009

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,009 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} \\ &= 1722,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pada persyaratan SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.2 bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{2}$ kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$$\begin{aligned} \text{As}_{\min} &= \frac{1}{2} \cdot \text{As}_{\text{perlu}} \text{ tulangan negatif tumpuan kiri} \\ &= \frac{1}{2} \cdot \text{mm}^2 \cdot 2278,3 \text{ mm}^2 = 1139,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

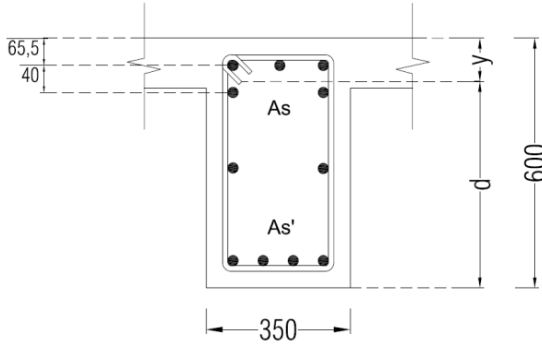
Karena nilai $1722,9 \text{ mm}^2 > 1139,15 \text{ mm}^2$ maka dipakai nilai As_{perlu} terbesar

Jadi dipakai tulangan **4 D 25** dengan $\text{As}_{\text{pakai}} = 1963,49 \text{ mm}^2$

Cek jarak antar tulangan ;

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2t - 2 \text{ sengkang} - (n \times d \cdot \text{lentur})}{n - 1} \\ s &= \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - (4 \times 25)}{4 - 1} = 48 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek Kecukupan Momen Nominal Yang Tersedia Pada Tulangan 2 Lapis



Gambar 7.38 Penulangan Tumpuan Balok B2

$$\begin{aligned}
 A_s &= 5D 25 = 2454,37 \text{ mm}^2 \\
 A_{s'} &= 4D 25 = 1963,49 \text{ mm}^2 \\
 t' &= 65,5 \text{ mm} \\
 y &= \frac{3 \cdot 490,87 \text{ mm}^2 \cdot 65,5 \text{ mm} + 2 \cdot 490,87 \text{ mm}^2 \cdot 105,5 \text{ mm}}{5 \cdot 490,87 \text{ mm}^2} \\
 &= 81,5 \text{ mm} \\
 d &= 600 \text{ mm} - 81,5 \text{ mm} = 518,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

tulangan tekan leleh apabila;

$$\epsilon_{s'} \geq \frac{f_y}{E_s}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{(A_s - A_{s'}) \cdot f_y}{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{(2454,37 \text{ mm}^2 - 1963,49 \text{ mm}^2) \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,8 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}} \\
 &= 25,57 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{0,003 \cdot (c - t')}{c} = \frac{0,003 \cdot (25,57 - 65,5)}{25,57} = 0,0053$$

$$\frac{f_y}{E_s} = \frac{400 \text{ Mpa}}{2 \cdot 10^5 \text{ Mpa}} = 0,002$$

maka ;

$$\varepsilon_s' = 0,005 \geq \frac{f_y}{E_s} = 0,002 ,$$

maka tulangan tekan dan tarik sama-sama leleh

$$a = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{(2454,37 \text{ mm}^2 - 1963,5 \text{ mm}^2) \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

$$= 18,857$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n1} = (A_s - A_s') \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= (2454,37 \text{ mm}^2 - 1963,49 \text{ mm}^2) \cdot 400 \cdot \left(518,5 - \frac{18,857}{2} \right)$$

$$= 99955946 \text{ Nmm}$$

$$M_{n2} = A_s' \cdot f_y \cdot (d - t')$$

$$= 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot (518,5 - 65,5)$$

$$= 407228948 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 99955946 \text{ Nmm} + 407228948 \text{ Nmm}$$

$$= 507184893 \text{ Nmm}$$

$$= 507,18 \text{ kNm}$$

$$M_u = 427,85 \text{ kNm (output SAP 2000)}$$

$$M_u = 427,85 \text{ kNm} < M_n = 507,18 \text{ kNm (OKE)}$$

Maka tulangan cukup untuk dipasang 2 lapis

5. Kondisi 5 (Momen Lapangan)

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{204500000 \text{ Nmm}}{0,9} = 227222222,2 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{227222222,2 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \cdot (534,5 \text{ mm})^2} = 2,3$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\}$$

$$= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 2,3}{400}} \right\} = 0,0059$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0059 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

maka ρ pakai = 0,0044

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0059 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}$$

$$= 1106,8 \text{ mm}^2$$

Pada persyaratan SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.2 bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesarnya.

$$\begin{aligned} A_{s \min} &= \frac{1}{4} \cdot A_s \text{ perlu tulangan terbesar} . \\ &= \frac{1}{4} \cdot \text{mm}^2 \cdot 2431,9 \text{ mm}^2 = 607,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan **3 D 25** dengan A_s pakai = 1472,6 mm^2

Untuk tulangan tekan daerah lapangann sesuai SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.1 mengahuruskan setidaknya ada 2 tulangan yang dibuat menerus pada kedua sisi atas dan bawah sehingga digunakan **2 D 25** .

Cek jarak antar tulangan ;

$$s = \frac{b-2t-2 \text{ sengkang} -(n \times d.\text{lentur})}{n-1}$$

$$s = \frac{350-2.40-2. 13-(3 \times 25)}{3-1} = 84,5 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$$

Cek batas jarak tulangan untuk membatasi retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.6.4

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5. C_c$$

C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik , maka $C_c = t+d$ sengkang = 53 mm

$$\text{Syarat } (s) = 380. \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 400 \text{ Mpa}} \right) - 2,5. 53 \text{ mm} = 264,5 \text{ mm}$$

$s = 84,5 \text{ mm} < 264,5 \text{ mm}$, (memenuhi)

7.7.2. Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Geser

1. Perhitungan Momen Kapasitas (*Probable moment capacities*/ M_{pr})

A. M_{pr} apabila struktur bergoyang ke kanan

(Kondisi 1)

$$\alpha_{pr_1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

$$= 117,85 \text{ mm}$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{\alpha_{pr_1}}{2} \right)$$

$$= 583614116,9 \text{ Nmm}$$

(Kondisi 4)

$$\alpha_{pr_4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

$$= 94,28 \text{ mm}$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{\alpha_{pr_4}}{2} \right)$$

$$= 478461864,4 \text{ Nmm}$$

B. M_{pr} apabila struktur bergoyang ke kiri

(Kondisi 2)

$$\alpha_{pr_2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

$$= 94,28 \text{ mm}$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{\alpha_{pr_1}}{2} \right)$$

$$= 478461864,4 \text{ Nmm}$$

(Kondisi 3)

$$\alpha_{pr_3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}}$$

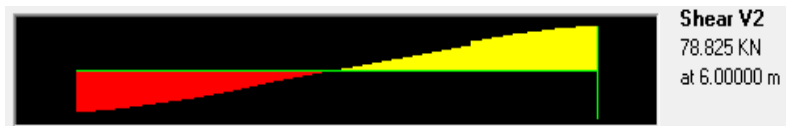
$$= 117,85 \text{ mm}$$

$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{\alpha_{pr_1}}{2} \right)$$

$$= 583614116,9 \text{ Nmm}$$

2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Sesuai SNI 2847 2013 gambar S.21.5.4 dalam mencari reaksi gaya geser pada ujung kiri dan ujung kanan balok. Untuk diagram gaya geser yang terjadi didapatkan dari hasil analisa SAP dengan kombinasi 1,2D+1L, seperti gambar dibawah



Gambar 7. 39 Diagram Geser Balok B2

Di dapatkan nilai $V_g = 78,825 \text{ kN} = 78825 \text{ N}$

$$\text{Maka } \omega u = \frac{V_g \cdot 2}{ln} = \frac{78,825 \text{ kN} \cdot 2}{5,35 \text{ m}} = 29,47 \text{ kN/m}$$

A. Menghitung gaya geser akibat goyangan struktur ke kiri

$$V_{sway} = \frac{Mpr_2 + Mpr_3}{Ln}$$

$$= \frac{478461864,4 \text{ Nmm} + 583614116,9 \text{ Nmm}}{5350 \text{ mm}}$$

$$V_{sway} = 198518,875 \text{ N}$$

Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok

$$\text{Reaksi} = Vg \pm V_{sway}$$

$$\text{Reaksi di kanan} = 78825 \text{ N} + 198518,875 \text{ N}$$

$$= 277343,87 \text{ N}$$

$$\text{Reaksi di kiri} = 78825 \text{ N} - 198518,875 \text{ N}$$

$$= -119693,875 \text{ N}$$

B. Menghitung gaya geser akibat goyangan struktur ke kanan

$$V_{sway} = \frac{Mpr_2 + Mpr_3}{Ln}$$

$$= \frac{478461864,4 \text{ Nmm} + 583614116,9 \text{ Nmm}}{5350 \text{ mm}}$$

$$V_{sway} = 198518,875 \text{ N}$$

Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok

$$\text{Reaksi} = Vg \pm V_{sway}$$

$$\text{Reaksi di kiri} = 78825 \text{ N} + 198518,875 \text{ N}$$

$$= 277343,87 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\text{Reaksi di kanan} &= 78825 \text{ N} - 198518,875 \text{ N} \\ &= -119693,875 \text{ N}\end{aligned}$$

3. Perhitungan Kebutuhan Sengkang

Pada SNI 2847 2013 pasal 21.5.4.2, mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser yaitu $V_c=0$ pada sendi plastis apabila :

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u disepanjang bentang.

Tabel 7.3 V_{sway} Balok Akibat Gempa

Arah Gempa	V_{sway}	Reaksi Tumpuan Kiri		Reaksi Tumpuan Kanan		Cek Syarat
		V_u	$0,5 V_u$	V_u	$0,5 V_u$	
		N	kN	kN	kN	kN
Kiri	198518,86	277343,87	124804,74	-119693,87	59846,94	OKE
Kanan	198518,86	-119693,87	-59846,94	277343,87	119693,87	OKE

- Gaya aksial tekan terfaktor $< \frac{A_g \cdot f_c'}{20} = 367,5 \text{ kN}$
 $P_u = 26,1 \text{ kN} < 367,5 \text{ kN}$ (memenuhi)
 Maka dikarenakan kedua syarat tersebut terpenuhi nilai $V_c = 0$

A. Muka Kolom Kiri

Diambil nilai V_u terbesar = 277343,87 N

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{277343,87 \text{ Nmm}}{0,75} - 0 = 369791,83 \text{ N}$$

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 11.4.7.9 nilai maksimum dari V_s dapat ditentukan ;

$$V_{s \max} = 2/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 737833,75 \text{ N}$$

$$V_s = 369791,83 \text{ N} < V_{s \max} = 737833,75 \text{ N (memenuhi)}$$

Bila digunakan sengkang D13 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}}{369791,83 \text{ N}} = 153,48 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum menurut SNI 03 2847 pasal 21.5.3.2 adalah :

$$d/4 = 534,5 \text{ mm} / 4 = 133,63 \text{ mm}$$

$$6 \cdot db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$s \leq 150 \text{ mm}$$

maka dari nilai s diatas diambil yang terkecil

pakai sengkang **2 kaki D13 – 120** sepanjang sejarak $2 \cdot h = 2 \cdot 600 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$ dari muka kolom tumpuan kiri dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

B. Muka Kolom Kanan

Diambil nilai V_u terbesar = 304838,14 N

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{277343,87 \text{ Nmm}}{0,75} - 0 = 369791,83 \text{ N}$$

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 11.4.7.9 nilai maksimum dari V_s dapat ditentukan ;

$$V_{s \max} = 2/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 737833,75 \text{ N}$$

$$V_s = 369791,83 \text{ N} < V_{s \max} = 737833,75 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Bila digunakan sengkang D13 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}}{369791,83 \text{ N}}$$

$$= 153,48 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum menurut SNI 03 2847 pasal 21.5.3.2 adalah :

$$d/4 = 534,5 \text{ mm} / 4 = 133,63 \text{ mm}$$

$$6 \cdot db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$s \leq 150 \text{ mm}$$

maka dari nilai s diatas diambil yang terkecil pakai sengkang **2 kaki D13 – 120** sepanjang sejarak $2 \cdot h = 2 \cdot 600 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$ dari muka kolom tumpuan kanan dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

C. Ujung Zona Sendi Plastis (Lapangan)

Gaya geser maksimum pada ujung zona sendi plastis yaitu sejarak $2 \cdot h = 1200 \text{ mm}$ dari muka kolom adalah sebesar $277343,87 \text{ N} - (2 \cdot h \cdot \omega u)$

$$\begin{aligned} V_u &= 277,34 \text{ kN} - (1,2 \text{ m} \cdot 29,47 \text{ kN/m}) \\ &= 241,98 \text{ kN} = 241983,13 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} \\ &= 184453,43 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{241983,13 \text{ N}}{0,75} - 184453,43 \text{ N} \\ &= 138185,73 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 11.4.7.9 nilai maksimum dari V_s dapat ditentukan ;

$$\begin{aligned} V_{s \text{ max}} &= 2/3 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\ &= 737833,75 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = 138185,73 \text{ N} < V_{s \text{ max}} = 737833,75 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

Bila digunakan sengkang D13 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}}{138185,73 \text{ N}} \\ &= 410,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat spasi maksimum menurut SNI 03 2847 pasal 21.5.3.2 adalah :

$$d/2 = 267,25 \text{ mm}$$

$$6 \cdot I = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$s \leq 150 \text{ mm}$$

pakai sengkang **2 kaki D13 – 150** sepanjang zona sendi plastis/lapangan

7.7.3. Perhitungan Tulangan Torsi

Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 11.5.3.1.

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f'c'}\right)$$

dimana untuk gaya yang terjadi (Tu maks) adalah

$$Tu = 10,85 \text{ kN-m} = 10850000 \text{ Nmm (hasil analisa SAP)}$$

$$Vu = 173,7 \text{ kN} = 173700 \text{ N}$$

$$Vc = 1/6 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} \\ = 184453,43 \text{ N} = 184,46 \text{ kN}$$

$$bh = b - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 350 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 13 = 257 \text{ mm}^2$$

$$hh = h - 2 \cdot t - d \text{ sengkang} = 600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 - 13 = 507 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang yang dibatasi oleh sengkang adalah ;

$$Ph = 2 \times (bh + hh) = 2 \times (257 \text{ mm} + 507 \text{ mm}) = 1528 \text{ mm}$$

Luas penampang yang dibatasi oleh sengkang

$$A_{oh} = bh \times hh = 257 \text{ mm} \times 507 \text{ mm} = 130299 \text{ mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{173700 \text{ N}}{350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{10850000 \text{ Nmm} \cdot 1528 \text{ mm}}{1,7 \cdot (130299 \text{ mm}^2)^2}\right)^2} = 1,19 \text{ Mpa}$$

$$0,75 \left(\frac{184453,43 \text{ N}}{350 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm}} + 0,66 \cdot \sqrt{35}\right) = 3,67 \text{ Mpa}$$

Karena nilai $1,19 \text{ Mpa} < 3,67 \text{ Mpa}$ maka penampang kuat menahan torsi terfaktor

Periksa persyaratan pengaruh puntir sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.5.1 , yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan bila

$$T_u \leq T_u \text{ min}$$

$$T_u \leq \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

dimana ;

A_{cp} = luas penampang keseluruhan

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (untuk beton normal)

\emptyset = 0,75 (faktor reduksi beban torsi)

$$A_{cp} = 350 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 210000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (350 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) = 1900 \text{ mm}$$

$$T_u \text{ min} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \left(\frac{210000 \text{ mm}^2}{1900} \right)$$

$$= 8547879,01 \text{ Nmm}$$

$$10850000 \text{ Nmm} > 8547879,01 \text{ Nmm}$$

(Maka penampang perlu Torsi)

A. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal penahan torsi

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 130299 \text{ mm}^2$$

$$= 110754,2 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{2 \cdot \emptyset \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot 45} = \frac{10850000 \text{ Nmm}}{2 \cdot 0,75 \cdot 110754,2 \text{ mm} \cdot 2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \cot 45}$$

$$= 0,163 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

1. Pada daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{369791,83 \text{ N}}{400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}} = 1,73 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 1,73 + (2 \cdot 0,163) = 2,056 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka untuk sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2D13-120** dengan $A_{vt/s}$ pakai = 2,21 mm²/mm

2. Pada daerah lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{138185,73 \text{ N}}{400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}} = 0,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \cdot \frac{A_t}{s} = 0,65 + (2 \cdot 0,163) = 0,973 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka untuk sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2D13-150** dengan $A_{vt/s}$ pakai = 1,77 mm²/mm

B. Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

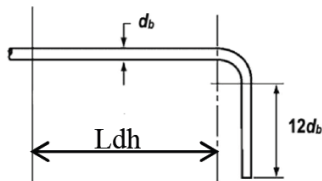
Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 11.5.3.7 ;

$$\begin{aligned} A_\ell &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta \\ &= 0,163 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot 1528 \text{ mm} \cdot \frac{400}{400} \cdot \cot^2 45 \\ &= 249,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan torsi **2 D 25** dengan $A_s = 981,75 \text{ mm}^2$

C. Panjang Penyaluran Tulangan

1. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik



Gambar 7. 40 Panjang Kait

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.7.5.1 nilai ldh harus ;

$$Ldh = \frac{fy \cdot db}{5,4 \cdot \sqrt{Fc'}}$$

$$Ldh = \frac{400Mpa \cdot 25mm}{5,4 \cdot \sqrt{35Mpa}} = 313 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $ldh = 350 \text{ mm}$

2. Panjang tulangan tekan berkait

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 12.3.2

$$ldh = \left[\frac{0,24 \cdot 1 \cdot Fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right] \cdot db$$

$$= \left[\frac{0,24 \cdot 1 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1 \cdot \sqrt{35Mpa}} \right] \cdot 25 \text{ mm} = 405,6 \text{ mm} \approx 410 \text{ mm}$$

3. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

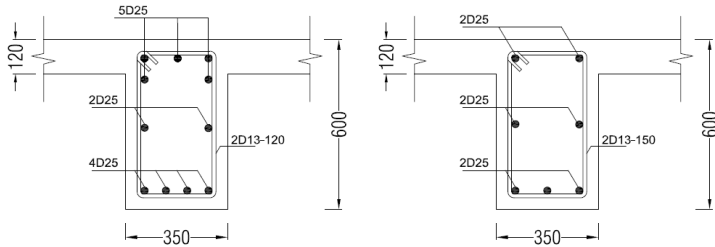
Untuk panjang penyaluran tulangan D25 yang dibuat kontinu atau menerus nilai ld , diambil dari yang terbesar dari nilai berikut berdasarkan SNI d 03-2847-2013 Pasal 12.2.2

Diketahui nilai:

$$\begin{aligned} \psi_t &= 1 & \lambda &= 1,0 \\ \psi_e &= 1,0 & \psi_s &= 1,0 \\ d_b &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$ld = \left(\frac{fy \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right) \cdot d_b$$

$$ld = \left(\frac{400Mpa \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35Mpa}} \right) \cdot 25mm = 994,29 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$



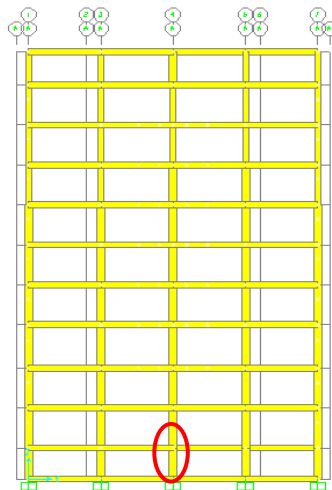
TUMPUAN

LAPANGAN

Gambar 7. 41 Penulangan Balok Induk

7.8. Perhitungan Struktur Kolom

Pada perhitungan struktur kolom dalam sub bab ini , kolom yang di desain merupakan kolom utama yang mengalami gaya aksial terbesar dari hasil analisa SAP 2000



Gambar 7. 42 Kolom Yang Ditinjau

Data perancangan kolom sebagai berikut ;

h kolom = 3600 mm

Dimensi kolom = 650 mm x 650 mm

Mutu beton (F_c) = 35 Mpa

Mutu baja (F_y) = 400 Mpa

selimut beton (t) = 40 mm

\emptyset tul. lentur = 25 mm

\emptyset tul. geser = 13 mm

Dari program analisa SAP 2000 didapatkan gaya aksial yang terjadi pada kolom desain dengan kombinasi terbesar yaitu *ENVELOPE*.



Gambar 7. 43 Diagram Axial Kolom Tinjau

P_u kolom bawah = 4609,05 kN



Gambar 7. 44 Diagram Axial Kolom Bawah

P_u kolom atas = 4164,78 kN

Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

- Gaya aksial terfaktor kolom maksimum harus melebihi $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$ sesuai ketentuan SNI 2847 2013 pasal 21.6.1

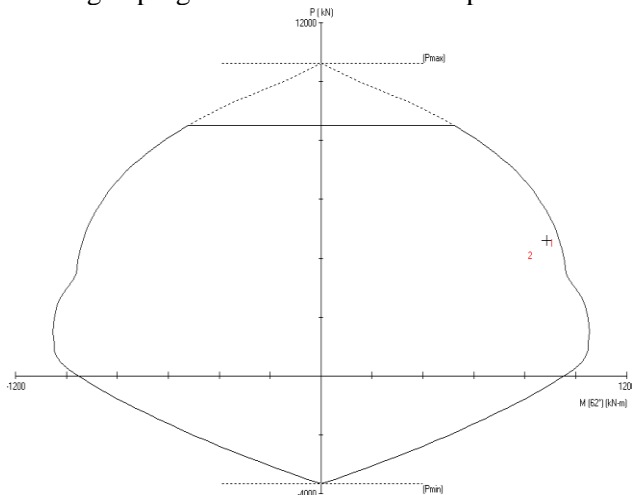
$$\frac{(650\text{mm} \times 650\text{mm}) \cdot 35\text{Mpa}}{10} = \frac{1478750 \text{ N}}{10} = 147875 \text{ kg}$$

$$P_u = 460905 \text{ kg} > 147875 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

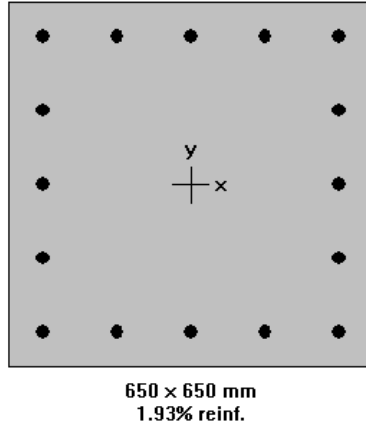
- Sisi penampang terpendek kolom tidak kurang dari 300mm.
Sisi terpendek kolom = 450 mm > 300 mm (memenuhi)
- Rasio lebar dan tinggi kolom tidak kurang dari 0,4
 $\frac{650 \text{ mm}}{650 \text{ mm}} = 1 > 0,4$ (memenuhi)

7.8.1 Perhitungan tulangan longitudinal penahan lentur

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.6.3.1 dimana luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari $0,01A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang maka dipakai program bantu PCA Column. Dan setelah dilakukan analisa dengan program bantu tersebut didapatkan :



Gambar 7. 45 Diagram interaksi P-M pada PCACol



Gambar 7. 46 Konfigurasi Penulangan Kolom Pada Pccol

Dari hasil analisa dengan PCA Col dengan memasukan gaya-gaya yang terjadi pada kolom didapatkan hasil konfigurasi tulangan longitudinal penahan lentur **16 D 25** dengan $\rho = 1,93 \% = 0,0193$, maka nilai $0,01 < \rho < 0,06$ telah terpenuhi.

Cek Syarat *Strong Column Weak Beam*

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 21.6.2.2 kekuatan kolom harus memenuhi nilai $\Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_b$, dimana ;

$$\begin{aligned} \Sigma M_c &= \text{jumlah Mn dua kolom yang bertemu di join} \\ \Sigma M_b &= \text{jumlah Mn dua balok yang bertemu di join} \end{aligned}$$

1. Menentukan nilai ΣM_b

$$A_s \text{ tulangan lentur atas balok} = 2454,37 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tulangan lentur bawah balok} = 1963,49 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ balok} = 534,5 \text{ mm}$$

Menentukan M_{nb}^+ dan M_{nb}^- :

$$\alpha^+ = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}} = 94,28 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb}^+ &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2}\right) \\ &= 0,75 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(534,5 \text{ mm} - \frac{94,28 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 430615677,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\alpha^- = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 350 \text{ mm}} = 75,43 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb}^- &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2}\right) \\ &= 0,75 \cdot 1963,49 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(534,5 \text{ mm} - \frac{75,43 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 351157191,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nb} &= M_{nb}^+ + M_{nb}^- \\ &= 781772869,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,2 \Sigma M_{nb} &= 1,2 \cdot 781772869,1 \text{ Nmm} \\ &= 938127442,9 \text{ Nmm} = 938,13 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai ΣM_c

Untuk menentukan nilai M_{nc} maka digunakan program bantu PCA Col untuk mendapatkan diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah . Dimana nilai Aksial kolom atas dengan kolom bawahnya sebagai berikut;

$$P_u \text{ atas} = 4164,78 \text{ kN}$$

$$P_u \text{ bawah} = 4609,05 \text{ kN}$$

Dari diagram interaksi antar kolom atas dengan bawah didapatkan nilai M_{nc} :

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	4608.0	0.0	0.0	961.9	0.0	999.999
2	4164.0	0.0	0.0	990.6	0.0	999.999

*** Program completed as requested! ***

Gambar 7. 47 Output Diagram Interaksi P-M Kolm
Desain

Dari hasil analisa diatas makan didapatkan :

$$M_{nc} \text{ kolom design} = 961,9 \text{ kNm}$$

$$M_{nc} \text{ kolom atas} = 990,6 \text{ kNm}$$

$$\text{Maka } \Sigma M_{nc} = 961,9 \text{ kNm} + 990,6 \text{ kNm} = 1952,5 \text{ kNm}$$

$$\text{Syarat ; } \Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_b$$

$$1952,5 \text{ kNm} > 938,13 \text{ kNm (memenuhi)}$$

7.8.2 Perhitungan Tulangan Transversal Sebagai Confinement

1. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi(hoop). Tulangan hoop diperlukan sepanjang L_o dari ujung-ujung kolom , dengan L_o merupakan nilai terbesar dari ;

- Tinggi komponen struktur pada muka *join*, $h = 650 \text{ mm}$
- $1/6 L_n$ struktur = $1/6 \cdot 3050 \text{ mm} = 508,33 \text{ mm}$
- 450 mm

Maka dari nilai diatas dipilih $L_o = 650 \text{ mm}$

2. Tentukan spasi maksimum hoop , s_{max} pada daerah sepanjang L_o dari ujung kolom. Nilai s_{max} merupakan nilai terbesar dari ;

- $\frac{1}{4}$ dimensi minimum = $\frac{1}{4} \cdot h = 162,5$ mm
- $6 \cdot db = 6 \cdot 25$ mm = 150 mm
- Nilai $S_o = 100 + \frac{350 - 0,5hx}{3}$
 $hx = (650\text{mm} - 2 \cdot 40\text{ mm} - 2 \cdot 25\text{mm}) / 3 = 363,33$ mm
 $S_o = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 363,33}{3} = 95,56$
 Namun tidak perlu diambil kurang dari 100 mm
 Maka $S_o = 100$ mm
 Maka diambil $S_{max} = 100$ mm

3. Penentuan Luas Tulangan Confinement

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.6.4.4. untuk daerah sepanjang L_o dari ujung-ujung kolom total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara :

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot bc \cdot fc'}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot fc'}{f_{yt}}$$

$$\begin{aligned} bc &= \text{lebar penampang inti beton yang terkekang} \\ &= bw - 2x(t + 0,5db) \\ &= 650 \text{ mm} - 2 \cdot (40\text{mm} + 12,5\text{mm}) = 545 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= \text{luas penampang inti beton} \\ &= (bw - 2 \cdot t) \times (bw - 2 \cdot t) = (650\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm})^2 \\ &= 324900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga A_{sh1} ;

$$\begin{aligned} A_{sh1} &= 0,3 \cdot \left(\frac{100\text{mm} \cdot 545\text{mm} \cdot 35}{400\text{Mpa}} \right) \cdot \left(\frac{422500\text{mm}^2}{324900\text{mm}^2} - 1 \right) \\ &= 537\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100\text{mm} \cdot 545\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} = 536 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai $A_{sh} = 537\text{mm}^2$

Digunakan sengkang(hoop) **5 kaki D13** sepanjang L_o

$$\text{Ash pakai} = 5 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 = 663,66 \text{ mm}^2$$

Sehingga untuk daerah sejarak L_o dari muka kolom menggunakan tulangan hoop **5 kaki D13**. Berdasarkan SNI 3847 2013 pasal 21.6.4.5 untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom (tinggi kolom total dikurangi L_o di masing-masing ujung kolom) diberi hoops dengan spasi minimum yaitu ;

- 6. $db = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka dipakai $s = 150 \text{ mm}$ diluar panjang L_o

7.8.3 Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.6.5.1 gaya geser desain yang digunakan tidak perlu lebih besar dari nilai berikut

1. Hitung nilai V_{sway}

$$V_{sway} = \frac{M_{pr} \text{ b.atas} \cdot DF_{atas} + M_{pr} \text{ b.bawah} \cdot h \cdot DF_{bawah} \cdot h}{l_n}$$

DF = Faktor distribusi momen bagian atas dan bawah kolom desain (0,5)

M_{pr} = penjumlahan M_{pr} untuk masing-masing balok lantai atas dan lantai bawah di muka kolom interior.

Namun V diatas tidak perlu melebihi V_u analisa struktur

$$\begin{aligned} V_{sway} &= \frac{1062075981 \text{ N} \cdot 0,5 + 1062075981 \text{ N} \cdot 0,5}{3000 \text{ mm}} \\ &= 354025,33 \text{ N} = 354,03 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tidak boleh lebih kecil dari V_u hasil analisa struktur

$$V_u = 288,1 \text{ kN} < 354,03 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

Maka pakai nilai $V_u = 354,03 \text{ kN}$

2. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c
Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.6.5.2 kontribusi beton akan diabaikan apabila ;

- $V_e > \frac{1}{2} V = 354,03 \text{ kN} > \frac{288,1 \text{ kN}}{2}$ (memenuhi)

- $P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{10} = 4609050 \text{ N} < \frac{650 \text{ mm} \cdot 650 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{10}$

$$4609050 \text{ N} > 1476750 \text{ N} \text{ (tidak memenuhi)}$$

Karena ada yang tidak memenuhi maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan.

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{35} \cdot 650 \text{ mm} \cdot 584,5 \text{ mm} = 366920,2 \text{ N}$$

3. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{354,03 \text{ kN}}{0,75} = 472,03 \text{ kN}$$

$$\frac{V_c}{2} = \frac{366,92 \text{ kN}}{2} = 183,46 \text{ kN}$$

Karena nilai $\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2}$, maka memerlukan tulangan geser

Pengecekan kecukupan pasang tulangan geser minimum

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{354,03 \text{ kN}}{0,75} = 472,03 \text{ kN}$$

$$V_c + 1/3 \cdot bw \cdot d = 490,96 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} < \frac{1}{3} \cdot bw \cdot d, \text{ maka diperlukan tulangan geser minimum}$$

Karena sebelumnya telah dipasang tulangan *confinement* 5 kaki D13-100

$$A_v \text{ min} = \frac{bw \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{650 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}}{3 \cdot 400 \text{ Mpa}} = 54,17 \text{ mm}^2$$

Maka $A_{sh} > A_v \text{ min}$ (memenuhi)

Untuk daerah L_o SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.2 memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja ;

$$0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c}, bw \cdot d$$

$$P_u/N_u \text{ analisa SAP} = 4609048 \text{ N}$$

$$0,17 \cdot \left(1 + \frac{4609048}{5915000 \text{ mm}^2}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 584,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 679843,4 \text{ N} = 679,8 \text{ kN}$$

Karena nilai $\frac{V_u}{\phi} < V_c$, maka tulangan geser tidak diperlukan untuk bentang tersebut. Sehingga digunakan hasil perhitungan tulangan confinement saja yaitu **5 kaki D 13 - 100**.

7.8.4 Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong sambungan kelas B dengan panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3 ld$. Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 12.2.2 dimana $ld = 48 db$.

Diketahui nilai $db = 25 \text{ mm}$

Maka $48 db = 48 \cdot 25 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$

$1,3 \cdot ld = 1,3 \cdot 1200 \text{ mm} = 1560 \text{ mm}$

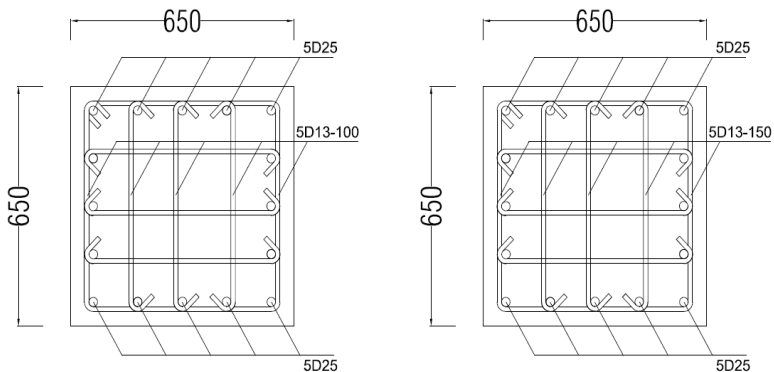
Namun berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 12.17.2.4 nilai ld diatas dapat direduksi dengan dikalikan 0,083 jika confinement sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari 0,0015. $h \times s$.

$0,0015 \cdot h \times s = 0,0015 \cdot 650 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 146,25 \text{ mm}^2$

Luas confinement = $663,6 \text{ mm}^2$

Maka $lap \text{ splices}$ menjadi $= 0,83 \times 1560 \text{ mm} = 1295 \text{ mm}$

Diambil panjang $lap \text{ splices} = 1300 \text{ mm}$



Gambar 7. 48 Detail Penulangan Kolom K1

7.9. Hubungan Balok Kolom (HBK)

Pada desain hubungan balok kolom yang ditinjau merupakan hasil analisa komponen struktur yang ditinjau sebelumnya.

1. Syarat panjang joint

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 21.7.2.3, dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar .

$$b \text{ kolom} = h \text{ kolom} = 650 \text{ mm}$$

$$20. db = 20. 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm}$$

Maka syarat panjang joint memenuhi

2. Menentukan Luas efektif *joint* A_j

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.7.4.1 A_j merupakan perkalian tinggi *joint* dengan lebar *joint* efektif

$$b_w \text{ balok} = 350 \text{ mm}$$

$$h \text{ kolom} = 650 \text{ mm}$$

$$x = (650 \text{ mm} - 350 \text{ mm}) / 2 = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi } joint = \text{tinggi keseluruhan kolom} = 650 \text{ mm}$$

Lebar efektif joint merupakan nilai terkecil dari ;

$$b + h = 350 \text{ mm} + 650 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$$

$$b + 2.x = 350 \text{ mm} + 2. 150 \text{ mm} = 650 \text{ mm}$$

maka lebar efektif joint = 650 mm

$$A_j = 650 \text{ mm} \times 650 \text{ mm} = 422500 \text{ mm}^2$$

3. Hitung tulangan transversal untuk confinement

Jumlah tulangan untuk joint interior setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Dan berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.7.3.2 spesi tulangan vertikal diizinkan diperbesar hingga 150 mm.

$$\frac{A_{sh}}{s} \text{ joint} = 0,5 \cdot \frac{A_{sh}}{s} \text{ kolom} = 0,5 \cdot \frac{537,2 \text{ mm}^2}{100 \text{ mm}} = 2,69 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 2,69 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} = 403 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 4 kaki D 13 dengan $A_v = 530,09 \text{ mm}^2$

4. Hitung gaya geser pada joint

Hitung nilai M_e ;

Balok yang masuk pada joint memiliki nilai ;

$$M_{pr+} = 583,61 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr-} = 478,46 \text{ kN.m}$$

Karena nilai kekuan kolom atas dengan bawahnya sama, maka nilai $DF = 0,5$

$$M_e = 0,5 \cdot (583,61 \text{ kN.m} + 478,46 \text{ kN.m}) = 531,04 \text{ kNm}$$

Hitung geser pada kolom atas

$$V_{sway} = \frac{M_e + M_e}{l_n} = \frac{531,04 \text{ kNm} + 531,04 \text{ kNm}}{3} = 354 \text{ kN}$$

Menghitung gaya pada tulangan longitudinal ;

- Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri
Terdapat tul tarik 5 D 25 , $A_s = 2454 \text{ mm}^2$
 $T_l = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y = 1,25 \cdot 2454 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$
 $= 1227184,6 = 1227 \text{ N kN}$

- Gaya tekan yang bekerja ke arah kiri
 $C_1 = T_1$
 $C_1 = 2013 \text{ kN}$
- Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan
 Terdapat tul tarik 5 D 25 , $A_s = 2454 \text{ mm}^2$
 $T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot F_y = 1,25 \cdot 2454 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$
 $= 1227184,6 = 1227 \text{ N kN}$
- Gaya tekan yang bekerja ke arah kanan
 $C_2 = T_1$
 $C_2 = 2013 \text{ kN}$

Maka gaya geser pada joint

$$V_j = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$V_j = 354 - 1227 \text{ kN} - 1227 \text{ kN}$$

$$V_j = 2100,34 \text{ kN}$$

5. Cek kuat geser *joint*

Berdasarkan SNI 03 2847 2013 pasal 21.7.4.1 untuk kuat geser joint yang dikekang adalah ;

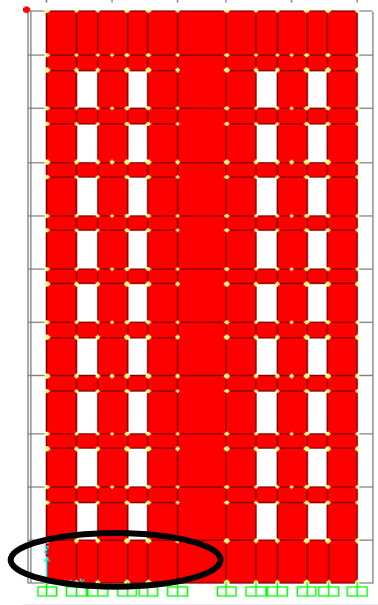
$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j = 1,7 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 422500 \text{ mm}^2$$

$$= 4249224,3 \text{ N} = 4249 \text{ kN}$$

Maka $V_n > V_j = 4249 \text{ kN} > 2100,34 \text{ kN}$ (memenuhi)

7.10. Perhitungan Struktur Dinding Geser (*Shearwall*)

Pada bangunan terdapat beberapa opening pada *Shearwall* yang difungsikan sebagai jendela. Pada perhitungan sub bab ini *Shearwall* yang ditinjau adalah *Shearwall* pada lantai paling bawah.



Gambar 7. 49 *Shearwall* Yang Ditinjau

Data Perencanaan

Tebal dinding	= 300 mm
Panjang badan	= 7450 mm
Tinggi total dinding	= 38.500 mm
Selimut beton	= 40 mm
Mutu beton F_c'	= 35 Mpa
Mutu baja F_y	= 400 Mpa

Tul. longitudinal pakai = D16

Tul. geser pakai = D16

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada *shearwall* (kombinasi *ENVELOPE*) dengan melakukan section cut pada dasar dinding, sebagai berikut:

Tabel 7. 4 Hasil Analisa Sap 2000 V.14 Pada *SCUT*

TABLE: Section Cut Forces - Design							
SectionCut	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SW SB	ENVELOPE	11773	1669.2	104.35	425.42	-256.2	13812
SW SB	ENVELOPE	3995.5	-487	-112.1	-107.23	260.1	-1097.

Didapatkan dari tabel diatas yaitu:

$$P_u = 11.773 \text{ kN}$$

$$V_u = 1669,15 \text{ kN}$$

$$M_u = 13812 \text{ kN-m}$$

7.10.1 Kontrol Ketebalan Terhadap Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh melebihi:

$$0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'}$$

Dimana:

A_{cw} = Luas penampang dinding yang ditinjau

$$\begin{aligned}
 &= \text{tebal dinding} \times (0,8 \text{ panjang badan}) \\
 &= 300 \text{ mm} \times 0,8 \times 7450 \text{ mm} = 1.788.000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'} &= 0,83 \cdot 1.788.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \\
 8779699 \text{ N} &= 8779,69 \text{ kN} > 1669,15 \text{ kN (OK!)}
 \end{aligned}$$

Maka, ketebalan *shearwall* mampu untuk menahan geser

7.10.2 Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

1. Rasio tulangan minimum

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.1, apabila ;

$V_u > 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka ρ_{min} tulangan horizontal dan vertikal adalah 0,0025.

$$\begin{aligned}
 A_{cv} &= \text{panjang badan} \times \text{tebal dinding} \\
 &= 7450 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} = 2.235.000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$\begin{aligned}
 0,083 \cdot 1 \cdot 2.235.000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} &= 1097462 \text{ N} = 1097,5 \text{ kN} \\
 1097,5 \text{ kN} &< 1669,15 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena nilai $V_u > 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$, maka untuk nilai $\rho_{min} = 0,0025$

2. Cek kebutuhan lapis tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.2, Apabila

$$\begin{aligned}
 V_u > 0,17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'} &, \text{ maka dibutuhkan 2 lapis tulangan.} \\
 = 0,17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'} &= 0,17 \cdot 2.235.000 \text{ mm}^2 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \\
 = 2247815 \text{ N} &= 2247,8 \text{ kN} > 1669,15 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena nilai $V_u < 0,17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'}$ maka perlu satu lapis tulangan.

3. Perhitungan tulangan longitudinal dan transversal

Luas minimal tulangan per meter panjang:

$$A_{min} = 300 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 300.000 \text{ mm}^2$$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal:

$$A_{s \text{ min}} = 0,0025 \cdot 300.000 \text{ mm}^2 = 750 \text{ mm}^2/\text{m} = 0,75 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Apabila dicoba pakai tulangan 2 kaki D16 ;

$$A_s = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \right) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{A_s}{A_{s \text{ min}}} = \frac{402,12 \text{ mm}^2}{0,75 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 536,1 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan **2D16 – 250** pada arah horizontal dan vertikal

7.10.3 Kuat Geser Dinding Struktural

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.1, kuat geser nominal dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_n = A_c v \left(\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + \rho_t \cdot f_y \right)$$

Dimana:

$$\alpha_c = 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2,0$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjangan dinding}} = \frac{38500 \text{ mm}}{7450 \text{ mm}} = 5,1$$

Karena nilai $h_w/l_w > 2,0$ maka $\alpha_c = 0,17$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi **2D16-250**. Rasio tulangan transversal terpasang adalah:

$$\rho_t = \frac{A_s}{s \cdot t} = \frac{402,12 \text{ mm}^2}{250 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}} = 0,0054 > 0,0025 \text{ (OK!)}$$

Menghitung kuat geser nominal pada dinding:

$$V_n = 2.235.000 \text{ mm}^2 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} + 0,0054 \cdot 400\text{Mpa})$$

$$V_n = 5632904,7 \text{ N} = 5632,9 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n = 0,75 \times 5632,9 \text{ kN} = 4224,67 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_u = 1669,15 \text{ kN} < \emptyset V_n = 4224,67 \text{ kN}$ (OK)

Maka dinding cukup kuat menahan geser.

Namun, pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal maksimum yang terjadi dibatasi yakni sebesar:

$$V_n \text{ maks} = 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'} = 0,83 \cdot 1.788.000 \text{ mm}^2 \sqrt{35\text{Mpa}}$$

$$V_n \text{ maks} = 8779699,04 \text{ N} = 8779,69 \text{ kN}$$

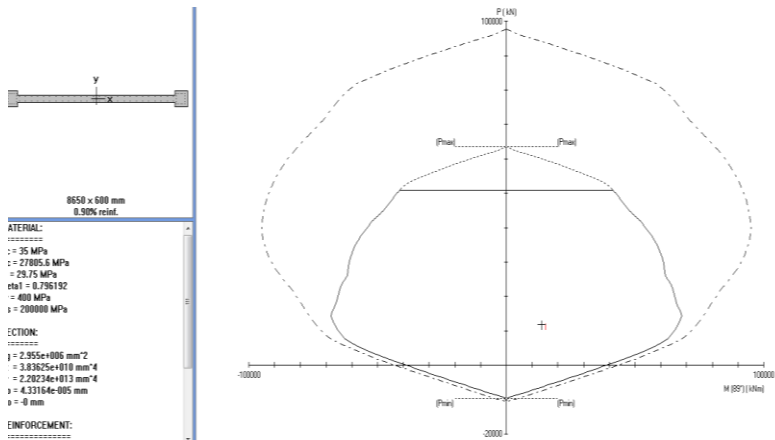
Karena $\emptyset V_n < V_n\text{-maks}$, maka dipakai yang terkecil yakni = 4224,67 kN

7.10.4 Perencanaan Dinding terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Kuat lentur dinding struktur diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu SPColoumn. Gaya gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yakni:

$$P_u = 11.773 \text{ kN}$$

$$M_u = 13.812 \text{ kN.m}$$



Gambar 7.50 Diagram Interaksi *Shearwall* pada *SP Column*

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi menggunakan konfigurasi penulangan **2D16-250**.

7.10.5 Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*)

Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan *special boundary element* dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yaitu:

Luas dinding bruto:

$$A_g = (300 \text{ mm} \times 7450 \text{ mm})$$

$$A_g = 2.235.000 \text{ mm}^2 = 2,35 \text{ m}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 300 \text{ mm} \cdot (7450 \text{ mm})^3 = 10,3 \cdot 10^{12} \text{ mm}^4 = 10,337 \text{ m}^4$$

$$y = \text{panjang badan} / 2 = 7450 \text{ mm} / 2 = 3725 \text{ mm} = 3,725 \text{ m}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas apabila:

$$\frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu \cdot y}{I_g} > 0,2 \cdot F_c'$$

$$\frac{11773 \text{ kN}}{2,35 \text{ m}^2} + \frac{13.812 \text{ kN.m} \cdot 3,725 \text{ m}}{10,337 \text{ m}^4} > 0,2 \cdot 35 \text{ Mpa}$$

$$10,244 \text{ kN/m}^2 > 7 \text{ Mpa}$$

Maka diperlukan special boundary element di daerah tekan pada dinding.

7.10.6 Penentuan Panjang *Special Boundary Element*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.4, *special boundary element* harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang daripada $c - 0,1 \cdot \ell_w$ dan $c/2$.

Untuk nilai c didapatkan dari SPColumn yakni sebesar:

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:								
No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	PhiMux kNm	PhiMuy kNm	PhiMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm
1	11773.00	260.00	13812.00	1215.54	64573.09	4.675	616	1734

Gambar 7. 51 Hasil *Control Points* dari Program SpColumn

$$c = 1734 \text{ mm}$$

$$c - 0,1 \cdot \ell_w = 1734 \text{ mm} - 0,1 \cdot 8000 \text{ mm} = 934 \text{ mm}$$

$$c / 2 = 1734 \text{ mm} / 2 = 867 \text{ mm}$$

Maka dipakai yang lebih besar yakni = 934 mm

Maka dipakai panjang SBE = 950 mm

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.4(b) mengisyaratkan bahwa untuk *shearwall* yang bersayap, komponen batas khususnya harus mencakup lebar efektif sayap pada zona tekan dan harus diperpanjang sedikitnya 300 mm ke dalam badan. Karena dimensi sayap 600 mm sedangkan panjang yang dipakai untuk *special boundary element* adalah 1000 mm, maka zona SBE ditambah 350 ke arah badan *shearwall*.

7.10.7 Tulangan Confinement Untuk Dinding Struktural

1. Tulangan longitudinal pada *special boundary element*

Sesuai hasil perhitungan diatas maka dilakukan pengecekan, pada *special boundary element* terdapat 16 D16, sehingga rasio tulangan yang dihasilkan adalah:

$$\rho_t = \frac{(16 \times \frac{1}{4} \pi \cdot (16\text{mm})^2)}{(600\text{mm} \cdot 600\text{mm}) + (350\text{mm} \cdot 300\text{mm})} = 0,0067$$

Berdasarkan UBC (1997), rasio tulangan longitudinal minimum pada daerah komponen batas khusus ditetapkan tidak kurang dari 0,005. Jadi, tulangan longitudinal terpasang sudah memenuhi syarat minimum.

2. Tulangan confinement pada SBE (*special boundary element*)

Apabila digunakan hoop berbentuk persegi berdiameter D13, maka spasi maksimum hoop ditentukan oleh yang terkecil diantara:

- $\frac{1}{4}$ panjang sisi terpendek = $\frac{1}{4} \cdot 250 \text{ mm} = 62,5 \text{ mm}$
- $6 db = 6 \cdot 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$

- Nilai S_0 , dimana: $S_0 = 100 + \frac{300 - 0,5 \cdot h_x}{3}$
 $h_x = 250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 16 \text{ mm} = 138 \text{ mm}$
 $S_0 = 100 + \left(\frac{300 - 0,5 \cdot 138 \text{ mm}}{3} \right) = 193,6 \text{ mm}$

Namun, nilai s tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.
Maka nilai $s = 100 \text{ mm}$.

Karakteristik inti penampang:

bc = dimensi inti *core*, diukur dari sumbu ke sumbu *hoop*
 $= 600 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 507 \text{ mm}$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan adalah:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 507 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 399,262 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 4 kaki D13 maka:

$$A_s = 4 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 530,93 \text{ mm}^2$$

Agar nilai $A_s > A_{sh}$, maka perlu dipasang **4 kaki D13 sejarak 100 mm** pada daerah *SBE*

3. Tulangan *confinement* pada badan penampang dinding struktural . Untuk tulangan pada daerah badan dinding struktural, dicoba menggunakan tulangan dengan **D13**.

Mencari nilai s *max*:

- $1/4$ panjang sisi terpendek = $1/4 \cdot 300 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
- $6 db = 6 \cdot 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$
- Nilai S_0 , dimana: $S_0 = 100 + \frac{300 - 0,5 \cdot h_x}{3}$
 $h_x = 250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} = 144 \text{ mm}$
 $S_0 = 100 + \left(\frac{300 - 0,5 \cdot 144 \text{ mm}}{3} \right) = 192,67 \text{ mm}$

Namun, nilai s tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Diambil nilai $s = 100 \text{ mm}$.

Untuk tulangan *confinement* pada arah sejajar dinding struktural, coba digunakan **D13-100**

bc = dimensi inti *core*, diukur dari sumbu ke sumbu *hoop*

$$bc = 300 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 207 \text{ mm}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot fc'}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 207 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 163,01 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 2 kaki D13 maka:

$$A_s = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$= 265,46 \text{ mm}^2 > 163,01 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

Jadi, sesuai perhitungan di atas pada arah sejajar *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13 – 100**.

Untuk tulangan *confinement* pada arah tegak lurus dinding struktural digunakan D13-100

bc = dimensi inti *core*, diukur dari sumbu ke sumbu *hoop*

$$bc = 300 \text{ mm} + (2 \cdot 13 \text{ mm} / 2) = 287 \text{ mm}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot fc'}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 287 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} = 226,01 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 2 kaki D13 maka:

$$A_s = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right)$$

$$= 265,46 \text{ mm}^2 > 226,01 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

Jadi, sesuai perhitungan di atas pada arah tegak lurus *shearwall* dapat dipasang **2 kaki D13 – 100**.

7.10.8 Panjang Penyaluran Tulangan

Untuk panjang penyaluran tulangan D16 yang dibutuhkan, ℓ_d , diambil dari yang terbesar dari nilai berikut berdasarkan SNI d 03-2847-2013 Pasal 12.2.

Diketahui nilai:

$$\psi_t = 1,3$$

$$\lambda = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\psi_s = 1,0$$

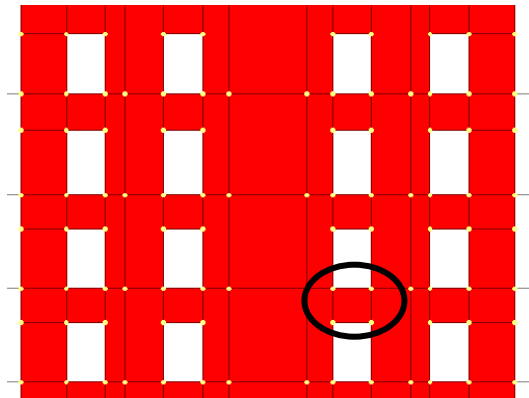
$$d_b = 16 \text{ mm}$$

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 16 \text{ mm} = 827,25 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

7.11. Perhitungan Balok Kopel (*Coupling Beam*)

Balok kopel (*coupling beam*) merupakan balok penghubung antara struktur dinding geser berangkai. Balok ini membuat dinding geser berangkai tersebut bekerja sebagai satu kesatuan dinding geser yang menahan gaya gempa.



Gambar 7. 52 Balok Kopel Yang Ditinjau

Dalam permodelan SAP 2000 balok kopel ini dimodelkan sama halnya dengan dinding geser, namun dianggap sebagai *spandrel wall*.

Data perencanaan :

$$b \text{ balok} = 300 \text{ mm}$$

$$h \text{ balok} = 1000 \text{ mm}$$

$$L_n = 1300 \text{ mm}$$

$$d \text{ lentur} = 22 \text{ mm}$$

$$d \text{ geser} = 13 \text{ mm}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$F_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$\phi \text{ geser} = 0,85$$

$$\phi \text{ lentur} = 0,9$$

$$d = 1000 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (1/2 \cdot 22\text{mm}) \\ = 936 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + (1/2 \cdot 22\text{mm}) = 64 \text{ mm}$$

Dari hasil analisa SAP 2000 dapat diketahui gaya dalam yang bekerja pada permodelan balok kopel

Tabel 7. 5 Analisa Gaya Dalam Balok Kopel

TABLE: Section Cut Forces – Analysis							
SectionCut	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
KOPEL	ENV	438.23	-4.67	1183.7	11.73	223.10	-2.02
KOPEL	ENV	-565.81	-6.02	575.78	5.70	-324.21	-5.90

Dari data diatas dapat diketahui nilai

$$V_u = 565,81 \text{ kN}$$

$$T_u = 11,73$$

7.11.1 Persyaratan Perencanaan Tulangan *Diagonal*

Sesuai SNI 2847 2013 , balok perangkai dengan perbandingan $ln/h < 2$ dan dengan gaya geser melebihi :

$0,33 \cdot \lambda \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f_c'}$, harus ditulangi dengan kelompok tulangan yang disusun secara diagonal dalam dua arah yang berlawanan secara simetris.

$$A_{cw} = 300 \text{ mm} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 0,8 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$\lambda = 1 \text{ untuk beton normal}$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,33 \cdot 1 \cdot 240000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \\ &= 468553,518 \text{ N} = 468,55 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u = 565,81 \text{ kN} > 468,55 \text{ kN} \text{ (maka perlu tulangan diagonal)}$$

7.11.2 Perencanaan Tulangan *Diagonal*

Untuk perhitungan tulangan diagonal sesuai berdasarkan referensi dari UBC 97 dan “*Reinforced Concrete Structure by R.Park and T.Pauley* “ menyatakan bahwa nilai tulangan diagonal dapat diketahui dengan persamaan ;

$$A_{vd} = \frac{V_u}{2 \cdot f_y \cdot \sin \alpha} \dots\dots\dots (7-1)$$

diamana :

A_{vd} = Luas tulangan diagonal

$$\tan \alpha = \frac{h - 2 \cdot d'}{ln} ,$$

maka dapat diketahui nilai α ;

$$\tan \alpha = \frac{1000 \text{ mm} - 2 \cdot 64 \text{ mm}}{1300 \text{ mm}} = 0,6707$$

$$\alpha = 33,84^\circ$$

$$A_{vd} = \frac{5658111 \text{ N}}{2.400 \text{ Mpa} \cdot \sin 33,85} = 1271,38 \text{ mm}^2$$

Maka pakai tulangan diagonal **4 D 22**

$$A_{vd} \text{ pakai} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 4 = 1520,53 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan diagonal 4 D 22, sesuai persyaratan SNI 03 2847 2013 dimana tulangan diagonal minimal terdapat 4 buah tulangan yang disusun dalam satu inti.

Untuk persyaratan tulangan transversal untuk tulangan diagonal terhadap *buckling* sesuai dengan sub bab 5.4.5 (b) buku “*Seismic Design Of Reinforced Concrete And Masonry Building*” adalah :

$$A_{td} = \frac{\sum A_b \cdot f_y}{16 f_{yt}} \cdot \frac{s}{100}$$

Dimana :

$$A_b = \text{Luas tulangan diagonal (D22= } 380,13 \text{ mm}^2)$$

$$s = \text{jarak tulangan transversal}$$

Dimana sesuai persyaratan nilai s ;

$$6 db = 132 \text{ mm}$$

$$S \leq 100 \text{ mm (4 inchi)}$$

Maka pakai nilai $s = 100 \text{ mm}$

$$A_t = \frac{380,13 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{16 \cdot 400 \text{ Mpa}} \cdot \frac{100}{100} = 23,76 \text{ mm}^2$$

Maka pakai tulangan transversal **D10 -100**, dengan $A_v = 78,5 \text{ mm}^2$

7.11.3 Perhitungan Tulangan Longitudinal

Berdasarkan referensi “*Reinforced Concrete Structure by R.Park and T.Pauley*” dan “*Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang oleh Iswandi Imran dan Fajar Hendrik*” menyatakan bahwa kelompok tulangan balok perangkai yang disusun secara diagonal pada kedua arah berlawanan secara simetris, akan membentuk gaya-gaya dalam pada balok perangkai meliputi :

$$M_u = (\emptyset \cdot Avd \cdot F_y \cdot \cos \alpha) \cdot (h - 2d') \dots\dots\dots (7-2)$$

Maka dapat diperhitungkan nilai Momen *ultimate* balok ;

$$(0,9 \cdot 1520,5 \text{ mm} \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \cos(33,85)) \cdot (1000 \text{ mm} - 2 \cdot 64 \text{ mm}) = 396417824,3 \text{ Nmm}$$

$$M_u = 396417824,3 \text{ Nmm} = 396,417 \text{ kN.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{396417824,3 \text{ Nmm}}{0,9} = 440464249,2 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{440464249,2 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \cdot 936 \text{ mm}^2} = 1,68$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right\}$$

$$= \frac{1}{13,45} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 1,68}{400}} \right\} = 0,0043$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot F_c \cdot \beta_1}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,036$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,027$$

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

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0043 < 0,027 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\text{maka } \rho_{pakai} = 0,0043$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0044 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 936 \text{ mm} \\ &= 1211,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka gunakan tulangan memanjang **4 D 22**

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 4 = 1520,53 \text{ mm}^2$$

7.11.4 Perencanaan Penulangan *Transversal*

Berdasarkan referensi “*Reinforced Concrete Structure by R.Park and T.Pauley*” dan “*Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang oleh Iswandi Imran dan Fajar Hendrik*” menyatakan bahwa kelompok tulangan balok perangkai yang disusun secara diagonal pada kedua arah berlawanan secara simetris, akan membentuk gaya-gaya dalam pada balok perangkai .

$$\begin{aligned} V_u &= 2 \cdot \emptyset \cdot A_{vd} \cdot F_y \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (7-3) \\ &= 2 \cdot 0,75 \cdot 1520,53 \text{ mm}^2 \cdot 400\text{Mpa} \cdot \sin(33,85) \\ &= 575937,536 \text{ N} \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur dapat dihitung dengan : ($\lambda=1$ untuk beton normal)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d \\ &= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \text{ Mpa} \cdot 300\text{mm} \cdot 936 \text{ mm} \\ &= 276872,54 \text{ N} \end{aligned}$$

$$0,5. \phi.V_c = \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 276872,54 \text{ N} = 103827,2 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = 0,33. bw. d = 93600 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot bw. d = 553745,07 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 1} &= Vu' \leq 0,5. \phi.V_c \\ &= 575937,536 \text{ N} > 103827,2 \text{ N} \\ &\text{(tidak memenuhi, cek kondisi 2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 2} &= 0,5. \phi.V_c \leq Vu' \leq \phi.V_c \\ &= 103827,2 \text{ N} \leq 575937,536 \text{ N} \leq 207654,4 \text{ N} \\ &\text{(tidak memenuhi, cek kondisi 3)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 3} &= \phi.V_c \leq Vu' \leq \phi.(V_c + V_{\text{min}}) \\ &= 207654,4 \text{ N} \leq 575937,536 \text{ N} \leq 277854,4 \text{ N} \\ &\text{(tidak memenuhi, cek kondisi 4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi 4} &= \phi.(V_c + V_{\text{min}}) \leq Vu' \leq \phi.(V_c + V_s) \\ &= 277854,4 \text{ N} \leq 575937,536 \text{ N} \leq 622963,2 \text{ N} \\ &\text{(memenuhi kondisi 4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } V_s \text{ perlu} &= V_u - \phi.V_c \\ &= 575937,536 \text{ N} - 207654,4 \text{ N} \\ &= 368283,13 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= d/2 = 468 \text{ mm} \\ &= 6. Db = 6. 22 \text{ mm} = 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Maka, } s = 100 \text{ mm}$$

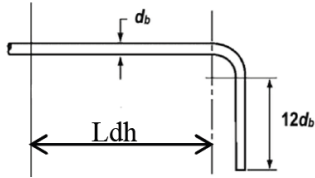
$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} = 98,4 \text{ mm}^2$$

Maka pakai tulangan transversal **2 kaki D10 - 100**

$$A_v \text{ pakai} = 157,079 \text{ mm}^2$$

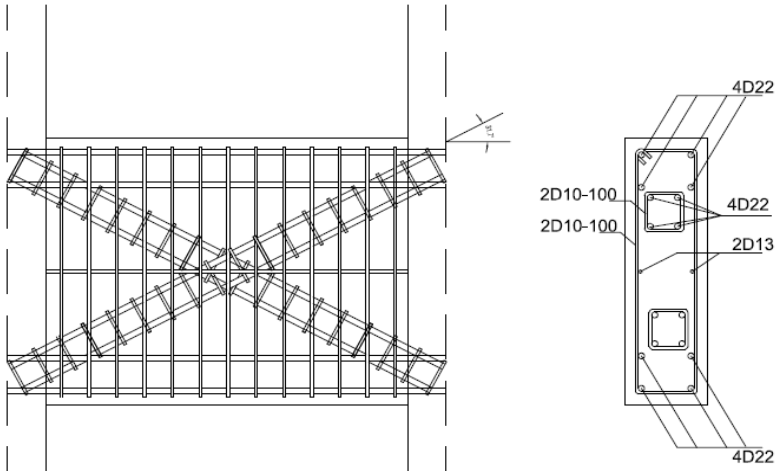
7.11.5 Panjang Penyaluran Tulangan

1. Panjang penyaluran tulangan :
Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 12.2.2



Gambar 7. 53 Panjang kait

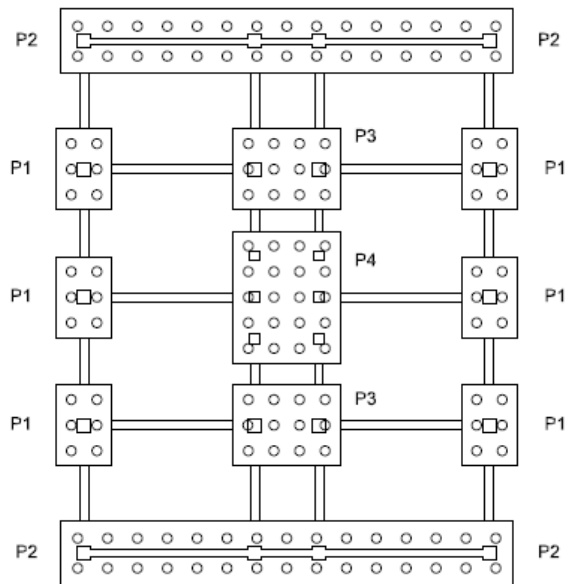
$$ldh = \left[\frac{0,24 \cdot 1 \cdot Fy}{\lambda \cdot \sqrt{fc'}} \right] \cdot db = 356,9 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$



Gambar 7. 54 Detail Penulangan Balok Kopel

7.12. Perhitungan Struktur Pondasi

Pada perhitungan struktur pondasi, dimensi dari *poer* dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan besarnya gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau, sehingga akan menghasilkan struktur pondasi yang efisien. Dan pada sub bab ini akan dibahas 2 tipe perhitungan pondasi



Gambar 7. 55 Denah Rencana Pondasi dan Sloof

7.12.1 Perencanaan Tiang Pancang

Tiang pancang yang dipakai adalah tiang pancang produksi dari WIKA BETON dengan tipe 450 mm – A2 dengan data sebagai berikut:

f_c'	= 35 Mpa
f_y	= 400 Mpa
Diameter tiang	= 0,45 m
Luas tiang (A_p)	= $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,45m)^2 = 0,159 \text{ m}^2$
Luas selimut tiang (A_s)	= $\pi \cdot 0,4m = 1,41 \text{ m}^2$
Diameter	= 450 mm
Ketebalan dinding	= 80 mm
P ijin (<i>Allowable Axial</i>)	= 134,9 ton

Untuk perencanaan tiang pancang dilakukan analisa kekuatan tiang pancang terhadap pukulan mesin hammer sesuai dengan persamaan 17-4 buku *Foundation Analysis and Design*. Gaya pada mesin drop hammer dapat dihitung menggunakan persamaan ;

$$Qu = \frac{e_h \cdot W_r \cdot h}{s+25} \dots\dots\dots (7-4)$$

Dimana ;

- e_h = Efisiensi mesin berdasarkan jenisnya
- W_r = Berat mesin drop hammer
- h = Tinggi jatuh
- s = kedalaman penurunan dalam satu kali pukulan

Tabel 7. 6 Tabel Efisiensi Hammer (e_h)

Type	Efficiency e_h
Drop hammers	0.75–1.00
Single-acting hammers	0.75–0.85
Double-acting or differential	0.85
Diesel hammers	0.85–1.00

Dan untuk spesifikasi mesin drop hammer yang dipakai adalah sebagai berikut (data selengkapnya disampaikan pada halaman lampiran D) ;

Tipe Bruce Hammer SGH 0715

W_r (berat hammer) = 10 ton = 10000 kg

$Max\ Stroke(h\ max)$ = 1,2 m = 1200mm

$Min\ Stroke(h\ min)$ = 2 m = 200 mm

Sehingga dapat diperoleh nilai-nilai ;

e_h = 0,85

W_r = 10 ton = 10000 kg

h = 1200 mm

s = 62,5 mm (dari data SPT)

maka ;

$$Q_u = \frac{0,85 \cdot 10000\ kg \cdot 1200\ mm}{62,5\ mm + 25} = 116571,4\ kg = 116,6\ ton$$

Dari spesifikasi tiang pancang diketahui *Allowable Axial Load* = 134,9 ton. Dan dari perhitungan *Axial Load Drop Hammer* didapatkan nilai $Q_u = 116,6$ ton
Sehingga nilai P_u dari *drop hammer* mendekati nilai P ijin

7.12.2 Daya Dukung Tanah

1. Daya dukung pada tiang pancang tunggal ditentukan berdasarkan kekuatan bahan (P ijin bahan) dan nilai analisa N-SPT. Berdasarkan buku “ *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*.” karangan Dr.Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, perhitungan daya dukung tanah adalah sebagai berikut ;

A. Daya dukung berdasarkan kekuatan bahan

Berdasarkan dengan spesifikasi tiang pancang yang dipakai yaitu tiang pancang produksi WIKA BETON dengan tipe A2 – 450 mm diketahui P ijin bahan = 134,9 Ton.

B. Daya dukung berdasarkan hasil bor log N-SPT

Daya dukung ultimit ;

$$R_a = \frac{1}{n}(R_p + R_f) \dots\dots\dots (7-5)$$

dimana ;

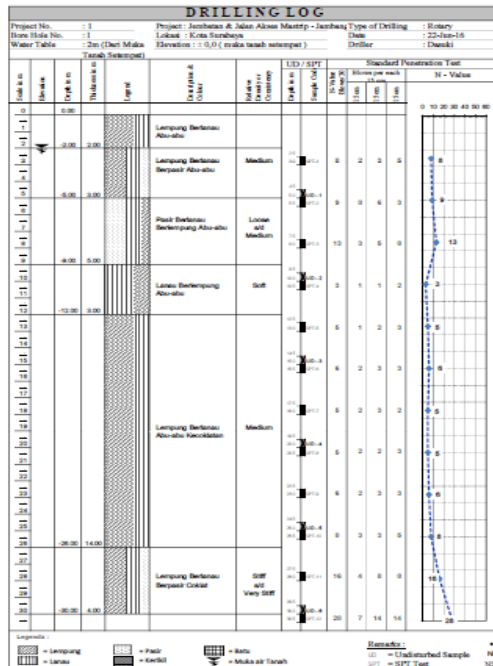
R_a = Daya dukung vertikal yang di ijinakan (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

n = Faktor keamanan

Soil Penetration Test (SPT) dilakukan untuk mendapatkan nilai daya dukung ijin pondasi berdasarkan data nilai N-SPT dengan menggunakan metode Mayerhoof dan faktor keamanan (n) sebesar 3. Data N-SPT sampai kedalaman 30 meter di tunjukkan pada gambar berikut ;



Gambar 7. 54 Data N-SPT Hingga Kedalaman 30 m

Dari data nilai N-SPT tersebut dapat diketahui nilai rata-rata N-SPT disepanjang 4D (N1) dibawah tiang pancang dan nilai N rata-rata disepanjang 8D diatas tiang pancang (N2).

$$N_1 = \frac{16+23}{2} = 19,5$$

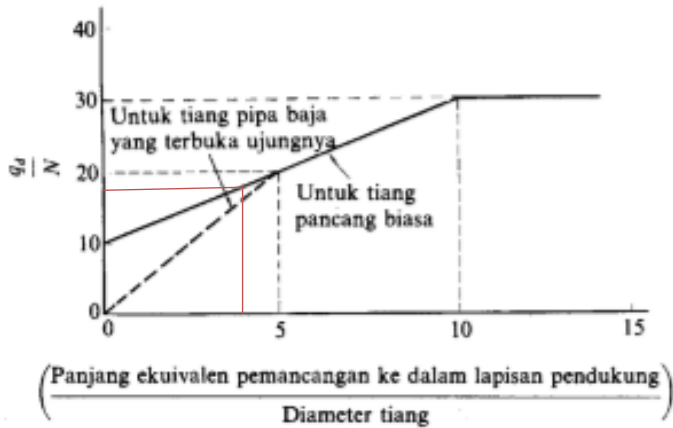
$$N_2 = \frac{16+8+7}{3} = 10,33$$

Maka nilai N rata-rata (Np/s) ;

$$\frac{N_1+N_2}{2} = \frac{19,5+10,33}{2} = 14,9 \approx 15$$

$$R_p = qd. A \dots\dots\dots (7-6)$$

Untuk nilai q_d/n dapat diperoleh dari hasil analisa pada grafik berikut ;



Gambar 7. 55 Grafik Hubungan q_d/N

$$\frac{\text{panjang ekuivalen lapisan pendukung}}{\text{Diameter pancang}} = \frac{8D/2}{0,45m} = \frac{1,8 m}{0,45m} = 4$$

Maka di dapatkan dari grafik nilai $\frac{q_d}{N} = 18$

$$q_d = 18 \cdot N$$

$$q_d = 18 \cdot 15 = 270 \text{ ton/m}^2$$

maka :

$$\begin{aligned} R_p &= q_d \cdot A \\ &= 270 \text{ ton/m}^2 \cdot 0,159 \text{ m}^2 \\ &= 42,93 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tebal Lapisan	Kedalaman	N SPT	fi	Σli.fi
0	0	0	0	0
2.5	2.5	8	8	20
2.5	5	9	9	42.5
2.5	7.5	13	2.6	49
2.5	10	3	3	56.5
2.5	12.5	5	5	69
2.5	15	6	6	84
2.5	17.5	5	5	96.5
2.5	20	5	5	109
2.5	22.5	6	6	124
2.5	25	8	8	144
2.5	27.5	16	12	174
2.5	30	28	12	204

$$R_f = U \times \Sigma \text{ li. fi} \dots\dots\dots (7-7)$$

$$= \pi. d. \Sigma \text{ li. fi}$$

$$= 3,14. 0,45\text{m}. 174 \text{ ton/m} = 245,98 \text{ ton}$$

maka :

$$R_a = \frac{1}{n}(R_a + R_f)$$

$$R_a = \frac{1}{3}(42,93 + 245,9) \text{ ton}$$

$$R_a = 96,305 \text{ ton}$$

Perbandingan hasil hitungan nilai daya dukung tiang pancang (Kuat bahan dan NSPT) diambil nilai daya dukung yang terkecil (berdasarkan N-SPT) yaitu $Q_{all} = 96,305 \text{ ton}$

2. Berdasarkan buku “ *Desain Pondasi Tahan Gempa Sesuai SNI 1726 dan 2847* “ karangan Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti, daya dukung pada tiang pancang ditentukan oleh 2 hal yaitu daya dukung unsur lekatan pada selimut beton (Q_s) dan daya dukung perlawanan tanah dari unsur tiang pondasi (Q_p). Jadi kedua unsur tersebut menjadi daya dukung pondasi tiang pancang.

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (7-8)$$

perhitungan daya dukung ijin tekan tiang menggunakan data SPT sesuai dengan rumus *Meyerhof* sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{q_c \cdot A_p}{SF_1} + \frac{\sum Li \cdot f_i \times Ast}{SF_2} \dots\dots\dots (7-9)$$

dimana :

Q_u = daya dukung ujung tekan tiang

q_c = 20 N untuk tanah lunak

A_p = luas penampang tiang pancang

A_{st} = keliling penampang tiang

Li = panjang segmen tiang yang ditinjau

f_i = gaya geser selimut segmen tiang

SF = Safety factor

Tabel 7. 7 Perhitungan Daya Dukung Tekan Tiang

Tebal Lapisan	Kedalaman	N SPT	f_i	$\sum li \cdot f_i$	Q_s (Ton)	20 N	Q_p (Ton)	$Q_u=Q_p+Q_s$ (Ton)	CEK
0	0	0	0	0	0	0	0	0	OK
2.5	2.5	8	8	20	5.6549	160	8.482	14.1372	OK
2.5	5	9	9	42.5	12.017	180	9.543	21.5592	OK
2.5	7.5	13	12	72.5	20.499	260	13.78	34.2826	OK
2.5	10	3	3	80	22.619	60	3.181	25.8003	OK
2.5	12.5	5	5	92.5	26.154	100	5.301	31.4552	OK
2.5	15	6	6	107.5	30.395	120	6.362	36.7566	OK
2.5	17.5	5	5	120	33.929	100	5.301	39.2306	OK
2.5	20	5	5	132.5	37.463	100	5.301	42.7649	OK
2.5	22.5	6	6	147.5	41.705	120	6.362	48.0664	OK
2.5	25	8	8	167.5	47.36	160	8.482	55.8418	OK
2.5	27.5	16	12	197.5	55.842	320	16.96	72.8064	OK
2.5	30	28	12	227.5	64.324	560	29.69	94.0122	OK

Didapatkan daya dukung untuk tiang pancang dengan kedalaman 30 m dan diameter tiang pancang 0,45 m adalah:
 $P_{ijin} = 94,012 \text{ ton}$

Dari kedua perhitungan daya dukung diatas maka dipilih nilai perhitungan daya dukung untuk tiang pancang yang terkecil, yaitu dengan rumus meyerhof berdasarkan buku “*Desain Pondasi Tahan Gempa Sesuai SNI 1726 dan 2847*” karangan Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti, dan diketahui daya dukungnya = 94,012 ton

7.12.3 Perhitungan Pondasi Tipe 1

1. Perencanaan Dimensi Poer .

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 45 \text{ cm}$$

$$S \geq 112,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S = 120 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 45 \text{ cm}$$

$$S' \geq 67,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 70 \text{ cm}$

Sehingga didapat dimensi poer :

$$b = (2 \times 70 \text{ cm}) + 120 \text{ cm} = 2,6 \text{ m}$$

$$l = (2 \times 70 \text{ cm}) + (2 \times 120 \text{ cm}) = 3,8 \text{ m}$$

Untuk tinggi *poer* direncanakan setebal = $90 \text{ cm} = 0,9 \text{ m}$

2. Gaya yang Terjadi Pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada *joint* 407 yakni sebagai berikut:

- Akibat Beban Tetap ($1DL + 1LL$)

$$P = 371381 \text{ kg}$$

$$M_x = 951,07 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 686,8 \text{ kg.m}$$

- Akibat Beban Sementara (1DL + 1 LL + Ex)

$$P = 480217,6 \text{ kg}$$

$$M_x = 3070,21 \text{ kg.m}$$

$$M_y = -26643,05 \text{ kg.m}$$

- Akibat Beban Sementara (1DL + 1 LL + Ey)

$$P = 327111,9 \text{ kg}$$

$$M_x = 4926,04 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 9999,3 \text{ kg.m}$$

$$W_{poer} = 2,6 \text{ m. } 3,8\text{m. } 0,9\text{m. } 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 21340,8 \text{ kg}$$

Maka ΣP akibat beban tetap ($D+L$)

$$= P + W_{poer} = 392721,8 \text{ kg}$$

Maka ΣP akibat beban sementara ($1,2D+L+Ex$)

$$= P + W_{poer} = 501558,4 \text{ kg}$$

Maka ΣP akibat beban sementara ($1,2D+L+Ey$)

$$= P + W_{poer} = 348452,7 \text{ kg}$$

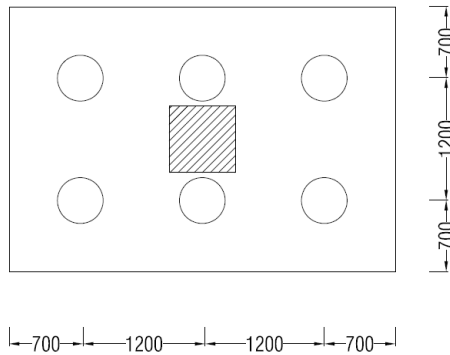
3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan akibat beban layan ;

$$N_{Tp} = \frac{P_u}{Q_{ijin \text{ tana h}}} = \frac{392721,8 \text{ kg}}{94012 \text{ kg}} = 5 \approx \text{pakai 6 buah Tp}$$

Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus *Converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code AASHTO* adalah :

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



Gambar 7. 56 Pondasi Tipe 1

Dimana:

- m = banyaknya tiang dalam kolom = 2 buah
- n = banyaknya tiang dalam baris = 3 buah
- D = diameter tiang pancang = 0,45 m
- S = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,2 m

Sehingga:

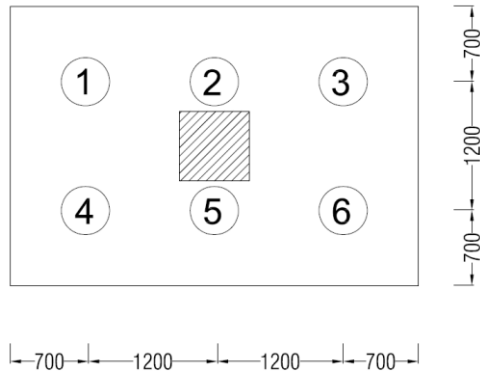
$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,45 \text{ m}}{1,0 \text{ m}} \left[\frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \right] = 0,77$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin kelompok} &= \eta \times P \text{ ijin} \times n \text{ tiang} \\ &= 413,765 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$P \text{ ijin kel.} > P_u \text{ (akibat beban tetap)}$$

$$413,765 \text{ Ton} > 392,7 \text{ Ton (memenuhi)}$$

4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok

**Gambar 7. 57** Titik Nomor Perhitungan Tiang Pancang

Maka gaya yang dipikul tiap tiang pancang ialah ;

Tabel 7. 8 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang Dari Titik Pusat

No	x	y	x ²	y ²
1	-1.20	-0.60	1.44	0.36
2	0	0.60	0	0.36
3	-1.20	-0.60	1.44	0.36
4	1.20	0.60	1.44	0.36
5	0	-0.60	0	0.36
6	-1.20	-0.60	1.44	0.36
Σ			5.76	2.16

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{n_x \Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{n_y \Sigma x^2}$$

- a. Perhitungan akibat beban tetap ($D+L$) :

$$P = \frac{392721,8 \text{ kg}}{6} + \frac{951,07 \text{ kg} \cdot 0,6 \text{ m}^2}{6,48 \text{ m}^2} + \frac{686,8 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m}^2}{11,52 \text{ m}^2}$$

$$P = 65,613 \text{ ton} < 94,012 \text{ ton (memenuhi)}$$

- b. Perhitungan akibat beban sementara ($1.2D+1.6L+Ex$):

$$P = \frac{501558,4 \text{ kg}}{6} + \frac{3070,2 \text{ kg} \cdot 0,6 \text{ m}^2}{6,48 \text{ m}^2} + \frac{26643 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m}^2}{11,52 \text{ m}^2}$$

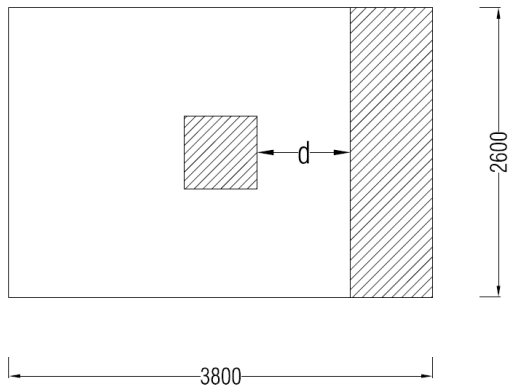
$$P = 86,653 \text{ ton} < 94,012 \text{ ton (memenuhi)}$$

- c. Perhitungan akibat beban sementara ($1.2D+1.6L+Ey$) :

$$P = \frac{348452,7 \text{ kg}}{6} + \frac{4926 \text{ kg} \cdot 0,6 \text{ m}^2}{6,48 \text{ m}^2} + \frac{9999,3 \text{ kg} \cdot 1,2 \text{ m}^2}{11,52 \text{ m}^2}$$

$$P = 59,57,21 \text{ ton} < 94,012 \text{ ton (memenuhi)}$$

5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada *Poer* Akibat Kolom



Gambar 7. 58 Bidang Kritis Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 900\text{mm} - 50\text{ mm} - 22\text{mm} - 22\text{mm} / 2$$

$$d = 839\text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor dan dipilih yang terbesar (1,2D+L+Ex)

$$P_u = 501558,4\text{ kg}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{B.L} = \frac{501558,4\text{ kg}}{2,6\text{ meter} \times 3,8\text{ meter}} = 50765\text{ kg/m}^2$$

$$= 50,765\text{ Ton/m}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u

$$V_u = Q_u \cdot L \cdot G \dots\dots\dots (7-10)$$

dimana :

G = daerah kritis pembebanan yang diperhitungkan untuk geser penulangan satu arah. $(L - (L/2 + \text{lebar kolom}/2 + d))$

$$G = L \text{ poer} - (L \text{ poer}/2 + b \text{ kolom}/2 + d)$$

$$G = 3800\text{m} - (3800\text{m}/2 + 650\text{m}/2 + 839\text{ mm})$$

$$= 736\text{ mm} = 0,736\text{ m}$$

$$V_u = 46,14\text{ Ton/m}^2 \cdot 0,736\text{ m} \cdot 3,8\text{ m}$$

$$= 141,97\text{ Ton}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

$$\phi V_c = \phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

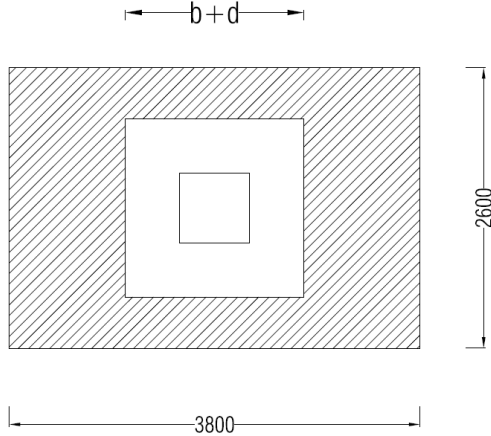
$$= 0,75 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{35\text{Mpa}} \cdot 2800\text{mm} \cdot 839\text{mm}$$

$$= 1613167,05\text{ N} = 161,3\text{ Ton}$$

Kontrol Geser 1 arah ;

$$\emptyset V_c = 161,3 \text{ Ton} > V_u = 141,97 \text{ Ton} \text{ (memenuhi)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Dua Arah Pada Poer Akibat Kolom



Gambar 7. 59 Bidang Kritis Dua Arah Akibat Kolom

$$Q_u = \frac{Pu}{B.L} = \frac{501558,4 \text{ kg}}{2,6 \text{ meter} \times 3,8 \text{ meter}} = 50765 \text{ kg/m}^2$$

$$= 50,765 \text{ Ton/m}^2$$

$$A_t = (B_{\text{poer}} \cdot L_{\text{poer}}) - (b_{\text{kolo}} \cdot M + d) (h_{\text{kolom}} + d)$$

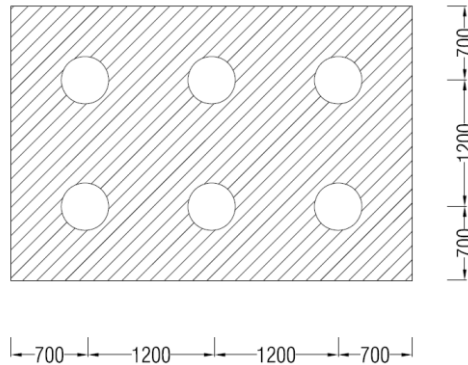
$$= (2,6\text{m} \cdot 3,8\text{m}) - ((0,65\text{m} + 0,839\text{m}) \times (0,65\text{m} + 0,839\text{m}))$$

$$= 7,663 \text{ m}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$= 50,765 \text{ Ton/m}^2 \cdot 7,663 \text{ m}^2$$

$$= 389,01 \text{ Ton}$$



Gambar 7. 60 Bidang Kritis Dua Arah Akibat Tiang

Diketahui beban terbesar yang diterima tiang pancang =

$$P_u = 501558,4 \text{ kg}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{B.L} = \frac{501558,4 \text{ kg}}{2,6 \text{ meter} \times 3,8 \text{ meter}} = 50765 \text{ kg/m}^2$$

$$= 50,765 \text{ Ton/m}^2$$

$$A_t = (b \text{ poer} \cdot L \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang}$$

$$= (2,6\text{m} \cdot 3,8\text{m}) - 6 \cdot 0,159 \text{ m}^2$$

$$= 8,926 \text{ m}^2$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$= 50,765 \text{ Ton/m}^2 \cdot 8,926 \text{ m}^2$$

$$= 453,115 \text{ Ton}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

- $V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom
 $\beta = 650 \text{ mm} / 650 \text{ mm} = 1$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling dari penampang kritis} \\ &= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 d \\ &= 2 \cdot (650 \text{ mm} + 650 \text{ mm}) + 4 \cdot 839 \text{ mm} \\ &= 5956 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 5956 \text{ mm} \cdot 839 \text{ mm} \\ V_c &= 15077205 \text{ N} = 1507,72 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

Maka:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 839 \text{ mm}}{5956 \text{ mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 5956 \text{ mm} \cdot 839 \text{ mm} \\ V_c &= 18733466 \text{ N} = 1873,346 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$
 $V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 5956 \text{ mm} \cdot 839 \text{ mm}$
 $V_c = 9755838,7 \text{ N} = 975,583 \text{ Ton}$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $V_c = 975,583 \text{ Ton}$

$$V_u = 453,115 \text{ Ton} < V_c = 975,583 \text{ Ton} \text{ (memenuhi)}$$

7. Perencanaan Tulangan Lentur *Poer*

Pada perencanaan tulangan lentur pada *poer*, nantinya *poer* diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri *pile cap*.

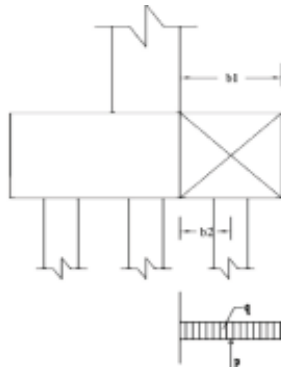
Data Perencanaan

B_{poer}	= 2600 mm
L_{poer}	= 3800 mm
h_{poer}	= 900 mm
selimut beton	= 50 mm
D tulangan lentur	= 22 mm

$$dx = 900 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 839 \text{ mm}$$

$$dy = 900 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 22 - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 817 \text{ mm}$$

a. Penulangan *Poer* Arah X



Gambar 7. 61 Mekanika Gaya pada *Poer* Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = (1/2 \cdot 3,8\text{m}) - (1/2 \cdot 0,65\text{m}) = 1,575 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke as kolom} \\ = (1/2 \cdot 1,2\text{m}) - (1/2 \cdot 0,65\text{m}) = 0,275 \text{ m}$$

$$qu = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 2,6\text{m} \cdot 0,9\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \\ = 5616 \text{ kg/m}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada 1 tiang pancang

$$P_u = 86,653 \text{ Ton} = 86653 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$M_u = -Mq + Mp \\ = - (0,5 \cdot 5616 \text{ kg/m} \cdot (1,575\text{m})^2) + (P \cdot b_2) \\ = - (0,5 \cdot 3960 \text{ kg/m} \cdot 0,95^2) + (86653 \text{ kg} \cdot 0,275 \text{ m}) \\ = 16863,9 \text{ kg} \cdot \text{m} = 168638857 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{168638857 \text{ Nmm}}{0,9} = 187376507 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{187376507 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 839 \text{ mm}^2} = 0,27$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,27}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,001$$

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

Karena nilai $\rho < \rho_{min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 839 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2937 \text{ mm}^2$$

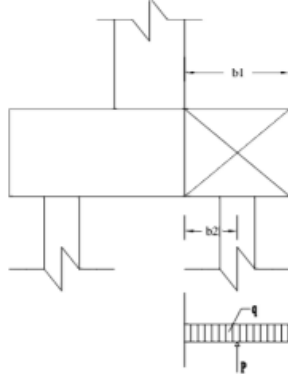
Dipakai **D22-100**, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{100\text{mm}} = 3801 \text{ mm}^2$$

Maka, $2937 \text{ mm}^2 < 3801 \text{ mm}^2$

$A_{s,perlu} < A_{s,pakai}$ (memenuhi)

b. Penulangan *Poer* Arah Y



Gambar 7. 62 Mekanika Gaya pada *Poer* Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b_1 &= \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ &= (1/2 \cdot 2,6\text{m}) - (1/2 \cdot 0,65\text{m}) = 0,975 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 &= \text{jarak dari as tiang pancang ke as kolom} \\ &= (1/2 \cdot 1,2\text{m}) - (1/2 \cdot 0,65\text{m}) = 0,275 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ &= 3,8\text{m} \cdot 0,9\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \\ &= 8208 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada 1 tiang pancang

$$P_u = 86,653 \text{ Ton} = 86653 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$\begin{aligned}
 M_u &= -Mq + Mp \\
 &= - (0,5 \cdot (0,975\text{m})^2) + (P \cdot b_2) \\
 &= - (0,5 \cdot 8208 \text{ kg/m} \cdot (0,975\text{m})^2) + (86653 \text{ kg} \cdot 0,275 \text{ m}) \\
 &= 19928,1 \text{ kg} \cdot \text{m} = 199281157 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{199281157 \text{ Nmm}}{0,9} = 221423507 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{221423507 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 817 \text{ mm}^2} = 0,12$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,12}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0003$$

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

Karena nilai $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 817 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2860 \text{ mm}^2$$

Dipakai **D22-100**, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 3801 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai} \quad (\text{memenuhi})$$

8. Transfer Beban Kolom Ke Pondasi

$$A1 = \text{Luas kolom} = 650 \text{ mm} \times 650 \text{ mm} = 422500 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \text{Luas poer} = 3800 \text{ mm} \times 2600 \text{ mm} = 9880000 \text{ mm}^2$$

- a. Kuat tumpu pada dasar kolom, $N1$;

$$P_u = 480217,6 \text{ kg} = 4802176 \text{ N}$$

$$N1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A1$$

$$= 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 422500 \text{ mm}^2$$

$$= 8170093,8 \text{ N}$$

Maka $N1=8170093,8 \text{ N} > P_u= 4802176 \text{ N}$ (memenuhi)

- b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi $N2$;

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{9880000 \text{ mm}^2}{422500 \text{ mm}^2}} = 4,8$$

Namun sesuai SNI 2847 2013 pasal 10.14.1 nilai diatas tidak perlu diambil lebih dari 2

$$N2 = 2 \cdot N1$$

$$= 2 \cdot 8170093,8 \text{ N} = 16340188 \text{ N}$$

Maka $N2=16340188 \text{ N} > P_u= 4802176 \text{ N}$ (memenuhi)

Dengan demikian tidak perlu ditambahkan tulangan stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi .

9. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\begin{aligned} \ell_{dcl} &= \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot db = \frac{0,24 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \cdot 22 \text{ mm} \\ &= 356,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell_{dcl 2} &= 0,043 \cdot db \cdot F_y = 0,043 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 400 \text{ Mpa} \\ &= 378,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai nilai ℓ_{dcl} terbesar = $356,9 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 22 \text{ mm} = 875 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

7.12.4 Perhitungan Pondasi Tipe 2

1. Perencanaan Dimensi Poer .

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 45 \text{ cm}$$

$$S \geq 112,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S = 140 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 45 \text{ cm}$$

$$S' \geq 67,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 80 \text{ cm}$

Sehingga didapat dimensi poer :

$$b = (2 \times 80 \text{ cm}) + 140 \text{ cm} = 3 \text{ m}$$

$$l = (2 \times 80 \text{ cm}) + (120 \text{ cm} \times 14) = 21,2 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal = $110 \text{ cm} = 1,1 \text{ m}$

2. Gaya yang Terjadi Pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada *joint* disepanjang bentang *shearwall* yakni sebagai berikut:

- Akibat Beban Tetap (1DL + 1 LL)
 - $P = 1895891,16 \text{ kg}$
 - $M_x = 28849,5 \text{ kg.m}$
 - $M_y = 8902,6 \text{ kg.m}$

- Akibat Beban Sementara (1,2DL + 1 LL + Ex)
 - $P = 2724746 \text{ kg}$
 - $M_x = 74930 \text{ kg.m}$
 - $M_y = 21280 \text{ kg.m}$

- Akibat Beban Sementara (1,2DL + 1 LL + Ey)
 - $P = 2565270 \text{ kg}$
 - $M_x = 122425 \text{ kg.m}$
 - $M_y = 12763 \text{ kg.m}$

$$W_{poer} = 3 \text{ m. } 21,2 \text{ m. } 1,1 \text{ m. } 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 183168 \text{ kg}$$

Maka ΣP akibat beban tetap (D+L)

$$= P + W_{poer} = 2079059,16 \text{ kg}$$

Maka ΣP akibat beban sementara (1,2D+L+Ex)

$$= P + W_{poer} = 2907914 \text{ kg}$$

Maka ΣP akibat beban sementara (1,2D+L+Ey)

$$= P + W_{poer} = 2748438 \text{ kg}$$

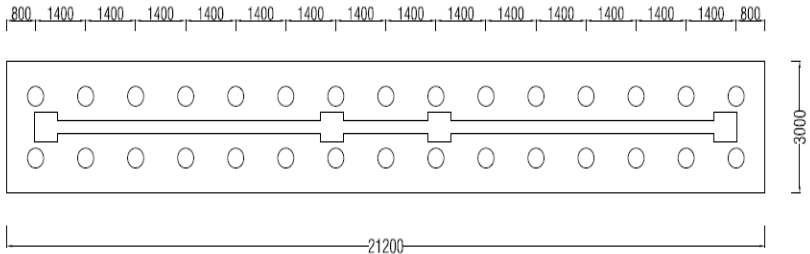
3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan akibat beban layan ;

$$N_{Tp} = \frac{P_u}{Q_{ijin \text{ tana h}}} = \frac{2079059,16 \text{ kg}}{94012 \text{ kg}} = 24 \approx \text{pakai 30 buah Tp}$$

Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus *Converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code AASHTO* adalah :

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



Gambar 7. 63 Pondasi Tipe 2

dimana:

- m = banyaknya tiang dalam kolom = 2 buah
- n = banyaknya tiang dalam baris = 15 buah
- D = diameter tiang pancang = 0,45 m
- S = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,4 m

Sehingga:

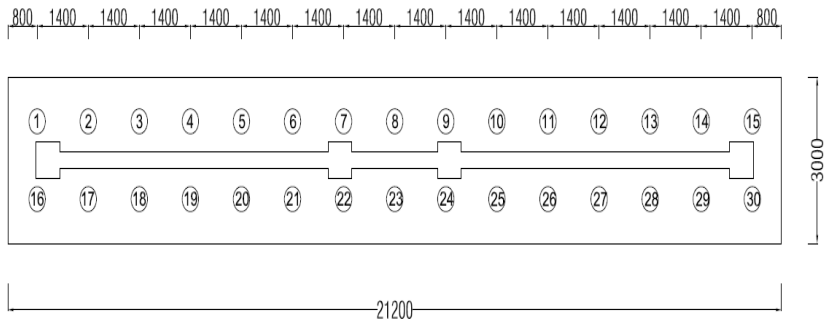
$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,45m}{1,0m} \left[\frac{(15-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 15}{90 \cdot 2 \cdot 15} \right] = 0,72$$

$$P_{ijin} \text{ kelompok} = \eta \times P_{ijin} \times n \text{ tiang} \\ = 2019,9 \text{ Ton}$$

$$P_{ijin} \text{ kel.} > P_u \text{ (akibat beban tetap)}$$

$$290,16 \text{ Ton} > 1895,8 \text{ Ton (memenuhi)}$$

4. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 7. 64 Titik Nomor Perhitungan Tiang Pancang

Maka gaya yang dipikul tiap tiang pancang dapat diketahui dari tabel berikut ;

Tabel 7. 9 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang Dari Titik Pusat

No	x	y	x ²	y ²
1	-9,8	0,70	96,04	0,49
2	-8,4	0,70	70,56	0,49
3	-7	0,70	49	0,49
4	-5,60	0,70	31,36	0,49
5	-4,20	0,70	17,64	0,49
6	-2,80	0,70	7,84	0,49
7	-1,40	0,70	1,96	0,49
8	0	0,70	0	0,49
9	1,40	0,70	1,96	0,49
10	2,80	0,70	7,84	0,49
11	4,20	0,70	17,64	0,49
12	5,60	0,70	31,36	0,49
13	7	0,70	49	0,49
14	8,4	0,70	70,56	0,49
15	9,8	-0,70	96,04	0,49
16	-9,8	-0,70	96,04	0,49
17	-8,4	-0,70	70,56	0,49
18	-7	-0,70	49	0,49
19	-5,60	-0,70	31,36	0,49
20	-4,20	-0,70	17,64	0,49
21	-2,80	-0,70	7,84	0,49
22	-1,40	-0,70	1,96	0,49
23	0	-0,70	0	0,49
24	1,40	-0,70	1,96	0,49
25	2,80	-0,70	7,84	0,49
26	4,20	-0,70	17,64	0,49
27	5,60	-0,70	31,36	0,49
28	7	-0,70	49	0,49
29	8,4	0,70	70,56	0,49
30	9,8	-0,70	96,04	0,49
Σ			1097,6	14,21

Dari tabel diatas didapatkan ;

$$X_{max} = 9,80$$

$$Y_{max} = 0,70$$

$$\Sigma_x^2 = 1097,6$$

$$\Sigma_y^2 = 14,21$$

$$nx = 15$$

$$ny = 2$$

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y_{max}}{nx \Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x_{max}}{ny \Sigma x^2}$$

a. Perhitungan akibat beban tetap (D+L):

$$P = \frac{2079059,16 \text{ kg}}{30} + \frac{87425 \text{ kg m}^2}{2195,2 \text{ m}^2} + \frac{20194,7 \text{ kg m}^2}{213,15 \text{ m}^2}$$

$$P = 69,42 \text{ ton} < 94,012 \text{ ton (OK!)}$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$P = \frac{2724746 \text{ kg}}{30} + \frac{208544 \text{ kg m}^2}{2195,2 \text{ m}^2} + \frac{52451 \text{ m}^2}{213,15 \text{ m}^2}$$

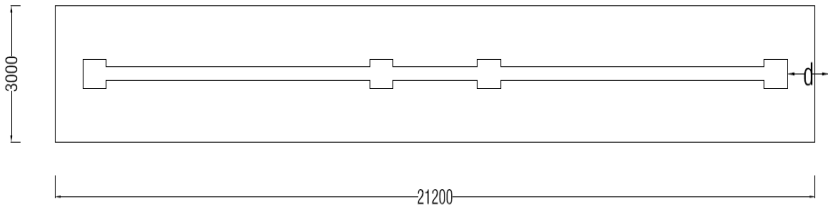
$$P = 91,165 \text{ ton} < 94,012 \text{ ton (OK!)}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$P = \frac{2748438 \text{ kg}}{30} + \frac{125077 \text{ kg m}^2}{2195,2 \text{ m}^2} + \frac{85697,5 \text{ kg m}^2}{213,15 \text{ m}^2}$$

$$P = 92,08 \text{ ton} < 94,012 \text{ ton (memenuhi)}$$

5. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada *Poer* Akibat *Shearwall*



Gambar 7. 65 Bidang Kritis Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 1200\text{mm} - 40\text{ mm} - 22\text{mm} - 22\text{mm} / 2$$

$$d = 1149\text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor dan dipilih yang terbesar (1,2D+L+Ex)

$$P_u = 2907914\text{ kg}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{B.L} = \frac{2907914\text{ kg}}{3\text{ meter} \times 21,2\text{ meter}} = 45722\text{ kg/m}^2$$

$$= 45,72\text{ Ton/m}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u

$$V_u = Q_u \cdot L \cdot G$$

Dimana :

G = daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser penulangan satu arah. (L-(L/2+lebar *shearwall*/2+d)

$$G = L\text{ poer} - (L\text{ poer}/2 + b\text{ shearwall}/2 + d)$$

$G = 0$ (karena jarak sejauh $d=1149\text{mm}$ melebihi jarak dari tepi *shearwall* ke tepi poer)

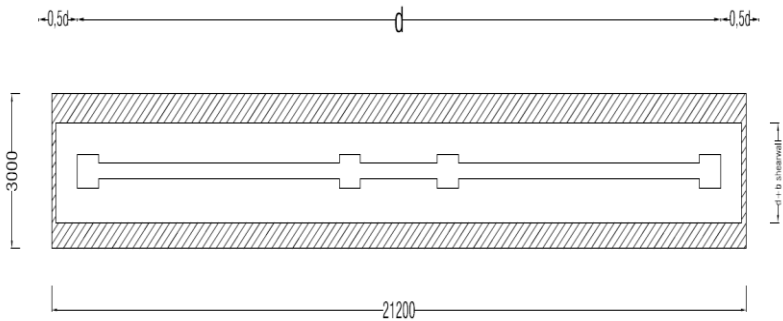
$$V_u = 46,14\text{ Ton/m}^2 \cdot 0\text{ m} \cdot 3\text{ m} = 0$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\ &= 254,91 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$V_c = 254,91 \text{ Ton} > V_u = 0 \text{ Ton} \text{ (memenuhi)}$$

6. Cek Perhitungan Geser Dua Arah Pada Poer Akibat *Sherawall* dan Tiang Pancang



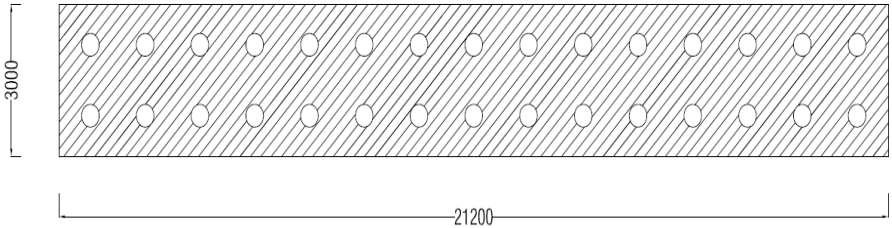
Gambar 7. 66 Bidang Kritis Dua Arah Akibat *Shearwall*

$$\begin{aligned}Q_u &= \frac{P_u}{B \cdot L} = \frac{2907914 \text{ kg}}{3 \text{ meter} \times 21,2 \text{ meter}} = 45722 \text{ kg/m}^2 \\ &= 45,72 \text{ Ton/m}^2\end{aligned}$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer :

$$\begin{aligned}A_t &= (B_{\text{poer}} \cdot L_{\text{poer}}) - (b_{\text{shearwall}} + d) (h_{\text{shearwall}} + d) \\ &= (3\text{m} \cdot 21,2\text{m}) - (0,6\text{m} + 1,149\text{m}) + (19\text{m} + 1,149\text{m}) \\ &= 28,359 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 45,72 \text{ Ton/m}^2 \cdot 28,359 \text{ m}^2 \\ &= 1296,6 \text{ Ton}\end{aligned}$$



Gambar 7. 67 Bidang Kritis Dua Arah Akibat Tiang

Diketahui beban terpusat tiang terbesar yaitu :

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \frac{P_u}{B.L} = \frac{2907914 \text{ kg}}{3 \text{ meter} \times 21,2 \text{ meter}} = 45722 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 45,72 \text{ Ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (B_{poer} \cdot L_{poer}) - n \cdot A_{tiang} \\
 &= (3\text{m} \cdot 21,2\text{m}) - (30 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,45\text{m})^2) \\
 &= 58,829 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 45,72 \text{ Ton/m}^2 \cdot 58,829 \text{ m}^2 \\
 &= 2689,8 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Maka untuk nilai V_u yang dipakai adalah nilai yang terbesar dari kedua nilai V_u akibat *shearwall* dan V_u akibat tiang pancang. Maka diambil nilai $V_u = 2689,8 \text{ Ton}$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

- $V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

$$\beta = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (600 \text{ mm} + 19000 \text{ mm}) + 4 \cdot 1149 \text{ mm}$$

$$= 43796 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 43796 \text{ mm} \cdot 1149 \text{ mm}$$

$$V_c = 151830378 \text{ N} = 15183 \text{ Ton}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

maka :

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{30 \cdot 1149 \text{ mm}}{43796 \text{ mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 43796 \text{ mm} \cdot$$

$$1149 \text{ mm}$$

$$V_c = 75349875,56 \text{ N} = 7534,9 \text{ Ton}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 43796 \text{ mm} \cdot 1149 \text{ mm}$$

$$V_c = 98243185,95 \text{ N} = 9824,3 \text{ Ton}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $V_c = 7534,9 \text{ Ton}$

$$V_u = 2689,8 \text{ Ton} < V_c = 7534,9 \text{ Ton} \text{ (memenuhi)}$$

7. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya *poer* diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri *pile cap*. Beban perencanaan merupakan beban terbesar yang diterima tiap tiang pancang terfaktor sementara ($1,2D+1L+Ex$).

$$P_u = 92073,63 \text{ kg} = 92,073 \text{ Ton}$$

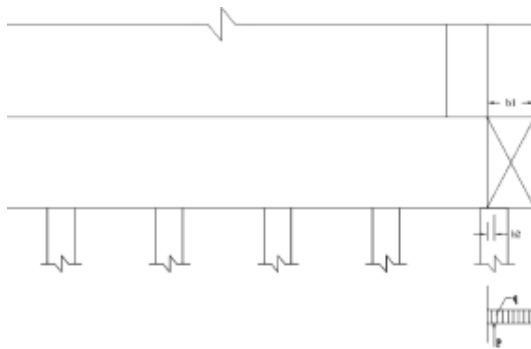
Data Perencanaan :

B_{poer}	= 3000 mm
L_{poer}	= 21200 mm
h_{poer}	= 1200 mm
selimut beton	= 40 mm
D tulangan lentur	= 22 mm

$$d_x = 900 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 1149 \text{ mm}$$

$$d_y = 900 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 22 - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 1127 \text{ m}$$

c. Penulangan Poer Arah X



Gambar 7. 68 Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi } shearwall \\ = 0,775 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke as kolom} \\ = 0,05 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3 \text{ m. } 1,2 \text{ m. } 2400 \text{ kg/m}^3 \\ = 8640 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$M_{ux} = -Mq + Mp \\ = - (0,5 \cdot q_u \cdot (b_1)^2) + (P \cdot b_2) \\ = - (0,5 \cdot 8640 \text{ kg} \cdot (0,775 \text{ m})^2) + (92073,63 \text{ kg} \cdot 0,05 \text{ m}) \\ = 2008,98 \text{ kg} \cdot \text{m} = 20089815,1 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{20089815,1 \text{ Nmm}}{0,9} = 22322017 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{22322017 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 1149 \text{ mm}^2} = 0,02 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,02}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0004$$

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

Karena nilai $\rho < \rho_{min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1149 \text{ mm}$$

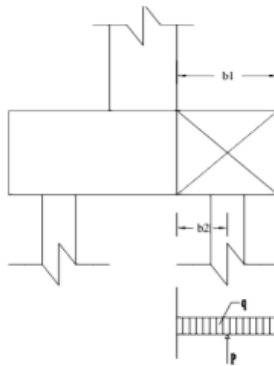
$$A_s \text{ perlu} = 4022 \text{ mm}^2$$

Dipakai **D22-80**, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{80\text{mm}} = 4752 \text{ mm}^2$$

$A_{s\text{perlu}} < A_{s\text{pakai}}$ (memenuhi)

d. Penulangan Poer Arah Y



Gambar 7. 69 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi shearwall} \\ = 1,18 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi shearwall} \\ = 0,375 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 21,2\text{m} \cdot 1,2\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 \\ = 61056 \text{ kg/m}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$M_{uy} = -Mq + Mp \\ = - (0,5 \cdot q_u \cdot (b_1)^2) + (P \cdot b_2) \\ = - (0,5 \cdot 61056 \text{ kg} \cdot (1,18\text{m})^2) + (92073,6 \text{ kg} \cdot 0,375 \text{ m})$$

$$= 7979,57 \text{ kg.m} = 79795759 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{79795759 \text{ N.mm}}{0,9} = 88661954 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{88661954 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 1127 \text{ mm}^2} = 0,07 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,44$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,07}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0002$$

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

Karena nilai $\rho < \rho_{min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1127 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 3945 \text{ mm}^2$$

Dipakai **D22-80**, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{80 \text{ mm}} = 4752 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai} \quad (\text{memenuhi})$$

8. Transfer Beban *Shearwall* kepondasi

$$\begin{aligned} A1 &= \text{Luas shearwall} \\ &= 4 \times (600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}) + (300 \text{ mm} \times 17050 \text{ mm}) \\ &= 655000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A2 &= \text{Luas poer} = 3000 \text{ mm} \times 21200 \text{ mm} \\ &= 63600000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1 ;

$$\begin{aligned}
 P_u &= 2907914 \text{ kg} = 29079140 \text{ N} \\
 NI &= \emptyset. 0,85. f_c' \cdot AI \\
 &= 0,65. 0,85. 35 \text{ Mpa}. 655000 \text{ mm}^2 \\
 &= 126757312,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka $NI=126757312,5 \text{ N} > P_u= 29079140 \text{ N}$ (memenuhi)

- c. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi N2 ;

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{63600000 \text{ mm}^2}{655000 \text{ mm}^2}} = 3,1$$

Namun sesuai SNI 2847 2013 pasal 10.14.1 nilai diatas tidak perlu diambil lebih dari 2

$$\begin{aligned}
 N2 &= 2. N1 \\
 &= 2. 126757312,5 \text{ N} = 253514625 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka $N2=253514625 \text{ N} > P_u= 29079140 \text{ N}$ (memenuhi)

Dengan demikian tidak perlu ditambahkan tulangan stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi .

9. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\begin{aligned}
 \ell_{dc1} &= \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot db = \frac{0,24 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \cdot 22 \text{ mm} \\
 &= 356,99 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \ell_{dc1} &= 0,043 \cdot db \cdot F_y = 0,043 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 400 \text{ Mpa} \\
 &= 378,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai nilai ℓ_{dc1} terbesar = 356,9 mm \approx 400 mm

Berdasarkan SNI SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 22 \text{ mm} = 875 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

7.13. Perhitungan Balok Sloof

Balok sloof berfungsi untuk mengikat pondasi satu dengan pondasi lainnya agar jika terjadi penurunan secara bersamaan. Adapun beban-beban yang ditimpakan pada *sloof* tersebut adalah berat sendiri *sloof*, berat dinding basement dan beban aksial dari kolom sebesar 10% dari beban aksial kolom tersebut.

Data perencanaan ;

$$L \text{ Sloof} = 8000 \text{ mm}$$

$$b \text{ sloof} = 400 \text{ mm}$$

$$h \text{ sloof} = 600 \text{ mm}$$

$$d \text{ lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$d \text{ geser} = 13 \text{ mm}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$F_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$\phi \text{ geser} = 0,85$$

$$\phi \text{ lentur} = 0,9$$

$$\text{Cover} = 40 \text{ mm}$$

$$P_u \text{ kolom} = 461 \text{ Ton}$$

$$10\% P_u = 46,1 \text{ Ton} = 461000 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 21.12.3.2 balok *sloof* yang di desain sebagai pengikat horizontal antara poer harus diproporsikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar dari jarak antar kolom dibagi 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450 mm

$$b \text{ sloof} = 400 \text{ mm} \geq 8000\text{mm}/20$$

$$b \text{ sloof} = 400 \text{ mm} \geq 400 \text{ (memenuhi)}$$

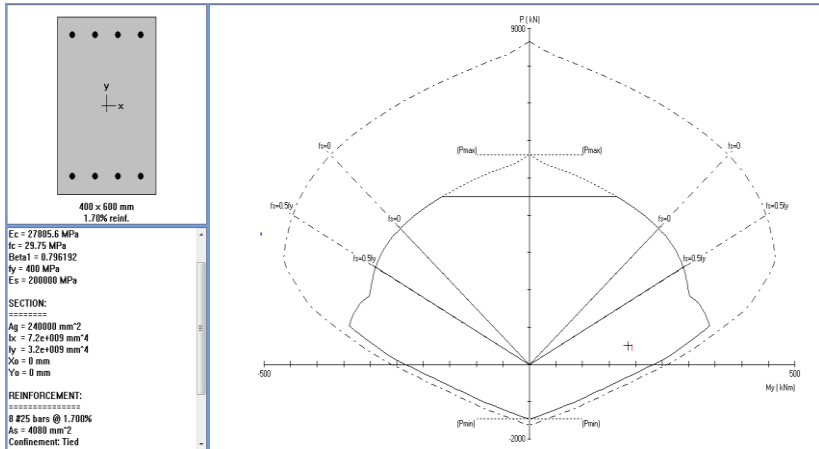
7.13.1 Penulangan Lentur Sloof

Beban yang diterima sloof :

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 2400 \times 400 \times 600 = 576 \text{ kg/m} \\ \text{Berat dinding basement} &= 2400 \times 0,25 \times 2,5 = 1500 \text{ kg/m} + \\ \hline Q_d &= 2076 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,4 \cdot Q_d = 1,4 \cdot 2076 \text{ kg/m} = 2906,4 \text{ kg/m} \\ M_u &= 1/10 \cdot Q_u \cdot L^2 = 18600,96 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Lalu dari hasil analisa diatas penulangan sloof direncanakan menggunakan program bantu SPColumn. Dan hasil analisa didapatkan tulangan lentur sloof **8 D 25** serta diagram interaksi sebagai berikut :



Gambar 7. 70 Hasil Analisa Balok Sloof Pada SPColumn

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \text{dsengakang} - n \text{ tulangan utama}}{n - 1} \\ &= \frac{400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - 4 \cdot 25 \text{ mm}}{4 - 1} = 64,7 \text{ mm} \\ 64,7 \text{ mm} &> 25 \text{ mm (OKE)} \end{aligned}$$

7.13.2 Penulangan Geser Sloof

Menurut SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.2, dimana V_u ;

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot Q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 2906,4 \text{ kg/m} \cdot 8 \text{ m} \\ &= 8304 \text{ kg} = 83,04 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$A_g = 400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 240000 \text{ mm}^2$$

$$d = h - \text{decking} - \text{dsengkang} - d \text{ lentur} / 2 = 534,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$$

=

$$\begin{aligned} &0,17 \cdot \left(1 + \frac{503900 \text{ N}}{14 \cdot 240000 \text{ mm}^2} \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} \\ &= 247273,3 \text{ N} = 247,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 0,75 \cdot 247,3 \text{ kN} = 185,45 \text{ kN}$$

$$\emptyset \cdot V_c > V_u$$

185,45 kN > 83,04 kN (maka perlu tulangan geser minimum)

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= 0,33 \cdot b_w \cdot d = 0,33 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 534,5 \text{ mm} \\ &= 70554 \text{ N} \end{aligned}$$

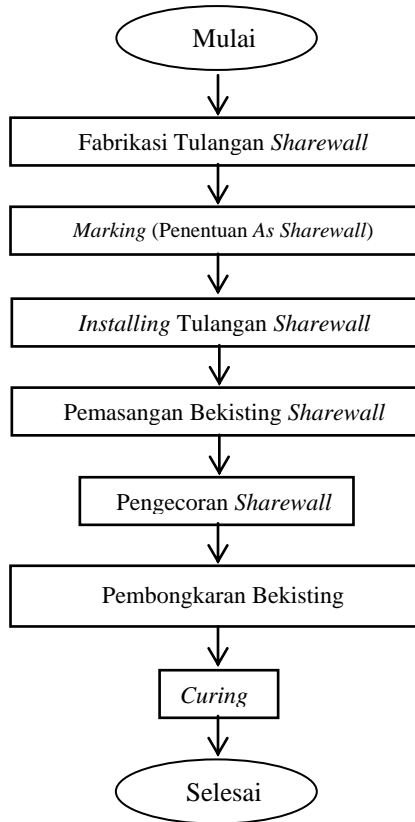
$$S_{maks} = \frac{1}{2} \cdot d = 267,25 \text{ mm}, \text{ pakai } s = 150 \text{ mm}$$

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} = \frac{70554 \text{ N} \cdot 150}{400 \text{ Mpa} \cdot 534,5 \text{ mm}} = 49,5 \text{ mm}^2$$

Maka pakai sengkang **2 kaki D13-150**

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 8
METODE PELAKSANAAN SHEARWALL



Gambar 8. 1 Bagan Alir Metode Pelaksanaan Pekerjaan
Shearwall

8.1. Metode Pelaksanaan *Shearwall*

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai langkah-langkah pekerjaan *Shearwal* mulai dari fabrikasi sampai *curing* beton. Langkah-langkah nya adalah sebagai berikut :

1. Fabrikasi Tulangan *Shearwall*

Fabrikasi tulangan dilakukan di *workshop* tulangan yang biasanya terdapat di lantai dasar proyek. Untuk mempermudah dalam pemotongan tulangan dan membengkokkan tulangan sesuai dengan kebutuhan perenrencanaan menggunakan alat *bar bender* dan *bar cutter*. Perakitan tulangan *shearwall* yang dikerjakan di las besi sesuai dengan gambar kerja sebelum dipasang.



Gambar 8. 2 Proses Fabrikasi Tulangan



Gambar 8. 3 Perakitan Tulangan *Shearwall*

2. *Marking As Shearwall*

Untuk penentuan *as shearwall* menggunakan alat bantu Theodolit dan *waterpass* berdasarkan *shop drawing* dengan menggunakan acuan yang telah ditentukan bersama dari titik BM (*Bench Mark*). Langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Buat *as shearwall* dari garis pinjaman.
- b. Pemasangan patok *as shearwall* (tanda berupa garis dari sipatan).
- c. Posisi *as shearwall* harus sentris kedudukannya terhadap *as shearwall* pada lantai sebelumnya, untuk itu dilakukan juga pengecekan dengan menggunakan benang dan unting-unting.



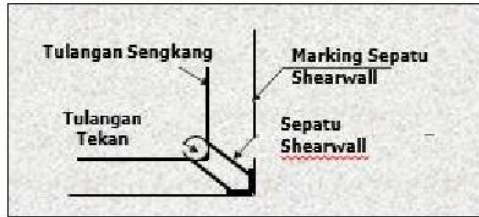
Gambar 8. 4 Penentuan *As Shearwall*

3. *Penginstallan Tulangan Shearwall*

Setelah *marking as shearwall* selesai, maka pekerjaan selanjutnya adalah pemasangan tulangan *shearwall* ke as rencana yang telah dibuat sebelumnya. Berikut langkah-langkah pekerjaan pemasangan tulangan :

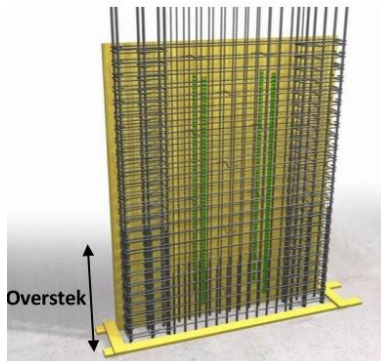
- a. Sebelum melakukan pemasangan tulangan *shearwall* dilakukan marking sepatu *shearwall* sebagai pengaku posisi tulangan *shearwall* agar tidak berubah posisi pada saat

pengcoran dan sebagai tempat batas atau penahan bekisting. Pasang sepatu *shearwall* pada tulangan utama atau tulangan sengkang.



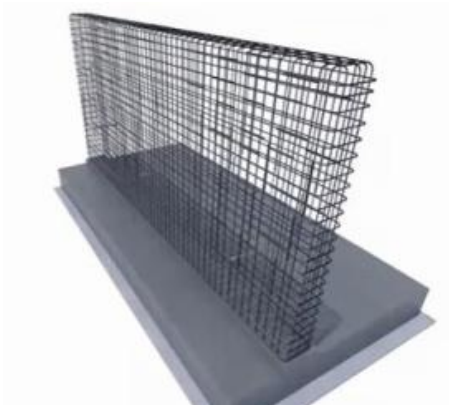
Gambar 8. 5 Letak Pemasangan Sepatu *Shearwall*

- b. Tulangan yang telah selesai dirakit atau difabrikasi diangkat menggunakan tower crane ke lokasi yang akan dipasang. Tulangan *shearwall* yang baru diangkat digabungkan dengan tulangan *shearwall* yang lama dengan *overstek*.



Gambar 8. 6 *Installing Tulangan Shearwall*

Kencangkan besi *shearwall* dan stek besi dengan menggunakan sengkang.



Gambar 8. 7 Tulangan *Shearwall* Terpasang

- c. Pemasangan *styrofoam* pada daerah *block-out* untuk menjaga beton tidak mengenai daerah block-out saat proses pengecoran.



Gambar 8. 8 Pemasangan *Styrofoam* Pada Daerah *Blockout*

- d. Langkah yang terakhir adalah memasang beton *decking* setebal 4cm sebagai pelurus tebal selimut saat pengecoran.

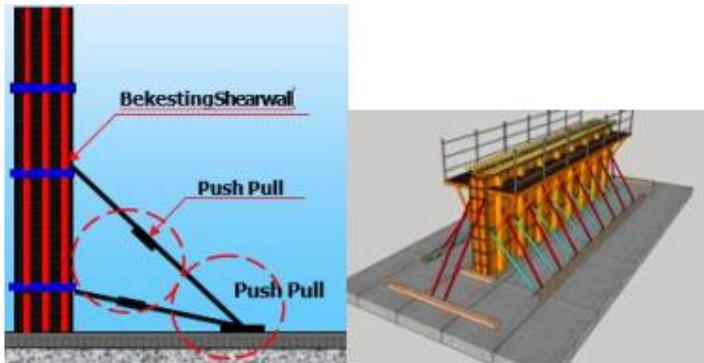


Gambar 8. 9 Pemasangan Beton *Decking*

4. Pemasangan Bekisting *Shearwall*

Berikut langkah-langkah pekerjaan pemasangan bekisting *shearwall* :

- a. Pengecekan kembali penulangan *shearwall* oleh QC proyek
- b. Bersihkan area *shearwall* terlebih dahulu.
- c. Olesi bekisting dengan oil form agar mudah dilepas setelah proses pengecoran.
- d. Pengangkatan bekisting *shearwall* yang telah difabrikasi menggunakan tower crane ke lokasi *shearwall*.
- e. Tempatkan bekisting sesuai dengan as yang telah di marking sebelumnya.
- f. Atur kelurusan bekisting *shearwall* dengan memutar push pull.



Gambar 8. 10 Bekisting Shearwall
(Sumber : Slideshare.com “Metode Pelaksanaan
Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”))

- g. Setelah bekisting terpasang cek vertikalitas tulangan dan bekisting dengan meteran, unting-unting dan benang yang ditempatkan pada kedua sisi bekisting sebelum dilakukan pengecoran.



Gambar 8. 11 Proses Cek Vertikalisasi

5. Pengecoran *Shearwall*

Pada tahap pengecoran, mutu beton disesuaikan dengan perencanaan sebelumnya. Berikut langkah-langkah pelaksanaan pengecoran *shearwall* ;

- Sebelum dilaksanakan pengecoran, *shearwall* yang akan dicor harus bersih dari kotoran/material lain agar tidak membahayakan konstruksi dan menghindari kerusakan beton.
- Berikan mortar pada sekeliling sepatu *shearwall* untuk menghindari kebocoran.
- Beton ready mix yang sudah siap, dilakukan slump test terlebih dahulu pada material beton yang akan digunakan untuk pengecoran. Nilai slump test yang disyaratkan antara 12 ± 2 cm.



Gambar 8. 12 Tahapan Slump Test Beton
(Sumber : Metode Pelaksanaan PT. PP)

- Setelah nilai slump memenuhi maka diambil benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.



Gambar 8. 13 Benda Uji Silinder

- e. Pengecoran dilakukan dengan menggunakan concrete bucket yang dihubungkan dengan pipa tremi.



Gambar 8. 14 Penuangan Beton Ready Mix

- f. Kemudian concrete bucket diangkut dengan menggunakan tower crane ke lokasi *shearwall* yang akan dicor.

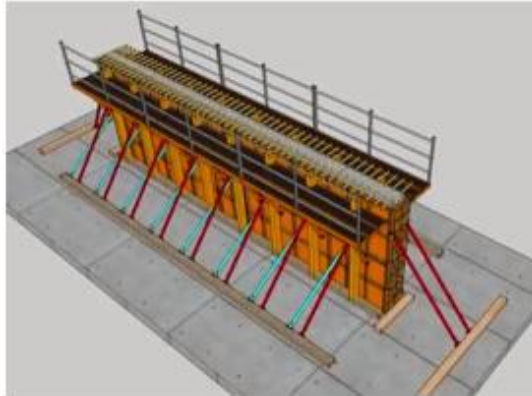


Gambar 8. 15 Pengangkatan *Bucket* Dengan TC

- g. Setelah sampai di lokasi pengecoran, beton dituangkan melalui pipa tremi kedalam bekisting. Penuangan beton dilakukan secara bertahap dengan tinggi jatuh sesuai yang disyaratkan yaitu dibawah 1,5m, hal ini untuk menghindari terjadinya *segregasi* yaitu pemisahan agregat yang dapat mengurangi mutu beton.



Gambar 8. 16 Pengecoran Shearwall dengan Pipa Tremi



Gambar 8. 17 Shearwall Yang Telah Dicor

- h. Selama proses pengecoran berlangsung, pemadatan beton dilakukan dengan menggunakan vibrator. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan rongga-rongga udara serta untuk mencapai pemadatan yang maksimal.

6. Pembongkaran Bekisting Shearwall

Setelah pengecoran selesai dan beton sudah mulai kering (minimal 12 jam setelah pengecoran), maka dapat dilakukan pembongkaran bekisting. Berikut langkah-langkah pembongkaran bekisting *shearwall* :

- a. Balok perangkai atas dan bawah bekisting dilepas satu persatu dari panel dinding bekisting



Gambar 8. 18 Pelepasan Balok Perangkai pada Bekisting
 (Sumber : Slideshare.com “Metode Pelaksanaan
 Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”)

- b. Kendorkan push pull (penyangga bekisting), kemudian lepas push pull pada bekisting.



Gambar 8. 19 Pelepasan Push Pull Penyangga Bekisting
 (Sumber : Slideshare.com “Metode Pelaksanaan
 Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”)

- c. Kendorkan baut-baut yang ada pada bekisting *shearwall*, sehingga rangkaian atau panel bekisting terlepas.



Gambar 8. 20 Pelepasan Panel/Papan Bekisting
(Sumber : Slideshare.com “Metode Pelaksanaan
Pembongkaran Pekerjaan Bekisting”)

- d. Setelah bekisting dilepas, kemudian ditempatkan kembali pada tempat penumpukan (fabrikasi) bekisting.

7. Perawatan Beton Shearwall (Curing)

Curing beton shearwall dilakukan setelah pengecoran selesai dengan system kompon yaitu dengan disiram 3 kali sehari selama 3 hari untuk mencegah penguapan air pada permukaan beton dan menjaga suhu serta kelembaban beton agar tidak terjadi retak.



Gambar 8. 21 Curing Beton Shearwall

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 9

KESIMPULAN DAN SARAN

9.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil perhitungan dan juga analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat diketahui beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk memperoleh struktur yang efisien, perencanaan stuktur gedung beton bertulang 10 lantai yang dikenakan kategori desain seismik D dan termasuk kategori resiko 2 dapat dirancang menggunakan sistem struktur penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing khusus *Dual System* yaitu *SRPMK* dan *shearwall*, dan pengaruh gempa rencana berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan harus ditinjau dengan periode ulang gempa 2500 tahun.
2. Didapatkan perubahan dimensi-dimensi struktur balok dan kolom dari kondisi eksisting (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) dan kondisi setelah didesain dengan menggunakan sistem ganda sebagai berikut :
 - A. Rekapitulasi dimensi struktur balok dan kolom pada elevasi +1.00 (lantai dasar)

Tabel 9. 1 Dimensi Balok dan Kolom Lt. Dasar

No	Komponen	Tipe	Struktur Eksisting (cm)	Struktur Sistem Ganda (cm)
1	Balok	B1	50/70	35/60
2		B2	40/60	35/60
3		BA	30/45	30/40
4		BL	35/50	30/40
5		BB	25/35	25/35
6	Kolom	K1	70/70	65/65
7		K2	70/70	65/65
8		K3	55/55	45/45

B. Rekapitulasi dimensi struktur balok dan kolom pada elevasi +4.60 sampai elevasi +19.30 (lantai 1 – lantai 5)

Tabel 9. 2 Dimensi Balok dan Kolom Lt.1- Lt 5

No	Komponen	Tipe	Struktur Eksisting (cm)	Struktur Sistem Ganda (cm)
1	Balok	B1	50/70	35/60
2		B2	40/60	35/60
3		BA	30/45	30/40
4		BL	35/50	30/40
5		BK	30/40	25/30
6		BB	25/35	25/35
7	Kolom	K1	70/70	65/65
8		K2	70/70	65/65
9		K3	55/55	45/45

- C. Rekapitulasi dimensi struktur balok dan kolom pada elevasi +22.90 sampai elevasi +35.70 (lantai 6 – lantai atap)

Tabel 9. 3 Dimensi Balok dan Kolom Lt.6- Lt Atap

No	Komponen	Tipe	Struktur Eksisting (cm)	Struktur Sistem Ganda (cm)
1	Balok	B1	50/70	30/60
2		B2	40/60	35/55
3		BA	30/45	30/40
4		BL	35/50	30/40
5		BK	30/40	25/30
6		BB	25/35	25/35
7	Kolom	K1	70/70	55/55
8		K2	70/70	55/55
9		K3	55/55	45/45

3. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan, hasil perhitungan struktur Gedung Hotel Namira Di Surabaya dengan menggunakan metode sistem ganda/ *dual system* adalah sebagai berikut :

- Tangga (Tebal pelat tangga dan pelat bordes 15 cm)

Tabel 9. 4 Tabel Kesimpulan Pelat Tangga

Tipe pelat	Jenis pelat	Tumpuan		Lapangan	
		Utama	susut	Utama	susut
Tangga	satu arah	D13 - 150	D10 -200	D13 - 150	D10 200
Bordes	satu arah	D13 - 150	D10 -200	D13 - 150	D10 -200

- Pelat Lantai (Tebal 12 cm)

Tabel 9. 5 Tabel Kesimpulan Pelat

Tipe Pelat	Ly (m)	Lx (m)	Jenis plat	Tump.X (mm)	Tump.Y (mm)	Lap X (mm)	Lap Y (mm)	susut (mm)
P1	6	4	Dua arah	D12 - 150	D12 - 150	D12 - 150	D12 - 150	D10-200
P2	4	3	Dua arah	D12 - 150	D12 - 150	D12 - 150	D12 - 150	D10-200
P3	6	4	Dua arah	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150	D10-200
P4	4	3	Dua arah	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150	D10-200
P5	6	4	Dua arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D8-200
P6	4	3	Dua arah	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D8-200
PA	1.3	3	Satu arah	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150	D10-200

- Struktur Balok

Tabel 9. 6 Tabel Kesimpulan Balok

Tipe Balok	Dimensi	Tulangan lentur				Tulangan geser		Tulangan torsi
		Tuumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
		Atas	Bawah	Atas	Bawah			
B1	35/60	6 D 25	3 D 25	2 D 25	3 D 25	D 13 -120	D13 - 150	2 D 25
B2	35/60	5 D 25	4 D 25	2 D 25	3 D 25	D 13 -120	D13 - 150	2 D 25
B3	30/60	6 D 25	3 D 25	2 D 25	3 D 25	D 13 -120	D13 - 150	2 D 25
B4	30/55	5 D 25	3 D 25	2 D 25	2 D 25	D 13 -120	D13 - 150	2 D 25
BL	30/40	3 D 19	3 D 19	2 D 19	2 D 19	D 13 -120	D13 - 150	2 D 16
BA	30/40	4 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	D 10 - 100	D 10 - 150	2 D 10
BK1/2	20/30	3 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	D 10 - 150	D 10 - 150	2 D 10
B lift	20/35	3 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	D 10 - 150	D 10 - 150	2 D 10

- Kolom

Tabel 9. 7 Tabel Kesimpulan Kolom

Tipe Kolom	Dimensi (mm)	Tulangan lentur	Tulangan Geser	
			Lo	Luar Lo
K1	65/65	16 D 25	5D13-100	5D13-150
K2	55/55	12 D 25	5D13-100	5D13-150
K3	45/45	12 D 25	4D13-100	4D13-150

- Shearwall

Tabel 9. 8 Tabel Kesimpulan *Shearwall*

Tipe SW	Ketebalan (mm)	Tulangan		
		Horizontal	Vertikal	Confinement
SW 30cm	300	2D16-250	2D16-250	2D13-100
SW 25Cm	250	2D16-350	2D16-350	2D13-100

- Pondasi

Tabel 9. 9 Tabel Kesimpulan Pondasi

Tipe	Dimensi pilecap(m)	tebal pilecap(m)	Diameter pancang(m)	kedalaman pancang(m)	jumlah tiang	Tulangan lentur	
						x	y
P1	2,6 x 2,8	0,9	0,45	30	6	D22-100	D22-100
P2	3 x 21,2	1,2	0,45	30	30	D22-80	D22-80
P3	3,8 x 5	0,9	0,45	30	12	D22-100	D22-100
P4	5 x 6,2	1,2	0,45	30	20	D22-100	D22-100

- Sloof

Tabel 9. 10 Tabel Kesimpulan Sloof

Dimensi (cm)	Tulangan lentur		Tulangan geser
	Atas	Bawah	
40/60	4 D 25	4 D 25	2 D13-150

- Balok Kopel

Dari hasil perhitungan didapatkan :

Tulangan Longitudinal Atas	= 4 D 22
Tulangan Longitudinal Bawah	= 4 D 22
Tulangan Transversal	= 2 D 10 – 100
Tulangan Diagonal	= 4 D 22
Tulangan Transversal Diagonal	= 2 D 10 - 100

3. Secara kapasitas, hasil dimensi struktur balok dan kolom dapat diperbesar guna memperkecil jumlah kebutuhan tulangan, namun hal tersebut akan sangat berpengaruh terhadap periode fundamental struktur tersebut. Dimana T_c (periode hasil analisis) sudah mendekati nilai pendekatan dari periode fundamental struktur yang disyaratkan dalam SNI 1726 2012. Apabila dimensi struktur tersebut diperbesar maka periode hasil analisis akan semakin kecil dan menjauhi nilai pendekatan yang disyaratkan SNI 03 1726 2012.

9.2 Saran

1. Pentingnya menyusun sistematika dan metodologi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini secara runtut agar lebih mudah dan sistematis dalam proses pengerjaan Tugas Akhir Terapan, serta data penunjang yang lengkap.
2. Perlunya ketelitian dalam analisa dan perhitungan untuk pengerjaan Tugas Akhir, dikarenakan banyaknya perhitungan struktur yang ada, agar tidak ada yang terlewat dan tidak terkjadi kesalahan.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI 03-1726-2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non-Gedung*. Jakarta : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 03-1727-2013 *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. Jakarta : BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 03-2847-2013 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : BSN.
- Imran, I. & Hendrik, F. (2014). *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung : Penerbit ITB.
- Park, R. & Paulay, T. (1975). *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley & Sons.
- Sosrodarsono, S. & Nakazawa, K (2000). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : Penerbit Pradnya Paramita.

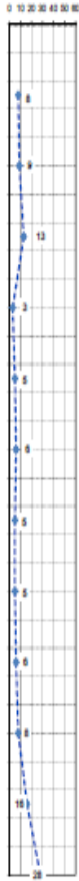
LAMPIRAN A
(DATA TANAH)

DRILLING LOG

Project No. : 1 Project : Jembatan & Jalan Akses Muar - Jambang Type of Drilling : Rotary
 Bore Hole No. : 1 Lokasi : Kota Sembaya Date : 22-Nov-16
 Water Table : 2m (Diat Muka) Elevation : ± 0,0 (muka tanah setempat) Driller : Dauski

East :
 North :
 Scale :

Depth (m)	Elevation (m)	Soil Description	Soil Classification	Standard Penetration Test				Physical Properties				Atterberg Limit			Oedometer Test		Strength Test						
				Blow Count	N-Value	W _L (%)	S _L (%)	G _s	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Sw _{max} (%)	σ _v ' (kN/m ²)	σ _u ' (kN/m ²)	φ (°)	c _v (kN/m ²)	c _u (kN/m ²)					
																			SP	SWP	γ _{sat} (kN/m ³)		
0	0.00																						
1		Lempung Berlekas Abu-abu																					
2	-2.00	Lempung Berlekas Berpasir Abu-abu	Medium	10	2	2	2	5	8														
3																							
4																							
5	-5.00			10	3	3	6	3	9	5.710	37.56	100.00	1.078	2.580	56.86	30.80	23.86	0.246	-	-	Thou U	0.171	2.10
6																							
7																							
8																							
9	-8.00			10	3	1	1	2	3	5.964	62.37	100.00	1.708	2.932	60.43	20.44	40.49	0.716	-	-	Thou U	0.095	0.90
10																							
11																							
12	-12.00			10	5	1	2	3	5														
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28	-28.00			10	6	2	3	3	6	5.873	66.08	100	1.788	2.867	60.21	21.02	70.79	-	-	-	Thou U	0.194	0.1
29																							
30																							
31																							
32																							
33																							
34																							
35	-35.00			10	20	7	14	14	28	5.754	35.74	100	1.100	2.713	67.79	23.28	64.60	-	-	-	Thou U	0.04	0.7



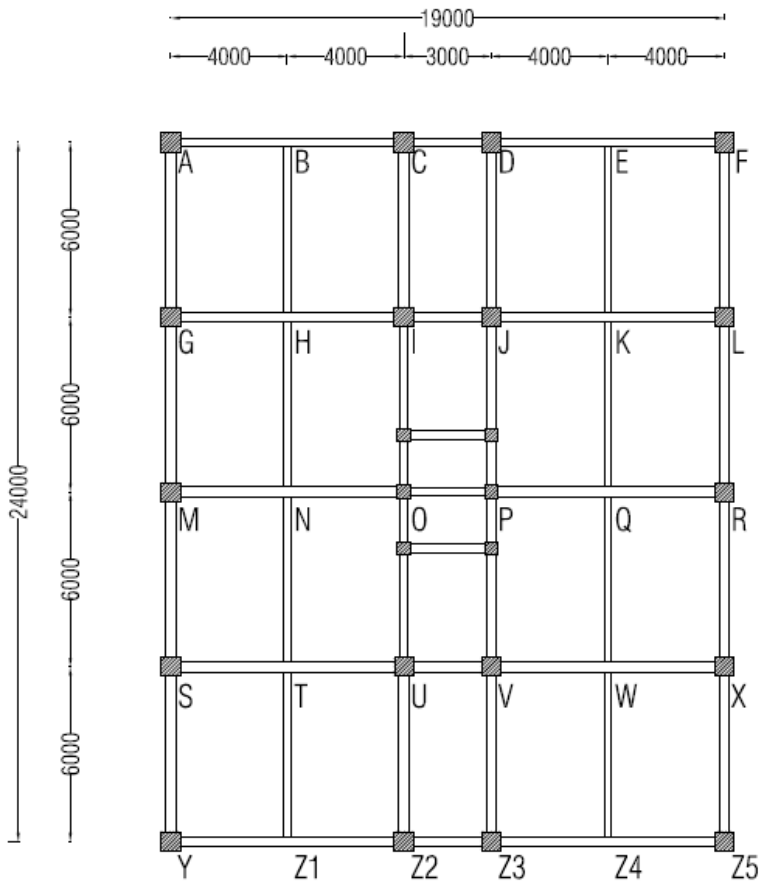
Legenda :
 = Lempung
 = Pasir
 = Batu
 = Lanas
 = Kerikil
 = Muka air Tanah

Remarks :
 () = Undisturbed Sample () = Unit weight
 SPT = SPT Test NP = Non Plastic W = Water content
 NI = No Sample/SPT < 50 S_L = Degree of Saturation V_v = Void Ratio
 LL = Liquid Limit C_c = Specific Gravity P_L = Plastic Limit
 φ = Friction Angle c_v = Cohesion P_i = Plasticity Index

LAMPIRAN B

(TABEL JOINT MASSES)

Berikut merupakan titik/joint untuk pembebanan joint masses pada analisa SAP2000 yang telah disesuaikan dengan denah bangunan :



Gambar 9.1 Denah Titik/Joint Pembebanan Untuk Joint Masses.

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Dasar)

Titik/Joint	Jenis Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	(kg/m ³ atau kg/m ²)		(kg)	(kg)	m/s ²	kg.s ² /m
A/F/Y/Z5	Beban Hidup	-	2	3	479	0,7	2011,8	14485,8	9,8	1478,14
	Beban Mati					Jumlah				
	Plat	0,12	3	2	2400		1728			
	Keramik+Spesi		3	2	77		462			
	Penggantung		3	2	10		60			
	Plafond		3	2	5		30			
	Instalasi Listrik		3	2	19		114			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	3		600		6030			
Dinding ArahX	3,35	2		600		4020				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Dasar)

Titik/Joint	Jenis Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m ³ atau kg/m ²		kg			
B/E/Z1/Z4	Beban Hidup	2	2	3	479	0,7	4023,6	22911,6	9,8	2337,92
	Beban Mati :					Jumlah				
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Keramik+Spesi		3	2	77	2	924			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	3		600		6030			
Dinding ArahX	3,35	4		600		8040				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Dasar)

Titik/Joint	Jenis Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
C/D/Z2/Z3	Beban Hidup	-	2	3	479	0,7	2011,8	17500,8	9,8	1785,8
	Beban Mati :					Jumlah				
	Plat	0,12	3	2	2400		1728			
	Keramik+Spesi		3	2	77		462			
	Penggantung		3	2	10		60			
	Plafond		3	2	5		30			
	Instalasi Listrik		3	2	19		114			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	3		600		6030			
Dinding ArahX	3,35	3,5		600		7035				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Dasar)

Titik/Joint	Jenis Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
G/L/S/X	Beban Hidup	2	2	3	479	0,7	4023,6	24921,6	9,8	2543,02
	Beban Mati :					Jumlah				
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Keramik+Spesi		3	2	77	2	924			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding ArahX	3,35	2		600		4020				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Dasar)

Titik/Joint	Jenis Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
H/K/T/W	Beban Hidup	-	6	4	479	0,7	8047,2	37753,2	9,8	3852,37
	Beban Mati :					Jumlah				
	Plat	0,12	3	2	2400	4	6912			
	Keramik+Spesi		3	2	77	4	1848			
	Penggantung		3	2	10	4	240			
	Plafond		3	2	5	4	120			
	Instalasi Listrik		3	2	19	4	456			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding ArahX	3,35	4		600		8040				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Dasar)

Titik/Joint	Jenis Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
I/J/U/V	Beban Hidup	3	2	3	479	0,7	6035,4	32342,4	9,8	3300,24
	Beban Mati :					Jumlah				
	Plat	0,12	3	2	2400	3	5184			
	Keramik+Spesi		3	2	77	3	1386			
	Penggantung		3	2	10	3	180			
	Plafond		3	2	5	3	90			
	Instalasi Listrik		3	2	19	3	342			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding ArahX	3,35	3,5		600		7035				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Dasar)

Titik/Joint	Jenis Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m ³ atau kg/m ²		kg			
M/R	Beban Hidup	2	2	3	479	0,7	4023,6	24921,6	9,8	2543,02
	Beban Mati :					Jumlah				
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Keramik+Spesi		3	2	77	2	924			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding ArahX	3,35	2		600		4020				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Dasar)

Titik/Joint	Jenis Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
N/Q	Beban Hidup	-	6	4	479	0,7	8047,2	37753,2	9,8	3852,37
	Beban Mati :					Jumlah				
	Plat	0,12	3	2	2400	4	6912			
	Keramik+Spesi		3	2	77	4	1848			
	Penggantung		3	2	10	4	240			
	Plafond		3	2	5	4	120			
	Instalasi Listrik		3	2	19	4	456			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding ArahX	3,35	4		600		8040				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Dasar)

Titik/Joint	Jenis Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
O/P	Beban Hidup	2	2	3	479	0,7	4023,6	24921,6	9,8	2543,02
	Beban Mati :					Jumlah				
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Keramik+Spesi		3	2	77	2	924			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding ArahX	3,35	2		600		4020				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt 1-8)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m ³ atau kg/m ²		kg			
A/F/Y/Z5	Beban Hidup	-	2	3	192	0,7	806,4	13280,4	9,8	1355,143
	Beban Mati									
	Balok B1	0,65	2	0,35	0		0			
	Balok B1"	0,5	3	0,3	0		0			
	Kolom K1	0,6	3,6	0,6	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400		1728			
	Keramik+Spesi		3	2	77		462			
	Penggantung		3	2	10		60			
	Plafond		3	2	5		30			
	Instalasi Listrik		3	2	19		114			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	3		600		6030			
Dinding ArahX	3,35	2		600		4020				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt 1-8)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
C/D/Z2/Z3	Beban Hidup	-	2	3	192	0,7	806,4	16295,4	9,8	1662,796
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	3,5	0,35	0		0			
	Balok B2	0,5	3	0,3	0		0			
	Kolom K1	0,6	3,6	0,6	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400		1728			
	Keramik+Spesi		3	2	77		462			
	Penggantung		3	2	10		60			
	Plafond		3	2	5		30			
	Instalasi Listrik		3	2	19		114			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	3		600		6030			
Dinding ArahX	3,35	3,5		600		7035				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt 1-8)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
G/L/S/X	Beban Hidup	2	2	3	192	0,7	1612,8	22510,8	9,8	2297,02
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	2	0,35	0		0			
	Balok B1"	0,5	6	0,3	0	-	0			
	Kolom K1	0,6	3,6	0,6	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Keramik+Spesi		3	2	77	2	924			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
	Dinding ArahX	3,35	2		600		4020			

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt 1-8)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
H/K/T/W	Beban Hidup	-	6	4	192	0,7	3225,6	32931,6	9,8	3360,367
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	4	0,35	0		0			
	Balok BA1	0,35	6	0,25	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	4	6912			
	Keramik+Spesi		3	2	77	4	1848			
	Penggantung		3	2	10	4	240			
	Plafond		3	2	5	4	120			
	Instalasi Listrik		3	2	19	4	456			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding ArahX	3,35	4		600		8040				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt 1-8)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m ³ atau kg/m ²		kg			
I/J/U/V	Beban Hidup	3	2	3	192	0,7	2419,2	28726,2	9,8	2931,245
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	3,5	0,35	0		0			
	Balok B2	0,5	6	0,3	0	-	0			
	Kolom K3	0,45	3,6	0,45	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	3	5184			
	Keramik+Spesi		3	2	77	3	1386			
	Penggantung		3	2	10	3	180			
	Plafond		3	2	5	3	90			
	Instalasi Listrik		3	2	19	3	342			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding ArahX	3,35	3,5		600		7035				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt 1-8)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
M/R	Beban Hidup	2	2	3	192	0,7	1612,8	22510,8	9,8	2297,02
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	2	0,35	0		0			
	Balok B1"	0,5	6	0,3	0	-	0			
	Kolom K1	0,6	3,6	0,6	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Keramik+Spesi		3	2	77	2	924			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding Arah X	3,35	2		600		4020				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt 1-8)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m ³ atau kg/m ²		kg	kg		
N/Q	Beban Hidup	2	2	3	192	0,7	1612,8	22510,8	9,8	2297,02
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	2	0,35	0		0			
	Balok B1"	0,5	6	0,3	0	-	0			
	Kolom K1	0,6	3,6	0,6	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Keramik+Spesi		3	2	77	2	924			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Waterproofing		3	2	5		30			
Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060				
Dinding Arah X	3,35	2		600		4020				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt 1-8)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
O/P	Beban Hidup	2	2	3	192	0,7	1612,8	22510,8	9,8	2297,02
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	2	0,35	0		0			
	Balok B2	0,5	6	0,3	0	-	0			
	Kolom K2	0,5	3,6	0,5	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Keramik+Spesi		3	2	77	2	924			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Waterproofing		3	2	5		30			
	Dinding Arah Y	3,35	6		600		12060			
Dinding Arah X	3,35	2		600		4020				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Atap)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
B/E/Z1/Z4	Beban Hidup	2	2	3	100	0,7	840	11172	9,8	1140
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	4	0,35	0		0			
	Balok BA1	0,35	3	0,25	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Lapisan aspal		3	2	14	2	168			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Dinding Arah Y	1,5	3		600		2700			
Dinding Arah X	1,5	4		600		3600				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Atap)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
C/D/Z2/Z3	Beban Hidup	-	2	3	100	0,7	420	8286	9,8	845,5102
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	3,5	0,35	0		0			
	Balok B2	0,5	3	0,3	0		0			
	Kolom K1	0,6	3,6	0,6	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400		1728			
	Lapisan aspal		3	2	14		84			
	Penggantung		3	2	10		60			
	Plafond		3	2	5		30			
	Instalasi Listrik		3	2	19		114			
	Dinding ArahY	1,5	3		600		2700			
Dinding ArahX	1,5	3,5		600		3150				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Atap)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
G/L/S/X	Beban Hidup	2	2	3	100	0,7	840	12072	9,8	1231,837
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	2	0,35	0		0			
	Balok B1"	0,5	6	0,3	0	-	0			
	Kolom K1	0,6	3,6	0,6	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Lapisan aspal		3	2	14	2	168			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Dinding Arah Y	1,5	6		600		5400			
Dinding Arah X	1,5	2		600		1800				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Atap)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg	kg		
H/K/T/W	Beban Hidup	-	6	4	100	0,7	1680	18744	9,8	1912,653
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	4	0,35	0		0			
	Balok BA1	0,35	6	0,25	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	4	6912			
	Lapisan aspal		3	2	14	4	336			
	Penggantung		3	2	10	4	240			
	Plafond		3	2	5	4	120			
	Instalasi Listrik		3	2	19	4	456			
	Dinding Arah Y	1,5	6		600		5400			
Dinding Arah X	1,5	4		600		3600				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Atap)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m ³ atau kg/m ²		kg	kg	m/s ²	kg.s ² /m
I/J/U/V	Beban Hidup	3	2	3	100	0,7	1260	15858	9,8	1618,163
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	3,5	0,35	0		0			
	Balok B2	0,5	6	0,3	0	-	0			
	Kolom K3	0,45	3,6	0,45	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	3	5184			
	Lapisan aspal		3	2	14	3	252			
	Penggantung		3	2	10	3	180			
	Plafond		3	2	5	3	90			
	Instalasi Listrik		3	2	19	3	342			
	Dinding Arah Y	1,5	6		600		5400			
Dinding Arah X	1,5	3,5		600		3150				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Atap)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m ³ atau kg/m ²		kg			
M/R	Beban Hidup	2	2	3	100	0,7	840	12072	9,8	1231,837
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	2	0,35	0		0			
	Balok B1"	0,5	6	0,3	0	-	0			
	Kolom K1	0,6	3,6	0,6	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Lapisan aspal		3	2	14	2	168			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Dinding Arah Y	1,5	6		600		5400			
Dinding Arah X	1,5	2		600		1800				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Atap)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat	Total Berat	Gravitasi	Massa
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m3 atau kg/m2		kg			
N/Q	Beban Hidup	-	6	4	100	0,7	1680	18744	9,8	1912,653
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	4	0,35	0		0			
	Balok BA1	0,35	6	0,25	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	4	6912			
	Lapisan aspal		3	2	14	4	336			
	Penggantung		3	2	10	4	240			
	Plafond		3	2	5	4	120			
	Instalasi Listrik		3	2	19	4	456			
	Dinding Arah Y	1,5	6		600		5400			
Dinding Arah X	1,5	4		600		3600				

Lampiran B (Tabel Joint Masses Lt Atap)

Titik/Joint	Beban	Dimensi			Berat jenis	Reduksi	Berat kg	Total Berat kg	Gravitasi m/s ²	Massa kg.s ² /m
		t (m)	p (m)	l (m)	kg/m ³ atau kg/m ²					
O/P	Beban Hidup	2	2	3	100	0,7	840	12072	9,8	1231,837
	Beban Mati :									
	Balok B1	0,65	2	0,35	0		0			
	Balok B2	0,5	6	0,3	0	-	0			
	Kolom K2	0,5	3,6	0,5	0		0			
	Plat	0,12	3	2	2400	2	3456			
	Lapisan aspal		3	2	14	2	168			
	Penggantung		3	2	10	2	120			
	Plafond		3	2	5	2	60			
	Instalasi Listrik		3	2	19	2	228			
	Dinding Arah Y	1,5	6		600		5400			
Dinding Arah X	1,5	2		600		1800				

LAMPIRAN C

(Brosur Lift)



PLANNING GUIDE

Moving solutions with safety, reliability and efficiency

 **HYUNDAI** ELEVATOR

Standard Dimensions and Reactions

	Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car Size (mm)	Hoistway Size (mm)	Control Panel Box (mm)	PIT Reaction (Kg)				
		Persons	Kg						PM1	PM2			
Center	Manufacturer Standard 1.0 1.5 1.75	8	550	2P-00	800	1200 x 1100	2000 x 1500	420 420 (1.0m/sec) 525 (1.5/-1.75m/sec)	4200	5400			
		9	400		800	1200 x 1200	2000 x 1600		4000	5400			
		10	700		800	1200 x 1200	2000 x 1700		7200	5100			
		11	750		800	1200 x 1400	2000 x 1900		7400	4100			
		12	900		900	1400 x 1200	2200 x 1700		8100	4400			
		15	1000		900	1400 x 1400	2200 x 1700		8100	4900			
		17	1100		1000	1600 x 1400	2400 x 1700		8100	9200			
		20	1200		1000	1600 x 1400	2500 x 2200		12400	10700			
		24	1400		1100	2000 x 1700	2700 x 2200		14200	11000			
		ENBT 1.0 1.5 1.75	4		450	2P-00	700		1100 x 1100	1700 x 1400	420 420 (1.0m/sec) 525 (1.5/-1.75m/sec)	4200	5400
			7		550		800		1100 x 1200	1800 x 1400		4200	5400
			8		420		800		1100 x 1400	1800 x 1700		4000	5400
	9		700	800	1200 x 1100		2000 x 1400	4000	5400				
	10		800	800	1200 x 1400		1900 x 1700	7200	5100				
	12		900	900	1400 x 1200		2200 x 1400	7400	4100				
	13		1000	900	1400 x 1400		2200 x 1700	8100	4400				
	15		1100	1100	2100 x 1100		2700 x 1400	8100	4900				
	16		1200	1000	1600 x 1400		2400 x 1700	8100	9200				
	18		1200	1000	1600 x 1400		2500 x 2200	12400	10700				
	24		1400	1100	2000 x 1700		2700 x 2200	14200	11000				
	Slide ENBT 1.0 1.5 1.75		4	450	2P-00		800	1100 x 1100	1700 x 1500	420 420 (1.0m/sec) 525 (1.5/-1.75m/sec)		4200	5200
		7	550	800		1100 x 1200	1700 x 1700	4200	5400				
		8	420	800		1100 x 1400	1700 x 1900	4000	5400				
		9	700	800		1200 x 1400	1800 x 1900	7200	5100				
10		800	800	1200 x 1400		1900 x 1900	7400	4100					
12		900	900	1200 x 1400		1900 x 2000	8100	4400					
13		1000	900	1100 x 2100		1700 x 2500	8100	4900					
15		1100	1200	2100 x 1100		2700 x 1500	8100	4900					
16		1200	1000	1200 x 2200		1900 x 2400	8100	9200					
18		1200	1100	1200 x 2200		2000 x 2700	12400	10700					
24		1400	1200	1400 x 2400		2100 x 2800	14200	11000					

- For dimensions other than standard specifications, please contact us.
- The above hoistway dimensions represent minimum requirements. In the event of a discrepancy in construction, demolition and rebuilding shall be performed by other contractors.
- When the height between a level or half shaft exceeds 11m, an emergency exit or battery device must be applied to the hoistway. For inquiries, please consult with us.
- The double entrance type can be used in certain cases only. For inquiries about hoistway size, please consult with us.
- In case the emergency stop equipment is applied to the counter weight, please contact us for inquiries.
- If hoistway has a steel frame structure, components must have a value equal to or greater than the reaction force on rails. Please contact us for inquiries.

Overhead & Pit Depth

[Unit: mm]

Level (kg)	Speed (m/min)	Overhead (OH)	Pit (PT)
400 - 1100	1.0	OH=1200	1100
	1.5	OH=1400	1300
	1.75	OH=1500	1300
1200 - 1400	1.0	OH=1400	1300
	1.5	OH=1600	1300
	1.75	OH=1700	1400

- Above dimensions are applied base on standard car size & opening size. For other application dimensions, please contact us.
- In case of OH/min, Pit depth should be increased 200mm to apply the compensation device. When travel height is over 25m.
- When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, please consult us.

Standard Dimensions

[Manufacturer Standard]

[Unit: mm]

Speed (m/min)	Capacity		Opening Type	Opening Size (mm)	Car Size (mm)	Hoisting Size (mm)	Machine Room Size (mm)	M/C Room Function (kg)		Pit Function (kg)		
	Person	kg						R1	R2	R3	R4	
1.0	4	400	3P+1C	800	CA x CB	21 x Y	M21 x Y	R1	R2	R3	R4	
	6	500		800	1400 x 800	1800 x 1400	2100 x 2100	2400 x 2000	3400	2000	5400	4000
	8	600		800	1400 x 1000	1800 x 1400	2100 x 2400	2400 x 2100	4000	2200	6000	4500
	11	700		800	1400 x 1200	1800 x 1700	2100 x 2400	2400 x 2100	4100	2400	6300	5100
	13	800		800	1400 x 1300	1800 x 1800	2100 x 2500	2400 x 2100	4200	2600	6600	5400
1.5	15	1000		900	1400 x 1500	1900 x 1900	2100 x 2600	2400 x 2100	4300	2800	7100	5800
	17	1100		900	1400 x 1600	1900 x 2100	2100 x 2700	2400 x 2100	4400	3000	7400	6000
	20	1200		1000	1600 x 1500	2000 x 2000	2400 x 2700	2600 x 2100	4600	3100	7800	6300
	24	1400		1100	1600 x 1700	2000 x 2200	2400 x 2900	2600 x 2100	4800	3200	8200	6600
	28	1600		1200	1600 x 1800	2000 x 2300	2400 x 3000	2600 x 2100	5000	3300	8600	6900
2.0	13	900		900	1600 x 1600	2100 x 2100	2700 x 2700	2700 x 2100	12000	4400	9000	7000
	16	1000		900	1600 x 1700	2100 x 2200	2700 x 2800	2700 x 2100	12100	4500	9100	7100
	17	1100		1000	1800 x 1700	2200 x 2200	2900 x 2800	2900 x 2100	12200	4600	9200	7200
	20	1200		1000	1800 x 1800	2200 x 2300	2900 x 2900	2900 x 2100	12300	4700	9300	7300
	24	1400		1100	1800 x 1900	2200 x 2400	2900 x 3000	2900 x 2100	12400	4800	9400	7400

[ENB 1]

[Unit: mm]

Speed (m/min)	Capacity		Opening Type	Opening Size (mm)	Car Size (mm)	Hoisting Size (mm)	Machine Room Size (mm)	M/C Room Function (kg)		Pit Function (kg)		
	Person	kg						R1	R2	R3	R4	
1.0	4	400	3P+1C	800	CA x CB	21 x Y	M21 x Y	R1 <td>R2 <td>R3 <td>R4</td> </td></td>	R2 <td>R3 <td>R4</td> </td>	R3 <td>R4</td>	R4	
	6	500		800	1300 x 1100	1800 x 1700	2100 x 2400	2400 x 2000	3400	2000	5400	4000
	8	600		800	1300 x 1300	1800 x 1700	2100 x 2400	2400 x 2100	4000	2200	6000	4500
	11	700		800	1400 x 1200	1800 x 1900	2100 x 2500	2400 x 2100	4100	2400	6300	5100
	13	800		800	1400 x 1300	1800 x 1900	2100 x 2600	2400 x 2100	4200	2600	6600	5400
1.5	15	1000		900	1400 x 1500	1900 x 1900	2100 x 2600	2400 x 2100	4300	2800	7100	6000
	17	1100		900	1400 x 1600	1900 x 2100	2100 x 2700	2400 x 2100	4400	3000	7400	6300
	20	1200		1000	1600 x 1500	2000 x 2000	2400 x 2700	2600 x 2100	4600	3100	7800	6600
	24	1400		1100	1600 x 1700	2000 x 2200	2400 x 2900	2600 x 2100	4800	3200	8200	6900
	28	1600		1200	1600 x 1800	2000 x 2300	2400 x 3000	2600 x 2100	5000	3300	8600	7200
2.0	13	900		900	1600 x 1600	2100 x 2100	2700 x 2700	2700 x 2100	12000	4400	9000	7000
	16	1000		900	1600 x 1700	2100 x 2200	2700 x 2800	2700 x 2100	12100	4500	9100	7100
	17	1100		1000	1800 x 1600	2200 x 2100	2900 x 2800	2900 x 2100	12200	4600	9200	7200
	20	1200		1000	1800 x 1800	2200 x 2300	2900 x 2900	2900 x 2100	12300	4700	9300	7300
	24	1400		1100	1800 x 1900	2200 x 2400	2900 x 3000	2900 x 2100	12400	4800	9400	7400

[ENB 1]

[Unit: mm]

Speed (m/min)	Capacity		Opening Type	Opening Size (mm)	C-WT Depth	Car Size (mm)	Hoisting Size (mm)	Machine Room Size (mm)	M/C Room Function (kg)		Pit Function (kg)	
	Person	kg							M21	M22	R3	R4
1.0	4	400	3P+1C	800	Rear	1100 x 1100	1800 x 1800	1800 x 2000	2400	2000	5400	4000
	6	500		800	Rear	1100 x 1300	1800 x 2000	1800 x 2100	4000	2200	6000	4500
	8	600		800	Scale	1100 x 1400	1800 x 1800	2100 x 2500	2400	2400	6300	5100
	11	700		800	Scale	1300 x 1400	1900 x 1800	2300 x 2500	4100	2700	6600	5400
	13	800		800	Scale	1300 x 1600	2100 x 2000	2400 x 2500	4200	2800	7100	6000
1.5	15	1000		900	Scale	1300 x 1600	2100 x 2100	2400 x 2600	4300	3000	7400	6300
	17	1100		900	Scale	1500 x 2100	2300 x 2100	2600 x 2600	4400	3100	7800	6600
	20	1200		1000	Scale	1500 x 2300	2300 x 2100	2600 x 2700	4600	3200	8200	6900
	24	1400		1100	Scale	1700 x 2300	2300 x 2300	2700 x 2700	4800	3300	8600	7200
	28	1600		1200	Scale	1700 x 2400	2300 x 2300	2700 x 2800	5000	3400	9000	7500
2.0	13	900		900	Scale	1900 x 1400	2300 x 2100	2700 x 2600	12000	4400	9000	7000
	16	1000		900	Scale	1900 x 1600	2300 x 2100	2700 x 2700	12100	4500	9100	7100
	17	1100		1000	Scale	1900 x 1800	2300 x 2100	2900 x 2600	12200	4600	9200	7200
	20	1200		1000	Scale	2100 x 2100	2300 x 2300	2900 x 2600	12300	4700	9300	7300
	24	1400		1100	Scale	2100 x 2300	2300 x 2300	2900 x 2700	12400	4800	9400	7400

- ▲ Notes: 1. Above hoisting dimensions are based on 15°-closed buildings. For application to over 15°-closed buildings, they shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
2. Rail Bracket Pitch: Applied with 2,000mm for 2.0m/s (Dural 110-150) & 2.5m/s.

Head & Pit Depth

[Unit: mm]

Speed(m/min)	Level(kg)	450-1150(kg)		1250-1800(kg)		M/C Room Height (M)
		Overhead (OH)	Pit (PI)	Overhead (OH)	Pit (PI)	
1.0	400	1200	4300	1200	2200	
1.5	400	1300	4300	1400	2400	
1.75	400	1300	4300	1400	2400	
2.0	4700	1900	4700	2000	2400	
2.5	8100	2200	8100	2200	2400	

Notes: 1. Above dimensions are applied for car height 2500mm.

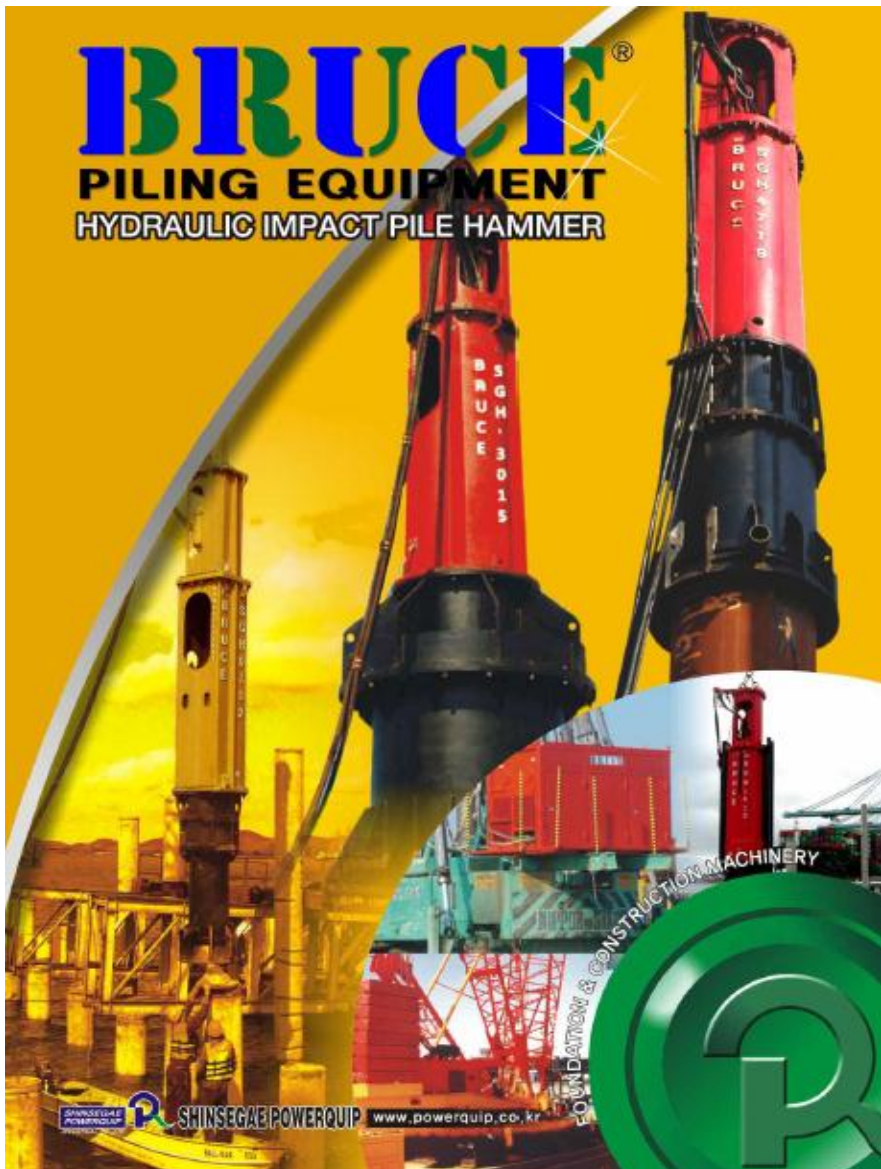
2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 70%.
3. M/C Room Height shall increase 200mm in case of the traction machine with double isolation pit.
4. If the height of floor is over 11m, please consult Hyundai as to the needs for emergency exit.

LAMPIRAN D

(Brosur Pile Hammer)

BRUCE[®]

PILING EQUIPMENT
HYDRAULIC IMPACT PILE HAMMER



SHINSEGAE POWERQUIP

www.powerquip.co.kr

FOUNDATION & CONSTRUCTION MACHINERY



SGH-4719 843.5 ENERGY
28.3m, 9'



SGH-1619 HIGHEST RAM STROKE
with 1.3m STROKE



SGH-3013 30ton RAM WEIGHT
with 1.3m STROKE



SGH-2015 20ton RAM WEIGHT
with 1.5m STROKE

LOW COST OF CONSUMABLE PARTS

The consumable parts for BRUCE hammer are designed to keep your job going when the going gets tough. It provides practical solutions and help keep your most difficult job on schedule.

SIMPLICITY IN DESIGN

The adoption of simple design allows users to gain easy maintenance and quick troubleshooting. The user-friendly remote control is designed to use more conveniently.

HOSE BRACKET FOR EASY CABLE INSTALLATION

The hydraulic hoses from power pack can be mounted on the hose bracket installed on the top of the hammer so that hoses and electrical cables can stay firmly to go for a intended pile driving job.

VERSATILITY OF PILE DRIVING METHOD

BRUCE hammer can be driven all types of piling method such as concrete pile (round shape, square shape and octagonal shape), steel casing pile, H-Beam, sheet pile driving in the most common driving.

VISIBLE RAM HEIGHT MOVEMENT

Ram drop height indicator on the side of the hammer is standard equipped with height marking so that operator can see ram drop height easily during pile driving and can adjust ram height stroke during pile driving through remote control box provided.

HIGH BLOW RATE & PRECISE RAM STROKE

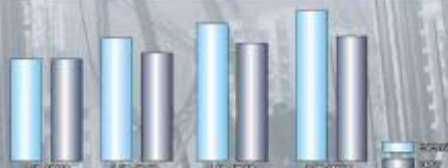
High blow rate of BRUCE hammer will help you finish your scheduled pile driving job possibly as you planned.

User-friendly designed Remote Control Box can be compatible with any BRUCE Power Pack and it manages any malfunctions in operations.

Accurate Ram Stroke is adjusted by a Remote Control Box thus suspended crane type or piling rig type is safe in case of soft pile driving.

BASE MOUNT BRUCE HAMMER w/o POWER PACK

BRUCE HAMMER can be mounted on Excavator or Pile Driving Rig using base machine power without power pack. PLEASE CONSULT US !!



SPECIFICATION

Bruce Hammer Series	SGH	0212	0312	0412	0512	0712	0715	1012	1015	1212	1215	1312	1315	1412	1415
---------------------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

+ Model Name Meaning : ex) SGH-3012 30: Ram Weight, 12:1.2m Stroke

OPERATING DATA

Bruce Hammer Series	SGH	0212	0312	0412	0512	0712	0715	1012	1015	1212	1215	1312	1315	1412	1415
Ram Weight	(ton)	2	3	4	5	7	7	10	10	12	12	13	13	14	14
	(lbs)	4409	6614	8819	11023	15432	15432	22046	22046	26455	26455	28659	28659	30863	30863
Minimum Stroke	(mm)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	(inch)	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87
Maximum Stroke	(mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500
	(ft)	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	4.92	3.94	4.92	3.94	4.92	3.94	4.92	3.94	4.92
Max. Potential Energy	(tonm)	2.4	3.6	4.8	6.0	8.4	10.5	12.0	15.0	14.4	16	15.6	19.5	16.8	21.0
	(kWh)	17359	26038	34718	43397	60756	75946	86794	108514	104153	115748	128325	141045	121511	151893
	(KJ)	24	35.3	47.1	59	83	103	118	147	141	157	153	191	165	206
Blow Rate at Max. stroke	(bpm)	40	40	40	40	40	38	38	35	38	38	35	35	36	35
Operating Pressure	(bar)	230	230	230	230	230	230	250	250	250	250	250	250	250	250
	(psi)	3337	3337	3337	3337	3337	3337	3627	3627	3627	3627	3627	3627	3627	3627
Required Flow Rate	(lpm)	100	100	123	190	190	230	260	296	320	370	320	370	320	370
	(gpm)	26	26	33	50	50	61	69	78	85	98	85	98	85	98

DIMENSIONS

Overall Length (L) *1	(mm)	4675	5060	5440	5482	5712	6312	5910	6510	7000	7600	8780	9380	6595	7195
	(ft)	15.3	16.6	17.9	18.0	18.7	20.7	19.4	21.4	23.0	25.0	28.9	30.8	21.6	23.6
Overall Width (W)	(mm)	908	1195	1195	1307	1307	1307	1250	1250	1250	1250	1470	1470	1470	1470
	(ft)	3.0	3.9	3.9	4.3	4.3	4.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.8	4.8	4.8	4.8
Overall Height (H)	(mm)	249	1016	1016	1125	1157	1157	1280	1280	1280	1280	1610	1610	1610	1610
	(ft)	4.1	3.3	3.3	3.7	3.8	3.8	4.2	4.2	4.2	4.2	5.3	5.3	5.3	5.3

FIXED LEADER GUIDE & LEADS

Leader Guide (Round Type)	(mm)	330 x ϕ 70						600 x ϕ 101.6								
Leader Guide (Square Type)	(mm)	\square 80 x 400			\square 100 x 600								\square 120 x 730			
U Type Leads	(inch)	27	27	27	33	33	33	50	50	50	50	57	57	57	57	

*1. The overall length of hammer is not included the length of pile skirt or pile cap.

*2. Others shape or dimension can be modified upon request. Long Pile Skirt Type and Offshore Leader Type for crane suspended are available.

SPECIFICATION

Bruce Hammer Series	SGH	4012	4015	4212	4215	4512	4515	4519	4712	4715	4719	5715	6015	7015	8015
---------------------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

* Model Name Meaning : ex) SGH-3012 **30**: Ram Weight, **12**:1.2m Stroke

OPERATING DATA

Bruce Hammer Series	SGH	4012	4015	4212	4215	4512	4515	4519	4712	4715	4719	5715	6015	7015	8015
Ram Weight	(ton)	40	40	42	42	45	45	45	47	47	47	57	60	70	80
	(lbs)	88185	88185	92594	92594	98038	98038	98208	103617	103617	103617	125994	132271	154324	176370
Minimum Stroke	(mm)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	(inch)	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87
Maximum Stroke	(mm)	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1900	1200	1500	1900	1500	1500	1500	1500
	(ft)	3.94	4.92	3.94	4.92	3.94	4.92	6.23	3.94	4.92	6.23	4.92	4.92	4.92	4.92
Max. Potential Energy	(ton.m)	48	60	50.4	63	54	67.5	85.5	56.4	70.5	90.3	85.5	90	105	120
	(k.j)	347244	434025	364543	455679	380649	489277	618529	408012	509520	646019	618420	650989	759464	867969
	(k.l)	470	588	494	618	528	662	838	553	691	875	838	883	1000	1178
Box Rate at Max. stroke	(bpm)	25	24	25	25	25	25	24	25	25	24	25	24	24	24
Operating Pressure	(bar)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	250	250	230
	(psi)	3917	3917	3917	3917	3917	3917	3917	3917	3917	3917	3917	3590	3590	3356
Required Flow Rate	(lpm)	760	800	800	940	830	1040	1230	830	1040	1230	1320	1400	1915	1975
	(gpm)	206	211	211	248	219	275	325	219	275	325	349	370	522	522

DIMENSIONS

Overall Length (L)	(mm)	11100	11700	12800	12800	11460	12090	12900	11950	12190	12990	12000	13390	16935	17590
	(ft)	36.42	38.4	39.37	41.34	37.6	39.6	42.19	38.0	40.0	42.6	39.37	43.9	55.6	57.4
Overall Width (W)	(mm)	2060	2060	2090	2090	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670	2670
	(ft)	6.82	6.82	6.82	6.82	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
Overall Height (H)	(mm)	2160	2180	2180	2180	2750	2760	2760	2760	2760	2760	2760	2760	2760	2760
	(ft)	7.15	7.15	7.15	7.15	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1

FIXED LEADER GUIDE & LEADS

Leader Guide (Round Type)	(mm)	On Request
Leader Guide (Square Type)	(mm)	On Request
U Type Leads	(inch)	On Request

- * Other shape or dimension can be modified upon request. Crane Suspended type and Long Pile Skirt are available.
- * Note : The Overall Length of Hammer is included the length of pile skirt.

Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 20 September 1995, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Banyu Urip 3 Surabaya, SMP Negeri 3 Surabaya, dan SMA Negeri 6 Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan diterima di DIV Teknik Infrastruktur Sipil ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000033. Penulis juga aktif dalam kegiatan keorganisasian maupun kepanitian di Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil FV ITS sebagai staff Departemen Hubungan Luar periode 2015/2016 dan kepala Departemen Hubungan Luar periode 2016/2017. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail* : jerryanugrah20@gmail.com.

Ucapan Terimakasih

Tersusunnya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari doa, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan serta arahan. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih dengan sepenuh hati persembahkan untuk ;

1. Allah SWT yang telah memberikan ridho-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta sebagai motivasi utama untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Teman-teman seperjuangan program studi diplom IV angkatan 2014 (DS35), khususnya A 2014 yang telah memberikan bantuan dan dukungan semasa perkuliahan.
5. Dyan Faaizah yang telah memberikan dukungan serta bantuan dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir.
6. Teman-teman se asistensi bimbingan Tugas Akhir yang telah berjuang bersama-sama hingga akhir.
7. Teman-teman laskar cangkruk seperjuangan yang telah ada dalam suka maupun duka selama masa perkuliahan.

Saya berharap semoga amal kebaikan dari seluruh pihak yang terlibat mendapat balasan dari Allah SWT saya menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir Terapan ini masih banyak kekurangan untuk itu saya mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi memperbaiki tugas akhir ini semakin baik lagi.

Akhir kata saya berharap Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat, sekian terima kasih.

Surabaya, 30 Juli 2018

Penulis

LAMPIRAN GAMBAR

PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

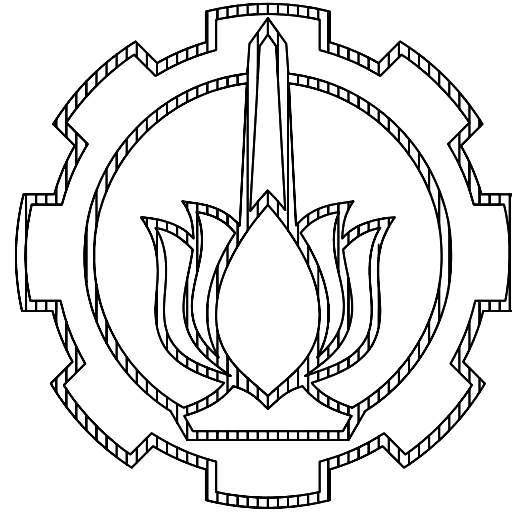
MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG NAMIRA SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN *SHEARWALL*

JERRY ANUGRAH
NRP. 10111410000033

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL**

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA**

OLEH :

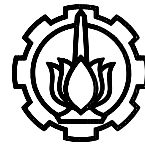
Jerry Anugrah

NRP 10111410000033

DOSEN PEMBIMBING ;

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.

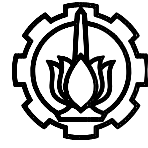
NIP. 19590209 198603 1 002



DAFTAR GAMBAR

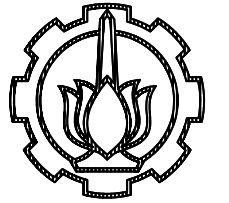
KODE	NAMA GAMBAR	NO GAMBAR
DAFTAR GAMBAR		
ARS	DENAH LT SEMI BASEMENT	01
ARS	DENAH LT. DASAR	02
ARS	DENAH LT. 1	03
ARS	DENAH LT. 2	04
ARS	DENAH LT. 3 - LT.5	05
ARS	DENAH LT. 6	06
ARS	DENAH LT. 7	07
ARS	DENAH LT. 8	08
ARS	DENAH LT. 9	09
ARS	TAMPAK BARAT BANGUNAN	10
ARS	TAMPAK TIMUR BANGUNAN	11
ARS	TAMPAK UTARA BANGUNAN	12
ARS	TAMPAK SELATAN BANGUNAN	13
ARS	POTONGAN A-A BANGUNAN	14
ARS	POTONGAN B-B BANGUNAN	15
STR	DENAH RENCANA PENULANGAN TANGGA 1	16
STR	DETAIL PENULANGAN TANGGA 1	17
STR	DENAH RENCANA PENULANGAN TANGGA 2	18
STR	DETAIL PENULANGAN TANGGA 2	19
STR	RENCANA PELAT LT. DASAR	20
STR	RENCANA PELAT LT.1 - LT 8	21
STR	RENCANA PELAT LT. ATAP	22
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT P1	23
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT P2	24

KODE	NAMA GAMBAR	NO GAMBAR
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT P3	25
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT P4	26
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT P5	27
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT P6	28
STR	DENAH BALOK LT. DASAR	29
STR	DENAH BALOK LT. 1 - LT 5	30
STR	DENAH BALOK LT. 6 - LT. 9	31
STR	DENAH BALOK LT. ATAP	32
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B1	33
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B2	34
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B3	35
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B4	36
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA	37
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT	38
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK KANTILEVER	39
STR	PENULANGAN BALOK PERTIPE	40
STR	DENAH KOLOM LT. DASAR - LT. 5	41
STR	DENAH KOLOM LT. 6 - LT. 9	42
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM K1	43
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM K2	44
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM K3	45
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM	46
STR	HBK KOLOM 1	47
STR	HBK KOLOM 2	48
STR	DETAIL DINDING SEMIBASEMENT	49



DAFTAR GAMBAR

KODE	NAMA GAMBAR	NO GAMBAR
STR	DENAH RENCANA SHEARWALL	50
STR	DENAH RENCANA SHEARWALL	51
STR	DETAIL PENULANGAN SHEARWALL	52
STR	DETAIL PENULANGAN SHEARWALL	53
STR	DETAIL PENULANGAN SHEARWALL	54
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK KOPEL	55
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK KOPEL	56
STR	DENAH RENCANA PONDASI DAN SLOOF	57
STR	DETAIL PONDASI P1	58
STR	DETAIL PONDASI P2	59
STR	DETAIL PONDASI P3	60
STR	DETAIL PONDASI P4	61
STR	DETAIL SLOOF	62
STR	PORTAL MELINTANG	63
STR	PORTAL MEMANJANG	64
STR	POTONGAN PORTAL SHEARWALL	65



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

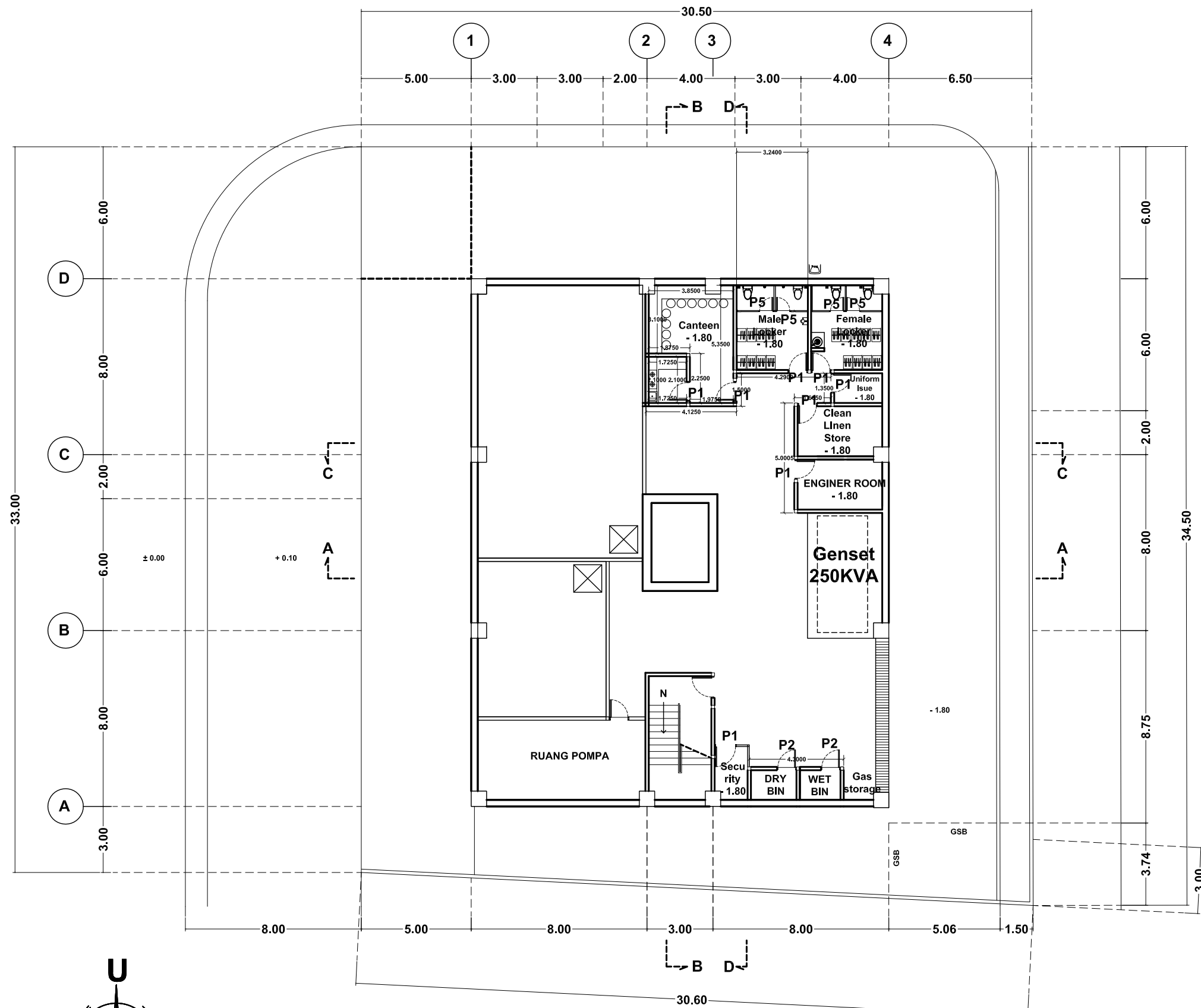
DENAH LT SEMI BASEMENT

KODE
GAMBAR

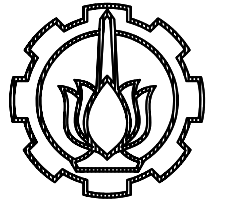
NO
LEMBAR

ARS

01



1 DENAH LT. SEMI BASEMENT
1 | 1 Skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah

NRP 1011141000033

NAMA GAMBAR

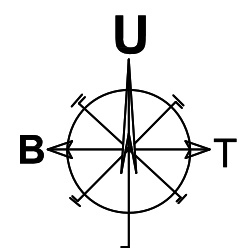
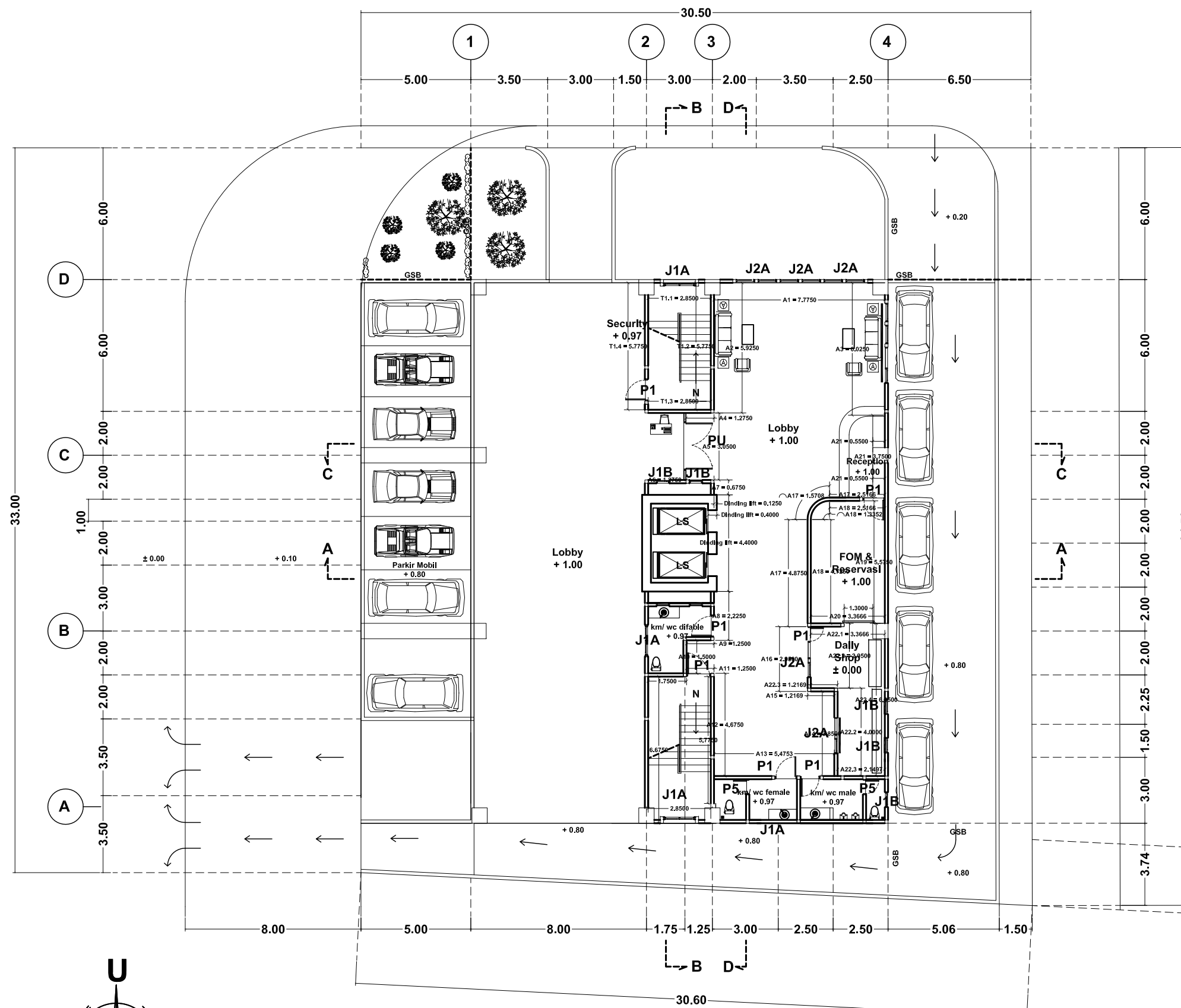
DENAH LT. DASAR

KODE
GAMBAR

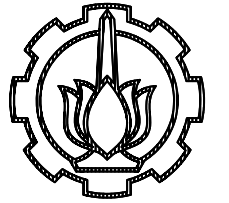
NO
LEMBAR

ARS

02



1 DENAH LT. DASAR
1 | 1 Skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

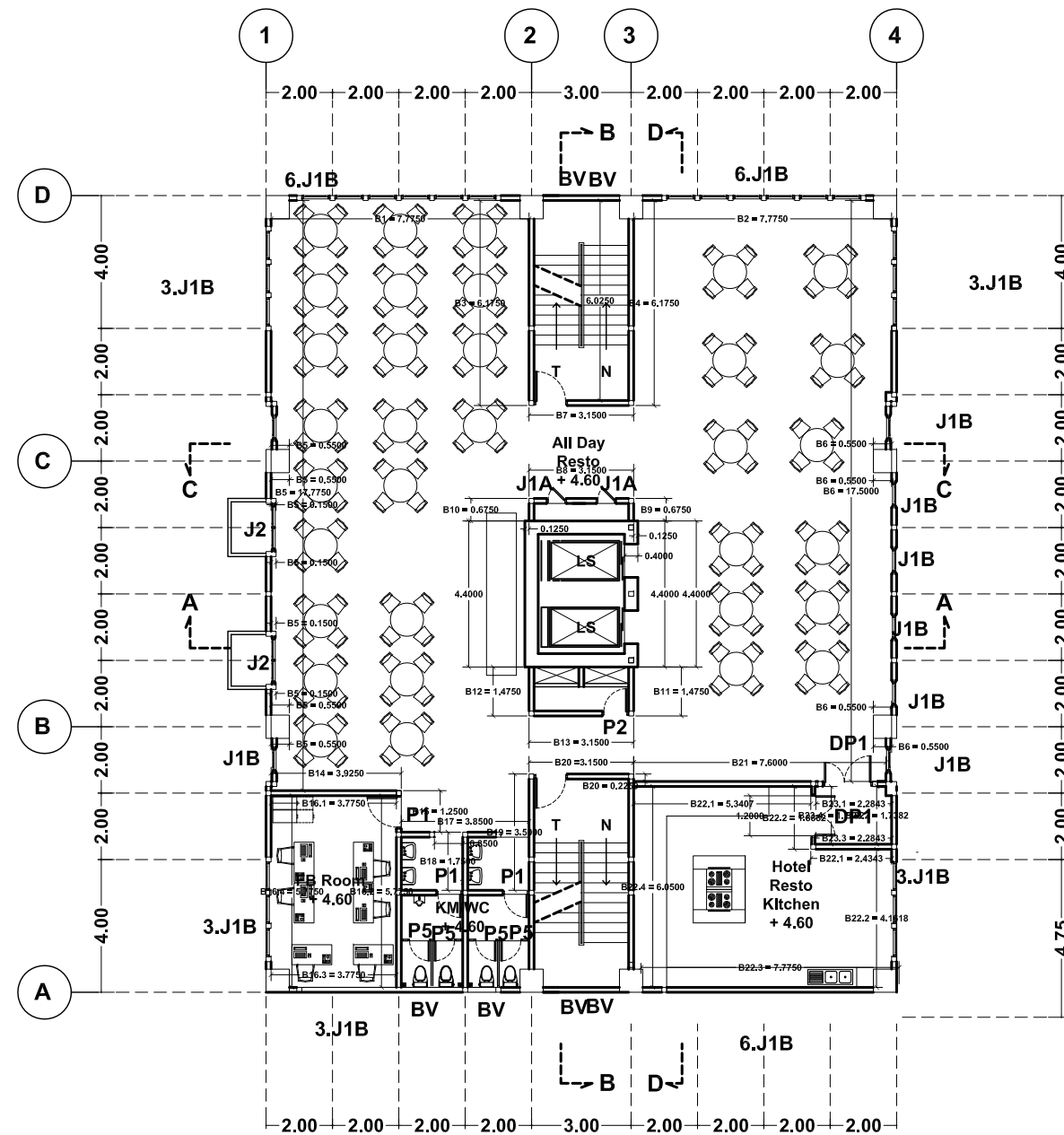
DENAH LT 1

KODE
 GAMBAR

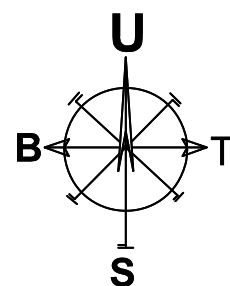
NO
 LEMBAR

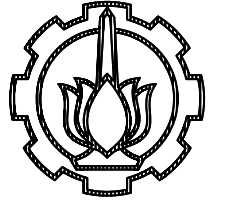
ARS

03



1 DENAH LT. 1
 1 1 Skala 1 : 200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

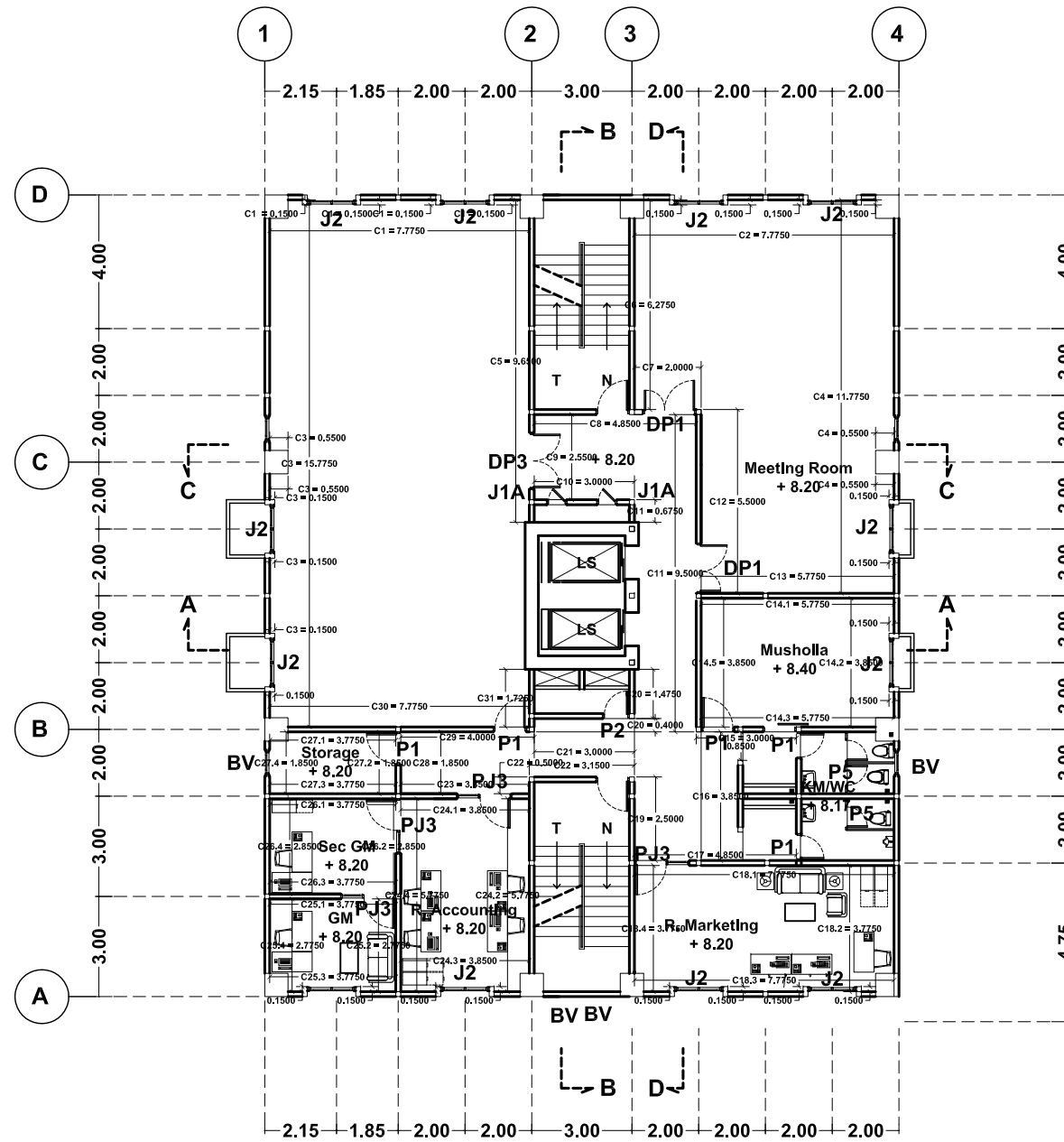
DENAH LT 2

KODE
 GAMBAR

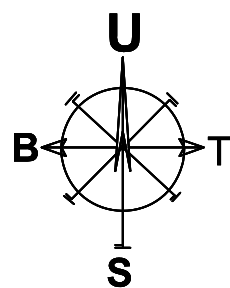
NO
 LEMBAR

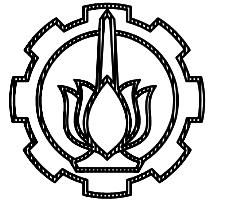
ARS

04



1 DENAH LT. 2
 1 1 Skala 1 : 200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

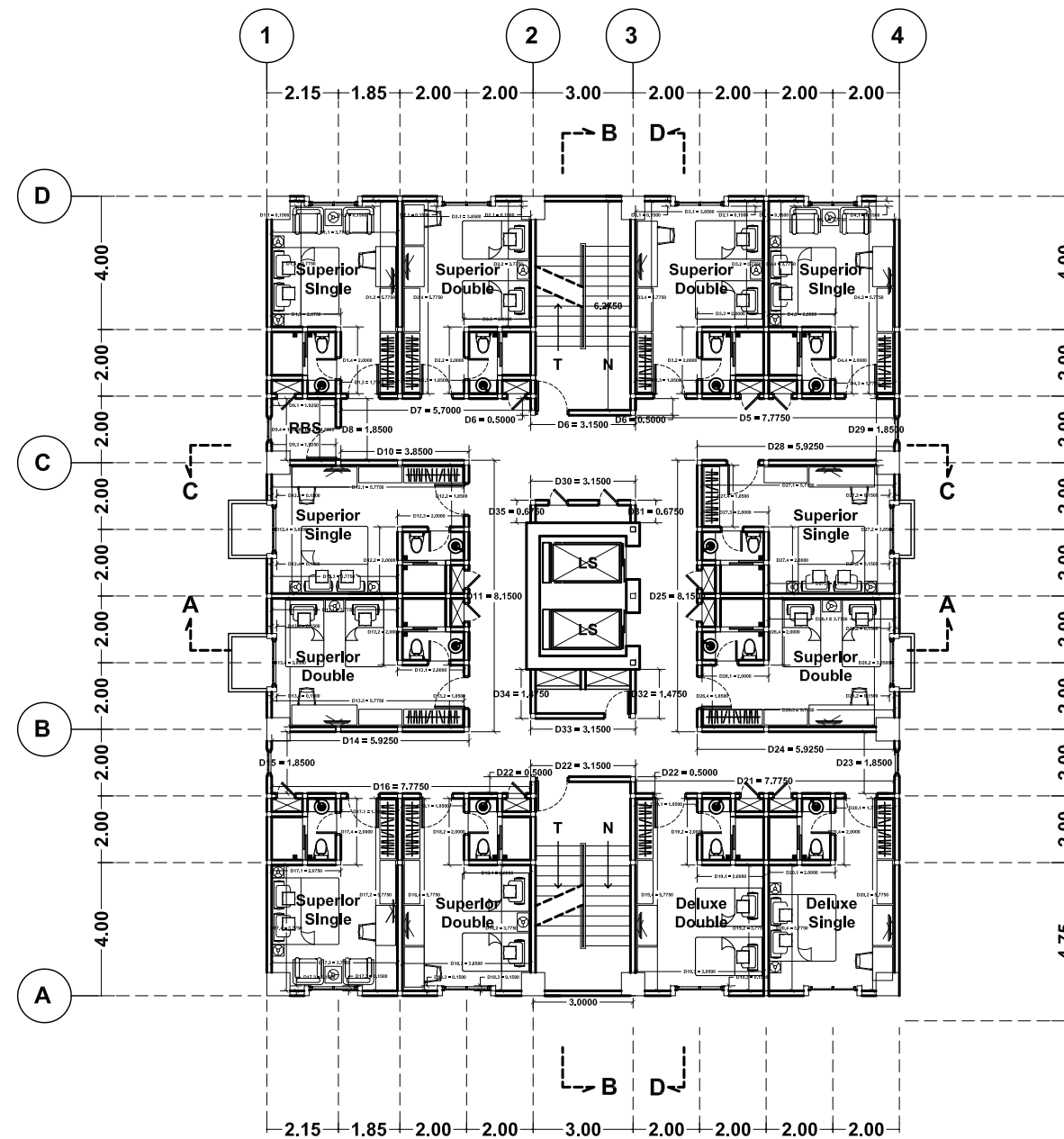
DENAH LT 3 - LT 5

KODE
 GAMBAR

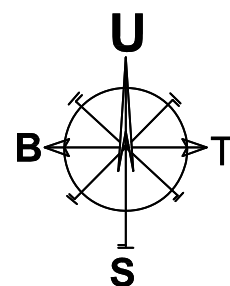
NO
 LEMBAR

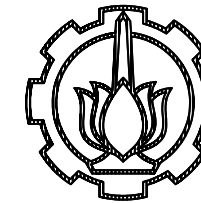
ARS

05



1 DENAH LT. 3 - 5
 1 1 Skala 1 : 200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

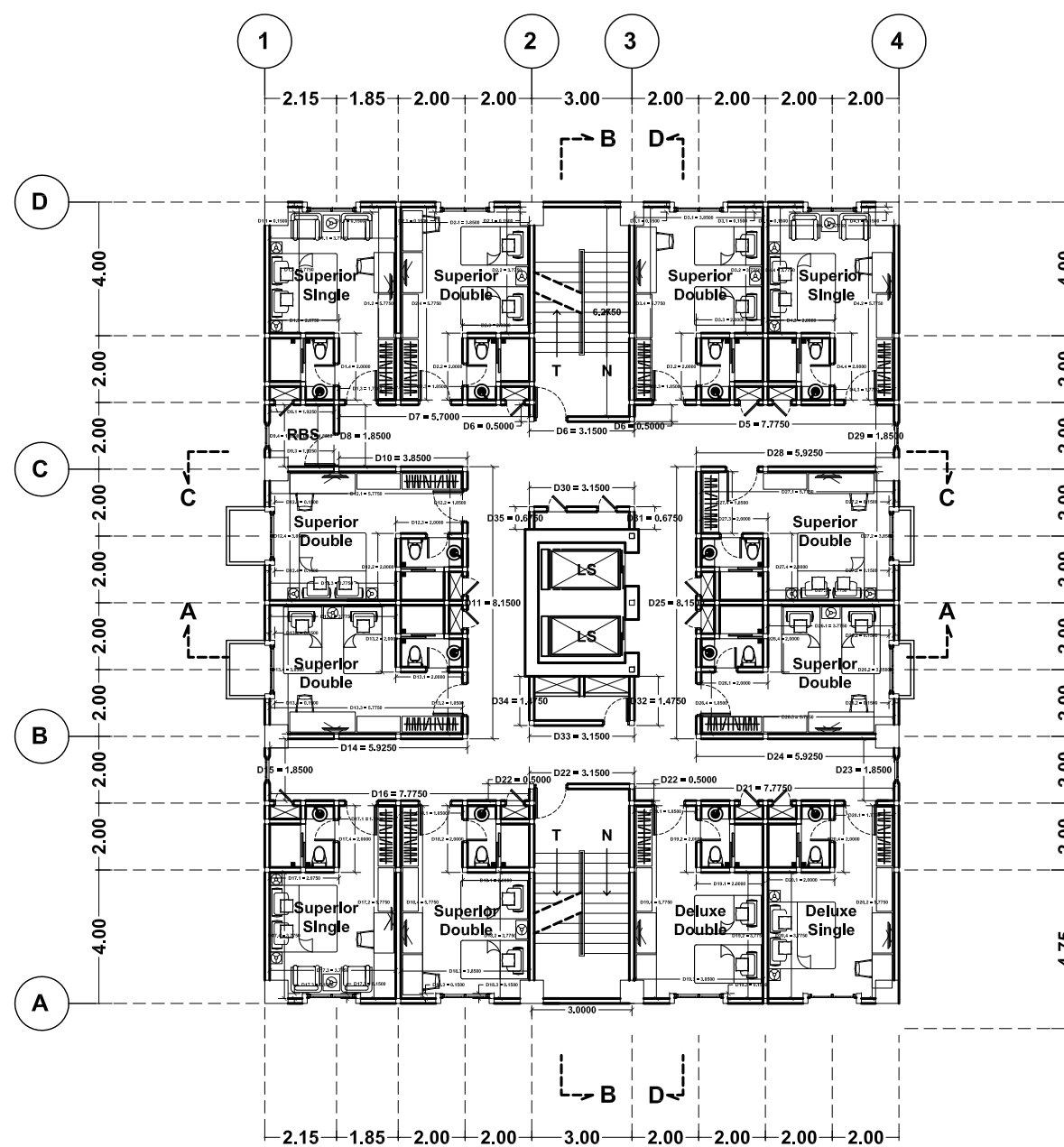
DENAH LT- 6

KODE
GAMBAR

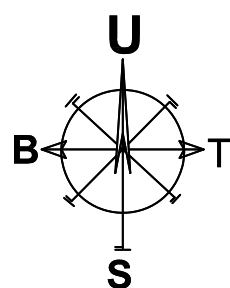
NO
LEMBAR

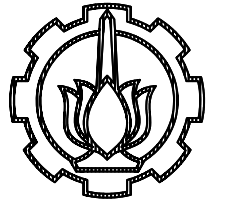
ARS

06



1 DENAH LT. 6
1 1 Skala 1 : 200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

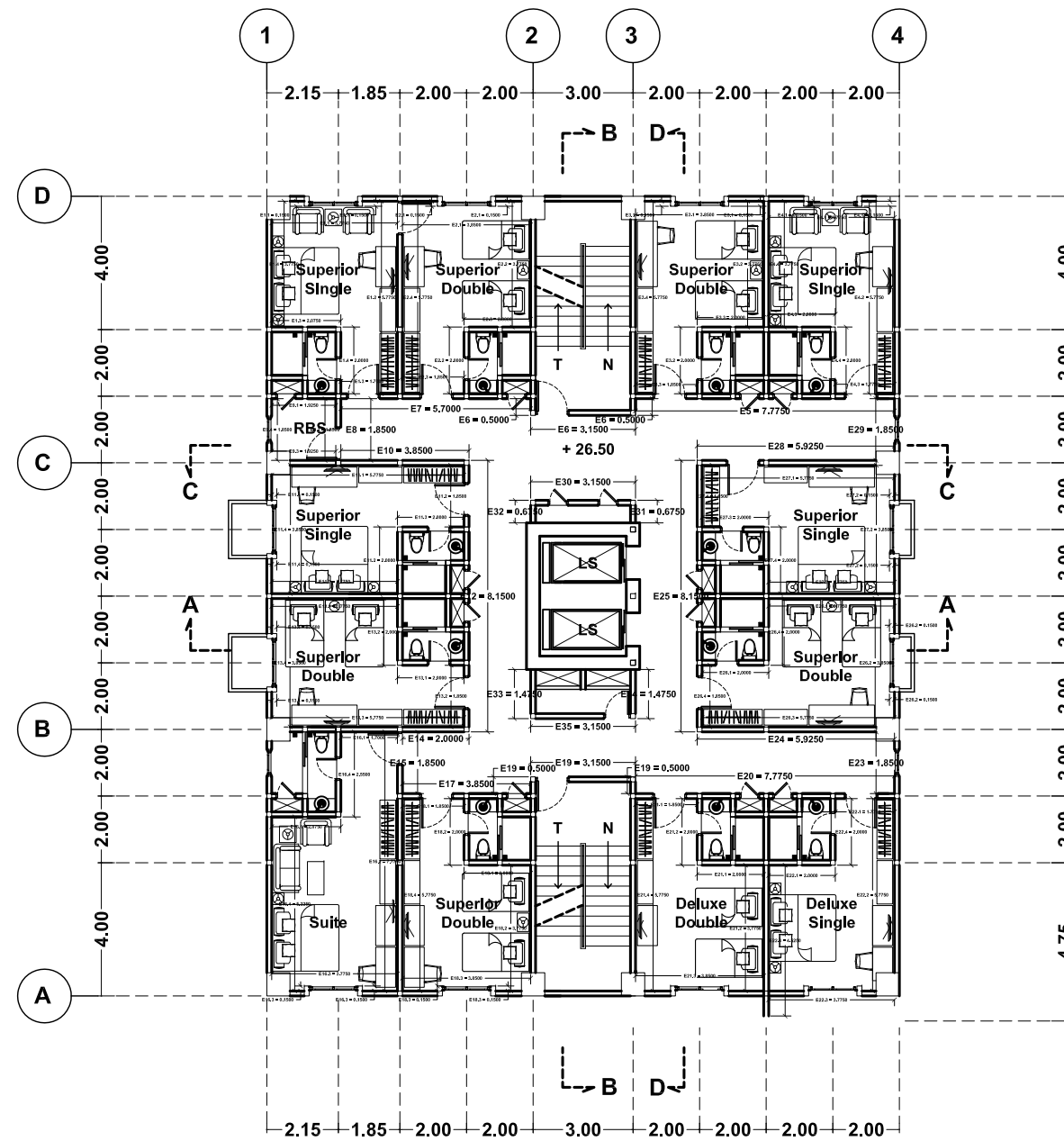
DENAH LT 7

KODE
GAMBAR

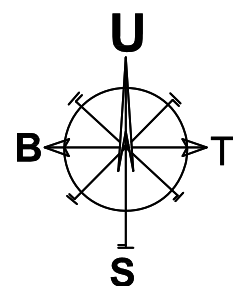
NO
LEMBAR

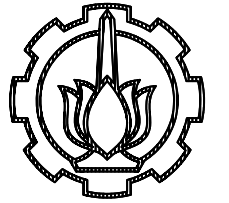
ARS

07



1 DENAH LT. 7
1 1 Skala 1 : 200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

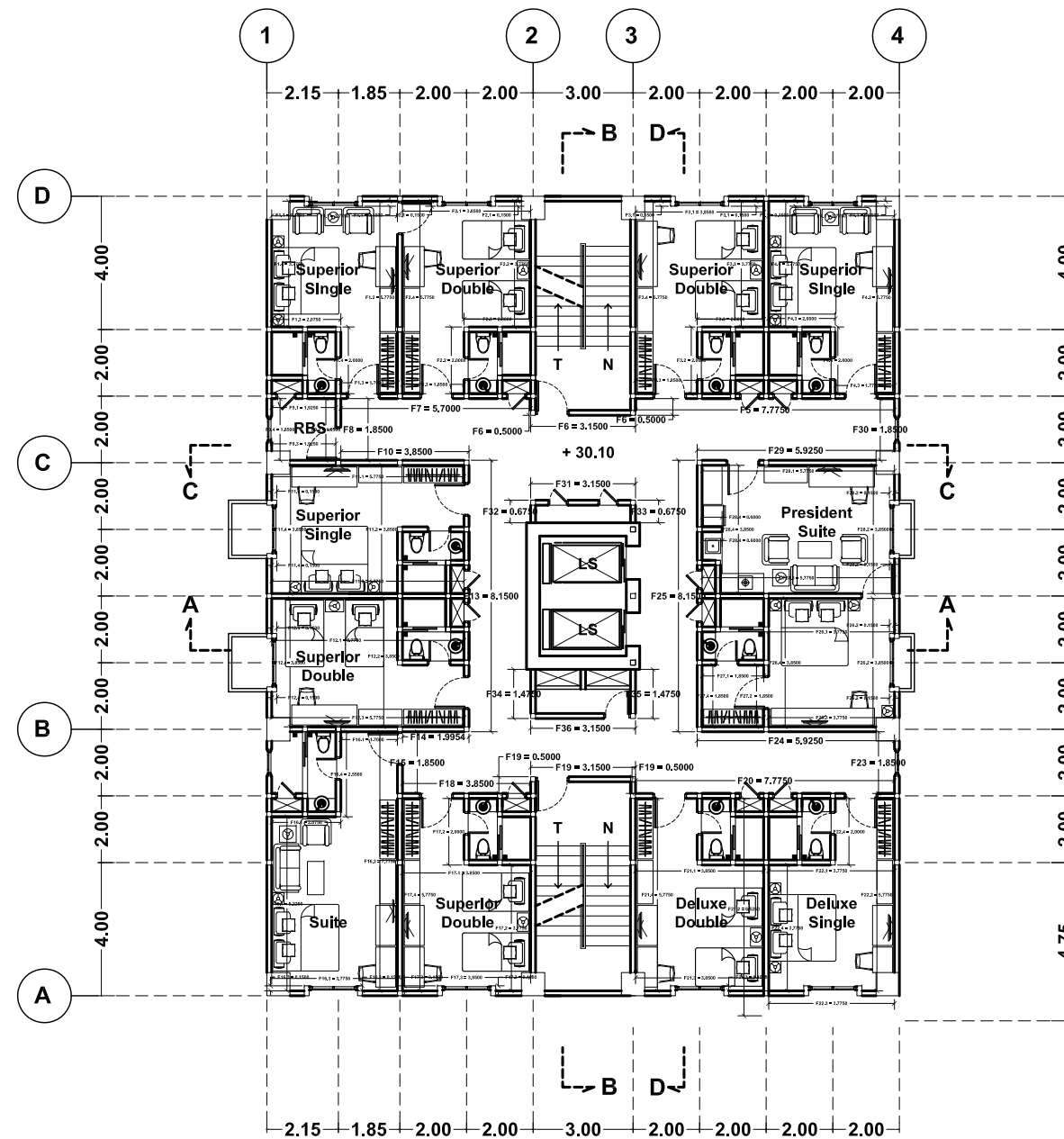
DENAH LT 8

KODE
GAMBAR

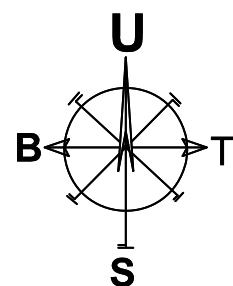
NO
LEMBAR

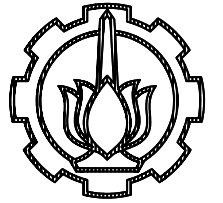
ARS

08



1 DENAH LT. 8
1 1 Skala 1 : 200





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

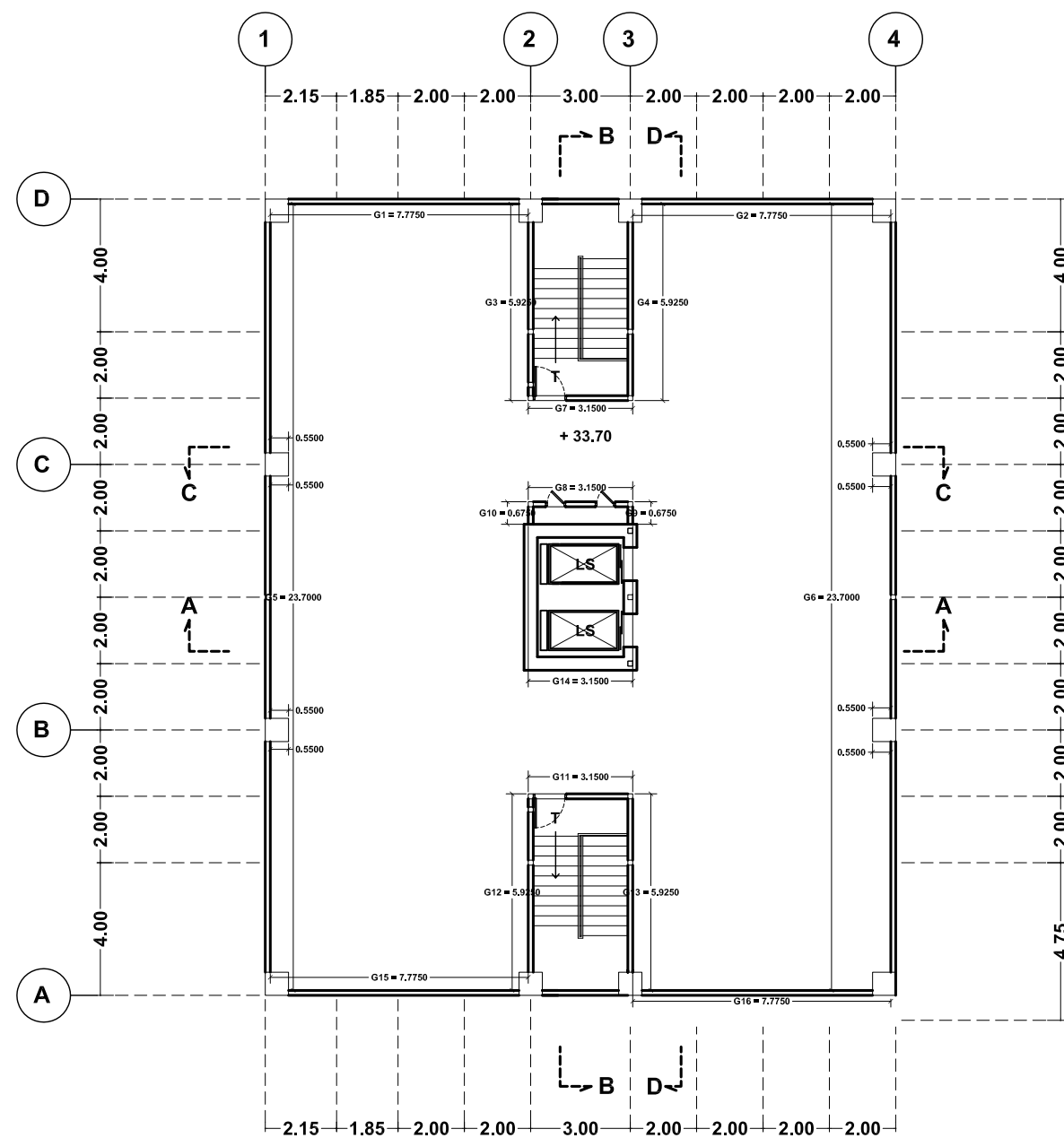
DENAH LT ATAP

KODE
GAMBAR

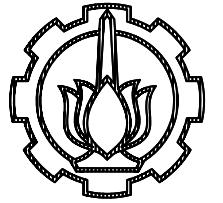
NO
LEMBAR

ARS

09



1 DENAH LT. 9
1 1 Skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT BANGUNAN

KODE
GAMBAR

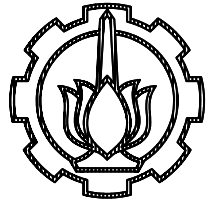
NO
LEMBAR

ARS

10



1 **TAMPAK BARAT**
1 1 Skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR BANGUNAN

KODE
GAMBAR

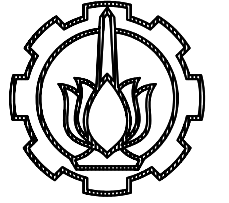
NO
LEMBAR

ARS

11



1 TAMPAK TIMUR
1 1 Skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

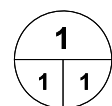
TAMPAK UTARA BANGUNAN

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

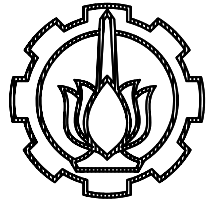
ARS

12



TAMPAK UTARA

Skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN BANGUNAN

KODE
GAMBAR

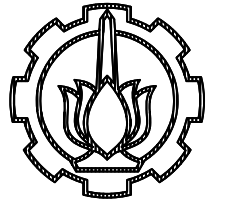
NO
LEMBAR

ARS

13



1 **TAMPAK SELATAN**
1 1 Skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

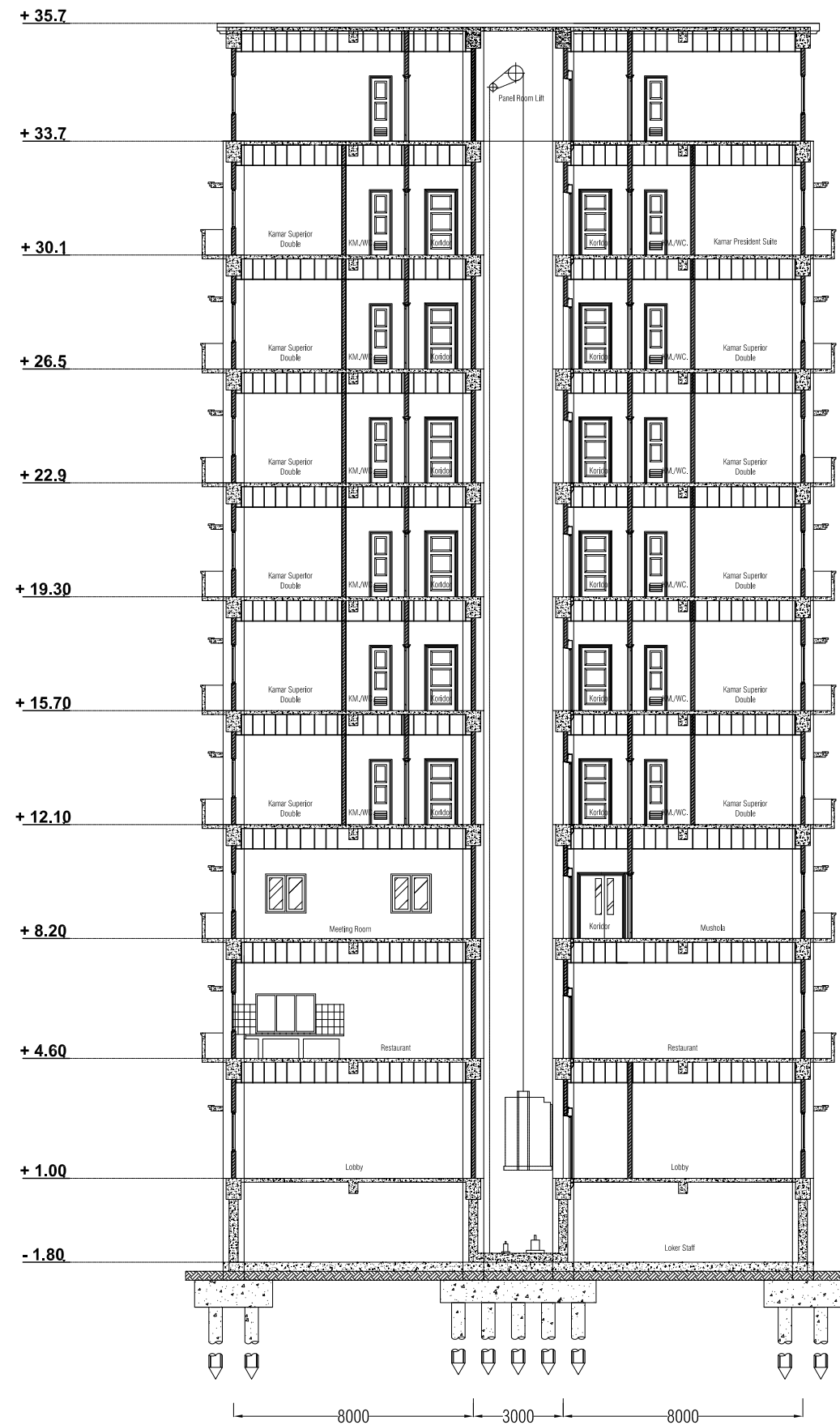
POTONGAN MELINTANG
 BANGUNAN

KODE
 GAMBAR

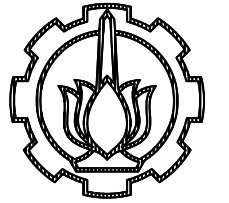
NO
 LEMBAR

STR

14



POTONGAN A-A BANGUNAN
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

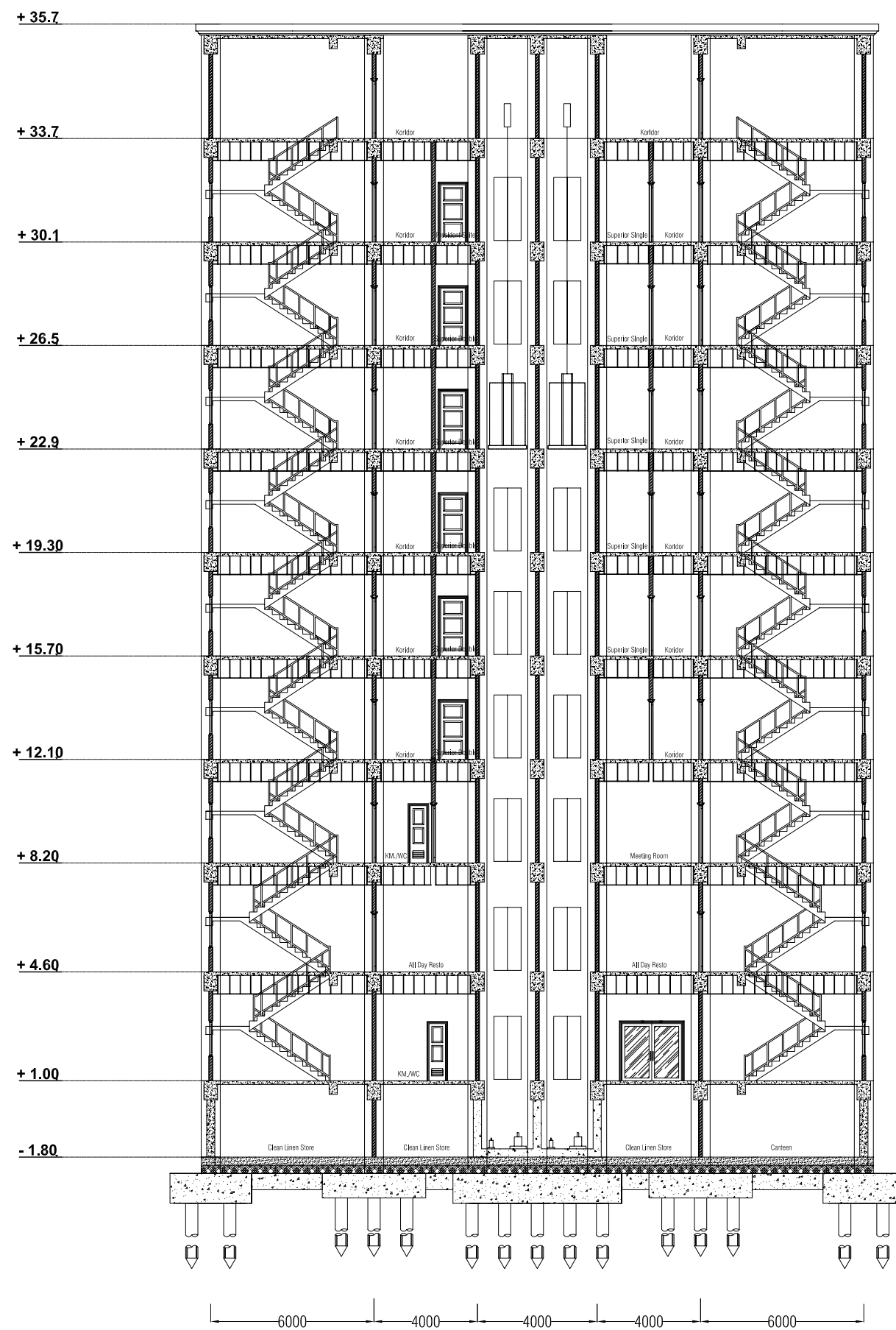
POTONGAN MEMANJANG
BANGUNAN

KODE
GAMBAR

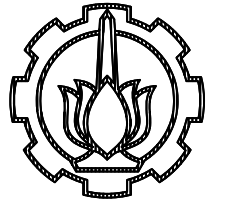
NO
LEMBAR

STR

15



 POTONGAN B-B BANGUNAN
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

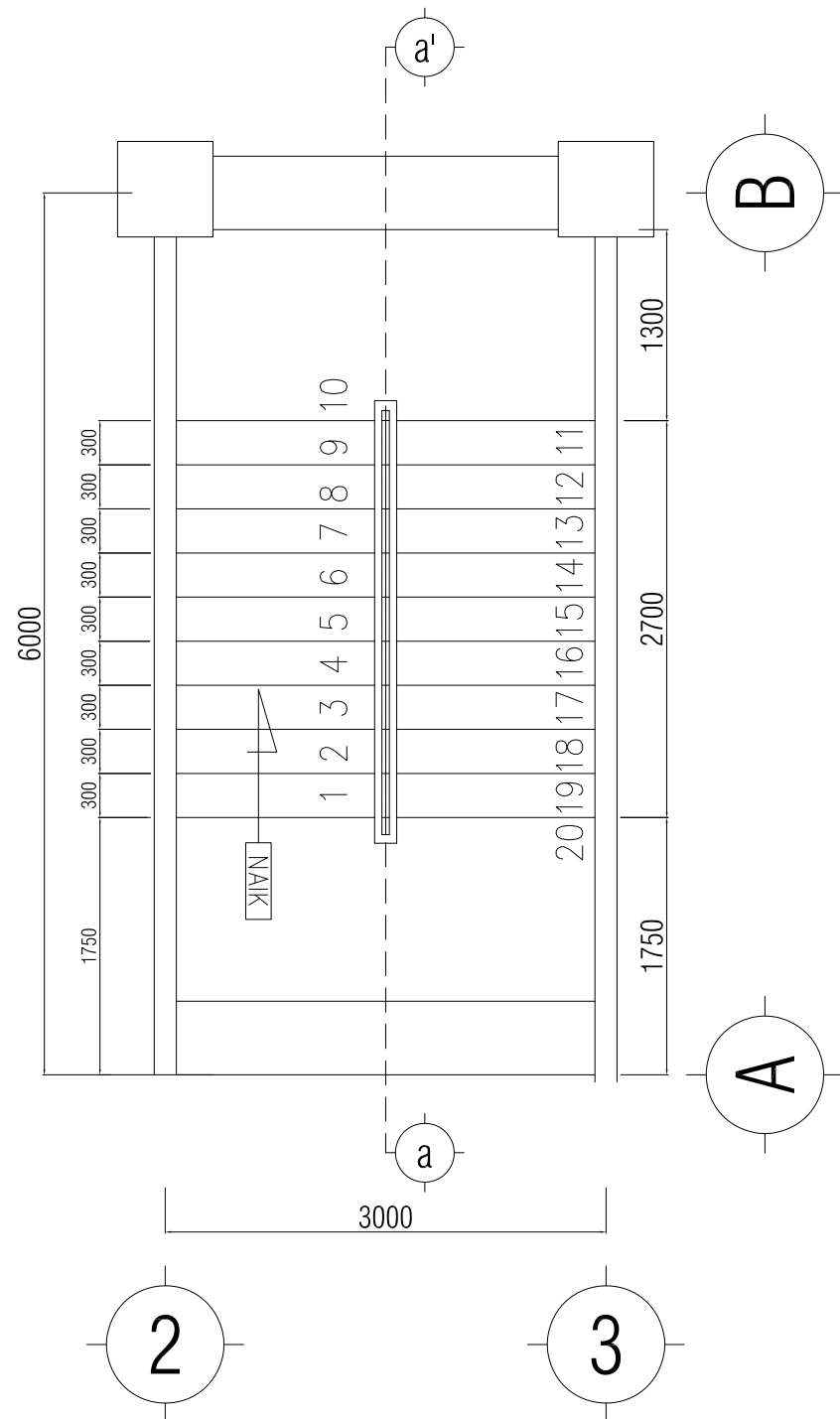
DENAH DAN RENCANA
 PENULANGAN TANGGA 1

KODE
 GAMBAR

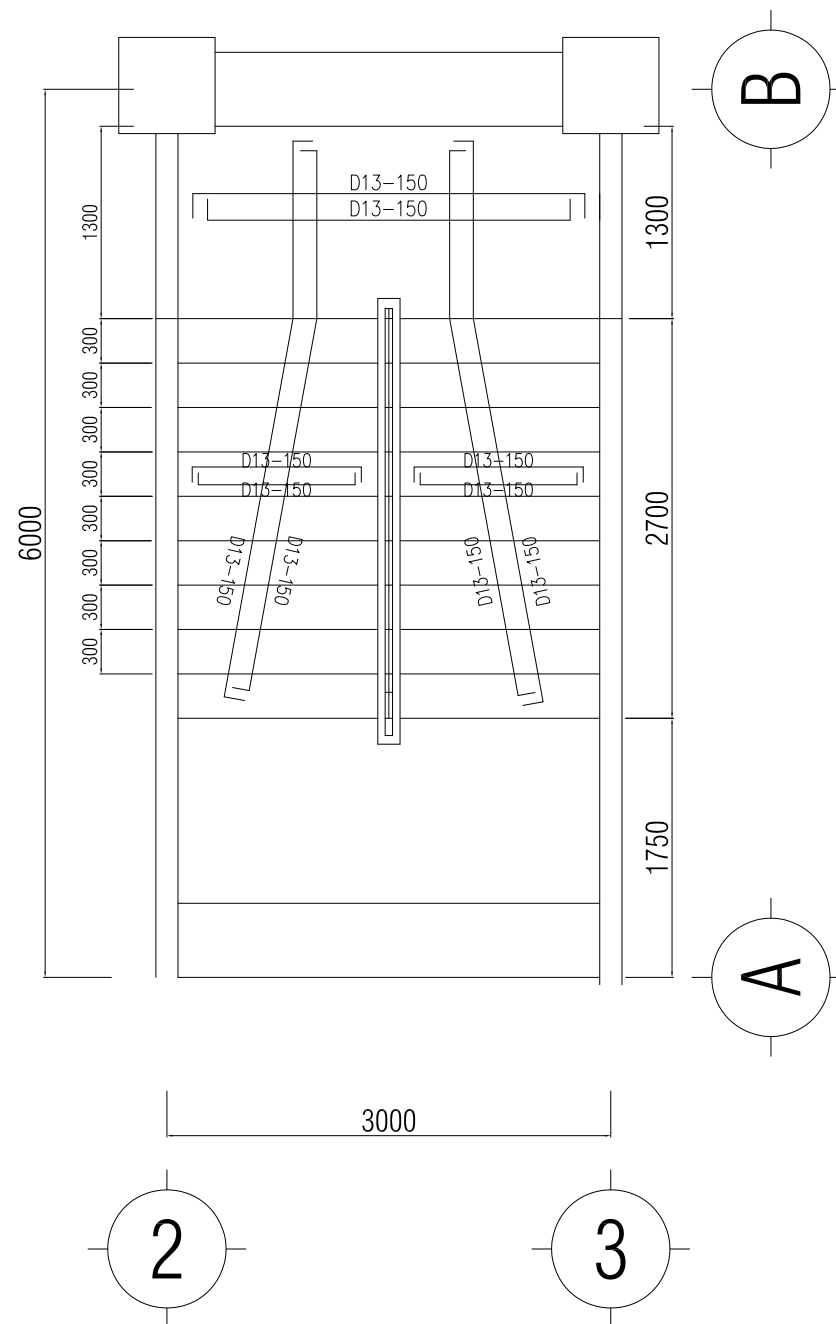
NO
 LEMBAR

STR

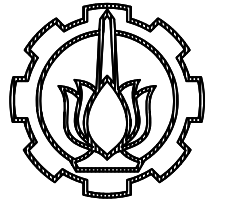
16



 DENAH TANGGA 1
 SCALE 1 : 50



 RENCANA PENULANGAN TANGGA 1
 SCALE 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah

NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

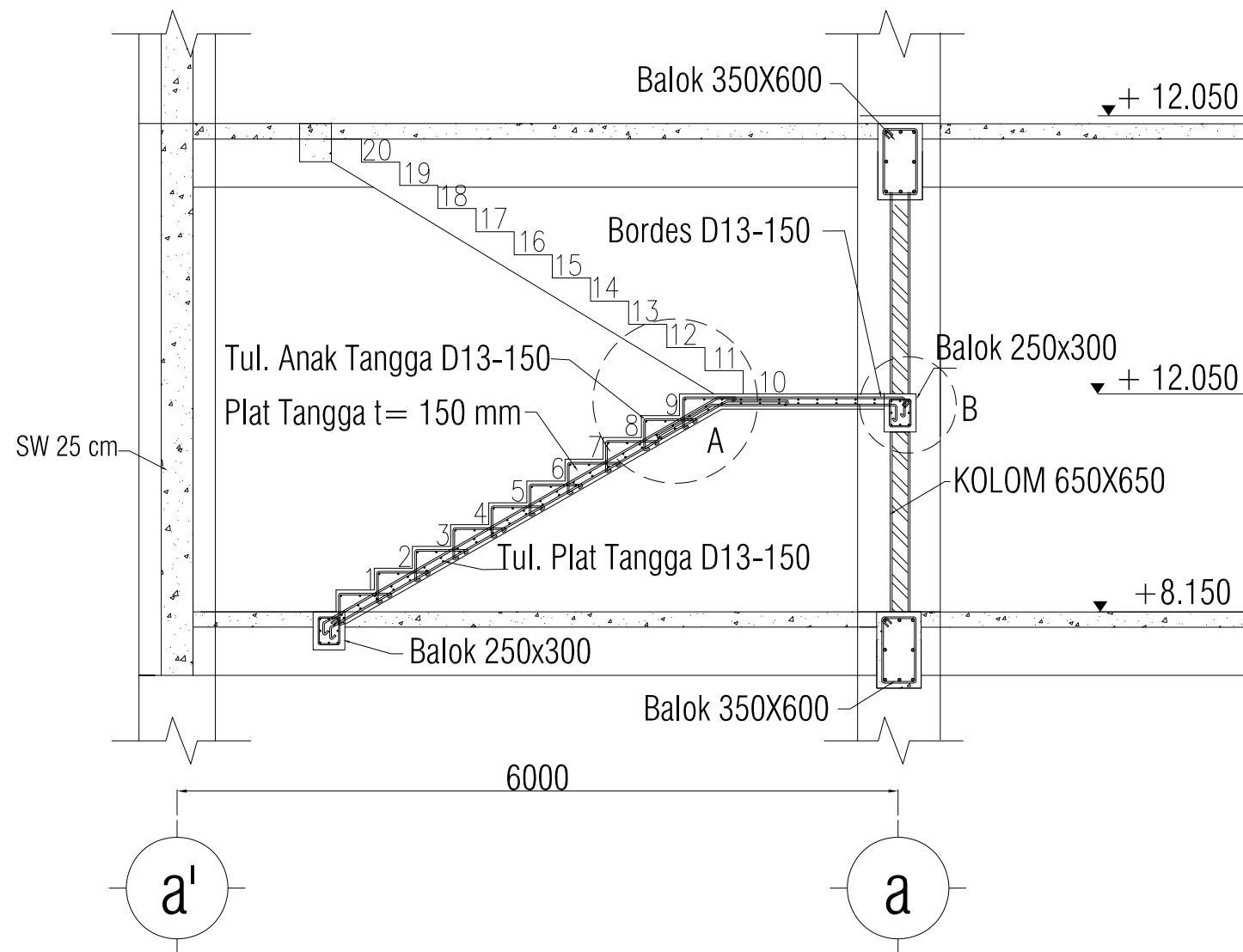
DETAIL PENULANGAN TANGGA 1

KODE
GAMBAR

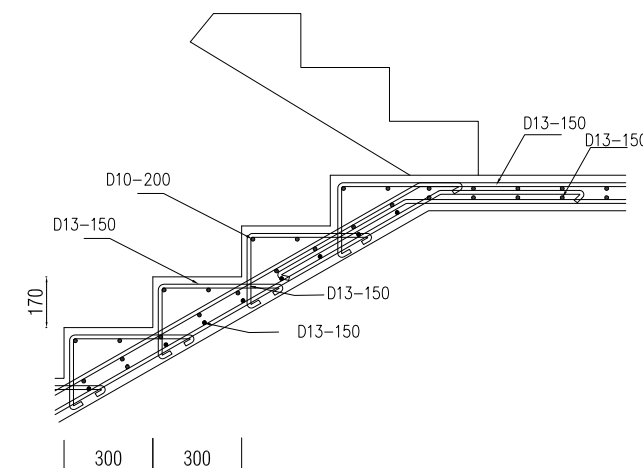
NO
LEMBAR

STR

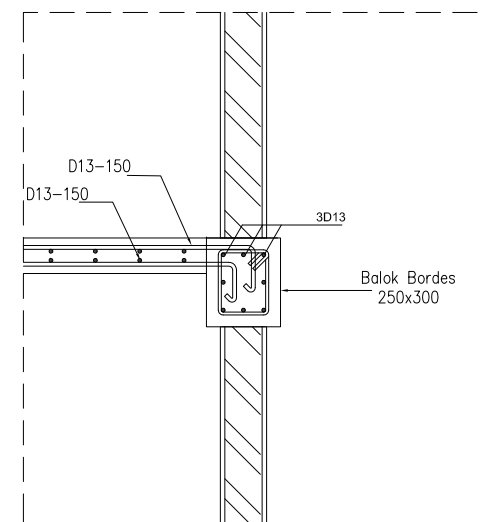
17



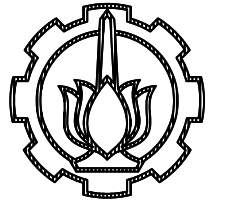
POTONGAN TANGGA 1
SCALE 1 : 50



DETAIL A
SCALE 1 : 25



DETAIL B
SCALE 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

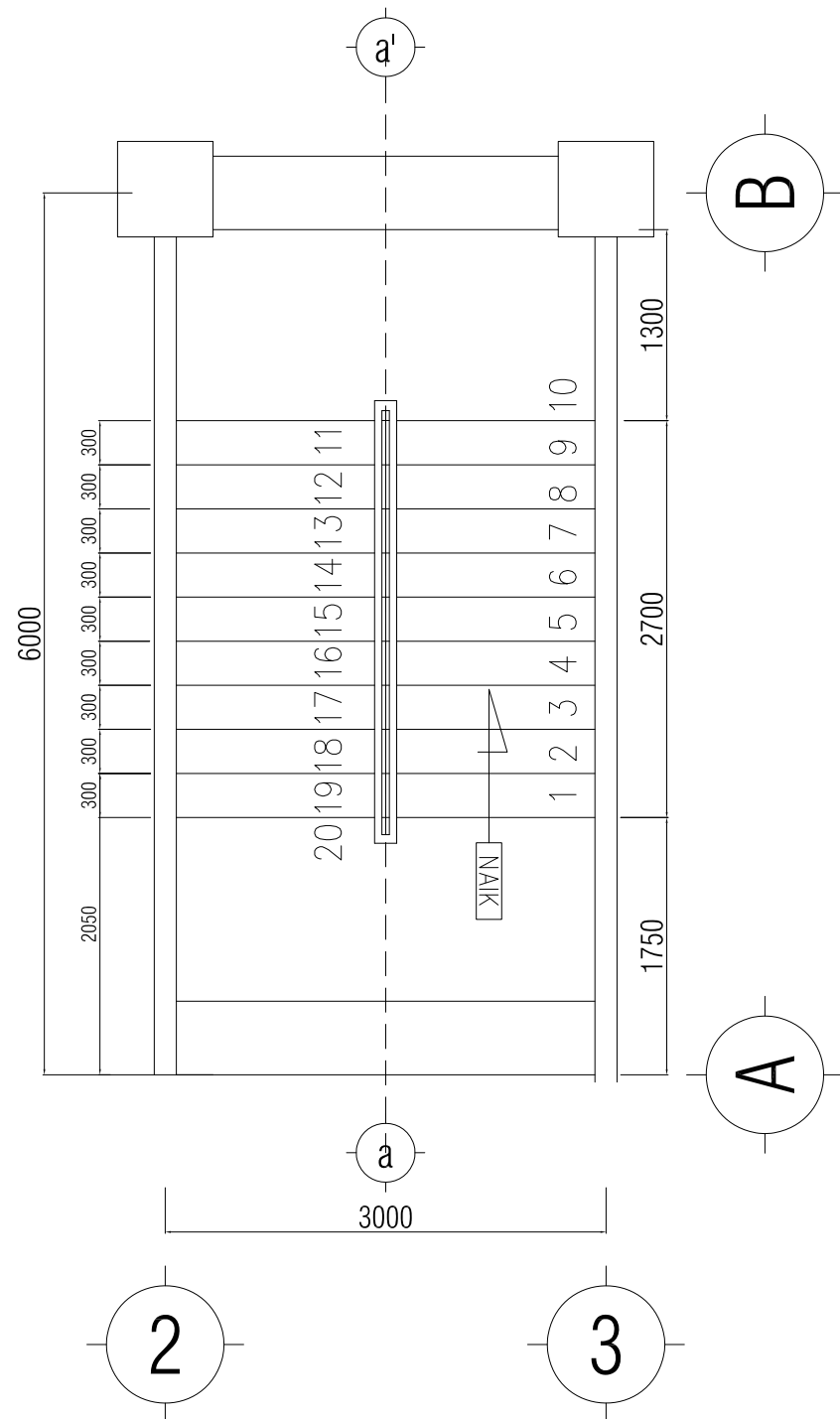
DENAH DAN PENULANGAN TANGGA 2

KODE
GAMBAR

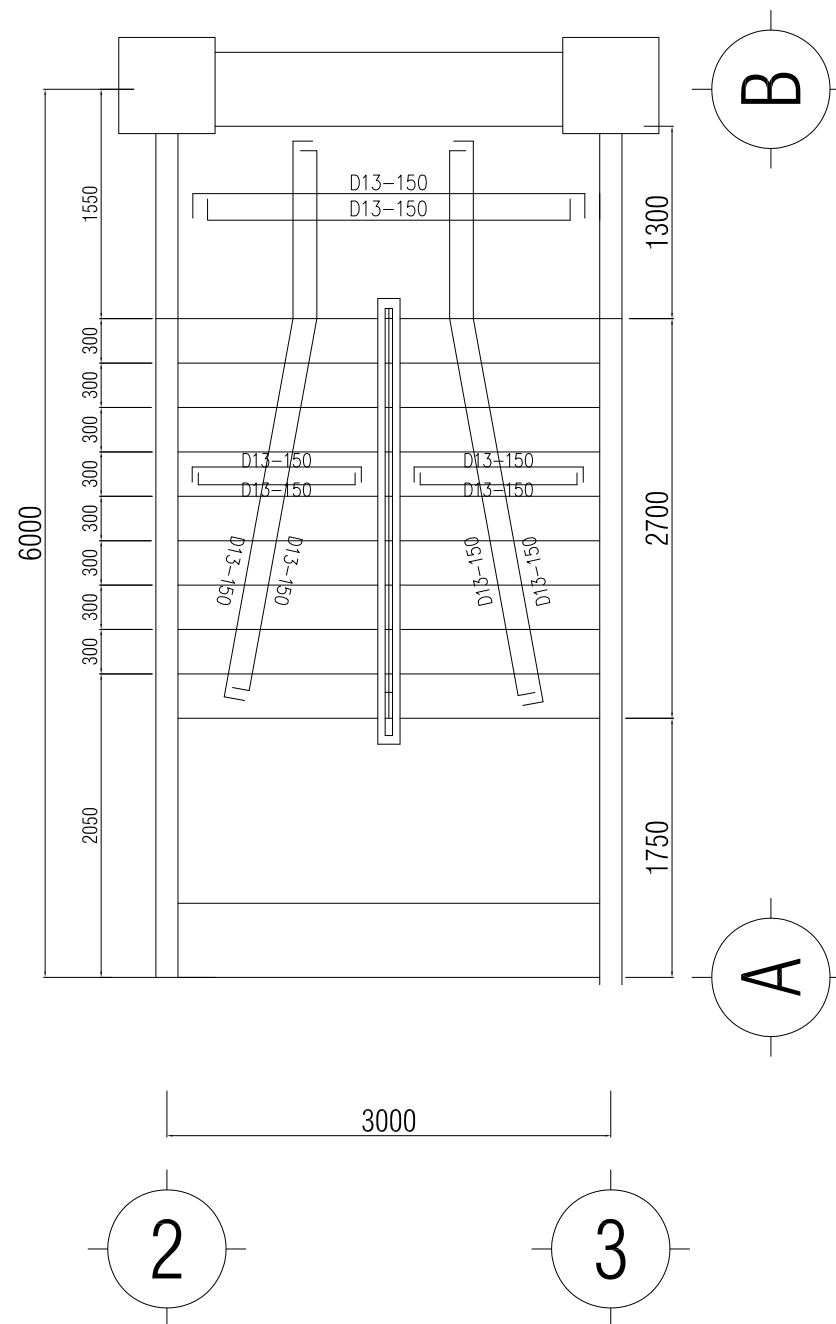
NO
LEMBAR

STR

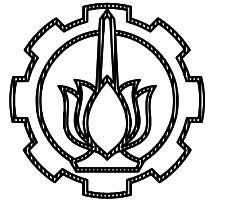
18



 DENAH TANGGA 2
SCALE 1 : 50



 RENCANA PENULANGAN TANGGA 2
SCALE 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah

NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

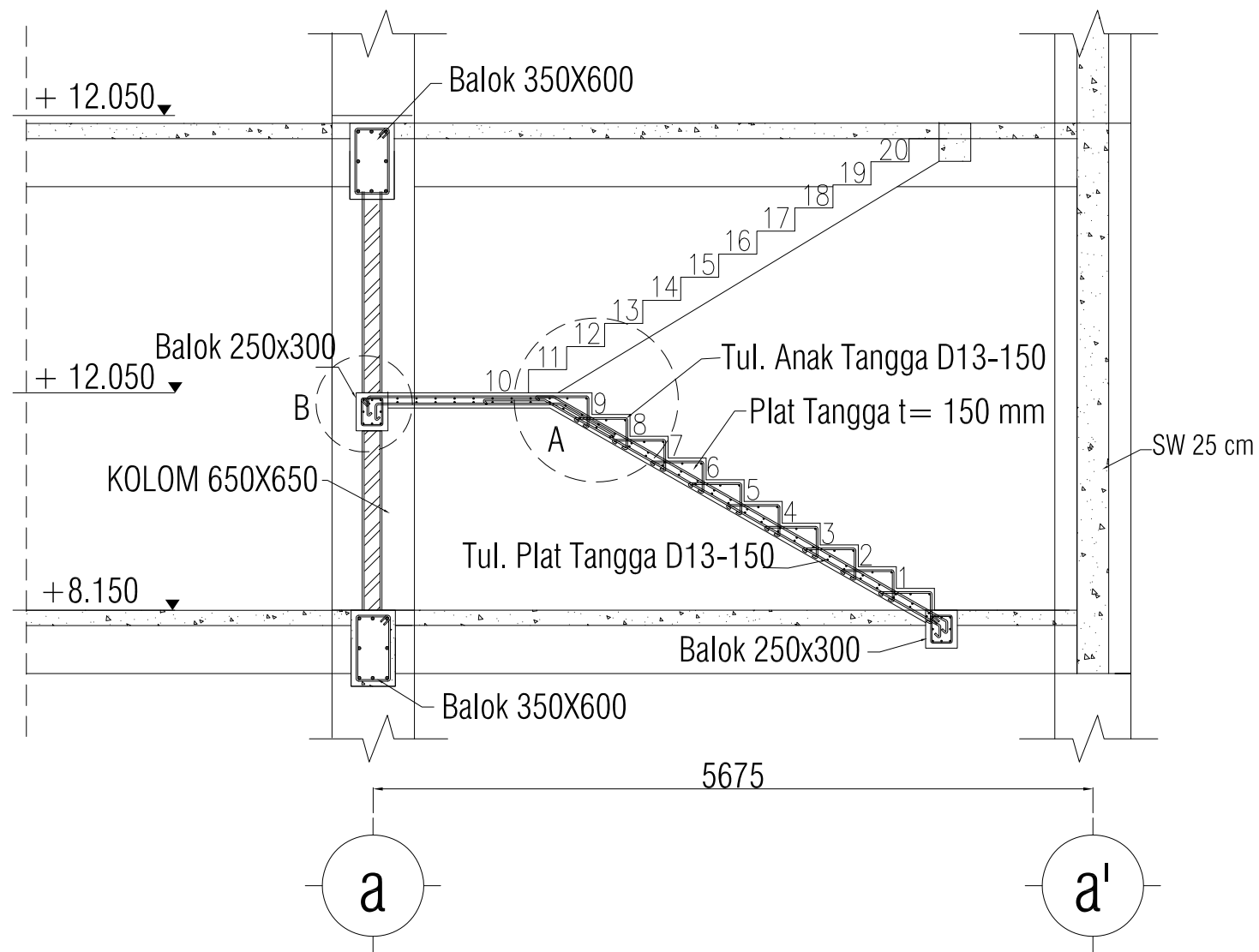
DETAIL PENULANGAN TANGGA 2

KODE
 GAMBAR

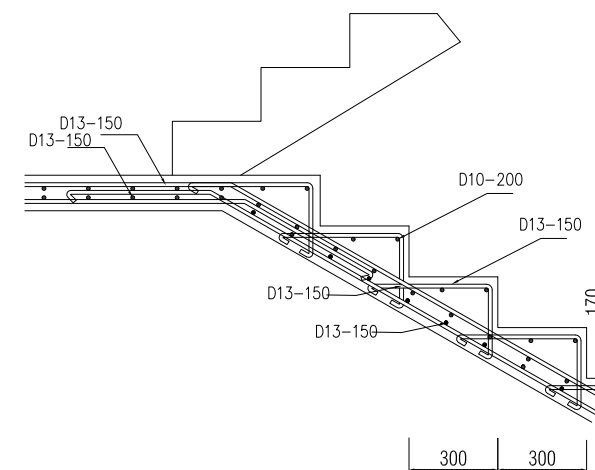
NO
 LEMBAR

STR

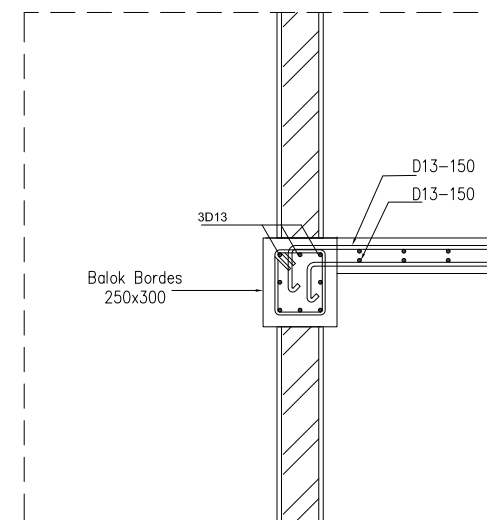
19



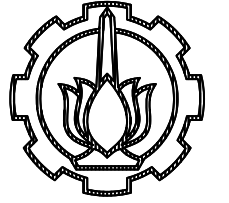
POTONGAN TANGGA 2
 SKALA 1 : 50



DETAIL A
 SKALA 1 : 25



DETAIL B
 SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

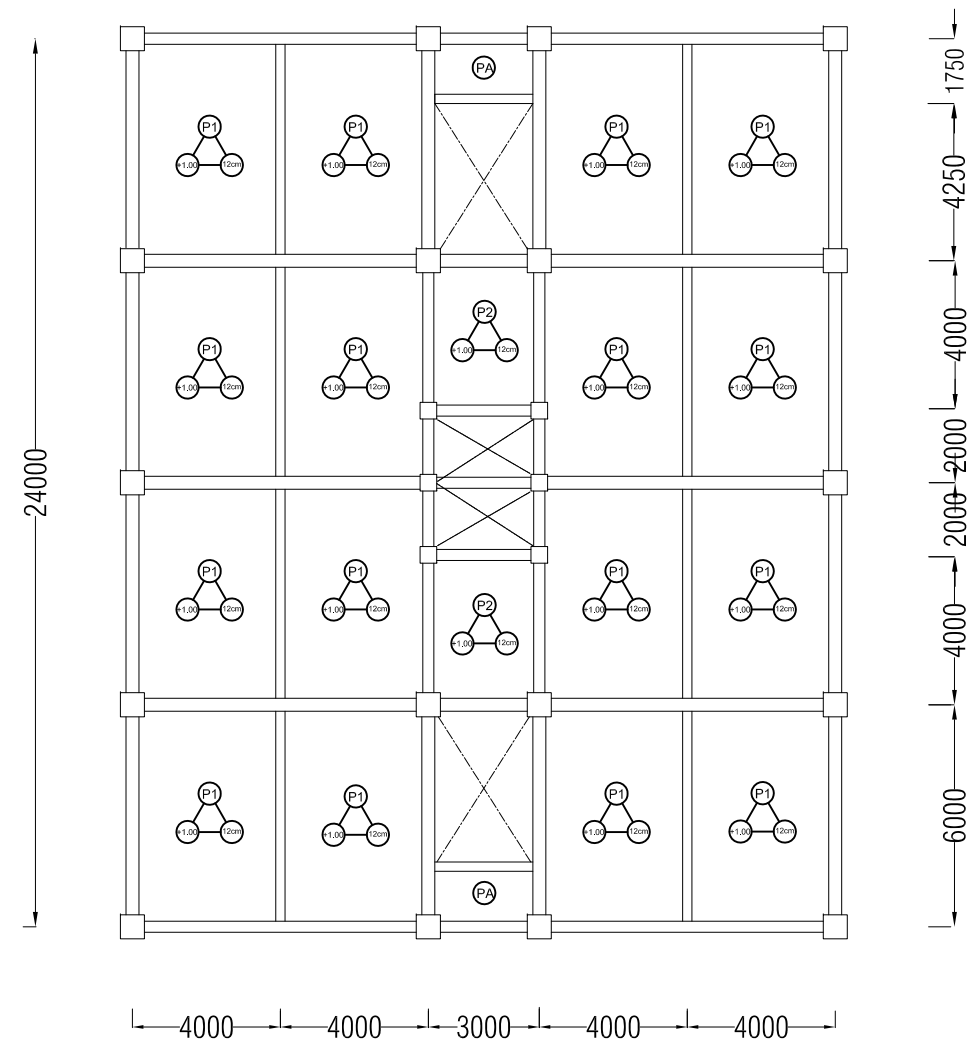
RENCANA PELAT
LT. DASAR

KODE
GAMBAR

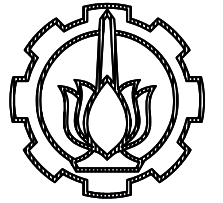
NO
LEMBAR

STR

20



 **RENCANA PELAT LT DASAR**
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

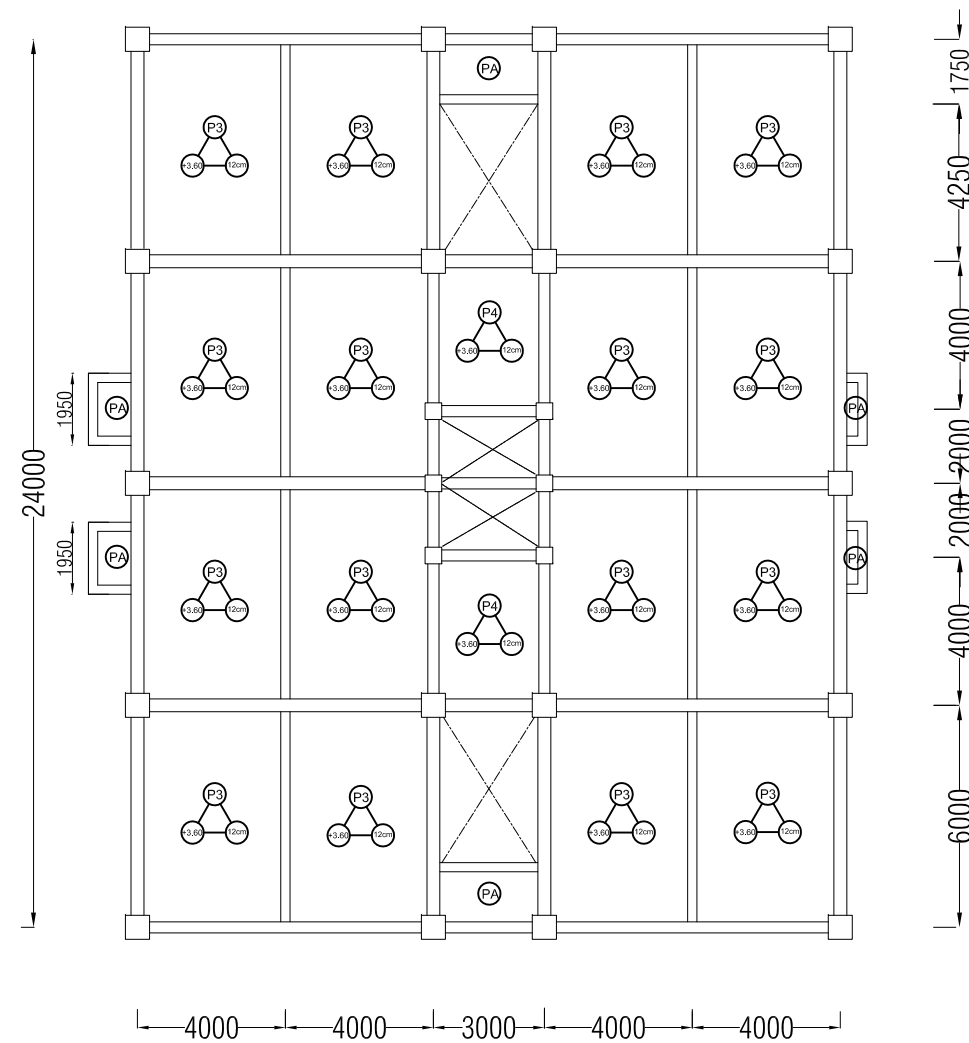
RENCANA PELAT
LT. 1 - LT. 8

KODE
GAMBAR

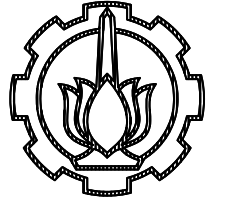
NO
LEMBAR

STR

21



 **RENCANA PELAT LT 1-9**
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

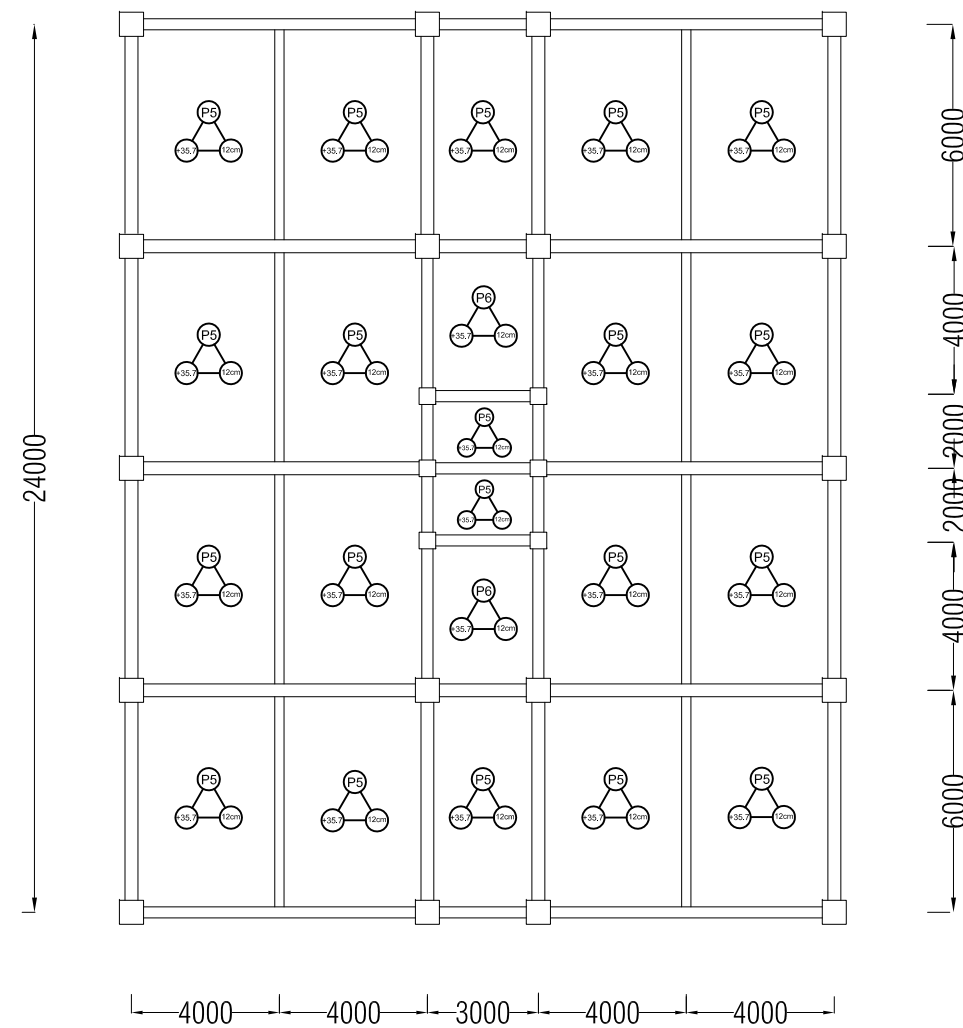
RENCANA PELAT
LT. ATAP

KODE
GAMBAR

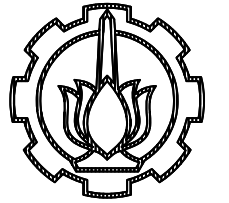
NO
LEMBAR

STR

22



 **RENCANA PELAT LT ATAP**
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

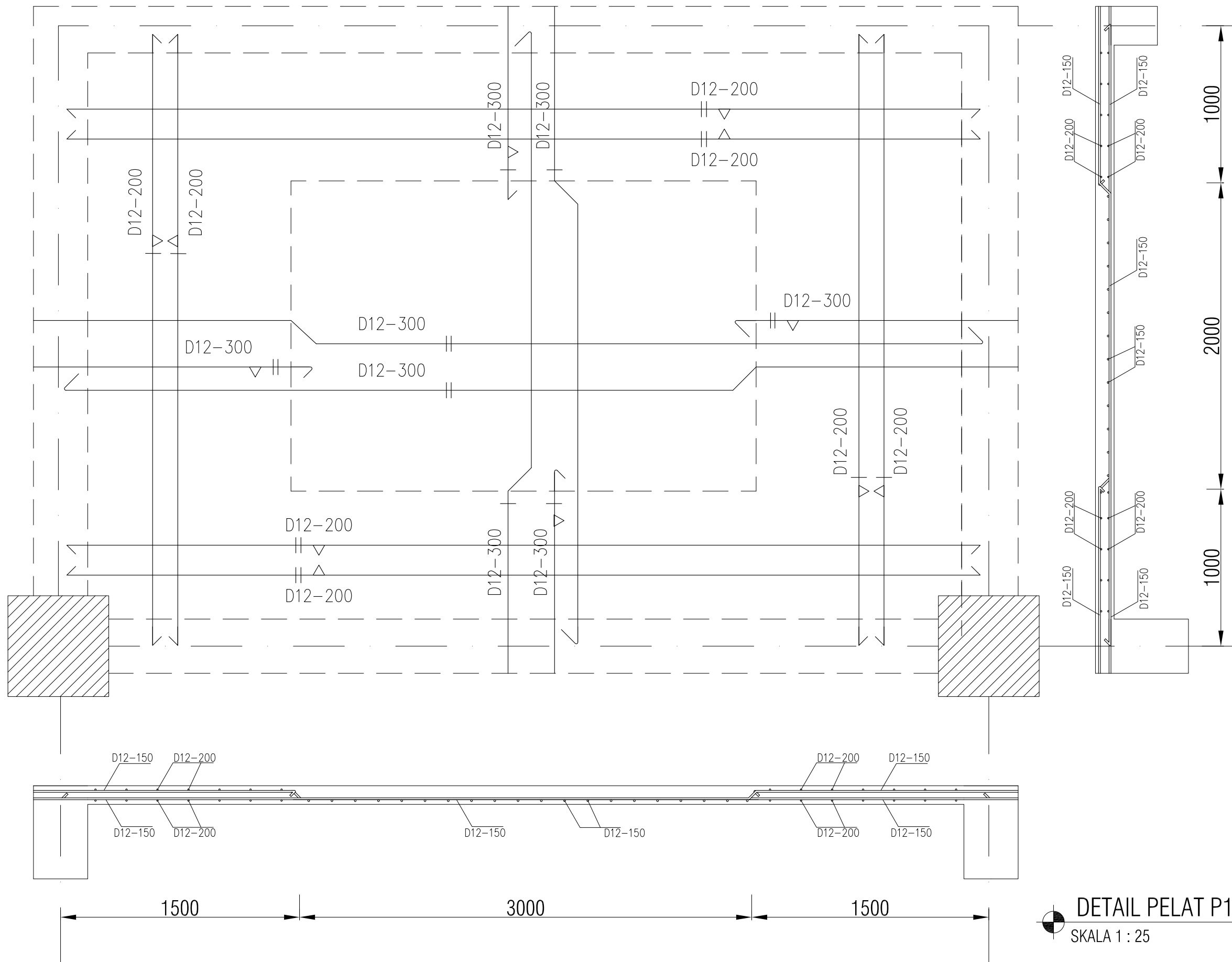
DETAIL PENULANGAN PELAT P1
SKALA 1 : 25

KODE
GAMBAR

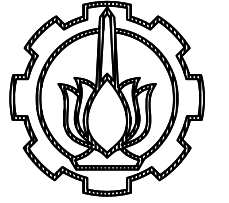
NO
LEMBAR

STR

23



DETAIL PELAT P1
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

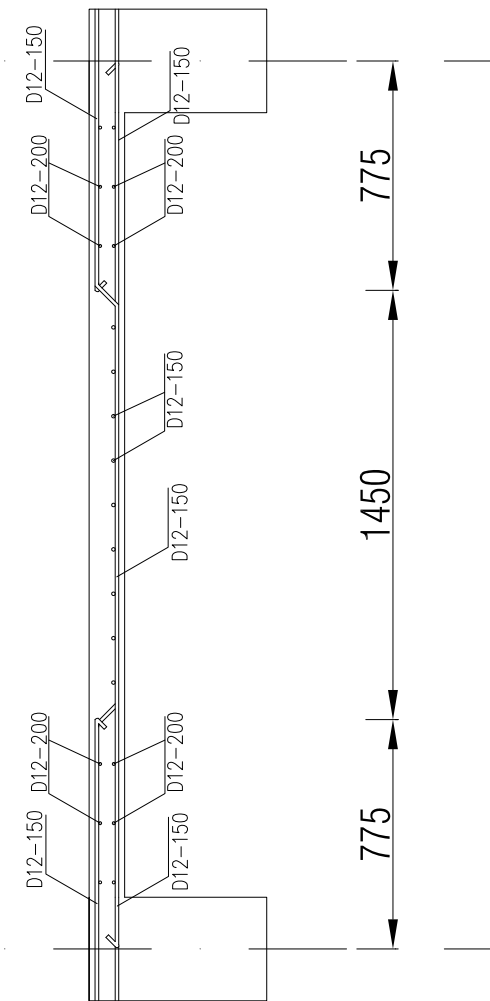
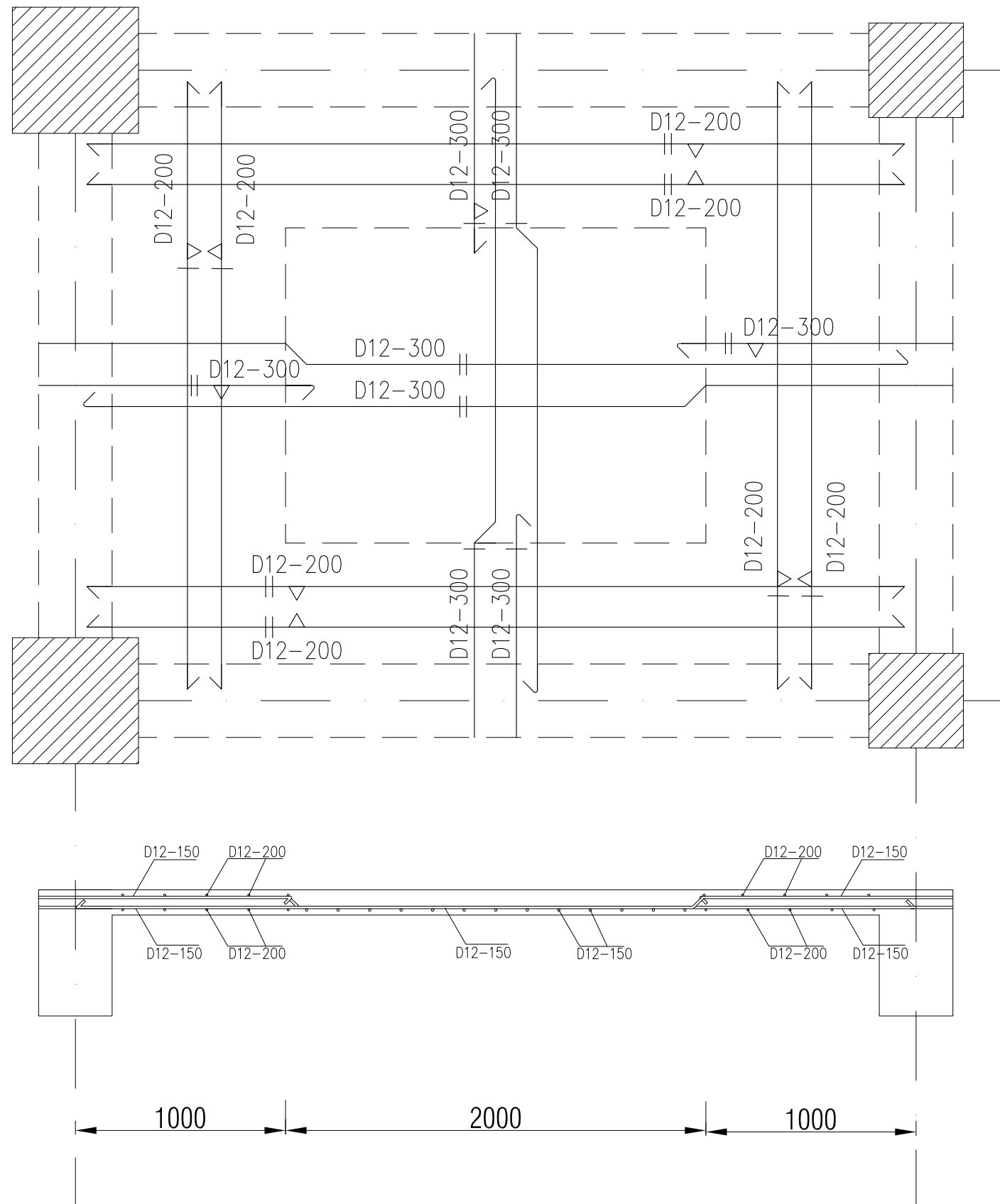
DETAIL PENULANGAN PELAT P2

KODE
GAMBAR

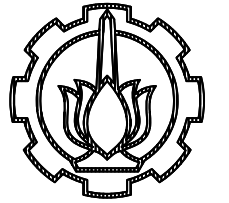
NO
LEMBAR

STR

24



DETAIL PELAT P2
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

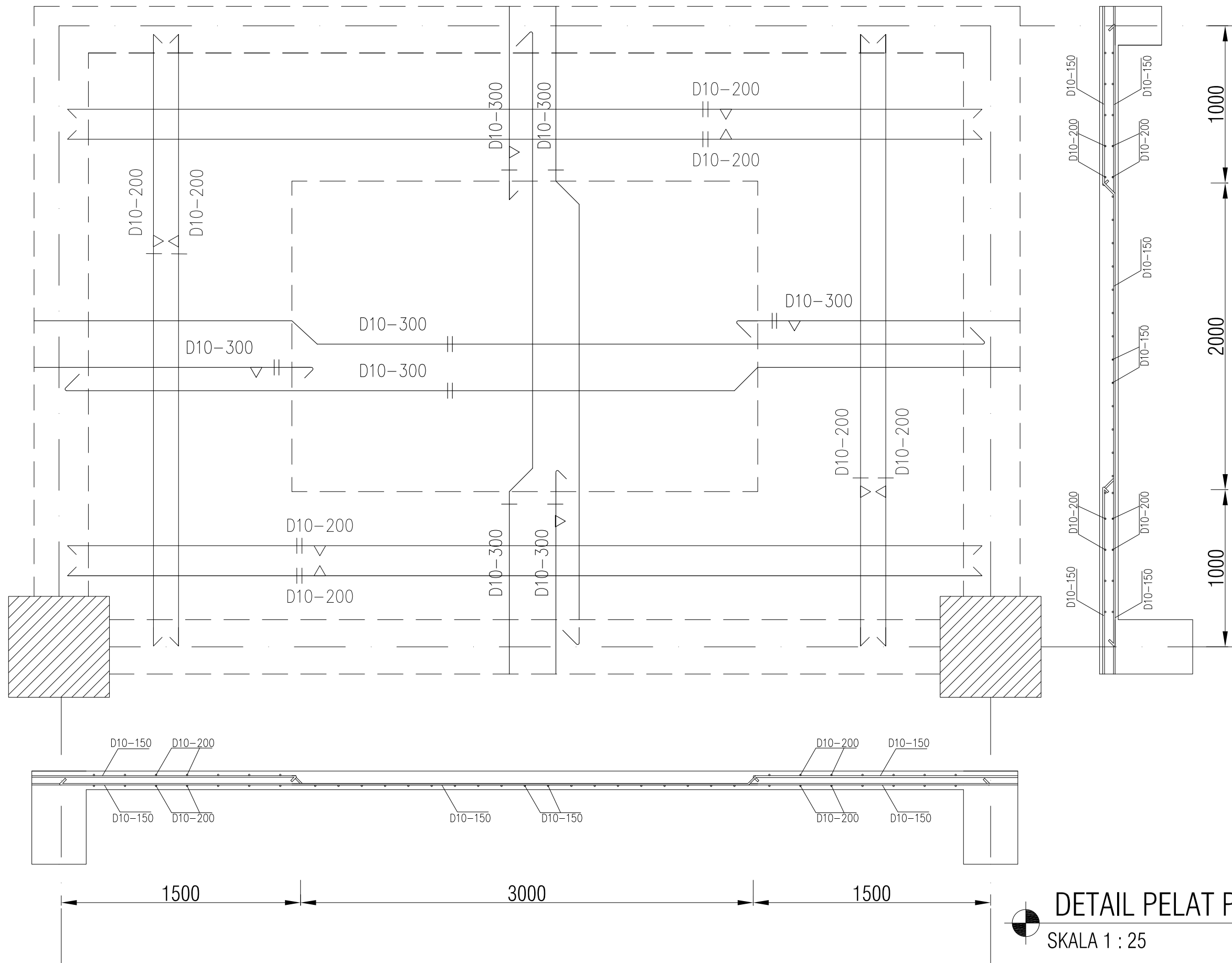
DETAIL PENULANGAN PELAT P3
SKALA 1 : 25

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

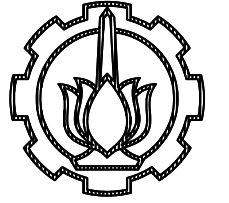
STR

25



DETAIL PELAT P3

SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

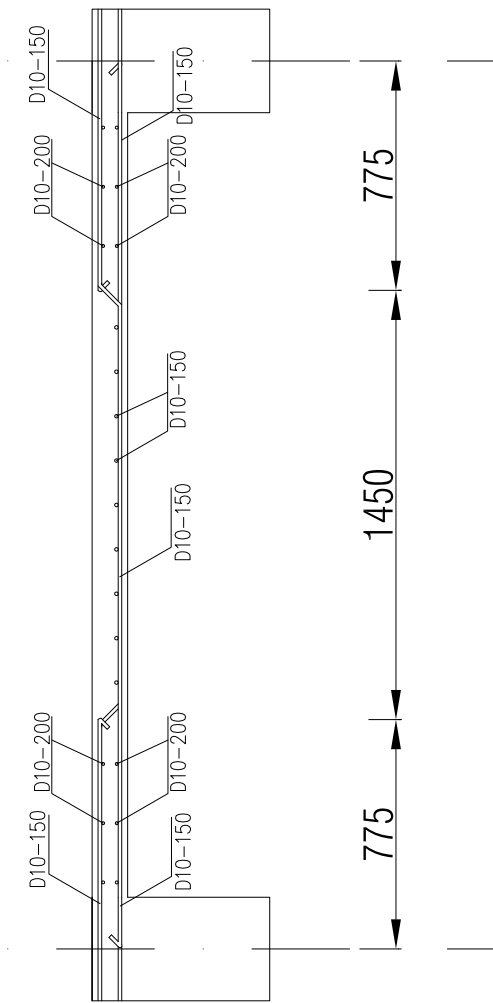
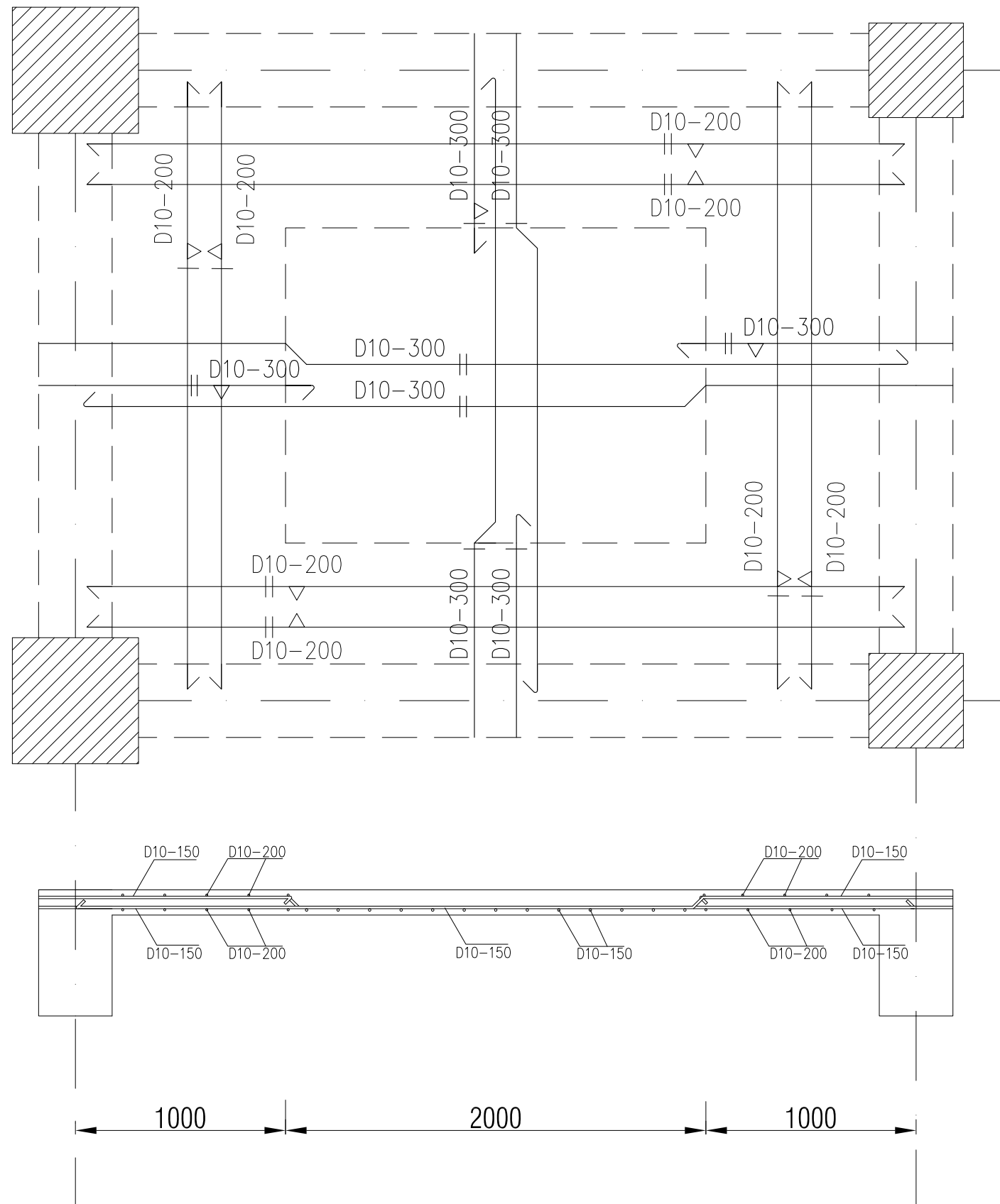
DETAIL PENULANGAN PELAT P4

KODE
GAMBAR

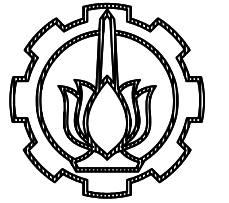
NO
LEMBAR

STR

26



DETAIL PELAT P4
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

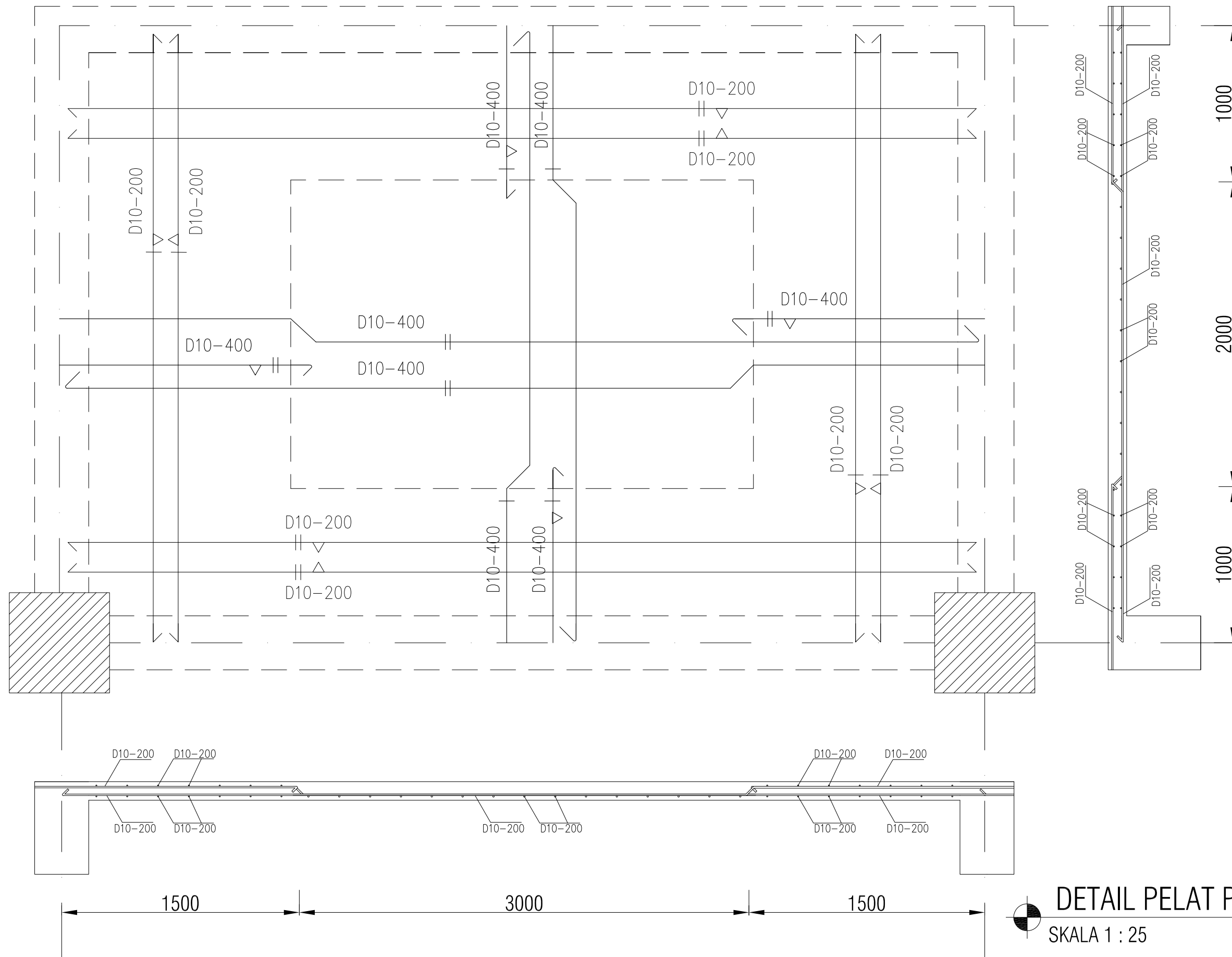
DETAIL PENULANGAN PELAT P5
SKALA 1 : 25

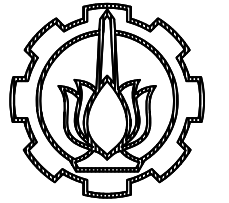
KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

STR

27





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

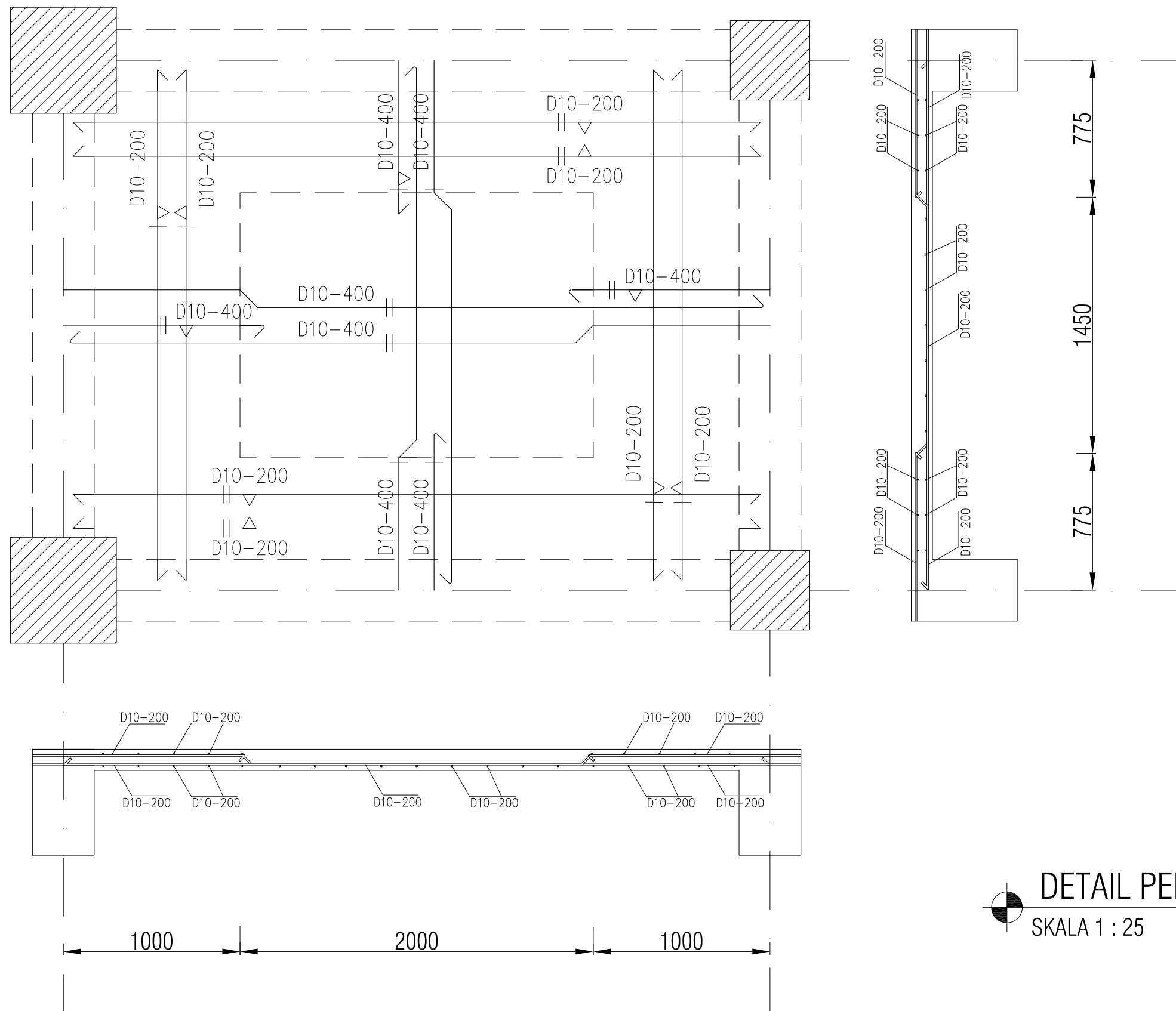
DETAIL PENULANGAN PELAT P6

KODE
GAMBAR

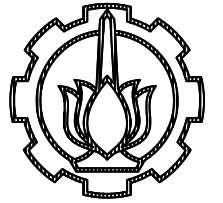
NO
LEMBAR

STR

28



DETAIL PELAT P6
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

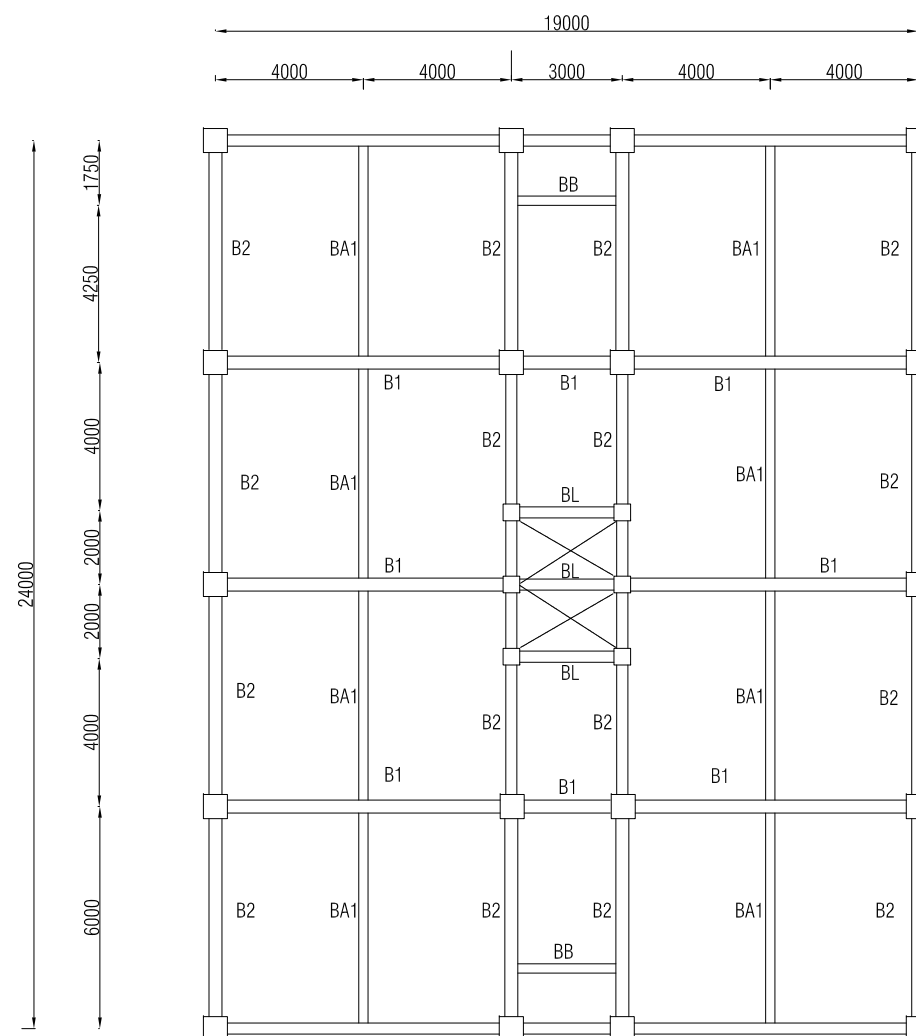
DENAH PEMBALOKAN
 LT. DASAR - LT. 5

KODE
 GAMBAR

NO
 LEMBAR

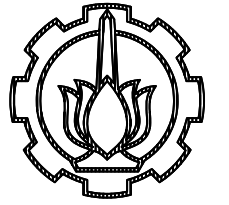
STR

29



KETERANGAN (mm)	
B1	350 x 600
B2	350 x 600
BL	300 x 400
BA	300 x 400

 **DENAH BALOK LT DASAR**
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

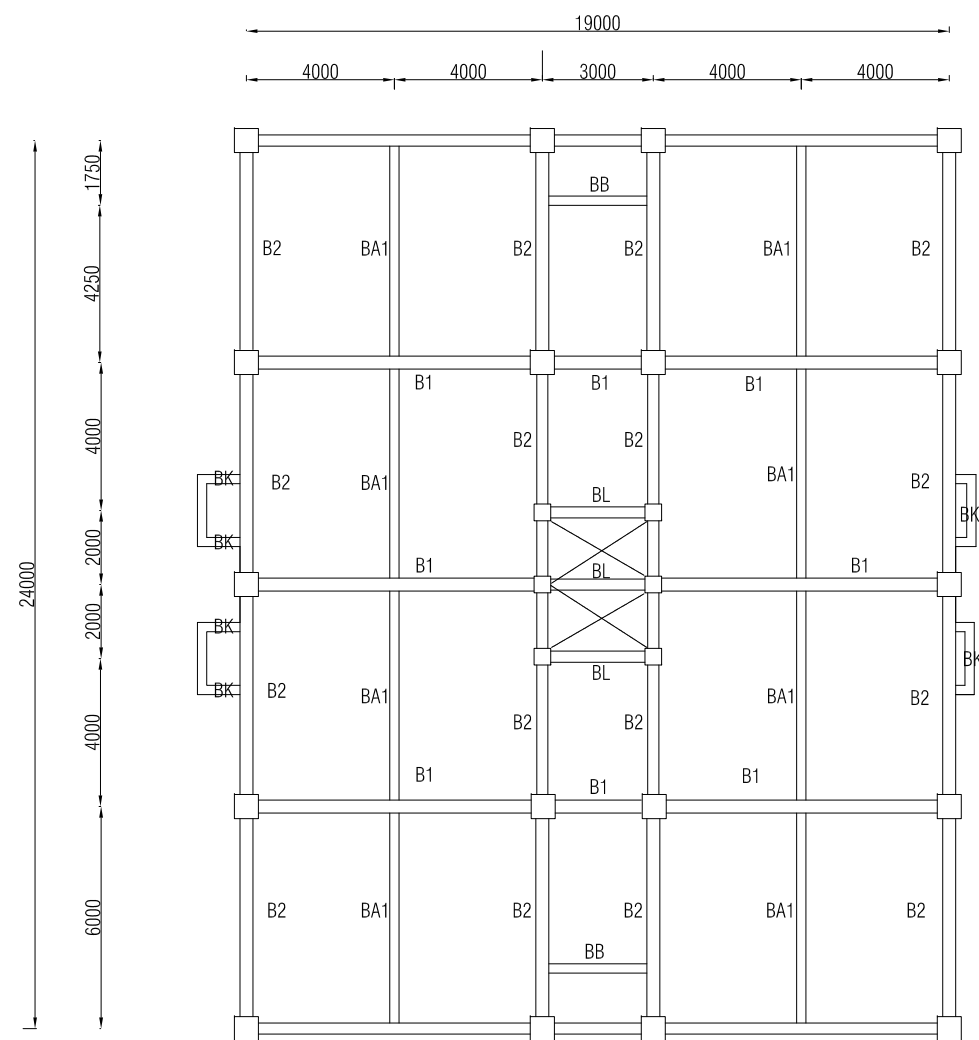
DENAH PEMBALOKAN
LT. 1 - LT. 5

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

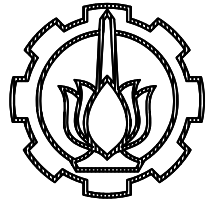
STR

30



KETERANGAN (mm)	
B3	350 x 600
B4	350 x 600
BL	300 x 400
BA	300 x 400
BK	200 x 300

 **DENAH BALOK LT 1- LT 5**
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

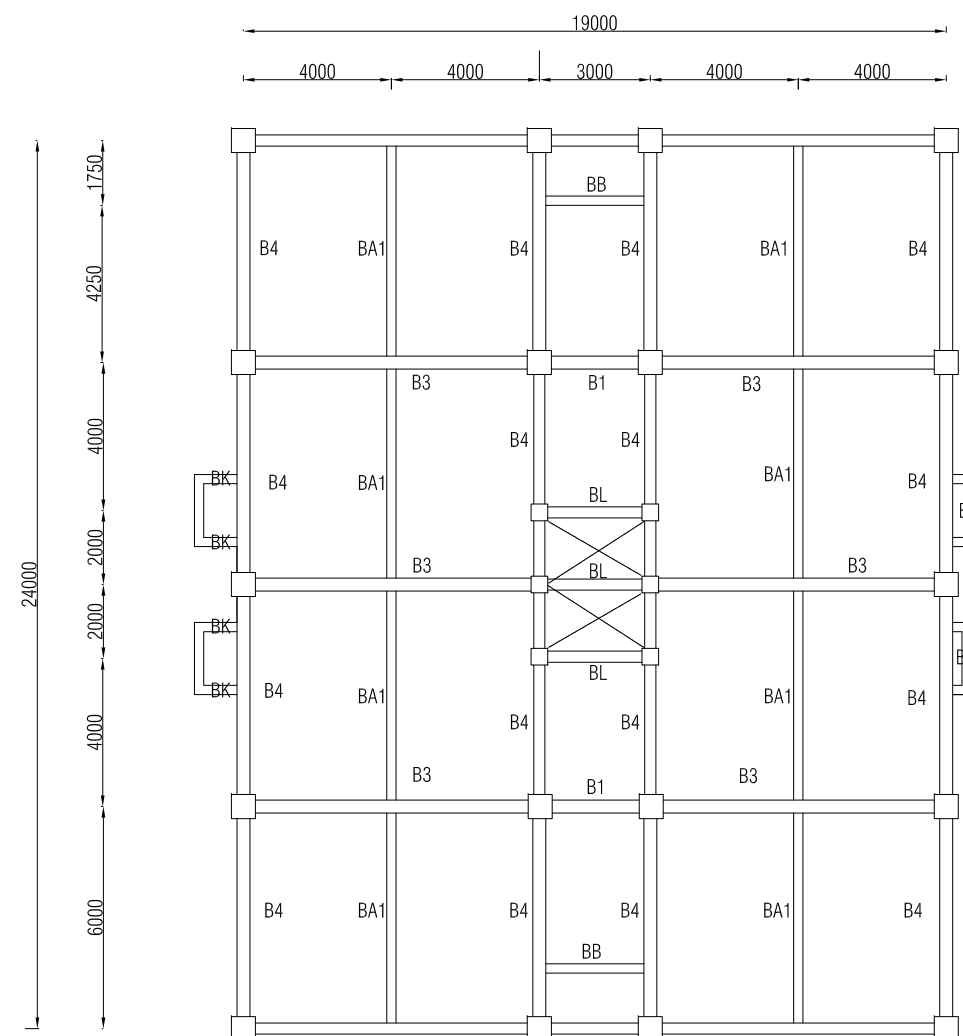
DENAH PEMBALOKAN
LT. 6 - LT. 9

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

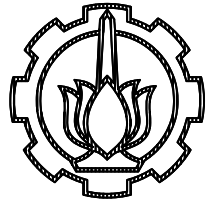
STR

31



KETERANGAN (mm)	
B3	350 x 600
B4	350 x 600
BL	300 x 400
BA	300 x 400
BK	250 x 300

 **DENAH BALOK LT 6 - 9**
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

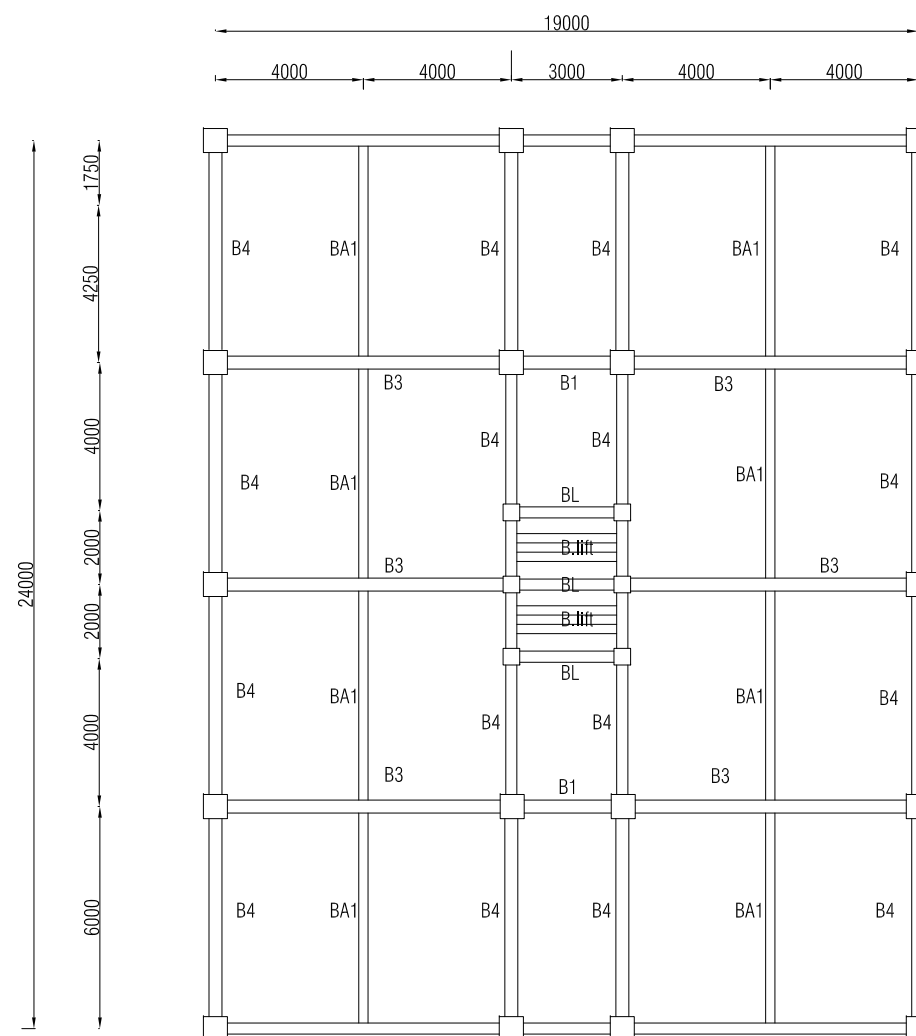
DENAH PEMBALOKAN
LT. ATAP

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

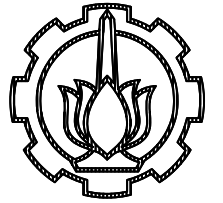
STR

32



KETERANGAN (mm)	
B3	350 x 600
B4	350 x 600
BL	300 x 400
BA	300 x 400
B.lift	250 x 350

 **DENAH BALOK LT ATAP**
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

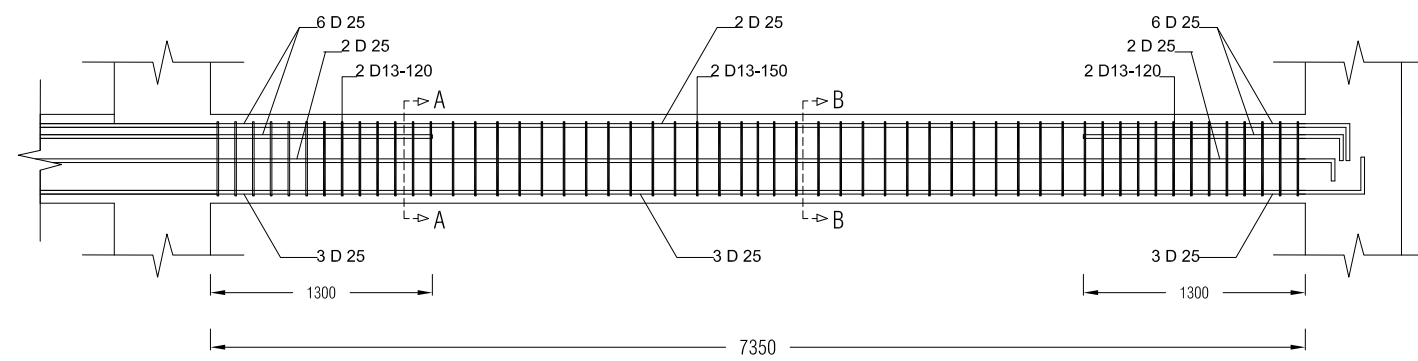
DETAIL PENULANGAN BALOK B1

KODE
GAMBAR

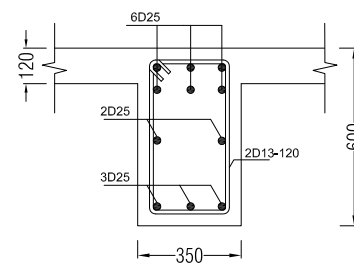
NO
LEMBAR

STR

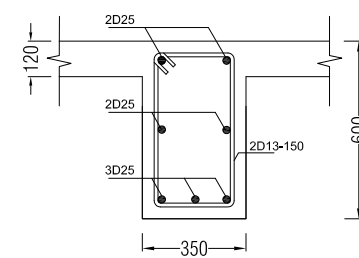
33



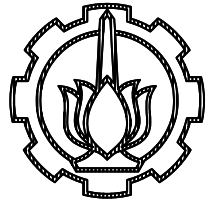
DETAIL PENULANGAN BALOK B1
SKALA 1:50



Potongan A-A
SKALA 1:25



Potongan B-B
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

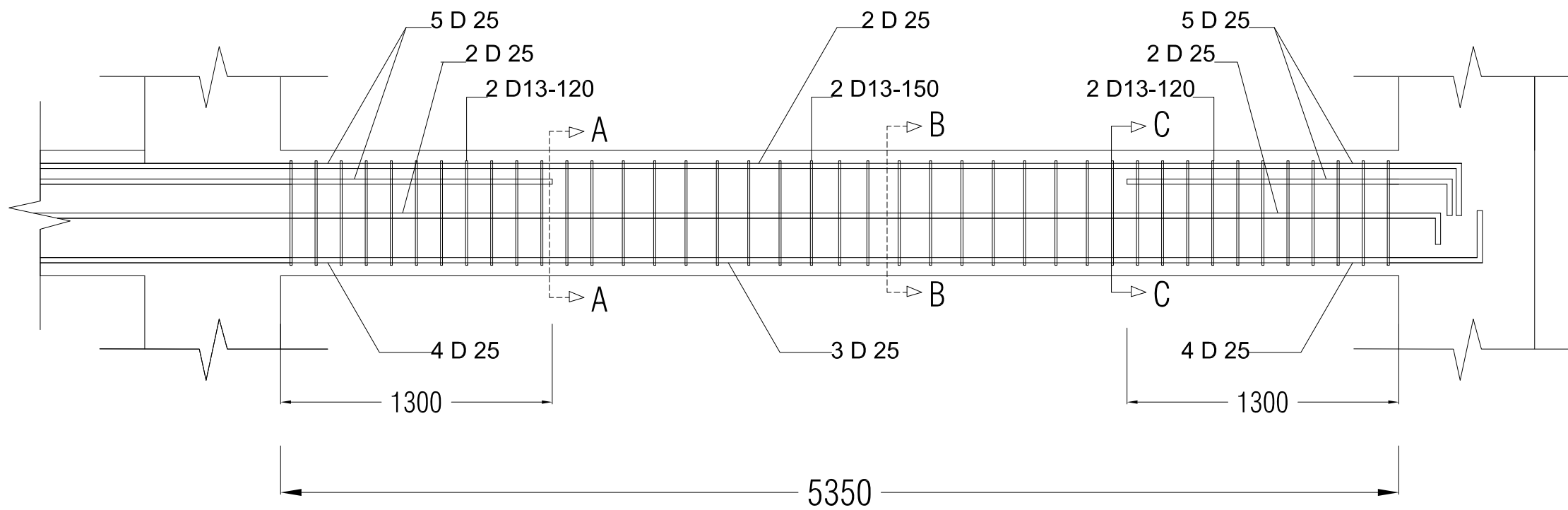
DETAIL PENULANGAN BALOK B2

KODE
GAMBAR

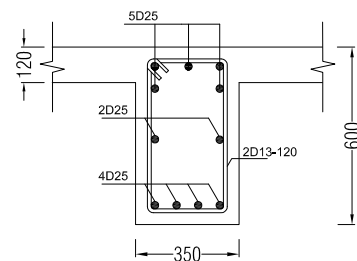
NO
LEMBAR

STR

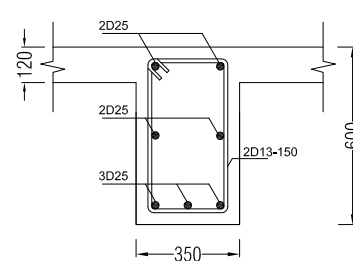
34



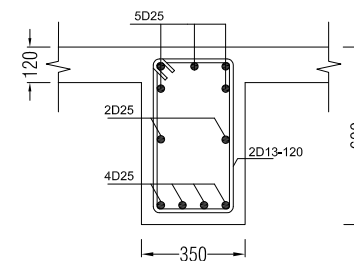
DETAIL PENULANGAN BALOK B2
SKALA 1:25



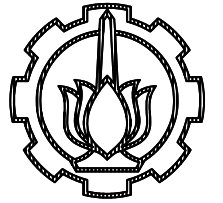
Potongan A-A
SKALA 1:25



Potongan B-B
SKALA 1:25



Potongan C-C
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

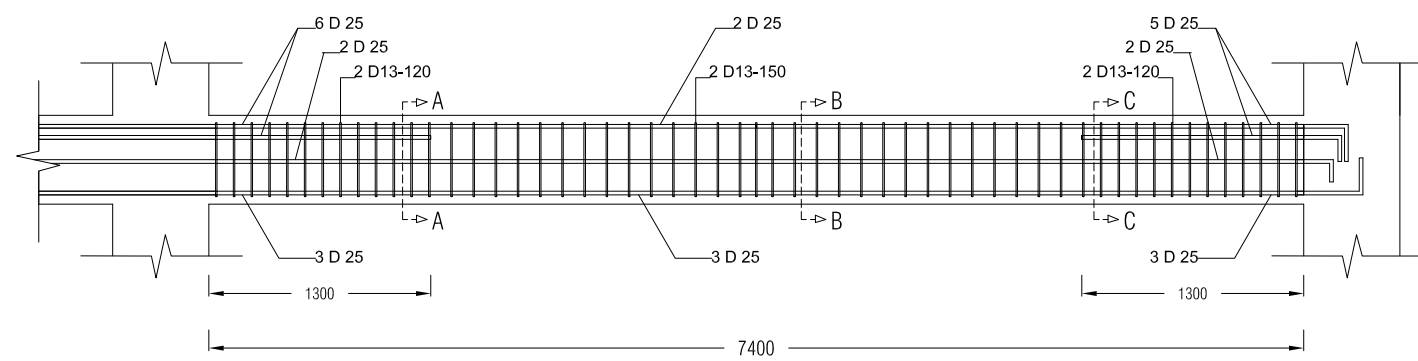
DETAIL PENULANGAN BALOK B3

KODE
 GAMBAR

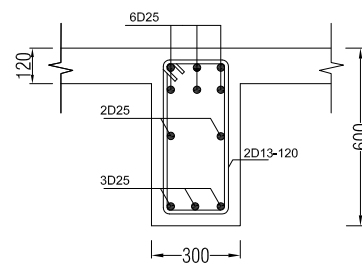
NO
 LEMBAR

STR

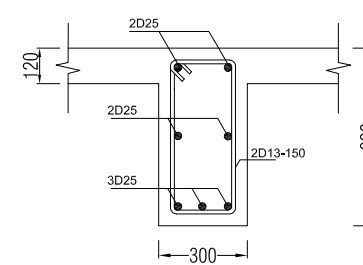
35



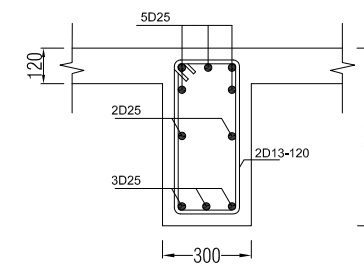
DETAIL PENULANGAN BALOK B3
 SKALA 1:50



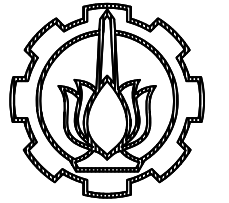
Potongan A-A
 SKALA 1:25



Potongan B-B
 SKALA 1:25



Potongan C-C
 SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

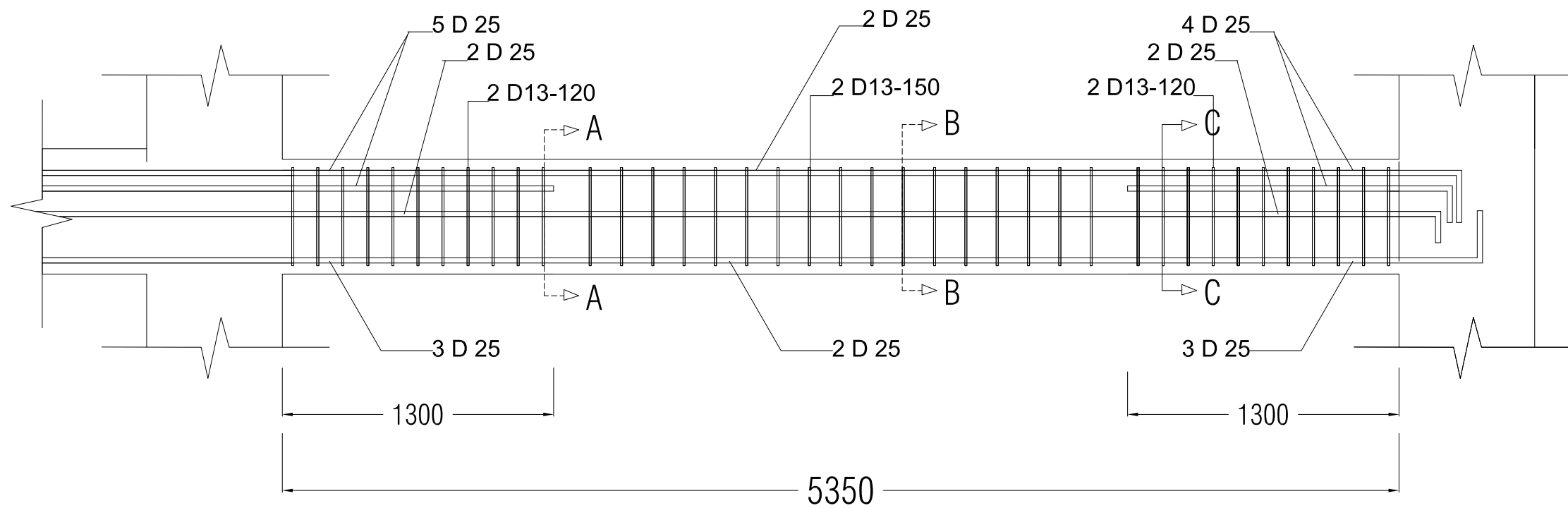
DETAIL PENULANGAN BALOK B4

KODE
GAMBAR

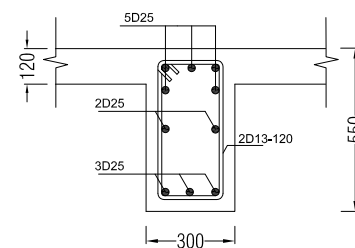
NO
LEMBAR

STR

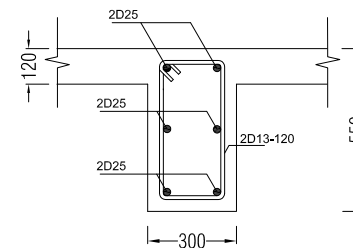
36



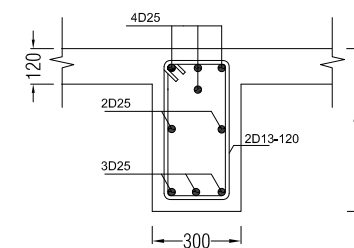
DETAIL PENULANGAN BALOK B4
SKALA 1:25



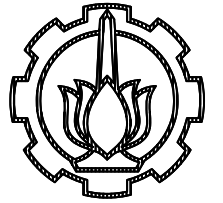
Potongan A-A
SKALA 1:25



Potongan B-B
SKALA 1:25



Potongan C-C
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

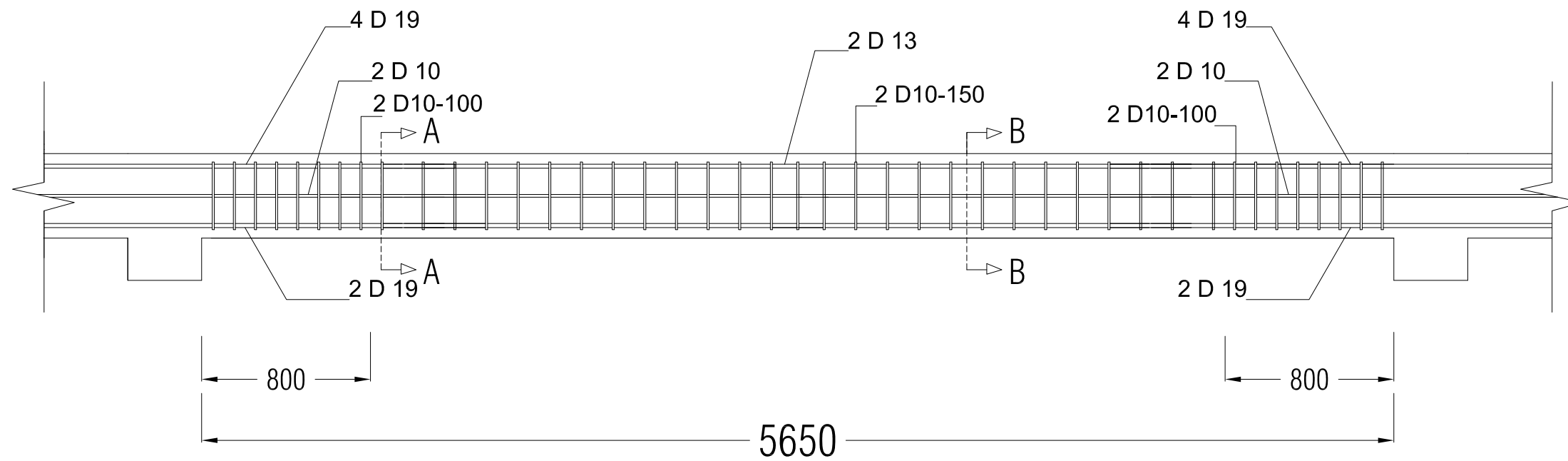
DETAIL PENULANGAN BALOK BA

KODE
GAMBAR

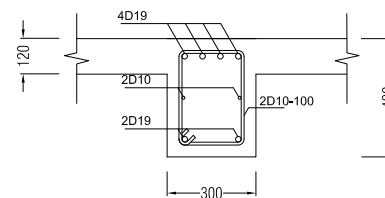
NO
LEMBAR

STR

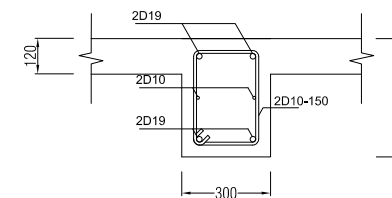
37



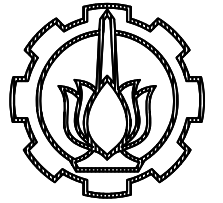
DETAIL PENULANGAN BALOK BA
SKALA 1:25



Potongan A-A
SKALA 1:25



Potongan B-B
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah

NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

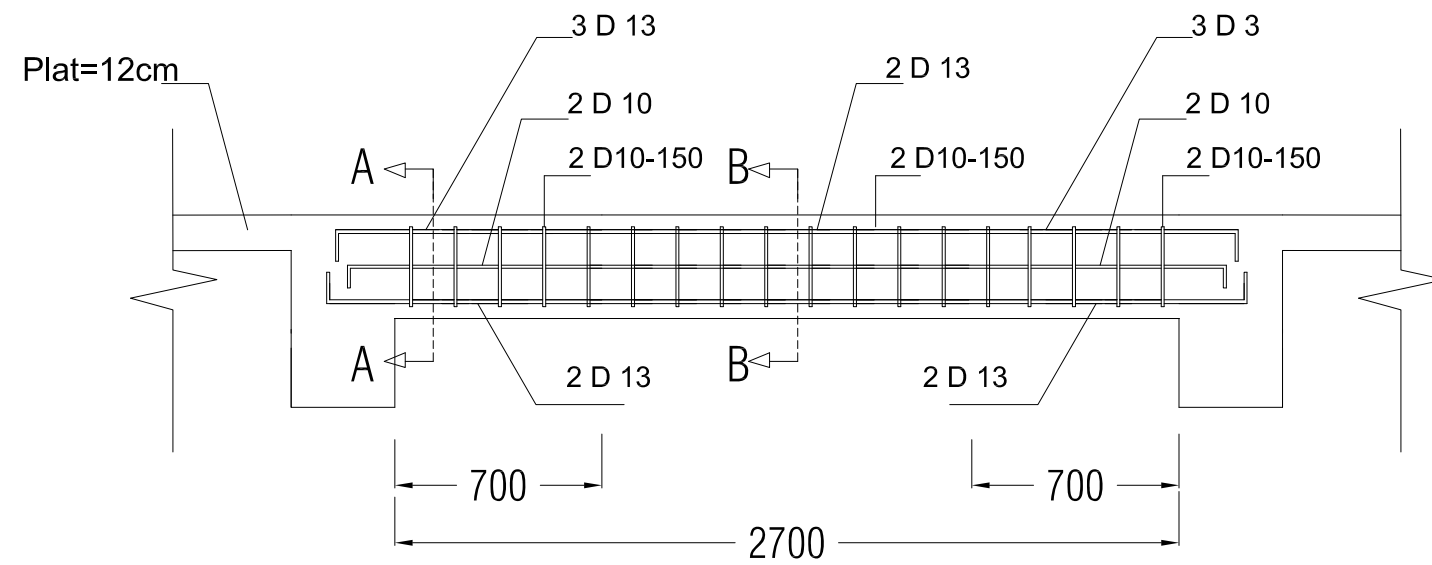
DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT

KODE
GAMBAR

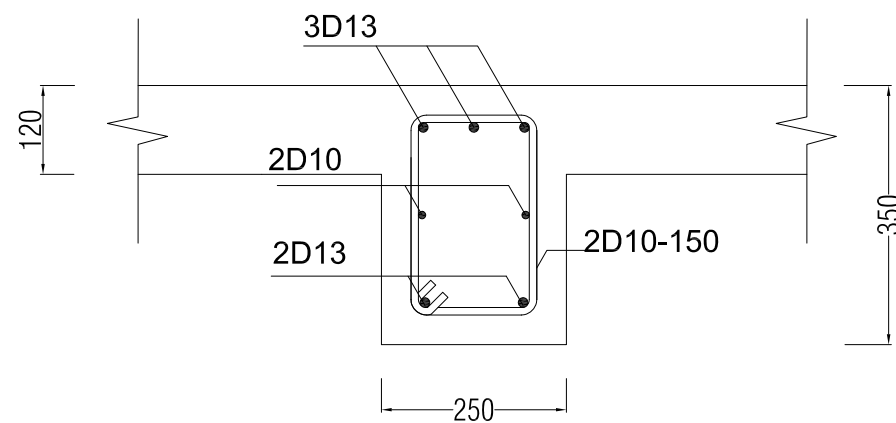
NO
LEMBAR

STR

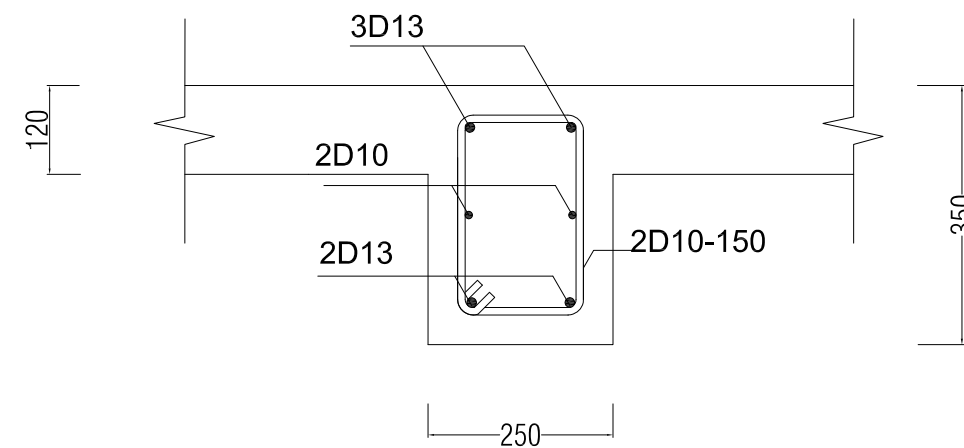
38



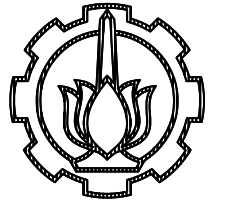
DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT
SKALA 1:25



Potongan A-A
SKALA 1:10



Potongan B-B
SKALA 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

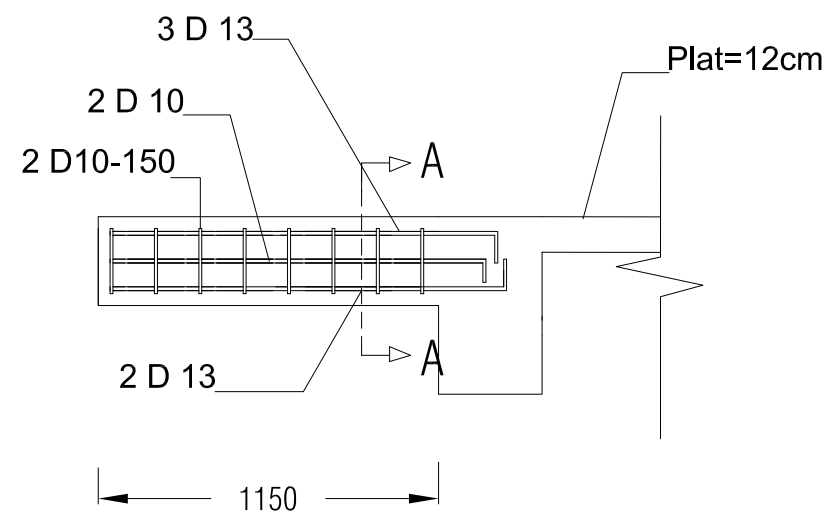
DETAIL PENULANGAN BALOK
KANTILEVER

KODE
GAMBAR

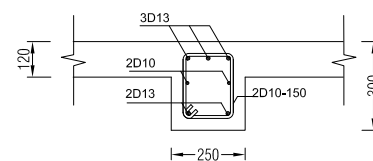
NO
LEMBAR

STR

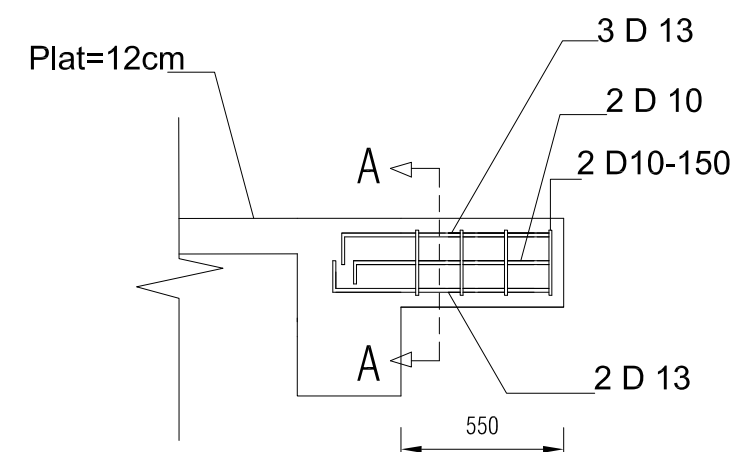
39



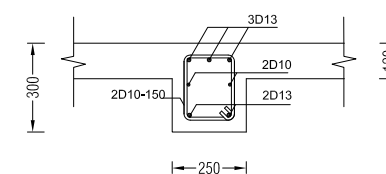
DETAIL PENULANGAN BALOK KANTILEVER 1
SKALA 1:25



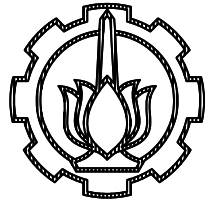
Potongan A-A
SKALA 1:25



DETAIL PENULANGAN BALOK KANTILEVER 2
SKALA 1:25



Potongan A-A
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK PER TIPE

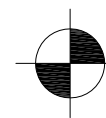
KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

STR

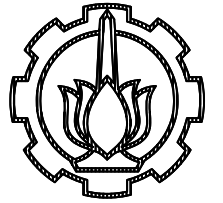
40

NOTASI	BA		NOTASI	BL	
	Tumpuan	Lapangan		Tumpuan	Lapangan
GAMBAR			GAMBAR		
DIMENSI	300 X 400	300 X 400	DIMENSI	300 X 400	300 X 400
TULANGAN ATAS	4 D 19	2 D 19	TULANGAN ATAS	3 D 19	2 D 19
TULANGAN BAWAH	2 D 19	2 D 19	TULANGAN BAWAH	3 D 19	2 D 19
TORSI	2 D 13	2 D 13	TORSI	2 D 13	2 D 13
SENGKANG	2 D 10 - 100	2 D 10 - 150	SENGKANG	2 D 10 - 100	2 D 10 - 150
SELIMUT	40 mm	40 mm	SELIMUT	40 mm	40 mm
NOTASI	B4		NOTASI	B3	
	Tumpuan	Lapangan		Tumpuan	Lapangan
GAMBAR			GAMBAR		
DIMENSI	300 X 550	300 X 550	DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TULANGAN ATAS	4 D 25	2 D 25	TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25
TULANGAN BAWAH	3 D 25	2 D 25	TULANGAN BAWAH	3 D 25	2 D 25
TORSI	2 D 25	2 D 25	TORSI	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2 D 13 - 120	2 D 13 - 150	SENGKANG	2 D 13 - 120	2 D 13 - 150
SELIMUT	40 mm	40 mm	SELIMUT	40 mm	40 mm
NOTASI	B1		NOTASI	B2	
	Tumpuan	Lapangan		Tumpuan Kiri	Lapangan
GAMBAR			GAMBAR		
DIMENSI	350 X 600	350 X 600	DIMENSI	350 X 600	350 X 600
TULANGAN ATAS	6 D 25	3 D 16	TULANGAN ATAS	5 D 25	2 D 25
TULANGAN BAWAH	3 D 25	3 D 16	TULANGAN BAWAH	4 D 25	3 D 25
TORSI	2 D 13	2 D 13	TORSI	2 D 25	2 D 25
SENGKANG	2 D 13 - 120	2 D 13 - 150	SENGKANG	2 D 13 - 120	2 D 13 - 150
SELIMUT	40 mm	40 mm	SELIMUT	40 mm	40 mm



DETAIL PENULANGAN BALOK

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR HOTEL NAMIRA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

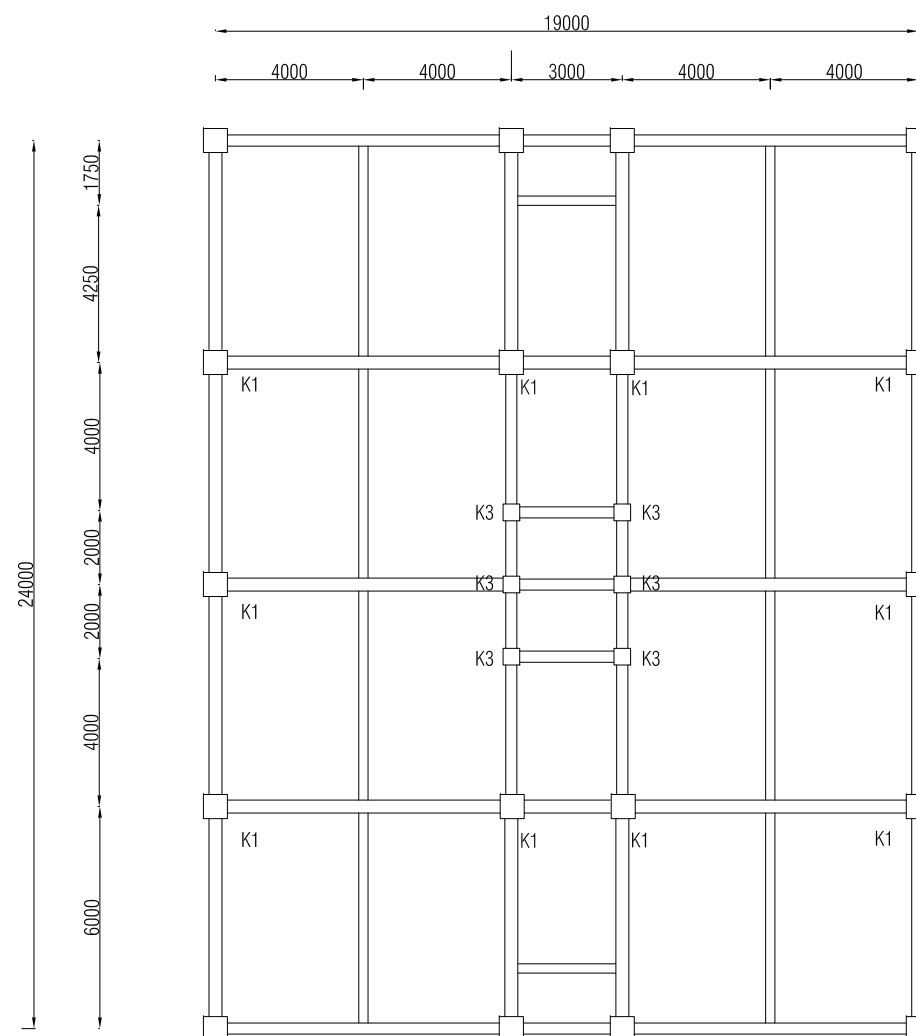
DENAH KOLOM
LT. DASAR - LT. 5

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

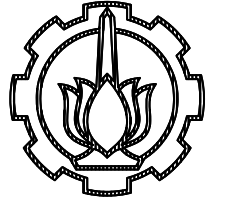
STR

41



KETERANGAN (mm)	
K1	650 x 650
K3	450 x 450

 **DENAH KOLOM LT SB - 5**
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR HOTEL NAMIRA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

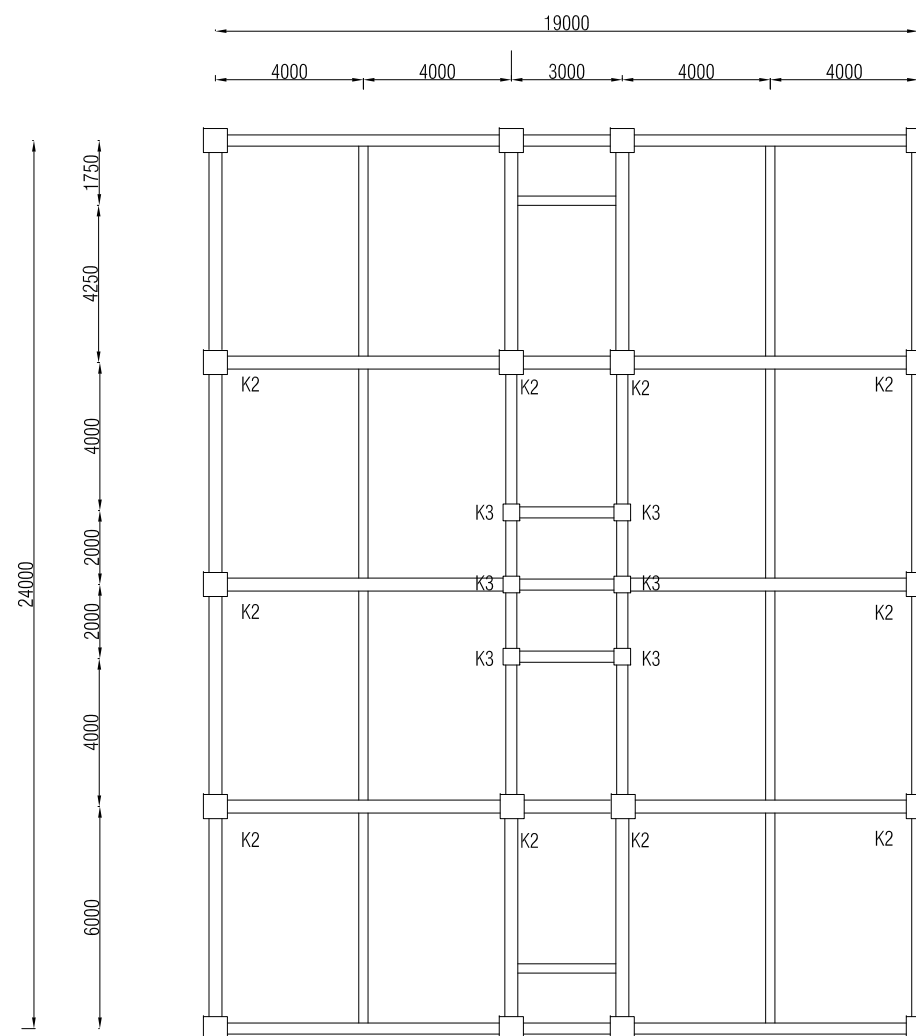
DENAH KOLOM
LT. 6 - LT. 9

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

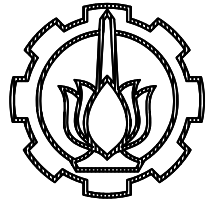
STR

42



KETERANGAN (mm)	
K2	550 x 550
K3	450 x 450

 **DENAH KOLOM LT 6 - 9**
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

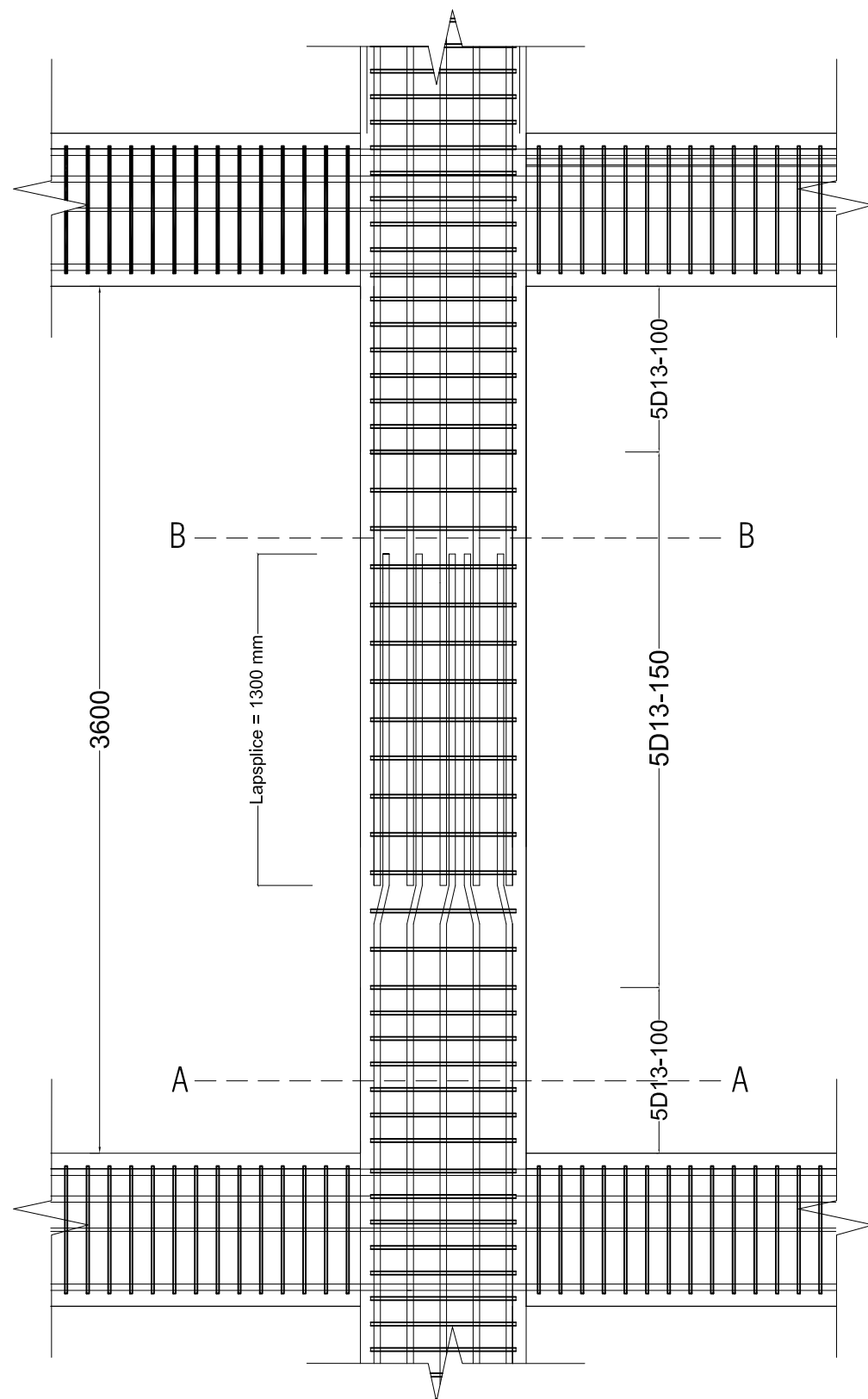
DETAIL PENULANGAN KOLOM K1

KODE
GAMBAR

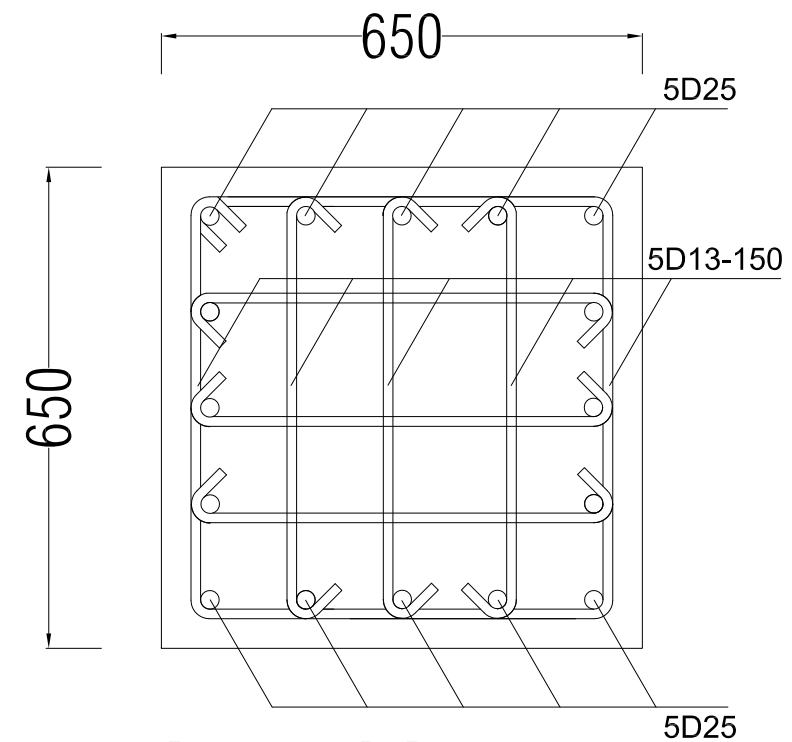
NO
LEMBAR

STR

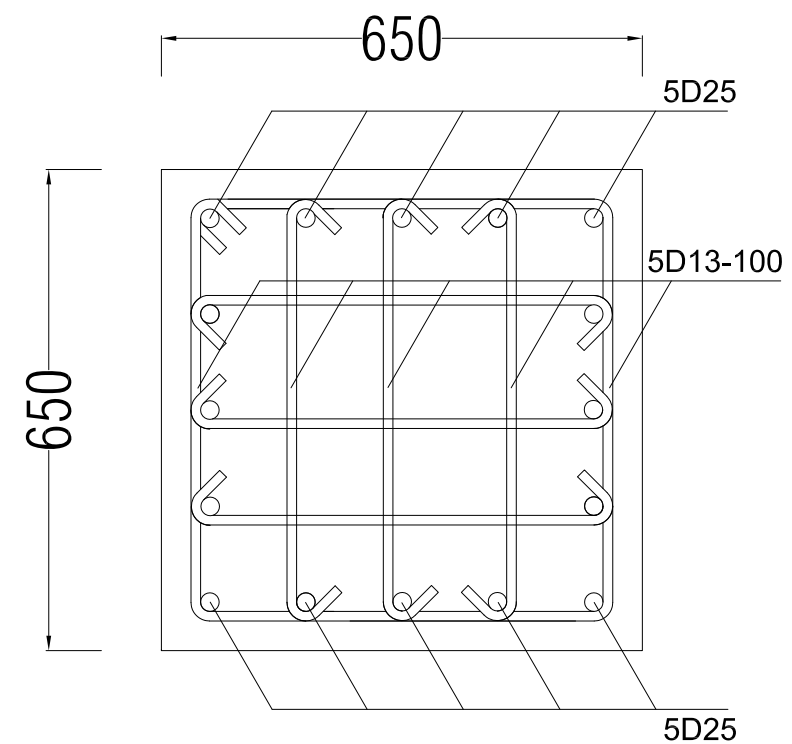
43



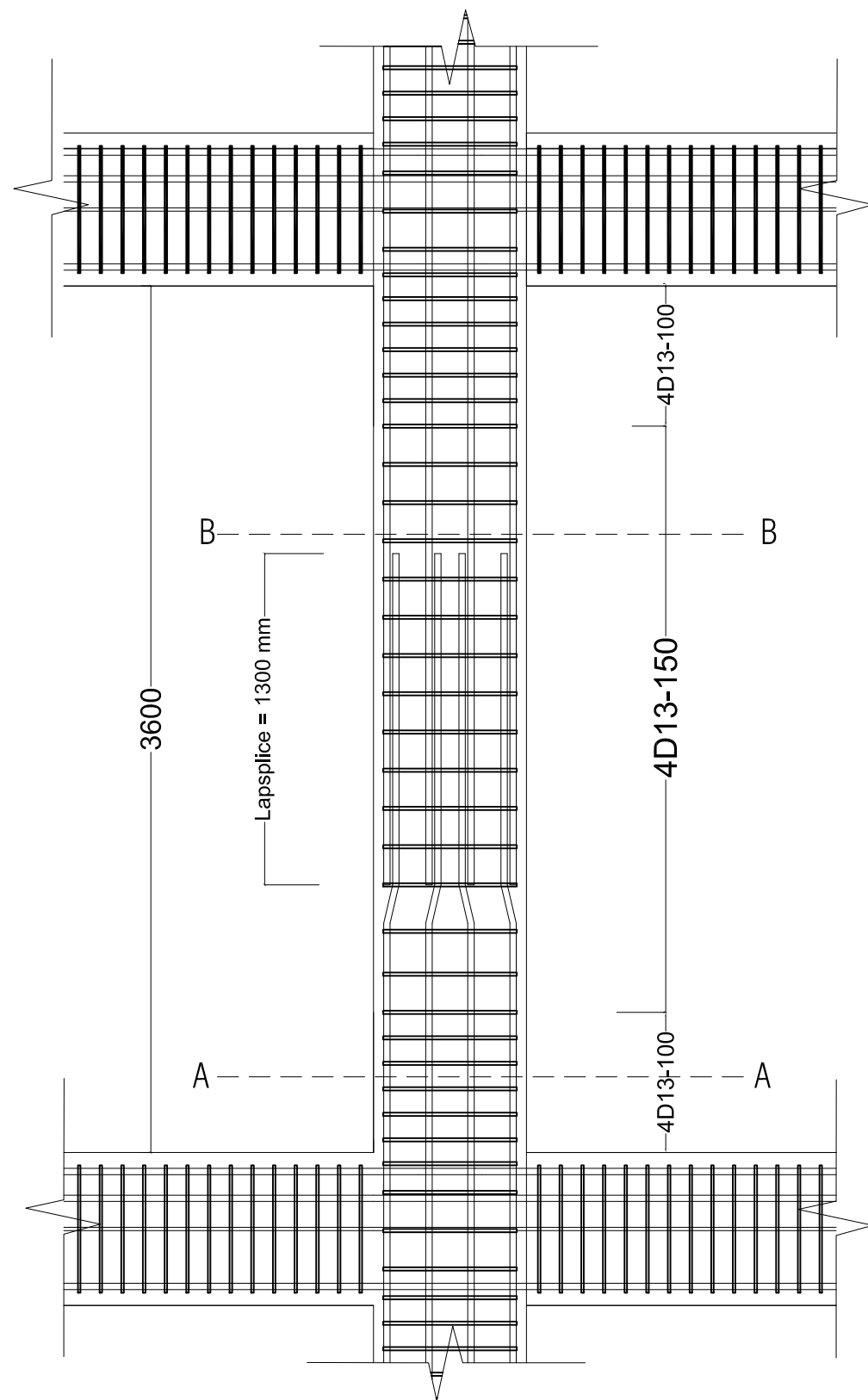
DETAIL PENULANGAN KOLOM K1
SKALA 1:25



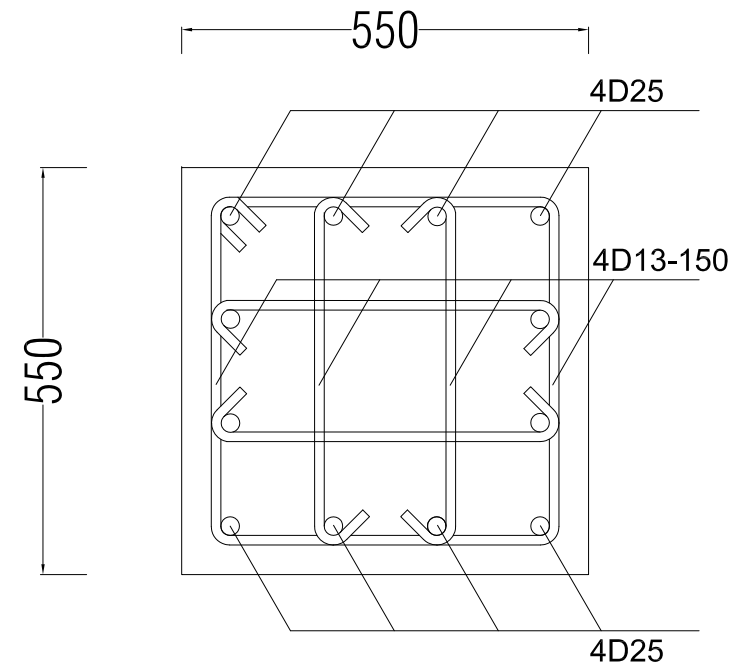
Potongan B-B
SKALA 1:10



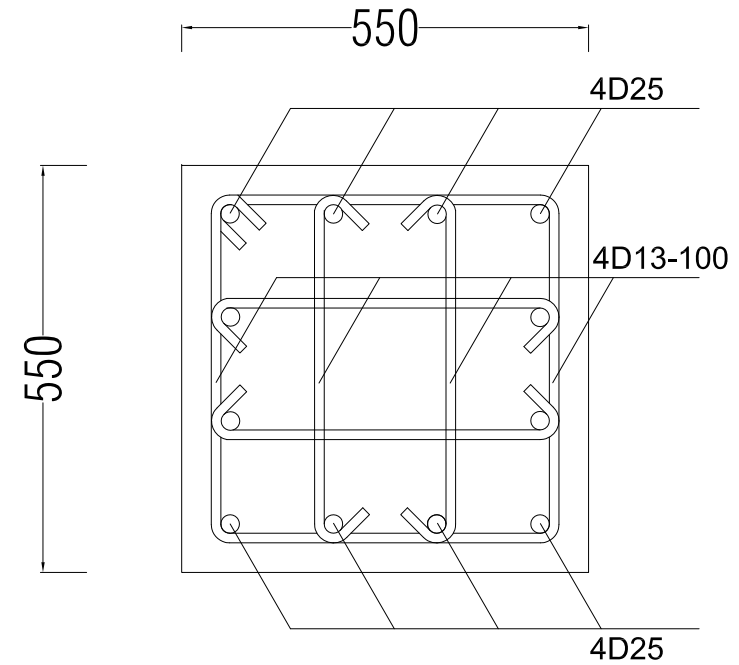
Potongan A-A
SKALA 1:10



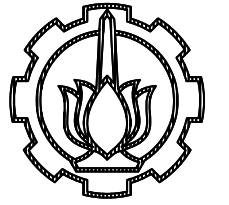
DETAIL PENULANGAN KOLOM K2
SKALA 1:25



Potongan B-B
SKALA 1:10



Potongan A-A
SKALA 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

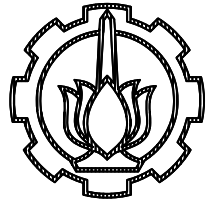
DETAIL PENULANGAN KOLOM K2

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

STR

44



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

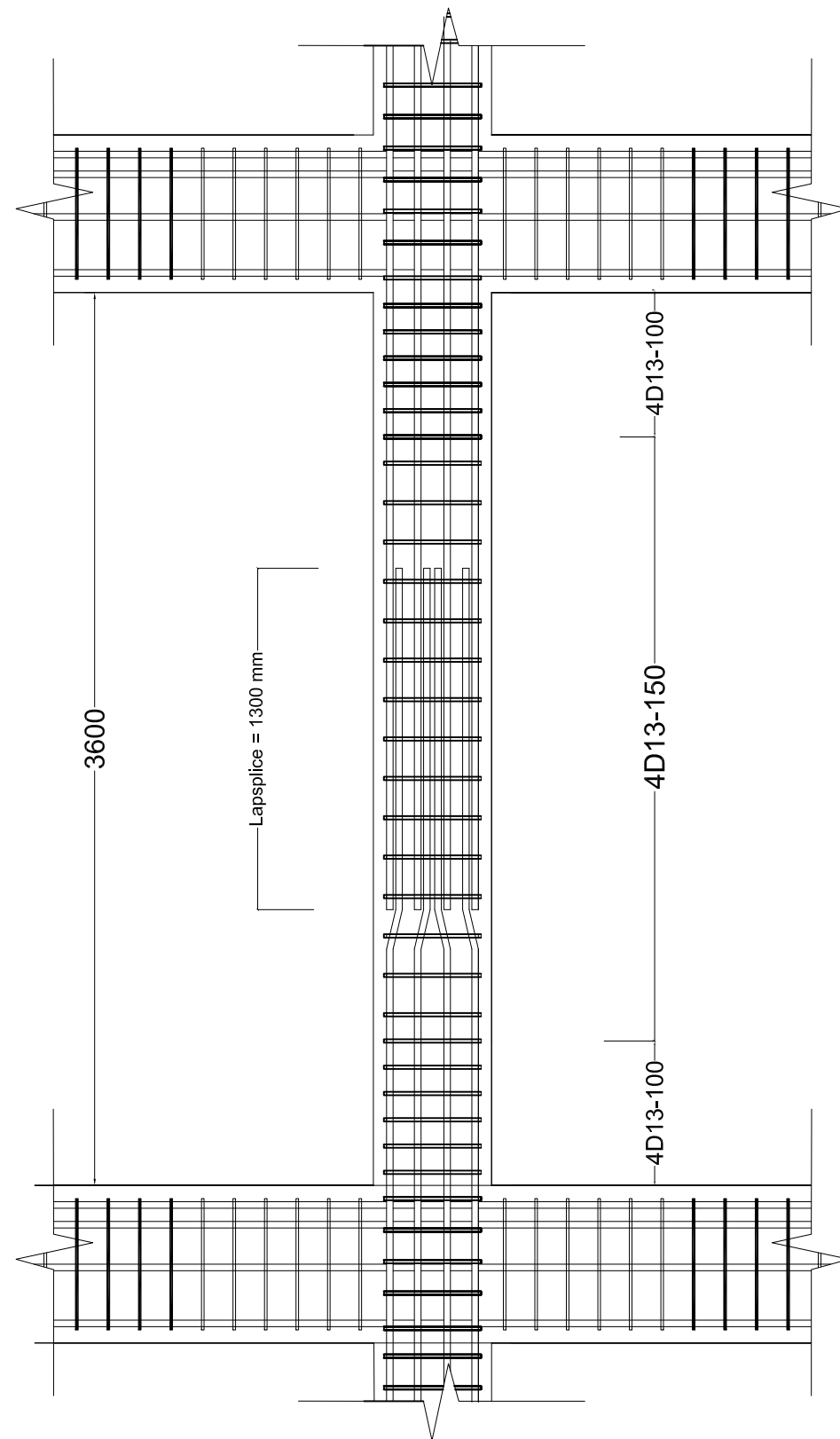
DETAIL PENULANGAN KOLOM K3

KODE
GAMBAR

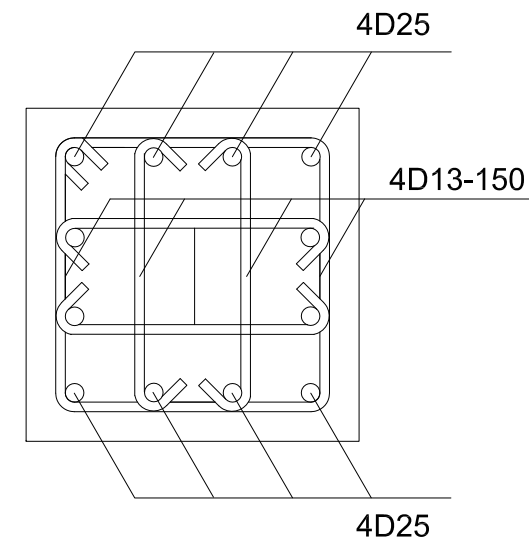
NO
LEMBAR

STR

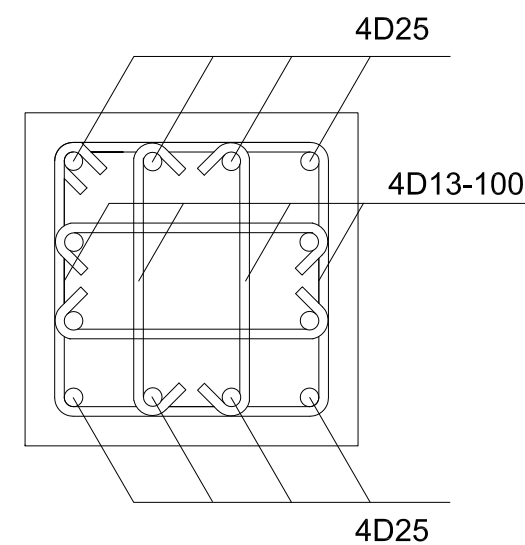
45



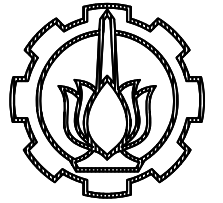
DETAIL PENULANGAN KOLOM K3
SKALA 1:25



Potongan B-B
SKALA 1:10



Potongan A-A
SKALA 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM

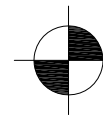
KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

STR

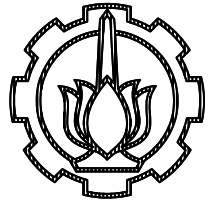
46

NOTASI	K1		NOTASI	K2		NOTASI	K3	
	Tumpuan	Lapangan		Tumpuan	Lapangan		Tumpuan	Lapangan
GAMBAR			GAMBAR			GAMBAR		
DIMENSI	650 X 650	650 X 650	DIMENSI	550 X 550	550 X 550	DIMENSI	450 X 450	450 X 450
TULANGAN LONGITUDINAL	16 D 25	16 D 25	TULANGAN LONGITUDINAL	12 D 25	12 D 25	TULANGAN LONGITUDINAL	12 D 25	12 D 25
TULANGAN TRANSVERSAL	5D13-100	5D13-150	TULANGAN TRANSVERSAL	4D13-100	4D13-150	TULANGAN TRANSVERSAL	4D13-100	4D13-150
PANJANG Lo	650 mm	650 mm	PANJANG Lo	550 mm	550 mm	PANJANG Lo	550 mm	550 mm
Lapslices	1300 mm	1300 mm	Lapslices	1300 mm	1300 mm	Lapslices	1300 mm	1300 mm
SELIMUT	40 mm	40 mm	SELIMUT	40 mm	40 mm	SELIMUT	40 mm	40 mm



DETAIL PENULANGAN KOLOM

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

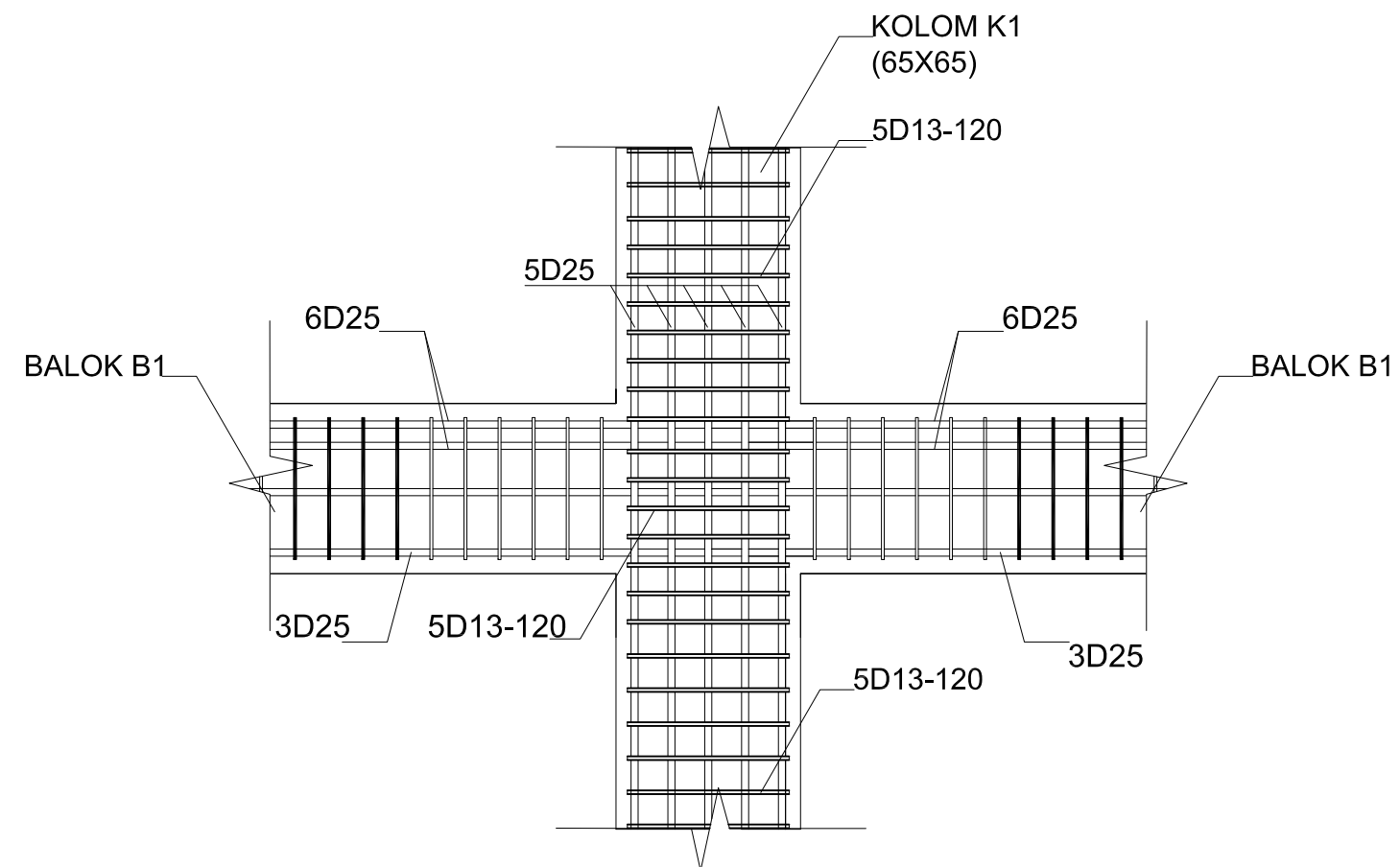
DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM
K1 DENGAN B1

KODE
GAMBAR

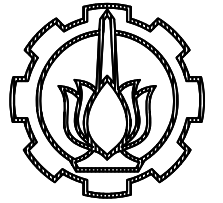
NO
LEMBAR

STR

47



HUBUNGAN BALOK KOLOM K1 DENGAN B1
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

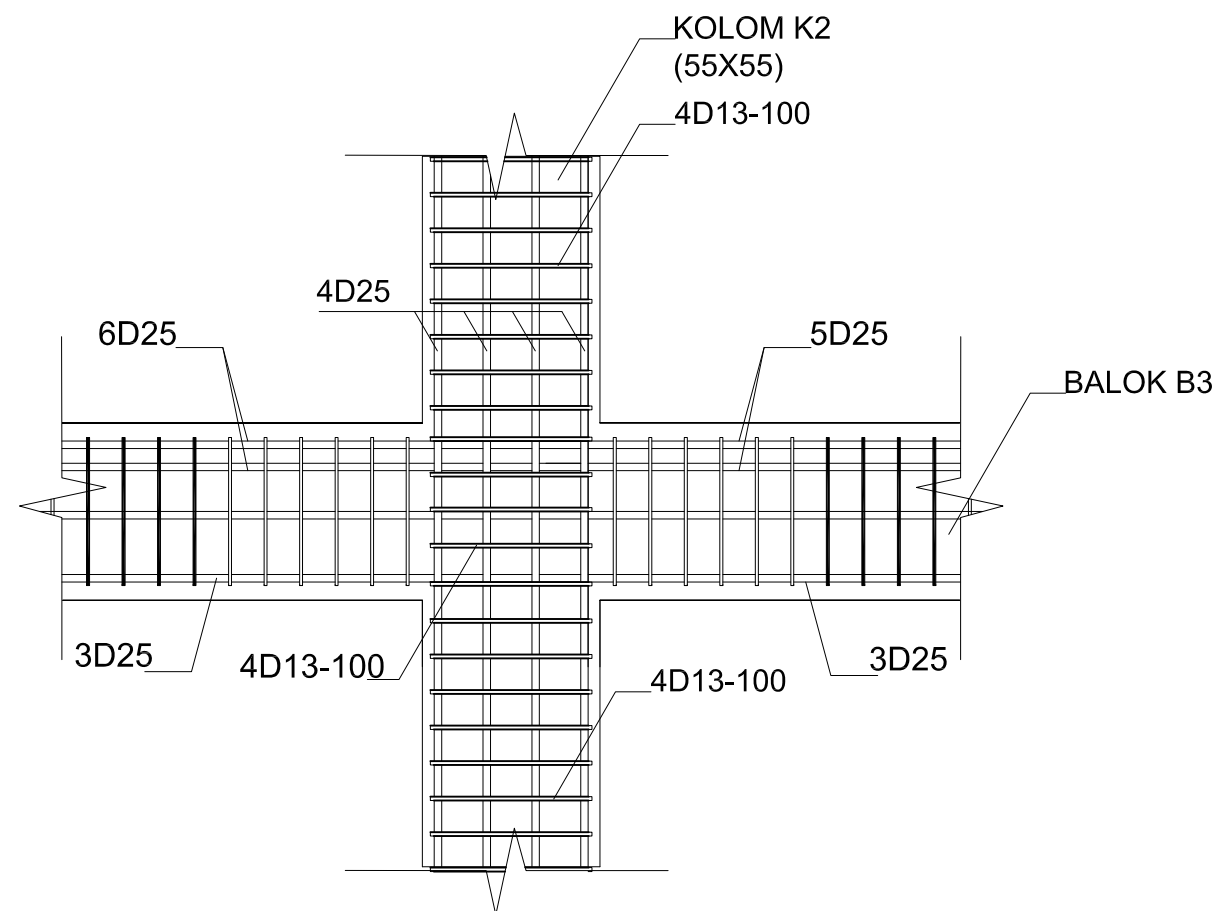
DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM
K2 DENGAN B3

KODE
GAMBAR

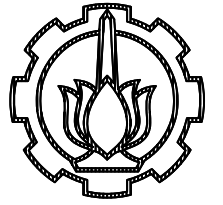
NO
LEMBAR

STR

48



HUBUNGAN BALOK KOLOM K2 DENGAN B3
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

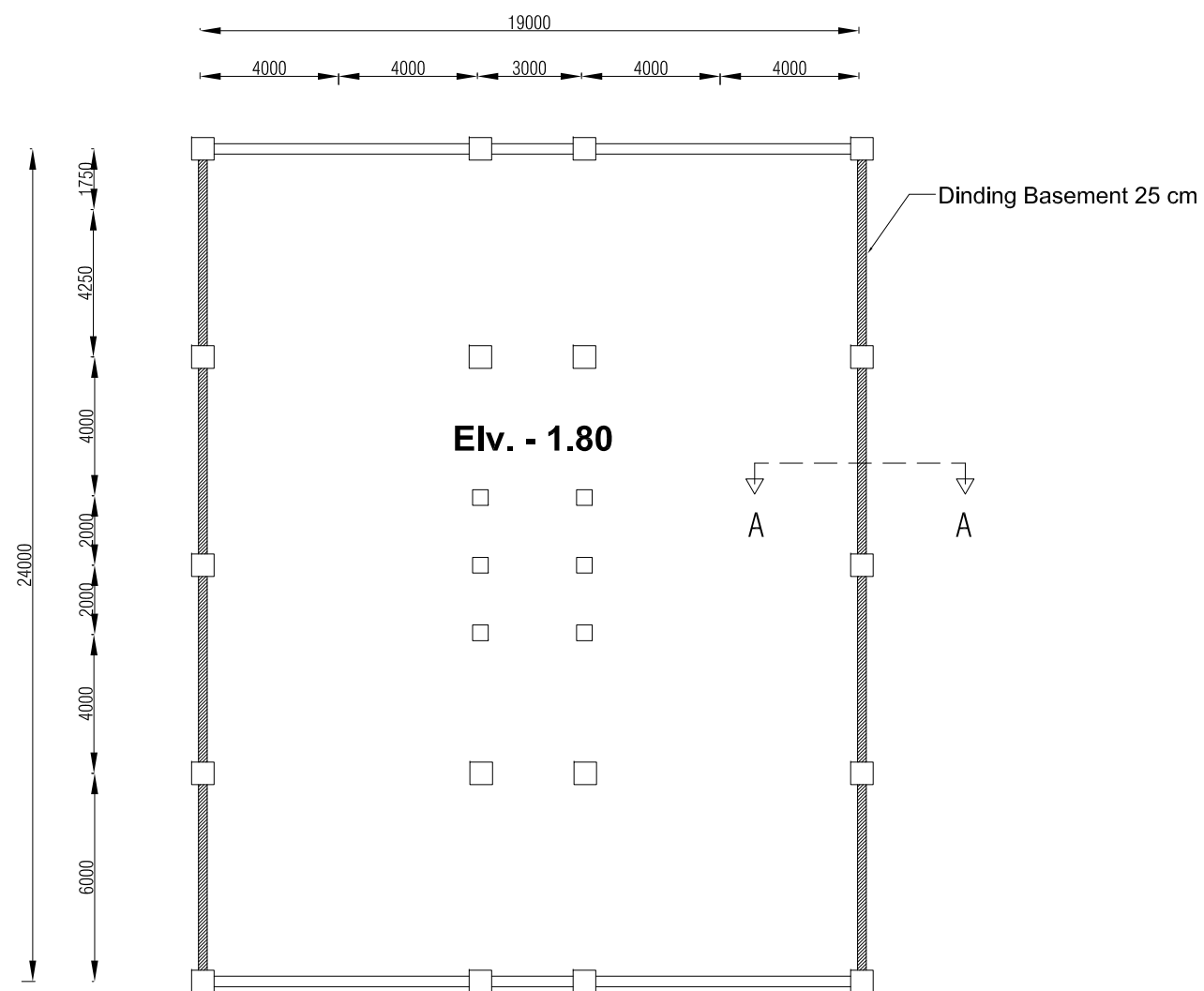
DETAIL DINDING SEMI BASEMENT

KODE
 GAMBAR

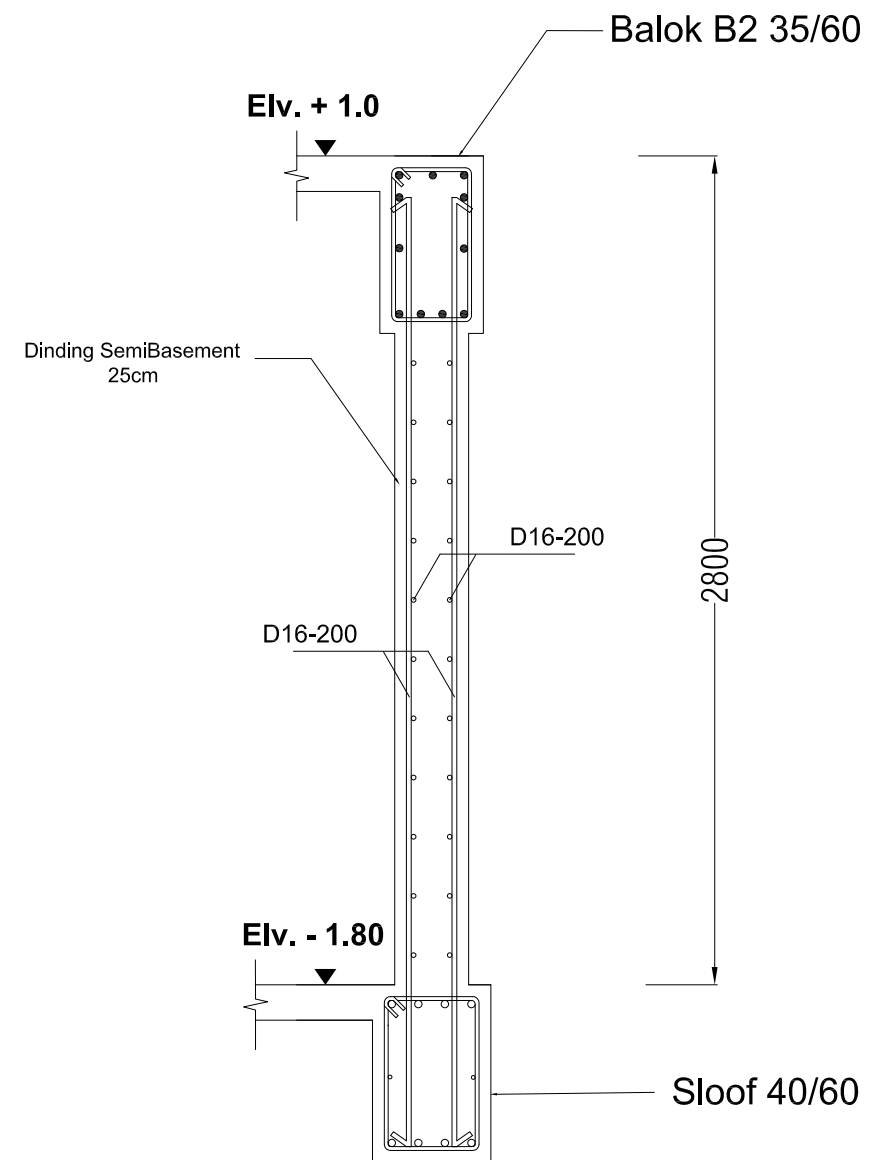
NO
 LEMBAR

STR

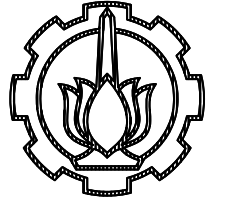
49



DENAH DINDING SEMI BASEMENT
 SKALA 1:400



DETAIL POTONGAN A-A
 SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

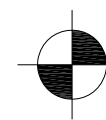
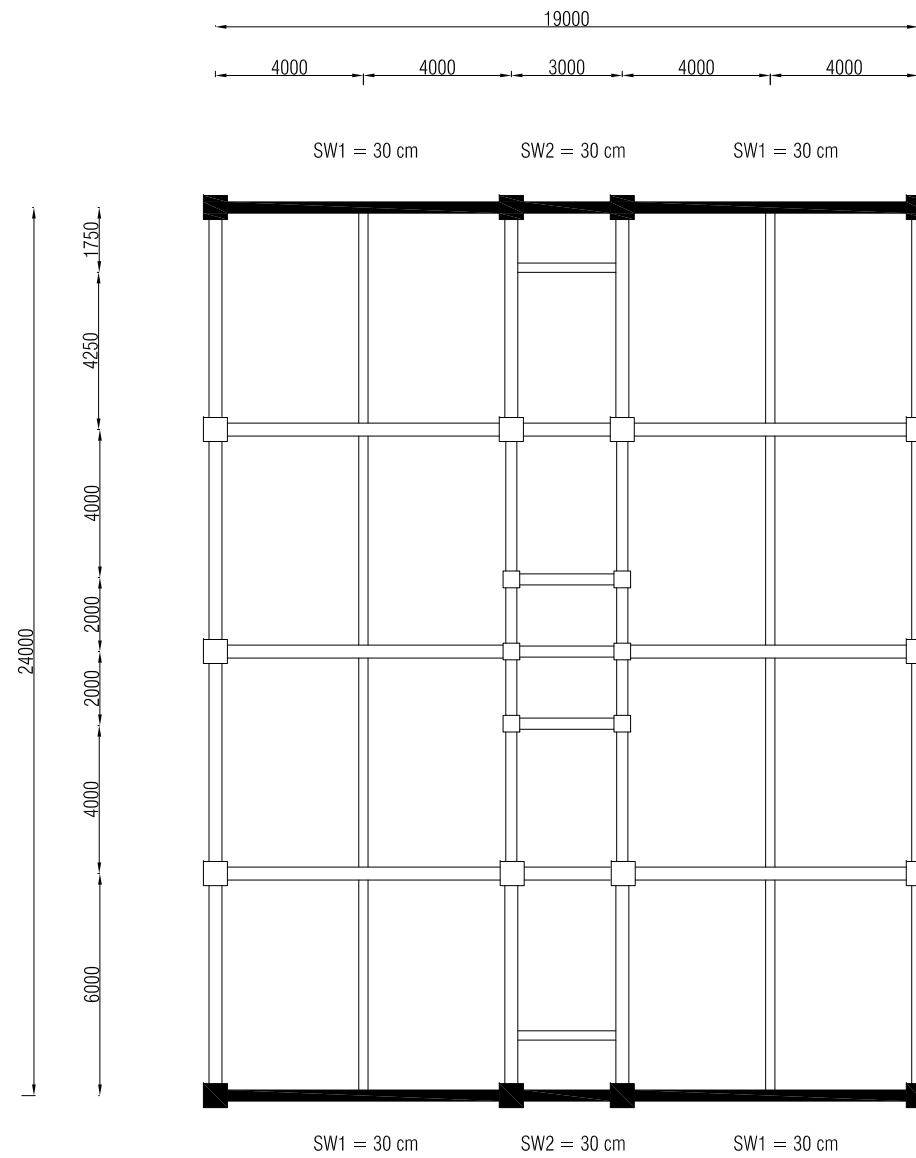
DENAH SHEARWALL

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

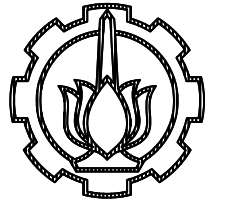
STR

50



DENAH SHEARWALL LT SB - 5

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

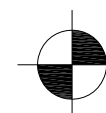
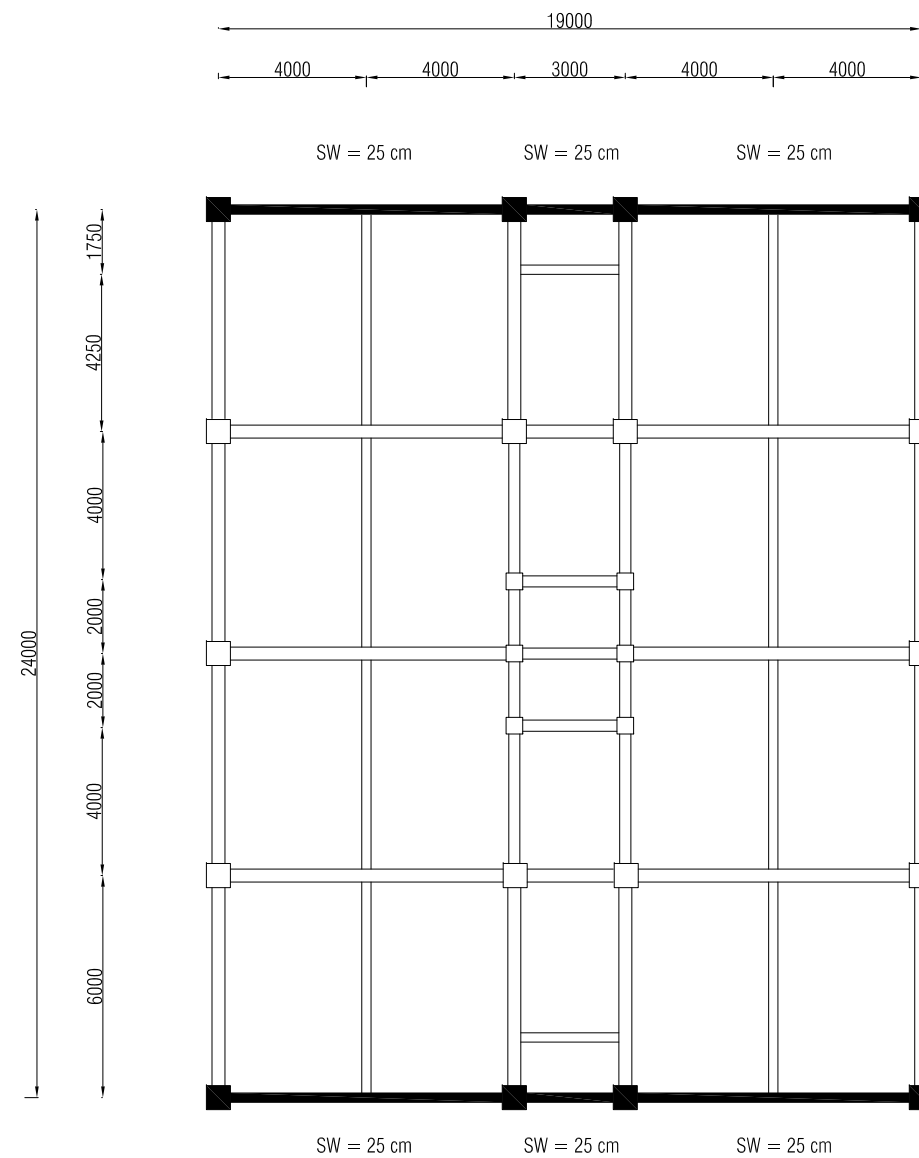
DENAH SHEARWALL

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

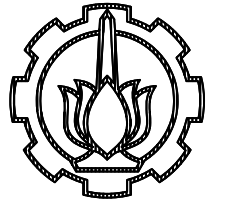
STR

51



DENAH SHEARWALL LT 6 - 9

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN SHEARWALL

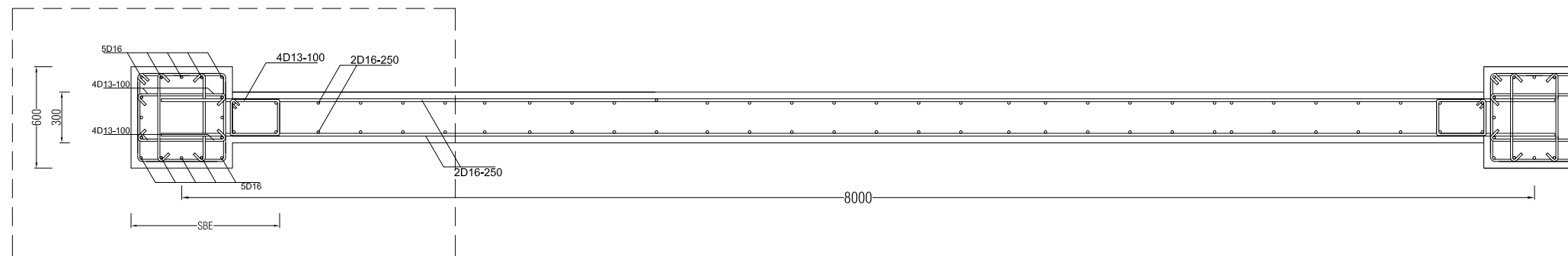
KODE
 GAMBAR

NO
 LEMBAR

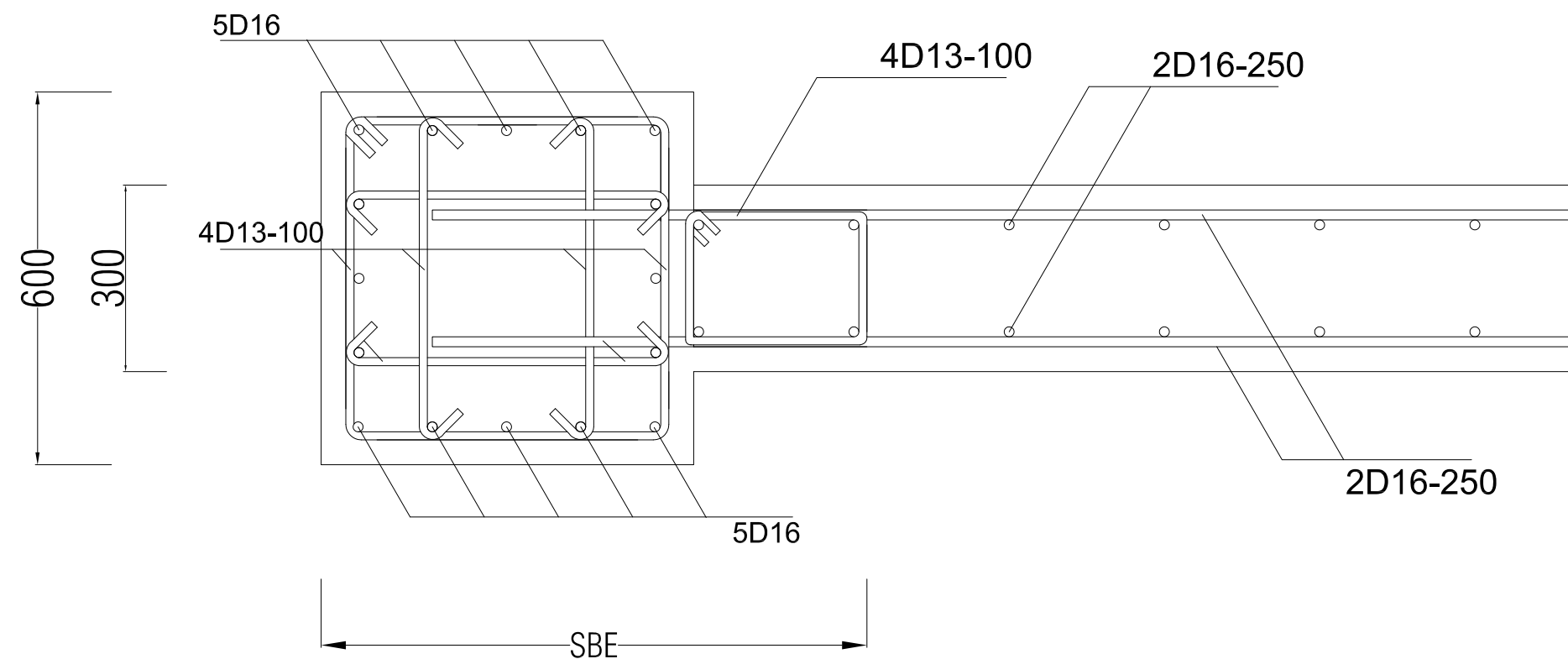
STR

52

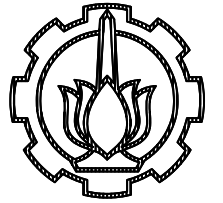
DETAIL A



DETAIL SHEARWALL LT SEMIBASEMENT
 SKALA 1 : 40



DETAIL A SHEARWALL
 SKALA 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

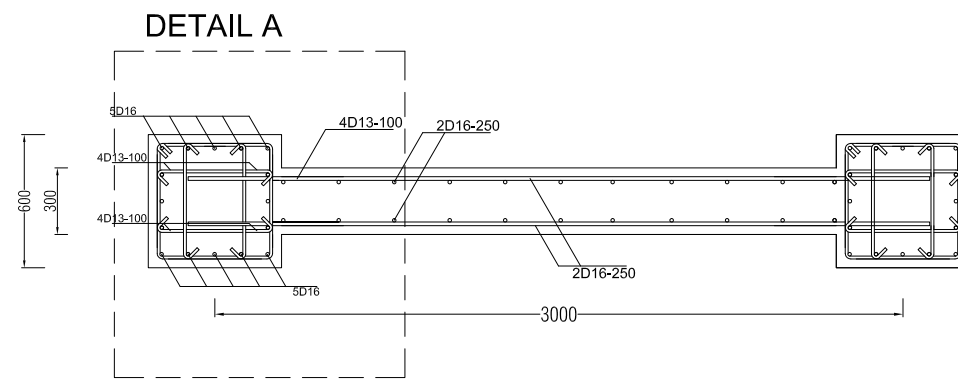
DETAIL PENULANGAN SHEARWALL

KODE
 GAMBAR

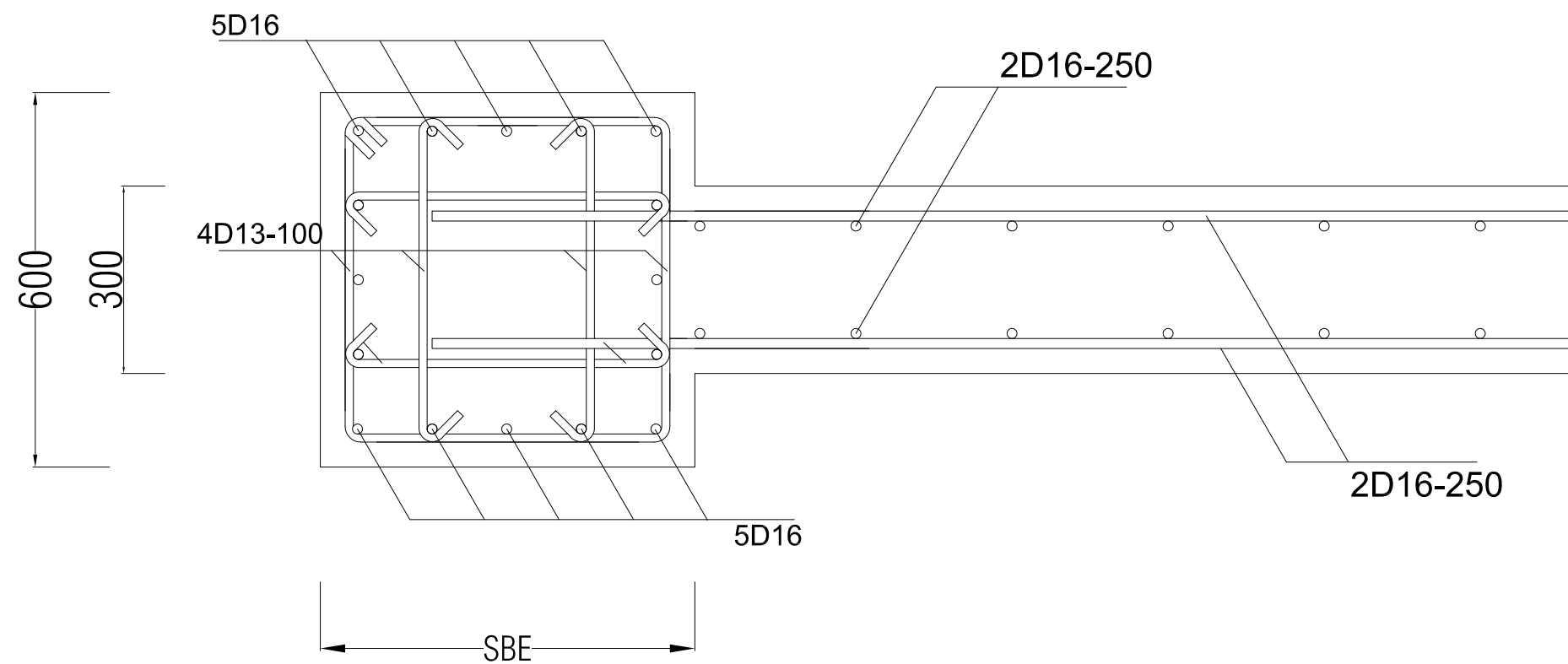
NO
 LEMBAR

STR

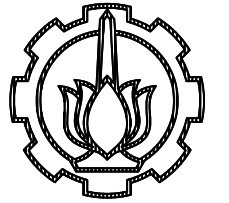
53



DETAIL SHEARWALL 2 LT SEMIBASEMENT
 SKALA 1 : 40



DETAIL A SHEARWALL
 SKALA 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

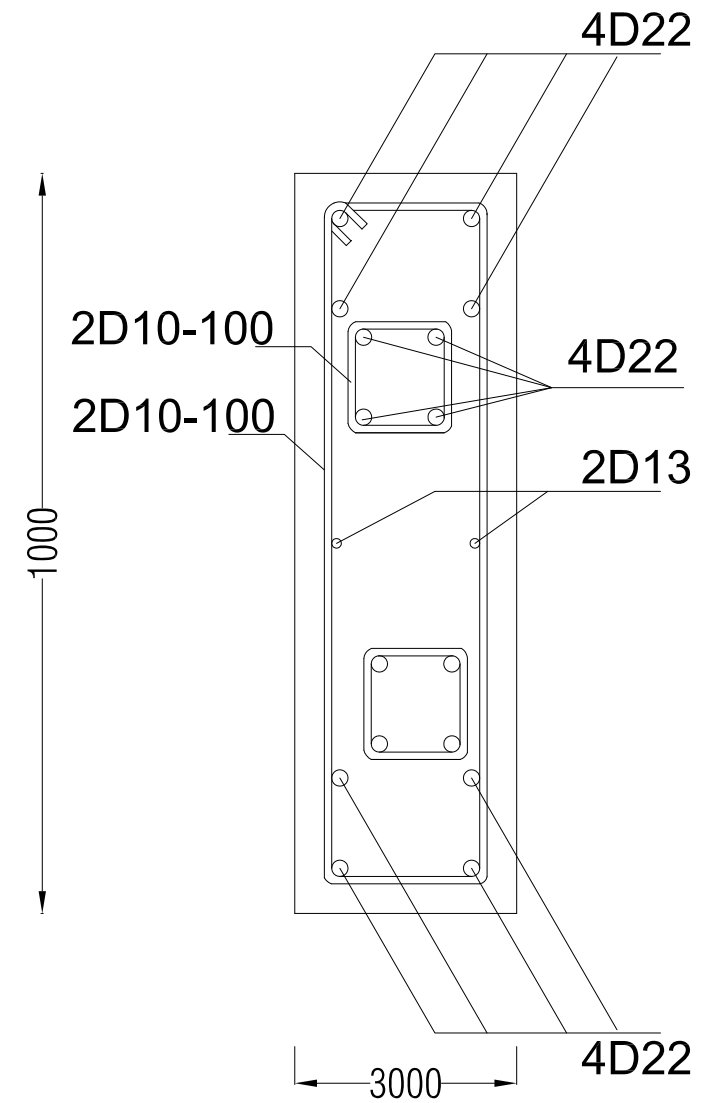
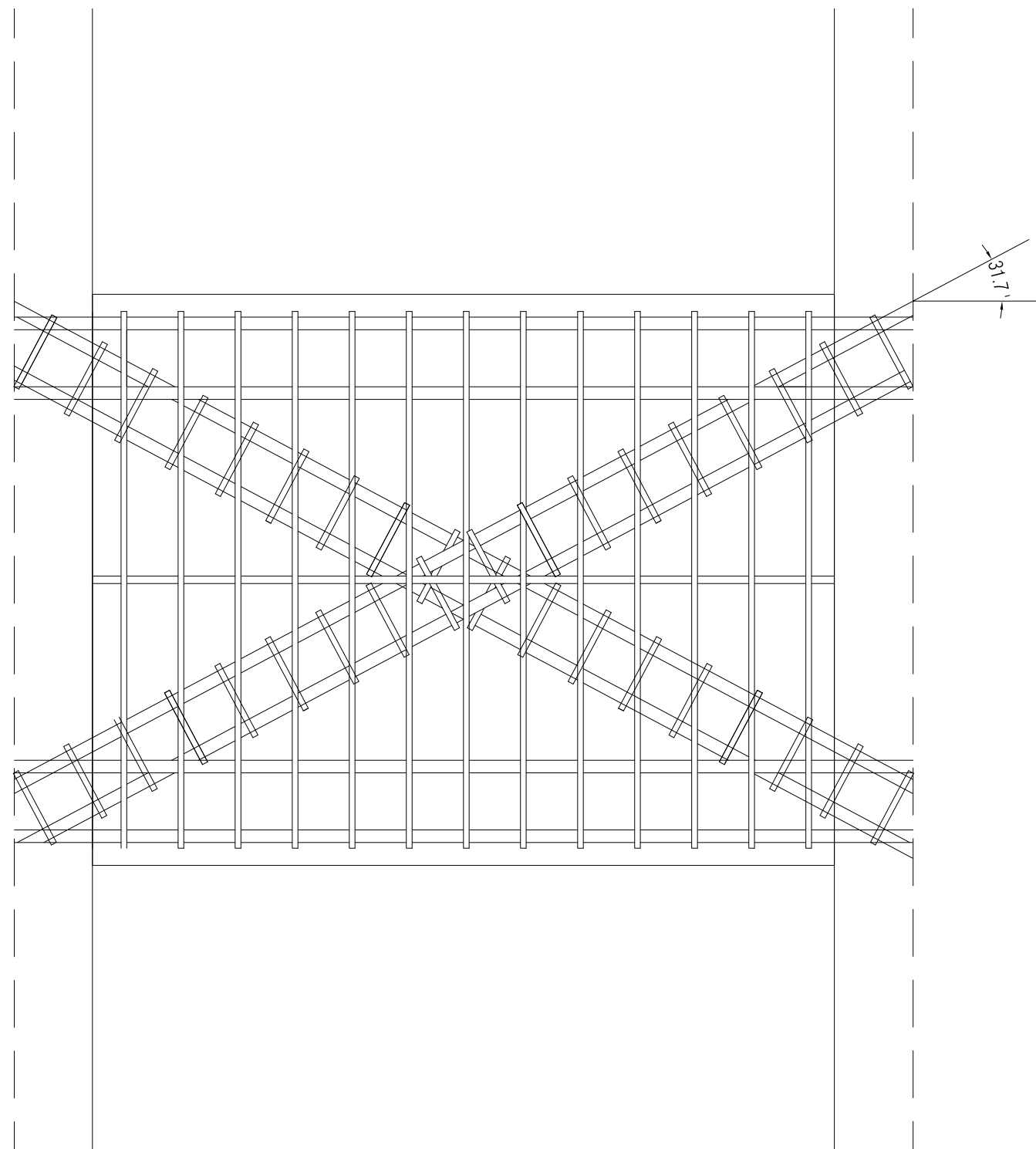
DETAIL PENULANGAN BALOK
KOPEL SKALA 1:10

KODE
GAMBAR

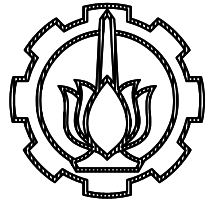
NO
LEMBAR

STR

55



 **DETAIL BALOK KOPEL**
SKALA 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
KOPEL

KODE
GAMBAR

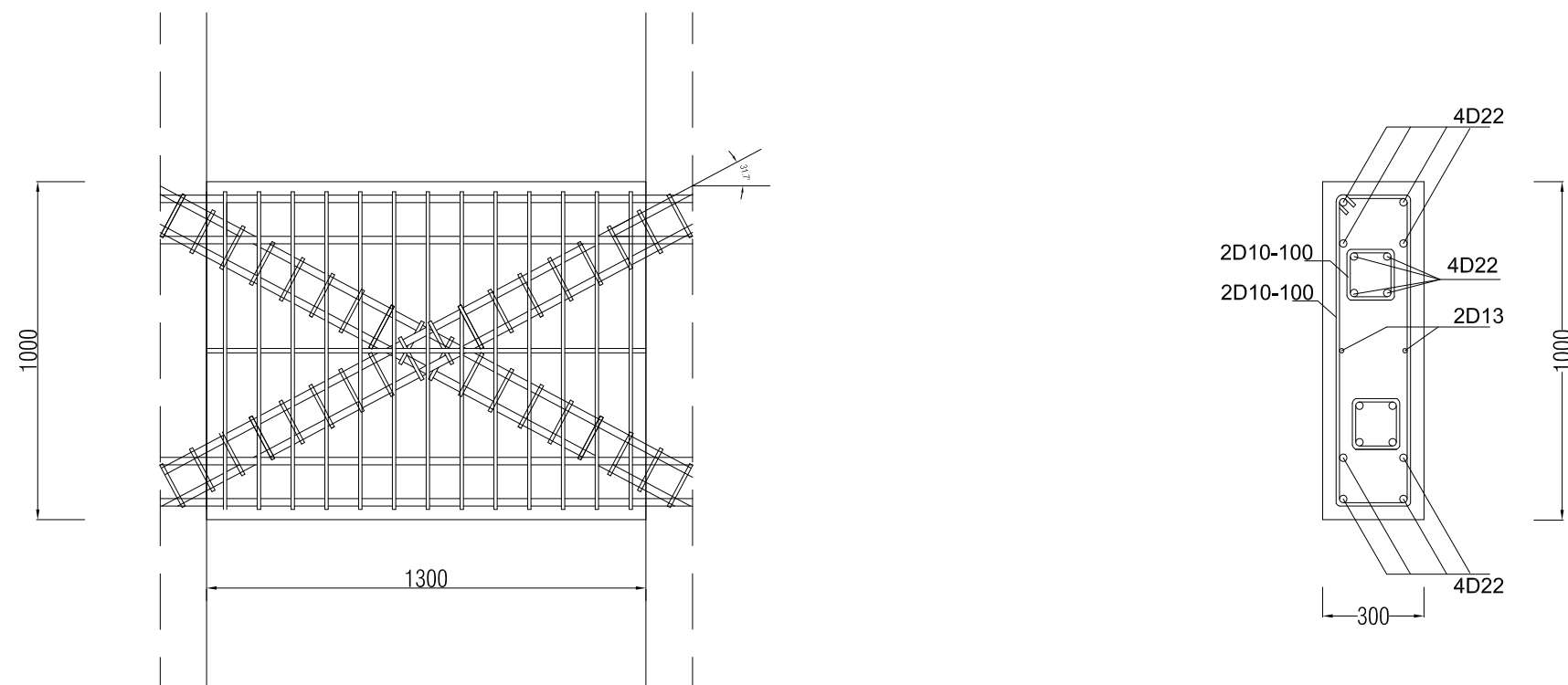
NO
LEMBAR

STR

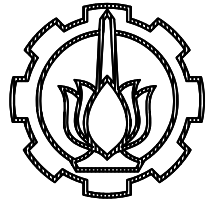
56

NOTASI	Balok Kopel
GAMBAR	
DIMENSI	300 X 1000
TULANGAN ATAS	4 D 22
TULANGAN BAWAH	4 D 22
TORSI	2 D 13
SENGKANG	2 D 10 - 100
TULANGAN DIAGONAL	4 D 22
SENGKANG DIAGONAL	2 D 10 - 100
SELIMUT	40 mm

DETAIL BALOK KOPEL
SKALA 1 : 40



DETAIL PENULANGAN BALOK KOPEL
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

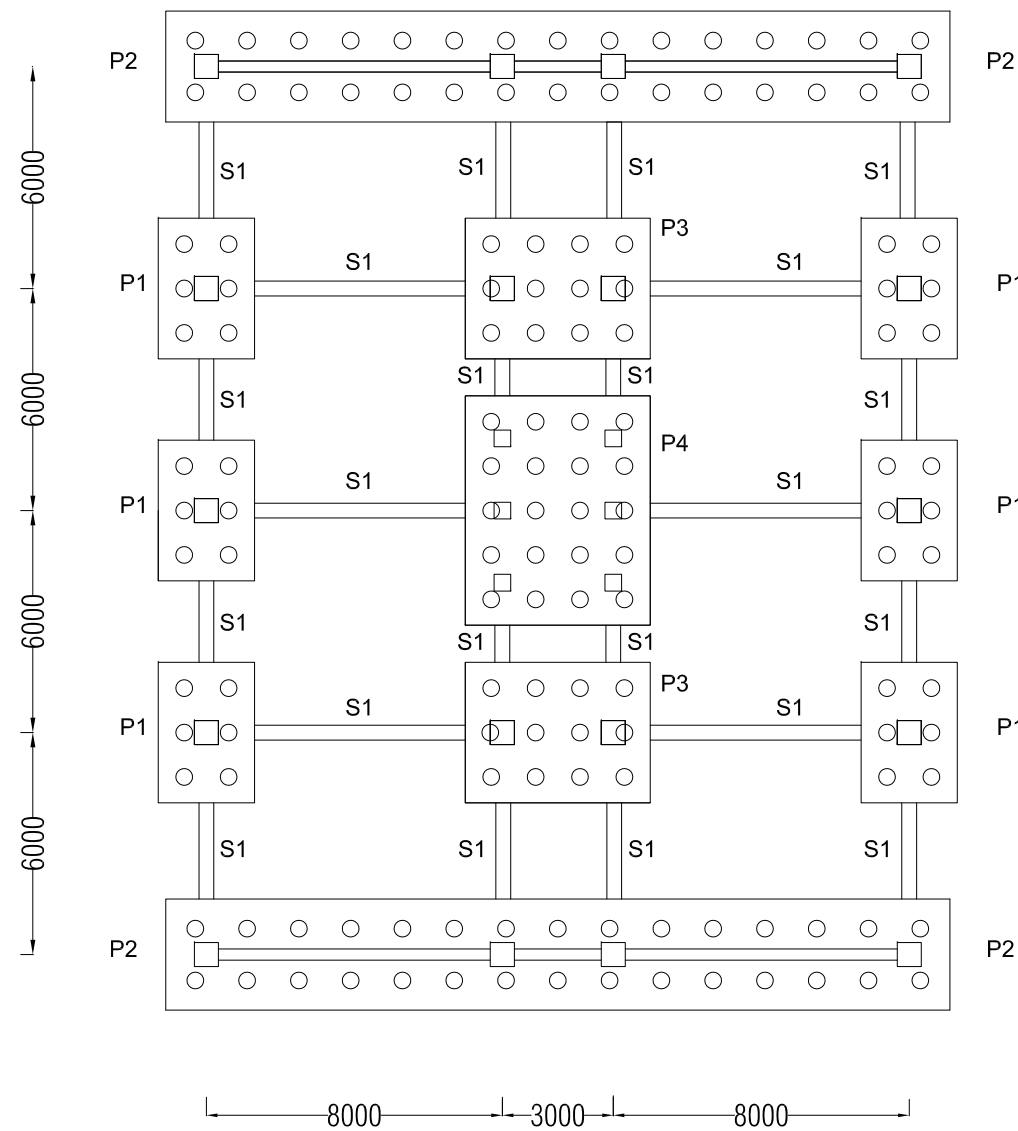
DENAH PONDASI DAN SLOOF

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

STR

57



KETERANGAN

P1	2,6 m x 3,8 m
P2	3 m x 21,2 m
P3	3,8 m x 5 m
P4	5 m x 6,2 m

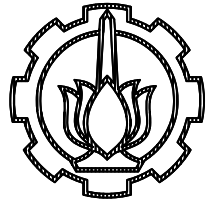
KETERANGAN

S1	0,4 m x 0,6 m
----	---------------



DENAH PONDASI DAN SLOOF

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

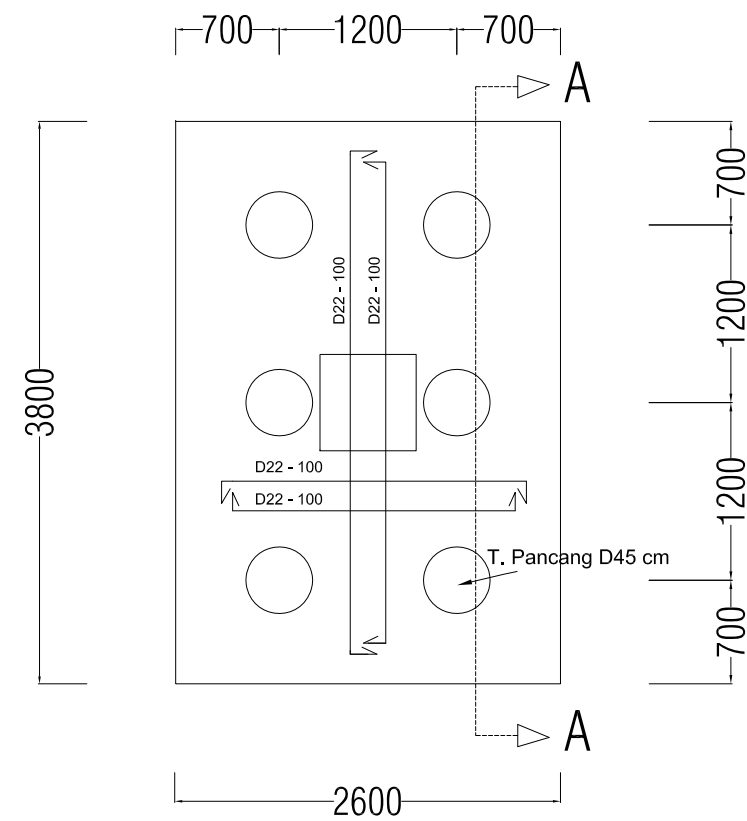
DETAIL PENULANGAN
PONDASI P1

KODE
GAMBAR

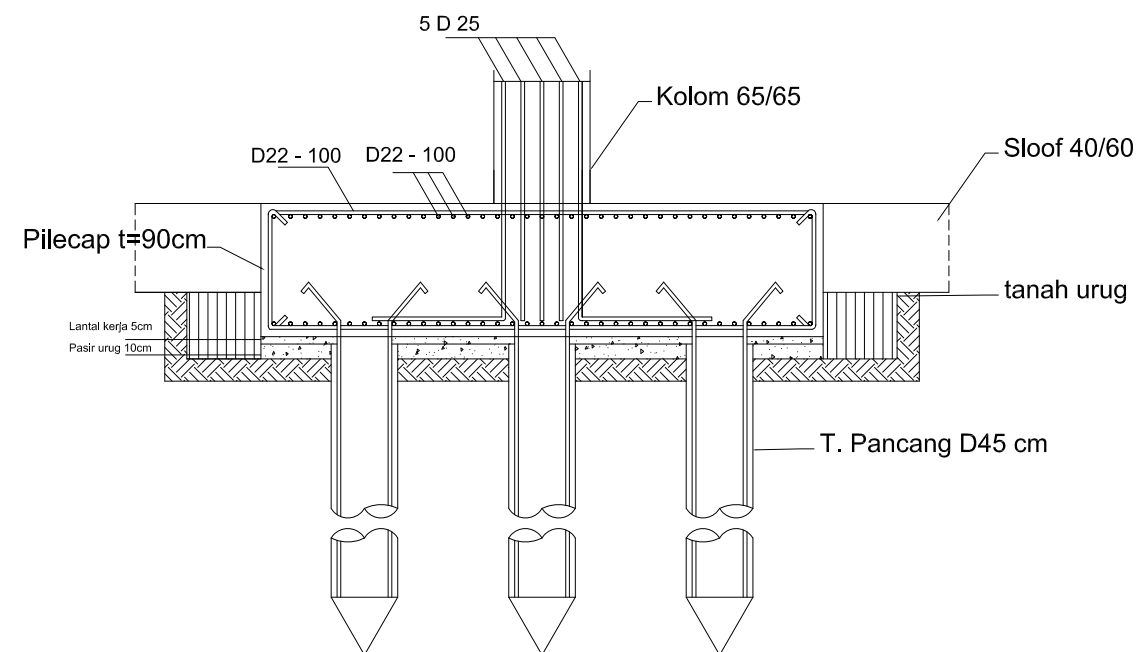
NO
LEMBAR

STR

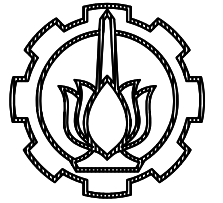
58



 PENULANGAN PONDASI P1
SKALA 1 : 50



 POTONGAN A-A PONDASI
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

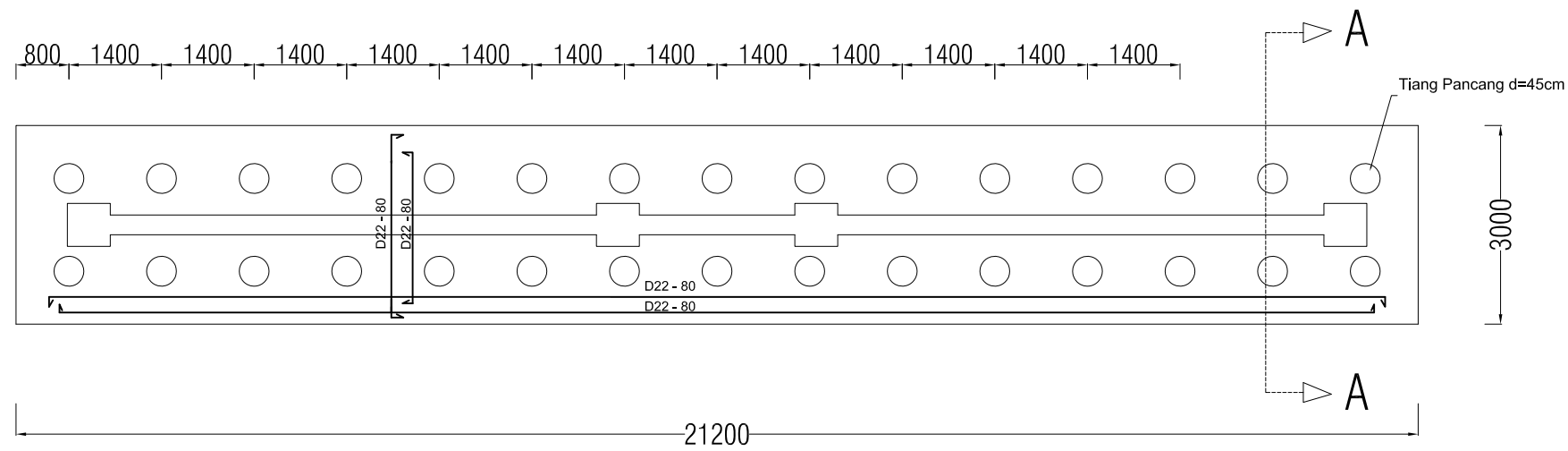
DETAIL PENULANGAN
PONDASI P2

KODE
GAMBAR

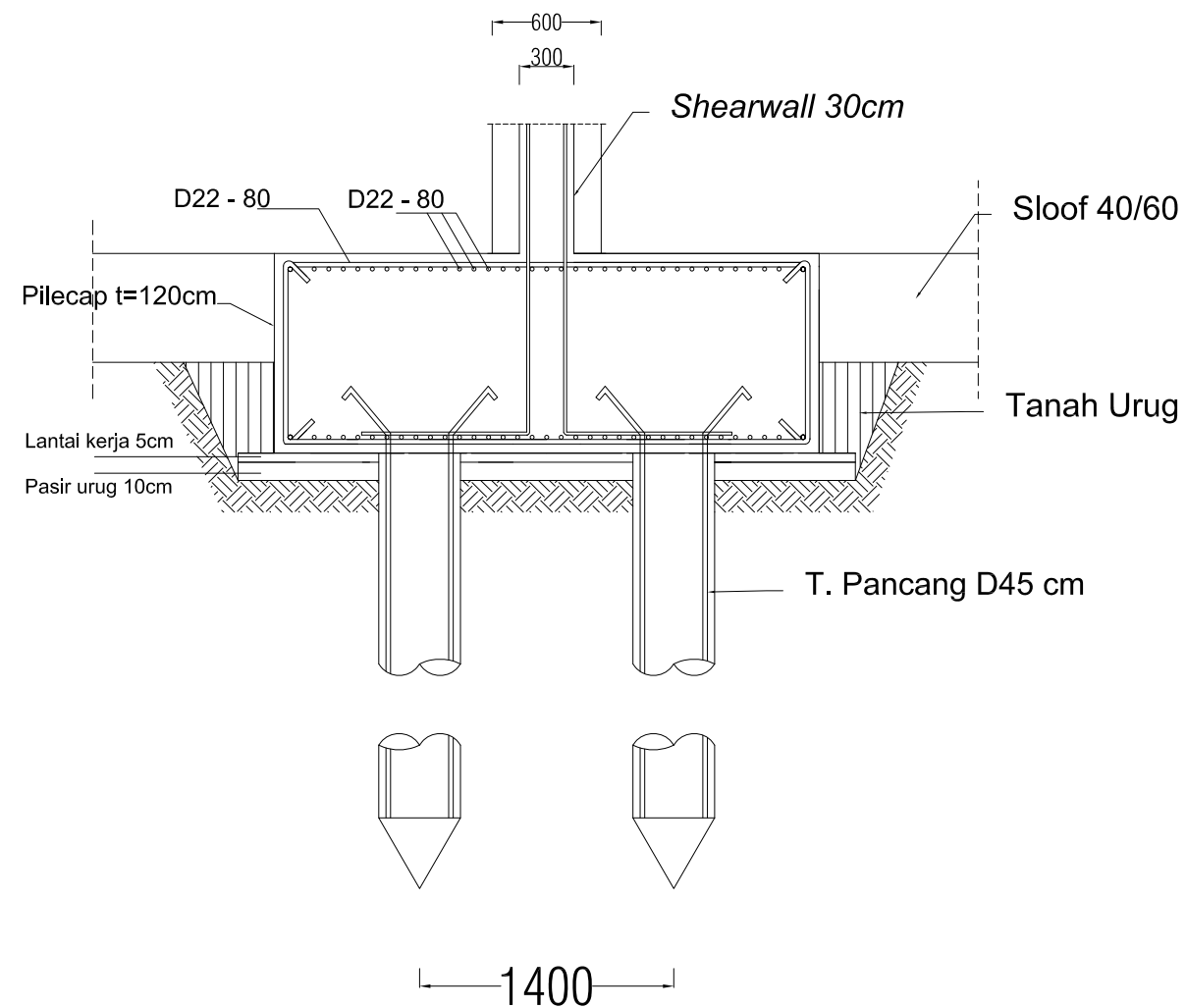
NO
LEMBAR

STR

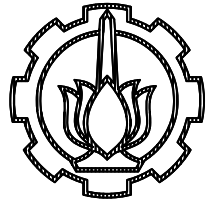
59



PENULANGAN PONDASI P2
SKALA 1 : 100



POTONGAN A-A PONDASI
SKALA 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

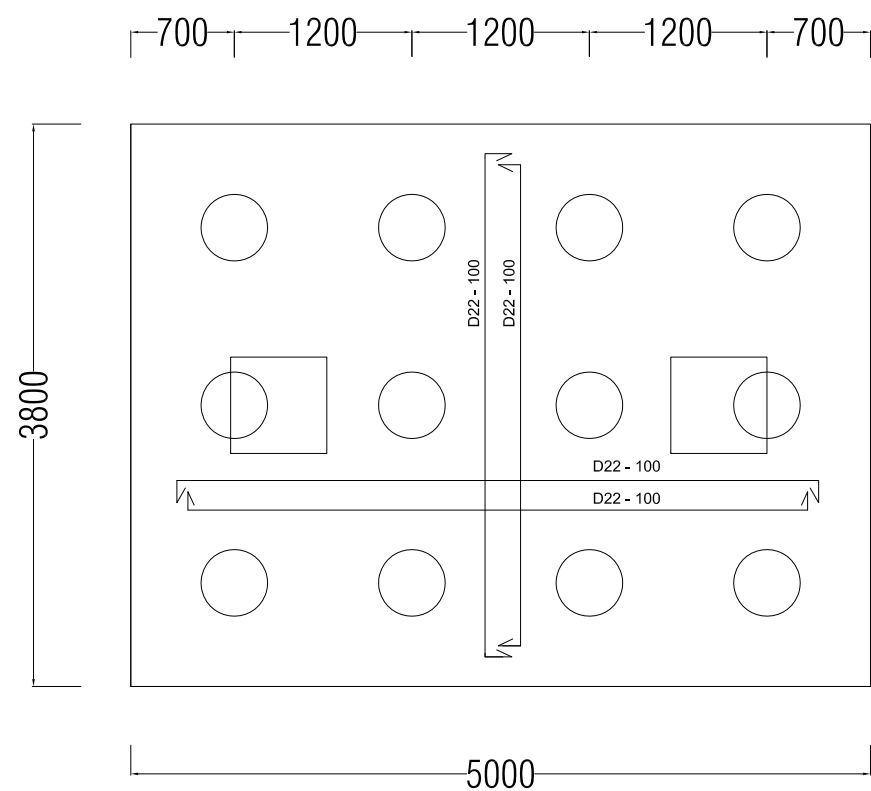
DETAIL PENULANGAN
PONDASI P3

KODE
GAMBAR

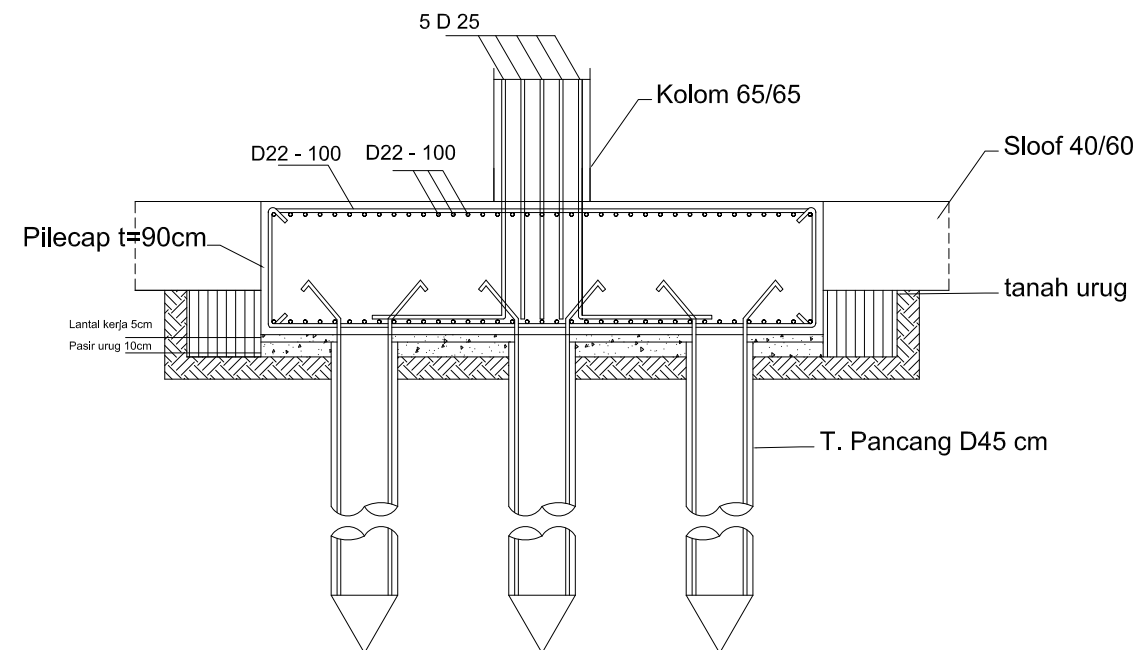
NO
LEMBAR

STR

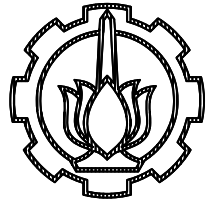
60



 **DETAIL PONDASI P3**
SKALA 1 : 50



 **POTONGAN A-A PONDASI**
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

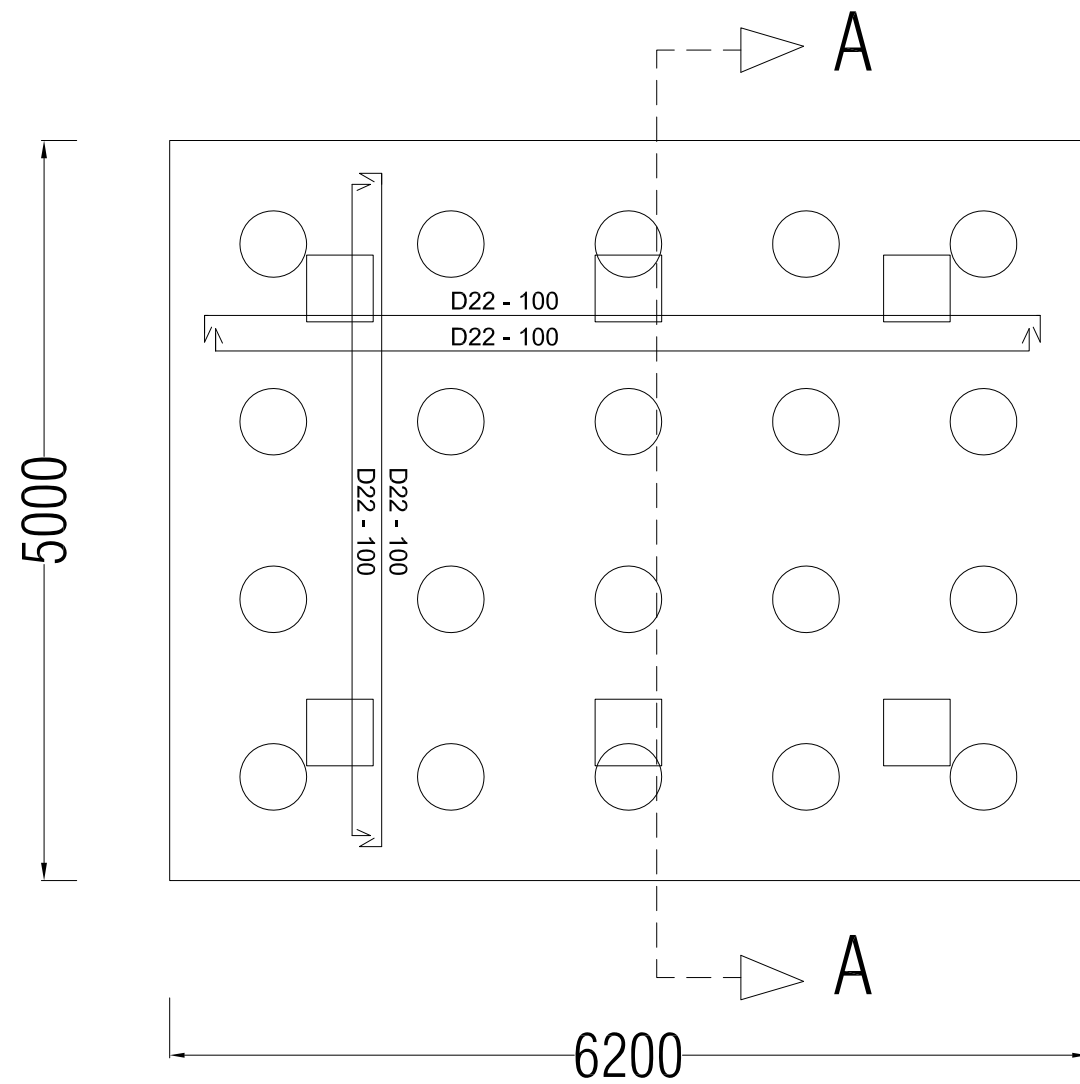
DETAIL PENULANGAN PONDASI P4

KODE
GAMBAR

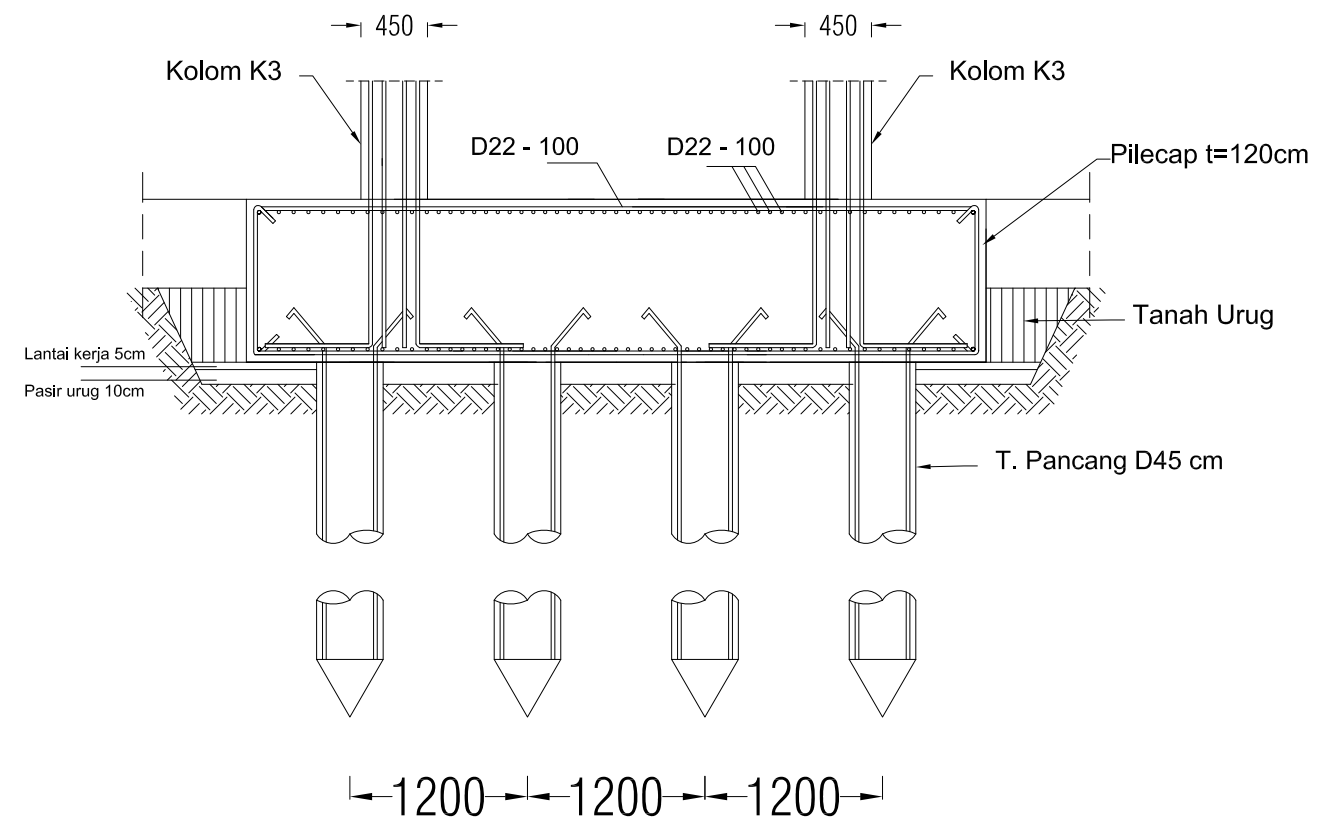
NO
LEMBAR

STR

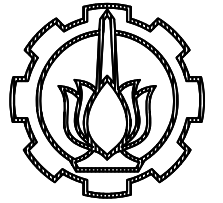
61



 **PENULANGAN PONDASI P4**
SKALA 1 : 50



 **POTONGAN A-A PONDASI P4**
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

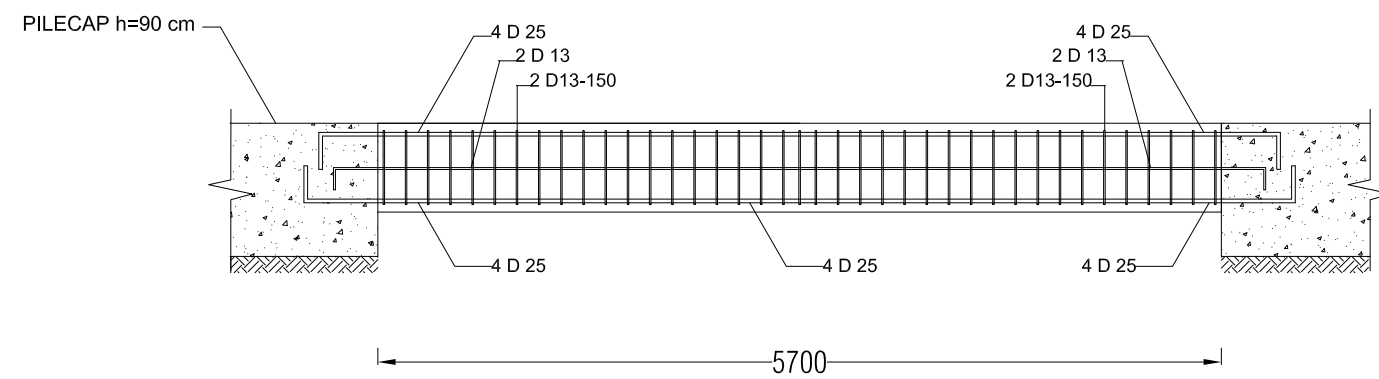
DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF

KODE
GAMBAR

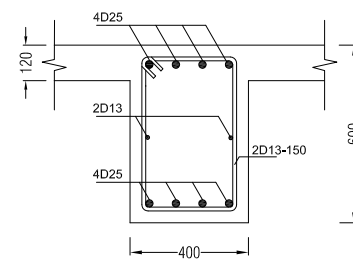
NO
LEMBAR

STR

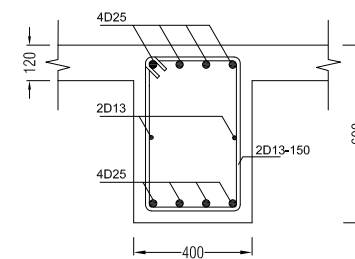
62



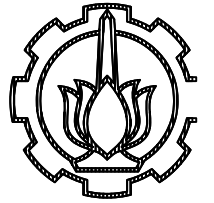
DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S1
SKALA 1:50



Potongan A-A
SKALA 1:25



Potongan B-B
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
 GEDUNG NAMIRA SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
 NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

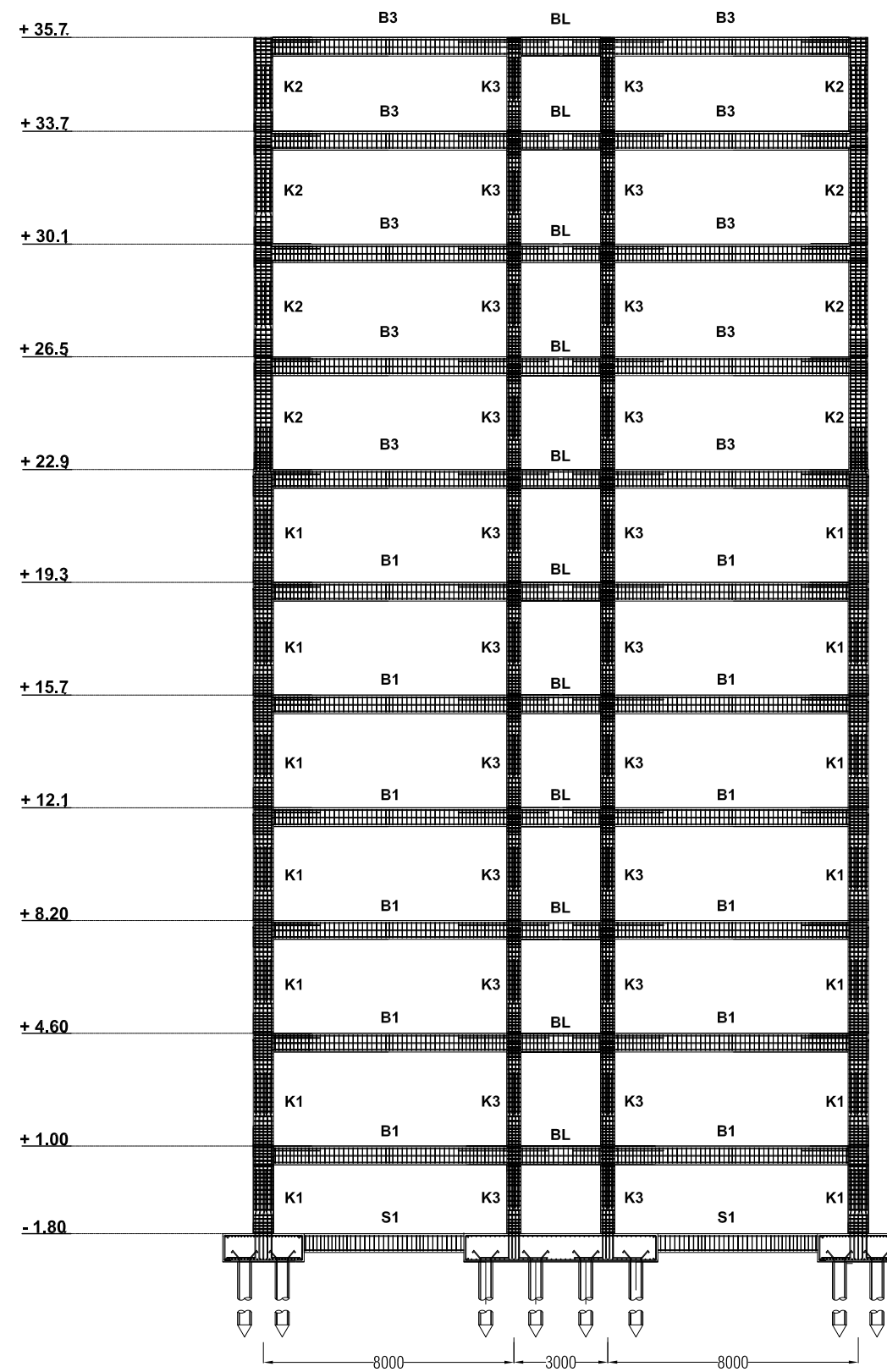
PORTAL ARAH MELINTANG
 BANGUNAN

KODE
 GAMBAR

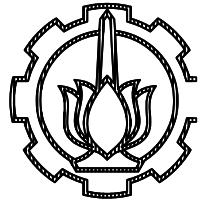
NO
 LEMBAR

STR

63



PORTAL A-A MELINTANG BANGUNAN
 SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

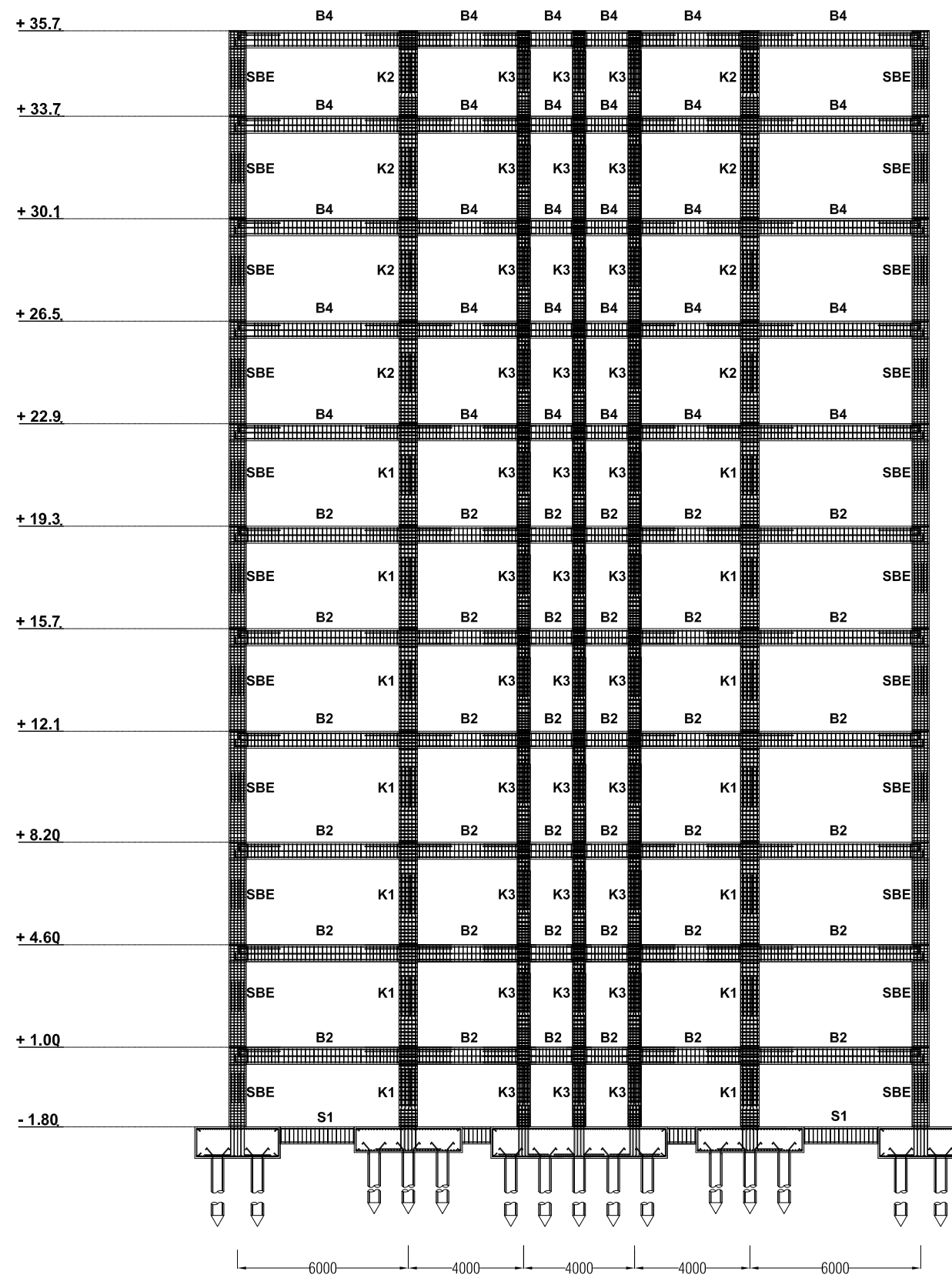
PORTAL ARAH MEMANJANG
BANGUNAN

KODE
GAMBAR

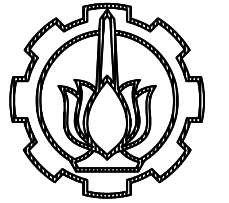
NO
LEMBAR

STR

64



PORTAL B-B MEMANJANG BANGUNAN
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR
GEDUNG NAMIRA SURABAYA
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Ir. Dicky Imam W, MS.
NIP. 19590209 198603 1 002

NAMA MAHASISWA

Jerry Anugrah
NRP 10111410000033

NAMA GAMBAR

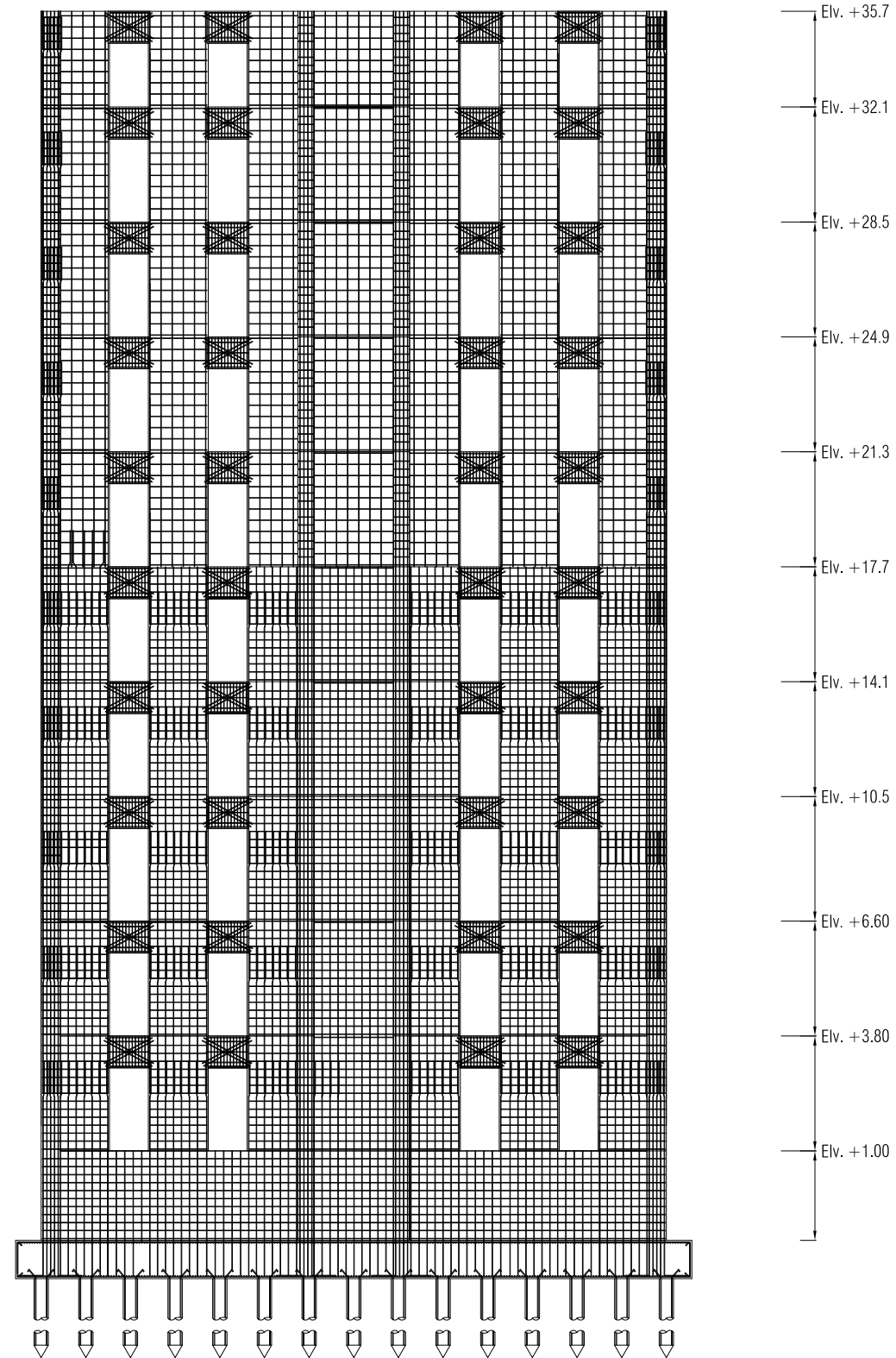
POTONGAN PORTAL
SHEARWALL

KODE
GAMBAR

NO
LEMBAR

STR

65



 **POTONGAN PORTAL SHEARWALL**
SKALA 1 : 200