



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG HUTAMA KARYA *OFFICE TOWER*
MENGUNAKAN *STEEL PLATE SHEAR WALL*
(SPSW)**

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
NRP. 0311154000038

Dosen Pembimbing
Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D
Aniendhita Rizki Amalia, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HUTAMA KARYA *OFFICE TOWER* MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)**

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
NRP. 0311154000038

Dosen Pembimbing
Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D
Aniendhita Rizki Amalia, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT (RC18-4803)

**DESIGN MODIFICATION STRUCTURE OF HUTAMA
KARYA OFFICE TOWER BUILDING USING STEEL
PLATE SHEAR WALL (SPSW)**

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
NRP. 0311154000038

Academic Supervisor
Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D
Aniendhita Rizki Amalia, ST., MT

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil, Environment and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HUTAMA KARYA OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
NRP. 0311154000038

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.

2. Aniendhita Rizki Amalia, S.T., M.



**SURABAYA
JULI, 2019**

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA OFFICE TOWER MENGGUNAKAN STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

Nama Mahasiswa : Bima Mustika Mardianto Utomo
NRP : 03111540000038
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Data Iranata, ST., MT., Ph.D.
Aniendhita Rizki Amalia, ST., MT.

Abstrak

Struktur beton bertulang banyak digunakan dalam pembangunan gedung bertingkat di Indonesia. Namun, struktur beton bertulang memiliki banyak kekurangan. Untuk itu diperlukan perencanaan alternatif lain, yaitu perencanaan dengan struktur baja. Baja memiliki sifat duktail (tidak getas), dimana mampu berdeformasi tanpa langsung runtuh. Konstruksi baja juga memiliki berat yang relatif ringan daripada bahan lain serta dalam hal waktu pelaksanaan jauh lebih cepat dibanding material beton.

Dinding geser pelat baja adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja vertical padat yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya, dan terpasang dalam satu atau lebih plat sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang (*Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering* April San Francisco). Sifat dinding geser pelat baja yang memiliki deformasi inelastic siklik dengan kekakuan awal tinggi sangat cocok untuk mengurangi beban gempa yang terjadi. Penggunaan dinding geser pelat baja juga menjadi solusi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kekakuan struktur dalam arah horizontal untuk menahan gaya-gaya lateral.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan ulang pada gedung *Hutama Karya Office Tower* dengan menggunakan *Steel Plate Shear Wall* dan kolom menggunakan struktur kolom komposit *Concrete Filled Steel Tube* yang memenuhi persyaratan

keamanan struktur berdasarkan SNI 1729-2015, SNI 1726-2012, SNI 1727-2013, dan PPIUG 1983.

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, didapatkan yaitu : tebal pelat atap 9 cm, pelat lantai 9 cm. dimensi balok induk atap WF 600x300x14x23, balok induk lantai WF 800x300x16x30, dimensi balok anak atap 500x200x9x14, dimensi balok anak lantai WF 600x200x13x23, dimensi kolom beton basement 1100x1100, dimensi kolom lantai 1-14 CFT 800x800x28x28, dimensi kolom lantai 15-atap 600x600x25x25, dimensi kolom VBE CFT 800x800x28x28, dimensi HBE WF 800x300x16x30, tebal SPSW 14 mm. Shearwall basement menggunakan tebal 40 cm. Base plate menggunakan ukuran 100x100 cm. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang precast diameter 100cm dengan kedalaman 29m.

Kata Kunci : Gempa, Kolom Komposit, Steel Plate Shear Wall, Struktur Baja.

DESIGN MODIFICATION OF HUTAMA KARYA OFFICE TOWER USING STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

Student Name : Bima Mustika Mardianto Utomo
NRP : 0311154000038
Department : Civil Engineering FTSLK-ITS
Academic Supervisor : Data Iranata, ST., MT., Ph.D.
Aniendhita Rizki Amalia, ST., MT.

Abstract

Reinforced concrete structures are widely used in the construction of high-rise buildings in Indonesia. However, reinforced concrete structures have many disadvantages. For this reason, alternative planning is needed, namely planning with steel structures. Steel has ductile (not brittle) properties, which are able to deform without collapsing directly. Steel construction also has a relatively light weight than other materials and in terms of implementation time is much faster than concrete material.

Steel plate shear wall is a lateral load restraint system consisting of a dense vertical steel plate that connects the beam and column around it, and is installed in one or more plates as long as the height of the structure forms a Proceedings of the 8th US National Conference on Earthquake Engineering April San Francisco). The properties of steel plate shear walls that have cyclic inelastic deformations with high initial stiffness are very suitable to reduce the earthquake load that occurs. The use of steel plate shear walls is also a solution that can be used to increase the stiffness of structures in the horizontal direction to resist lateral forces.

In this final project, a re-planning of the Hutama Karya Office Tower will be carried out using Steel Plate Shear Wall and columns using a Concrete Filled Steel Tube composite column structure that meets structural safety requirements based on SNI 1729-2015, SNI 1726-2012, SNI 1727- 2013, and PPIUG 1983.

From the results of the analysis that has been done, it is found that: 9 cm thick roof plate, 9 cm floor plate. dimensions of WF 600x300x14x23 roof beam, WF 800x300x16x30 floor beam, 500x200x9x14 roof beam dimensions, WF floor beam dimensions 600x200x13x23, basement concrete column dimensions 1100x1100, floor column dimensions 1-14 CFT 800x800x28x28, 15-roof floor column dimensions 600x600x25x25, dimensions VBE CFT column 800x800x40x40, dimensions of HBE WF 800x300x16x30, thickness of 14 mm SPSW. Shearwall basement uses 40 cm thick. Base plate uses a size of 100x100 cm. Planning foundation using 100cm precast piles with 29m depth.

Keyword : Earthquake, Steel Structure, Steel Plate Shear Wall

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Utama Karya Office Tower menggunakan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)”.

Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril dan materil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Data Iranata, ST., MT., Ph.D. dan Ibu Aniendhita Rizki Amalia, ST., MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu sabar dan tulus dalam memberikan masukan dan ilmu yang bermanfaat.
3. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil ITS yang sudah memberikan ilmu. Serta seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil ITS
4. Rekan – rekan mahasiswa, teman teman S58 yang menemani selama 4 tahun serta semua pihak yang telah membantu penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan dalam pembuatan laporan. Diharapkan laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi semua pihak.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.2.1 Rumusan Masalah Umum.....	3
1.2.2 Rumusan Masalah Khusus.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Struktur Baja Tahan Gempa	7
2.2 Pengertian Dinding Geser Pelat (<i>Steel Plate Shear Wall</i>)	7
2.3 Kelebihan dan Kelemahan Dinding Geser Pelat Baja.....	8
2.3.1 Kelebihan Dinding Geser Pelat Baja	8
2.3.2 Kelemahan Dinding Geser Pelat Baja	9
2.4 Analisis dan Desain Dinding Geser Pelat Baja.....	9
2.4.1 Model Dinding Geser Pelat Baja	10
2.4.1.1 Strip Model.....	11
2.4.1.2 Ortotropik Membrane Model.....	14
2.5 Struktur Komposit	14
2.5.1 Balok Komposit	14
2.5.2 Kolom Komposit	16
2.6 Pondasi	17
2.6.1 Pondasi Dangkal	18
2.6.2 Pondasi Dalam	19
BAB III METODOLOGI	21

3.1	Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir	21
3.2	Pengumpulan Data.....	22
3.3	Studi Literatur.....	23
3.4	Preliminary Design.....	23
3.5	Analisa Pembebanan	23
	3.5.1Beban Mati	24
	3.5.2Beban Hidup	24
	3.5.3Beban Angin	25
	3.5.4Beban Gempa	26
	3.5.5Kombinasi Pembebanan	39
	3.5.6Beban Tanah	39
3.6	Perencanaan Struktur Sekunder.....	40
3.7	Permodelan Struktur.....	40
3.8	Perencanaan Struktur Primer	43
	3.8.1Balok.....	44
	3.8.2Kolom	46
	3.8.3Dinding geser plat baja (<i>Steel plate shear wall</i>)..	
	52
3.9	Perencanaan Sambungan	53
	3.9.1Baut.....	54
	3.9.2Sambungan Las.....	56
3.11	Perencanaan Bangunan Bawah.....	57
	3.11.1Perencanaan Poer	57
	3.11.1.1Penulangan poer	58
	3.11.2Tiang Pancang.....	59
	3.11.2.1Daya Dukung Tiang Pancang.....	59
	3.11.2.1Perencanaan daya dukung tiang	
	pancang kelompok.....	60
	3.11.3Perencanaan <i>Basement</i>	62
	3.11.3.1Perhitungan Struktur dinding	
	<i>basement</i>	62
3.12	Penggambaran	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		65
4.1	Preliminary Desain	65
	4.1.1Perencanaan Dimensi Balok Induk Basement .	65

4.1.2	Perencanaan Dimensi Balok Anak Basement..	66
4.1.3	Perencanaan Dimensi Pelat Beton Basement ..	68
4.1.4	Perencanaan Dimensi Kolom <i>Basement</i>	68
4.1.5	Perencanaan Dimensi <i>Shearwall Basement</i>	70
4.2	Struktur Sekunder.....	70
4.2.1	Perencanaan Pelat	70
4.2.1.1	Perencanaan Pelat Atap	71
4.2.1.2	Perencanaan Pelat Lantai	72
4.2.1.3	Perencanaan Pelat Beton	73
4.2.2	Perencanaan Balok Anak.....	77
4.2.2.1	Perencanaan Balok Anak Atap.....	77
4.2.2.2	Perencanaan Balok Anak Lantai	81
4.2.3	Perencanaan Balok <i>Lift</i>	85
4.2.3.1	Spesifikasi <i>lift</i>	85
4.2.3.1	Perencanaan balok penggantung <i>lift</i> ...	86
4.2.4	Perencanaan Balok Penumpu <i>Lift</i>	89
4.2.5	Perencanaan Tangga	92
4.2.5.1	Tangga lantai perkantoran	92
4.2.5.2	Perencanaan pelat anak tangga.....	93
4.2.5.3	Perencanaan bordes	98
4.2.5.4	Perencanaan balok utama tangga.....	104
4.2.5.5	Perencanaan balok penumpu tangga	110
4.3	Permodelan Struktur	113
4.3.1	Pembebanan Struktur Utama	115
4.3.2	Pembebanan Gempa Dinamis	118
4.3.2.1	Arah Pembebanan.....	118
4.3.2.2	Parameter Respon Spektrum Rencana	118
4.3.2.3	Faktor Reduksi Gempa (R).....	119
4.3.2.4	Faktor Keutamaan (I)	119
4.3.3	Kombinasi Pembebanan	120
4.3.4	Kontrol Desain	120
4.3.4.1	Penerimaan Beban Permodelan Struktur	120
4.3.4.2	Kontrol Partisipasi Massa	121

4.3.4.3	Kontrol Periode Getar Struktur	125
4.3.4.4	Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum...	126
4.3.4.5	Kontrol Batasan Simpangan (<i>Drift</i>) .	127
4.3.4.6	Kontrol Dual Sistem.....	131
4.4	Perencanaan Struktur Primer	132
4.4.1	Perencanaan Balok Induk	132
4.4.1.1	Balok Induk Memanjang	132
4.4.1.2	Balok Induk Melintang.....	140
4.4.1.3	Penulangan Balok Beton 40/60	148
4.4.1.4	Penulangan Balok Beton 30/45	155
4.4.2	Perencanaan Kolom	160
4.4.3	Perencanaan Steel Plate Shear Wall	164
4.4.4	Kontrol Desain Balok (HBE).....	166
4.4.5	Kontrol Desain Kolom (VBE)	171
4.5	Perencanaan Sambungan	175
4.5.1	Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga	175
4.5.2	Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	178
4.5.3	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lantai	181
4.5.4	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Atap..	185
4.5.5	Sambungan Steel Plate Shear Wall.....	188
4.5.6	Sambungan Balok Induk dan Kolom.....	189
4.5.7	Sambungan HBE dan VBE.....	195
4.5.8	Sambungan Antar Kolom	200
4.5.9	Sambungan Antar Kolom Dimensi Beda.....	202
4.5.10	Sambungan <i>Base plate</i>	205
4.5.10.1	Kolom Pedestal	206
4.5.10.2	Perencanaan Sambungan.....	207
4.6	Perencanaan Struktur Bawah.....	211
4.6.1	Perencanaan <i>Basement</i>	211

4.6.1.1	Perencanaan Dinding Penahan Tanah	211
4.6.1.2	Penulangan Dinding Penahan Tanah	216
4.6.1.3	Perencanaan Pelat Dasar <i>Basement</i> ..	218
4.6.1.4	Perencanaan Dinding Geser <i>Basement</i> ...	222
4.6.2	Perencanaan Pondasi	225
4.6.2.1	Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal.....	226
4.6.2.2	Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok.....	230
4.6.2.3	Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok.....	231
4.6.2.4	Kontrol Kekuatan Tiang	233
4.6.3	Perencanaan Poer.....	236
4.6.3.1	Kontrol Geser Ponds	236
4.6.4	Penulangan Poer	238
4.6.5	Perencanaan Kolom Beton	242
4.6.5.1	Kontrol Dimensi Kolom.....	242
4.6.5.2	Penulangan Longitudinal Kolom.....	243
4.6.5.3	Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal pada Kolom	244
4.6.5.4	Kontrol Kapasitas Beban Aksial	244
4.6.5.5	Persyaratan <i>Strong Column Weak Beam</i>	244
4.6.5.6	Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser.....	245
4.6.5.7	Perhitungan Tulangan Geser	246
4.6.6	Perencanaan Sloof Pondasi.....	247
4.6.6.1	Pernulangan Lentur Sloof.....	247
4.6.6.2	Pernulangan Geser Sloof	249
4.6.7	Perencanaan Tulangan Tusuk Konde	250
4.6.7.1	Kontrol Dimensi	250
4.6.7.2	Penulangan Longitudinal Kolom.....	251

4.6.7.3 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal pada Kolom	252
4.6.7.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial	252
4.6.7.5 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser.....	253
4.6.7.6 Perhitungan Tulangan Geser	253
BAB V PENUTUP	255
5.1 Kesimpulan.....	255
5.2 Saran.....	257
DAFTAR PUSTAKA.....	259
LAMPIRAN	261

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tampak Samping Utama Karya Office Tower	1
Gambar 2. 1 Dinding Geser Pelat Baja.....	10
Gambar 2. 2 Strip Model SPSW.....	11
Gambar 2. 3 Strip Model	13
Gambar 2. 4 Gaya Yang Terjadi Pada.....	14
Gambar 2. 5 Penampang Balok Komposit	15
Gambar 2. 6 Kolom Komposit Terbuat dari Baja Berongga	16
Gambar 2. 7 Kolom Komposit yang Terbuat dari Profil	17
Gambar 2. 7 (a) Pondasi Memanjang;(b) Pondasi Telapak;(c) Pondasi Rakit	19
Gambar 2. 9 (a) Pondasi Sumuran;(b) Pondasi Tiang	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaann Tugas Akhir	22
Gambar 3. 2 Berat Sendiri Pada Struktur	24
Gambar 3. 3 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 0.2 detik	30
Gambar 3. 4 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 1 detik	30
Gambar 3. 5 Grafik respons spectrum	36
Gambar 3. 6 Kotak Dialog <i>Shell</i>	41
Gambar 3. 7 Kotak Dialog <i>Wall Properties</i>	41
Gambar 3. 8 Kotak Dialog <i>Wall Property</i>	42
Gambar 3. 9 Permodelan Sruktur	43
Gambar 3. 10 <i>Base plate</i>	56
Gambar 3. 11 Penampang Kritis Pada Pondasi	58
Gambar 3. 12 Tekanan aktif pasif tanah.....	63
Gambar 4. 1 Perencanaan Pelat Atap	71
Gambar 4. 2 Perencanaan Pelat Lantai	72
Gambar 4. 3 Perencanaan Pelat Beton Lantai 1	73
Gambar 4. 4 Perencanaan Balok Anak Atap	77
Gambar 4. 5 Pembebanan Balok Anak Atap.....	78
Gambar 4. 6 Gaya Momen Balok Anak Atap	79
Gambar 4. 7 Gaya Geser Balok Anak Atap.....	79
Gambar 4. 8 Perencanaan Balok Anak Lantai.....	81

Gambar 4. 9 Gaya Momen Balok Anak Atap	83
Gambar 4. 10 Gaya Geser Balok Anak Atap.....	83
Gambar 4. 11 Spesifikasi Lift.....	86
Gambar 4. 12 Potongan Lift	86
Gambar 4. 13 Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i>	87
Gambar 4. 14 Sketsa Denah Tangga	93
Gambar 4. 15 Pelat Anak Tangga.....	93
Gambar 4.16 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata	94
Gambar 4. 17 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat	94
Gambar 4. 18 Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata	96
Gambar 4. 19 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat	96
Gambar 4. 20 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes.....	98
Gambar 4. 21 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terbagi Merata	99
Gambar 4. 22 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terpusat.....	99
Gambar 4. 23 Balok Bordes Tangga	101
Gambar 4. 24 Pembebanan Pada Balok Bordes	102
Gambar 4. 25 Pembebanan pada balok utama tangga	106
Gambar 4. 26 Bidang Momen Balok Tangga Utama	106
Gambar 4. 27 Bidang Geser Balok Tangga Utama	107
Gambar 4. 28 Bidang Normal Balok Tangga Utama	107
Gambar 4. 29 Hasil Analisis Lendutan.....	109
Gambar 4. 30 Denah Tangga.....	113
Gambar 4. 31 Potongan Tangga	113
Gambar 4. 32 Permodelan Struktur Utama Karya Office Tower	114
Gambar 4. 33 Balok Induk Memanjang yang Ditinjau	132
Gambar 4. 34 Gaya Dalam Balok Memanjang.....	135
Gambar 4. 35 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang	137

Gambar 4. 36 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang	139
Gambar 4. 37 Balok Induk Melintang yang Ditinjau	140
Gambar 4. 38 Gaya Dalam Balok Melintang	143
Gambar 4. 39 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Melintang	145
Gambar 4. 40 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang	147
Gambar 4. 41 Gaya Dalam Balok Beton 40/60	149
Gambar 4. 42 Balok Anak yang Direncanakan	155
Gambar 4. 43 Gambar Permodelan Balok Anak	156
Gambar 4. 44 Hasil Gaya Dalam Balok Anak.....	157
Gambar 4. 45 Kolom yang Ditinjau	160
Gambar 4. 46 Desain SPSW.....	165
Gambar 4. 47 Sambungan balok utama dan balok penumpu tangga	176
Gambar 4. 48 Pelat penyambung siku	178
Gambar 4. 49 Sambungan balok penumpu dengan kolom	179
Gambar 4. 50 Pelat penyambung.....	180
Gambar 4. 51 Sambungan Balok anak dan Balok induk lantai .	182
Gambar 4. 52 Detail Pelat Penyambung.....	184
Gambar 4. 53 Sambungan Balok Anak dan Induk pada atap	185
Gambar 4. 54 Detail Pelat Penyambung.....	187
Gambar 4. 55 Sambungan Dinding Geser	188
Gambar 4. 56 Sambungan Balok Induk dan Kolom.....	189
Gambar 4. 57 Detail Pelat Penyambung.....	191
Gambar 4. 58 Detail Pelat Diafragma	194
Gambar 4. 59 Sambungan HBE dan VBE.....	200
Gambar 4. 60 Sambungan Antar Kolom	202
Gambar 4. 61 Hasil Output PCAcol	206
Gambar 4. 62 Penulangan Kolom Pedestal	207
Gambar 4. 63 Momen yang terjadi pada base plate	209
Gambar 4. 64 Denah Dinding Penahan Tanah	212
Gambar 4. 65 Dimensi Dinding Penahan Tanah	212
Gambar 4. 66 Dinding Geser yang Ditinjau	223

Gambar 4. 67 Denah Pondasi	225
Gambar 4. 68 Grafik Antara Daya Dukung Tanah dengan Kedalaman.....	229
Gambar 4. 69 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)	239
Gambar 4. 70 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y)	240
Gambar 4. 71 Diagram Interaksi Kolom 110/110 cm	243
Gambar 4. 72 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn.....	244
Gambar 4. 73 Diagram Interaksi Sloof.....	248
Gambar 4. 74 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn.....	248
Gambar 4. 75 Penulangan Sloof.....	250
Gambar 4. 76 Diagram Interaksi Tiang Pancang	251
Gambar 4. 77 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn.....	252

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Besar Beban Hidup.....	25
Tabel 3. 2 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	27
Tabel 3. 3 Faktor keutamaan gempa.....	30
Tabel 3. 4 Klasifikasi Situs.....	31
Tabel 3. 5 Koefisien situs Fa	32
Tabel 3. 6 Koefisien situs Fv	33
Tabel 3. 7 Kategori resiko SDS	34
Tabel 3. 8 Kategori resiko SD1	34
Tabel 3. 9 Faktor R, Cd, dan Ω untuk system penahan gaya gempa.....	35
Tabel 3. 10 Nilai parameter perioda Pendekatan Ct dan x	37
Tabel 3. 11 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	38
Tabel 4. 1 Beban Mati Keseluruhan Bangunan.....	69
Tabel 4. 2 Beban Hidup Keseluruhan Bangunan	69
Tabel 4. 3 Hasil Penulangan Pelat	76
Tabel 4. 4 Ukuran Profil Perencanaan Tangga dengan Ketinggian 4 m.....	112
Tabel 4. 5 Hasil Data Tanah Berdasarkan NSPT	117
Tabel 4. 6 Parameter Gempa Surabaya untuk Situs D	119
Tabel 4. 7 Faktor Reduksi Gempa untuk SPSW	119
Tabel 4. 8 Hasil Perbandingan Berat pada ETABS dan Manual	121
Tabel 4. 9 Rasio Partisipasi Massa	121
Tabel 4. 10 Rasio Partisipasi Massa	122
Tabel 4. 11 Rasio Partisipasi Massa	123
Tabel 4. 12 Rasio Partisipasi Massa	124
Tabel 4. 13 Periode Struktur.....	125
Tabel 4. 14 Reaksi Dasar Struktur.....	126
Tabel 4. 15 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	127
Tabel 4. 16 Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah X	128

Tabel 4. 17 Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah X (lanjutan).....	129
Tabel 4. 18 Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah Y	130
Tabel 4. 19 Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah Y (lanjutan)	131
Tabel 4. 20 Reaksi Perletakan dan Presentasi Gaya Geser akibat Gempa arah X dan Y	131
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Penulangan Balok Beton	159
Tabel 4. 22 Data Tanah	212
Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Overburden Tanah Aktif dan Pasif	213
Tabel 4. 24 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Aktif	214
Tabel 4. 25 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Pasif.....	214
Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan Tekanan Air Tanah Aktif.....	214
Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan Tekanan Air Tanah Pasif	214
Tabel 4. 28 Momen Akibat Tekanan Tanah Aktif, Pasif, dan Air	215
Tabel 4. 29 Momen Akibat Dinding Penahan Tanah dan Tanah	215
Tabel 4. 30 Penulangan Pelat Basement akibat <i>uplift</i> air	220
Tabel 4. 31 Penulangan Pelat <i>Basement</i> akibat beban parkir	222
Tabel 4. 32 Tabel Rekapitulasi Dinding Geser.....	223
Tabel 4. 33 Daya Dukung Tanah Kedalaman 1-20 m	228
Tabel 4. 34 Daya Dukung Tanah Kedalaman 21-32 m	229
Tabel 4. 35 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1	230
Tabel 4. 36 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2	230
Tabel 4. 37 Rekap Hasil Kontrol Tiang Pancang Tipe 1.....	232
Tabel 4. 38 Rekap Hasil Kontrol Tiang Pancang Tipe 2.....	232
Tabel 4. 39 Rekap Kontrol Momen Tipe 1.....	234
Tabel 4. 40 Rekap Kontrol Momen Tipe 2.....	234
Tabel 4. 41 Rekapitulasi Tulangan pada Poer	241

Berdasarkan hal diatas, maka diperlukan perencanaan alternatif lain agar dapat menutupi kekurangan pada perencanaan struktur beton, yaitu perencanaan dengan struktur baja. Baja memiliki sifat duktail (tidak getas), dimana mampu berdeformasi tanpa langsung runtuh. Konstruksi baja juga memiliki berat yang relatif ringan daripada bahan lain serta dalam hal waktu pelaksanaan jauh lebih cepat dibanding material lain. Keuntungan lain dari penggunaan material baja adalah memiliki keseragaman material yang lebih terjamin karena dibuat secara fabrikasi sehingga mempermudah dalam pengendalian mutu.

Dengan mempertimbangkan keuntungan penggunaan material baja sehingga pada perencanaan tugas akhir ini HK *Office Tower* direncanakan akan dimodifikasi menggunakan sistem struktur baja dan beton komposit untuk kolom berupa *concrete filled steel tube* (CFT). Pertimbangan untuk menggunakan concrete filled steel tube sebagai kolom karena concrete filled steel tube juga dapat digunakan untuk gedung bertingkat tinggi. Pada kolom concrete filled steel tube, beton yang diisi ke dalamnya dapat menambah kekuatan dan kekakuan kolom. Selain itu, dalam pelaksanaan pekerjaan bekisting dapat berkurang sehingga lebih efisien dan mengurangi bahan sisa.

Sedangkan untuk mengatasi gempa yang terjadi di Indonesia digunakan dinding geser pelat baja (*steel plate shear wall* atau *SPSW*). Dinding geser pelat baja adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja vertical padat yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya, dan terpasang dalam satu atau lebih plat sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang (*Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering April San Francisco*). Sifat dinding geser pelat baja yang memiliki deformasi inelastic siklik dengan kekakuan awal tinggi sangat cocok untuk mengurangi beban gempa yang terjadi. Penggunaan dinding geser pelat baja juga menjadi solusi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kekakuan struktur dalam arah horizontal untuk menahan gaya-gaya lateral.

Sebagai perencanaan alternatif maka gedung ini yang semula dibangun menggunakan struktur beton bertulang dan akan dimodifikasi dengan menggunakan baja dan sistem *steel plate shear wall*. Oleh karena itu diajukan judul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Utama Karya Office Tower menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)” sebagai Tugas Akhir.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Rumusan Masalah Umum

Permasalahan umum dari tugas akhir ini adalah bagaimana merencanakan gedung HK *Office Tower* pada wilayah rawan gempa dengan menggunakan struktur baja dengan kolom menggunakan *concrete filled steel tube* dan *steel plate shear wall* (SPSW)?

1.2.2 Rumusan Masalah Khusus

Permasalahan yang ditinjau dalam modifikasi HK *Office Tower* menggunakan kolom *concrete filled steel tube* (CFT) dan *steel plate shear wall* antara lain :

1. Bagaimana melakukan preliminary design perencanaan struktur gedung baja menggunakan kolom *concrete filled steel tube* serta sistem struktur *steel plate shear wall*?
2. Bagaimana menentukan pembebanan yang bekerja pada struktur gedung baja menggunakan kolom *concrete filled steel tube* serta sistem struktur *steel plate shear wall*?
3. Bagaimana memodelkan dan analisa gaya-gaya yang bekerja pada struktur gedung dengan program bantu?
4. Bagaimana merencanakan struktur gedung baja menggunakan kolom *concrete filled steel tube* serta sistem struktur *steel plate shear wall*?
5. Bagaimana merencanakan sambungan yang memenuhi persyaratan struktur baja?
6. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari tugas besar ini adalah mampu mendesain Gedung HK *Office Tower* dengan menggunakan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW).

1.3.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus yang ditinjau dari modifikasi HK *Office Tower* menggunakan kolom *concrete filled steel tube* (CFT) dan *steel plate shear wall* antara lain :

1. Mampu merancang preliminary design perencanaan struktur gedung baja menggunakan kolom *concrete filled steel tube* serta sistem struktur *steel plate shear wall*.
2. Mampu menentukan pembebanan yang bekerja pada struktur gedung baja menggunakan kolom *concrete filled steel tube* serta sistem struktur *steel plate shear wall*.
3. Mampu memodelkan dan menganalisa gaya-gaya yang bekerja dalam struktur gedung dengan program bantu.
4. Mampu menentukan kontrol desain pada struktur gedung baja menggunakan kolom *concrete filled steel tube* serta sistem struktur *steel plate shear wall*.
5. Mampu merencanakan sambungan yang memenuhi persyaratan struktur baja
6. Mampu menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Perencanaan struktur utama meliputi balok induk dan kolom, dan struktur sekunder yang meliputi pelat lantai, balok anak, tangga, lift dan pondasi.
2. Tidak meninjau dari segi analisa biaya, arsitektural, manajemen konstruksi, metode pelaksanaan, dan *MEP*.
3. Permodelan dan analisa struktur dilakukan dengan program bantu.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengaplikasikan ilmu perkuliahan dengan data gedung yang sebenarnya.
2. Sebagai referensi untuk proyek lain agar dapat memanfaatkan baja sebagai bahan struktur gedung dengan pertimbangan keuntungan penggunaan material baja.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Baja Tahan Gempa

Terdapat tiga jenis struktur baja tahan gempa yang terdiri dari MRF, *Steel Plate Shear Wall* (SPSW), dan *Braced Frame* (BF). Masing-masing jenis struktur tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda. MRF mengutamakan terjadinya sendi plastis pada balok. BF memiliki diagonal *brace* yang berfungsi menahan gaya lateral. BF terbagi menjadi dua, yaitu CBF dan EBF. SPSW memiliki pelat baja yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya. Dalam tugas akhir ini perencanaan gedung menggunakan sistem struktur *Steel Plate Shear Wall* (SPSW).

2.2 Pengertian Dinding Geser Pelat (*Steel Plate Shear Wall*)

Dinding geser plat baja semakin banyak digunakan untuk membangun struktur yang tahan gempa dan gaya angin. Sistem dinding geser pelat baja menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan sistem penahan beban lateral lainnya seperti penghematan baja, kecepatan ereksi, pengurangan biaya pondasi, dan peningkatan penggunaan ruangan yang dapat digunakan. Namun, fungsi utama dari dinding geser pelat baja adalah menahan beban lateral yang terjadi dan menahan gaya horizontal. Dari rendahnya titik leleh baja dapat menghasilkan tegangan leleh dan kapasitas perpanjangan yang tinggi saat ini dalam pengembangannya dapat memberikan kemungkinan untuk merancang sistem dinding geser pelat baja dengan peningkatan dalam hal kemudahan servis, kinerja struktur dan penyerapan gaya lateral (Zirakian dan Boyajian, 2016).

Secara umum, dinding geser pelat baja terdiri dari dinding pelat baja yang dikelilingi oleh kolom yang disebut *Vertical Boundary Elements* (VBEs), dan balok yang disebut *Horizontal Boundary Elements* (HBEs). Batang vertical/kolom berfungsi sebagai flens, dinding geser berfungsi sebagai web dan batang horizontal/balok berfungsi sebagai pengaku/stiffner (Astaneh,

2000). Penggunaan Steel Plate Shear Wall banyak dilakukan di kota-kota besar seperti Amerika, Kanada, Meksiko, Jepang, Taiwan, dll.

2.3 Kelebihan dan Kelemahan Dinding Geser Pelat Baja

Pada dasarnya dinding geser pelat baja memiliki kelebihan dan kekurangan tergantung dari jenis bangunan yang ditinjau.

2.3.1 Kelebihan Dinding Geser Pelat Baja

1. **Ketebalan Dinding**
Dinding geser pelat baja lebih tipis dibandingkan ketebalan dinding geser pelat beton. Pada studi yang dilakukan, penggunaan dinding geser pelat baja dapat menghemat sekitar 2% dari *gross square footage* (Seilie dan Hooper, 2005).
2. **Berat Bangunan**
Dari hasil penelitian, berat bangunan yang menggunakan dinding geser pelat baja lebih ringan dibandingkan dengan bangunan menggunakan dinding geser beton. Perbedaan bangunan tersebut adalah sekitar 18%, hal ini dapat mengurangi beban pondasi akibat beban gravitasi dan beban gempa (Seilie dan Hooper, 2005).
3. **Pekerjaan Konstruksi yang Cepat**
Penggunaan dinding geser pelat baja mengurangi waktu pengerjaan konstruksi. Tidak hanya cepat pada waktu pemasangan tetapi juga pada waktu perawatan. Hasil studi juga menunjukkan bahwa pengerjaan dinding geser pelat baja jauh lebih mudah dari pada pengerjaan sistem rangka bresing konsentrik khusus (Seilie dan Hooper, 2005).
4. **Daktilitas**
Pelat baja tipis memiliki kapasitas pasca tekuk yang baik. Dinding geser pelat baja dapat bertahan hingga 4% tanpa mengalami kerusakan signifikan, meskipun sebagian besar kerusakan terjadi pada tepi panel pelat baja. Ada beberapa

kerusakan pada panel karena lentur. Namun, kerusakan ini tidak mengurangi kapasitas kekakuan pelat.

5. **Sistem yang Teruji**

Sistem ini telah diuji sejak tahun 1970 dan telah diatur dalam National Building Code of Canada (NBCC) sejak 1994 dan juga telah diatur pada American Institute of Steel Construction (AISC) Seismic Provisions pada tahun 2005 (Seilie dan Hooper, 2005).

2.3.2 Kelemahan Dinding Geser Pelat Baja

1. **Kekakuan**

Sistem dinding geser plat baja pada umumnya lebih lentur dibandingkan dengan dinding geser dari beton. Sehingga, ketika menggunakan dinding geser plat baja pada gedung bertingkat tinggi perencana perlu menambahkan pengaku (Seilie dan Hooper, 2005).

2. **Urutan Pekerjaan Konstruksi**

Urutan pekerjaan konstruksi sangat perlu diperhatikan dalam pemasangan dinding geser plat baja untuk menghindari tekanan awal berlebihan pada dinding plat baja. Sebuah kasus di sebuah gedung, pengelasan plat sambung pada dinding geser ditunda sampai sebagian besar deformasi akibat beban mati dalam rangka. Hal ini dimaksudkan untuk meringankan tekanan awal pada dinding geser plat baja (Seilie dan Hooper, 2005).

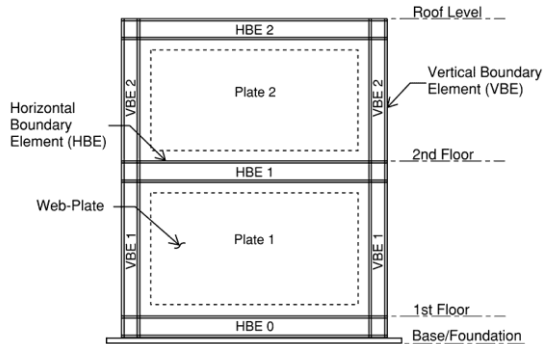
3. **Sistem Baru**

Karena ketidakpahaman terhadap dinding geser pelat baja, kontraktor akan mengestimasi biaya yang tinggi dalam pemasangan dinding geser pelat baja. Hal ini dapat diatasi dengan melibatkan kontraktor dalam perencanaan dinding geser pelat baja. (Seilie dan Hooper, 2005)

2.4 Analisis dan Desain Dinding Geser Pelat Baja

Dinding geser pelat baja terdiri dari batang vertical (VBEs) yang disebut dengan kolom, batang horizontal (HBEs) yang

disebut balok, dan plat pengisi tipis yang melengkung pada bidang geser dan membentuk bidang diagonal untuk menahan beban gempa seperti ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 Dinding Geser Pelat Baja
(James Enright, P.E. LEED AP, 2014)

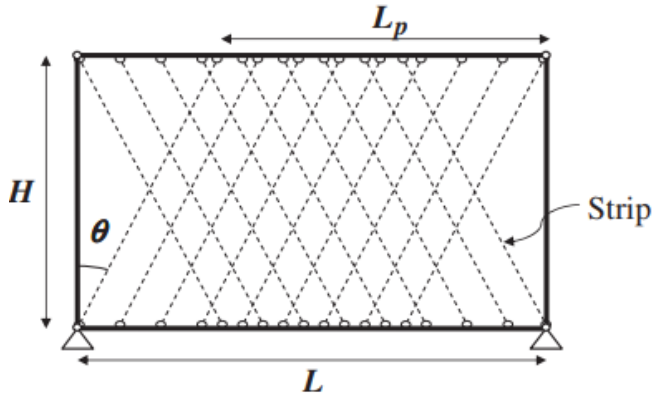
Dinding geser plat baja direncanakan dan dianalisis untuk menentukan kekuatan elemen dalam sistem, menentukan distribusi gaya geser gempa antara pelat geser dan batang vertical (kolom), dan untuk menghitung perpindahan lateral batang (Seilie dan Hooper, 2005).

2.4.1 Model Dinding Geser Pelat Baja

Dalam analisa dinding geser pelat baja, permodelan perlu dilakukan untuk mendapatkan gaya-gaya pada elemen struktur yang digunakan untuk dasar perancangan. Untuk menentukan profil tampang elemen, maka gaya aksial dan lentur pada kolom serta tegangan pada webplate perlu diketahui. Selain itu, tujuan kedua adalah untuk mengestimasi lateral displacement yang terjadi pada rangka, karena simpangan/drift yang berlebihan akan menghasilkan perilaku struktur yang tidak dapat diandalkan, sehingga kekakuan rangka sering menjadi nilai yang menentukan desain.

2.4.1.1 Strip Model

Perencanaan awal dilakukan dengan menggunakan pelat pada setiap tingkat sebagai rangka yang dikenal dengan sebutan equivalent story brace model (model rangka yang sama pada setiap lantai), yang membentang di sepanjang garis diagonal batang. Seperti pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Strip Model SPSW
(Ozcelik, Y., dan Clayton, P. M., 2017)

Ketebalan plat pada luas penampang di setiap rangka per lantai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Thornburn et al, 1983) :

$$t = \frac{2A \cdot \sin \theta \cdot \sin 2\theta}{L \cdot \sin^2 2\theta}$$

Dimana :

A = Luas penampang di setiap rangka per lantai

L = Panjang Bentang

θ = Sudut antara batang vertikal dan bidang diagonal

Sudut kemiringan dari batang vertikal dengan bidang pelat yang mengalami Tarik dapat dihitung menggunakan rumus : (Timles dan Kulak, 1983)

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2Ac}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}}$$

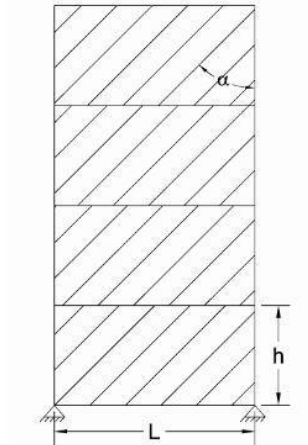
Keterangan :

- t = ketebalan pelat
- Ac = luas penampang kolom
- I_c = momen inersia kolom
- h_s = tinggi tiap lantai
- A_b = luas penampang balok

Untuk mencegah terjadinya deformasi (lendutan) yang berlebihan yang menyebabkan tekuk pada dinding geser pelat baja, maka nilai inersia kolom harus memenuhi persamaan :

$$I_c \geq \frac{0,00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L}$$

Penelitian yang dilakukan oleh Thorburn et al (1983) dan diteruskan oleh Driver et al (1998) menunjukkan bahwa dinding geser plat baja direncanakan dengan menggunakan rangka yang berfungsi sebagai pengaku dengan sudut kemiringan tarik pelat 30° - 55° . Pada umumnya sudut yang digunakan adalah 45° , yang mana model tersebut mewakili pelat sebagai batang tarik atau strip. Model itu dikenal dengan nama *strip model* atau *multistrip model*, seperti pada gambar 2.3, dimana sudut α dihitung untuk menganalisis dinding geser pelat baja dengan menggunakan persamaan 2.2.



Gambar 2. 3 Strip Model

Pada tahun 2003, Berman dan Bruneau melakukan penelitian lanjut mengenai dinding geser pelat baja dengan hasil bahwa idealnya tebal dinding geser pelat baja direncanakan sedemikian lupa sehingga semua panel dapat meredam energi melalui deformasi inelastic ketika struktur terkena gaya gempa. Oleh karena itu ketebalan dari dinding geser pelat baja pada tiap lantai harus ditentukan dengan gaya geser lantai yang sesuai. Untuk mengetahui ketebalan pelat tersebut dapat digunakan rumus: (Berman dan Bruneau, 2003) :

$$t_{wi} = \frac{2V_i}{F_y \cdot L \cdot \sin(2 \alpha_i)}$$

Dimana :

t_{wi} = Ketebalan pelat per lantai

V_i = Gaya geser per lantai

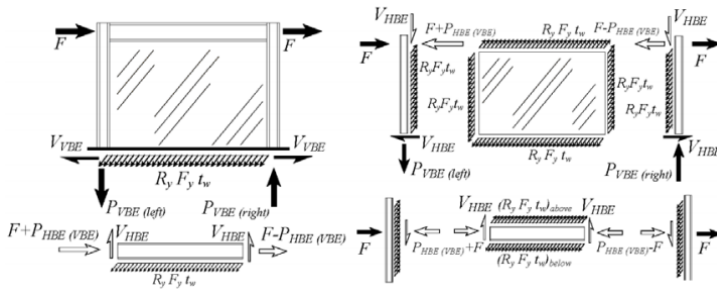
F_y = Kuat tarik baja

L = Panjang bentang

α = Sudut antara bidang tarik pelat dan batang vertical

2.4.1.2 Ortotropic Membrane Model

Pada model ini, plat direncanakan dengan bentuk orthotropic (sifat elemen tergantung pada sumbu) dengan tekan yang berbeda dan perlawanan tarik dari plat. Sumbu lokal pada elemen ditetapkan untuk menghitung sudut tegangan tarik, α (Ericksen dan Sabelli, 2008). Pola desain dan perencanaan gaya yang bekerja pada dinding geser plat ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2. 4 Gaya Yang Terjadi Pada Dinding Geser Pelat Baja

2.5 Struktur Komposit

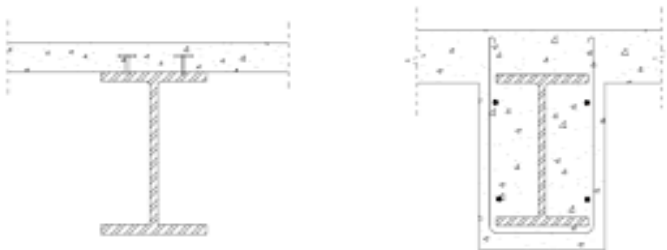
Batang komposit adalah batang yang terdiri dari profil baja dan beton yang digabung bersama untuk memikul beban tekan dan atau lentur. Batang yang memikul lentur umumnya disebut dengan balok komposit. Sedangkan batang yang memikul beban tekan umumnya disebut dengan kolom komposit.

2.5.1 Balok Komposit

Balok adalah salah satu diantara element-elemente struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Balok adalah elemen struktur yang memikul beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Hal ini akan menyebabkan balok melentur (Spiegel dan Limbrunner, 1998)

Sebuah balok komposit adalah sebuah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi mekanis diantara dua atau lebih bahan. Beberapa jenis balok komposit antara lain:

- a. **Balok Komposit Penuh**
Untuk balok komposit penuh, penghubung geser harus disediakan dalam jumlah yang memadai sehingga balok mampu mencapai kuat lentur maksimumnya. Pada penentuan distribusi tegangan elastis, slip antara baja dan beton dianggap tidak terjadi (SNI 1729-2015)
- b. **Balok Komposit Parsial**
Pada balok komposit parsial, kekuatan balok dalam memikul lentur dibatasi oleh kekuatan penghubung geser. Perhitungan elastis untuk balok seperti ini, seperti pada penentuan defleksi atau tegangan akibat beban layan, harus mempertimbangkan pengaruh adanya slip antara baja dan beton (SNI 1729-2015)
- c. **Balok baja yang diberi selubung beton**
Walaupun tidak diberi selubung beton di semua permukaannya dianggap bekerja secara komposit dengan beton, selama hal-hal terpenuhi (SNI 1729-2015).

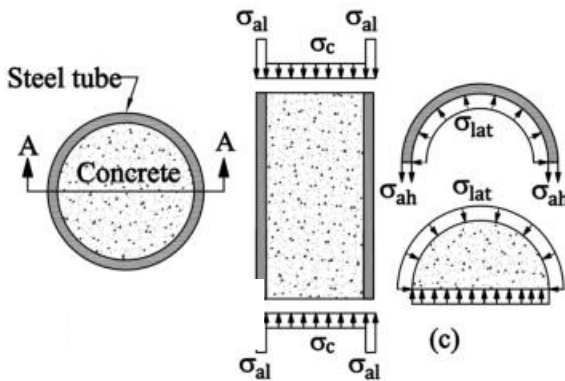


Gambar 2. 5 Penampang Balok Komposit

2.5.2 Kolom Komposit

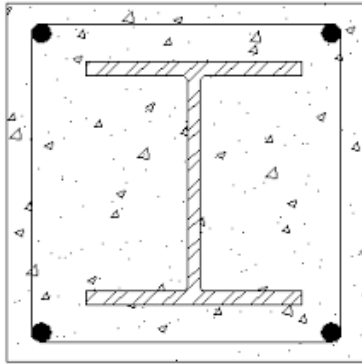
Kolom komposit didefinisikan sebagai “kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (rolled) built-up dan di cor di dalam beton structural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural. Menurut SNI 1729-2002, ada dua tipe kolom komposit, yaitu :

- Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton) seperti pada gambar 2.6. Kolom komposit jenis ini dibedakan lagi sesuai dengan profil baja yang menyelubunginya. Yang sering digunakan adalah *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT) yang berbentuk persegi dan *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) yang berbentuk silinder.



Gambar 2. 6 Kolom Komposit Terbuat dari Baja Berongga

- Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton) seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Kolom Komposit yang Terbuat dari Profil Baja yang Diberi Selubung Beton di Sekelilingnya

Pada perencanaan tugas akhir ini digunakan kolom komposit jenis Concrete Filled Steel Tube (CFT) berbentuk silinder sebagai perkuatan pada kolom.

2.6 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (solid). Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangat penting mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban bangunan itu, baik

beban mati, beban hidup dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

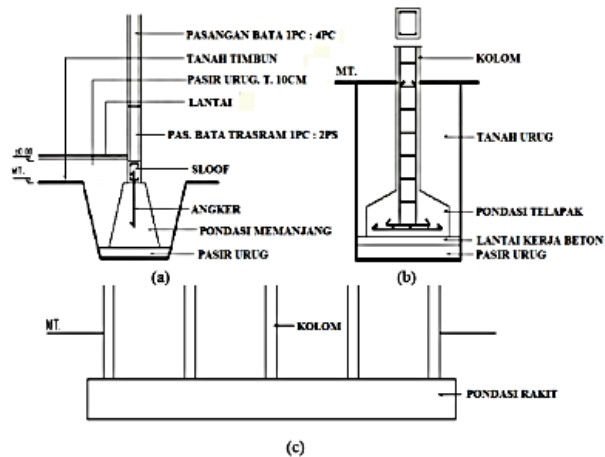
Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi :

2.6.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

- a) **Pondasi Memanjang**
Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.8c).
- b) **Pondasi Telapak**
Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.8b).

- c) **Pondasi Rakit**
 Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.8c).



Gambar 2. 8 (a) Pondasi Memanjang;(b) Pondasi Telapak;(c) Pondasi Rakit
 (Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

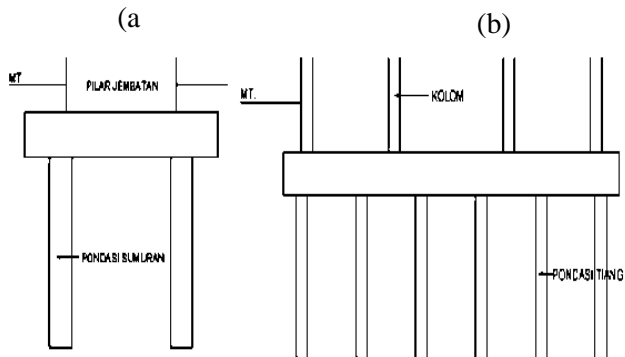
2.6.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti:

- a) **Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)**
 Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada

kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$. (Gambar 2.9a).

- b) **Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)**
 Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran.

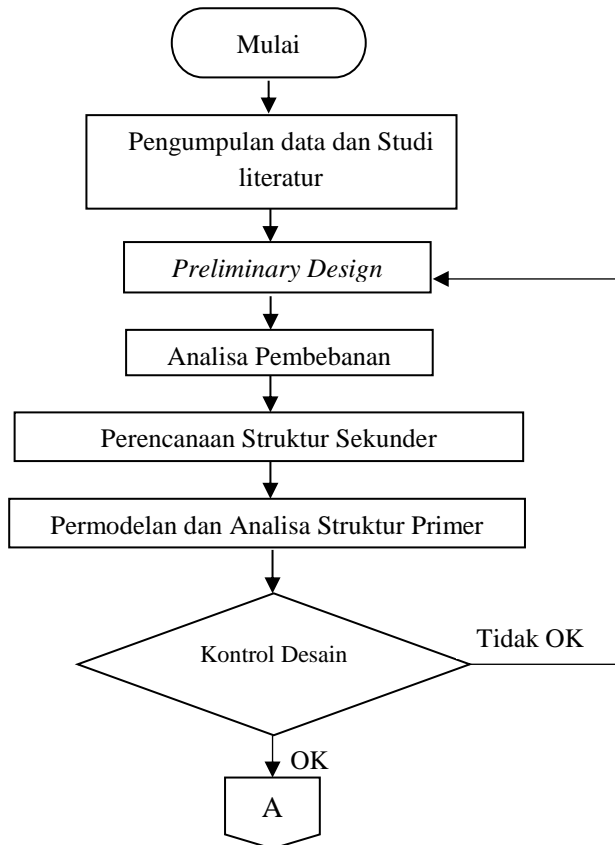


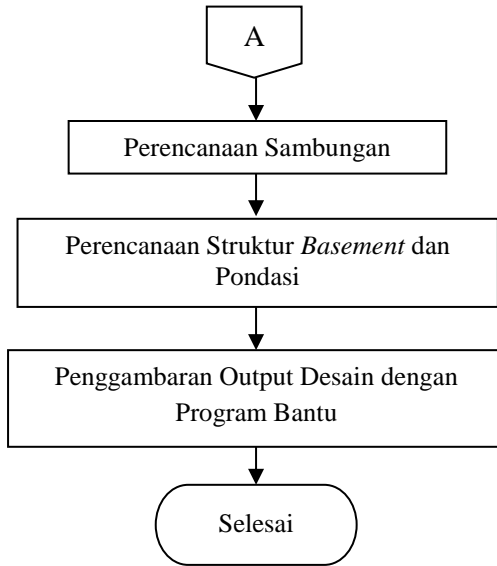
Gambar 2. 9 (a) Pondasi Sumuran;(b) Pondasi Tiang
 (Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, diperlukan adanya diagram alur yang berfungsi sebagai langkah pengerjaan yang dapat dilihat pada gambar berikut :





Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaann Tugas Akhir

3.2 Pengumpulan Data

1. Data bangunan sebelum dimodifikasi
 Nama Gedung : HK Office Tower
 Fungsi : Perkantoran
 Lokasi : Cawang, Jakarta Timur
 Jumlah Lantai : 16 lantai dan 3 basement
 Tinggi gedung : 68.9 m
 Material struktur : Beton Bertulang
2. Data Gambar
 Data gambar berupa gambar arsitektur
3. Data Tanah
 Data tanah berupa grafik SPT
4. Data bangunan setelah dimodifikasi
 Nama Gedung : HK Office Tower
 Fungsi : Perkantoran
 Lokasi : Surabaya

Jumlah Lantai : 32 lantai, 1 basement
Mutu Beton ($f'c$): 35 Mpa
Mutu Baja : BJ 41
Balok : WF
Kolom : Concrete Filled Steel Tube (CFT)

3.3 Studi Literatur

Dalam menunjang pengerjaan tugas akhir ini, maka dilakukan studi terhadap literatur yang berkaitan dengan perencanaan bangunan struktur baja komposit dengan menggunakan sistem *steel plate shear wall*. Adapun studi literatur dan peraturan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. SNI 1729-2015 tentang “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”
2. SNI 1726-2012 tentang “Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung”
3. SNI 1727-2013 tentang “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”
4. PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung)
5. *AISC Steel Guide Design 20 Steel Plate Shear Wall*

3.4 Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahap dimana merencanakan perkiraan dimensi awal dari elemen elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur, dan merencanakan profil yang akan digunakan. Pada tugas akhir ini, struktur baja akan direncanakan menggunakan kolom komposit *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) dengan dinding geser pelat baja dan struktur bawah menggunakan pondasi tiang pancang.

3.5 Analisa Pembebanan

Dalam melakukan perencanaan, dibutuhkan perhatian pada beban-beban yang terjadi pada bangunan tersebut, sehingga diperlukan suatu pendekatan yang mendekati keadaan

sesungguhnya. Berikut jenis beban yang terjadi pada struktur bangunan.

3.5.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1 beban mati adalah seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Untuk detail pembebanan beban mati akan digunakan peraturan PPIUG 1983.

Nama bahan bangunan dan komponen gedung	Berat sendiri
Bahan bangunan	
Baja	7850 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Komponen gedung	
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Aspal, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding setengah bata	250 kg/m ²
Plafond	11 kg/m ²
Penggantung langit – langit	7 kg/m ²
Penutup lantai tanpa adukan per cm tebal	24 g/m ²

Gambar 3. 2 Berat Sendiri Pada Struktur
(Sumber : PPIUG 1983)

3.5.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati. Besaran beban hidup untuk bangunan gedung dilihat pada table 4-1 SNI 1727-2013. Berikut pada tabel 3.1 merupakan besarnya beban hidup merata dan terpusat pada gedung perkantoran.

Tabel 3. 1 Besar Beban Hidup

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Gedung Perkantoran: Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4.79)	2000 (8.90)
Kantor	50 (2.40)	2000 (8.90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3.83)	2000 (8.90)

(Sumber: SNI 1726-2012)

3.5.3 Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.4.1, tekanan angin desain untuk SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan persamaan berikut:

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \left(\frac{lb}{ft^2}\right) \left(\frac{N}{m^2}\right) \quad (3.1)$$

Dimana:

- q_z = q_z untuk dinding disisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah.
- q_h = q_h untuk dinding disisi angin pergi, dinding samping, dan atap diukur pada ketinggian h.
- q_i = q_i untuk dinding disisi angin datang, dinding samping, dinding disisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian.
- q_i = q_z untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi

tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif, q_i , secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian h ($q_i=q_h$).

- G = faktor efek-tiupan angin, lihat SNI 1727:2013 Pasal 26.9.
- C_p = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.43.
- (GC_{pi}) = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.43.

q dan q_i harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Pasal 26.7.3. Tekanan harus ditetapkan secara bersamaan pada dinding disisi angin datang dan disisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3.

3.5.4 Beban Gempa

Beban Gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. Dalam perencanaan kategori desain seismik dapat dilihat pada SNI gempa 1726-2012. Perencanaan ini diperlukan untuk mengetahui batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, sehingga dapat diketahui jenis-jenis sistem struktur apa dan setinggi apa sebuah bangunan dapat dilakukan perencanaan lebih lanjut. Diketahui data-data sebagai berikut:

Nama Gedung : Hutama Karya Office Tower

Jenis Gedung : Gedung Perkantoran

Maka dilakukan perencanaan kategori seismik desain dengan langkah sebagai berikut :

1. Menentukan Kategori Resiko Bangunan (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2)

Kategori resiko bangunan dapat dilihat pada tabel 1 SNI 1726-2012 yang dapat dilihat pada tabel 3.2. Kategori resiko bangunan berkaitan dengan fungsi dan jenis gedung yang tercantum pada tabel. Berdasarkan data tersebut didapat kategori resiko bangunan Hutama Karya Office Tower adalah Kategori Resiko II.

Tabel 3. 2 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemakaian	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain: -Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan -Fasilitas sementara -Gudang penyimpanan -Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ Rumah susun - Pusat perbelanjaan/ Mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

Jenis Pemafaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Bioskop -Gedung pertemuan -Stadion -Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat -Fasilitas penitipan anak -Penjara -Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pusat pembangkit listrik biasa -Fasilitas penanganan air -Fasilitas penanganan limbah -Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Jenis Pemafaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

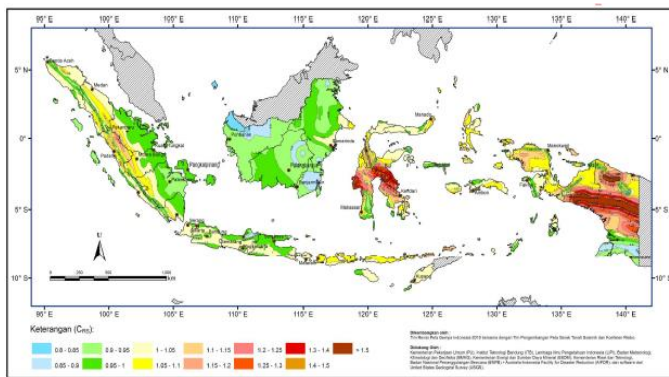
(Sumber: SNI 1726-2012)

2. Menentukan faktor keutamaan gempa (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2)

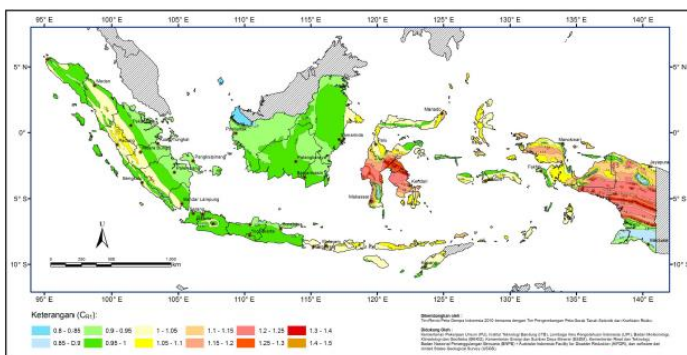
Tabel 3. 3 Faktor keutamaan gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

3. Menentukan Parameter Percepatan Tanah



Gambar 3. 3 Koefisien risiko terpetakan, periode respon spektral 0.2 detik



Gambar 3. 4 Koefisien risiko terpetakan, periode respon spektral 1 detik

Berdasarkan gambar 3.3 dan 3.4 untuk Kota Surabaya didapatkan nilai sebagai berikut:

S_s : 0.6 – 0.7, Diambil nilai S_s : 0.7

S_1 : 0.25 – 0.3, Diambil nilai S_1 : 0.3

4. Menentukan Jenis Tanah (SNI 1726:2012 Pasal 5.3)

Jenis tanah dikelompokkan menjadi 6 bagian, dengan pembagiannya berdasarkan besaran percepatan rambat gelombang geser rata-rata (V_s), nilai hasil tes penetrasi standar rata-rata (N) dan kuat geser nilai rata-rata. Pembagian kelas situs dapat dilihat di tabel 3.4

Tabel 3. 4 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500 m/s	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500 m/s	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750 m/s	>50	≥ 100 kN/m ²
SD (tanah sedang)	175 sampai 350 m/s	15-50	50 sampai 100 kN/m ²
SE (tanah lunak)	< 175 m/s	< 15	<50 kN/m ²
	Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : Indeks plastisitas, $PI > 20$ Kadar air, $w \geq 40\%$ Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :		

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs	Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tnaa tersementasi lemah Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		
	Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$ Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

(Sumber: SNI 1726-2012)

5. **Menentukan koefisien situs (SNI 1726:2012 Pasal 6.2)**
Setelah jenis tanah ditentukan, dengan nilai S_s dan S_1 yang diperoleh dilangkah awal maka F_a dan F_v akan diperoleh melalui tabel 3.3 dan tabel 3.4 berikut:

Tabel 3. 5 Koefisien situs F_a

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^B				

(Sumber: SNI 1729-2012)

Tabel 3. 6 Koefisien situs Fv

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^B				

(Sumber: SNI 1729-2012)

Berdasarkan perhitungan sebelumnya pada nomor 1, telah diketahui nilai S_s sebesar 0,7 dan S_1 sebesar 0,3. Sehingga dapat dilakukan penentuan F_a dan F_v sesuai dengan tabel 3.4 dan 3.5. Jika nilai tidak terdapat pada tabel dilakukan perhitungan linear terhadap nilai yang ada. Sehingga didapatkan nilai sebagai berikut:

F_a : Interpolasi antara 1.4 – 1.2, didapat nilai F_a : 1,27

F_v : Didapat nilai F_v : 1,8

6. Menghitung SMS dan SM1 (SNI 1726:2012 Pasal 6.2)

Sms dan Sm1 (parameter spektrum respon percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini

$$SMS = F_a \cdot S_s$$

$$SM1 = F_v \cdot S_1$$

Berdasarkan data perhitungan sebelumnya pada nomor 5. Dilakukan perhitungan dengan rumus 3.2 dan 3.3 sehingga koefisiennya menjadi :

$$SMS = 1,27 \cdot 0,7 = 0,889$$

$$SM1 = 1,8 \cdot 0,3 = 0,54$$

7. Menghitung parameter percepatan desain (SNI 1726:2012 Pasal 6.3)

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan periode 1 detik SD1 harus ditentukan melalui persamaan berikut:

$$SDS = 2/3 SMS$$

$$SD1 = 2/3 SM1$$

Berdasarkan perhitungan sebelumnya pada nomor 6. Dilakukan perhitungan menggunakan rumus 3.4 dan 3.5 sehingga koefisiennya menjadi :

$$SDS = 2/3 \cdot 0.889 = 0,593$$

$$SD1 = 2/3 \cdot 0,54 = 0,36$$

8. Menentukan kategori desain seismic (SNI 1726 :2012 Pasal 6.5)

Tahap selanjutnya adalah menentukan kategori desain seismic SDS dan SD1 berdasarkan kategori pada tabel 3.6 dan tabel 3.7 berikut:

Tabel 3. 7 Kategori resiko SDS

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	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 3. 8 Kategori resiko SD1

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	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

Berdasarkan perhitungan sebelumnya. Dilakukan penentuan kategori desain seismik berdasarkan tabel 3.6 dan 3.7. sehingga diketahui data sebagai berikut :

Sds : 0,593 , (nilai $0,50 \leq Sds$)

Sd1 : 0,36 . (nilai $0,2 \leq Sd1$)

Maka kategori desain seismiknya adalah D

9. Menentukan faktor koefisien modifikasi respons (R), factor pembesaran defleksi (Cd) dan factor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726:2012 Pasal 7.2.2)

Tabel 3. 9 Faktor R , Cd , dan Ω untuk system penahan gaya gempa

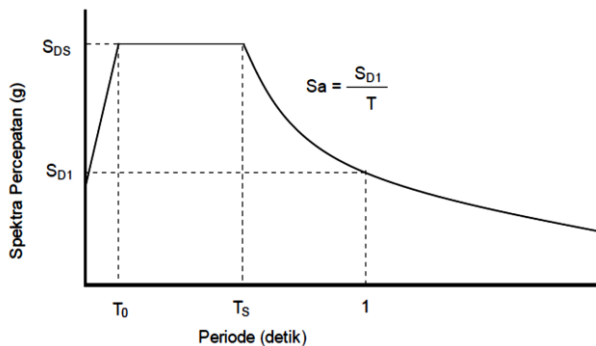
Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respons Modifikasi, R	Faktor Kuat Lebih, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, Cd	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
Dinding geser pelat baja dan beton komposit	$7^{1/2}$	$2^{1/2}$	6	T B	T B	T B	T B	T B

Sistem Rangka Pemikul Momen									
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 ^{1/2}	T B	T B	T B	T B	T B	T B

Melalui penentuan kategori desain seismik sebelumnya didapat nilai koefisien respon modifikasi (R) sebesar 7^{1/2} untuk struktur baja dan 8 pada bagian struktur beton bertulang.

10. Menentukam spectrum respon desain (SNI 1726:2012 Pasal 6.4)

Analisis modal respons spektrum dilakukan menggambar grafik respons spektrum rencana ke dalam program analisis struktur. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respons spectrum.



Gambar 3. 5 Grafik respons spectrum

Pada periode $T < T_0$, respons spektra percepatan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.6)$$

Pada periode $T_0 < T < T_s$, respons spektra percepatan:

$$S_a = S_{DS} \quad (3.7)$$

Pada periode $T > T_s$, respons spektra percepatan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.8)$$

Dengan:

$$T_0 = \frac{0,2S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.9)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.10)$$

11. Melakukan analisis static ekivalen (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2)

- Menentukan periode fundamental pendekatan, T_a (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1)

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.11)$$

Keterangan :

C_t , dan x = koefisien parameter waktu getar perkiraan

h_n = tinggi struktur

Tabel 3. 10 Nilai parameter perioda Pendekatan C_t dan x

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

- Menentukan batas periode struktur

$$T_a \leq T \leq C_u T_a \quad (3.12)$$

Keterangan :

T_a = periode fundamental perkiraan

C_u = koefisien untuk batas atas periode hasil perhitungan
(Tabel 3.10)

Tabel 3. 11 Koefisien untuk batas atasa pada perioda yang dihitung

Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1s, 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

- Menghitung koefisien respon seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.13)$$

Keterangan :

S_{DS} adalah percepatan spektrum respon desain dalam periode pendek

R adalah faktor modifikasi respon dalam tabel 3.8

I_e adalah faktor keutamaan hunian sesuai tabel 3.3

- Menghitung gaya dasar seismik

$$V = C_s W \quad (3.14)$$

Dimana:

C_s adalah koefisien respons seismik

W adalah berat seismik menurut pasal 7.7.2 (SNI-1726-2012)

3.5.5 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013, dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

1. 1,4 D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r atau S atau R)
3. 1,2D + 1,6 (L_r atau S atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r atau S atau R)
5. 1,2D + 1,0W + L + 0,2S
6. 0,9D + 1,0W
7. 0,9D + 1,0E

3.5.6 Beban Tanah

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.2.1, dalam perancangan struktur di bawah tanah, harus diperhatikan tekanan lateral tanah di sampingnya. Bila tidak ada beban tanah dalam laporan penyelidikan tanah yang disetujui oleh pihak yang berwenang. Besarnya tegangan tanah horizontal secara umum adalah sebagai berikut:

- Tegangan tanah horizontal aktif:

$$\sigma' = \gamma' h K_a + 2c' \sqrt{K_a} \quad (3.15)$$

$$K_a = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta'}{2} \right) \quad (3.16)$$

- Tegangan tanah horizontal pasif

$$\sigma' = \gamma' h K_a + 2c' \sqrt{K_a} \quad (3.17)$$

$$K_a = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta'}{2} \right) \quad (3.18)$$

Maka, besar tekanan tanah lateral dapat dihitung dengan menghitung luasan diagram tegangan tanah.

3.6 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan Tangga
 Direncanakan dan dikontrol sesuai SNI 1729:2015 sesuai dengan pasal F-1

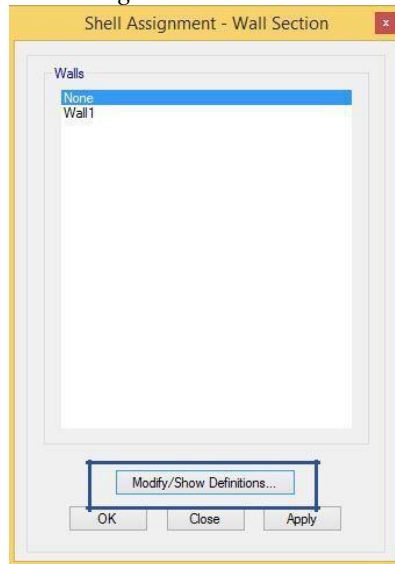
$$\phi Mn \geq Mu \quad (3.19)$$

$$\phi Vn \geq Vu \quad (3.20)$$
 Dimana:
 Mn = Momen nominal balok
 Mu = Momen ultimate yang terjadi
 ϕ = faktor reduksi = 0,9 (DFBK)
2. Perencanaan Pelat Lantai
 Direncanakan menggunakan pelat bondek sehingga pelat lantai di desain menjadi pelat 1 arah
3. Perencanaan Balok Penggantung Lift
 Direncanakan dan dikontrol sesuai dengan persamaan 3.19 dan 3.20
4. Perencanaan Balok Anak
 Direncanakan dan dikontrol sesuai dengan persamaan 3.19 dan 3.20

3.7 Permodelan Struktur

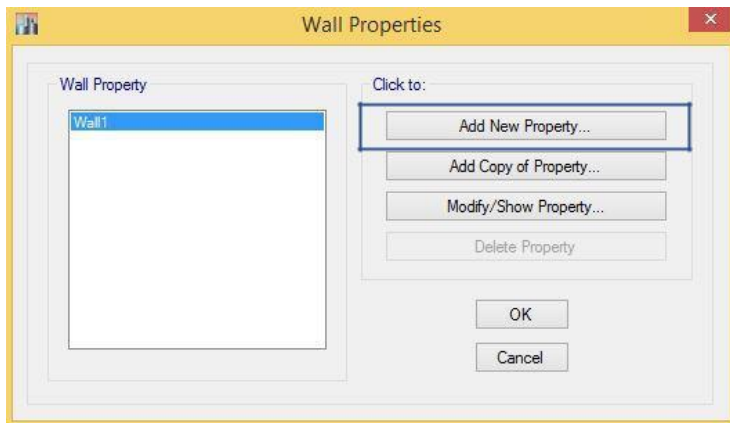
Melakukan permodelan struktur menggunakan program bantu SAP2000 dengan permodelan struktur ruang 3 dimensi, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. *Klik Assign – Shell – Wall Section*



Gambar 3. 6 Kotak Dialog *Shell*

2. *Klik Modify / Show Definitions, dan klik Add New Property*



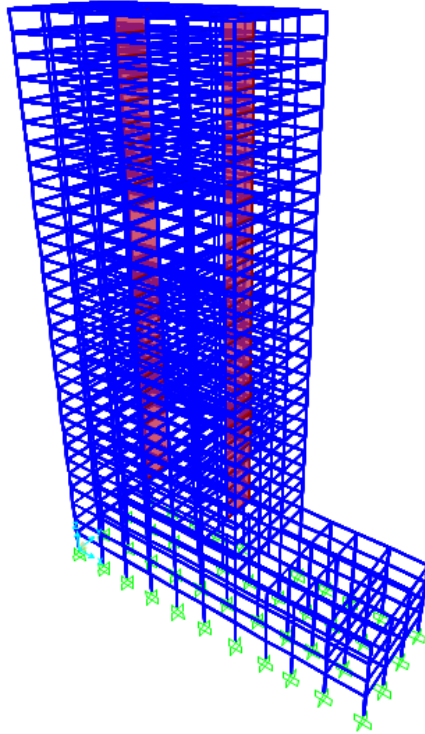
Gambar 3. 7 Kotak Dialog *Wall Properties*

3. Pada Kotak Dialog *Add New Property* , isi data sebagai berikut :

Gambar 3. 8 Kotak Dialog *Wall Property*

- Pemberian nama “SPSW” pada *property name*
 - *Wall material* diisi sesuai dengan mutu baja yang akan digunakan
 - Pada *Modeling Type*, SPSW diasumsikan sebagai shell-thin
 - Untuk *thickness*, diisi sesuai dengan perencanaan.
 - Klik OK
4. Setelah itu, dinding geser perlu dibagi menjadi pias-pias kecil sejumlah tertentu agar analisis dapat dilakukan. Sehingga perlu digunakan fasilitas Mesh agar dapat membagi elemen dinding geser pelat baja menjadi beberapa pias.

5. Permodelan yang sudah dilakukan pada program bantu dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Permodelan Struktur

3.8 Perencanaan Struktur Primer

Perencanaan struktur primer dilakukan bersamaan dengan melakukan control desain dari hasil permodelan dan analisa struktur. Struktur primer meliputi struktur kolom dan balok serta adanya penambahan dinding geser plat baja yang merupakan bentuk sistem ganda.

3.8.1 Balok

Balok direncanakan menggunakan profil WF dengan ketentuan penampang sebagai berikut:

Untuk Sayap (*flange*) :

- Penampang kompak ($\lambda \leq \lambda_p$):

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.21)$$

- Penampang non kompak ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$):

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.22)$$

Untuk Badan (*web*) :

- Penampang kompak ($\lambda \leq \lambda_p$) :

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.23)$$

- Penampang non kompak ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$):

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.24)$$

Dimana :

bf = Lebar sayap

tf = Tebal sayap

h = Tinggi profil

tw = Tebal pelat badan

fy = Kuat leleh profil baja

fr = Tegangan tekan residual pada plat sayap

a. Kuat nominal lentur penampang

Balok yang menerima beban lentur M_u harus dikontrol agar tidak melebihi dari kekuatan nominal yang dimiliki balok itu sendiri dengan menggunakan persamaan 3.20.

- **Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal**

Kelangsingan penampang kompak, tak kompak, dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan balok pada struktur baja tahan gempa, kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

- **Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral**

Tahanan komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang yang berdekatan, L . Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

b. Kuat geser

Plat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser terfaktor perlu (V_n) harus memenuhi dengan menggunakan persamaan 3.23. Kekuatan geser nominal dari plat badan yang tak diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah:

$$V_n = 0.6f_y A_w C_v \quad (3.25)$$

Dengan ketentuan nilai C_v diambil sebagai berikut :

a. Bila $\frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Maka, $C_v = 1.0$

b. Bila $1.10 \sqrt{k_v E / f_y} < h / t_w \leq 1.37 \sqrt{k_v E / f_y}$

Maka,

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v E / f_y}}{h / t_w} \quad (3.26)$$

c. Bila $h / t_w > 1.37 \sqrt{k_v E / f_y}$

Maka,

$$C_v = \frac{1.51 k_v E}{\left(\frac{h}{t_w} \right)^2 f_y} \quad (3.27)$$

Koefisien tekuk geser plat badan, k_v untuk badan tanpa pengaku transversal ditentukan sebagai berikut:

$$\frac{h}{t_w} < 260 \quad (3.28)$$

Maka nilai $k_v = 5.0$

Keterangan :

A_w = Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut

t_w = Ketebalan badan

3.8.2 Kolom

Dalam perencanaan kolom, digunakan kolom komposit jenis *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) yang menerima gaya kombinasi normal dan lentur.

a. Kriteria Untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.29)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{f_y / 3E} \quad (3.30)$$

b. Kuat nominal tekan kolom komposit CFT

Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sebagai berikut :

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebelan profil baja sama di semua sisi.

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.31)$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.32)$$

$$\lambda_r = 3.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tidak kompak)} \quad (3.33)$$

$$5.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.34)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi

- Untuk Penampang Kompak

$$P_{no} = P_p$$

Dengan

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

- Untuk Penampang Non Kompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.37)$$

Dengan

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2$$

- Untuk Penampang Langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0.7 f_c' \left(A_c + A_r \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.39)$$

Penampang Terisi Beton

$$f_{cr} = \frac{9E_s}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (3.40)$$

c. Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde pertama yang diperlukan, M_r , dan ketentuan aksial P_r , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.41)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.42)$$

Keterangan :

B_1 = Pengali untuk menghilangkan efek P- δ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

B_2 = Pengali untuk menghilangkan efek P- δ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur

M_{1t} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

M_{nt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

- M_r = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK
- P_{lt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
- P_{nt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
- P_r = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

- Pengali B1 untuk efek P- δ

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.43)$$

Dengan,

α = 1 (DFBK)

C_m = Koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan dengan formula:

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.44)$$

Dengan M_1 dan M_2 dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung bagian komponen.

P_{e1} = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.45)$$

Keterangan :

EI = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ($0,8\tau cEI$) bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan τc adalah seperti ditetapkan pada bab C SNI 03-

1729-2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama

- E = Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa
- I = Momen inersia bidang lentur, mm⁴
- L = Panjang komponen struktur, mm
- K1 = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur.

- Pengali B2 untuk efek P- δ

$$B_2 = \frac{1}{\alpha P_{story} \left(1 - \frac{P_{e_story}}{P_{e_story}} \right)} \quad (3.46)$$

Dengan,

α = 1 (DFBK)

P_{story} = beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral.

P_{e_story} = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk sidesway, atau dengan rumusan:

$$P_{e_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.47)$$

Dengan,

$$R_M = 1 - 0.15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) \quad (3.48)$$

Dimana:

- L = Tinggi tingkat, mm
- P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen

ΔH = Simpangan tingkat dalam orde pertama
 H = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung ΔH , N

d. Momen nominal

Momen nominal pada kolom diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y dengan menggunakan persamaan 3.22. Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja di semua sisi:

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.49)$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.50)$$

$$\lambda_r = 1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.51)$$

Untuk Komponen Struktur Berpenampang kotak/persegi

- Untuk Penampang Kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.52)$$

- Untuk Penampang Nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left(3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (3.53)$$

- Untuk Penampang Langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.54)$$

Dimana,

S_e = Modulus penampang efektif yang ditentukan dengan lebar efektif b_e , dari sayap yang diambil sebesar:

$$b_e = 1.92t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{0.38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.55)$$

- Kontrol Kombinasi Aksial dan Lentur
Perhitungan interaksi kekuatan aksial dan lentur diperhitungkan berdasarkan SNI 1729-2015 pasal I2 atau pasal H1.1

- Bila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$, maka

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.56)$$

- Bila $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$, maka

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.57)$$

Dimana :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

$P_c = \phi_c P_n$ = Kekuatan aksial desain, N

$M_c = \phi_b M_n$ = Kekuatan lentur desain, Nmm

3.8.3 Dinding geser plat baja (*Steel plate shear wall*)

Kontrol dinding geser plat baja yang dipasang dengan ketebalan tertentu.

a. Syarat Panel

$$0.8 < \frac{L}{h} < 2.5 \quad (3.58)$$

b. Kontrol sudut kemiringan tarik pelat
 $30^\circ < \alpha < 55^\circ$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2A_c}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \quad (3.59)$$

Keterangan :

- t = ketebalan pelat
 A_c = luas penampang kolom
 I_c = momen inersia kolom
 h_s = tinggi tiap lantai
 A_b = luas penampang balok

Momen inersia kolom harus memenuhi persamaan berikut:

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \quad (3.60)$$

c. Kekuatan geser nominal pelat

$$V_n = 0.42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \quad (3.61)$$

Dimana :

- t_w = ketebalan pelat, mm
 L_{cf} = jarak bersih antar kolom, mm

3.9 Perencanaan Sambungan

Melakukan perencanaan sambungan dengan memperhatikan jenis alat sambung yang digunakan dan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku

yang timbul nantinya tidak menimbulkan pengaruh-pengaruh yang buruk bagi bagian struktur yang lain.

3.9.1 Baut

a. Kekuatan Baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_n harus memenuhi

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.62)$$

Keterangan :

ϕ = Faktor tahanan

R_n = Tahanan nominal baut

- Baut dalam geser

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_u A_b \quad (3.63)$$

- Baut yang memikul gaya Tarik

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0.75 f_u^b A_b \quad (3.64)$$

- Baut pada sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan Tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{nA_b} \leq r_1 \phi_f f_u^b m \quad (3.65)$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_t A_b \geq \frac{T_u}{n} \quad (3.66)$$

$$f_t \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2 \quad (3.67)$$

- Tahanan tumpu

$$R_d = \phi_f R_n = 2.4 \phi_f d_b t_p f_u \quad (3.68)$$

Keterangan

r_1 = 0.5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

r_1 = 0.4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

ϕ_f = Faktor tahanan untuk fraktur

fub	= Kuat tarik baut
Ab	= Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir
n	= Jumlah baut
m	= Jumlah bidang geser
db	= Diameter baut nominal pada daerah tak berulir
tp	= Tebal plat
fu	= Kuat tarik terendah baut atau plat

b. Letak baut

- Spasi minimum
Jarak antara pusat-pusat standar, ukuran-ukuran atau lubang-lubang slot tidak boleh kurang dari $2\frac{2}{3}$ kali diameter nominal, d , dari sarana penyambung tersebut; jarak minimum yang umum digunakan adalah $3d$.
- Spasi minimum dan jarak tepi
Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh lebih dari 12 kali tebal plat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150mm. Spasi longitudinal sarana penyambung antara elemen-elemen yang terdiri dari suatu plat dan suatu profil atau dua plat pada kontak menerus harus sebagai berikut:
 - Untuk komponen struktur dicat atau komponen struktur tak dicat yang tidak menahan korosi, spasi tersebut tidak boleh melebihi 24 kali ketebalan bagian tertipis atau 305 mm
 - Untuk komponen struktur tak dicat dari baja yang berhubungan dengan cuaca yang menahan korosi atmosferic, spasi tidak boleh melebihi 14 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 180mm.

3.9.2 Sambungan Las

Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J2.4, kekuatan desain, ϕR_n harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser dan kekuatan logam las yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan berikut ini:

- Untuk Logam dasar

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (3.69)$$

- Untuk Logam las

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.70)$$

Dimana:

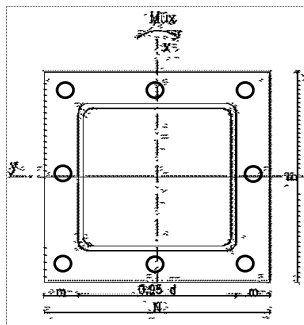
F_{nBM} = tegangan nominal dari logam dasar, ksi (MPa)

F_{nw} = tegangan nominal dari logam las, ksi (MPa)

A_{BM} = luas penampang logam dasar, in². (mm²)

A_{we} = luas efektif las, in² (mm²)

3.10 Base Plate



Gambar 3. 10 Base plate

$$e = \frac{M_{ux}}{P_u} \quad (3.71)$$

Akibat beban Pu

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B.N} \quad (3.72)$$

Akibat beban Mux

$$f_{pb} = \frac{6M_{ux}}{B.N^2} \quad (3.73)$$

Tekanan Maksimal

$$f_p(\max) = f_{pb} + f_{pa} \quad (3.74)$$

Menentukan Mupl

$$m = \frac{(N - 0.95D)}{2} \quad (3.75)$$

$$M_{upl} = (f_p(\max) - 2f_{pb} \frac{m}{n})x(\frac{m^2}{2}) + (2f_{pb} \frac{m}{n})(\frac{m^2}{3}) \quad (3.76)$$

Menentukan tebal *base plate*

$$t = \sqrt{\frac{4M_{upl}}{\phi f_y}} \quad (3.77)$$

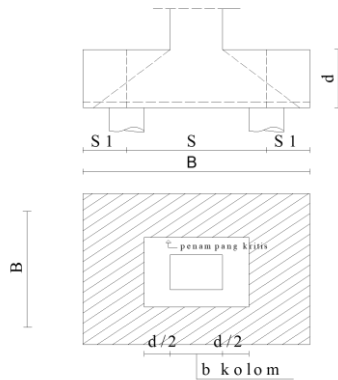
3.11 Perencanaan Bangunan Bawah

3.11.1 Perencanaan Poer

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons, dimana nilai Vc diambil dari persamaan :

$$V_c = (1 + \frac{2}{\beta.c})x\frac{1}{6}x\sqrt{f'c}x b_o x d \quad (3.78)$$

$$V_c = \frac{1}{3}x\sqrt{f'c}x b_o x d \quad (3.79)$$



Gambar 3. 11 Penampang Kritis Pada Pondasi

Dimana :

βc = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_o = keliling dari penampang kritis
 $= 4 \cdot (0,5 \cdot d + b \text{ kolom} + 0,5 \cdot d)$

Untuk memenuhi syarat akan kebutuhan tebal poer dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\phi V_c > V_u \quad (3.80)$$

dimana :

ϕ = 0,75

V_c = Kuat geser pons beton

V_u = Gaya geser akibat kolom

3.11.1.1 Penulangan poer

Momen poer yang ditentukan berdasarkan pada Pasal 15.4, SNI 2847:2013 akan digunakan pada perhitungan penulangan poer yang disesuaikan dengan Pasal 10, SNI 2847:2013. Rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (3.81)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \quad (3.82)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} \quad (3.83)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (3.84)$$

$$A_s = \rho_{pakai} \times b \times d \quad (3.85)$$

3.11.2 Tiang Pancang

3.11.2.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Berikut ini adalah rumus umum daya dukung tiang tunggal:

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (3.86)$$

Dimana :

- Q_{ult} = Kapasitas ultimit tiang pancang (N)
- Q_e = Kapasitas ujung tiang pancang (N)
- Q_f = Kapasitas gesekan tiang pancang (N)
- W = Berat tiang pancang (N)

Untuk perhitungan daya dukung tiang berdasarkan penyajian data tanah SPT dapat dihitung dengan cara berikut :

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.87)$$

Dimana :

- Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi
- Q_P = *Resistance ultimate* di dasar pondasi
- Q_S = *Resistance ultimate* akibat lekatan lateral

$$Q_P = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.88)$$

Dimana :

N_p = Harga rata-rata SPT disekitar 4B atas hingga 4B bawah dasar tiang pondasi

K = Koefisien karakteristik tanah:

- 12 t/m² untuk lempung
- 20 t/m² untuk lanau berlempung
- 25 t/m² untuk lanau berpasir
- 40 t/m² untuk pasir

A_p = Luas penampang dasar tiang

q_p = Tegangan diujung tiang

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \quad (3.89)$$

Dimana :

Q_s = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m²

N_s = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$

A_s = luas selimut tiang yang terbenam

3.11.2.1 Perencanaan daya dukung tiang pancang kelompok

Untuk kasus daya dukung group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut dengan koefisien efisiensi (C_e)

$$QL (group) = QL (1 tiang) \times n \times C_e \quad (3.90)$$

Dimana :

n = jumlah tiang dalam grup

C_e = koefisien efisiensi

$QL (group)$ = daya dukung tiang pancang kelompok

$QL (1 tiang)$ = daya dukung 1 tiang pancang

Untuk menghitung koefisien efisiensi C_e , digunakan cara *Converse – Labarre* :

$$C_e = 1 - \frac{\text{arc tan} \left(\frac{\phi}{s} \right)}{90^0} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \quad (3.91)$$

Dimana :

- \emptyset = diameter tiang pondasi
- S = jarak as ke as antar tiang dalam group
- m = jumlah baris tiang dalam group
- n = jumlah kolom tiang dalam group
- C_e = 0,9 – 1,0 (untuk jarak antar tiang pancang $\geq 3 \emptyset$)

Bila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2} \quad (3.92)$$

Dimana :

- P_v = Beban vertical ekivalen
- V = Beban vertical dari kolom
- n = Banyaknya tiang dalam group
- M_x = Momen terhadap sumbu x
- M_y = Momen terhadap sumbu y
- x_{\max} = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
- y_{\max} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
- $\sum x^2$ = Jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group
- $\sum y^2$ = Jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

3.11.3 Perencanaan *Basement*

Dinding pada *basement* harus dirancang agar kokoh dan kuat terhadap tekanan tanah dan air. *Dinding pada basement* akan direncanakan sebagai *retaining wall*. Struktur *basement* direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan persyaratan sebagai berikut:

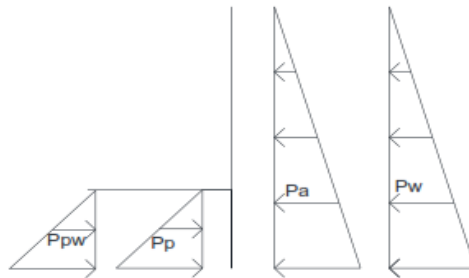
- Penulangan Dinding *Basement*
Penulangan dinding *basement* dihitung sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013.
- Kontrol ketebalan Dinding *Basement*
Ketebalan dinding *basement* dikontrol sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013.
- Penulangan Pelat Lantai *Basement*
- Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai *basement* dihitung sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013

3.11.3.1 Perhitungan Struktur dinding *basement*

- Analisa terhadap stabilitas global
Berdasarkan metode fellenius untuk kasus ini lingkaran gelincir dibagi menjadi beberapa segmen dan lereng tersebut merupakan lereng jangka panjang maka digunakan rumus untuk faktor keamanan, yaitu:

$$Fk = \frac{\sum \text{momen penahan}}{\sum \text{momen guling}} > 1 \quad (3.93)$$

- Analisa terhadap stabilitas lokal



Gambar 3. 12 Tekanan aktif pasif tanah

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma h^2 Ka - 2cH \sqrt{Ka} \quad (3.94)$$

$$Pp = \frac{1}{2} \gamma h^2 Kp - 2cH \sqrt{Kp} \quad (3.95)$$

$$Pw = \frac{1}{2} \gamma_w h^2 \quad (3.96)$$

$$Fk = \frac{\sum \text{momen penahan}}{\sum \text{momen guling}} > 3 \quad (3.97)$$

3.12 Penggambaran

Hasil dari perhitungan dituangkan dalam bentuk gambar teknik dengan bantuan program Autocad. (gambar rencana modifikasi gedung terdapat di lampiran)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Desain

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk Basement

Tinggi minimum balok induk direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2. Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung. Untuk f_y selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan $(0.4 f_y/700)$. Direncanakan menggunakan tulangan $f_y=420$ MPa, sehingga dimensi balok induk direncanakan:

- Balok Induk Melintang (BBI 1)

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{9000}{16} = 562.5 \approx 600mm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 600 = 400mm$$

Direncanakan dimensi balok induk melintang (BBI) sebesar 40/60 cm.

- Balok Induk Memanjang (BBI 2)

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{8200}{16} = 512.5 \approx 600mm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 600 = 400mm$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang (BBI 2) sebesar 40/60 cm.

- Balok Induk Memanjang (BBI 3)

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{6700}{16} = 418.75 \approx 600mm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 600 = 400mm$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang (BBI 3) sebesar 40/60 cm.

- Balok Induk Memanjang (BBI 4)

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{9300}{16} = 581.25 \approx 600mm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 600 = 400mm$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang (BBI 4) Sebesar 40/60 cm.

4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak Basement

Tinggi minimum balok induk direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2. Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung. Untuk f_y selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan (0.4 $f_y/700$). Direncanakan menggunakan tulangan $f_y=420$ MPa, sehingga dimensi balok induk direncanakan:

- Balok Anak Melintang (BBA 1)

$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{9000}{21} = 428.57 \approx 450mm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 450 = 300mm$$

Direncanakan dimensi balok anak melintang (BBA 1) sebesar 30/45 cm.

- Balok Anak Memanjang (BBA 2)

$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{8200}{21} = 390.47 \approx 400mm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 400 = 266.66 \approx 300mm$$

Direncanakan dimensi balok anak memanjang (BBA 2) sebesar 30/40 cm.

- Balok Anak Memanjang (BBA 3)

$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{6700}{21} = 319.04 \approx 400mm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 400 = 266.66 \approx 300mm$$

Direncanakan dimensi balok anak memanjang (BBA 3) sebesar 30/40 cm.

- Balok Anak Memanjang (BBA 4)

$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{9300}{21} = 442.85 \approx 450mm$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 450 = 300mm$$

Direncanakan dimensi balok anak memanjang (BBA 4) sebesar 30/45 cm.

4.1.3 Perencanaan Dimensi Pelat Beton Basement

Direncanakan tebal pelat 12 cm dan ukuran balok 40/60 cm.

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} x b x t^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} x b x h^3$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} x 930 x 12^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} x 40 x 60^3$$

$$I_{balok} = 133920 \text{ cm}^4$$

$$I_{balok} = 720000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{720000}{133920} = 5.37 > 2$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5.

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{L_n (0,8 + f_y / 1400)}{36 + 9\beta} \\ &= \frac{465 (0,8 + 420 / 1400)}{36 + 9 \left(\frac{465}{450} \right)} \\ &= 11.29 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal pelat yang direncanakan 12 cm sudah memenuhi syarat jadi digunakan tebal pelat 12 cm.

4.1.4 Perencanaan Dimensi Kolom Basement

Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Pembebanan pada kolom berdasarkan PPIUG 1983 untuk beban mati dan beban hidup yang diberikan di tiap lantainya

sebagai perencanaan pembebanan kolom. Pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 merupakan perencanaan beban hidup dan beban mati pada gedung Utama Karya *Office Tower*.

1. Beban Mati

Tabel 4. 1 Beban Mati Keseluruhan Bangunan

Jenis	b (m)	l (m)	r (m)	h	n	Total	Pengali	Berat (kg)
Aspal	9	8.75	0	x	1	78.75	14	1102.5
plafon+penggantung	9	8.75	0	x	31	2441.25	18	43942.5
MEP	9	8.75	0	x	31	2441.25	25	61031.25
spesi	9	8.75	0	x	31	2441.25	21	51266.25
Keramik	9	8.75	0	x	31	2441.25	24	58590
bondek	9	8.75	0	0.09	31	219.7125	10.1	2219.096
balok memanjang WF 700.300.15.28	9	8.75	0	x	31	2441.25	215	524868.8
Balok melintang WF 500.300.11.18	9	8.75	0	x	31	2441.25	125	305156.3
Kolom beton (CFT)	0	0	0.5	5	31	304.4643	2400	730714.3
Kolom Baja (CFT)		0.0126		5	31	1.953	7850	15331.05
Beton basement	9	8.75	0	0.12	1	9.45	2400	22680
Balok Basemen memanjang	9	8.75	0	0.24	1	18.9	2400	45360
Balok Basemen melintang	9	8.75	0	0.24	1	18.9	2400	45360
Total								1794222

2. Beban Hidup

Tabel 4. 2 Beban Hidup Keseluruhan Bangunan

Jenis	b (m)	h (m)		l	n	Total	Pengali	Berat (kg)
Atap	9	8.75		x	1	78.75	97.893	7709.074
Lantai	9	8.75		x	31	2441.25	195.785	477960.1
Total								485669.2

3. Beban berfaktor

$$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \times 1378329 + 1,6 \times 485669,2 = 2431064,94 \text{ kg}$$

4. Dimensi kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka factor reduksi ($\phi = 0.65$).

$$A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{2431064,94}{0,65 \times 35 \times 9,81} = 10904,08 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{10904,08} = 104,4 \text{ cm} \approx 110 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi kolom basement menggunakan 110/110 cm.

4.1.5 Perencanaan Dimensi *Shearwall Basement*

Bedasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm.

$$T \geq H/25 = 5000/25 = 200 \text{ mm}$$

$$T \geq L/25 = 9000/25 = 360 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Direncanakan tebal dinding geser sebesar 400 mm

4.2 Struktur Sekunder

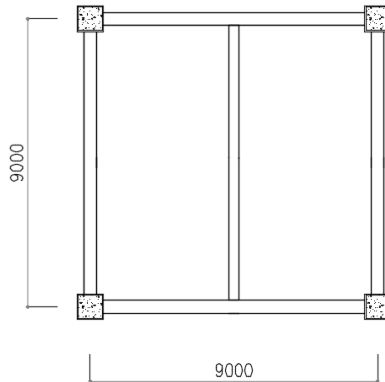
4.2.1 Perencanaan Pelat

Pelat pada gedung ini direncanakan menggunakan dek baja gelombang dari Super floor Deck dengan data sebagai berikut:

- Tebal = 0,75 mm
- Berat = 10,1 kg/m²
- Mutu baja tulangan U-50 ($f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

4.2.1.1 Perencanaan Pelat Atap

Denah pelat atap dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 Perencanaan Pelat Atap

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013 untuk beban hidup dan PPIUG 1983 untuk beban mati.

1. Beban Mati

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| ○ Berat aspal 2 cm (2x14) | = 28 kg/m ² |
| ○ Berat plafon + penggantung (11+7) | = 18 kg/m ² |
| ○ Berat MEP | = 25 kg/m ² + |
| Total (q _D) | = 71 kg/m ² |

2. Beban Hidup

- | | |
|-----------------------------------------|----------------------------|
| ○ Lantai atap (0,96 kN/m ²) | = 97,893 kg/m ² |
| Total (q _L) | = 97,893 kg/m ² |

3. Beban Berguna

$$\begin{aligned}
 q_u &= q_D + q_L \\
 &= 71 + 97,893 \\
 &= 168,893 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

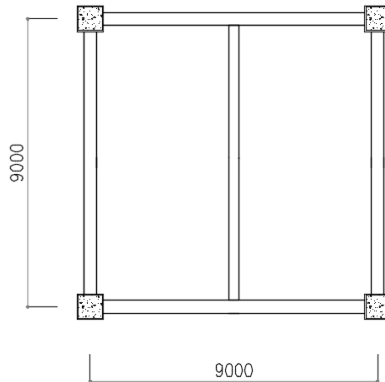
4. Data-data perencanaan pelat bondek

- | | |
|-----------------|-------------------------|
| ○ Bentang | = 2,5 m |
| ○ Beban berguna | = 200 kg/m ² |

- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat = 9 cm dan tulangan negatif ($A_s \text{ min}$) = $1,71 \text{ cm}^2/\text{m}$. Digunakan wiremesh PT. Union Metal dengan mutu U-50
5. Menentukan tulangan negatif
- Menentukan wiremesh pakai
Dari Tabel Wiremesh produksi PT. Union Metal didapatkan menggunakan M7-200 mm ($A_s = 1,92 \text{ cm}^2/\text{m}$).
Sehingga, dipasang tulangan negatif M7-200 mm.

4.2.1.2 Perencanaan Pelat Lantai

Denah pelat atap dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 Perencanaan Pelat Lantai

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013 untuk beban hidup dan PPIUG 1983 untuk beban mati.

1. Beban Mati

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| ○ Berat spesi 1 cm | = 21 kg/m^2 |
| ○ Berat keramik | = 24 kg/m^2 |
| ○ Berat plafon + penggantung (11+7) | = 18 kg/m^2 |
| ○ Berat MEP | = $25 \text{ kg/m}^2 +$ |
| Total (q_D) | = 88 kg/m^2 |

2. Beban Hidup

- Lantai perkantoran ($2,40 \text{ kN/m}^2$) $= 244.73 \text{ kg/m}^2$
- Total (q_L) $= 244.73 \text{ kg/m}^2$

3. Beban Berguna

- $q_U = q_D + q_L$
 $= 88 + 244.73$
 $= 332.73 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

4. Data-data perencanaan pelat bondek

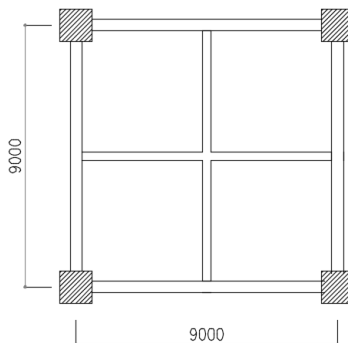
- Bentang $= 2,5 \text{ m}$
- Beban berguna $= 400 \text{ kg/m}^2$
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat $= 9 \text{ cm}$ dan tulangan negatif ($A_s \text{ min}$) $= 2,48 \text{ cm}^2/\text{m}$. Digunakan wiremesh PT. Union Metal dengan mutu U-50

5. Menentukan tulangan negatif

- Menentukan wiremesh pakai
 Dari Tabel Wiremesh produksi PT. Union Metal didapatkan menggunakan M9-250 mm ($A_s = 2.54 \text{ cm}^2/\text{m}$).
 Sehingga, dipasang tulangan negatif M9-250 mm.

4.2.1.3 Perencanaan Pelat Beton

Denah pelat beton dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Perencanaan Pelat Beton Lantai 1

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013 untuk beban hidup dan PPIUG 1983 untuk beban mati.

1. Beban Mati

○ Berat beton (0.12x2400)	= 288 kg/m ²
○ Berat spesi 1 cm	= 21 kg/m ²
○ Berat keramik	= 24 kg/m ²
○ Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m ²
○ Berat MEP	= 25 kg/m ² +
Total	= 376 kg/m ²

2. Beban Hidup

○ Lantai (4.79 kN/ m ²)	= 488.44 kg/ m ²
Total (q _L)	= 488.44 kg/m ²

3. Beban Berfaktor

$$q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(376) + 1,6(488.44) = 1232.71 \text{ kg/m}^2$$

4. Perencanaan penulangan pelat beton:

$$\text{Tebal pelat} = 120 \text{ mm} \qquad \text{Diameter tulangan} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$L_x = 465 \text{ cm}$$

$$L_y = 450 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{450}{465} = 0.967 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

$$\text{Mutu beton} = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu tulangan} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{420} \times \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.033$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.033 = 0.025$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033 \quad \text{atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25x\sqrt{35}}{420} = 0.00352 \text{ maka pakai } \rho$$

$$\rho_{\min} = 0.00352$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 14.117$$

dx=tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah

$$dx=120-40-(0,5 \times 13)= 73.5 \text{ mm}$$

dy=tebal pelat - selimut beton – diameter tulangan bawah -0,5 diameter tulangan atas

$$dy=120-40-13-(0,5 \times 13)= 62 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \circ M_{lx} &= 0.001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 1232.71 \cdot 4,65^2 \cdot 28 \\ &= 746,319 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \circ M_{tx} &= -0.001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 1232.71 \cdot 4,65^2 \cdot 64 \\ &= -1705,87 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \circ M_{ly} &= 0.001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 1232.71 \cdot 4,5^2 \cdot 20 \\ &= 499,247 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \circ M_{ty} &= -0.001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 1232.71 \cdot 4,5^2 \cdot 56 \\ &= -1397,89 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{17058741}{0.9 \times 1000 \times 73,5^2} = 3.5$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{fy}} \right) = \frac{1}{14.11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.11 \times 3.5}{420}} \right)$$

$$\rho = 0.008915$$

$$\rho_{pakai} = 0.008195$$

$$AS_{perlu} = \rho_{pakai} \times b \times d = 0,008192 \times 1000 \times 73,5 = 655,23 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{AS_{perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{655,23} = 202,57 \text{ mm}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan lentur D13-200

Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{13978937}{0.9 \times 1000 \times 62^2} = 4,04$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{14,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,11 \times 4,04}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,010381$$

$$\rho_{pakai} = 0,01038$$

$$AS_{perlu} = \rho_{pakai} \times b \times d = 0,01038 \times 1000 \times 62 = 643,63 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{AS_{perlu}} = \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{643,63} = 206,22 \text{ mm}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan lentur D13-200

Tabel 4. 3 Hasil Penulangan Pelat

Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
Pelat 1	Lx = 450 cm	Ø13-200 mm	Ø13-200 mm
	Ly = 450 cm		
Pelat 2	Lx = 465 cm	Ø13-150 mm	Ø13-200 mm
	Ly = 450 cm		
Pelat 3	Lx = 500 cm	Ø13-400 mm	Ø13-200 mm
	Ly = 450 cm		
Pelat 4	Lx = 335 cm	Ø13-250 mm	Ø13-200 mm
	Ly = 450 cm		
Pelat 5	Lx = 410 cm	Ø13-200 mm	Ø13-200 mm
	Ly = 450 cm		
Pelat 6	Lx = 400 cm	Ø13-200 mm	Ø13-200 mm
	Ly = 450 cm		

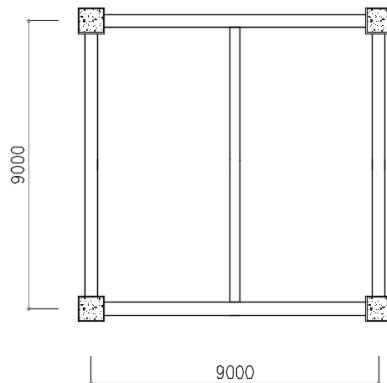
Pelat 7	$L_x = 420 \text{ cm}$		
	$L_y = 450 \text{ cm}$		

4.2.2 Perencanaan Balok Anak

Balok anak direncanakan sebagai struktur sekunder, sehingga didalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh beban gempa.

4.2.2.1 Perencanaan Balok Anak Atap

Balok anak atap direncanakan dengan panjang 9 m. Balok anak atap yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4. 4 Perencanaan Balok Anak Atap

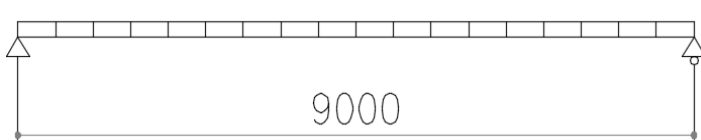
Balok anak yang terletak pada atap direncanakan menggunakan profil WF 500x200x9x14, dengan data sebagai berikut:

$W = 79,5 \text{ kg/m}$	$r = 20 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 101,3 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1836 \text{ cm}^3$	$= 428 \text{ mm}$
$d = 496 \text{ mm}$	$Z_y = 287 \text{ cm}^3$	$S_x = 1690 \text{ cm}^3$
$b_f = 199 \text{ mm}$	$i_x = 20,3 \text{ cm}$	$S_y = 185 \text{ cm}^3$
$t_w = 9 \text{ mm}$	$i_y = 4,27 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 14 \text{ mm}$	$I_x = 41900 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 1840 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

1. Perhitungan Pembebanan

Peraturan pembebanan pada struktur balok anak lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013.

- **Beban Mati**
 - Berat pelat bondek $= 10,1 \text{ kg/m}^2$
 - Berat beton (0.09x2400) $= 216 \text{ kg/m}^2$
 - Berat aspal 2 cm (2x14) $= 28 \text{ kg/m}^2$
 - Berat plafon + penggantung (11+7) $= 18 \text{ kg/m}^2$
 - Berat MEP $= 25 \text{ kg/m}^2 +$
 - Total $= 297,1 \text{ kg/m}^2$
- **Berat perhitungan pelat lantai**
 - Total x lebar pelat $= 297,1 \times 4,5 = 1336,95 \text{ kg/m}$
 - Berat profil $= 79,5 \text{ kg/m} +$
 - $= 1416,45 \text{ kg/m}$
 - Sambungan (10%) $= 141,64 \text{ kg/m} +$
 - Total (q_D) $= 1558,09 \text{ kg/m}$
- **Beban Hidup**
 - Lantai atap (97,893x4,5) $= 440,51 \text{ kg/m}$
 - Total (q_L) $= 440,51 \text{ kg/m}$
- **Beban Berfaktor**
 - $q_U = 1,2q_D + 1,6q_L$
 - $= 1,2(1558,09) + 1,6(440,51) = 2574,54 \text{ kg/m}$

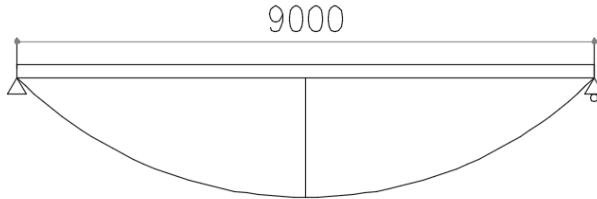


Gambar 4. 5 Pembebanan Balok Anak Atap

2. Gaya dalam pada balok anak atap

- Momen yang terjadi

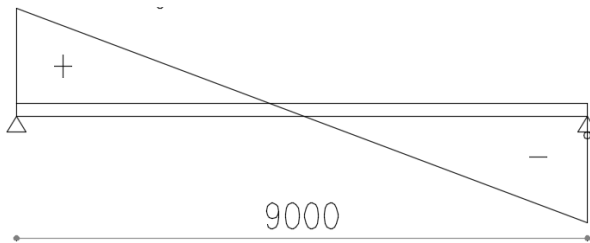
$$Mu = \frac{1}{8} x q_U x L^2 = \frac{1}{8} x 2574,54 x 9^2 = 26067,23 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 6 Gaya Momen Balok Anak Atap

- Gaya geser yang terjadi

$$Vu = \frac{1}{2} x q_U x L = \frac{1}{2} x 2574,54 x 9 = 11585,43 \text{ kg}$$



Gambar 4. 7 Gaya Geser Balok Anak Atap

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{199}{28} = 7,1$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{9} = 47,55$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 1836 \times 2500 = 4590000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2606723,61 \leq 0,9 \times 4590000$$

$$2606723,61 \text{ kgcm} \leq 4131000 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar *shear connector* pada brosur perencanaan bondek yaitu 40 cm.

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

$$L_p = 212,56 \text{ cm}$$

$$L_r = 611,37 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang pendek)

$$M_n = M_p = Z_x F_y = 1836 \times 2500 = 4590000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2606723,61 \leq 0,9 \times 4590000$$

$$2606723,61 \text{ kgcm} \leq 4131000 \text{ kgcm (OK)}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{9} = 47,55$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 38,52 \times 1$$

$$= 57780 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 V_n$$

$$6646,2 \text{ kg} \leq 57780 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 900 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5 \text{ cm}$$

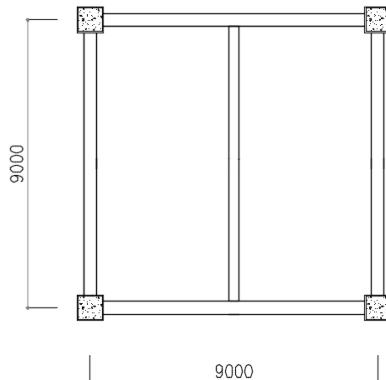
$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E.I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{19,98 \times 900^4}{2000000 \times 41900} = 2 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 2 < 2,5 \text{ (OK)}$$

4.2.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai

Balok anak atap direncanakan dengan panjang 9 m. Balok anak atap yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Perencanaan Balok Anak Lantai

Balok anak yang terletak pada atap direncanakan menggunakan profil WF 600x200x13x23, dengan data sebagai berikut:

$W = 134 \text{ kg/m}$	$r = 22 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 107,7 \text{ cm}^2$	$Z_x = 3778 \text{ cm}^3$	$= 522 \text{ mm}$
$d = 612 \text{ mm}$	$Z_y = 493 \text{ cm}^3$	$S_x = 3380 \text{ cm}^3$
$b_f = 202 \text{ mm}$	$i_x = 24,6 \text{ cm}$	$S_y = 314 \text{ cm}^3$
$t_w = 13 \text{ mm}$	$i_y = 4,31 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 23 \text{ mm}$	$I_x = 103000 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 3180 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

1. Perhitungan Pembebanan

Peraturan pembebanan pada struktur balok anak lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013.

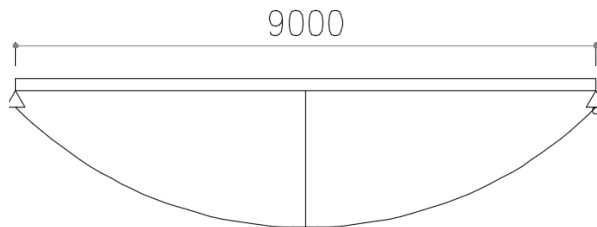
- **Beban Mati**
 - Berat pelat bondek $= 10,1 \text{ kg/m}^2$
 - Berat beton (0.09x2400) $= 216 \text{ kg/m}^2$
 - Keramik $= 24 \text{ kg/m}^2$
 - Berat Spesi 1cm $= 21 \text{ kg/m}^2$
 - Berat plafon + penggantung (11+7) $= 18 \text{ kg/m}^2$
 - Berat MEP $= 25 \text{ kg/m}^2 +$
 - Total $= 314,1 \text{ kg/m}^2$
- **Berat perhitungan pelat lantai**
 - Total x lebar pelat = 314,1x4,5 $= 1413,45 \text{ kg/m}$
 - Berat profil $= 134 \text{ kg/m} +$
 - $= 1547,4 \text{ kg/m}$
 - Sambungan (10%) $= 154,74 \text{ kg/m} +$
 - Total (q_D) $= 1702,19 \text{ kg/m}$
- **Beban Hidup**
 - Lantai atap (244,73x4,5) $= 1101,29 \text{ kg/m}$
 - Total (q_L) $= 1101,29 \text{ kg/m}$
- **Beban Berfaktor**
 - $q_U = 1,2q_D + 1,6q_L$

$$= 1,2(1702,19) + 1,6(1101,29) = 3804,7 \text{ kg/m}$$

2. Gaya dalam pada balok anak atap

- Momen yang terjadi

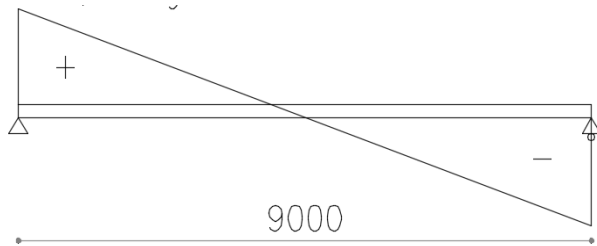
$$Mu = \frac{1}{8} x q_U x L^2 = \frac{1}{8} x 3804,7 x 9^2 = 38522,62 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 9 Gaya Momen Balok Anak Atap

- Gaya geser yang terjadi

$$Vu = \frac{1}{2} x q_U x L = \frac{1}{2} x 3804,7 x 9 = 17121,16 \text{ kg}$$



Gambar 4. 10 Gaya Geser Balok Anak Atap

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{202}{46} = 4,3$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{522}{13} = 40,15$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 3778 \times 2500 = 9445000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2219741,78 \leq 0,9 \times 9445000$$

$$2219741,78 \text{ kgcm} \leq 8500500 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar *shear connector* pada brosur perencanaan bondek yaitu 40 cm.

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

$$L_p = 212,56 \text{ cm}$$

$$L_r = 611,37 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang pendek)

$$M_n = M_p = Z_x F_y = 1836 \times 2500 = 4590000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2146902,534 \leq 0,9 \times 4590000$$

$$2146902,534 \text{ kgcm} \leq 4131000 \text{ kgcm (OK)}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{9} = 47,55$$

$$2,24\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24\sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24\sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 38,52 \times 1 \\ &= 57780 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1V_n$$

$$9541,78 \text{ kg} \leq 42390 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 900 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{28,03 \times 900^4}{2000000 \times 103000} = 1,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 1,6 < 2,5 \text{ (OK)}$$

4.2.3 Perencanaan Balok Lift

Balok *lift* yang direncanakan merupakan balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* dan beban yang terjadi pada *lift* yang terdiri dari balok penggantung dan balok penumpu *lift*.

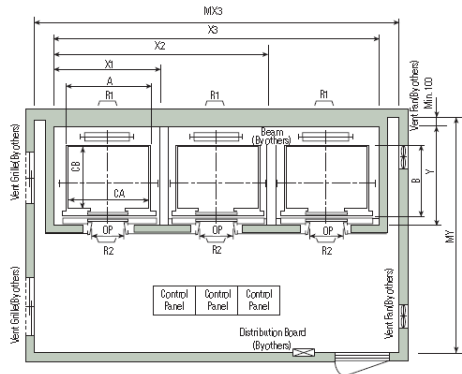
4.2.3.1 Spesifikasi lift

Lift yang digunakan dalam perencanaan ini adalah *lift* yang diproduksi oleh sigma elevator company dengan data sebagai berikut:

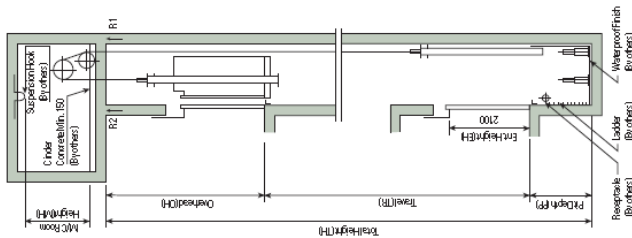
Tipe lift = Geared Elevators

Merek = Hyundai

- Kapasitas = 20 orang (1600 kg)
- Lebar pintu = 1100 mm
- Car size = 2000x1500 mm²
- Hostway size = 7850x2180 mm²
- Beban reaksi ruang mesin =
- R1 = 7800 kg
- R2 = 6000 kg



Gambar 4. 11 Spesifikasi Lift



Gambar 4. 12 Potongan Lift

4.2.3.1 Perencanaan balok penggantung lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 450x200x9x14, dengan data – data sebagai berikut:

- | | | |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| W = 76 kg/m | r = 18 mm | h = d-2(t _f +r) |
| A = 96,76 cm ² | Z _x = 1621 cm ³ | = 386 mm |
| d = 450 mm | Z _y = 289 cm ³ | S _x = 1490 cm ³ |
| b _f = 200 mm | i _x = 18,6 cm | S _y = 187 cm ³ |

$$\begin{array}{lll}
 t_w = 9 \text{ mm} & i_y = 4,4 \text{ cm} & f_y = 250 \text{ Mpa} \\
 t_f = 14 \text{ mm} & I_x = 33500 \text{ cm}^4 & f_u = 410 \text{ Mpa} \\
 & I_y = 1870 \text{ cm}^4 & E = 200000 \text{ Mpa}
 \end{array}$$

1. Perhitungan pembebanan

- Beban merata

- Beban mati

Berat profil balok penggantung *lift* = 76 kg/m

Berat sambungan (10%) = 7,6 kg/m

Total (q_D) = 83,6 kg/m

- Beban berfaktor

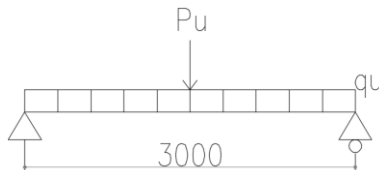
$$q_U = 1,4q_D = 1,4 \times 83,6 = 117,04 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$$P_{U1} = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 7800 (1+0.5) = 11700 \text{ kg}$$

$$P_{U2} = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 6000 (1+0.5) = 9000 \text{ kg}$$



Gambar 4. 13 Pembebanan Balok Penggantung *Lift*

2. Gaya dalam pada balok penggantung

- Momen yang terjadi

Melalui program bantu SAP didapat $M_u = 30634,06 \text{ kgm}$

- Gaya geser yang terjadi

Melalui program bantu SAP didapat $V_u = 10460,66 \text{ kgm}$

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{28} = 7,1$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,88$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 1621 \times 2500 = 4052500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$3063406 \leq 0,9 \times 4052500$$

$$3063406 \text{ kgcm} \leq 3647250 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 300 \text{ cm}$$

$$L_p = 319,03 \text{ cm}$$

$$L_r = 1076,136 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \text{ (Bentang Pendek)}$$

$$M_n = M_p = Z_x F_y = 1621 \times 2500 = 4052500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$3063406 \leq 0,9 \times 4052500$$

$$3063406 \text{ kgcm} \leq 3647250 \text{ kgcm (OK)}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,88$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 34,74 \times 1 \\ &= 52110 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1V_n$$

$$10460,66 \text{ kg} \leq 52110 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300}{360} = 0,83 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left(\frac{5}{384} x \frac{(q_D + q_L) x L^4}{E.I_x} \right) + \left(\frac{1}{48} x \frac{P x L^3}{E.I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} x \frac{0,836 x 300^4}{2000000 x 33500} \right) + \left(\frac{1}{48} x \frac{12750 x 300^3}{2000000 x 33500} \right) = 0,11 \text{ cm} \\ f^0 &< f_{ijin} \rightarrow 0,11 < 0,83 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

4.2.4 Perencanaan Balok Penumpu Lift

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil WF 450x200x8x12, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 66,2 \text{ kg/m}$	$r = 18 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 84,3 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1393 \text{ cm}^3$	$= 386 \text{ mm}$
$d = 446 \text{ mm}$	$Z_y = 244 \text{ cm}^3$	$S_x = 1290 \text{ cm}^3$
$b_f = 199 \text{ mm}$	$i_x = 18,5 \text{ cm}$	$S_y = 159 \text{ cm}^3$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$i_y = 4,33 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 12 \text{ mm}$	$I_x = 28700 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 1580 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

1. Perhitungan pembebanan

- Beban mati

Berat profil balok penumpu <i>lift</i>	= 66,2 kg/m
Berat sambungan (10%)	= 6,62 kg/m+
Total (q_D)	= 72,82 kg/m

○ Beban terpusat

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$$PU_1 = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 7800 (1+0.5) = 11700 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 6000 (1+0.5) = 9000 \text{ kg}$$

2. Gaya dalam pada balok penumpu

Melalui program bantu SAP 2000 didapatkan hasil sebagai berikut:

$$V_U \text{ max} = 4539,28 \text{ kg}$$

$$M_U \text{ max} = 12696,8 \text{ kgm}$$

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

• Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{199}{24} = 8,29$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

• Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{8} = 48,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 1393 \times 2500 = 3482500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$12696,8 \leq 0,9 \times 34825$$

$$12696,8 \text{ kgm} \leq 31342,5 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan panjang antar *shear connector* pada brosur perencanaan bondek yaitu 40 cm.

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

$$L_p = 215,54 \text{ cm}$$

$$L_r = 607,87 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \text{ (Bentang pendek)}$$

$$M_u = M_p = Z_x F_y = 1393 \times 2500 = 3482500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$12696,8 \leq 0,9 \times 34825$$

$$12696,8 \text{ kgm} \leq 31342,5 \text{ kgm (OK)}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kekuatan Geser Nominal (V_n) untuk badan yang tidak diperkaku atau diperkaku menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Nilai C_v dihitung dengan $K_v = 5$ untuk badan tanpa pengaku transversal dan $\frac{h_w}{t_w} < 260$, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{8} = 48,25$$

$$\lambda_p = 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 30,88 \times 1 \\ &= 46320 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 \times 46320$$

$$4539,28 \text{ kg} \leq 46320 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

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

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1,11 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left(\frac{5}{384} x \frac{(q_D + q_L) x L^4}{E.Ix} \right) + \left(\frac{1}{48} x \frac{PxL^3}{E.Ix} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} x \frac{0,728 x 400^4}{2000000 x 28700} \right) + \left(\frac{1}{48} x \frac{16310,78 x 400^3}{2000000 x 28700} \right) = 0,38 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,38 < 1,11 \text{ (OK)}$$

4.2.5 Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga menggunakan konstruksi dari baja.

4.2.5.1 Tangga lantai perkantoran

- Tinggi antar lantai (h) = 5000 mm
- Panjang bordes = 2000 mm
- Panjang tangga = 3000 mm
- Lebar tangga = 1400 mm
- Lebar injakan (i) = 250 mm
- Tinggi injakan (t) = 200 mm
- Perhitungan jumlah injakan tangga

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{h/2}{t} = \frac{5000/2}{200} = 12,5 \approx 13$$

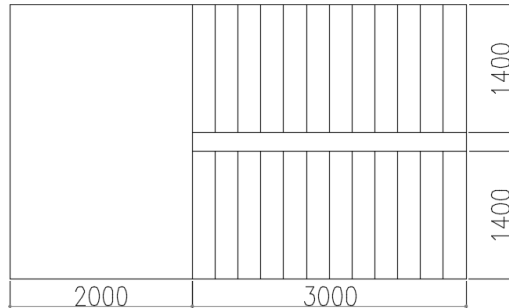
$$\text{Jumlah injakan} = \text{jumlah tanjakan} - 1 = 13 - 1 = 12$$

- $60 \text{ cm} \leq (2(20) + 25) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq 65 \leq 65 \text{ cm (OK)}$
- $25^\circ < a < 40^\circ$

$$25^{\circ} < \arctan\left(\frac{\frac{h}{2}}{\text{panjang tangga}}\right) < 40^{\circ}$$

$$25^{\circ} < \arctan\left(\frac{\frac{5000}{2}}{3000}\right) < 40^{\circ}$$

$$25^{\circ} < 39,8^{\circ} < 40^{\circ} \text{ (OK)}$$

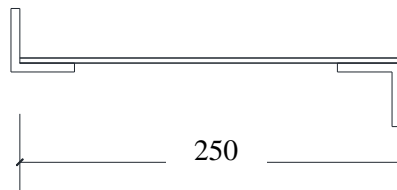


Gambar 4. 14 Sketsa Denah Tangga

4.2.5.2 Perencanaan pelat anak tangga

Berat jenis baja = 7850 kg/m^3

Mutu baja BJ 41 $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$



Gambar 4. 15 Pelat Anak Tangga

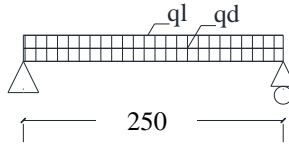
1. Perencanaan tebal pelat anak tangga

Direncanakan, anak tangga menggunakan pelat baja tebal 4 mm. Peraturan pembebanan pada struktur pelat anak tangga ini menggunakan SNI 1727-2013.

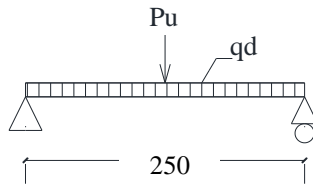
- Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,004 \times 1,4 \times 7850 = 43,96 \text{ kg/m}^2$$

Sambungan = (10% Berat Pelat)	= $4,396 \text{ kg/m}^2$ +
Total (q_D) =	= $48,356 \text{ kg/m}^2$
• Beban hidup	
Tangga dan jalan keluar	= $488,44 \text{ kg/m}^2$
Beban hidup per meter = $488,44 \times 1,4$	= $683,82 \text{ kg/m}$
Beban hidup terpusat, $P = 1,33 \text{ kN}$	= $135,6 \text{ kg}$



Gambar 4. 16 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4. 17 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 48,35 \times 0,25^2 = 0,377 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 683,82 \times 0,25^2 = 5,342 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,25 = 8,475 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan :

$$M_D = 0,377 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = 8,475 \text{ kg.m}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_{LP} = 1,2 \times 0,377 + 1,6 \times 8,475 = 14,2 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 140 \times 0,4^2 = 5,6 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x F_y = 5,6 \times 2500 = 14000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$14,2 \text{ kgm} \leq 0,9(140)$$

$$14,2 \text{ kgcm} \leq 126 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{25}{240} = 0,104 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 140 \times 0,4^3 = 0,74 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[\frac{1}{48} \times \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \right] =$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(0,544) \cdot 25^4}{2000000 \cdot 0,74} \right] + \left[\frac{1}{48} \times \frac{135,62 \cdot 25^3}{2000000 \cdot 0,74} \right] =$$

$$f^0 = 0,055 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,055 < 0,125 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Perencanaan pengaku pelat anak tangga

Pengaku pelat anak tangga direncanakan dengan profil siku sama kaki L 60x60x8, dengan data sebagai berikut:

$$W = 7,09 \text{ kg/m}$$

$$r = 8 \text{ mm}$$

$$e = 1,77 \text{ cm}$$

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$A = 9,03 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$I_x = I_y = 29,1 \text{ cm}^4$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$i_x = i_y = 1,8 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

- Perhitungan pembebanan

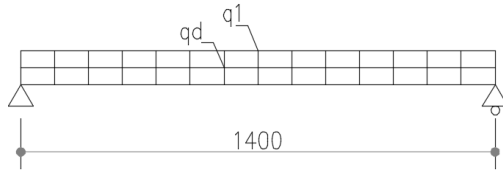
- Beban mati (1/2 lebar injakan):

$$\text{Berat pelat} = 0,004 \times 0,125 \times 7850 = 3,92 \text{ kg/m}$$

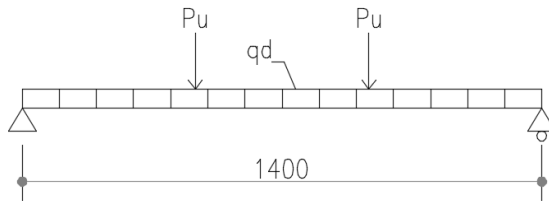
$$\text{Berat profil siku sendiri} = \underline{7,09 \text{ kg/m} +}$$

$$= 11 \text{ kg/m}$$

Berat sambungan (10%)	= 1,1 kg/m
Total	$q_D = 12,11 \text{ kg/m}$
○ Beban hidup (1/2 lebar injakan):	
Tangga dan jalan keluar (488,444x0.125)	= 61,055 kg/m
Beban terpusat (SNI 1727:2013 4.5.4)	= 135,62 kg



Gambar 4. 18 Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4. 19 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 12,11 \times 1,4^2 = 2,96 \text{ kgm}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 61,05 \times 1,4^2 = 14,95 \text{ kgm}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{3} \times P \times L = \frac{1}{3} \times 135,6 \times 1,4 = 63,2 \text{ kgm (Menentukan)}$$

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 12,11 \times 1,4 = 8,47 \text{ kg}$$

$$V_L = P = 135,62 \text{ kg}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan

$$M_U = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2(2,96) + 1,6(63,2) = 104,67 \text{ kgm}$$

$$V_U = 1,2V_D + 1,6V_L = 1,2(8,47) + 1,6(135,62) = 227,156 \text{ kg}$$

- Kontrol kuat momen lentur

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{60}{8} = 7,5$$

$$\lambda p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,273$$

$\lambda < \lambda p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$Z_x = (b - e) \times d \times \frac{b - e}{2} + e \times d \times \frac{e}{2} + (b - d) \times d \times \left(e - \frac{d}{2} \right)$$

$$Z_x = 7157 + 1253,16 + 5699,2$$

$$Z_x = 14109,52 \text{ mm}^3 = 14,109 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x F_y = 14,109 \times 2500 = 35273,8 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$10467 \leq 0,9(35273,8)$$

$$10467 \text{ kgcm} \leq 31746 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

Untuk profil siku tunggal, nilai $K_v = 1,2$ (SNI 1729:2015 Pasal G4)

$$b - d/8 \leq 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$60 - 8/8 \leq 1,1 \sqrt{1,2 \times 200000 / 250}$$

$$6,5 \leq 34,082$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 4,8 \times 1 = 7200 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 0,9 V_n$$

$$227,156 \leq 0,9(7200)$$

$$227,156 \text{ kg} \leq 6480 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 140 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{140}{240} = 0,583 \text{ cm}$$

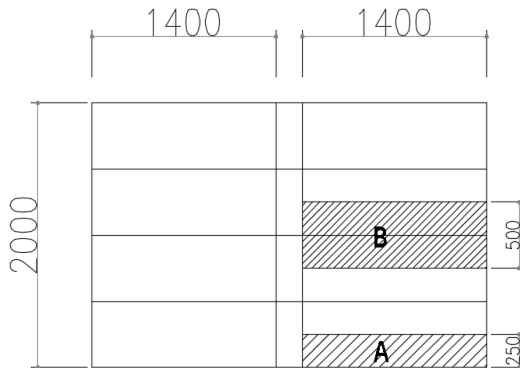
$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[\frac{6}{684} \times \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \right] =$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(0,129) \cdot 140^4}{2000000 \cdot 29,1} \right] + \left[\frac{1}{48} \times \frac{135,62 \cdot 140^3}{2000000 \cdot 29,1} \right] =$$

$$f^0 = 0,26 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,26 < 0,583 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

4.2.5.3 Perencanaan bordes



Gambar 4. 20 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes

1. Perencanaan tebal pelat bordes

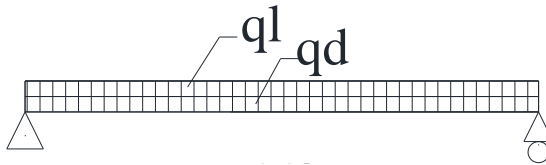
Direncanakan, anak tangga menggunakan pelat baja tebal 6 mm. Peraturan pembebanan pada struktur pelat anak tangga ini menggunakan SNI 1727-2013

- Beban mati

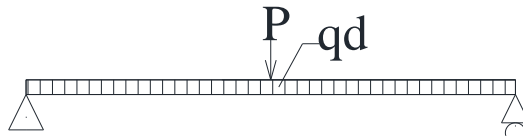
$$\text{Berat pelat} = 0,006 \times 1,4 \times 7850$$

$$= 65,94 \text{ kg/m}^2$$

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Sambungan = (10% Berat Pelat) | = 6,594 kg/m ² + |
| Total (q _D) = | = 72,534 kg/m ² |
| • Beban hidup | |
| Tangga dan jalan keluar | = 488,44 kg/m ² |
| Beban hidup per meter = 488,44 × 1,4 | = 683,82 kg/m |
| Beban hidup terpusat, P = 1,33 kN | = 135,6 kg |



Gambar 4. 21 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4. 22 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 72,53 \times 0,5^2 = 2,267 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 683,82 \times 0,5^2 = 21,37 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,5 = 16,95 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan

$$M_D = 2,267 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 21,37 \text{ kg.m}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2 \times 2,267 + 1,6 \times 21,37 = 36,91 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 140 \times 0,6^2 = 12,6 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x F_y = 12,6 \times 2500 = 31500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$36,91 \text{ kgm} \leq 0,9(315)$$

$$36,91 \text{ kgm} \leq 283,5 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{50}{240} = 0,208 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 140 \times 0,6^3 = 2,52 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D + ql) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(7,563) \cdot 50^4}{2000000 \cdot 2,52} \right]$$

$$f^0 = 0,122 \text{ cm}$$

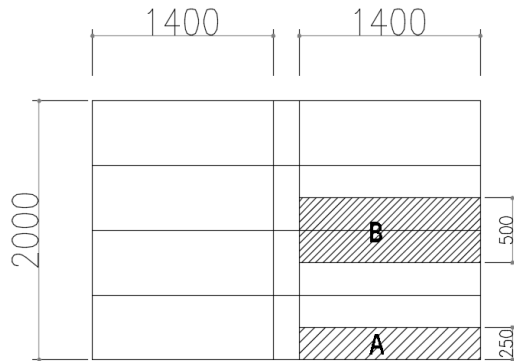
$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,122 < 0,208 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Perencanaan balok bordes

Balok bordes direncanakan menggunakan profil WF

100x50x5x7, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 9.3 \text{ kg/m}$	$r = 8 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 11.85 \text{ cm}^2$	$Z_x = 42 \text{ cm}^3$	$= 76 \text{ mm}$
$d = 100 \text{ mm}$	$Z_y = 9 \text{ cm}^3$	$S_x = 37.5 \text{ cm}^3$
$b_f = 50 \text{ mm}$	$i_x = 3.98 \text{ cm}$	$S_y = 5.91 \text{ cm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$	$i_y = 1.12 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 7 \text{ mm}$	$I_x = 187 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 14.8 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$



Gambar 4. 23 Balok Bordes Tangga

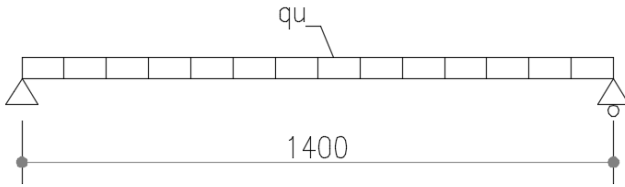
- Perhitungan pembebanan
 - Beban Mati (A)

Berat pelat = 0.006×7850	$= 47,1 \text{ kg/m}^2$
Pelat x lebar pelat = $47.1 \times 0.5\text{m}$	$= 23,55 \text{ kg/m}$
Berat profil	$= 9.3 \text{ kg/m} +$
	<u>$= 79,95 \text{ kg/m}$</u>
Sambungan (10%)	$= 7,995 \text{ kg/m} +$
Total (q_{DA})	<u>$= 87,94 \text{ kg/m}$</u>
 - Beban Mati (B)

Berat pelat = 0.006×7850	$= 47,1 \text{ kg/m}^2$
Pelat x lebar pelat = $47.1 \times 0.25\text{m}$	$= 11,77 \text{ kg/m}$
Berat profil	$= 9.3 \text{ kg/m} +$
	<u>$= 68,17 \text{ kg/m}$</u>
Sambungan (10%)	$= 6,817 \text{ kg/m} +$
Total (q_{DB})	<u>$= 74,99 \text{ kg/m}$</u>
 - Beban hidup

Tangga dan jalan keluar ($488,444 \times 0.5$)	$= 244,22 \text{ kg/m}$
--------------------------------------------------	-------------------------
 - Beban Berfaktor

$q_U = 1,2q_{DA} + 1,6q_L$	$= 1.2 \times 87,94 + 1.6 \times 244,22$
	$= 105,53 + 390,75 = 496,2 \text{ kg/m}$



Gambar 4. 24 Pembebanan Pada Balok Bordes

- Gaya dalam pada balok anak lantai
- Momen yang terjadi
- Gaya geser yang terjadi
- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Pelat sayap

$$Mu = \frac{1}{8} \times qu \times L^2 = \frac{1}{8} \times 496,2 \times 1,4^2 = 121,59 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} \times qu \times L = \frac{1}{2} \times 496,2 \times 1,4 = 347,4 \text{ kg}$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{14} = 3,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 42 \times 2500 = 105000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$12159,08 \leq 0,9 \times 105000$$

$$12159,08 \text{ kgcm} \leq 94500 \text{ kgcm (OK)}$$

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 42 \times 2500 = 105000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 \times 105000$$

$$10850,74 \leq 94500 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 140 \text{ cm}$$

$$L_p = 55.754 \text{ cm}$$

$$L_r = 286.927 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (Bentang Menengah)}$$

$$M_{maks} = 108,507 \text{ kgm}$$

$$M_A = 81,38 \text{ kgm}$$

$$M_B = 108,507 \text{ kgm}$$

$$M_C = 81,38 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$= \frac{12,5 \times 121,59}{2,5 \times 121,59 + 3 \times 91,19 + 4 \times 121,59 + 3 \times 91,19} = 1,136$$

$$= 1,13 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$= 103011,1 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 \times 103011,1$$

$$105000 \text{ kgcm} \leq 92709,98 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 3,5 \times 1 \\ &= 5250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 \times 5250$$

$$347,4 \leq 5250 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 140 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0,58 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left(\frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) x L^4}{E.I_x} \right) = \left(\frac{5}{384} \times \frac{3,321 \times 140^4}{2000000 \cdot 187} \right) = 0,044 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,044 \text{ cm} < 0,58 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

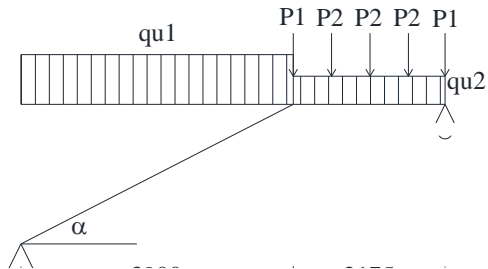
4.2.5.4 Perencanaan balok utama tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 300x150x6.5x9 dengan data-data sebagai berikut:

$W = 36.7 \text{ kg/m}$	$r = 13 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 46.78 \text{ cm}^2$	$Z_x = 522 \text{ cm}^3$	$= 256 \text{ mm}$
$d = 300 \text{ mm}$	$Z_y = 104 \text{ cm}^3$	$S_x = 481 \text{ cm}^3$
$b_f = 150 \text{ mm}$	$i_x = 12.4 \text{ cm}$	$S_y = 67.7 \text{ cm}^3$
$t_w = 6.5 \text{ mm}$	$i_y = 3.29 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 9 \text{ mm}$	$I_x = 7210 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 508 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

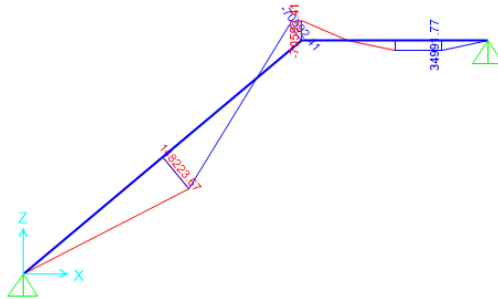
- Perhitungan pembebanan
 - Bidang miring
 - Beban mati

Berat pelat bondek (0,004x7850x1,4)	= 43,96 kg/m
<i>Hand rail</i>	= 20 kg/m
Berat profil siku (2x7,09/0.25x1,4)	= 19,85 kg/m
Berat profil balok utama	= 36,67 kg/m +
	= 120,51 kg/m
Sambungan (10%)	= 12,051 kg/m+
Total (q _{D1})	= 132,56 kg/m
- Beban hidup (q _{L1})	
Tangga dan jalan keluar (488,444x 1,4)	= 683,82 kg/m
- Beban Berfaktor	
q _{U1} = 1,2q _{D1} + 1,6q _{L1}	
= 159,07 + 1094,11	
= 1253,19 kg/m	
○ Bidang horizontal	
- Beban mati	
<i>Hand rail</i>	= 20 kg/m
Berat profil balok utama	= 36,7 kg/m
Pelat bordes	= 65,94 kg/m+
	= 122,64 kg/m
Sambungan (10%)	= 12,26 kg/m +
Total (q _{D2})	= 134,9 kg/m
- Beban hidup (q _{L2})	
Tangga dan jalan keluar (488,444x 1,4)	= 683,82 kg/m
- Beban Berfaktor	
q _{U2} = 1,2q _{D2} + 1,6q _{L2}	
= 161,88 + 1094,11	
= 1255,99 kg/m	
P1 = 0.5x1,2q _{DB} x1,4 = 0.5x1,2x74,99x1,4 = 62,99 kg	
P2 = 0.5x1,2q _{DA} x1.35 = 0.5x1,2x87,94x1.35 = 73,87 kg	



Gambar 4. 25 Pembebanan pada balok utama tangga

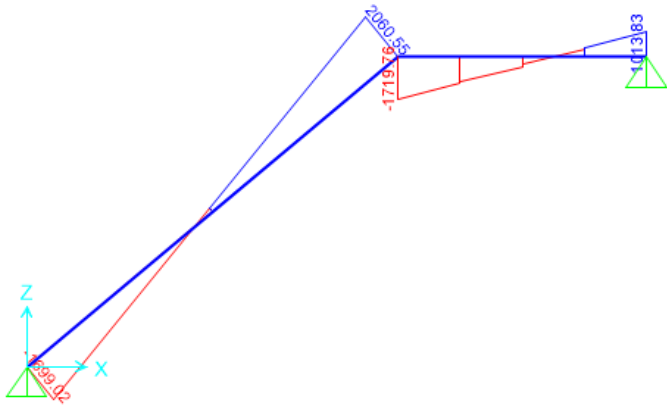
- o Momen yang terjadi



Gambar 4. 26 Bidang Momen Balok Tangga Utama

$M_{max} = 148223,67 \text{ kg.cm}$

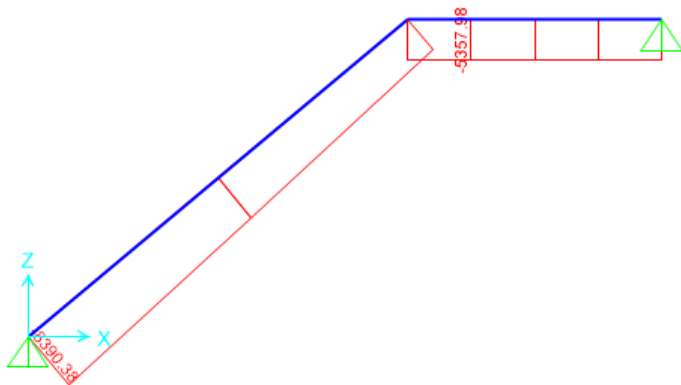
- Gaya geser yang terjadi



Gambar 4. 27 Bidang Geser Balok Tangga Utama

$$V_{\max} = 2060,55 \text{ kg}$$

- Gaya Normal yang terjadi



Gambar 4. 28 Bidang Normal Balok Tangga Utama

$$N_{\max} = 5390,38 \text{ kg}$$

Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{18} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 522 \times 2500 = 1305000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$148223,67 \leq 0,9 \times 1305000$$

$$148223,67 \leq 1174500 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_p = \sqrt{25^2 + 20^2} = 32 \text{ cm}$$

$$L_r = 163,77 \text{ cm}$$

$$L_b = 478,2 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang pendek)

$$M_n = Z_x F_y = 522 \times 2500 = 1305000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$148223,67 \leq 0,9 \times 1305000$$

$$148223,67 \leq 1174500 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

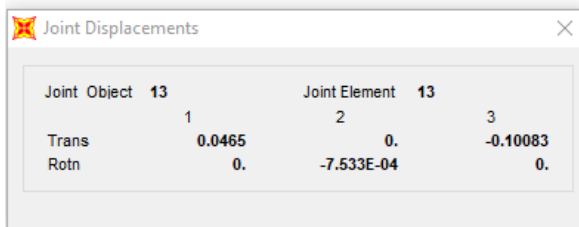
$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 16,64 \times 1 \\ &= 24960 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi_v V_n \\ 2060,55 &\leq 1 \times 24960 \\ 2060,55 &\leq 24960 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 590,5 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{590,5}{360} = 1,64 \text{ cm}$$



Joint Object	13	Joint Element	13	
	1	2	3	
Trans	0.0465	0.	-0.10083	
Rotn	0.	-7.533E-04	0.	



Gambar 4. 29 Hasil Analisis Lendutan

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,1 \text{ cm} < 1,64 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

4.2.5.5 Perencanaan balok penumpu tangga

Balok penumpu tangga direncanakan menggunakan profil WF 300x150x6,5x9, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 36.7 \text{ kg/m}$	$r = 13 \text{ mm}$	$h = d-2(t_f+r)$
$A = 46.78 \text{ cm}^2$	$Z_x = 522 \text{ cm}^3$	$= 256 \text{ mm}$
$d = 300 \text{ mm}$	$Z_y = 104 \text{ cm}^3$	$S_x = 481 \text{ cm}^3$
$b_f = 150 \text{ mm}$	$i_x = 12.4 \text{ cm}$	$S_y = 67.7 \text{ cm}^3$
$t_w = 6.5 \text{ mm}$	$i_y = 3.29 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 9 \text{ mm}$	$I_x = 7210 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 508 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

- Perhitungan pembebanan

- Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat profil balok utama (berat)} &= 36,7 \text{ kg/m} + \\ &= 36,7 \text{ kg/m} \\ \text{Sambungan (10\%)} &= 3,67 \text{ kg/m} + \\ \text{Total (q}_D\text{)} &= 40,37 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Berfaktor

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1,2q_{D2} + 1,6q_{L2} \\ &= 1,2 \times 40,37 + 1,6 \times 0 \\ &= 48,44 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$P_u = 2060,55$ (Dari reaksi balok utama)

- Gaya dalam pada balok penumpu

- Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} x q_U x L + P_u = \frac{1}{2} x 48,44 x 3 + 2060,55 \\ &= 2133,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= R_A x \frac{L}{2} - \frac{1}{8} x q_U x L^2 - P_u x L \\ &= 2133,21 x \frac{3}{2} - \frac{1}{8} x 48,44 x 3^2 - 2060,55 x 0.1 \\ &= 2939,26 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{18} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 522 \times 2500 = 1305000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$293926,95 \leq 0,9 \times 1305000$$

$$293926,95 \leq 1174500 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_p = 140 \text{ cm}$$

$$L_r = 163,77 \text{ cm}$$

$$L_b = 478,2 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang pendek)

$$M_n = Z_x F_y = 522 \times 2500 = 1305000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$293926,95 \leq 0,9 \times 1305000$$

$$293926,95 \leq 1174500 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 16,64 \times 1 \\ &= 24960 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$2133,21 \leq 1 \times 24960$$

$$2133,21 \leq 24960 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 300 \text{ cm}$$

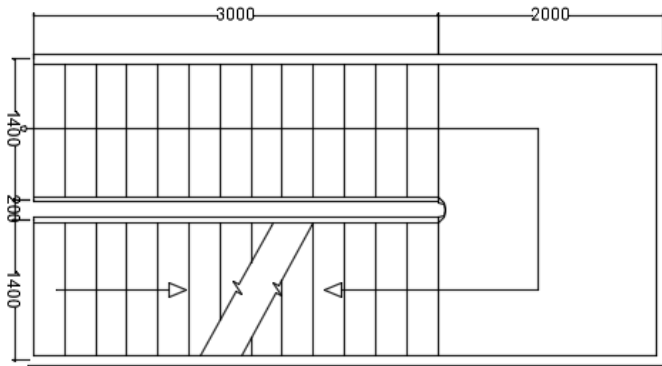
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300}{360} = 0,83 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left(\frac{5}{384} x \frac{(q_D + q_L) x L^4}{E.I_x} \right) + \left(\frac{Pu}{24} x \frac{(3L^2 - 4a^2)}{E.I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} x \frac{40,37 \times 300^4}{2000000 \times 7210} \right) + \left(\frac{2060,55}{24} x \frac{(3 \times 300^2 - 4 \times 140^2)}{2000000 \times 7210} \right) \\ &= 0,296 \text{ cm} \end{aligned}$$

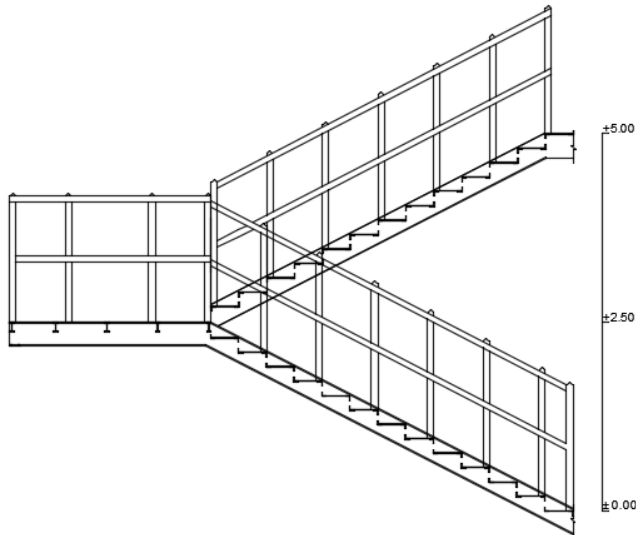
$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,296 \text{ cm} < 0,833 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

Tabel 4. 4 Ukuran Profil Perencanaan Tangga dengan Ketinggian
4 m

Tinggi Lantai	Keterangan	Ukuran profil
4 meter	Anak tangga	Tebal plat 4 mm
	Pelat pengaku	L 60x60x8
	Pelat bordes	Tebal plat 6 mm
	Balok bordes	WF 100x50x5x7
	Balok utama	WF 300x150x6.5x9
	Balok penumpu	WF 300x150x6.5x9



Gambar 4. 30 Denah Tangga

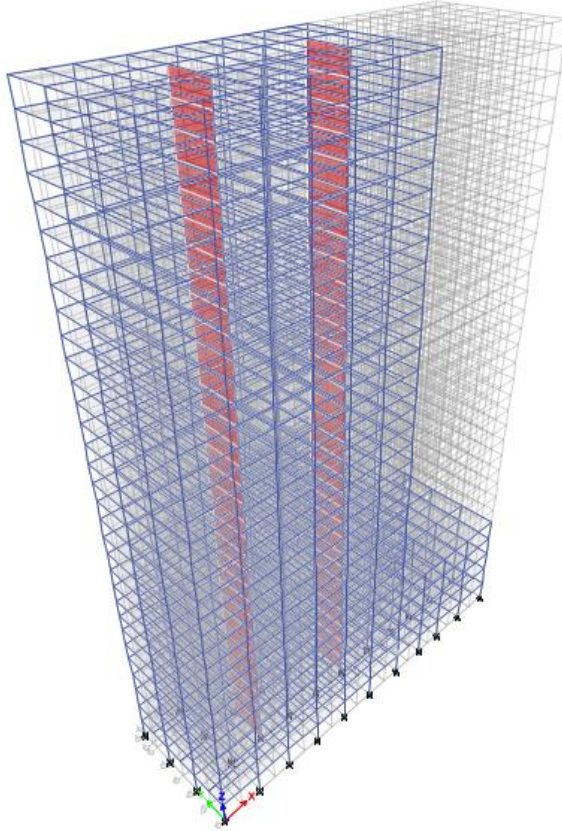


Gambar 4. 31 Potongan Tangga

4.3 Permodelan Struktur

Permodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan sistem dinding geser pelat baja (*steel plate shear wall/SPSW*). Struktur dinding geser pelat baja berfungsi sebagai penahan gaya

lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan perkantoran yang terdiri dari 31 lantai dan 1 lantai atap dengan total tinggi struktur 133 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 32 Permodelan Struktur Hutama Karya Office Tower

Permodelan struktur Hutama Karya Office Tower menggunakan program bantu ETABS. Pada program ETABS, struktur perkantoran akan dimodelkan sesuai kondisi yang nyata.

Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan untuk meninjau apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI1726:2012 dan SNI 1729:2015.

4.3.1 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur mengacu pada SNI 1727:2013 dengan rincian sebagai berikut:

1. Beban Mati

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat beton bertulang yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek $10,1 \text{ kg/ m}^2$
- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bressing dll memiliki berat jenis 7850 kg/m^3
- Berat dinding partisi sebesar 73.42 kg/ m^2
- Berat aspal sebesar 14 kg/ m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat spesi sebesar 22 kg/ m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/ m^2 untuk setiap ketebalan 1cm
- Berat MEP sebesar 25 kg/m^2
- Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/ m^2
- Beban lift merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir

Berikut adalah beban mati tambahan pelat atap dan pelat lantai gedung:

- Pelat Atap

Berat aspal 2 cm (2x14)	$= 28 \text{ kg/m}^2$
Berat plafon + penggantung (11+7)	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Berat MEP	$= 25 \text{ kg/m}^2 +$
Total	$= 71 \text{ kg/m}^2$
Sambungan (10%)	$= 7.1 \text{ kg/m}^2 +$
Total	$= 78.1 \text{ kg/m}^2$

• Pelat Lantai	
Dinding Partisi	= 73,42 kg/m ²
Berat spesi 1 cm	= 21 kg/m ²
Berat keramik	= 24 kg/m ²
Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m ²
Berat MEP	= 25 kg/m ² +
Total	= 161,42 kg/m ²
Sambungan (10%)	= 16,14 kg/m ² +
Total	= 177,562 kg/m ²

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang memungkinkan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Atap} &= 97,893 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Lantai} &= 244,7 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

3. Beban Gempa

Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan diambil dari desain Spectra Indonesia.

4. Data Tanah

Penentuan jenis tanah merupakan salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan. Salah satu cara untuk menentukan jenis tanah adalah dengan melakukan tes penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan penentuan jenis tanah:

$$\begin{aligned} \tilde{N} \geq 50 &= \text{Tanah Keras (SC)} \\ 15 \leq \tilde{N} < 50 &= \text{Tanah Sedang (SD)} \\ \tilde{N} < 15 &= \text{Tanah Lunak (SE)} \end{aligned}$$

Tabel 4. 5 Hasil Data Tanah Berdasarkan NSPT

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	Tebal/N
Lapisan 1	1.25	1.25	0	-
Lapisan 2	3.25	2	0	-
Lapisan 3	5.25	2	0	-
Lapisan 4	7.25	2	0	-
Lapisan 5	9.25	2	0	-
Lapisan 6	11.25	2	0	-
Lapisan 7	13.25	2	0	-
Lapisan 8	15.25	2	10	0.2
Lapisan 9	17.25	2	19	0.105263
Lapisan 10	19.25	2	14	0.142857
Lapisan 11	21.25	2	13	0.153846
Lapisan 12	23.25	2	23	0.086957
Lapisan 13	25.25	2	30	0.066667
Lapisan 14	27.25	2	28	0.071429
Lapisan 15	29.25	2	32	0.0625
Lapisan 16	31.25	2	26	0.076923
Lapisan 17	33.25	2	24	0.083333
Lapisan 18	35.25	2	24	0.083333
Lapisan 19	37.25	2	23	0.086957
Lapisan 20	39.25	2	27	0.074074
Lapisan 21	41.25	2	33	0.060606
Lapisan 22	43.25	2	28	0.071429
Lapisan 23	45.25	2	48	0.041667
Lapisan 24	47.25	2	43	0.046512
Lapisan 25	49.25	2	25	0.08
Lapisan 26	51.25	2	28	0.071429
Lapisan 27	53.25	2	50	0.04
Lapisan 28	55.25	2	24	0.083333
Lapisan 29	57.25	2	25	0.08
Lapisan 30	59.25	2	18	0.111111
Total	59.25			1.980224

$$\check{N} = \frac{59,25}{1,98} = 29,92 > 15$$

4.3.2 Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.3.2.1 Arah Pembebanan

Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah bebas, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat ortogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat yang ditinjau 100%, yang bekerja bersamaan dengan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus dengan peninjauan sebesar 30%.

4.3.2.2 Parameter Respon Spektrum Rencana

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, ada beberapa metode perhitungan pengaruh gempa, satu di antaranya adalah *response spectrum*. Gempa merupakan getaran yang memiliki parameter-parameter sebuah getaran, seperti frekuensi, periode, spektrum dan parameter lainnya. Dalam hal ini informasi *response spectrum* merupakan fungsi spektra percepatan gempa (S) terhadap rentang waktu selama periode gempa berlangsung (T). Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Surabaya dengan kondisi tanah sedang (kelas situs D).

Tabel 4. 6 Parameter Gempa Surabaya untuk Situs D

PGA (g)	0.327
Ss (g)	0.666
S1 (g)	0.248
Fa	1.267
Fv	1.904
SMS (g)	0.844
SM1 (g)	0.472
SDS (g)	0.563
SD1 (g)	0.315
TO (s)	0.112
TS (s)	0.559

4.3.2.3 Faktor Reduksi Gempa (R)

Pada tugas akhir ini, gedung perkantoran direncanakan menggunakan Dinding Geser Pelat Baja (SPSW). Berdasarkan tabel 9 SNI 1726-2012 diperoleh nilai- nilai batasan yaitu:

Tabel 4. 7 Faktor Reduksi Gempa untuk SPSW

Sistem Penahan Gaya Gempa	R	Ω_0	Cd	B	C	D	E	F
Dinding Geser Pelat Baja	7 ^{1/2}	2.5	6	TB	TB	TB	TB	TB

4.3.2.4 Faktor Keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu factor keamanan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan perkantoran. Pada tabel 1 SNI 1726:2012, bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I = 1$.

4.3.3 Kombinasi Pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 1726:2012 sebagai berikut:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- 1,2D + L + Ex
- 1,2D + L + Ey
- 0,9D + Ex
- 0,9D + Ey
- 0,9D + W

Keterangan :

DL : Beban mati

E : Beban gempa

LL : Beban hidup

W : Beban angin

4.3.4 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)
- Kontrol *dual system*

4.3.4.1 Penerimaan Beban Permodelan Struktur

Berat struktur pada permodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS perlu dikontrol dengan perhitungan manual. Hasil perbandingan antar keduanya diberi batasan hingga 5%.

Berat yang perlu diperhitungkan adalah beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material struktur serta beban

hidup yang diakibatkan oleh penggunaan bangunan. Kemudian dibandingkan dengan kombinasi 1D+1L yang dilihat dari permodelan ETABS.

Tabel 4. 8 Hasil Perbandingan Berat pada ETABS dan Manual

Perhitungan	Jenis Beban (kg)					
	SuperDead	Dead	Live	Total	Selisih	%
ETABS	6895515.42	19800965	11466903.3	38163384	1549956	1,04
Manual	4359565.98	20786900	11466961.9	36613428		

Dari tabel diatas, didapatkan total berat struktur dari ETABS dan dari hasil perhitungan manual sebesar. sehingga dapat disimpulkan selisih antara kedua perhitungan tersebut tidak melebihi 5% sehingga dapat dikatakan bahwa analisa permodelan tersebut telah sesuai.

4.3.4.2 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut Pasal 7.9.1 SNI 1726:2012, perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa terkombinasi minimal 90% dari masing masing arah massa asli.

Tabel 4. 9 Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0.6769	5.27E-07	0
Modal	2	0.6769	0.6237	0
Modal	3	0.6769	0.6261	0
Modal	4	0.7938	0.6261	0
Modal	5	0.7938	0.7552	0
Modal	6	0.8436	0.7552	0
Modal	7	0.8436	0.7697	0
Modal	8	0.8761	0.7697	0
Modal	9	0.8761	0.8149	0
Modal	10	0.8761	0.8558	0
Modal	11	0.8761	0.8558	0
Modal	12	0.8761	0.8558	0
Modal	13	0.8932	0.8558	0

Tabel 4. 10 Rasio Partisipasi Massa
(lanjutan)

Case	Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	14	0.8933	0.8558	0
Modal	15	0.8933	0.8558	0
Modal	16	0.8933	0.8558	0
Modal	17	0.8933	0.8558	0
Modal	18	0.8933	0.8558	0
Modal	19	0.9043	0.8558	0
Modal	20	0.9044	0.8816	0
Modal	21	0.9044	0.8816	0
Modal	22	0.9044	0.8816	0
Modal	23	0.9044	0.8816	0
Modal	24	0.9044	0.8816	0
Modal	25	0.9044	0.8816	0
Modal	26	0.9044	0.8816	0
Modal	27	0.9044	0.8816	0
Modal	28	0.9044	0.8816	0
Modal	29	0.9044	0.8816	0
Modal	30	0.9044	0.8816	0
Modal	31	0.9044	0.8816	0
Modal	32	0.9044	0.8816	0
Modal	33	0.9044	0.8816	0
Modal	34	0.9044	0.8816	0
Modal	35	0.9044	0.8816	0
Modal	36	0.9044	0.8816	0
Modal	37	0.9044	0.8816	0
Modal	38	0.9045	0.8816	0
Modal	39	0.9045	0.8816	0
Modal	40	0.9045	0.8816	0
Modal	41	0.9045	0.8816	0
Modal	42	0.9045	0.8816	0

Tabel 4. 11 Rasio Partisipasi Massa
(lanjutan)

Case	Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	43	0.9046	0.8816	0
Modal	44	0.9046	0.8816	0
Modal	45	0.9059	0.8816	0
Modal	46	0.9059	0.8816	0
Modal	47	0.9117	0.8816	0
Modal	48	0.9117	0.8884	0
Modal	49	0.9117	0.8884	0
Modal	50	0.9119	0.8884	0
Modal	51	0.9119	0.8884	0
Modal	52	0.9119	0.8884	0
Modal	53	0.9119	0.8884	0
Modal	54	0.9119	0.8884	0
Modal	55	0.9119	0.8884	0
Modal	56	0.9119	0.8884	0
Modal	57	0.912	0.8884	0
Modal	58	0.912	0.8884	0
Modal	59	0.912	0.8884	0
Modal	60	0.912	0.8884	0
Modal	61	0.912	0.8884	0
Modal	62	0.912	0.8884	0
Modal	63	0.912	0.8885	0
Modal	64	0.912	0.8885	0
Modal	65	0.912	0.8885	0
Modal	66	0.912	0.8885	0
Modal	67	0.912	0.8922	0
Modal	68	0.9121	0.8922	0
Modal	69	0.9121	0.8922	0
Modal	70	0.9135	0.8922	0

Tabel 4. 12 Rasio Partisipasi Massa
(lanjutan)

Case	Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	71	0.9135	0.8922	0
Modal	72	0.9158	0.8922	0
Modal	73	0.9158	0.8922	0
Modal	74	0.9181	0.8922	0
Modal	75	0.9182	0.8922	0
Modal	76	0.9182	0.8922	0
Modal	77	0.9182	0.8922	0
Modal	78	0.9182	0.8922	0
Modal	79	0.9196	0.8922	0
Modal	80	0.9197	0.8922	0
Modal	81	0.9197	0.8922	0
Modal	82	0.9197	0.9012	0
Modal	83	0.9198	0.9014	0
Modal	84	0.9198	0.9014	0
Modal	85	0.9198	0.9014	0
Modal	86	0.9198	0.9014	0
Modal	87	0.9198	0.9014	0
Modal	88	0.9198	0.9014	0
Modal	89	0.9198	0.9014	0
Modal	90	0.9198	0.9014	0
Modal	91	0.9198	0.9014	0
Modal	92	0.9198	0.9014	0
Modal	93	0.9198	0.9014	0
Modal	94	0.9198	0.9014	0
Modal	95	0.9198	0.9014	0
Modal	96	0.9198	0.9014	0

Dari tabel 4. 9 di atas didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 90.43% pada moda ke 19 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,12% pada moda ke 82. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa terkombinasi minimal 90%.

4.3.4.3 Kontrol Periode Getar Struktur

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari:

$T_a = C_t \cdot h_n^x$ (nilai C_t dan x diambil dari tabel 15 SNI 1726:2012)

$C_t = 0,0724$; $x = 0,8$; $h_n = 133$ m

$T_a = 3,62$ dt

Dengan nilai $SD1 = 0,36$, maka $C_u = 1,4$

Sehingga periode sruktur yang diijinkan adalah :

$T = T_a \cdot C_u = 3,62 \times 1,4 = 5,069$ detik.

Tabel 4. 13 Periode Struktur

Case	Mode	Period	Frequency
		sec	cyc/sec
Modal	1	3.633	0.276
Modal	2	3.177	0.315
Modal	3	1.674	0.604
Modal	4	1.266	0.794
Modal	5	0.963	1.039
Modal	6	0.744	1.352
Modal	7	0.688	1.468
Modal	8	0.533	1.888
Modal	9	0.495	2.015
Modal	10	0.458	2.205

Dari analisa ETABS didapat $T=3,633$ detik. Maka berdasarkan control waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T$. Jadi analisis masih memenuhi syarat SNI 1726:2012.

4.3.4.4 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{0,593}{7,5} = 0,079$$

Nilai C_s tidak perlu lebih dari

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I} \right)} = \frac{0,593}{3,634 \times 7,5} = 0,0217$$

Dan tidak boleh kurang dari

$$C_{s \min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,0217 = 0,044 \times 0,593 \times 1 = 0,026092$$

Maka diambil nilai $C_s = 0,026092$.

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan dengan program bantu ETABS 2016, didapatkan berat seismic bangunan struktur sesuai dengan tabel 4.11.

Tabel 4. 14 Reaksi Dasar Struktur

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kgf	kgf	kgf
ID+0.5L	0	0	32429932.3

Berdasarkan tabel diatas, didapat berat seismic bangunan sebesar 32429932,3 kg, maka

$$V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0,026092 \times 32429932,3 = 846161,8 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan program bantu ETABS, didapatkan nilai geser dasar akibat beban gempa arah X dan Y sebagai berikut.

Tabel 4. 15 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Load	FX	FY
Case/Combo	kgf	kgf
GEMPA X Max	331689.4	119245.65
GEMPA Y Max	99406.32	397888.49

Kontrol:

Untuk gempa arah X

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85V_{\text{statik}}$$

$$331689,4 \geq 0,85(846161,8)$$

$$331689,4 \geq 719237,52 \quad (\text{NOT OK})$$

Untuk gempa arah Y:

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85V_{\text{statik}}$$

$$397888,49 \geq 0,85(846161,8)$$

$$397888,49 \geq 719237,52 \quad (\text{NOT OK})$$

Berdasarkan kontrol gempa arah X dan Y masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Maka dalam perhitungan selanjutnya menggunakan batasan masing-masing V_{dinamik} sebesar $0,85 \times V_{\text{statik}}$.

4.3.4.5 Kontrol Batasan Simpangan (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan Pasal 7.9.3 SNI 1726:2012, untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Di mana:

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1:

$$\Delta_{i1} = C_d \times \delta_{e1}/I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2:

$$\Delta_{i1} = (\delta_{e2} - \delta_{e1})C_d/I$$

Di mana:

1 δ_{e1} = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

2 δ_{e2} = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = faktor pembesaran defleksi

I = faktor keutamaan gedung

Untuk sistem dinding geser plat baja, dari Tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan $C_d = 6$ dan dari Tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai $I = 1$. Berdasarkan Tabel 16 SNI 1726:2012 untuk semua struktur lainnya, simpangan antar tingkat ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02h_{sx}$$

Di mana:

H_{sx} = tinggi tingakat di bawah x

Untuk tinggi tingkat 5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02(5) = 0,1 \text{ m} = 100 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk tinggi tingkat 4 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02(4) = 0,08 \text{ m} = 80 \text{ mm}$$

Simpangan yang terjadi didapatkan dari analisis program bantu ETABS 2016.

Tabel 4. 16 Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah X

Gempa Arah X					
Story	Δ_a	δ_{ei}	$\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)}$	Δ	Ket
	mm	mm	mm	mm	
Story32	80	59.2	0.5	3	OK
Story31	80	58.7	0.5	3	OK
Story30	80	58.2	0.7	4.2	OK
Story29	80	57.5	0.9	5.4	OK

Tabel 4. 17 Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah X
(lanjutan)

Gempa Arah X					
Story	Δa	δe_i	$\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$	Δ	Ket
	mm	mm	mm	mm	
Story28	80	56.6	1	6	OK
Story27	80	55.6	1.2	7.2	OK
Story26	80	54.4	1.3	7.8	OK
Story25	80	53.1	1.4	8.4	OK
Story24	80	51.7	1.5	9	OK
Story23	80	50.2	1.7	10.2	OK
Story22	80	48.5	1.7	10.2	OK
Story21	80	46.8	1.9	11.4	OK
Story20	80	44.9	2	12	OK
Story19	80	42.9	2	12	OK
Story18	80	40.9	2.2	13.2	OK
Story17	80	38.7	2.2	13.2	OK
Story16	80	36.5	2.3	13.8	OK
Story15	80	34.2	2.1	12.6	OK
Story14	80	32.1	2.2	13.2	OK
Story13	80	29.9	2.2	13.2	OK
Story12	80	27.7	2.4	14.4	OK
Story11	80	25.3	2.3	13.8	OK
Story10	80	23	2.5	15	OK
Story9	80	20.5	2.5	15	OK
Story8	80	18	2.6	15.6	OK
Story7	80	15.4	2.5	15	OK
Story6	80	12.9	12.9	77.4	OK
Story5	100	0	0	0	OK
Story4	100	0	0	0	OK
Story3	100	0	0	0	OK
Story2	100	0	0	0	OK
Story1	100	0.5	0.5	3	OK

Tabel 4. 18 Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah Y

Gempa Arah Y					
Story	Δa	δei	$\delta ei - \delta e(i-1)$	Δ	Ket
	mm	mm	mm	mm	
Story32	80	59.3	1.2	7.2	OK
Story31	80	58.1	1.3	7.8	OK
Story30	80	56.8	1.4	8.4	OK
Story29	80	55.4	1.6	9.6	OK
Story28	80	53.8	1.6	9.6	OK
Story27	80	52.2	1.6	9.6	OK
Story26	80	50.6	1.8	10.8	OK
Story25	80	48.8	1.7	10.2	OK
Story24	80	47.1	1.9	11.4	OK
Story23	80	45.2	1.9	11.4	OK
Story22	80	43.3	1.9	11.4	OK
Story21	80	41.4	2	12	OK
Story20	80	39.4	2	12	OK
Story19	80	37.4	2	12	OK
Story18	80	35.4	2.1	12.6	OK
Story17	80	33.3	2.1	12.6	OK
Story16	80	31.2	2.2	13.2	OK
Story15	80	29	2	12	OK
Story14	80	27	2	12	OK
Story13	80	25	2.1	12.6	OK
Story12	80	22.9	2	12	OK
Story11	80	20.9	2.1	12.6	OK
Story10	80	18.8	2	12	OK

Tabel 4. 19 Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah Y
(lanjutan)

Gempa Arah Y					
Story	Δa	δe_i	$\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$	Δ	Ket
	mm	mm	mm	mm	
Story9	80	16.8	2.1	12.6	OK
Story8	80	14.7	2	12	OK
Story7	80	12.7	1.9	11.4	OK
Story6	80	10.8	10.8	64.8	OK
Story5	100	0	0	0	OK
Story4	100	0	0	0	OK
Story3	100	0	0	0	OK
Story2	100	0	0	0	OK
Story1	100	0.2	0.2	1.2	OK

4.3.4.6 Kontrol Dual Sistem

Berdasarkan SNI 1727:2012 Pasal 7.2.5.1, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan SPSW.

Tabel 4. 20 Reaksi Perletakan dan Presentasi Gaya Geser akibat Gempa arah X dan Y

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	Kg	%	Kg	%
SPSW	525275.5	32.40%	1742151	52.38%
SRPM	1097485	67.60%	1583570	47.62%
Total	1622760	100%	3325721	100%

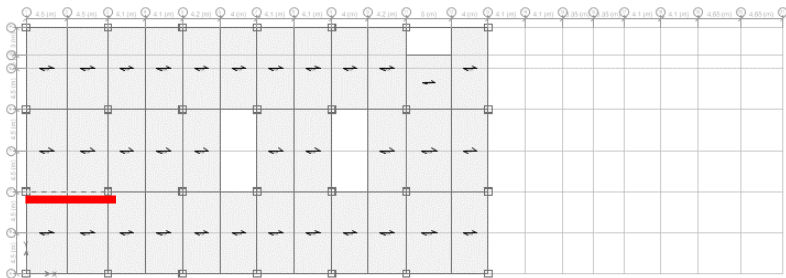
Berdasarkan perhitungan di atas, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) menahan gaya gempa arah X sebesar 67,6% dan gaya gempa arah Y sebesar 47,62 % yang mana telah melebihi ketentuan bahwa SRPM harus menahan gaya gempa setidaknya 25%. Jadi, konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.1.

4.4 Perencanaan Struktur Primer

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS, maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan berlaku yaitu SNI 1729:2015.

4.4.1 Perencanaan Balok Induk

4.4.1.1 Balok Induk Memanjang



Gambar 4. 33 Balok Induk Memanjang yang Ditinjau

Balok Induk Melintang direncanakan dengan menggunakan profil WF 800x300x16x30

W	= 241 kg/m	r	= 28 mm	h	= 808-2(30+28)
A	= 307,6 cm ²	Z _x	= 9287 cm ³		= 692 mm
t _w	= 16 mm	i _y	= 6,7 cm	bf	= 302 mm
t _f	= 30 mm	I _x	= 339000 cm ⁴	f _y	= 250 Mpa

$$d = 808 \text{ mm} \quad I_y = 13800 \text{ cm}^4 \quad f_u = 410 \text{ Mpa}$$

a. Sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton. Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:

$$M_{\max} : 10914,6 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} : 5904,9 \text{ kg}$$

Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2t_f} = \frac{302}{60} = 5,03$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 9287 \times 2500 = 23217500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1091460 \leq 0,9 \times 23217500$$

$$1091460 \leq 20895750 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 450 \text{ cm}$$

$$L_p = 333,528 \text{ cm}$$

$$L_r = 1036,25 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (Bentang Menengah)}$$

$$M_{maks} = 10914,6 \text{ kgm}$$

$$M_A = 6270,27 \text{ kgm}$$

$$M_B = 109,96 \text{ kgm}$$

$$M_C = 5608,7 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 10914,6}{2,5 \times 10914,6 + 3 \times 6270,27 + 4 \times 109,96 + 3 \times 5608,7} \leq 2,3$$

$$= 2,15 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 2,15 \left[23217500 - (23217500 - 0,7 \times 2500 \times 8400) \left(\frac{450 - 333,5}{1036,25 - 333,5} \right) \right]$$

$$46951768,78 \text{ kgcm} \leq 23217500 \text{ kgcm (NOT OK) Digunakan } M_p$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1091460 \leq 0,9 \times 23217500$$

$$1091460 \leq 20895750 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,35$$

$$\lambda \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times 110,72 \times 1 = 166080 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$5904,9 \leq 66000 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 900 \text{ cm}$$

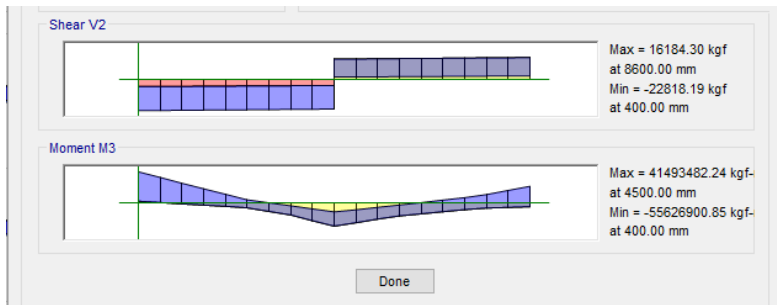
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5$$

$$f^0 = 0,27 \text{ (Hasil dari program ETABS)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \text{ (OK)}$$

- b. Setelah komposit

Dari analisis ETABS 2016 didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk pada story 15 B24 memanjang adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 34 Gaya Dalam Balok Memanjang

$$M_{max} : 41493,48 \text{ kgm}$$

$$M_{min} : 55626,9 \text{ kgm}$$

$$V_{max} : 16184,3 \text{ kg}$$

1. Zona Momen Positif

Menghitung momen nominal

- Lebar efektif (SNI 1729:2015 Pasal I3.1.a)

$$B_{eff} \leq \frac{1}{8} L = \frac{1}{8} \times 900 = 112,5 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq \frac{1}{2} S = \frac{1}{2} \times 450 = 225 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai $B_{eff} = 112,5 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak), sehingga momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- Kontrol Momen

$$C1 = 0,85 f_c' t_{plat} b_{eff} = 0,85 \times 300 \times 3,6 \times 112,5 = 103275 \text{ kg}$$

$$C2 = A_s f_y = 307,6 \times 2500 = 769000 \text{ kg}$$

Karena $C1 < C2$, maka garis netral terletak pada baja

$$a = \frac{c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{eff}} = \frac{103275}{0,85 \cdot 300 \cdot 112,5} = 3,6 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_{plat} - a/2 = 54 + 36 - 18 = 72 \text{ mm}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30,2 \times 3 \times 2500 = 226500 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil P_w

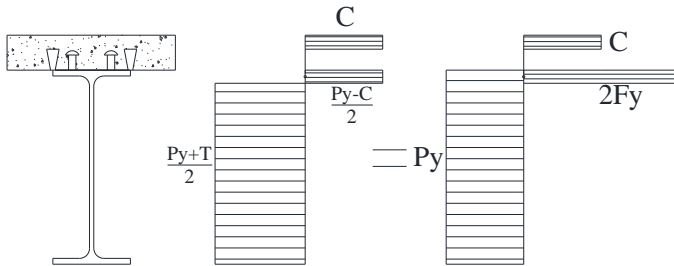
$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{769000 - 103275}{2} - 226500 = 106362,5 \text{ kg}$$

$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{106362,5}{1,6 \times 2500} = 26,59 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(226500 \times 0,5 \times 3) + (106362,5 (3 + 0,5 \times 26,59))}{226500 + 106362,5} = 6,2 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} 808 = 404 \text{ mm}$$



Gambar 4. 35 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang

$$C = 103275 \text{ kg}$$

$$T = 769000 \text{ kg}$$

$$M_n = C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2) = 103275 (7,2 + 6,2) + 769000 (40,4 - 6,2) = 27665260 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$41493,48 \leq 0,9 \times 27665260$$

$$41493,48 \leq 248987,3 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 110,7 \times 1 = 166080 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$16184,3 \leq 166080 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 900 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.25 \text{ (Hasil dari program ETABS)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.25 \text{ cm} < 2.5 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Zona Momen negatif

Data tulangan negatif pelat:

$$\text{Diameter} = 9 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (Ar)} = 0,636 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \text{Beff/Jarak tulangan} = 112,5/25 = 4,5 = 5 \text{ buah}$$

$$\text{selimut beton (c)} = 20 \text{ mm}$$

- Menghitung momen nominal

$$T = n \cdot A_r \cdot f_y = 5 \times 0,636 \times 5000 = 15904,3 \text{ kg}$$

$$P_y = A_s f_y = 307,6 \times 2500 = 769000 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30,2 \times 3 \times 2500 = 226500 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{769000 - 15904,3}{2} - 226500 = 150047 \text{ kg}$$

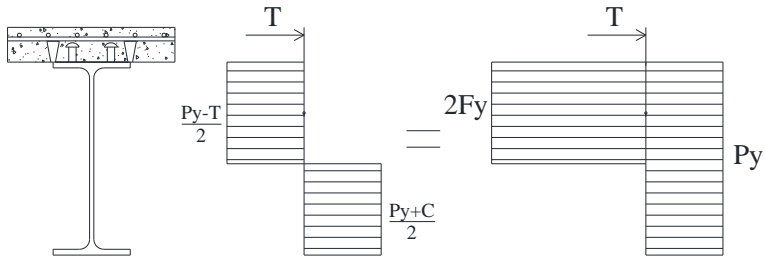
$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{150047}{1,1 \times 2500} = 28,58 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(226500 \times 0,5 \times 3) + (150048(3 + 0,5 \times 20,25))}{226500 + 150048} = 18,19 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{D}{2} = 40,4 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_{\text{plat}} - c = 5,4 + 3,6 - 2 = 7 \text{ cm}$$



Gambar 4. 36 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang

$$M_n = T(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2) = 15904,3(7 + 18,19) + 769000(40,4 - 18,19) = 17478202 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$55626,9 \leq 0,9 \times 174782,02$$

$$55626,9 \leq 157303,81 \text{ kgm (OK)}$$

3. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 2,83 \text{ cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c} = 0,043 \times 2400^{1,5} \sqrt{30} = 27691,5 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (f_c' \cdot E_c)^{0,5} = 0,5 \cdot 2,83 \cdot (300 \cdot 27691,5)^{0,5} = 129211 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0,75 \times 2,83 \times 410 = 9 = 8718,51 \text{ kg}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{103275}{2 \times 8718.509} = 5,92 = 6 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{900}{8} = 112,5 \text{ cm (pakai 70 cm)}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{15904,31}{2 \times 8718.509} = 0,91 = 2 \text{ buah}$$

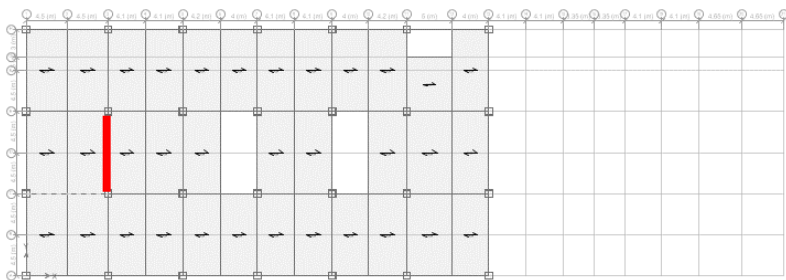
Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{900}{8} = 112,5 \text{ cm (pakai 70 cm)}$$

4.4.1.2 Balok Induk Melintang



Gambar 4. 37 Balok Induk Melintang yang Ditinjau

Balok Induk Melintang direncanakan dengan menggunakan profil WF 800x300x16x30

$$\begin{array}{lll} W & = 241 \text{ kg/m} & r = 28 \text{ mm} & h = 808 - 2(30 + 28) \\ A & = 307,6 \text{ cm}^2 & Z_x = 9287 \text{ cm}^3 & = 692 \text{ mm} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
 t_w & = 16 \text{ mm} & i_y = 6,7 \text{ cm} & bf = 302 \text{ mm} \\
 t_f & = 30 \text{ mm} & I_x = 339000 \text{ cm}^4 & f_y = 250 \text{ Mpa} \\
 d & = 808 \text{ mm} & I_y = 13800 \text{ cm}^4 & f_u = 410 \text{ Mpa}
 \end{array}$$

a. Sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton. Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:

$$M_{\max} : 7298,58 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} : 4624,16 \text{ kg}$$

Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2t_f} = \frac{302}{60} = 5,03$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 9287 \times 2500 = 23217500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$729858 \leq 0,9 \times 23217500$$

$$729858 \leq 20895750 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 900 \text{ cm}$$

$$L_p = 333,528 \text{ cm}$$

$$L_r = 1036,25 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (Bentang Menengah)}$$

$$M_{maks} = 7298,58 \text{ kgm}$$

$$M_A = 2249,87 \text{ kgm}$$

$$M_B = 3377,8 \text{ kgm}$$

$$M_C = 440,12 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 7298,58}{2,5 \times 7298,58 + 3 \times 2249,87 + 4 \times 3377,8 + 3 \times 440,12} \leq 2,3$$

$$= 2,2 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 2,2 \left[23217500 - (23217500 - 0,7 \times 2500 \times 8400) \left(\frac{900 - 333,5}{1036,25 - 333,5} \right) \right]$$

$$37455925,12 \text{ kgcm} \leq 23217500 \text{ kgcm (NOT OK) Digunakan } M_p$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$729858 \leq 0,9 \times 23217500$$

$$729858 \leq 20895750 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,35$$

$\lambda \leq \lambda_p$, sehingga $\phi_v = 1,00$ dan $C_v = 1,0$

$V_n = 0,6F_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times 110,72 \times 1 = 166080 \text{ kg}$

$V_u \leq \phi_v V_n$

$5904,9 \leq 66000 \text{ kg (OK)}$

- Kontrol lendutan

$L = 900 \text{ cm}$

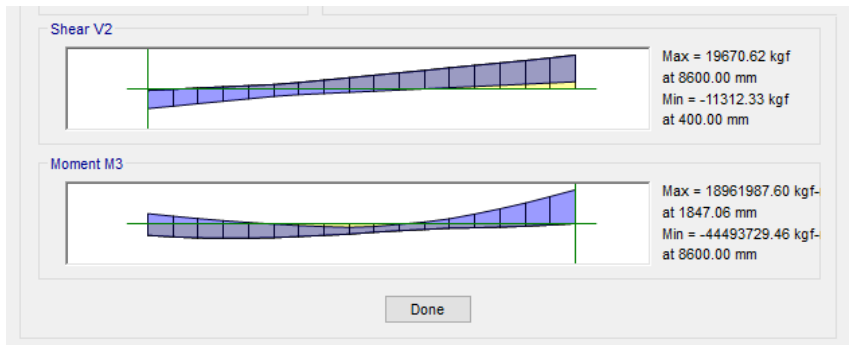
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5$$

$f^0 = 0,084$ (Hasil dari program ETABS)

$f^0 < f_{ijin}$ (OK)

- b. Setelah komposit

Dari analisis ETABS 2016 didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk pada story 15 B49 memanjang adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 38 Gaya Dalam Balok Melintang

$M_{max} : 18961,9 \text{ kgm}$

$M_{min} : 44493,7 \text{ kgm}$

$V_{max} : 19670,6 \text{ kg}$

1. Zona Momen Positif

Menghitung momen nominal

- Lebar efektif (SNI 1729:2015 Pasal I3.1.a)

$$B_{eff} \leq \frac{1}{8} L = \frac{1}{8} \times 900 = 112,5 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq \frac{1}{2} S = \frac{1}{2} \times 450 = 225 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai $B_{eff} = 112,5 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak), sehingga momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- Kontrol Momen

$$C1 = 0,85 f_c' t_{plat} b_{eff} = 0,85 \times 300 \times 3,6 \times 112,5 = 103275 \text{ kg}$$

$$C2 = A_s f_y = 307,6 \times 2500 = 769000 \text{ kg}$$

Karena $C1 < C2$, maka garis netral terletak pada baja

$$a = \frac{c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{eff}} = \frac{103275}{0,85 \cdot 300 \cdot 112,5} = 3,6 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_{plat} - a/2 = 54 + 36 - 18 = 72 \text{ mm}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30,2 \times 3 \times 2500 = 226500 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil P_w

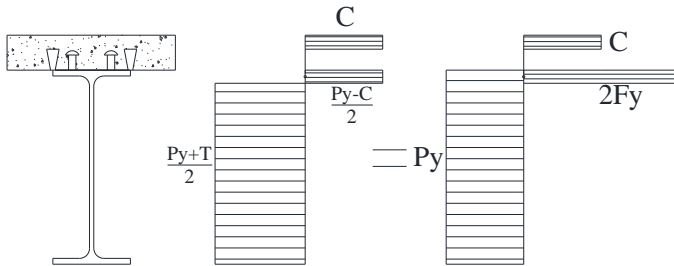
$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{769000 - 103275}{2} - 226500 = 106362,5 \text{ kg}$$

$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{106362,5}{1,6 \times 2500} = 26,59 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(226500 \times 0,5 \times 3) + (106362,5 (3 + 0,5 \times 26,59))}{226500 + 106362,5} = 6,2 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} 808 = 404 \text{ mm}$$



Gambar 4. 39 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Melintang

$$C = 103275 \text{ kg}$$

$$T = 769000 \text{ kg}$$

$$M_n = C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2) = 103275 (7,2 + 6,21) + 769000 (40,4 - 6,21) = 27665259,6 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$18961,98 \leq 0,9 \times 27665259,6$$

$$18961,98 \leq 248987,3 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{16} = 43,25$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 110,72 \times 1 = 166080 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$19670,6 \leq 166080 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 900 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.25 \text{ (Hasil dari program ETABS)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.25 \text{ cm} < 2.5 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Zona Momen negatif

Data tulangan negatif pelat:

$$\text{Diameter} = 9 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (Ar)} = 0,636 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \text{Beff/Jarak tulangan} = 112,5/25 = 4,5 = 5 \text{ buah}$$

$$\text{selimut beton (c)} = 20 \text{ mm}$$

- Menghitung momen nominal

$$T = n \cdot A_r \cdot f_y = 5 \times 0,636 \times 5000 = 15904,3 \text{ kg}$$

$$P_y = A_s f_y = 307,6 \times 2500 = 769000 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30,2 \times 3 \times 2500 = 226500 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{769000 - 15904,3}{2} - 226500 = 150047 \text{ kg}$$

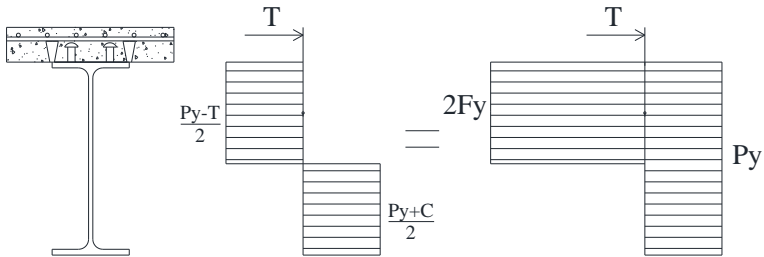
$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{150047}{1,6 \times 2500} = 37,51 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(226500 \times 0,5 \times 3) + (150048(3 + 0,5 \times 37,51))}{226500 + 150048} = 22,65 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{D}{2} = 40,4 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_{\text{plat}} - c = 5,4 + 3,6 - 2 = 7 \text{ cm}$$



Gambar 4. 40 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang

$$M_n = T(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2) = 15904,3(7 + 22,65) + 769000(40,4 - 22,65) = 14115095 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$44493,7 \leq 0,9 \times 14115095$$

$$44493,7 \leq 127035,85 \text{ kgm (OK)}$$

3. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 2,83 \text{ cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c} = 0,043 \times 2400^{1,5} \sqrt{30} = 27691,5 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (f_c' \cdot E_c)^{0,5} = 0,5 \cdot 2,83 \cdot (300 \cdot 27691,5)^{0,5} = 129211 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0,75 \times 2,83 \times 410 = 9 = 8718,51 \text{ kg}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{103275}{2 \times 8718.509} = 5,92 = 6 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times ds = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{900}{8} = 112,5 \text{ cm (pakai 70 cm)}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{15904,31}{2 \times 8718.509} = 0,91 = 2 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times ds = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{900}{8} = 112,5 \text{ cm (pakai 70 cm)}$$

4.4.1.3 Penulangan Balok Beton 40/60

Mutu beton = 35 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

Diameter tulangan longitudinal = 25 mm, $A_s = 4,908 \text{ cm}^2$

Diameter tulangan sengkang = 13 mm, $A_s = 1,327 \text{ cm}^2$

$b = 400 \text{ mm}$

$h = 600 \text{ mm}$

Selimut beton = 40 mm

$d = h - \text{selimut beton} - 0,5 \text{ tulangan longitudinal} - \text{tulangan sengkang}$

$$d = 600 - 40 - (0,5 \times 25) - 13 = 534.5 \text{ mm}$$

$d' = \text{Selimut beton} + 0,5 \text{ tulangan longitudinal} + \text{tulangan sengkang}$

$$d' = 40 + (0,5 \times 25) + 13 = 65.5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 350}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0344$$

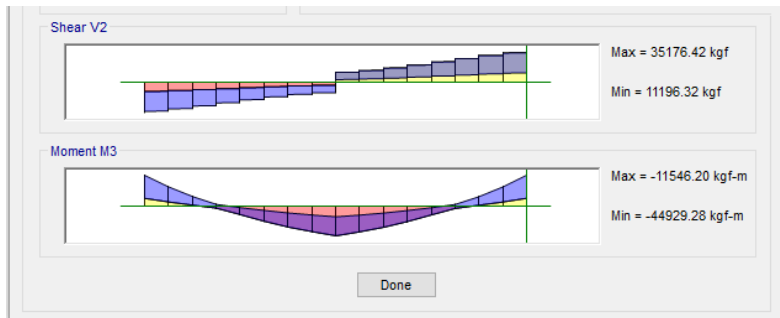
$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0344 = 0.0258$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0,0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{35}}{420} = 0,0036$$

ρ_{min} dipakai 0,0036

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 13,78$$

- Gaya dalam



Gambar 4. 41 Gaya Dalam Balok Beton 40/60

Mu tumpuan negatif = 44929,28 kgm

Mu tumpuan positif = 42591,12 kgm

Mu lapangan = 42356,55 kgm

- Perhitungan tulangan negatif tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{449292800}{0,9 \cdot 400 \cdot 534,5^2} = 4,36$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,78} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,78 \times 4,36}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0115$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0.0115 \times 400 \times 534,5 = 2475,52 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{Asperlu}{As} = \frac{2475,52}{490,87} = 5,04 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 6D25

Keseimbangan gaya internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$C_c = T_s$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2945,24 \times 410}{0,85 \times 35 \times 400} = 101,47 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s,terpasang} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 2945,24 \times 410 \times \left(534,5 - \frac{101,47}{2} \right)$$

$$M_n = 584167393,5 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 52575,06 \text{ kg.m} > M_u = 44929,28 \text{ kg.m}$$

maka penulangan lentur memenuhi, dipakai 6D25

- Perhitungan tulangan positif tumpuan

$$Rn = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{425911200}{0,9 \cdot 400 \cdot 534,5^2} = 4,14$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,78} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,78 \times 4,14}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0109 \text{ (pakai)}$$

$$Asperlu = \rho b d = 0,0109 \times 400 \times 534,5 = 2335,21 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{Asperlu}{As} = \frac{2335,21}{490,87} = 4,75 \text{ buah} = 6 \text{ buah}$$

Persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.10 menyatakan bahwa jumlah tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan atas atau minimal dipasang 2 buah tulangan.

$$n_{bawah} \geq 1/3 n_{atas}$$

$$n_{\text{bawah}} \geq 1/3 \times 6$$

$$n_{\text{bawah}} \geq 2$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 6D25

Keseimbangan gaya internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$C_c = T_s$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2945,24 \times 410}{0,85 \times 35 \times 400} = 101,47 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s, \text{terpasang}} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 2945,24 \times 410 \times \left(534,5 - \frac{101,47}{2} \right)$$

$$M_n = 584167393,5 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 584167393,5 = 53611,64 \text{ kg.m} > M_u = 42591,12 \text{ kg.m}$$

maka penulangan lentur memenuhi, dipakai 6D25

- Perhitungan tulangan lapangan

$$Rn = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{423565500}{0,9 \cdot 400 \cdot 534,5^2} = 4,11$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,78} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,78 \times 4,11}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0108$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho b d = 0,0108 \times 400 \times 534,5 = 2321,22 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_s} = \frac{2321,22}{490,87} = 4,72 \text{ buah} = 5 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 5D25 (tulangan atas)

Persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.10 menyatakan bahwa jumlah tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan atas atau minimal dipasang 2 buah tulangan.

$$n_{\text{bawah}} \geq 1/3 n_{\text{atas}}$$

$$n_{\text{bawah}} \geq 1/3 \times 5$$

$$n_{\text{bawah}} \geq 2$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 5D25

Keseimbangan gaya internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$C_c = T_s$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1472,62 \times 420}{0,85 \times 35 \times 400} = 50,73 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s,\text{terpasang}} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1472,62 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{50,3}{2} \right)$$

$$M_n = 53611,64$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 214141830,5 = 19272,764 \text{ kg.m} > M_u = 15828,58 \text{ kg.m}$$

maka penulangan lentur memenuhi, dipakai 5D25

- Perhitungan geser tumpuan

$$L_n = 9000 \text{ mm}$$

$$W_u = 20 \text{ kN/m}$$

Gaya lintang tumpuan

$$a1 = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2945,24 \times 1,25 \times 410}{0,85 \times 35 \times 400} = 126,84 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a1}{2} \right) = 2945,24 \times 1,25 \times 410 \times \left(534,5 - \frac{126,84}{2} \right)$$

$$M_{pr1} = 711,06 \text{ kNm}$$

$$a1 = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2945,24 \times 1,25 \times 410}{0,85 \times 35 \times 400} = 126,84 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a1}{2} \right) = 2945,24 \times 1,25 \times 410 \times \left(534,5 - \frac{126,84}{2} \right)$$

$$M_{pr2} = 711,06 \text{ kNm}$$

$$V_{ekn} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} + \frac{Wu \times Ln}{2}$$

$$V_{ekn} = \frac{711,06 + 711,06}{9} - \frac{20 \times 9}{2}$$

$$V_{ekn} = 248,01 \text{ kN}$$

Kuat geser beton

Syarat 1:

$$V_{ekn}/2 = 248,01/2 = 124$$

$$\frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} = \frac{711,06 + 711,06}{9} = 158,014 > V_{ekn}/2 \text{ (OK)}$$

Syarat 2:

$$Nu < 0,2A_g f_c'$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times b_w \times d$$

$$= 0,75 \times \frac{\sqrt{35}}{6} \times 400 \times 543,5$$

$$= 158107,23 \text{ N} = 158,10 \text{ kN}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan:

$$V_u > V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - V_c}{\phi} = \frac{248,01 - 158,10}{0,75} = 119,87 \text{ kN}$$

$$A_{v1} = \frac{75\sqrt{f_c'} \cdot b \cdot S}{1200 \cdot f_y} = \frac{75\sqrt{35} \cdot 400 \cdot 1000}{1200 \cdot 420} = 616,25$$

$$A_{v2} = \frac{b \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{400 \cdot 1000}{3 \cdot 420} = 325,2$$

$$A_{v3} = \frac{V_s \cdot S}{f_y \cdot d} = \frac{119875 \times 1000}{420 \times 534,5} = 547,01$$

Maka diambil $616,25 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan:

Dipasang tulangan sengkang 2D13 ($A_s = 1,327 \text{ cm}^2$)

$$S = \frac{A_s}{A_v} = \frac{265464,5}{616,25} = 430,76 \text{ mm}$$

Syarat spasi tumpuan:

$$s < d/4 = 534,5/4 = 133,625 \text{ mm}$$

$$s < 6d_{\text{min}} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$s < 150 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang tulangan transversal tumpuan 2D13-100 mm.

- Perhitungan geser lapangan

$$Av1 = \frac{75\sqrt{f'c'} \cdot b \cdot S}{1200 \cdot f_y} = \frac{75\sqrt{35} \cdot 400 \cdot 1000}{1200 \cdot 420} = 616,25$$

$$Av2 = \frac{b \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{400 \cdot 1000}{3 \cdot 420} = 325,2$$

$$Av3 = \frac{V_s \cdot S}{f_y \cdot d} = \frac{119875 \times 1000}{420 \times 534,5} = 547,01$$

Jarak tulangan:

Dipasang tulangan sengkang 2D13 ($A_s = 1,327 \text{ cm}^2$)

$$S = \frac{A_s}{A_v} = \frac{265464,5}{616,25} = 430,76 \text{ mm}$$

Syarat spasi tumpuan:

$$s < d/2 = 534,5/2 = 267,25 \text{ mm}$$

$$s < 600 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang tulangan transversal tumpuan 2D13-200 mm.

- Perhitungan tulangan torsi

Perhitungan Luas dan Keliling Penampang

A_{cp} = Luas bruto penampang beton

$$= b \times h$$

$$= 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= \text{keliling luar penampang beton} \\
 &= 2 \times (b + h) \\
 &= 2 \times (400 + 600) = 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kebutuhan tulangan torsi

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor T_u kurang dari perumusan berikut:

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

A_{cp} = Luas penampang total

P_{cp} = Keliling penampang total

λ = 1 (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

ϕ = 0,75

Sehingga dapat dihitung:

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

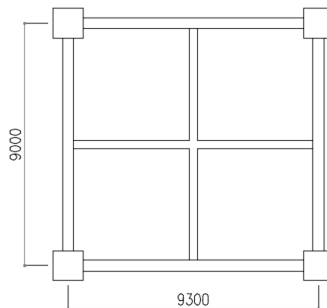
$$T_u < \phi \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \left(\frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$7144807.2 \text{ N.mm} < 11338663 \text{ N.mm}$$

Tidak membutuhkan tulangan torsi namun tetap dipasang tulangan torsi minimum.

4.4.1.4 Penulangan Balok Beton 30/45

Konfigurasi balok anak yang direncanakan berjenis grid dengan bentang 8,2 m dan 9 m.



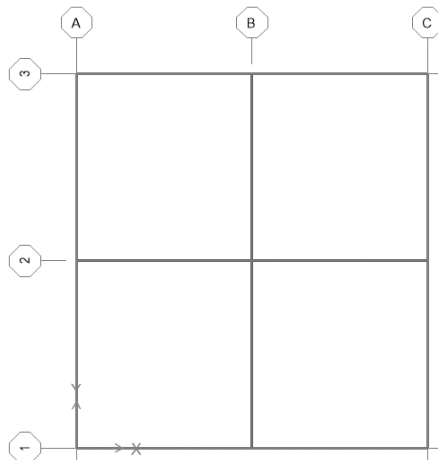
Gambar 4. 42 Balok Anak yang Direncanakan

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ini menggunakan SNI 1727-2013.

- **Beban Mati**
 - Berat pelat (0.12x2400) = 288 kg/m²
 - Berat spesi 1 cm = 21 kg/m²
 - Berat keramik = 24 kg/m²
 - Berat plafon + penggantung (11+7) = 18 kg/m²
 - Berat MEP = 25 kg/m² +
 - Total = 376 kg/m²
 - Berat sendiri balok (0,3x0,45x2400) = 324 kg/m

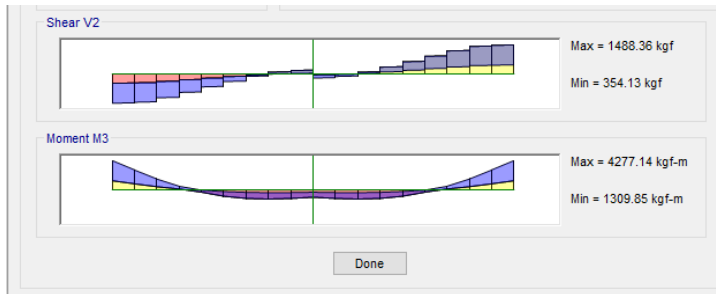
- **Beban Hidup**
 - Lantai = 488,41 kg/ m²
 - Total (q_L) = 488,41 kg/ m²

Dikarenakan konfigurasi balok anak yang ditinjau berjenis grid sehingga analisa menggunakan program bantu ETABS.



Gambar 4. 43 Gambar Permodelan Balok Anak

- Gaya dalam pada balok anak



Gambar 4. 44 Hasil Gaya Dalam Balok Anak

Mu tumpuan = 17197,83 kgm

Mu lapangan = 4277,14 kgm

Vu = 8909,5 kg

Data-data perencanaan balok anak beton:

Mutu beton = 35 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

Diameter tulangan longitudinal = 22 mm, $A_s = 3,801 \text{ cm}^2$

Diameter tulangan sengkang = 13 mm, $A_s = 1,327 \text{ cm}^2$

b = 300 mm

h = 450 mm

Selimut beton = 40 mm

d = h - selimut beton - 0,5 tulangan longitudinal - tulangan sengkang

d = 450 - 40 - (0,5 x 22) - 13 = 386 mm

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) = 0,85 - 0,05 \left(\frac{35 - 28}{7} \right) = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 450}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0344$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0344 = 0,0258$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} = 0,0036$$

ρ_{min} dipakai 0.0038

$$m = \frac{fy}{0.85f'c} = \frac{420}{0.85 \times 35} = 13,78$$

- Perhitungan tulangan negatif tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{171978300}{0,9 \cdot 300 \cdot 386^2} = 4,27$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{13,781} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,781 \times 4,2}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0113$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,011 \times 300 \times 386 = 1309,45 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{Sperlu}}{A_s} = \frac{1309,45}{380,1327} = 3,44 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 4D22

- Perhitungan tulangan positif tumpuan

$$A_{smin} = \frac{1}{2} A_s = \frac{1309,45}{2} = 654,72 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{Sperlu}}{A_s} = \frac{654,72}{380,1327} = 1,72 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 2D22

- Perhitungan tulangan positif lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{42771400}{0,9 \cdot 300 \cdot 386^2} = 1,06$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{13,781} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,781 \times 1,06}{420}} \right)$$

$$\rho = 0.00261$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,0036 \times 300 \times 386 = 417,73 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{Sperlu}}{A_s} = \frac{417,73}{380,13} = 1,09 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 2D22

- Perhitungan tulangan negatif lapangan

$$As_{min} = \frac{1}{2} As = \frac{417,73}{2} = 208,86 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{As} = \frac{208,86}{380,13} = 0,54 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur 2D22

- Perhitungan tulangan geser

$$Vu = 8909,59 \text{ kg}$$

$$Vs = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} bd = \frac{1}{3} \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 386 = 228360,7 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} bd = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 386 = 114180,3 \text{ N}$$

$$\phi(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} bd) = 0.6 \left(114180,3 + \frac{(\frac{2}{3} \sqrt{35} \cdot 300 \cdot 386)}{10} \right)$$

$$\phi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} bd \right) = 34254,1 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} bd \right) \text{ (OK)}$$

$$\phi(Vc) = 0.6(11418,03) = 6850,82 \text{ kg}$$

$$\phi(Vc + Vs) = 0.6(11418,03 + 45672,14) = 20552,46 \text{ kg}$$

$$\phi(Vc) < V < \phi(Vc + Vs) \rightarrow \text{memenuhi kategori 3}$$

$$\text{Syarat Smaks} < d/2 = 386/2 = 193 \text{ mm}$$

$$Av = 2 \times 132,73 = 265,46 \text{ mm}^2$$

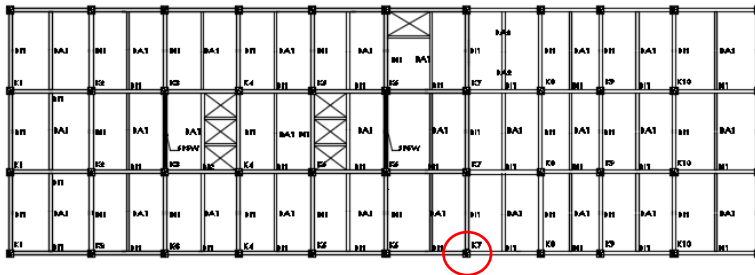
$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{265,46 \cdot 420 \cdot 386}{228360,7} = 183,97 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang 2D13-150 mm

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Penulangan Balok Beton

Ukuran Balok	Tumpuan		Lapangan		Sengkang
	Negatif	Positif	Negatif	Positif	
30/40	4D22	2D22	2D22	3D22	2D13-150
30/45	4D22	2D22	2D22	2D22	2D13-150

4.4.2 Perencanaan Kolom



Gambar 4. 45 Kolom yang Ditinjau

Direncanakan dengan menggunakan kolom komposit CFT (Concrete Filled Tube) 800x800x28 dengan memakai profil square hollow section dari brosur JFE Column

H = 800 mm	$I_x = 1040000 \text{ cm}^4$	$A_s = 1134 \text{ cm}^2$
B = 800 mm	$I_y = 1040000 \text{ cm}^4$	$A_c = 5535,36 \text{ cm}^2$
t = 28 mm	$Z_x = 26100 \text{ cm}^3$	$E_s = 200000 \text{ Mpa}$
$i_y = 30,3 \text{ cm}$	$Z_y = 26100 \text{ cm}^3$	$E_c = 0,043 \times W_c 1,5 \sqrt{f_c}$
$i_x = 30,3 \text{ cm}$	$f_y = 290 \text{ Mpa}$	$E_c = 31975,35 \text{ kg/cm}^2$
$f_c' = 40 \text{ Mpa}$	$F_u = 500 \text{ Mpa}$	

Dari hasil analisis ETABS 2016 kolom Story 2 C5 diperoleh gaya dalam yang bekerja sebagai berikut.

$$P_u = 482933,92 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 34939,53 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 9913,08 \text{ kgm}$$

- Kuat nominal tekan kolom komposit
Kontrol luas penampang minimum profil baja.

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\%$$

$$\frac{1134}{5535,36 + 1134} \times 100\% \geq 4\%$$

$$17\% \geq 4\% \text{ (OK)}$$

Kontrol tebal minimum penampang persegi.

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$= 800 \times \sqrt{\frac{290 \text{ MPa}}{3 \times 200.000 \text{ MPa}}}$$

$$= 17,58 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm (OK)}$$

Kontrol penampang kompak.

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{800}{2 \times (28)} = 14,28$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{200.000 \text{ MPa}}{290 \text{ MPa}}} = 59,35$$

$\lambda < \lambda_p$ maka tergolong penampang kompak.

Sehingga kekuatan nominal tekan dihitung sebagai berikut.

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y \times A_s + C_2 \times f_c' \left(A_c + \frac{A_{sr} \cdot E_s}{E_c} \right)$$

$$= 2900 \text{ kg/cm}^2 \times 1134 \text{ cm}^2 + 0,85 \times 400 \text{ kg/cm}^2 (5535,36 \text{ cm}^2 + 0)$$

$$= 5170622,4 \text{ kg}$$

$$P_p = P_{no} = 5170622,4 \text{ kg} > P_u = 482933,92 \text{ kg (OK)}$$

- Momen Nominal Kolom

Kontrol penampang terhadap tekuk lokal.

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{800}{2 \times (28)} = 14,28$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \times \sqrt{\frac{200.000 \text{ MPa}}{290 \text{ MPa}}} = 29,41$$

$\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak)

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$.

$$M_n = f_y \times Z_x$$

$$= 2900 \text{ kg/cm}^2 \times 26100 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 &= 75690000 \text{ kgcm} \\
 &= 756900 \text{ kgm} \\
 \emptyset M_n &= 681210 \text{ kgm} > M_u = 34939,53 \text{ kgm (OK)}
 \end{aligned}$$

Kontrol penampang terhadap tekuk lateral.

Panjang terkekang adalah selisih antara tinggi kolom dan tinggi balok.

$$L_b = 500 \text{ cm} - 80 \text{ cm} = 420 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 30,3 \times \sqrt{\frac{2.000.000 \text{ kg/cm}^2}{2900 \text{ kg/cm}^2}} \\
 &= 1400,46 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$L_b < L_p$ maka termasuk bentang pendek.

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$.

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \times Z_x \\
 &= 2900 \text{ kg/cm}^2 \times 26100 \text{ cm}^3 \\
 &= 75690000 \text{ kgcm} \\
 &= 756900 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = M_p = 756900 \text{ kgm} > M_u = 34939,53 \text{ kgm (OK)}$$

- Kekuatan Lentur dan Aksial Orde Kedua

$$P_{nt} = 1075770,46 \text{ kg}$$

$$M_{nt} = 4636,89 \text{ kgm}$$

$$M_1 = 2337,95 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 4636,89 \text{ kgm}$$

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan arah Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

$$M_r = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \times P_{lt}$$

Dengan

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{2337,95}{4636,89} \right) = 0,421$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 x E x I}{(KL)^2} = \frac{3,14^2 x 2000000 x 1040000}{(1x500)^2} = 82031872 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e1}}}$$

Arah sumbu X

$$P_{1t} = 69741,56 \text{ kg}$$

$$M_{1t} = 32947,72 \text{ kgm}$$

$$P_{story} = 1075770,46 \text{ kg}$$

$$P_{e_{story}} = 17056369,57 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e1}}} = \frac{1}{1 - \frac{1075770,46}{17056369,57}} = 1,06 > 1$$

$$\begin{aligned} P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{1t} \\ &= 1075770,46 \text{ kg} + 1,06 \times 69741,56 \text{ kg} \\ &= 1150206,83 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}} = \frac{0,42}{1 - \frac{1150206,832}{82031872}} = 0,42 < 1$$

Maka $B_1 = 1,0$

$$\begin{aligned} M_r &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{1t} \\ &= 1 \times 4636,89 \text{ kgm} + 1,06 \times 32947,72 \text{ kgm} \\ &= 39802,56 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Arah sumbu Y

$$P_{1t} = 77316,78 \text{ kg}$$

$$M_{1t} = 11067,36 \text{ kgm}$$

$$P_{story} = 1075770,46 \text{ kg}$$

$$P_{e_{story}} = 10325576,92 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{story}}} = \frac{1}{1 - \frac{1075770,46}{10325576,92}} = 1,11 > 1$$

$$\begin{aligned} P_r &= P_{nt} + B_2 \cdot P_{lt} \\ &= 1075770,46 \text{ kg} + 1,11 \times 77316,78 \text{ kg} \\ &= 1162079,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}} = \frac{0,42}{1 - \frac{1162079,33}{82031872}} = 0,42 < 1$$

Maka $B_1 = 1,0$

$$\begin{aligned} M_r &= B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \\ &= 1 \times 4636,89 \text{ kgm} + 1,11 \times 11067,36 \text{ kgm} \\ &= 16991,4 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Aksial – Momen

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh nilai P_r dan $P_c = P_{no}$.

$$\frac{P_r}{\theta P_c} = \frac{1162079,33}{0,9 \times 5170622,4} = 0,249 \geq 2$$

Maka digunakan rumus interaksi sebagai berikut.

$$\frac{P_r}{\theta P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$0,249 + \frac{8}{9} \left(\frac{39802,56}{75690000} + \frac{16991,41}{75690000} \right) \leq 1$$

$$0,25 \leq 1 (\text{OK})$$

4.4.3 Perencanaan Steel Plate Shear Wall

Perhitungan dinding geser pelat baja perlu dihitung pengaruhnya terhadap balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Untuk perencanaan dinding geser plat baja kali ini menggunakan Unstiffened, thin *Steel Plate Shear Wall* (Dinding Geser Plat Baja

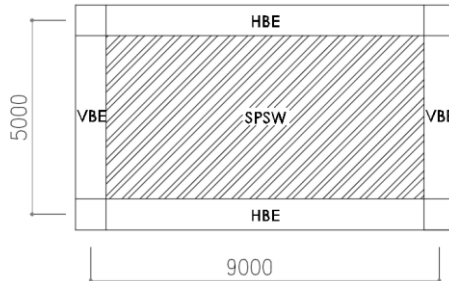
tidak kaku). Dari hasil analisis ETABS 2016 didapatkan gaya geser pada dinding geser yaitu :

$$V_u = 125873,83 \text{ kg}$$

Bahan :

BJ 41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 4. 46 Desain SPSW

Dimensi SPSW = 9 m x 5 m

- Tebal Dinding Geser

Asumsi awal sudut Tarik SPSW 30 dari VBE

$$\phi V_n = 0,9 \times 0,42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha$$

$$125873,83 = 0,9 \times 0,42 \times 2500 \times (900 - 80) \times \sin(2 \times 30)$$

$$t_w = 0,50 \text{ cm digunakan } 1,4 \text{ cm}$$

- Sudut Tarik aktual sesuai ketebalan SPSW

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2Ac}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{1,4 \times 900}{2 \times 5535,36}}{1 + 1,4 \times 500 \left(\frac{1}{307,6} + \frac{500^3}{360 \times 900 \times 500} \right)}}$$

$$\alpha = 36,8^\circ$$

- Kekuatan geser actual SPSW

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,9 \times 0,42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \\ &= 0,9 \times 0,42 \times 2500 \times 1,4 \times (900-80) \times \sin(2 \times 36,8^\circ) \\ &= 1056924,5 \text{ kg} > 125873,83 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

4.4.4 Kontrol Desain Balok (HBE)

Balok HBE direncanakan dengan menggunakan profil WF 800x300x16x30 dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} W &= 241 \text{ kg/m} & r = 28 \text{ mm} \quad h = 808-2(30+28) \\ A &= 307,6 \text{ cm}^2 & Z_x = 9287 \text{ cm}^3 \quad = 692 \text{ mm} \\ t_w &= 21 \text{ mm} & i_y = 6,7 \text{ cm} \quad bf = 302 \text{ mm} \\ t_f &= 30 \text{ mm} & I_x = 339000 \text{ cm}^4 \quad f_y = 250 \text{ Mpa} \\ d &= 808 \text{ mm} & I_y = 13800 \text{ cm}^4 \quad f_u = 410 \text{ Mpa} \end{array}$$

Balok dikontrol akibat adanya distribusi gaya yang disebabkan oleh SPSW

- Momen pada Balok akibat SPSW

$$M_u = \frac{q_u L^2 h}{8}$$

Menentukan nilai q_u

$$\begin{aligned}q_u &= R_y f_y (t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2) \\ &= 1,5 \times 2500 (1,4 \times \cos^2 36,8 - 1,4 \times \cos^2 36,8) \\ &= 0 \text{ kg/cm}\end{aligned}$$

Panjang beban terbagi merata q_u

$$\begin{aligned}L_h &= L - 2 \left[\frac{1}{2} x (d_c + d_b) \right] \\ &= 900 - 2 \left[\frac{1}{2} x (80,8 + 80) \right] \\ &= 731,92 \text{ cm}\end{aligned}$$

Jadi momen pada balok akibat SPSW

$$M_u = \frac{0 \times 731,92}{8} = 0$$

Momen akibat SPSW perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 0 + 8692,45 \text{ Kgm} \\ &= 8692,45 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

• Gaya aksial pada balok HBE

$$P_{\text{HBE}} = P_{\text{HBE(VBE)}} \pm \frac{1}{2} P_{\text{HBE(WEB)}}$$

$$P_{\text{HBE(VBE)}} = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2 \alpha t_w h_c$$

$$P_{\text{HBE(VBE)}} = 0,5 \times 1,5 \times 2500 \times (\sin^2(36,8) \times 1,4 \times 731,92 + \sin^2(36,8) \times 1,4 \times 731,92)$$

$$P_{\text{HBE(VBE)}} = 253250,85 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{HBE(WEB)}} = \frac{1}{2} R_y f_y [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] L_{cf}$$

$$P_{\text{HBE(WEB)}} = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times (0) \times (900 - 80)$$

Nilai $[t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] = 0$ dikarenakan dimensi SPSW antara lantai yang ditinjau dengan lantai atasnya sama.

$$P_{\text{HBE(WEB)}} = 0 \text{ kg}$$

Nilai P_{HBE} pada balok akibat distribusi gaya dari SPSW adalah :

$$\begin{aligned} P_{\text{HBE}} &= 253250,85 + 0 \\ &= 253250,85 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Nilai P_{HBE} pada balok perlu diperhitungkan dengan analisa orde kedua.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha Pr}{Pe1}} \geq 1$$

$$C_m = 1$$

$$KL = 1 \times 900 = 900 \text{ cm}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 E I}{(KL)^2} = \frac{3,14^2 \times 2000000 \times 339000}{(1 \times 900)^2} = 8252850,37 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{1}{1 - \frac{253250,85}{8252850,37}} = 1,03$$

Karena nilai $B_1 = 1,03$, maka faktor pembesar momen digunakan dalam perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} M_r &= B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\ &= 1,03 \times 8692,45 \\ &= 8967,63 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya Geser pada Balok HBE akibat SPSW
Gaya geser akibat SPSW dihitung dengan rumus :

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{u,g}$$

Momen lentur balok M_{pr} dihitung berdasarkan balok yang telah diperlemah (*strength reduced*). Perlemahan diasumsi 2/3 dari modulus penampang plastic balok

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,1 \times R_y \times f_y \times Z_{rbs} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times (2/3 \times 9287) \\ &= 25539250 \text{ kgcm} = 255392,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya aksial HBE pada sambungan mungkin digunakan untuk menghitung kekuatan lentur yang telah diperlemah pada sendi plastis.

$$\begin{aligned} P_y &= f_y A_g \\ &= 2500 \times 307,6 \\ &= 769000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{253250,85}{769000} = 0,34 > 0,2$$

$$M^*_{pr} = \frac{9}{8} (M_{pr}) \left[1 - \frac{P_{u(HBE)}}{P_y} \right]$$

$$M^*_{pr} = \frac{9}{8} (255392,5) \left[1 - \frac{253250,85}{769000} \right]$$

$$M^*_{pr} = 186949,72 \text{ kgm}$$

Nilai V_{ug} didapatkan dari besar gaya geser yang dihasilkan dari program ETABS 2016 akibat beban gravitasi.

$$\begin{aligned} V_{ug} &= 3197,39 \text{ kg} \\ V_u &= \frac{2(186949,72)}{7,319} + 3197,39 \\ V_u &= 54282,13 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Lentur
Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{302}{60} = 5,033$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$$5,033 < 10,74 \text{ (OK)}$$

Bagian badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{21} = 32,95$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$$32,95 < 106,34 \text{ (OK)}$$

Penampang kompak !

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 9287 = 23217500 \text{ kg.cm}$
 $= 232175 \text{ kg.m}$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 232175$$

$$= 208957,5 \text{ kg.m} \geq 8967,63 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Geser

Kontrol geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{21} = 32,95$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,35$$

$32,95 < 63,35$ Sehingga $C_v = 1$

maka

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 145,32 \times 1 = 217980 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 217980 \text{ kg}$$

$$= 196182 \text{ kg} \geq 54282,13 \text{ kg (OK)}$$

- Kekuatan Tekan Balok (HBE)

$$L = 900 \text{ cm}$$

$$K_c = 1 \text{ (sendi - sendi)}$$

$$L_k = K_c \times L = 1 \times 900 = 900 \text{ cm}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{1 \times 900}{6,3}\right)^2} = 4831,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2500}{4831,2} = 0,51 \leq 2,25 \text{ maka } F_{cr} \text{ ditentukan dengan}$$

$$F_{cr} = 0,658^{F_y/F_e} f_y = 2013,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = F_{cr} \times A_g$$

$$= 2013,15 \times 307,6$$

$$= 619246,85 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \times 619246,85$$

$$= 526359,82 \text{ kg} > 253250,85 \text{ kg (OK)}$$

- Interaksi Aksial dan Lentur Balok (HBE) menggunakan rumus interaksi 2

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{cx}} \right) \leq 1$$

$$\frac{253250,85}{526359,82} + \frac{8}{9} \left(\frac{8967,63}{208957,5} \right) \leq 1$$

$$0,51 \leq 1(\text{OK})$$

- Kontrol Momen Inersia HBE terhadap SPSW

$$I_{HBE} \geq 0,0003 \frac{(\Delta t w) L^4}{h}$$

$$339000 \geq 0(\text{OK})$$

- Kontrol Ketebalan Pelat Badan Balok (HBE)

Pada plat badan balok diberi penebalan pelat sebesar 0,5 cm sehingga.

$$t w_{HBE} \geq \frac{t w x R_y x f_y}{f_y_{HBE}}$$

$$2,1 \geq \frac{1,4 x 1,5 x 2500}{2500}$$

$$2,1 \geq 2,1(\text{OK})$$

Balok 800x300x21x30 bisa digunakan untuk balok HBE komponen SPSW

4.4.5 Kontrol Desain Kolom (VBE)

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan pada kolom VBE. Direncanakan sebagai kolom komposit CFT menggunakan profil HSS 800 x 800 x 28 x 28 dengan tinggi kolom VBE 500 cm. Berikut spesifikasi profil yang digunakan:

H = 800 mm	$I_x = 1040000 \text{ cm}^4$	$A_s = 1134 \text{ cm}^2$
B = 800 mm	$I_y = 1040000 \text{ cm}^4$	$A_c = 5535,36 \text{ cm}^2$
t = 28 mm	$Z_x = 26100 \text{ cm}^3$	$E_s = 200000 \text{ Mpa}$
$i_y = 30,3 \text{ cm}$	$Z_y = 26100 \text{ cm}^3$	$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c}$
$i_x = 30,3 \text{ cm}$	$f_y = 290 \text{ Mpa}$	$E_c = 31975,35 \text{ kg/cm}^2$
$f_c' = 40 \text{ Mpa}$	$F_u = 500 \text{ Mpa}$	

- Gaya aksial pada kolom (VBE)

$$P_u = 400704 \text{ (ETABS)}$$

$$E_m = \sum 0,5 R_y f_y \sin 2\alpha t_w h_c + \sum V_u$$

$$= 0,5 \times 1,5 \times 2500 \times \sin(2 \times 40,89) \times 0,4 \times 500 + 2 \times 62456,40$$

$$= 1569098,518 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ total} = 1569098,518 + 400704$$

$$= 1969802,51 \text{ kg}$$

Nilai P_{VBE} merupakan aksial tekan sehingga perlu dihitung kembali dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$C_m = 1$$

$$KL = 1 \times 500 = 500 \text{ cm}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(KL)^2} = \frac{3,14^2 \times 2000000 \times 1040000}{(1 \times 500)^2} = 82031872 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{1}{\left(1 - \frac{1969802,51}{82031872}\right)} = 1,024$$

Karena nilai $B_1 = 1,024$, maka faktor pembesar momen digunakan dalam perhitungan momen.

$$P_r = P_u$$

$$= 1969802,51 \text{ kg}$$

- Momen pada Kolom (VBE) akibat SPSW
- Momen lentur akibat tarikan dinding geser (SPSW) pada sambungan

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(WEB)} &= R_y f_y \sin^2 \alpha t_w \frac{h_c^2}{12} \\
 &= 1,5 \times 2900 \times \sin^2(36,8) \times 1,4 \times \left(\frac{500^2}{12}\right) \\
 &= 45522750 \text{ kgcm} \\
 &= 455227,5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Momen lentur pada saat VBE mengalami tekan

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum Mpb \\
 Mpb_1 &= \frac{M_{pr}}{1,1 R_y} + V_{ush} \\
 &= \frac{25539250}{1,1 \times 1,5} + 54282,13 \times \left(\frac{80,8}{2} + \frac{80}{2}\right) \\
 &= 19842617 \text{ kgcm} = 198426,2 \text{ kgm} \\
 P_u &= \frac{1}{2} P_{HBE(WEB)} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{0}{3288600} = 0$$

$$M_{pr}^* = (M_{pr}) \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{P_u(HBE)}{P_y} \right) \right]$$

$$M_{pr}^* = (2392500) \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{253250,85}{3288600} \right) \right]$$

$$M_{pr}^* = 230037,83 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
 Mpb_2 &= \frac{M_{pr}^*}{1,1 R_y} + V_{ush} \\
 &= \frac{230037,83}{1,1 \times 1,5} + 19670,62 \times \left(\frac{80}{2}\right) \\
 &= 147285,116 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum Mpb \\
 &= 0,5 \times (198426,2 + 147285,116) \\
 &= 172855,64 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{VBE(WEB)} + M_{VBE(HBE)} \\
 &= 172855,64 + 455227,5 \\
 &= 628083,14 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Nilai $B_1 = 1,02$, maka faktor pembesar momen digunakan dalam perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} M_r &= B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\ &= 1,02 \times 628083,14 \\ &= 640644,8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya Geser pada Kolom (VBE) akibat SPSW

$$\begin{aligned} V_{VBE(WEB)} &= \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2 \alpha t_w h_c \\ &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2900 \times \sin^2(36,8) \times 1,4 \times 500 \\ &= 546317,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum \left(\frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\ &= \frac{0,5 \times (628083,14)}{500} \\ &= 628,083 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka gaya geser total :

$$\begin{aligned} V_u &= 546317,56 + 628,083 \\ &= 546945,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Kekuatan Tekan Kolom (VBE)
Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{800}{56} = 14,28$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 59,35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 14,28 \leq 59,35 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f' c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c})$$

$$P_p = 2900 \times 1134 + 0,85 \times 400 (5535,36 + 0)$$

$$P_p = 5170622 > 1969803 (\text{OK})$$

- Kontrol Penampang Profil Terhadap Geser
Kontrol geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{500}{28} = 17,85$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 58,82$$

$$17,85 < 58,82$$

$$C_v = 1$$

maka $V_n = 0,6 f_y A_w C_v$

$$= 0,6 \times 2900 \times 2 \times (80 \times 2,8) = 779520 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 779520 \text{ kg}$$

$$= 701568 \text{ kg} \geq 546945,6 \text{ kg (OK)}$$

- Interaksi aksial dan lentur kolom VBE

$$\frac{P_u}{\emptyset P_n} = \frac{1969802,518}{5170622,4} = 0,38 \geq 0,2$$

$$\frac{P_u}{\emptyset P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{cx}} \right) \leq 1$$

$$0,38 + \frac{8}{9} \left(\frac{640644,88}{681210} \right) \leq 1$$

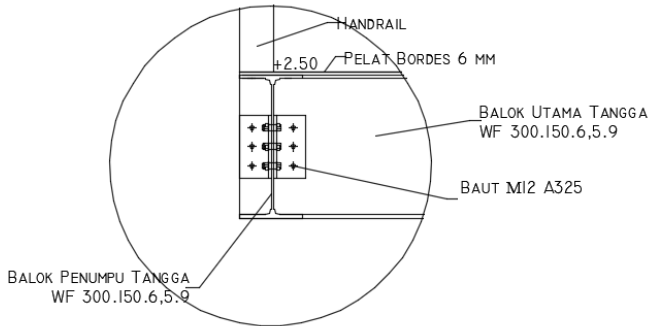
$$0,65 < 1 (\text{OK})$$

4.5 Perencanaan Sambungan

4.5.1 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan simple connection yang didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Dari

perhitungan sebelumnya didapatkan besar gaya geser pada balok utama tangga adalah $V_u = 2660,65$ kg, dan direncanakan menggunakan profil siku 60x60x6.



Gambar 4. 47 Sambungan balok utama dan balok penumpu tangga

- Sambungan pada badan balok utama tangga menggunakan baut A325 M12:

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12\text{mm} \quad (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$f_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 2660,65 \text{ kg}$$

$$m = 2$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7748,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 2,5 - 0,5 (1,2 + 0,15) = 1,825 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,825 \cdot 0,5 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 4100 \\ &= 4489,5 \text{ kg} \leq 5904 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\varnothing.R_n = 0,75 \cdot 4489,5 = 3367,12 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\varnothing \cdot V_n} = \frac{2709,83}{3367,12} = 0,8 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut M12.

- Sambungan pada badan penumpu tangga menggunakan baut A325 M12:

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm} \quad (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$f_{nv} = 4750 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 2709,83 \text{ kg}$$

$$m = 2$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \varnothing \cdot R_n &= \varnothing \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 4750 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7748,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 2,5 - 0,5 (1,2 + 0,15) = 1,825 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,825 \cdot 0,4 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 4100 \\ &= 4489,5 \text{ kg} \leq 5904 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\varnothing \cdot R_n = 0,75 \cdot 3591,6 = 3367,12 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\varnothing \cdot V_n} = \frac{2709,83}{3367,12} = 0,8 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5 d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \\ &= 18 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= \text{Tabel J3.4 s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3 d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

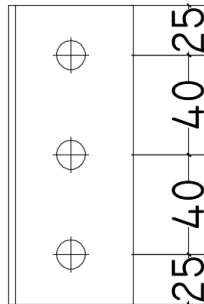
$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60x60x6

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned} \varnothing \text{ lubang} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 48 Pelat penyambung siku

Luas bidang geser

$$A_g = 13 \times t_{siku} = 13 \times 0,6 = 7,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (13 - 2 \times 1,35) \times 0,5 = 5,37 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\emptyset \text{ Pu} = \emptyset \text{ Ag } f_y = 0,9 \cdot 7,8 \cdot 2500 = 17550 \text{ kg}$$

Kuat putus

$$\emptyset \text{ Pu} = \emptyset \text{ An } f_u = 0,75 \cdot 5,37 \cdot 4100 = 10068,75 \text{ kg (Menentukan)}$$

Terdapat 2 siku sehingga

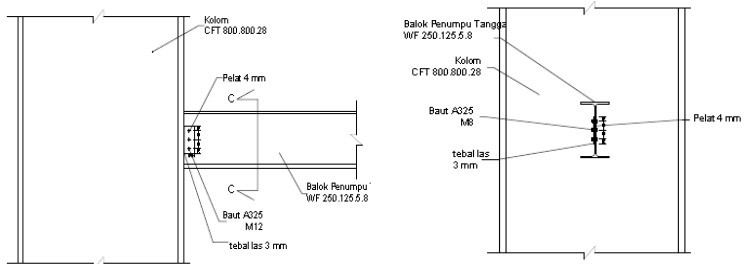
$$2\emptyset \text{ Pu} = 2 \cdot 10068,75 = 20137,5 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2 \emptyset \text{ Pu} \rightarrow 2709,83 \text{ kg} < 19372,5 \text{ kg (OK)}$$

4.5.2 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar 2709,83 kg, dengan dimensi balok penumpu tangga WF 300x150x6,5x9 dan dimensi kolom CFT 800x800x28.



Gambar 4. 49 Sambungan balok penumpu dengan kolom

- Sambungan balok penumpu tangga dengan pelat:

$$\text{Øbaut} = 12\text{mm} \quad (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$f_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 2709,83 \text{ kg}$$

$$m = 1$$

profil tebal pelat = 4mm

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 1 \\ &= 3874,44 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 2 - 0,5 (1,2 + 0,15) = 1,325 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,325 \cdot 0,4 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 4100 \\ &= 2607,6 \text{ kg} \quad \leq 4723,2 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\text{Ø.Rn} = 0,75 \cdot 2607,6 = 1955,7 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{Ø} \cdot V_n} = \frac{2709,83}{1955,7} = 1,38 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

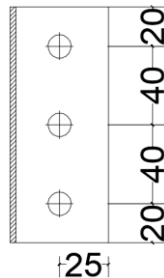
$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 12 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= \text{Tabel J3.4 s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pakai S2 = 25 mm
 Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm
 Pakai S = 40 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung
 Dipakai pelat sambungan tebal = 4mm
 BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 \varnothing lubang = 12 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)
 = 13,5 mm = 1,35 cm



Gambar 4. 50 Pelat penyambung

Luas bidang geser

$$A_g = 2 \times S1 + 2 \times S \times t_{siku} = 12 \times 0,4 = 4,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (12 - 3 \times 1,35) \times 0,4 = 3,18 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\varnothing \text{ Pu} = \varnothing \text{ Ag } f_y = 0,9 \cdot 4,8 \cdot 2500 = 10800 \text{ kg}$$

Kuat putus

$$\varnothing \text{ Pu} = \varnothing \text{ An } f_u = 0,75 \cdot 3,18 \cdot 4100 = 9778,5 \text{ kg (Menentukan)}$$

sehingga

$$\varnothing \text{ Pu} = 9778,5 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq \varnothing \text{ Pu} \rightarrow 2709,83 \text{ kg} < 9778,5 \text{ kg (OK)}$$

- Sambungan Las antara pelat pengambung dengan kolom
 Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$
 Panjang pelat (d pelat) = 12 cm

Mutu las yang digunakan F_{E70xx}

$$\begin{aligned} A_{we} &= te \cdot dpelat \\ &= 1 \times 12 \\ &= 12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$S = \left(\frac{12^2}{6}\right) = 24 \text{ cm}^3$$

$$Pu = 2709,83 \text{ kg}$$

$$Mu = S_2 \times Pu = 2709,83 \times 2,5 = 6774,57 \text{ kgcm}$$

Akibat Pu

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{2709,83}{12} = 225,81 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{6774,57}{24} = 282,27 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{225,81^2 + 282,27^2} \\ &= 361,48 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\phi F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \times 1 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{361,48}{2214,45} = 0,16 \text{ cm}$$

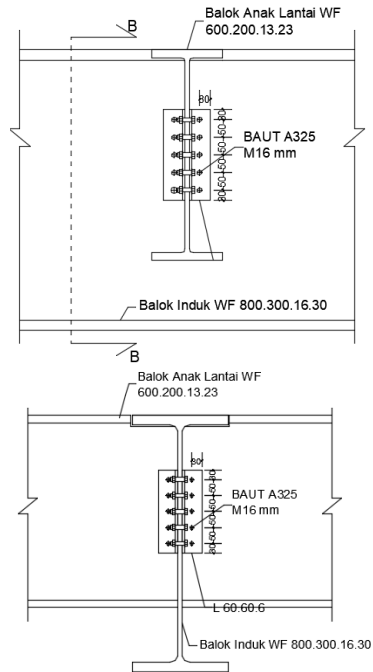
$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,16}{0,707} = 0,23 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis adalah 4 mm sehingga $a_{min} = 3 \text{ mm}$

Maka dipakai las sudut dengan tebal 3 mm.

4.5.3 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lantai

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 22934,12 kg, dengan dimensi balok anak WF 600x200x13x23 dan balok induk WF 800x300x16x30. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60x60x6 dengan baut ukuran M16; $A_s = 2,01 \text{ cm}^2$.



Gambar 4. 51 Sambungan Balok anak dan Balok induk lantai

- Sambungan pada badan balok anak
 - $\text{Ø baut} = 16\text{mm}$ ($A_b = 2,01\text{cm}^2$); A325 ($F_{nv} = 4750\text{kg/cm}^2$)
 - $f_{nv} = 4570\text{ kg/cm}^2$
 - $V_u = 22934,12\text{ kg}$
 - $m = 2$
 - Kuat geser baut:
 - $\text{Ø.Rn} = \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$
 - $= 0,75 \cdot 4570 \cdot 2,01 \cdot 2$
 - $= 13775,80\text{ kg}$
 - Kuat tumpu baut
 - $\ell_c = 3 - 0,5(1,6 + 0,15) = 1,325\text{ cm}$
 - $R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$

$$= 1,2 \cdot 1,325 \cdot 1,3 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,3 \cdot 4100$$

$$= 8474,7 \text{ kg} \leq 20467,2 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 8274,7 = 6356,025 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{Vu}{\emptyset.Vn} = \frac{22934,12}{6356,025} = 3,63 \approx 5 \text{ buah}$$

Dipasang 5 buah baut M16.

- Sambungan di badan balok induk
- \emptyset baut = 16mm ($Ab = 2,01 \text{ cm}^2$); A325 ($F_{nv} = 4750 \text{ kg/cm}^2$)
 $f_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$
 $Vu = 22934,12 \text{ kg}$
 $m = 2$

Kuat geser baut:

$$\emptyset.Rn = \emptyset \cdot F_{nv} \cdot Ab \cdot m$$

$$= 0,75 \cdot 4570 \cdot 2,01 \cdot 2$$

$$= 13775,80 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 3 - 0,5 (1,6 + 0,15) = 1,325 \text{ cm}$$

$$Rn = 1,2 \ell_c t Fu \leq 2,4 d t Fu$$

$$= 1,2 \cdot 1,325 \cdot 2,1 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,6 \cdot 2,1 \cdot 4100$$

$$= 13689,9 \text{ kg} \leq 33062,4 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 13689,9 = 10267,42 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{Vu}{\emptyset.Vn} = \frac{22934,12}{10267,42} = 2,23 \approx 5 \text{ buah}$$

Dipasang 5 buah baut M16.

- Kontrol Baut

Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200 mm

$$= 24 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm}$$

Pakai S1 = 30 mm

Jarak tepi : (S2) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm

$$= 22 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm}$$

Pakai S2 = 30 mm

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm

Pakai S = 50 mm

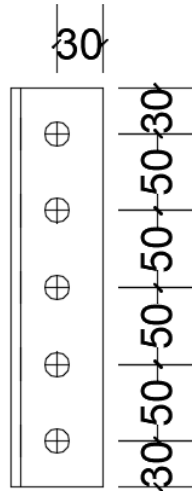
- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai pelat siku penyambung 60x60x6

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

\emptyset lubang = 16 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)

$$= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$$



Gambar 4. 52 Detail Pelat Penyambung

Luas bidang geser

$$A_g = 4 \cdot S_1 + S \times t_{siku} = 26 \times 0,6 = 15,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (26 - 5 \times 1,75) \times 0,6 = 10,35 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\emptyset Pu = \emptyset Ag f_y = 0,9 \cdot 15,6 \cdot 2500 = 35100 \text{ kg}$$

Kuat putus

$$\emptyset Pu = \emptyset An f_u = 0,75 \cdot 10,35 \cdot 4100 = 31826,25 \text{ kg (Menentukan)}$$

Dipasang 2 plat siku sehingga

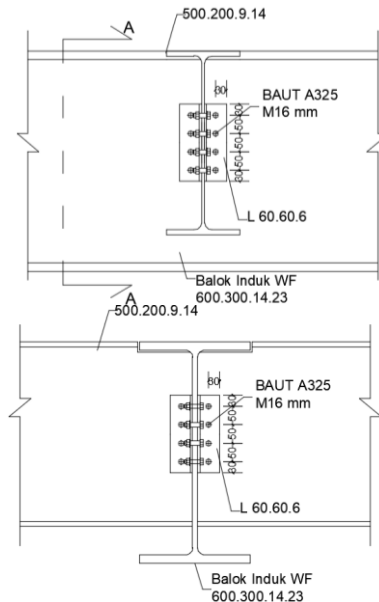
$$2 \emptyset Pu = 63652,5 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2 \emptyset Pu \rightarrow 22934,1 \text{ kg} < 63652,5 \text{ kg (OK)}$$

4.5.4 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Atap

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 14526,22 kg, dengan dimensi balok anak WF 500x200x9x14 dan balok induk WF 600x300x14x23. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60x60x6 dengan baut ukuran M16; $A_s=2,01 \text{ cm}^2$.



Gambar 4. 53 Sambungan Balok Anak dan Induk pada atap

- Sambungan pada badan balok anak
 - $\text{Øbaut} = 16\text{mm}$ ($A_b = 2,01\text{cm}^2$); A325 ($F_{nv} = 4750\text{kg/cm}^2$)
 - $f_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$
 - $V_u = 14526,22 \text{ kg}$
 - $m = 2$
 - Kuat geser baut:
 - $\text{Ø.Rn} = \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$
 - $= 0,75 \cdot 4570 \cdot 2,01 \cdot 2$
 - $= 13775,80 \text{ kg}$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 3 - 0,5 (1,6+0,15) = 1,325 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,325 \cdot 0,9 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,9 \cdot 4100 \\ &= 5867,1 \text{ kg} \qquad \leq 14169,6 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 5867,1 = 4400,325 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{14526,22}{4400,325} = 3,3 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M16.

- Sambungan di badan balok induk

$$\emptyset \text{ baut} = 16 \text{ mm (} A_b = 2,01 \text{ cm}^2 \text{); A325 (} F_{nv} = 4750 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$$

$$f_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 14526,22 \text{ kg}$$

$$m = 2$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 4570 \cdot 2,01 \cdot 2 \\ &= 13775,80 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 3 - 0,5 (1,6+0,15) = 1,325 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,325 \cdot 1,4 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,4 \cdot 4100 \\ &= 9126,6 \text{ kg} \qquad \leq 22041,6 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 9126,6 = 6844,95 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{14526,22}{6844,95} = 2,12 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M16.

- Kontrol Baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5 \text{ db s/d (4tp+100) atau 200 mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d 124 mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 30 \text{ mm}$$

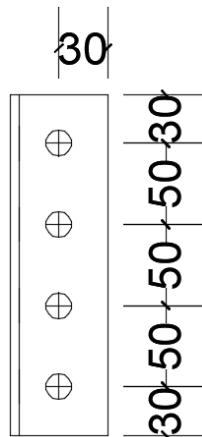
$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d 72 mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3 \text{ db s/d 15tp atau 200 mm}$$

Pakai S = 50 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung
 Dipakai pelat siku penyambung 60x60x6
 BJ41 (f_u) = 4100 kg/cm²
 \varnothing lubang = 16 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)
 = 17,5 mm = 1,75 cm



Gambar 4. 54 Detail Pelat Penyambung

Luas bidang geser

$$A_g = (3 \times S_1 + S) \times t_{siku} = 21 \times 0,6 = 12,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (21 - 4 \times 1,75) \times 0,6 = 8,4 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\varnothing P_u = \varnothing A_g f_y = 0,9 \cdot 12,6 \cdot 2500 = 28350 \text{ kg}$$

Kuat putus

$$\varnothing P_u = \varnothing A_n f_u = 0,75 \cdot 8,4 \cdot 4100 = 25830 \text{ kg (Menentukan)}$$

Dipasang 2 plat siku sehingga

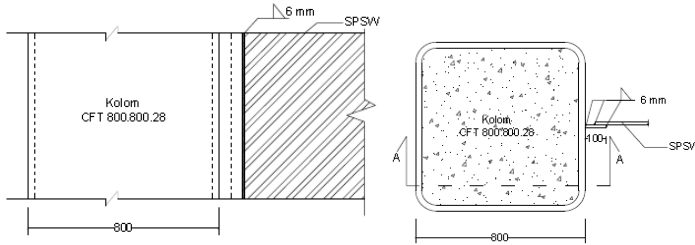
$$2\varnothing P_u = 51660 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2 \varnothing P_u \rightarrow 14526,2 \text{ kg} < 51660 \text{ kg (OK)}$$

4.5.5 Sambungan Steel Plate Shear Wall

Sambungan dinding geser direncanakan dengan menggunakan las F_{E100XX} . Pengelasan dilakukan pada elemen balok (HBE) dan kolom (VBE). Tipe las yang digunakan yaitu las sudut. Sambungan yang telah direncanakan seperti pada gambar 4.55



Gambar 4. 55 Sambungan Dinding Geser

- Sambungan las sudut pada balok HBE
Digunakan las dengan mutu F_{E100XX}

$$W_{HBE} = \frac{Ry \cdot fy \cdot \cos \alpha \cdot tw \sqrt{2}}{\theta \cdot 0,6 \cdot F_{E100xx} (1 + 0,5 \cdot \cos^{1,5} \alpha)}$$

$$W_{HBE} = \frac{1,5 \times 2500 \times \cos(36,8) \times 1,4}{0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,33 \times (1 + 0,5 \times \cos^{1,5} 36,8)} = 1,3 \text{ cm}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis $t = 14$ mm yaitu 6 mm. jadi digunakan las dengan tebal 13 mm

- Sambungan Las sudut pada kolom VBE
Digunakan las dengan mutu F_{E100XX}

$$W_{VBE} = \frac{Ry \cdot fy \cdot \sin \alpha \cdot tw \sqrt{2}}{\theta \cdot 0,6 \cdot F_{E100xx} (1 + 0,5 \cdot \sin^{1,5} \alpha)}$$

$$W_{VBE} = \frac{1,5 \times 2500 \times \sin(36,8) \times 1,4}{0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,33 \times (1 + 0,5 \times \sin^{1,5} 36,8)} = 1,12 \text{ cm}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis $t = 14$ mm yaitu 6 mm. jadi digunakan las dengan tebal 11 mm.

4.5.6 Sambungan Balok Induk dan Kolom

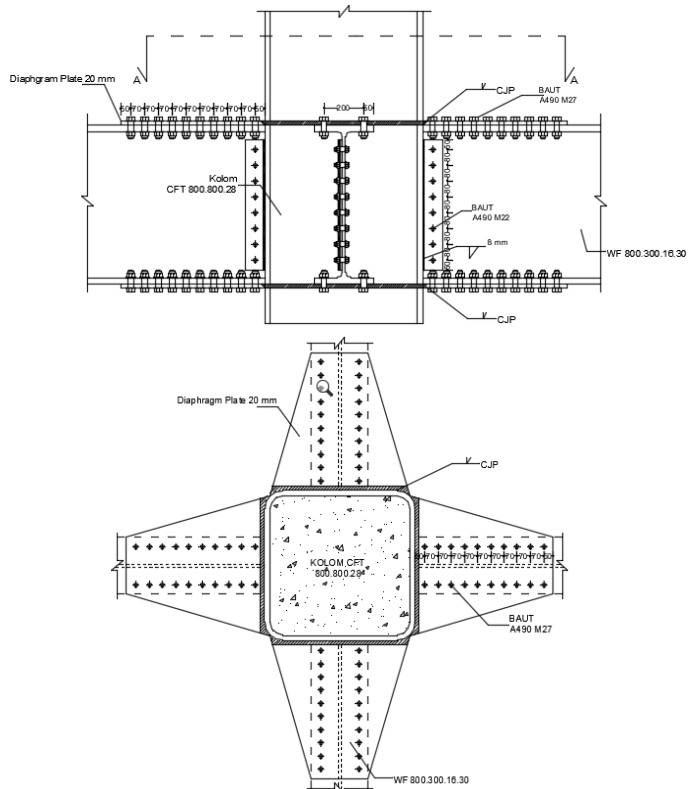
Sambungan antar balok induk – kolom direncanakan sebagai *rigid connection*, yang mana tumpuan pada balok induk terletak sebagai tumpuan yang diberi pelat pengaku.

Balok Induk = WF 800 x 300 x 21 x 30

Kolom = CFT 800 x 800 x 28x 28

Mutu Las = FE_{100xx}

Mutu baut A490 ($F_{nv}=5790 \text{ kg/cm}^2$)



Gambar 4. 56 Sambungan Balok Induk dan Kolom

- Perhitungan gaya geser pada sambungan Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,1 \times R_y \times Z_x \times F_y \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times 9287 \times 2500 \\
 &= 38308875 \text{ kgcm} = 383088,75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= 2 \times M_u/L \\
 &= 2 \times 383088,75/9 \\
 &= 85130,833 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban kombinasi
Dari program ETABS, diperoleh V_u akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 V_{u2} &= 19670,2 \text{ kg} \\
 V_{u \text{ total}} &= 85130,833 + 19670,2 \\
 &= 104801,833 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Sambungan geser pada badan balok
 \emptyset baut = 22mm ($A_b = 3,79 \text{ cm}^2$); A325 ($F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$)
 $f_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$
 $V_u = 104801,833 \text{ kg}$
 $m = 1$

tebal pelat = 13 mm

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}
 \emptyset.R_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\
 &= 0,75 \cdot 5790 \cdot 3,79 \cdot 1 \\
 &= 16498,89 \text{ kg (Menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \ell_c &= 5 - 0,5 (2,2 + 0,15) = 3,825 \text{ cm} \\
 R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\
 &= 1,2 \cdot 4,825 \cdot 1,3 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2,2 \cdot 1,3 \cdot 4100 \\
 &= 24464,7 \text{ kg} \leq 28142,4 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset.R_n &= 0,75 \cdot 24464,7 = 18348,52 \text{ kg} \\
 n &= \frac{V_u}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{104801,833}{16498,89} = 6,35 \approx 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

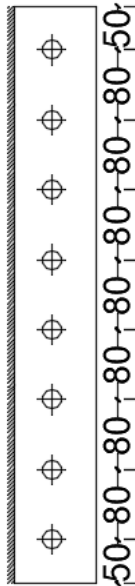
Dipasang 8 buah baut M22.

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 32 \text{ mm s/d } 152 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 50 \text{ mm}$$

Jarak tepi : (S2) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm
 = 28 mm s/d 156 mm
 Pakai S2 = 50 mm
 Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm
 Pakai S = 80 mm
 Kontrol Kekuatan pelat
 BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 \varnothing lubang = 22 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)
 = 23,5mm = 2,35 cm
 Ukuran pelat
 Panjang = $50 + ((8-1) \times 80) + 50 = 660 \text{ mm}$
 Lebar = $2 \times 50 = 100 \text{ mm}$



Gambar 4. 57 Detail Pelat Penyambung

Luas bidang geser

$$A_g = 66 \times t_{\text{Pelat}} = 66 \times 1,3 = 85,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (66 - 8 \times 2,35) \times 1,3 = 61,36 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\emptyset Pu = \emptyset Ag fy = 0,9 \cdot 66 \times 1,3 \cdot 2500 = 193050 \text{ kg}$$

Kuat putus

$$\emptyset Pu = \emptyset An fu = 0,75 \cdot 61,36 \cdot 4100 = 188682 \text{ kg (Menentukan)}$$

sehingga

$$\emptyset Pu = 188682 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq \emptyset Pu \rightarrow 104801 \text{ kg} \leq 188682 \text{ kg (OK)}$$

- Sambungan Geser pada kolom
Direncanakan dengan single plate dengan las sudut dengan tebal plat 13 mm dengan panjang 660 mm. Pengelasan dilakukan pada 1 sisi *single plate* dengan kekuatan E100xx. Dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

- Perencanaan tebal las sudut

$$A_{we} = t_e \cdot d_{pelat}$$

$$= 1 \times 66$$

$$= 66 \text{ cm}^2$$

$$S = \left(\frac{d^2}{3} \right) = \left(\frac{66^2}{3} \right) = 1452 \text{ cm}^3$$

$$Pu = 104801 \text{ kg}$$

$$Mu = S_2 \times Pu = 104801 \times 5 = 524005,16 \text{ kgcm}$$

$$\emptyset F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 = 3163,5 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat Pu

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{104801}{66} = 1587,89 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{524005,16}{1452} = 360,88 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{1587,89^2 + 360,88^2}$$

$$= 1628,38 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{1628,38}{3163,5} = 0,51 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,51}{0,707} = 0,72 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\min} = 6$ mm dan menurut pasal J2.2b.b ukuran maksimum las sudut didapatkan $a_{\max} = 13 - 2 = 11$ mm. Maka dipakai $a = 8$ mm.

- Sambungan pada diaphragm plat dengan kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2 cm

Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ($f_y = 2500$ kg/cm²)

$$T = \frac{Mu}{d \text{ balok}} = \frac{38308875}{80,8} = 474119,74 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 2 = 6327 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nBM} = 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 2 = 3690 \text{ kg/cm}^2 \text{ (menentukan)}$$

Luas las tumpul

$$\begin{aligned} A_1 &= te \cdot d_{\text{plat}} \\ &= 2 \times 80 = 160 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$f_v = \frac{Tu}{A} = \frac{474119,74}{160} = 2963,24 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{nBM} \text{ (OK)}$$

- Sambungan pada diaphragm plat dengan sayap balok

Øbaut = 27mm ($A_b = 5,72$ cm²); A490 ($F_{nv} = 5790$ kg/cm²)

$f_{nv} = 5790$ kg/cm²

$V_u = 474119,74$ kg

$m = 1$

tebal pelat = 20 mm

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 5790 \cdot 5,72 \cdot 1 \\ &= 24850,6 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 5 - 0,5 (2,7 + 0,15) = 3,575 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 3,575 \cdot 2 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2,7 \cdot 2 \cdot 4100 \\ &= 35178 \text{ kg} \leq 53156 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 35178 = 26383,5 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{474119,74}{24850,6} = 19,078 \approx 20 \text{ buah}$$

Dipasang 20 buah baut M24.

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 40,5 \text{ mm s/d } 152 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= \text{Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 34 \text{ mm s/d } 156 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 50 \text{ mm}$$

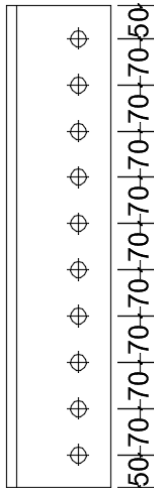
$$\text{Jarak baut : (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 70 \text{ mm}$$

Kontrol Kekuatan pelat sambungan

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{\textcircled{O} lubang} &= 27 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 28,5 \text{ mm} = 2,85 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 58 Detail Pelat Diafragma

Luas bidang geser

$$A_g = 73 \times t_{\text{pelat}} = 73 \times 2 = 146 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (73 - 10 \times 2,85) \times 2 = 89 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\emptyset Pu = \emptyset Agfy = 0,9 \times 146 \times 2500 = 328500 \text{ kg}$$

Kuat putus

$$\emptyset Pu = \emptyset An fu = 0,75 \times 89 \times 4100 = 328410 \text{ kg (Menentukan)}$$

Terdapat 2 pelat sehingga

$$2\emptyset Pu = 656820 \text{ kg}$$

Syarat:

$$Vu \leq 2\emptyset Pu \rightarrow 474120 \text{ kg} < 656820 \text{ kg (OK)}$$

4.5.7 Sambungan HBE dan VBE

Sambungan ini menghubungkan balok HBE profil 800x300x21x30 dengan kolom VBE komposit CFT profil HSS 800x800x28x28 dengan mutu inti beton $f'c = 30 \text{ Mpa}$ pada dinding geser pelat baja.

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan

$$Vu = 3197,39 \text{ (Hasil ETABS 2016)}$$

Gaya geser kapasitas penampang

$$Vu = \frac{2x(1,1RyfyZx)}{L}$$

$$Vu = \frac{2x(1,1x1,5x2500x9287)}{900} = 85310,83 \text{ kg}$$

$$Vu \text{ total} = 3197,39 + 85310,83$$

$$= 88328,22 \text{ kg}$$

- Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$$P_{\text{HBE(VBE)}} = 303250,85 \text{ Kg}$$

$$N_{\text{coll}} = 125873,83 \text{ Kg (gaya geser SPSW)}$$

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned} Nu &= P_{\text{HBE(VBE)}} + N_{\text{coll}} \\ &= 303250,85 + 125873,83 \\ &= 429124,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nu &= N_{\text{coll}} - P_{\text{HBE(VBE)}} \\ &= 125873,83 - 303250,85 \\ &= -177377,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena gaya aksial bersifat Tarik dan tekan maka diambil nilai maksimal

- Kontrol leleh pada pelat sambungan

Mutu baja pelat sambungan = BJ 41

Diameter baut = 30 mm; $A_s = 7,065 \text{ cm}^2$

Ketebalan pelat sambungan = 30 mm

Panjang pelat sambung = 800 mm

Kontrol panjang tekuk $Kl/r < 20$; $f_{cr} = f_y$

Dipasang 1 plat

$$\begin{aligned}\phi_y V_n &= 0,6 \times F_y \times t \times L \\ &= 0,6 \times 2500 \times 1 \times 80 \\ &= 360000 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_c N_n &= 0,9 \times F_y \times t \times L \\ &= 0,9 \times 2500 \times 1 \times 80 \\ &= 540000 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\left(\frac{Vu}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left(\frac{Nu}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{88328,22}{360000} \right)^2 + \left(\frac{429124,68}{540000} \right)^2 \leq 1$$

$$0,69 \leq 1(\text{OK})$$

- Kontrol patah pada pelat sambung

$$\begin{aligned}A_{nv} &= A_g - n(d_b + 1,5 \text{ mm}) t \\ &= (3 \times 80) - 8(3 + 0,15) 3 \\ &= 164,4 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_y V_n &= 0,75 \times 0,6 \times F_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 164,4 \\ &= 303318 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\left(\frac{Vu}{\phi_y Vn} \right)^2 + \left(\frac{Nu}{\phi_c Nn} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{88328,22}{303318} \right)^2 + \left(\frac{429124,68}{540000} \right)^2 \leq 1$$

$$0,71 \leq 1 (\text{OK})$$

- Kontrol geser baut

$$\begin{aligned} \sqrt{Vu^2 + Nu^2} &= \sqrt{88328,22^2 + 429124,68^2} \\ &= 438120,83 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi n F_{nv} A_b \\ &= 0,75 \times 8 \times 5790 \times 7,065 \times 2 \\ &= 490876,2 \text{ kg} > 438120,83 \text{ kg} (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Kontrol Kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah

$$\begin{aligned} 1,2 L_c &= 1,2 \times (7,5 - 1,65) \\ &= 7,02 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,4 D_b &= 2,4 \times 3 \\ &= 7,2 \text{ cm} > 7,02 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol Kuat Tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 1,2 L_c t F_u \\ &= 0,75 \times 7,02 \times 3 \times 4100 \\ &= 64759,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal baut sisanya

$$\begin{aligned} 1,2 L_c &= 1,2 \times (8 - 3) \\ &= 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,4 D_b &= 2,4 \times 3 \\ &= 7,2 \text{ cm} > 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol Kuat Tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 1,2 L_c t F_u \\ &= 0,75 \times 6 \times 3 \times 4100 \\ &= 55350 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk kelompok baut vertikal

$$\phi R_{nv} = (64759,5 + (55350 \times 5)) 1$$

$$\begin{aligned} &= 452209,5 \text{ kg} \\ \text{ØR}_{nh} &= 8 \times 64759,5 \times 1 \\ &= 518076 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{Vu}{\phi y Vn} \right)^2 + \left(\frac{Nu}{\phi c Nn} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{88328,22}{452209,5} \right)^2 + \left(\frac{429124,68}{518076} \right)^2 \leq 1$$

$$0,72 \leq 1(\text{OK})$$

- Kontrol Ukuran Las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi pelat sambung dengan ketebalan las $w = 1,5 \text{ cm}$ dan mutu las FE_{90xx}

$$\begin{aligned} \text{Awe} &= w \times l_{we} \\ &= 80 \times 1,5 \\ &= 120 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned} F_{nv} &= 0,6 \times \text{FE}_{90xx} (1 + 0,5 \sin^{1,5}\theta) \\ &= 0,6 \times 100 \times 70,33 \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ØR}_{nv} &= 0,75 \times F_{nv} \times \text{Awe} \\ &= 0,75 \times 4219,8 \times 120 \\ &= 379782 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal

$$\begin{aligned} F_{nv} &= 0,6 \times \text{FE}_{90xx} (1 + 0,5 \sin^{1,5}\theta) \\ &= 0,6 \times 100 \times 70,33 \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 90) \\ &= 6329,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ØR}_{nh} &= 0,75 \times F_{nv} \times \text{Awe} \\ &= 0,75 \times 6329,7 \times 120 \\ &= 569673 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{Vu}{\phi y Vn}\right)^2 + \left(\frac{Nu}{\phi c Nn}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{88328,22}{379782}\right)^2 + \left(\frac{429124,68}{569673}\right)^2 \leq 1$$

$$0,62 \leq 1(\text{OK})$$

Kontrol sambungan HBE dan VBE terhadap momen

- Momen yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= 1,1 R_y Z_b F_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 9287 \times 2500 \times 2/3 \\ &= 255392,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

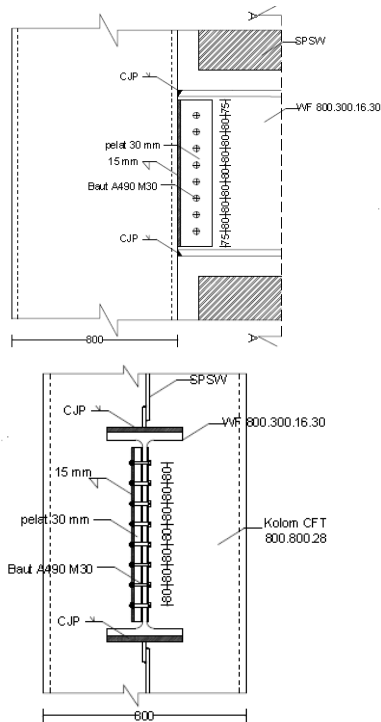
Akibat adanya momen, sayap balok bagian atas akan menerima tarik sebesar

$$Tu = \frac{Mu}{d} = \frac{255392,5}{0,808} = 316079,82 \text{ kg}$$

- Kontrol ukuran las terhadap momen
Penggelasan dilakukan menggunakan las tumpul dengan mutu FE_{100xx} dengan tebal las $w = 2 \text{ cm}$.

$$\begin{aligned} A_{we} &= w \times l_{we} \\ &= 2 \times 30,2 \\ &= 60,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0,75 \times 100 \times 70,33 \times 60,4 \\ &= 318594,9 \text{ kg} > 316079,82 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$



Gambar 4. 59 Sambungan HBE dan VBE

4.5.8 Sambungan Antar Kolom

Sambungan antar kolom pada dinding geser akan disambung dengan menggunakan las sudut dengan mutu F_{E100XX} dan digunakan pelat tambahan dengan tebal 50 mm.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban gravitasi dan beban seismik akibat komponen vertikal.

- Gaya Aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin 2\alpha t_w h_c + \sum V_u$$

Dalam perhitungan sebelumnya didapatkan nilai E_m adalah

$$E_m = 1959593,1 \text{ kg}$$

- Momen pada sambungan

$$\begin{aligned} M_u &= M_{VBE(WEb)} + M_{VBE(HBE)} \\ &= 1035257,34 \text{ kgm} \end{aligned}$$
- Gaya geser pada sambungan

$$\begin{aligned} V_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum \left(\frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\ &= \frac{0,5 \times (1017561,41)}{500} \\ &= 1017,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

Misal $t_e = 1$

$$A_{we} = 4 \times (1 \times 80) = 320 \text{ cm}^2$$

$$I_p = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682666,67 \text{ cm}^4$$

$$S = b \times d + \left(\frac{d^2}{3} \right) = 80 \times 80 + \left(\frac{80^2}{3} \right) = 8533,3 \text{ cm}^3$$

- Akibat P_u

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S}$$

$$f_v = \frac{1959593,1}{320} + \frac{1035257,34}{8533,3} = 18255,65 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{1017,56}{320} + \frac{10352,5734}{8533,3} = 12135,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_y)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(18255,65)^2 + (12135,1)^2} = 21920,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 1 = 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{21920,98}{3164,85} = 6,9 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{6,9}{0,707} = 9,8 \text{ cm}$$

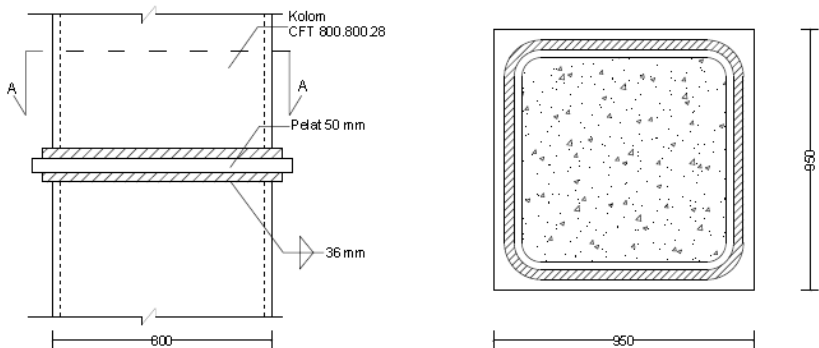
Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 50 \text{ mm}, a_{min} = 8 \text{ mm}$$

$$a_{eff} = \frac{0,6 \times f_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E100xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 5}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 100 \times 70,3}$$

$$a_{\text{eff}} = 4,10 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan $a = 3,6 \text{ cm}$



Gambar 4. 60 Sambungan Antar Kolom

4.5.9 Sambungan Antar Kolom Dimensi Beda

Sambungan kolom dengan kolom yang memiliki beda dimensi direncanakan menggunakan sambungan las penetrasi penuh serta pelat landas sebagai penyambung antar kolomnya. Kolom yang ditinjau adalah kolom lantai 15 dan 16.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai dengan perhitungan sebagai berikut :

- Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 28683,23 \text{ kgm}$$

$$V_u = 14644,45 \text{ kg}$$

$$P_u = 335164,96 \text{ kg}$$

Gaya Tarik (T_u) :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$T_U = \frac{28683,23 \text{ kgm}}{0,6 \text{ m}} \pm 335164,96 \text{ kg}$$

$$= 382970,34 \text{ kg}$$

- Perhitungan Sambungan :
- Sambungan las pada kolom
Direncanakan kekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las Fe_{100xx} :

Tegangan Putus Las $F_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

Tebal las (t_e) = 0,6 cm

$$l_w = d_c \times 4$$

$$= 60 \text{ cm} \times 4 = 240 \text{ cm}$$

$$A_w = t_e \times l_w$$

$$= 0,6 \times 240$$

$$= 144 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_n = 0,8 \times F_u \times A_w$$

$$= 0,8 \times 5000 \times 144$$

$$= 480000 \text{ kg}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{14644,45 \text{ kg}}{0,6 \times 480000 \text{ kg}}\right)^2 + \left(\frac{382970,34 \text{ kg}}{480000 \text{ kg}}\right)^2 \leq 1$$

$$0,63 < 1 \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Dimensi Pelat Landas :
- Kuat Tumpu Kolom
Karena Kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, di asumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan Kuat Tumpu Beton :

$$f_{pmax} = \phi_c \times 0,85 \times f_c'$$

$$= 0,65 \times 0,85 \times 40 \text{ MPa}$$

$$= 22,1 \text{ MPa}$$

$$= 221 \text{ kg/cm}^2$$

Pelat di desain dengan ukuran yang sama dengan dimensi kolom terbesar dan langsung menumpu pada kolom dibawahnya,

maka dimensi pelat landas di desain agar kolom komposit dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$f_p = \frac{P_u}{B \times N} = 335164,96 / (80 \times 80) \\ = 52,36 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan :

$$f_p \leq f_{p_{\max}} \\ 52,36 \leq 221 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Kuat Perlu Pelat Landas

Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$M_{pl} = 0,5 \times f_p \times l^2 \\ = 0,5 \times 52,36 \times 12,5^2 \\ = 5688,34 \text{ kg.cm/cm}$$

Dimana, nilai l diambil terbesar dari λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \ b f} = 15 \text{ cm}$$

maka, ketebalan pelat landas yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$t_p > \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi \ f_y}}$$

$$t_p > 3,2 \text{ cm}$$

sehingga tepal pelat landas (t_p) direncanakan sebesar 40 mm atau 4 cm

• Perhitungan Pelat Pengaku :

- Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$t_p = 15 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 100 \text{ cm}$$

Persyaratan 1

$$t_s \geq 0,5 t_f$$

$$t_s \geq 0,5 \times 28$$

15 mm > 14 mm (**OK**)

Persyaratan 2

$$\frac{bs}{ts} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{100}{15} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

6,67 mm < 15,8 mm (**OK**)

- Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

Tegangan Putus Las $F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$

a = 5 mm

lw = 100 mm

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 0,5) \times 10 \\ &= 7,07 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 7,07 \\ &= 22365,95 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$V_u < \phi R_n$$

14644,45 kg < 22365,95 kg (**OK**)

4.5.10 Sambungan Base plate

Base plate direncanakan menumpu pada kolom pedestal, untuk kemudian beban disalurkan ke kolom basement sehingga harus dilakukan perencanaan kolom pedestal terlebih dahulu.

4.5.10.1 Kolom Pedestal

Direncanakan kolom pedestal dengan dimensi 1100x1100. Output gaya dalam kolom pedestal yang didapat pada Etabs digunakan sebagai input data beban pada perhitungan kolom pedestal menggunakan program PCAcol.

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$P_u = 482933,9 \text{ kg}$$

$$V_u = 9280,67 \text{ kg}$$

$$M_u = 34939,53 \text{ kgm}$$

- Data perencanaan kolom :

$$b = 1100 \text{ mm}$$

$$h = 1100 \text{ mm}$$

$$A_g = 1210000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

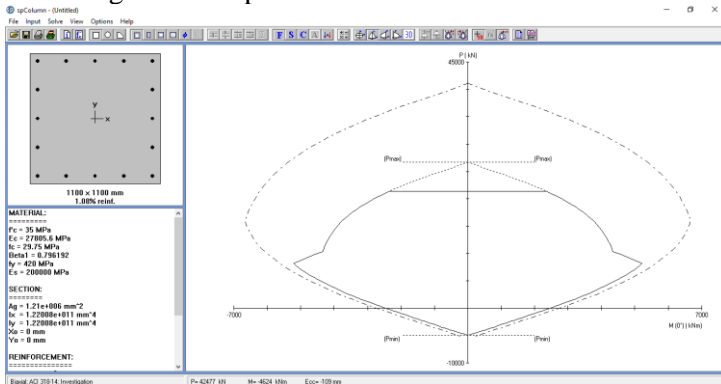
Selimut beton = 40 mm

Tulangan sengkang = $\varnothing 13 \text{ mm}$

Tulangan utama = D32 mm

Tinggi efektif = $1100 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 32) = 1032 \text{ mm}^2$

- Penulangan Lentur pada Kolom



Gambar 4. 61 Hasil Output PCAcol

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,08 \%$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0108 \times 1100 \times 1032 \\ = 12260,16 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 16 D32, $A_s = 12867,96 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi. A_s pakai = $12867,96 \text{ mm}^2 > A_s$ perlu (**OK**)

- Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 9280,67 \text{ kg}$$

Kekuatan geser :

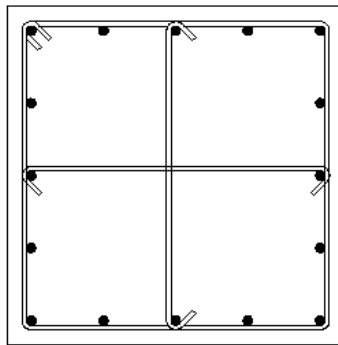
$$V_c = 0,167 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b d \\ = 0,167 \left(1 + \frac{482933,9}{14 \times 1210000} \right) 1\sqrt{35} \times 1100 \times 1032 \\ = 1153535 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c$$

$$= 0,75 \times 1153535 \text{ kg}$$

$$= 865151,2 \text{ kg} > V_u = 9280,67$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 13 - 200$, sengkang tiga kaki.



Gambar 4. 62 Penulangan Kolom Pedestal

4.5.10.2 Perencanaan Sambungan

Perencanaan Base Plate direncanakan dengan ukuran :

$$H = 100 \text{ cm}$$

$$B = 100 \text{ cm}$$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya yang bekerja pada kolom CFT HSS 800x800x28x28 lantai dasar adalah:

$$P_u = 482933,92 \text{ kg}$$

$$M_u = 34939,53 \text{ kgm}$$

$$V_u = 19548,32 \text{ kg}$$

Direncanakan las sudut pada daerah yang diarsir pada profil HSS sehingga didapatkan :

Dimisalkan $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 80) = 320 \text{ cm}^2$$

$$I_p = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682666,67 \text{ cm}^4$$

$$S = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 80 \times 80 + \left(\frac{80^2}{3}\right) = 8533,3 \text{ cm}^3$$

- Akibat P_u

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S_x}$$

$$f_v = \frac{482933,92}{380} + \frac{34939,53}{8533,3}$$

$$f_v = 1918,61 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} = \frac{19548,32}{280} + \frac{34939,53}{8533,3} = 438,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_y)^2}$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(438,44)^2 + (1918,61)^2} = 1968,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{nw}} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 1 = 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{F_{\text{nw}}} = \frac{1968,07}{3164,85} = 0,62 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,62}{0,707} = 0,87 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{\text{plat}} = 70 \text{ mm}, a_{\text{min}} = 8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{eff}} = 1,41 \frac{F_u}{F_{\text{exx}}} \times t = 1,41 \frac{4100}{100 \times 70,3} \times 7$$

$$a_{\text{eff}} = 5,75 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan $a = 2 \text{ cm}$

- Perhitungan *base plate*

Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{34939,53}{482933,92} = 7,23 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \times 100$$

$$= 16,66 \text{ cm} > e = 7,23 \text{ cm}$$

Karena $1/6 h > e$, maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis).

Direncanakan diameter baut : $30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$

$$h' \geq we + c1$$

$$we = \text{jarak baut ke tepi} = 2 \times db = 2 \cdot 3 = 6 \text{ cm}$$

$$c1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \cdot 3 = 5,06 \text{ cm}$$

$$h' \geq 6 + 5,06 = 11,06 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5 \cdot h' = 100 - 0,5 \times 11,06 = 94,46 \text{ cm}$$

$$B = 100 \text{ cm}$$

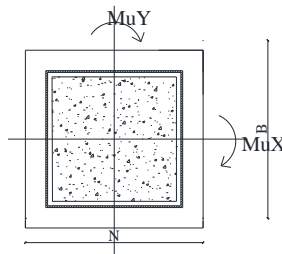
Dimensi beton :

Panjang = 1100 mm

Lebar = 1100 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{110 \times 110}{100 \times 100}} = 1,21$$

- Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 4. 63 Momen yang terjadi pada base plate

- Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{482933,92}{100 \times 100} = 39,91 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban M_u

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot N^2} = \frac{6 \times 34939,53}{100 \cdot 100^2} = 15,75 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_{p \text{ max}} = f_{pa} + f_{pb} = 39,91 + 15,75 = 55,66 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,65 \times 0,85 \times 35 \times 1,21 = 23,39 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 233,98 > f_{p \text{ max}} = 55,66 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{100 - 0,95 \cdot 80}{2} = 12 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left(f_{p \text{ max}} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left(55,66 - 2 \times 15,75 \times \frac{12}{100} \right) \cdot \left(\frac{12^2}{2} \right) + \left(2 \times 15,75 \times \frac{12}{100} \right) \cdot \left(\frac{12^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 3916,95 \text{ kg.cm/cm}$$

- Menentukan tebal *base plate*

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 3916,95}{0,9 \cdot 2500}} = 4,63 \text{ cm} < 7 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan pelat pengaku

Pelat pengaku direncanakan seperti dengan dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas

Tebal pelat pengaku minimum (t_s)

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f \rightarrow 0,5 \times 2,8 = 1,4 \text{ cm}$$

Tebal pelat pengaku (t_s) = 2 cm dengan las minimum ($a = 8\text{mm}$)

- Perencanaan baut angkur

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan $1/6 h > e$, maka dipasang angkur praktis.

- Perhitungan baut angkur
Dipakai baut angkur M30 mutu F1554 grade 105

$$\varnothing \text{baut} = 30 \text{ mm (} A_b = 7,065 \text{ cm}^2 \text{);}$$

$$f_{nv} = 7240 \text{ kg/cm}^2$$

$$m = 1$$

$$\text{tebal pelat} = 70 \text{ mm}$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \varnothing \cdot R_n &= \varnothing \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 7240 \cdot 7,065 \cdot 1 \\ &= 38362,95 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 7,5 - 0,5 (3 + 0,15) = 5,925 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 5,925 \cdot 7 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 4100 \\ &= 204057 \text{ kg} \leq 206640 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\varnothing \cdot R_n = 0,75 \cdot 204057 = 153042,75 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\varnothing \cdot V_n} = \frac{9280,67}{38362,95} = 0,24 \approx 8 \text{ buah}$$

Dipasang 8 buah angkur baut M30.

- Panjang Angkur

$$f'_c \text{ beton} = 5076,32 \text{ psi}$$

$$f_y \text{ angkur} = 60915,8 \text{ psi}$$

$$d_b = 1,18 \text{ inc}$$

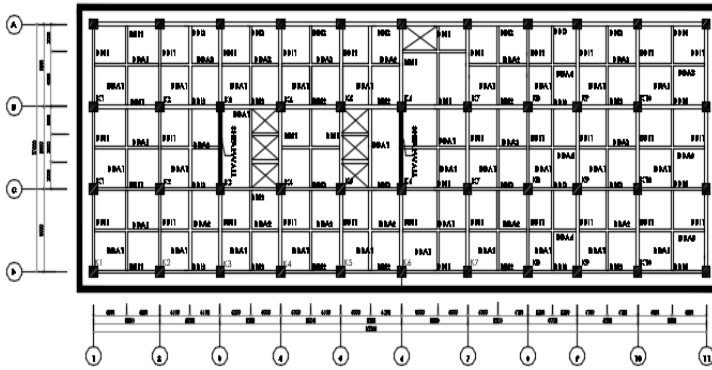
$$\begin{aligned} L_{db} &= \frac{0,02 \lambda x f'_c}{(\lambda x f_y)^2} x d_b = \frac{0,02 \times 1 \times 5076,32}{(1 \times 60915,8)^2} x 1,18 \\ &= 20,17 \text{ inc} = 512,50 \text{ mm (pakai 550 mm)} \end{aligned}$$

4.6 Perencanaan Struktur Bawah

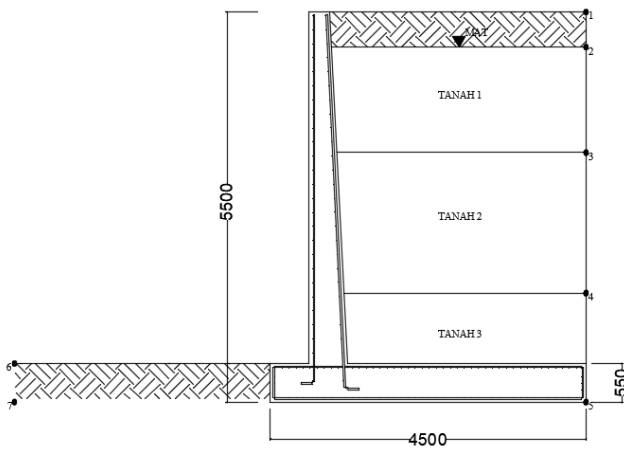
4.6.1 Perencanaan *Basement*

4.6.1.1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

- Data Perencanaan



Gambar 4. 64 Denah Dinding Penahan Tanah



Gambar 4. 65 Dimensi Dinding Penahan Tanah

Tabel 4. 22 Data Tanah

Data	$\gamma_{sat}(\text{kN/m}^3)$	$\gamma_{dry} (\text{kN/m}^3)$	$c (\text{kN/m}^2)$	ϕ
Tanah 1	16.26	12.04	20	19
Tanah 2	17.17	12.62	16	19
Tanah 3	18.18	13.56	21	19

- Tekanan Tanah

Berikut merupakan contoh perhitungan tekanan tanah aktif pada kedalaman sampai 0,5 m.

$$\sigma v'(0) = q + \gamma'x h = 0 + 12,04 \times 0 = 0 \text{ kN/m}$$

$$\sigma v'(0,5) = \sigma v1 + \gamma'x h = 0 + 12,04 \times 0,5 = 6,02 \text{ kN/m'}$$

$$Ka = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{19}{2} \right) = 0,508$$

$$\sigma h'(0) = (\sigma v' \times Ka) - (2xc' \times \sqrt{Ka})$$

$$\sigma h'(0) = 0 - (2 \times 20 \times \sqrt{0,508}) = -28,53 = 0 \text{ kN/m'}$$

$$\sigma h \text{ total } (0) = \sigma h' + \gamma_{air} \times h = 0 \text{ kN/m'}$$

$$\sigma h'(-0,5) = (\sigma v' \times Ka) - (2xc' \times \sqrt{Ka})$$

$$\sigma h'(-0,5) = (6,02 \times 0,508) - (2 \times 20 \times \sqrt{0,508})$$

$$= -25,46 \frac{\text{kN}}{\text{m'}} = 0 \text{ kN/m'}$$

$$\sigma h \text{ total } (-0,5) = \sigma h' + \gamma_{air} \times h = 0 \text{ kN/m'}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif dari lapisan tanah yang ditinjau.

Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Overburden Tanah Aktif dan Pasif

Tanah	Titik	γ' (kN/m)	γ_w (kN/m)	H (m)	ov (kn/m ²)	
Aktif	1		12.04	9.81	0	0
	2	atas	12.04	9.81	0.5	6.02
		bawah	6.45	9.81	0.5	9.245
	3	atas	6.45	9.81	1.5	18.92
		bawah	7.36	9.81	1.5	29.96
	4	atas	7.36	9.81	2	44.68
		bawah	8.37	9.81	2	61.42
Pasif	5		8.37	9.81	1.55	74.3935
	6		8.37	9.81	0	0
	7		8.37	9.81	0.55	4.6035

Tabel 4. 24 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Aktif

Teg.horizontal tanah aktif				
Titik		$\sigma'v \cdot Ka$ (kn/m²)	$2c\sqrt{ka}$ (kn/m²)	σH
1		0	28.53172272	-28.531723
2	atas	3.062897744	28.53172272	-25.468825
	bawah	4.703735822	28.53172272	-23.827987
3	atas	9.626250053	28.53172272	-18.905473
	bawah	15.24325854	22.82537817	-7.5821196
4	atas	22.73260319	22.82537817	-0.092775
	bawah	31.24969758	29.95830885	1.29138873
5		37.85044574	29.95830885	7.89213689
			Total	9.18352562

Tabel 4. 25 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Pasif

Teg.horizontal tanah pasif				
Titik		$\sigma'v \cdot Kp$ (kn/m²)	$2c\sqrt{kp}$ (kn/m²)	σH
6		0	58.88182837	58.8818284
7		9.0479906	58.88182837	67.929819
			Total	126.811647

Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan Tekanan Air Tanah Aktif

Tekanan air tanah aktif			
titik	γ_w (kN/m³)	H (m)	U (kN/m²)
3	9.81	1.5	14.715
4	9.81	2	34.335
5	9.81	1.55	49.5405

Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan Tekanan Air Tanah Pasif

Tekanan air tanah pasif			
titik	γ_w (kN/m³)	H (m)	U (kN/m²)
6	9.81	0	0
7	9.81	0.55	5.3955

Dinding penahan tanah direncanakan dengan dimensi seperti pada gambar 4.61 dan harus mampu menahan geser dan guling.

- Kontrol Guling

Akibat tekanan aktif tanah

$$Pa = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times 0 \times 0,5 = 0 \text{ kN}$$

$$M = \frac{1}{3} \times x \times Pa = 0 \text{ kNm}$$

Tabel 4. 28 Momen Akibat Tekanan Tanah Aktif, Pasif, dan Air

	Pa	x	M (kNm)
Pa1	2	0.775	1.55
Pa2	5.11	0.51667	2.640166667
Pp1	32.37	0.25	8.0925
Pp2	2.49	0.16667	0.415
Pa air	125.08	1.66667	208.4666667
Pp air	1.49	0.16667	0.248333333

Tabel 4. 29 Momen Akibat Dinding Penahan Tanah dan Tanah

Ket	A (m)	W (kn/m)	x (m)	M (kNm)
beton 1	2.47	58.1191	2.25	130.767975
beton 2	1.5	35.295	0.7	24.7065
beton 3	0.625	14.70625	0.975	14.33859375
tanah 4	0.025	0.4545	1.083	0.4922235
tanah 5	0.1	1.717	1.017	1.746189
tanah 6	0.056	0.91056	0.925	0.842268
tanah 7	0.0062	0.074648	0.866	0.064645168
tanah 8	3.4	61.812	2.8	173.0736
tanah 9	6.9	118.473	2.775	328.762575
tanah 10	5.32	86.5032	2.725	235.72122
tanah 11	1.81	21.7924	2.68	58.403632

$$FS_{guling} = \frac{Mr}{Mo} = \frac{977,67}{212,65} = 4,59 > 1,5 \text{ (OK)}$$

- Kontrol Geser

$$F_s = \frac{(\sum V) \tan \delta' + Bc'_a + Pp}{P_a \cos \alpha}$$

$$F_s = \frac{291,73 * 0,286 + 4,5 * 21 + 36,3}{132,19 \times \cos(90)} = 1,6 > 1,5 \text{ (OK)}$$

4.6.1.2 Penulangan Dinding Penahan Tanah

- Penulangan dinding penahan tanah pada badan retaining wall

$$M_u = 1,4 \times M_o = 1,4 \times 212,65 = 297,71 \text{ kNm} = 297710000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 550 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu tulangan} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,83$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = 0,85 \times 0,83 \times 30 / 420 (600 / (600 + 420)) = 0,029$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,029 = 0,022$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,0032$$

ρ_{min} dipakai 0,0033

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan

$$dx = 550 - 40 - (0,5 \times 22) = 499 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{297710000}{0,9 \times 1000 \times 499^2} = 1,32$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 1,32}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,00324$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,00333$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,00333 \times 1000 \times 499 = 1663,33 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{AS_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{1663,33} = 228,42 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur Ø22-200.

- Penulangan di toe dan heel

$$Mu = 1,4 \times Mo = 1,4 \times 212,65 = 297,71 \text{ kNm} = 297710000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 550 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu tulangan} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,835$$

$$\rho b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho b = \frac{0,85 \times 0,835 \times 30}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,029$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho b = 0,75 \times 0,029 = 0,022$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033 \text{ atau } \rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,0032$$

ρ_{min} dipakai 0,0033

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan

$$dx = 500 - 40 - (0,5 \times 16) = 502 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{297710000}{0,9 \times 1000 \times 502^2} = 1,31$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 1,31}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0032$$

ρ pakai = 0,0033

$$AS_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 502 = 1673,33 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{Asperlu} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1673,33} = 120,09 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur Ø16-100.

4.6.1.3 Perencanaan Pelat Dasar *Basement*

Data-data perencanaan pelat beton:

Tebal pelat = 250 mm

Selimut beton = 50 mm

$L_x = 900 \text{ cm}$

$L_y = 900 \text{ cm}$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{450}{450} = 1 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Mutu beton = 35 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

Elevasi Muka Air Tanah = -4,5 m

Berat Jenis Air = 1000 kg/m³

Pada pelat dasar *basement* terdapat 2 kondisi maksimum yang terjadi yaitu pada saat musim hujan terjadi dan tidak ada kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu uplift akibat air serta pada saat musim kemarau yang menyebabkan muka air tanah dibawah elevasi *basement* serta terdapat kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu akibat beban parkir kendaraan

- Akibat gaya *uplift* air

Dari data tersebut, dapat dihitung gaya uplift yg bekerja dengan sebagai berikut:

$$q_{\text{air}} = h_{\text{air}} \times \text{berat jenis air} = 4,5 \times 1000 = 4500 \text{ kg/m}^2$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(35 - 28)}{7} = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 350}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,033$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0333 = 0,025$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25x\sqrt{35}}{420} = 0.0035$$

ρ_{min} dipakai 0.0035

$$m = \frac{f_y}{0.85f'c} = \frac{420}{0.85x35} = 14,11$$

dx=tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah

$$dx=250-50-(0,5x22) = 189 \text{ mm}$$

dy=tebal pelat - selimut beton – diameter tulangan bawah -0,5 diameter tulangan atas

$$dy=250-50-12-(0,5x22) = 167 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$M_x = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 4500 \cdot 9^2 \cdot 21 = 7654,5 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 4500 \cdot 9^2 \cdot 52 = -18954 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 4500 \cdot 9^2 \cdot 21 = 7654,5 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 4500 \cdot 9^2 \cdot 52 = -18954 \text{ kgm}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{189540000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 189^2} = 5,89$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{14,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x14,11x5,89}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0157$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0157$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,0157 \times 1000 \times 189 = 2986,08 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25x\pi x \emptyset^2 x 1000}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25x\pi x 22^2 x 1000}{2986,08} = 127,3 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D22-120.

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{189540000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 167^2} = 7,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{14,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,11 \times 7,55}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0211$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0211$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho b d = 0,0211 \times 1000 \times 167 = 3528,95 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \varnothing^2 \times 1000}{A_{s\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{3528,95} = 107,7 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D22-100.

Tabel 4. 30 Penulangan Pelat Basement akibat *uplift* air

Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
Pelat 1	Lx = 900 cm	Ø22-120 mm	Ø22-100 mm
	Ly = 900 cm		
Pelat 2	Lx = 820 cm	Ø22-130 mm	Ø22-100 mm
	Ly = 900 cm		
Pelat 3	Lx = 670 cm	Ø22-150 mm	Ø22-90 mm
	Ly = 900 cm		
Pelat 4	Lx = 930 cm	Ø22-100 mm	Ø22-100 mm
	Ly = 900 cm		

- Akibat beban parkir
Peraturan pembebanan pada struktur pelat *basement* akibat parkir ini menggunakan SNI 1727-2013.
- Beban Mati
 - Berat beton (0.25x2400) = 600 kg/m²
 - Berat spesi 1 cm = 21 kg/m² +
- Total = 621 kg/m²
- Beban Hidup
 - Lantai = 800 kg/ m²
- Total (q_L) = 800 kg/ m²
- Beban Berfaktor
q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(621) + 1,6(800) = 2025,2 kg/m²
dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah
dx = 250 - 50 - (0,5x22) = 189 mm

dy=tebal pelat - selimut beton – diameter tulangan bawah -0,5
diameter tulangan atas

$$dy=250-50-22-(0,5 \times 22)= 167 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel
13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$Mlx = 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 2025,2 \cdot 9^2 \cdot 21 \\ = 3444,86 \text{ kgm}$$

$$Mtx = -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 2025,2 \cdot 9^2 \cdot 52 \\ = -8530,14 \text{ kgm}$$

$$Mly = 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 2025,2 \cdot 9^2 \cdot 21 \\ = 3444,86 \text{ kgm}$$

$$Mty = -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 2025,2 \cdot 9^2 \cdot 52 \\ = -8530,14 \text{ kgm}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{85301424}{0,9 \cdot 1000 \cdot 189^2} = 2,65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{14,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,11 \times 2,65}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0066$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0066$$

$$ASperlu = \rho b d = 0,0066 \times 1000 \times 189 = 1252,59 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{Asperlu} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{1252,59} = 303,47 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D22-120. (Spasi tulangan disamakan dengan hasil gaya akibat *uplift* air untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan).

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{85301424}{0,9 \cdot 1000 \cdot 167^2} = 3,39$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{14,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,11 \times 3,39}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0086$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0086$$

$$ASperlu = \rho b d = 0,0086 \times 1000 \times 167 = 1438,78 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{Asperlu} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000}{1438,78} = 264,2 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D22-100. (Spasi tulangan disamakan dengan hasil gaya akibat *uplift* air untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan).

Tabel 4. 31 Penulangan Pelat *Basement* akibat beban parkir

Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
Pelat 1	Lx = 450 cm	Ø22-120 mm	Ø22-100 mm
	Ly = 450 cm		
Pelat 2	Lx = 465 cm	Ø22-130 mm	Ø22-100 mm
	Ly = 450 cm		
Pelat 3	Lx = 500 cm	Ø22-150 mm	Ø22-90 mm
	Ly = 450 cm		
Pelat 4	Lx = 335 cm	Ø22-100 mm	Ø22-100 mm
	Ly = 450 cm		

4.6.1.4 Perencanaan Dinding Geser *Basement*

- Data perencanaan

Data perencanaan adalah sebagai berikut:

Tebal dinding = 40 cm

Tebal decking = 40 mm

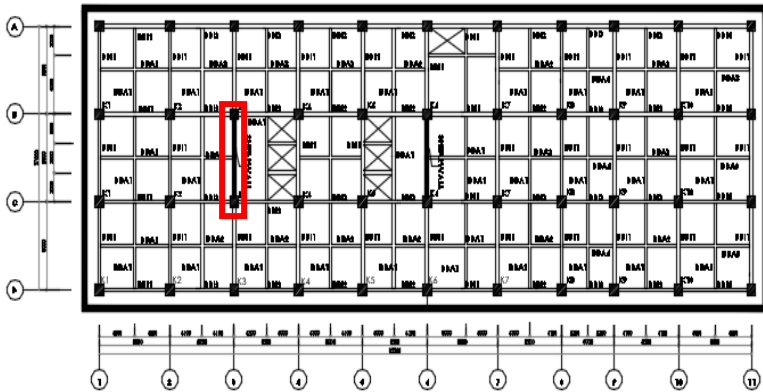
Tulangan = 16 mm

Mutu tulangan (f_y) = 420 MPa

Mutu beton (f'_c) = 35 Mpa

Tinggi lantai = 5 m

Lebar dinding = 900 cm



Gambar 4. 66 Dinding Geser yang Ditinjau

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada dinding geser, yaitu:

Tabel 4. 32 Tabel Rekapitulasi Dinding Geser

Pu (kN)	M ((kNm)	V (kN)
26286,11	10752,28	2794,85

- Kuat aksial rencana
Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847-2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_n = 0,55\phi\sqrt{f'_c}A_g \left[1 - \left(\frac{k l_c}{32h} \right)^2 \right]$$

$$\phi P_n = 0,55 \times 0,75 \times \sqrt{35} \times 400 \times 9000 \times \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 9000}{32 \times 400} \right)^2 \right]$$

$$\phi P_n = 60056,30 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > P_u$$

$$60056,30 \text{ kN} > 26286,11 \text{ kN (OK)}$$

- Pemeriksaan tebal dinding geser
Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 2847-2013, pasal 11.9.3)

$$V_u < 0.83\sqrt{f'c} \cdot h \cdot d = 0.83\sqrt{35} \cdot 400 \cdot 9000 = 17677,24 \text{ kN}$$

$$V_u < V_n$$

$$2794,85 \text{ kN} < 17677,24 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

- Penulangan geser dinding

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi $0.17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c}$.

$$V_u < 0.17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c} = 0.17 \times 400 \times 9000 \times \sqrt{35}$$

$$2794,85 \text{ kN} < 36206,4 \text{ kN} \rightarrow 1 \text{ lapis tulangan}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4: bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$$400 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

- Penulangan geser horizontal dan vertical

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.2: Rasio tulangan horizontal (ρ_t) tidak boleh kurang dari 0,0025 dan menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.4: Rasio tulangan Vertikal (ρ_l) tidak boleh kurang dari:

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hw}{lw} \right) (\rho_t - 0,0025) \text{ dan } 0,0025$$

Spasi tulangan horizontal tidak boleh lebih dari:

$$s \leq \frac{9000}{5} = 1800 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$s \leq 3 \times 400 = 1200 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Dipakai tulangan horizontal dua lapis 2D16 ($A_s=401,92 \text{ mm}^2$)

$$\rho_n = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{401,92}{250 \times 400} = 0,004 > \rho_{min} = 0,0025$$

$$V_n = A_{cv} [\alpha_c \sqrt{f'c} + \rho_n f_y]$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{5000}{9000} = 0,56 > 1,5 ; \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0,25$$

$$V_n = 400 \times 9000 [0,25\sqrt{35} + 0,004 \times 420] = 11401,5 \text{ kN}$$

$$\phi V_n > V_u$$

$$7267,39 \text{ kN} > 2794,85 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D16 – 250 mm.

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hw}{lw} \right) (\rho_n - 0,0025)$$

$$\rho_t = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{5000}{9000} \right) (0,004 - 0,0025)$$

maka $\rho_t = 0,0039$

Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{5000}{3} = 1666,67 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 3h = 1200 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

S pakai = 250 mm (OK)

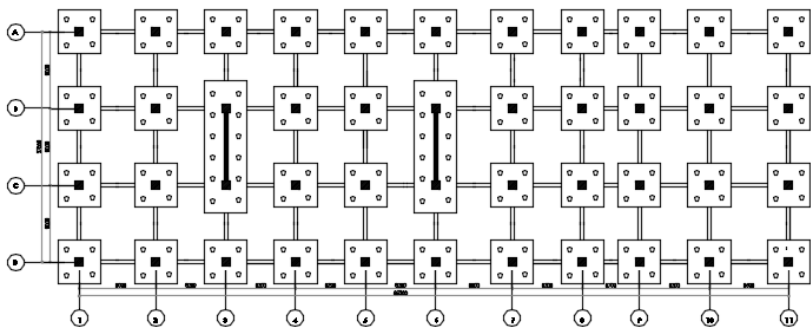
Dipakai tulangan vertikal dua lapis 2D16 ($A_s = 401,92 \text{ mm}^2$)

$$\rho_n = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{401,92}{250 \times 400} = 0,004 > \rho_{min} = 0,003$$

Maka, digunakan tulangan geser vertikal 2D16 – 250 mm

4.6.2 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan di atasnya yang bertujuan untuk meneruskan beban ke tanah yang diterima oleh kolom secara bertahap dan merata.



Gambar 4. 67 Denah Pondasi

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75(0,7E) + 0,75L
- 0,6D + 0,7E

Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 1000 mm
- *Wall thickness* : 140 mm
- Klasifikasi : C
- *Concrete cross section* : 3782 cm²
- Berat : 946 kg/m
- *Bending moment crack* : 120 tm
- *Bending momen ultimate* : 240 tm
- *Allowable axial load* : 556,7 t

4.6.2.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :
 $Q_u = Q_p + Q_s$.

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Koreksi terhadap muka air tanah
Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$

a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$

b. $N_1 = 0.6 N$

Kemudian pilih harga N_1 yang terkecil

- Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah
Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{(1 + 0,4 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{(3,25 + 0,1 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

- Perhitungan daya dukung satu tiang pancang
Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = C_n \times A_{ujung} = 40 \times \tilde{N} \times A_{ujung}$$

$$Q_s = \sum C_{li} \times A_{si}$$

Dimana :

\tilde{N} = Harga rata – rata N_2 4D dibawah ujung sampai dengan 8D diatas ujung tiang

C_{li} = $N/2$ untuk tanah lempung atau lanau dan $N/5$ untuk tanah pasir

A_{si} = Luas selimut tiang pada segmen $i = O_i \times h_i$

O_i = Keliling tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P \text{ ijin } 1 \text{ tiang} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

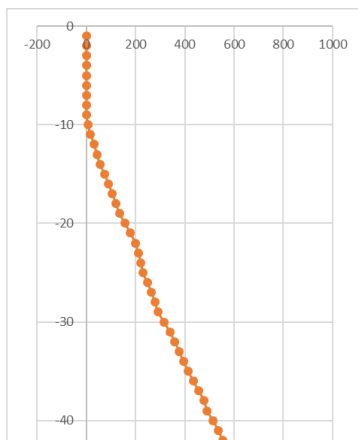
Tabel 4. 33 Daya Dukung Tanah Kedalaman 1-20 m

depth (m)	N	Q.ujung	Cli	Asi	Cli.Asi	Σcli.Asi	Q.ult	Q.ijin
1	0	0	0	3.142	0	0	0	0
2	0	0	0	3.142	0	0	0	0
3	0	0	0	3.142	0	0	0	0
4	0	0	0	3.142	0	0	0	0
5	0	0	0	3.142	0	0	0	0
6	0	0	0	3.142	0	0	0	0
7	0	0	0	3.142	0	0	0	0
8	0	0	0	3.142	0	0	0	0
9	0	0	0	3.142	0	0	0	0
10	0	12.35486	0	3.142	0	0	12.35	4.118
11	0	36.34106	0	3.142	0	0	36.34	12.11
12	0	65.72541	0	3.142	0	0	65.73	21.91
13	0	88.37647	0	3.142	0	0	88.38	29.46
14	5	107.6704	2.5	3.142	7.85398	7.85398	115.5	38.51
15	10	134.4419	5	3.142	15.708	23.5619	158	52.67
16	14.5	159.7811	2.9	3.142	9.11062	32.6726	192.5	64.15
17	19	183.7399	3.8	3.142	11.9381	44.6106	228.4	76.12
18	16.5	203.29	3.3	3.142	10.3673	54.9779	258.3	86.09
19	14	227.834	2.8	3.142	8.79646	63.7743	291.6	97.2
20	13.5	255.6272	6.75	3.142	21.2058	84.9801	340.6	113.5

Tabel 4. 34 Daya Dukung Tanah Kedalaman 21-32 m

depth (m)	N	Q.ujung	Cli	Asi	Cli.Asi	Σ cli.Asi	Q.ult	Q.ijin
21	13	286.56	6.5	3.142	20.42035	105.4004	391.96	130.7
22	18	315.965	3.6	3.142	11.30973	116.7102	432.675	144.2
23	23	331.537	4.6	3.142	14.45133	131.1615	462.698	154.2
24	26.5	336.992	5.3	3.142	16.65044	147.8119	484.804	161.6
25	30	338.514	6	3.142	18.84956	166.6615	505.176	168.4
26	29	361.818	5.8	3.142	18.22124	184.8827	546.701	182.2
27	28	383.094	5.6	3.142	17.59292	202.4756	585.569	195.2
28	30	394.742	6	3.142	18.84956	221.3252	616.067	205.4
29	32	405.737	6.4	3.142	20.10619	241.4314	647.169	215.7
30	29	417.58	14.5	3.142	45.55309	286.9845	704.565	234.9
31	26	433.314	13	3.142	40.8407	327.8252	761.14	253.7
32	25	442.828	12.5	3.142	39.26991	367.0951	809.923	270

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tanah, maka tiang pancang direncanakan berhenti sampai elevasi -29 m yang memiliki nilai daya dukung sebesar 215,7 ton.



Gambar 4. 68 Grafik Antara Daya Dukung Tanah dengan Kedalaman

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS, diambil output semua reaksi perletakkan.

Tabel 4. 35 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1

Tipe 1							
Kombinasi beban	P	Hy	Hx	My	Mx	Qu ijin	Jumlah tiang
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	pancang
D	4186.05	27.5946	26.2081	80.8	72.45	2115.29	4
D+L	8283.62	64.4493	61.9558	190	171.7489	2115.29	4
D+0,75L	5713.08	46.6472	44.8009	138	125.0675	2115.29	4
D+0,7Ex	3607.86	16.2171	36.6735	39.7	238.8372	2115.29	4
D+0,7Ey	3638.67	10.9711	61.0717	56.6	128.5916	2115.29	4
D+0,75(0,7Ex)+L	5788.45	20.1393	58.8476	126	267.397	2115.29	4
D+0,75(0,7Ey)+L	5811.56	40.5304	77.1463	54.3	184.7128	2115.29	4
0,6D+0,7Ex	1933.44	27.2549	26.1903	7.32	209.8572	2115.29	4
0,6D+0,7Ey	1964.25	0.0667	50.5885	88.9	99.6116	2115.29	4

Tabel 4. 36 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2

Tipe 2							
Kombinasi beban	P	Hy	Hx	My	Mx	Qu ijin	Jumlah tiang
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	pancang
D	16679	6.2577	286.8253	304.5519	1.7131	2115.29	12
D+L	24897.5	10.4854	656.9354	451.1561	54.699	2115.29	12
D+0,75L	22827.7	8.7899	592.4403	403.6848	47.5842	2115.29	12
D+0,7Ex	14989.9	101.5557	398.9596	261.2759	292.0121	2115.29	12
D+0,7Ey	11186.9	33.1503	398.9677	261.277	69.7322	2115.29	12
D+0,75(0,7Ex)+L	23676.1	83.8748	656.9385	451.1601	183.9901	2115.29	12
D+0,75(0,7Ey)+L	20823.8	32.5707	656.9446	451.1608	17.2802	2115.29	12
0,6D+0,7Ex	8342.53	100.0745	239.3773	156.7676	302.5082	2115.29	12
0,6D+0,7Ey	4539.47	31.669	239.3855	156.7687	80.2282	2115.29	12

4.6.2.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 2 meter. Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang didesain :

$$\bar{P}_{\text{ltiang}} = 556,7 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{\text{ltiang}} = 215,7 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 215,7 ton.

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η) menurut *Seiler-Keeney Formula*.

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - 0,242 \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) = 0,758$$

Dimana :

\emptyset = diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

Sehingga perhitungan efisiensinya menjadi

$$QL (\text{group}) = QL (1 \text{ tiang}) \times C_e = 556,7 \times 9.81 \times 0,758 = 4205,09 \text{ kN}$$

4.6.2.3 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{\text{max}} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{\text{max}}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{\text{max}}}{\Sigma y^2} \leq P_{\text{ijin tanah}} (1 \text{ tiang})$$

Perhitungan jarak tiang

$$2D \leq S \leq 3D$$

dengan S = jarak antar tiang

$$200 \leq S \leq 300$$

dipakai S = 250 cm

$$1D \leq S \leq 2D$$

dengan S = jarak tepi

$$100 \leq S \leq 200$$

dipakai S = 150 cm

$$P = 4186,05 \text{ kN}$$

$$N = 4 \text{ tiang}$$

$$M_x = 72,45 \text{ kNm}$$

$$M_y = 80,83 \text{ kNm}$$

$$X_{\max} = 1,5 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1,5 \text{ m}$$

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{\max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{\max}}{\Sigma y^2}$$

$$P_{\max} = \frac{4186,05}{4} \pm \frac{80,83 \times 1,5}{6^2} \pm \frac{72,45 \times 1,5}{6^2}$$

$$P_{\max} = 1072,06 \text{ kN} \leq 4205,09 \text{ kN (1 tiang) (OK)}$$

Tabel 4. 37 Rekap Hasil Kontrol Tiang Pancang Tipe 1

Kombinasi beban	P	My	Mx	P/n	MyxX/Ex2	MxX/Ey2	Pmax	Pijin	Ket
	kN	kNm	kNm				kN	kN	
D	4186.053	80.8341	72.45	1047	13.47235	12.075	1072.060625	4205.096	OK
D+L	8283.623	189.7586	171.7489	2071	31.62643333	28.624817	2131.1571	4205.096	OK
D+0,75L	5713.085	138.21	125.0675	1428	23.035	20.844583	1472.150808	4205.096	OK
D+0,7Ex	3607.865	39.6506	238.8372	902	6.608433333	39.8062	948.3807833	4205.096	OK
D+0,7Ey	3638.672	56.5607	128.5916	909.7	9.426783333	21.431933	940.5267667	4205.096	OK
D+0,75(0,7Ex)+L	5788.454	126.4477	267.397	1447	21.07461667	44.566167	1512.754283	4205.096	OK
D+0,75(0,7Ey)+L	5811.56	54.2892	184.7128	1453	9.0482	30.785467	1492.723617	4205.096	OK
0,6D+0,7Ex	1933.443	7.3169	209.8572	483.4	1.219483333	34.9762	519.5565083	4205.096	OK
0,6D+0,7Ey	1964.251	88.8944	99.6116	491.1	14.81573333	16.601933	522.4804167	4205.096	OK

Tabel 4. 38 Rekap Hasil Kontrol Tiang Pancang Tipe 2

Kombinasi beban	P	My	Mx	P/n	MyxX/Ex2	MxX/Ey2	Pmax	Pijin	Ket
	kN	kNm	kNm				kN	kN	
D	16679.02	304.5519	1.7131	1390	16.91955	0.085655	1406.923322	4205.096	OK
D+L	24897.5	451.1561	54.699	2075	25.06422778	2.73495	2102.590503	4205.096	OK
D+0,75L	22827.74	403.6848	47.5842	1902	22.42693333	2.37921	1927.118177	4205.096	OK
D+0,7Ex	14989.93	261.2759	292.0121	1249	14.51532778	14.600605	1278.276666	4205.096	OK
D+0,7Ey	11186.87	261.277	69.7322	932.2	14.51538889	3.48661	950.2407822	4205.096	OK
D+0,75(0,7Ex)+L	23676.07	451.1601	183.9901	1973	25.06445	9.199505	2007.270188	4205.096	OK
D+0,75(0,7Ey)+L	20823.78	451.1608	17.2802	1735	25.06448889	0.86401	1761.243266	4205.096	OK
0,6D+0,7Ex	8342.533	156.7676	302.5082	695.2	8.709311111	15.12541	719.0457878	4205.096	OK
0,6D+0,7Ey	4539.469	156.7687	80.2282	378.3	8.709372222	4.01141	391.0098906	4205.096	OK

4.6.2.4 Kontrol Kekuatan Tiang

- Kontrol terhadap Gaya Aksial
Untuk tiang pancang diameter 100 cm kelas C, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 556,7 ton.

$$P_{\max} = 255,8 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} = 556,7 \text{ ton}$$

- Kontrol terhadap Gaya Momen
Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)” :

$$M_{\max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$

$$f = \frac{H}{9 C_u d}$$

Dimana:

H = Lateral Load

e = jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

D = diameter pondasi

dari lampiran data tanah di ketahui $C_u = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

$$f = \frac{H}{9 C_u d} = \frac{9116}{9 \times 1,5 \times 100} = 6,75 \text{ cm}$$

$$M_{\max} = H (e + 1,5d + 0,5f) = 9116 (0 + 1,5 \times 100 + 0,5 \times 6,75) = 13980000 \text{ kgcm} = 13,98 \text{ tm}$$

Untuk diameter 100 mm kelas C pada brosur, momen tidak diperkenankan melebihi $M_{\text{crack}} = 120 \text{ tm}$.

Cek kekuatan momen tiang :

$$M_{\text{crack}} = 120 \text{ tm} > M = 13,98 \text{ tm} \text{ (OK)}$$

Tabel 4. 39 Rekap Kontrol Momen Tipe 1

Tipe1									
Kombinasi beban	Hy	Hx	H	e	D	Cu	f	Mmax	Mijin
	kg	kg	Kg		cm	kg/m2	cm	tm	tm
D	2813.821	2672.44	3880.6605	0	100	1.5	2.87456334	5.876767	120
D+L	6571.895	6317.6329	9116.0458	0	100	1.5	6.752626528	13.98185	120
D+0,75L	4756.615	4568.3478	6595.0881	0	100	1.5	4.885250469	10.05373	120
D+0,7Ex	1653.658	3739.5968	4088.9079	0	100	1.5	3.028820678	6.195285	120
D+0,7Ey	1118.723	6227.4812	6327.1687	0	100	1.5	4.686791644	9.639024	120
D+0,75(0,7Ex)+L	2053.604	6000.6898	6342.363	0	100	1.5	4.698046692	9.662528	120
D+0,75(0,7Ey)+L	4132.885	7866.6082	8886.1838	0	100	1.5	6.582358359	13.62174	120
0,6D+0,7Ex	2779.182	2670.6249	3854.36	0	100	1.5	2.855081456	5.836563	120
0,6D+0,7Ey	6.801399	5158.5093	5158.5138	0	100	1.5	3.821121355	7.836327	120

Tabel 4. 40 Rekap Kontrol Momen Tipe 2

Tipe2									
Kombinasi beban	Hy	Hx	H	e	D	Cu	f	Mmax	Mijin
	kg	kg	Kg		cm	kg/m2	cm	tm	tm
D	638.0977	29247.576	29254.536	0	100	1.5	21.67002647	47.05154	120
D+L	1069.196	66987.703	66996.235	0	100	1.5	49.62684071	117.1184	120
D+0,75L	896.3061	60411.137	60417.786	0	100	1.5	44.75391568	104.1463	120
D+0,7Ex	10355.63	40681.91	41979.245	0	100	1.5	31.09573699	69.49575	120
D+0,7Ey	3380.336	40682.736	40822.931	0	100	1.5	30.23920829	67.40666	120
D+0,75(0,7Ex)+L	8552.713	66988.019	67531.797	0	100	1.5	50.02355316	118.1886	120
D+0,75(0,7Ey)+L	3321.234	66988.641	67070.922	0	100	1.5	49.68216458	117.2675	120
0,6D+0,7Ex	10204.6	24409.303	26456.528	0	100	1.5	19.59742826	42.27719	120
0,6D+0,7Ey	3229.288	24410.139	24622.819	0	100	1.5	18.23912507	39.17972	120

- Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

δ = defleksi yang terjadi

Fd = koefisien defleksi

P = Gaya lateral 1 tiang

T = *Relative stiffnes Factor*

Pondasi Tiang Pancang Tipe 2

Jumlah tiang = 12

Hmax = 67,53 t

H 1 tiang = 5,62

Cu = 1,5 kg/cm²

$$Qu = 2 \times Cu = 2 \times \frac{1,5}{0,977} = 3,07 \frac{t}{ft^3}$$

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan $f = 38 \text{ t/ft}^3 = 1,2 \text{ kg/cm}^3$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 4700\sqrt{fc} = 4700\sqrt{50} = 332340 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (100 - 72)^4 = 30171,9 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{332340 \times 30171,9}{1,2}\right)^{\frac{1}{5}} = 96,47 \text{ cm}$$

Fd(deflection coefficient)

L = 29 m = 2900 cm (kedalaman tiang pancang)

T = 96,47 cm

L/T = 30,06

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan Fd = 0,9

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,9 \left(\frac{67,531 \times 96,47^3}{332340 \times 30171,9}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$\delta = 0,2 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm}$ (OK)

Kontrol Momen :

$M_{\text{crack}} = 120 \text{ tm}$

L/T = 33,17

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan Fm = 0,9

$$M = Fm(PT) \leq M_{\text{banding crack}}$$

$$M = 0,9 \times (67,53 \times 0,96) \leq 120 \text{ tm}$$

$M = 58,34 \text{ tm} \leq 120 \text{ tm}$ (OK)

4.6.3 Perencanaan Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer.

$P_u = 29974,97 \text{ kN}$

$P_{\max} (1 \text{ tiang}) = 2131,15 \text{ kN}$

Jumlah tiang pancang = 12 buah

Dimensi poer = $5,5 \times 15,5 \times 2 \text{ m}$

Mutu beton (f_c') = 40 MPa

Mutu baja (f_y) = 420 MPa

Diameter tulangan = 29 mm

Selimut beton = 50 mm

$\lambda = 1$ (beton normal)

Tinggi efektif (d):

$d_x = 2000 - 50 - \frac{1}{2} 29 = 1936 \text{ mm}$

$d_y = 2000 - 50 - 29 - \frac{1}{2}(29) = 1907 \text{ mm}$

4.6.3.1 Kontrol Geser Ponds

- Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

dimana :

$\alpha_s = 20$ untuk kolom sudut, $\alpha_s = 30$ untuk kolom tepi, $\alpha_s = 40$ untuk kolom interior

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek = $1550/550 = 2,8$

b_o = Keliling penampang kritis :

$$b_o = 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2(h_{\text{kolom}} + d)$$

$$b_o = 2 (1100 + 1907) + 2 (1100 + 1907) = 12026 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{2,8} \right) 1\sqrt{40} \times 12026 \times 1907 = 42145489,46 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1907}{12026} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 12026 \times 1907$$

$$V_{c2} = 100391695 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 12026 \times 1907 = 4287223,94 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_u$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 42145489,46 \text{ N} = 31609117,1 \text{ N} = 31609,11 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 31609,11 \geq 29974,97 \text{ kN (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Tiang Pancang

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek = $1550/550 = 2,8$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (1000 + 1907)) = 9131,039 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{2,8} \right) 1\sqrt{40} \times 9131,039 \times 1907$$

$$= 32000009,14 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1907}{9131,03} + 2 \right) 1 \sqrt{40} \times 9131,039 \times 1907$$

$$V_{c2} = 94597173,2 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 9131,039 \times 1907 = 36663273,52 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_{pile}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 32000009,14 \text{ N} = 24000006,86 \text{ N} = 24000 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 24000 \geq 2131,15 \text{ kN (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

4.6.4 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$d_x = 2000 - 50 - \frac{1}{2} 29 = 1936 \text{ mm}$$

$$d_y = 2000 - 50 - 29 - \frac{1}{2}(29) = 1907 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0363$$

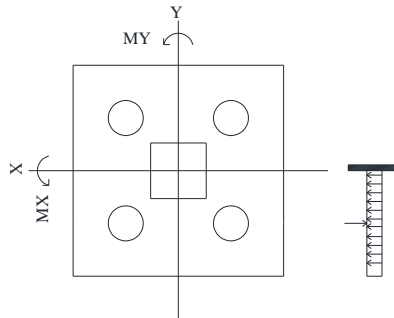
$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0363 = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0033 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25x\sqrt{40}}{420} = 0.00376$$

ρ_{min} dipakai 0.0033

$$m = \frac{f_y}{0.85f'c} = \frac{420}{0.85x40} = 12,35$$

- Penulangan poer arah sumbu X



Gambar 4. 69 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)

$$P_{max} = 217,32 \text{ ton}$$

$$q = 5,5 \times 2 \times 2,4 = 26,4 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 26,4 \text{ ton/m} \times 1,4 = 47,52 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$M_u = 2 \cdot P_{max} \cdot a - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2$$

$$= (2 \times 217,32 \times 1,5) - (\frac{1}{2} \times 47,52 \times (2,5)^2)$$

$$= 503,46 \text{ t.m}$$

$$= 5034600000 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{5034600000}{0,9 \cdot 5500 \cdot 1936^2} = 0,27$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,27}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,00064$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0033$$

$$A_{Sperlu} = \rho b d = 0,0033 \times 1000 \times 1936 = 6453,33 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{As_{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 29^2 \times 1000}{6453,33} = 102,3 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D29-100 mm.

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_x$$

$$As = \frac{1}{2} \times 0,0033 \times 1000 \times 1936 = 3226,67 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D25 ($As = 490,62 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{As_{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3226,67} = 152 \text{ mm}$$

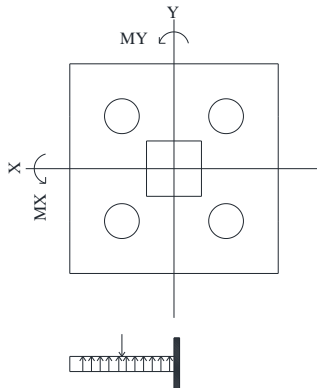
Sehingga digunakan tulangan lentur D25-100 mm.

- Penulangan poer arah sumbu Y

$$P_{\max} = 217,32 \text{ ton}$$

$$q = 5,5 \times 2 \times 2,4 = 26,4 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 26,4 \text{ ton/m} \times 1,4 = 47,52 \text{ ton/m}$$



Gambar 4. 70 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y)

Momen yang bekerja :

$$Mu = 2 \cdot P_{\max} \cdot a - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2$$

$$= (2 \times 217,32 \times 1,5) - (\frac{1}{2} \times 47,52 \times (2,5)^2)$$

$$= 503,46 \text{ t.m}$$

$$= 5034600000 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{5034600000}{0,9.5500.1907^2} = 0,27$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,27}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0066$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0037$$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho b d = 0,0037 \times 1000 \times 1907 = 7179,12 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{AS_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 29^2 \times 1000}{7179,12} = 147,34 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D29-100 mm.

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d_y$$

$$As = \frac{1}{2} \times 0,0033 \times 1000 \times 1907 = 3589,56 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D25 ($As = 490,62 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{As_{\text{perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3589,56} = 136,68 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-100 mm.

Tabel 4. 41 Rekapitulasi Tulangan pada Poer

Poer tipe 1		
Dimensi	5,5x5,5x2	
Jumlah Tiang Pancang	4	
X	atas	D25-100
	bawah	D29-100
Y	atas	D25-100
	bawah	D29-100
Poer tipe 2		
Dimensi	5,5x15,5x2	
Jumlah Tiang Pancang	12	
X	atas	D25-150
	bawah	D29-150
Y	atas	D25-150
	bawah	D29-150

4.6.5 Perencanaan Kolom Beton

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi.

Dimensi Kolom = 110/110 cm

Tebal decking (d') = 50 mm

Mutu tulangan (f_y) = 420 Mpa

Mutu beton (f'_c) = 35 Mpa

4.6.5.1 Kontrol Dimensi Kolom

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diperoleh beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom:

$P_{u_{max}}$: 8591,81 kN

$V_{u_{max}}$: 108,57 kN

$T_{u_{max}}$: 127,09 kNm

M_y : 371,52 kNm

M_x : 582,75 kNm

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $\geq A_g \times \frac{f'_c}{10}$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

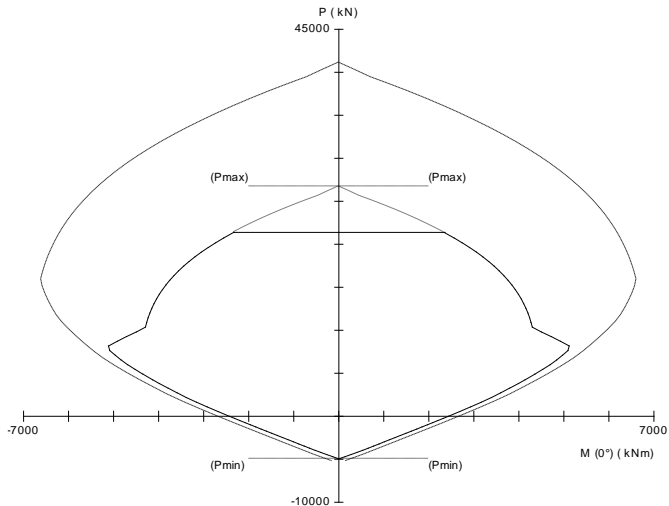
- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.
 $1100 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$
 - Rasio dimensi besar dari 0.4
 $\text{Rasio } b/h = 1100/1100 = 1 > 0.4$
- Dari hasil program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 8591,81 kN

$$8591,81 \text{ kN} \geq 1100 \times 1100 \times \frac{35}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$8591,81 \text{ kN} \geq 4235 \text{ kN (OK)}$$

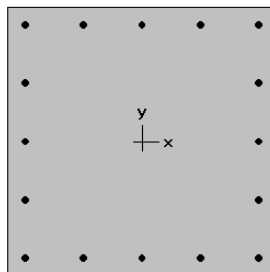
4.6.5.2 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu spColumn, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4. 71 Diagram Interaksi Kolom 110/110 cm

Dari hasil spColumn Design diatas, didapatkan tulangan longitudinal yang dapat dipakai adalah **16D32**.



Gambar 4. 72 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn

Grafik Interaksi Aksial dan Momen Pada Kolom

$\phi M_n = 3267,95 \text{ kNm} > M_u = 582,75 \text{ kNm}$ (OK)

4.6.5.3 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal pada Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0.01 A_g$ atau lebih dari $0.06 A_g$.

$$A_{st} = 13110 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 1210000 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program spColumn diperoleh Tulangan longitudinal: 16D32, dengan rasio tulangan = 1,08 %.

$$0.01 A_g < A_s < 0.06 A_g$$

$$12100 \text{ mm}^2 < 13110 \text{ mm}^2 < 72600 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

4.6.5.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2: kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

Dimana:

$$P_u = 8591,81 \text{ kN}$$

$$\phi = 0.65$$

$$A_g = 1210000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 16 \frac{1}{4} \pi 32^2 = 13110 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$\phi P_n = 0,8 \times 0.65 (0,85 \times 35 (1210000 - 13110) + 420 \times 13110)$$

$$\phi P_n = 22715306,82 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 22715,3 \text{ kN} > P_u = 8591,81 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

4.6.5.5 Persyaratan *Strong Column Weak Beam*

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2 tentang kekuatan lentur minimum kolom menyatakan persamaan:

$$\sum M_{nc} > 1,2 \sum M_{nb}$$

Di mana ΣM_{nc} adalah momen kapasitas kolom dan ΣM_{nb} merupakan momen kapasitas balok. M_{nc} dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur rendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah didapat jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. ΣM_{nc} didapat dari diagram interaksi aksial dan momen kolom sebesar 3267,95 kN.m.

Nilai M_{nb} dicari dari jumlah balok yang menyatu dengan kolom 1100x1100, yang dapat dihitung dengan rumus

$$M_{nb} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \times 0,8, \text{ di mana nilai}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2945,23 \times 420}{0,85 \times 35 \times 400} = 101,47 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = A_{s,terpasang} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 2945,23 \times 420 \times \left(534,3 - \frac{101,47}{2} \right)$$

$$M_{nb} = 583,92 \text{ kNm}$$

$$1,2 \sum M_{nb} = 1,2 \left(M_{nb}^+ + M_{nb}^- \right) = 1,2 (583,92 + 583,92) = 1401,41 \text{ kNm}$$

Sehingga persyaratan untuk *strong column weak beam*:

$$\sum M_{nc} > 1,2 \sum M_{nb}$$

$$3267,95 \text{ kNm} > 1401,41 \text{ kNm (OK)}$$

4.6.5.6 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$F_s = 1,25 \times F_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$$

$$L_n = 5000 - 600 = 4400 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 6179968,7 \text{ kNm}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 6179968,7}{4400} = 2809,07 \text{ kN}$$

$$V_{ex} = 2809,07 \text{ kN} > V_u = 108,57 \text{ kN (OK)}$$

4.6.5.7 Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang L_o harus dikekang oleh tulangan trasversal (A_{sh}) dengan spasi sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3.

Pemasangan Tulangan di Daerah Sendi Plastis

Jarak Tulangan Maksimum :

- $1/4 b_{kolom} = \frac{1}{4} \times 1100 = 275 \text{ mm}$
- $6d_b = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$
- $S_o = 100 + \left(\frac{350 - (hx)}{3} \right) = 137,33 \text{ mm}$

Sehingga digunakan jarak tulangan di daerah sendi plastis 130 mm.

$A_{sh_{min}}$ sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut:

$$b_{cx} = 1100 - 2 \times 50 - 2 \times 19 = 962 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (1100 - 2 \times 50 - 2 \times 19)^2 = 925444 \text{ mm}^2$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{130 \times 962 \times 35}{420} \left[\frac{1210000}{925444} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 961,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{130 \times 962 \times 35}{420} = 937,95 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

Sehingga digunakan 4D19-130

$$A_{sh} = 1134,11 \text{ mm}^2 > 937,95 \text{ mm}^2$$

Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom di luar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

- $6 \times d_b = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$

- 150 mm

Maka dipakai $s = 150$ mm; sehingga menjadi 4D19-150

4.6.6 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (pilecap) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok sloof merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (pilecap). Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaannya sebagai berikut :

Dimensi sloof = 650×850 mm

Mutu beton (f_c) = 40 MPa

Mutu baja (f_y) = 420 Mpa

Tulangan utama = D25

Tulangan sengkang = $\emptyset 13$

Selimut beton = 50 mm

Bentang = 9,65 m

Gaya aksial kolom = 8591,81 kN

P_U sloof = $10\% \times 8591,81 = 859,18$ kN

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diproposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{9650}{20} = 482,5 \text{ mm} \leq 650 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 650 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

4.6.6.1 Pernulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya

koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_d = 0,65 \times 0,85 \times 2400 = 1326 \text{ kg/m}$$

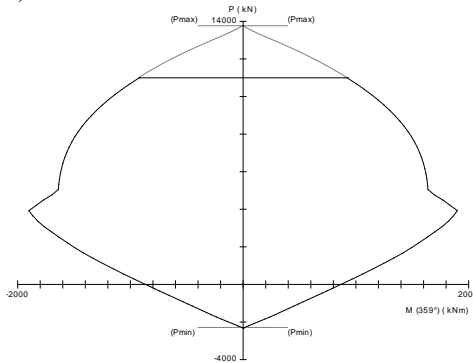
$$q_u = 1,2 \times 1326 = 1591,2 \text{ kg/m}$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2$$

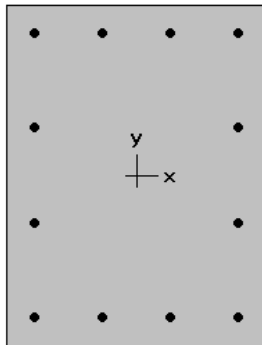
$$= \frac{1}{12} \times 1591,2 \times 9,65^2$$

$$= 12348,04 \text{ kgm} = 121,09 \text{ kNm}$$

$$Pu_{\text{ Sloof}} = 859,18 \text{ kN}$$



Gambar 4. 73 Diagram Interaksi Sloof



650 x 850 mm
1.11% reinf.

Gambar 4. 74 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn

Dari analisis spColumn didapat :

$$\rho = 0,0111$$

Dipasang tulangan = 12 D25 ($A_s = 5890,48 \text{ mm}^2$)

- Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

2 x selimut beton ($c = 50 \text{ mm}$)	$= 2 \times 50 = 100 \text{ mm}$
2 x sengkang ($\emptyset = 13 \text{ mm}$)	$= 2 \times 13 = 26 \text{ mm}$
3 x D25	$= 3 \times 25 = 75 \text{ mm}$
2 kali jarak antara 25 mm	$= \underline{2 \times 25 = 50 \text{ mm}}$
Total	$= 251 \text{ mm}$

Total lebar < Lebar balok 650 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

4.6.6.2 Pernulangan Geser Sloof

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$A_g = 650 \times 850 = 552500 \text{ mm}^2$$

$$d = 850 - 50 - 13 - 25/2 = 774,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{859181}{14 \cdot 552500} \right) 1 \sqrt{40} \times 650 \times 774,5$$

$$V_c = 601392,3 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 601392,3 = 451044,2 \text{ N} = 45993,71 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l = \frac{1}{2} \times 1591,2 \times 9,65 = 7677,54 \text{ kg}$$

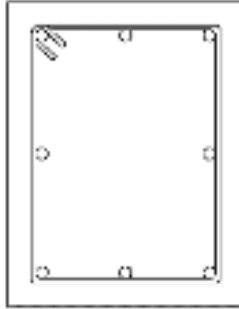
$$\phi V_c > V_u$$

$$45993,71 \text{ kg} > 7677,54 \text{ kg} \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $\frac{d}{2} = \frac{774,5}{2} = 387,25 \text{ mm}$
- $s = 300 \text{ mm}$

Dipasang sengkang 2Ø13 – 300 mm.



Gambar 4. 75 Penulangan Sloof

4.6.7 Perencanaan Tulangan Tusuk Konde

Dalam perencanaan tulangan tusuk konde, tiang pancang diasumsikan sebagai kolom. Sehingga perhitungan terkait kebutuhan tulangan longitudinal dan tulangan transversal disesuaikan dengan perhitungan pada perencanaan struktur kolom. Berikut merupakan spesifikasi dan pembebanan pada kolom:

Diameter kolom	= 1000 - 2 x 140 = 720 mm
Tebal decking (d')	= 50 mm
Mutu tulangan (fy)	= 420 Mpa
Mutu Beton (f'c)	= 40 Mpa
Pu	= 2131,15 kN
Vu	= 64,44 kN
Mx	= 171,74 kNm
My	= 190 kNm

4.6.7.1 Kontrol Dimensi

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $\geq A_g \times \frac{f'_c}{10}$, maka komponen

struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

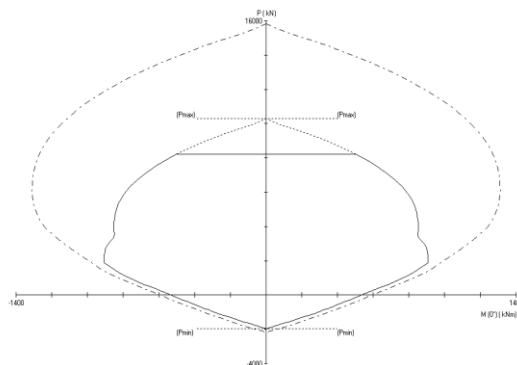
- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.
720 mm > 300 mm
- Rasio dimensi besar dari 0.4
Rasio $b/h = 720/720 = 1 > 0.4$
Dari hasil program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 2131,15 kN

$$2131,15 \text{ kN} \geq \pi \times \left(\frac{720}{2}\right)^2 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$2131,15 \text{ kN} \geq 1628,6 \text{ kN (OK)}$$

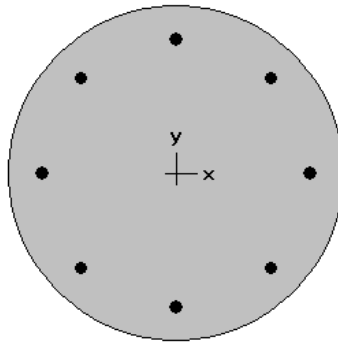
4.6.7.2 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu spColumn, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4. 76 Diagram Interaksi Tiang Pancang

Dari hasil spColumn Design diatas, didapatkan tulangan longitudinal yang dapat dipakai adalah **8D29**.



720 mm diam.
1.27% reinf.

Gambar 4. 77 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn

Grafik Interaksi Aksial dan Momen Pada Kolom

$\phi M_n = 670,5 \text{ kNm} > M_u = 190 \text{ kNm}$ (OK)

4.6.7.3 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal pada Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0.01 A_g$ atau lebih dari $0.06 A_g$.

$$A_{st} = 5161 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 407150 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program spColumn diperoleh Tulangan longitudinal: 8D29, dengan rasio tulangan = 1,27 %.

$$0.01 A_g < A_s < 0.06 A_g$$

$$4071,5 \text{ mm}^2 < 5161 \text{ mm}^2 < 24429 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

4.6.7.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2: kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

Dimana:

$$P_u = 2131,15 \text{ kN}$$

$$\Phi = 0.65$$

$$A_g = 407150 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 8 \times 0,25 \times \pi \times 29^2 = 5161 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$\Phi P_n = 0,8 \times 0.65 (0,85 \times 40 (4071750 - 5161) + 420 \times 5161)$$

$$\Phi P_n = 73024455,92 \text{ N}$$

$$\Phi P_n = 73024,45 \text{ kN} > P_u = 2131,15 \text{ kN (OK)}$$

4.6.7.5 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$F_s = 1,25 \times F_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$$

$$L_n = 5 \times 720 / 1000 = 3,6 \text{ m}$$

$$M_{pr} = 1582791,77 \text{ kNm}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 1582791,77}{3600} = 879,32 \text{ kN}$$

$$V_{ex} = 879,32 \text{ kN} > V_u = 190 \text{ kN (OK)}$$

4.6.7.6 Perhitungan Tulangan Geser

Syarat sengkang spiral $25 \text{ mm} \leq s \leq 75 \text{ mm}$.

$$D_c = 720 - 2 \times 50 - 19 = 601 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = 0,25 \times \pi \times D_c^2 = 0,25 \times \pi \times 601^2 = 283686,6 \text{ mm}^2$$

ρ harus memenuhi persyaratan di SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4, pasal 10.9.3 dan , diambil nilai yang terbesar dari rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} \rho_s &= 0,12 \times f'_c / f_y \\ &= 0,12 \times 40 / 420 \\ &= 0,011 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_s &= 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f'_c}{f_y} \\ &= 0,45 \times \left(\frac{407150}{283686,6} - 1 \right) \times \frac{40}{420} \\ &= 0,018 \text{ (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho_s \times A_g \\ &= 0,018 \times 407150 \\ &= 7328,7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$S = \frac{\frac{\pi}{4} \times d_b^2 \times 1000}{A_{\text{perlu}}}$$

$$= \frac{\frac{\pi}{4} \times 19^2 \times 1000}{7328,7}$$

$$= 38,68 \text{ mm}$$

Didapat tulangan sengkang D19 – 30 mm

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan Sekunder
 - Pelat lantai atap menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK dengan tebal 0,75 mm dengan pelat beton tebal 90 mm menggunakan tulangan negatif M7-200
 - Pelat lantai menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK dengan tebal 0,75 mm dengan tebal 90 mm menggunakan tulangan negative M9-250
 - Dimensi balok anak atap menggunakan profil WF 500x200x9x14
 - Dimensi balok anak lantai menggunakan profil WF 600x200x13x23
 - Dimensi balok penggantung lif menggunakan profil WF 450x200x9x14
 - Dimensi balok utama tangga yaitu WF 300x150x6,5x9
 - Dimensi balok Penumpu tangga yaitu WF 300x150x6,5x9

2. Perhitungan Primer
 - Dinding Geser Pelat Baja (SPSW) menggunakan tebal 14 mm
 - Dimensi balok induk memanjang menggunakan profil WF 800x300x16x30
 - Dimensi balok induk melintang menggunakan profil WF 800x300x16x30
 - Dimensi balok HBE menggunakan profil WF 800x300x16x30
 - Dimensi kolom VBE menggunakan kolom CFT profil HSS 800x800x28x28
 - Dimensi kolom beton pada basement menggunakan ukuran 1100x1100 mm

- Dimensi kolom lantai 1-14 menggunakan CFT profil HSS 800x800x28x28
 - Dimensi kolom lantai 15-atap menggunakan CFT profil HSS 600x600x25x25
3. Hasil Perhitungan Sambungan
- Sambungan balok anak atap dan balok induk menggunakan 4 buah baut diameter 16 mm dan pelat siku 60x60x6.
 - Sambungan balok anak lantai dan balok induk menggunakan 5 buah baut diameter 16 mm dan pelat siku 60x60x6.
 - Sambungan balok utama tangga dan balok tumpu tangga menggunakan baut diameter 12 mm dan pelat siku 60x60x6
 - Sambungan balok penumpu tangga dan kolom menggunakan 3 buah baut diameter 12 mm dan pelat las sudut ketebalan 4 mm.
 - Sambungan dinding geser menggunakan las sudut dengan tebal 11 dan 13 mm
 - Sambungan balok induk dengan kolom menggunakan 8 baut M22 dan 20 baut M27 pada diaphragm plate setebal 20 mm
 - Sambungan HBE dan VBE menggunakan 8 baut diameter 30 mm dan las tumpul pada VBE
 - Sambungan antar kolom menggunakan las sudut dan pelat dengan tebal 50 mm
 - Sambungan base plate menggunakan pelat dengan ukuran 1000x1000 mm dengan ketebalan 70 mm dan menggunakan baut angkur F1554 M30 8 buah
4. Hasil Perhitungan Struktur Bawah
- Dinding penahan tanah menggunakan jenis cantilever wall
 - Menggunakan Shearwall dengan tebal 400 mm

- Pondasi menggunakan tiang pancang produk dari PT. Waskita Beton Precast dengan diameter 1000 mm dengan mencapai kedalaman -29 m.
- Penulangan poer menggunakan D25-100 dan D29-100
- Dimensi sloof sebesar 65x85 menggunakan tulangan 12D25

5.2 Saran

Diharapkan dilakukan studi tentang *Steel Plate Shear Wall* yang lebih dalam dengan mempertimbangkan teknis dilapangan. Diharapkan kedepannya system SPSW ini banyak digunakan sebagai pilihan system struktur penahan gempa di Indonesia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, Inc. 2005. **Seismic Provisions for Structural Steel Building (AISC 341- 05)**. Chicago : 2005.
- American Institute of Steel Construction, Inc. 2007. **Steel Design Guide. Steel Plate Shear Wall**
- Astaneh-Asl, A. 2000. “Steel Plate Shear Walls”, Proceedings U.S., Japan Partnership for Advanced Steel Structures. U.S., **Japan Workshop on Seismic Fracture Issues in Steel Structures**.
- Badan Standardisasi Nasional . 2015 . SNI 1729-2015 : **Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural** . Jakarta . Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)**. Bandung : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **Beban Minimum Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)**. Bandung : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional . 2012 . SNI 1726-2012 : **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung** . Jakarta . Badan Standardisasi Nasional.
- Bruneau M, Uang, C.M., Whittaker, A., 1998. **Ductile Design of Steel Structures**. USA : McGraw-Hill.
- Berman, Jeffrey dan Michel Bruneau. 2003. “**Plastic Analysis and Design of Steel Plate Shear Walls**”. ASCE Journal of Structural Engineering, pp. 1448-1456.
- Chandra, Rio. 2018. **Modifikasi Perencanaan Gedung One East Surabaya Menggunakan Steel Plate Shear Wall**. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Isdarmanu dkk. 2006. **Buku Ajar Struktur Baja I**. Surabaya: ITS.
- James Enright, P.E., LEED AP. “**Efficient Design of Steel Plate Shear Walls**”. Articles Structural Design.

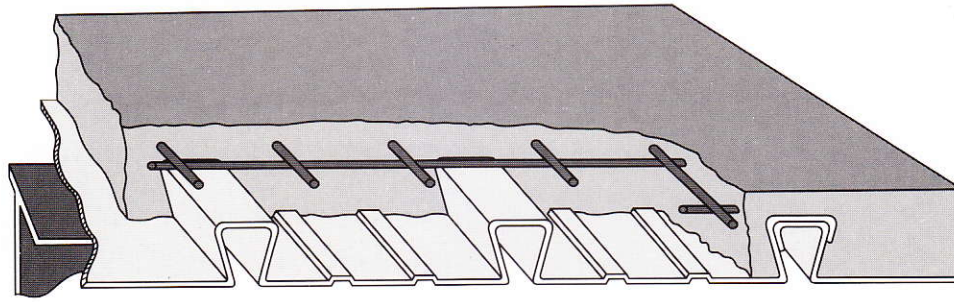
- Jevon, Bryan. 2013. **Modifikasi Perencanaan Gedung Politeknik Elektro Negeri Surabaya (PENS) Menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)**. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Leonard Spiegel and George F. Limbrunner. 1998. **Reinforced Concrete Design**, 4th Edition, Drexel University.
- Ozcelik, Y. and Clayton, P. 2017. “**Strip Model For Steel Plate Shear Walls with Beam Connected Web Plates**”. Engineering Structures Vol. 136.
- Proceedings of the 8th U.S. **National Conference on Earthquake Engineering** April San Francisco, California, USA Paper no.1089.
- Seilie, Ignasius F. dan John D. Hopper. 2005. “**Steel Plate Shear Walls: Practical Design and Construction**”. Modern Steel Construction Conference.
- Sabelli, Rafael dan Michel Bruneau. 2007. **Steel Design Guide : Steel Plate Shear Wall**. American Institute of Steel Construction, Inc.
- Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto. 1994. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Thorburn, L.J., Kulak, G.L., and Montgomery, C.J. 1983. “**Analysis of Steel Plate Shear Walls**”. Structural Engineering Report No. 107, Departement of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.
- Wahyudi, Herman. 1999. “**Daya Dukung Pondasi Dalam**”. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
- Zirakian and Boyajian. 2016.”**Recent Studies on Steel Plate Shear Wall Systems**”. Journal of Steel Structures and Construction, Department of Civil Engineering and Construction Management, California State University, USA.

Lampiran

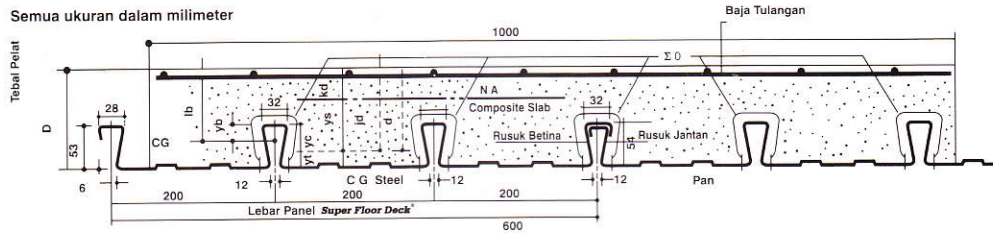
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A
BROSUR DAN DATA TANAH

Super Floor Deck®



PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG Super Floor Deck® PERLEBAR 1000 MM

Tebal Pelat mm	Berat per setuan luas kg / m ²	Luas penampang mm ²	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie 10 ⁸ x mm ⁴	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc mm	Yt mm	I _p 10 ⁴ x mm ⁴	Z _{pc} 10 ³ x mm ³	Z _{pt} 10 ³ x mm ³	I _n 10 ⁴ x mm ⁴	Z _{nc} 10 ³ x mm ³	Z _{nt} 10 ³ x mm ³		10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	max KN	10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	Max KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : I_p = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Z_{nc} = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

Notes

I_n = idem untuk daerah momen negatif

Z_{pc} = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

I_p = I_p (1.26 - 0.26 I_p)

Z_{nt} = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Z_{pt} = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck® 0.75 MM	BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT																						
	BEAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M ²	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	700	1000															
TIANG PENYANGGA PROPPING	BENTANG SPAN M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM															
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65		
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00	
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65	
	2.25	9	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
	2.50	9	9	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33	
	3.00	10	10	10	11	12	13		9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75			
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12			
	3.50	12	12	12	12	13	15		11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71			11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51			
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3.75	13	13	13	13	14		11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09			11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81								
	4.00	14	14	14	14	15		12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55			12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17								
	4.50							13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53					13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95										
5.00							15	6.20	15	7.27	15	8.90								15	4.90	15	5.73	15	6.58												

- Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGGAN
 - BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA
 - MUTU BAJA TULANGAN U - 48

Penggunaan

1. Lantai beton : pabrik, gudang, gedung bertingkat, parkir, dll
2. Dinding beton : gedung bertingkat, perumahan, penyekat ruangan, dll
3. Jalan beton, konstruksi cakar ayam, landasan pesawat terbang
4. Saluran irigasi, saluran drainase, bronjong
5. Kerangka kolom dan balok praktis untuk perumahan
6. Dinding penahan, dinding pemikul beban di dalam gedung
7. Pagar, teralis, kandang hewan

Applications

1. Concrete floor : factory, warehouse, high rise building, car park, etc
2. Concrete wall : high rise building, houses, room divider, etc
3. Rigid pavement, strip footing construction, landing strip
4. Irrigation and drainage open channels, gabion basket
5. Non structural column and beam reinforcement for houses
6. Retaining wall, structural wall inside the building
7. Fence, railings, cages

PERENCANAAN & DESAIN

PLANNING & DESIGN

Perhitungan Konversi

Mengganti tulangan biasa (U-24)
dengan JKBL Union (U-50)

Rumus :

$$\text{Luas JKBL union (U-50)} = \text{Luas tulangan biasa (U-24)} \times \frac{\text{Tegangan leleh U-24}}{\text{Tegangan leleh U-50}}$$

Contoh :

Diketahui : Tulangan U-24
Diameter = 10 mm
Jarak spasi = 150 mm
Luas tulangan = 5,24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Luas JKBL union} &= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Dari Tabel diperoleh : JKBL Union
Diameter 7 mm dengan spasi 150 mm
Luas 2,57 cm²/m'

Conversion Calculation

Substituting union wire mesh (U-50)
for ordinary reinforcement (U-24)

Formula :

$$\text{Union Wire Mesh area (U-50)} = \text{Mild Steel bar area (U-24)} \times \frac{\text{Yield stress U-24}}{\text{Yield stress U-50}}$$

Example :

Given : Mild Steel bar U-24
Diameter = 10 mm
Spacing = 150 mm
Cross sectional area = 5.24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Union Wire Mesh area} &= 5.24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2.515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

From the Table is obtained : Union Wire Mesh
Diameter 7 mm with 150 mm spacing
Area 2.57 cm²/m'

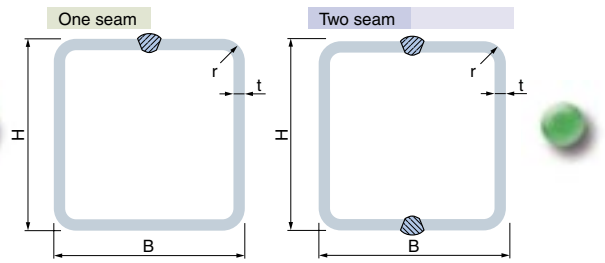
TABEL LUAS PENAMPANG KAWAT

WIRE AREA TABLE

Diameter Kawat Ø Wire Diameter (mm)	Luas Kawat Ø Wire Area (cm ²)	Jumlah Luas Penampang Kawat (cm ² /m ²) Menurut Spasinya Setiap Arah Total Wire Area (cm ² /m ²) According to Spacing Each Direction											
		Spasi / Spacing (mm)											
		50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
4.0	0.126	2.51	1.68	1.26	1.01	0.84	0.72	0.63	0.56	0.50	0.46	0.42	0.39
4.5	0.159	3.18	2.12	1.59	1.27	1.06	0.91	0.80	0.71	0.64	0.58	0.53	0.49
5.0	0.196	3.93	2.62	1.96	1.57	1.31	1.12	0.98	0.87	0.79	0.71	0.65	0.60
5.5	0.238	4.75	3.17	2.38	1.90	1.58	1.36	1.19	1.06	0.95	0.86	0.79	0.73
6.0	0.283	5.65	3.77	2.83	2.26	1.88	1.62	1.41	1.26	1.13	1.03	0.94	0.87
6.5	0.332	6.64	4.42	3.32	2.65	2.21	1.90	1.66	1.47	1.33	1.21	1.11	1.02
7.0	0.385	7.70	5.13	3.85	3.08	2.57	2.20	1.92	1.71	1.54	1.40	1.28	1.18
7.5	0.442	8.84	5.89	4.42	3.53	2.95	2.52	2.21	1.96	1.77	1.61	1.47	1.36
8.0	0.503	10.05	6.70	5.03	4.02	3.35	2.87	2.51	2.23	2.01	1.83	1.68	1.55
8.5	0.567	11.35	7.57	5.67	4.54	3.78	3.24	2.84	2.52	2.27	2.06	1.89	1.75
9.0	0.636	12.72	8.48	6.36	5.09	4.24	3.64	3.18	2.83	2.54	2.31	2.12	1.96
9.5	0.709	14.18	9.45	7.09	5.67	4.73	4.05	3.54	3.15	2.84	2.58	2.36	2.18
10.0	0.785	15.71	10.47	7.85	6.28	5.24	4.49	3.93	3.49	3.14	2.86	2.62	2.42
12.0	1.131	22.62	15.08	11.31	9.05	7.54	6.46	5.65	5.03	4.52	4.11	3.77	3.48
16.0	2.011	40.21	26.81	20.11	16.08	13.40	11.49	10.05	8.94	8.04	7.31	6.70	6.19

Available Sizes and Section Moduli

Square Section



Dimensions (mm)				Sectional Area (cm ²)	Unit Mass (kg/m)	Geometrical moment of inertia (cm ⁴)	Radius of Gyration of area (cm)	Modulus of section (cm ³)	Plastic Modulus of section (cm ³)	Ratio of Width to thickness	Classification of Ratio of Width to thickness	
H	B	R	t								A	W
400	400	66.5	19	271.0	213	62,800	15.2	3,140	3,770	21.1	A	A
		77	22	307.7	242	69,500	15.0	3,480	4,220	18.2	A	A
		87.5	25	342.8	269	75,400	14.8	3,770	4,640	16.0	A	A
450	450	66.5	19	309.0	243	92,200	17.3	4,100	4,880	23.7	A	A
		77	22	351.7	276	103,000	17.1	4,560	5,490	20.5	A	A
		87.5	25	392.8	308	112,000	16.9	4,980	6,050	18.0	A	A
		◆112	32	482.3	379	130,000	16.4	5,780	7,210	14.1	A	A
500	500	56	16	296.6	233	113,000	19.5	4,510	5,290	31.3	A	B
		66.5	19	347.0	272	130,000	19.3	5,180	6,130	26.3	A	A
		77	22	395.7	311	145,000	19.1	5,800	6,920	22.7	A	A
		87.5	25	442.8	348	159,000	18.9	6,360	7,660	20.0	A	A
		112	32	546.3	429	187,000	18.5	7,470	9,210	15.6	A	A
550	550	56	16	328.6	258	153,000	21.5	5,550	6,480	34.4	B	C
		66.5	19	385.0	302	176,000	21.4	6,390	7,530	28.9	A	B
		77	22	439.7	345	197,000	21.2	7,180	8,520	25.0	A	A
		87.5	25	492.8	387	217,000	21.0	7,900	9,460	22.0	A	A
		98	28	544.3	427	236,000	20.8	8,570	10,300	19.6	A	A
		112	32	610.3	479	258,000	20.6	9,380	11,400	17.2	A	A
		◆126	36	673.4	529	277,000	20.3	10,100	12,400	15.3	A	A
		◆133	38	703.9	553	286,000	20.2	10,400	12,900	14.5	A	A
600	600	56	16	360.6	283	201,000	23.6	6,690	7,790	37.5	C	C
		66.5	19	423.0	332	232,000	23.4	7,730	9,070	31.6	A	B
		77	22	483.7	380	261,000	23.2	8,710	10,300	27.3	A	B
		87.5	25	542.8	426	288,000	23.1	9,620	11,400	24.0	A	A
		98	28	600.3	471	314,000	22.9	10,500	12,500	21.4	A	A
		112	32	674.3	529	345,000	22.6	11,500	13,900	18.8	A	A
		◆126	36	745.4	585	372,000	22.4	12,400	15,200	16.7	A	A
		◆133	38	779.9	612	385,000	22.2	12,800	15,800	15.8	A	A
650	650	56	16	392.6	308	258,000	25.6	7,940	9,220	40.6	C	C
		66.5	19	461.0	362	299,000	25.5	9,200	10,700	34.2	B	C
		77	22	527.7	414	337,000	25.3	10,400	12,200	29.5	A	B
		87.5	25	592.8	465	374,000	25.1	11,500	13,600	26.0	A	A
		98	28	656.3	515	407,000	24.9	12,500	14,900	23.2	A	A
		112	32	738.3	580	449,000	24.7	13,800	16,600	20.3	A	A
		◆126	36	817.4	642	487,000	24.4	15,000	18,200	18.1	A	A
		◆133	38	855.9	672	505,000	24.3	15,500	19,000	17.1	A	A
700	700	56	16	424.6	333	325,000	27.7	9,300	10,800	43.8	C	D
		66.5	19	499.0	392	378,000	27.5	10,800	12,600	36.8	B	C
		77	22	571.7	449	427,000	27.3	12,200	14,300	31.8	A	B
		87.5	25	642.8	505	474,000	27.1	13,500	16,000	28.0	A	B
		98	28	712.3	559	518,000	27.0	14,800	17,600	25.0	A	A
		112	32	802.3	630	573,000	26.7	16,400	19,600	21.9	A	A
		◆126	36	889.4	698	623,000	26.5	17,800	21,500	19.4	A	A
		◆133	38	931.9	732	646,000	26.3	18,500	22,400	18.4	A	A
700	700	◆140	40	973.6	764	669,000	26.2	19,100	23,300	17.5	A	A

note : ◆ Indicate two seamed products

JFE Column-BCP/JFE Column-BCP325T

●Available Size and Section Moduli Square Section

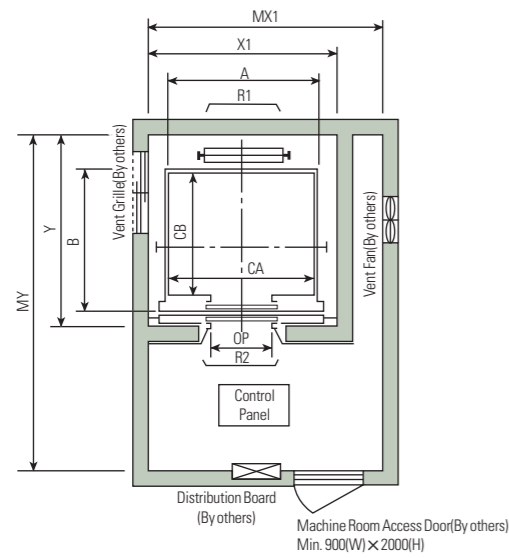
Dimensions (mm)				Sectional Area (cm ²)	Unit Mass (kg/m)	Geometrical moment of inertia (cm ⁴)	Radius of gyration of area (cm)	Modulus of section (cm ³)	Plastic Modulus of section (cm ³)	Ratio of Width to thickness	Classification of Ratio of width to thickness	
H	B	R	t								A	W
750	750	66.5	19	537.0	422	469,000	29.6	12,500	14,500	39.5	C	C
		77	22	615.7	483	531,000	29.4	14,200	16,600	34.1	B	C
		87.5	25	692.8	544	591,000	29.2	15,700	18,500	30.0	A	B
		98	28	768.3	603	647,000	29.0	17,200	20,400	26.8	A	A
		112	32	866.3	680	717,000	28.8	19,100	22,800	23.4	A	A
		126	36	961.4	755	782,000	28.5	20,900	25,000	20.8	A	A
		133	38	1,008	791	813,000	28.4	21,700	26,100	19.7	A	A
		140	40	1,054	827	842,000	28.3	22,400	27,200	18.8	A	A
800	800	66.5	19	575.0	451	574,000	31.6	14,300	16,600	42.1	C	D
		77	22	659.7	518	651,000	31.4	16,300	19,000	36.4	B	C
		87.5	25	742.8	583	725,000	31.2	18,100	21,200	32.0	A	B
		98	28	824.3	647	795,000	31.1	19,900	23,400	28.6	A	B
		112	32	930.3	730	884,000	30.8	22,100	26,200	25.0	A	A
		126	36	1,033	811	966,000	30.6	24,100	28,900	22.2	A	A
		133	38	1,084	851	1,000,000	30.4	25,100	30,100	21.1	A	A
		140	40	1,134	890	1,040,000	30.3	26,100	31,400	20.0	A	A
850	850	66.5	19	613.0	481	694,000	33.6	16,300	18,900	44.7	C	D
		77	22	703.7	552	788,000	33.5	18,500	21,600	38.6	C	C
		87.5	25	792.8	622	879,000	33.3	20,700	24,200	34.0	B	C
		98	28	880.3	691	965,000	33.1	22,700	26,700	30.4	A	B
		112	32	994.3	781	1,070,000	32.9	25,300	29,900	26.6	A	A
		126	36	1,105	868	1,180,000	32.6	27,700	33,000	23.6	A	A
		133	38	1,160	911	1,220,000	32.5	28,800	34,400	22.4	A	A
		140	40	1,214	953	1,270,000	32.4	29,900	35,900	21.3	A	A
900	900	66.5	19	651.0	511	829,000	35.7	18,400	21,300	47.4	C	D
		77	22	747.7	587	943,000	35.5	21,000	24,300	40.9	C	C
		87.5	25	842.8	662	1,050,000	35.3	23,400	27,300	36.0	B	C
		98	28	936.3	735	1,160,000	35.2	25,700	30,100	32.1	A	C
		112	32	1,058	831	1,290,000	34.9	28,700	33,800	28.1	A	B
		126	36	1,177	924	1,420,000	34.7	31,500	37,300	25.0	A	A
		133	38	1,236	970	1,480,000	34.5	32,800	39,000	23.7	A	A
		140	40	1,294	1,016	1,530,000	34.4	34,100	40,700	22.5	A	A
950	950	77	22	791.7	622	1,120,000	37.6	23,500	27,200	43.2	C	D
		87.5	25	892.8	701	1,250,000	37.4	26,300	30,600	38.0	C	C
		98	28	992.3	779	1,370,000	37.2	28,900	33,800	33.9	B	C
		112	32	1,122	881	1,530,000	37.0	32,300	38,000	29.7	A	B
		126	36	1,249	981	1,680,000	36.7	35,500	42,000	26.4	A	A
		133	38	1,312	1,030	1,760,000	36.6	37,000	43,900	25.0	A	A
		140	40	1,374	1,078	1,830,000	36.5	38,500	45,800	23.8	A	A
1000	1000	77	22	835.7	656	1,310,000	39.6	26,200	30,300	45.5	C	D
		87.5	25	942.8	740	1,470,000	39.4	29,300	34,000	40.0	C	C
		98	28	1,048	823	1,610,000	39.2	32,300	37,700	35.7	B	C
		112	32	1,186	931	1,810,000	39.0	36,100	42,400	31.3	A	B
		126	36	1,321	1,037	1,990,000	38.8	39,700	46,900	27.8	A	B
		133	38	1,388	1,090	2,070,000	38.6	41,500	49,100	26.3	A	A
		140	40	1,454	1,141	2,160,000	38.5	43,100	51,200	25.0	A	A

Outside Diameter D	Wall Thickness T	Class	Concrete Cross Section	Unit Weight	Length L	Bending Moment		Allowable Axial Load
						Crack	Ultimate	
(mm)	(mm)		(cm ²)	(kg/m)	(m)	(ton.m)	(ton.m)	(ton)
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1.159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1.571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2.564	641	6 - 24	40.00	60.00	412.00
		A2				45.00	67.50	408.20
		A3				49.00	73.50	400.70
		B				55.00	99.00	385.20
		C				65.00	130.00	373.10
1000	140	A1	3.782	946	6 - 24	75.00	112.50	614.40
		A2				81.00	121.50	606.40
		A3				95.00	142.50	589.30
		B				105.00	189.00	571.20
		C				120.00	240.00	555.70
1200	150	A1	4.948	1.237	6 - 24	120.00	180.00	759.10
		A2				134.00	201.00	791.10
		A3				156.00	234.00	768.00
		B				170.00	306.00	736.70
		C				200.00	400.00	718.20

Gambar 3.3 : Spesifikasi Spun pile PT. WBP

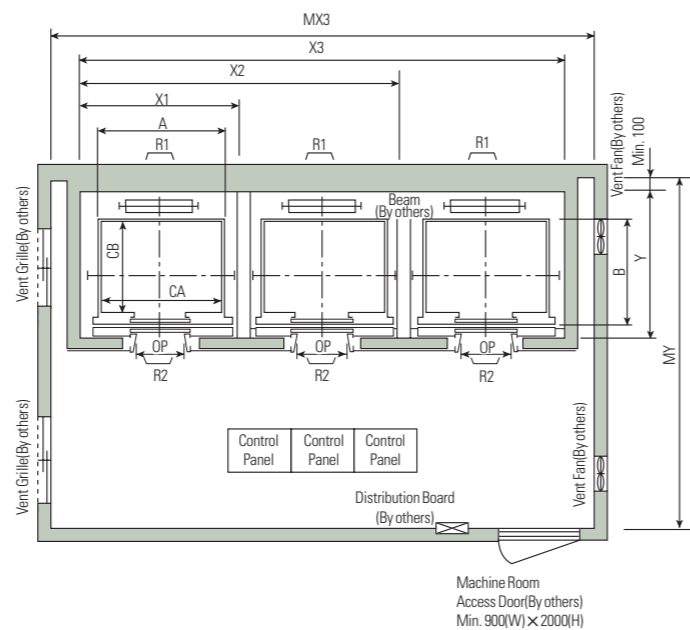
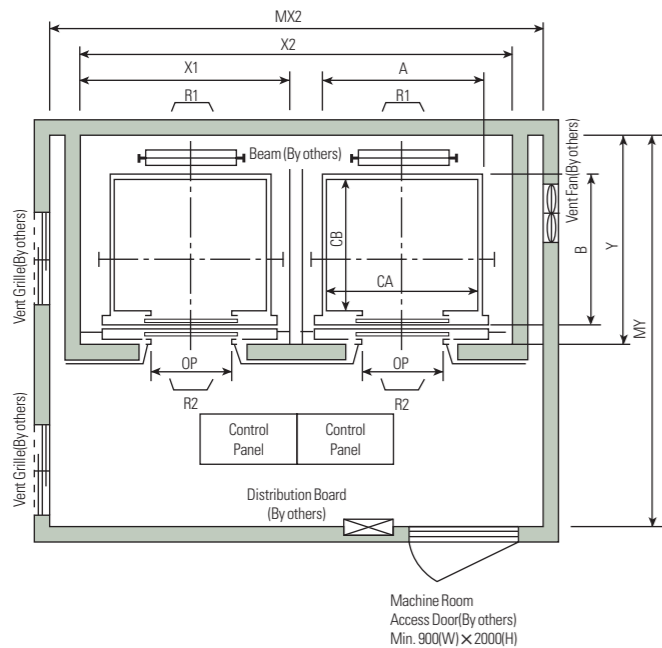
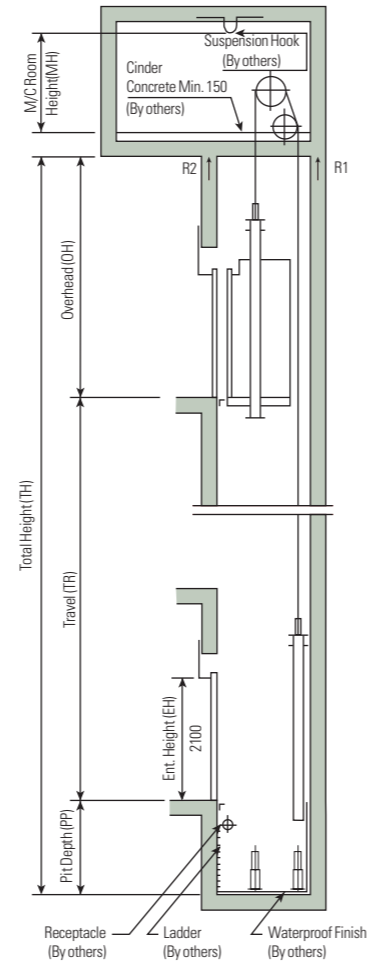
Layout Plan – Geared Elevators 1~1.75m/sec

Plan of Hoistway & Machine Room



Note: Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg		Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2	R3	R4	
1.0	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300	
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700	
	9	600	800	800	1400 × 1100	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900
	10	700	800	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200
	11	750	800	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400
1.5	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100	
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	10800	8500	
1.75	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100	
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000					
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13100	9900	
			1100	2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200					

- Notes:**
- Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
 - Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
 - When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
 - The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1.0	4200	1400	2200
1.5	4400	1600	2400
1.75	4600	1800	2400

- Notes:**
- The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
 - Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
 - The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.



TESTANA ENGINEERING, Inc.

BORING LOG (1)

BOREHOLE # : DB-9

PROJECT : Grand Dharmahasada Lagoon.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 0.50 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 60.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr	
		0	10	20	30	40	TYPE	C/c'	φ / φ'	0	20	40					60
0	Fill material consists of sand and gravel, brown																
1																	
2	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency																
3																	
4	Clay and fine sand, grey, little of silt, very soft consistency						Vane	0.10	-	18	29	77					
5																	
6																	
7																	
8																	
9	Clay and silt, grey, inorganic, trace to little of fine sand, very soft consistency																
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense																
18																	
19																	
20	Clay and silt, grey mottled with brown, inorganic, trace of sand, stiff consistency																
21																	
22																	
23	Silt and sand, brown																
24																	
25	Sand, grey, some of silt, trace of gravel, medium dense						QT	0.10	35		23						
26																	
27																	
28																	
29	Silt and sand, greyish brown, trace of gravel, dense																
30																	
31																	
32																	
33																	
34	Silt, light brownish grey to light grey, little of sand, medium dense																
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	

NOTE

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And
- ▨ = Fairly Undisturbed Samples
- ▩ = Undisturbed Samples
- ⊠ = SPT
- C = Cohesion intercept, kg/cm²
- φ = Internal friction angle, deg
- UU = Unconsolidated Undrained
- CU = Consolidated Undrained
- CD = Consolidated Drained
- SPT = Standard Penetration Test (blows / ft)
- qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm²
- = Wn = Moisture content, %
- = Wp = Plastic limit, %
- △ = Wt = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, t/m³
- Gs = Specific gravity
- eo = Void ratio



TESTANA ENGINEERING, Inc.

BORING LOG (2)

BOREHOLE # : DB-9

PROJECT : Grand Dhamahusada Lagoon.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 0.50 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 60.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo	Sr		
		0	10	20	30	40	TYPE	c/c'	φ / φ'	0	20					40	60
40																	
41	Silt, light brownish grey to light grey, little of sand, medium dense																
42																	
43	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																
44																	
45							UU	2.00	10								
46																	
47	Sand and silt, grey, weakly cemented at some depths, trace of gravel, dense																
48																	
49																	
50	Clay and silt, grey mottled with brown at some depths, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																
51																	
52																	
53	Sand and silt, grey, trace of clay, very dense																
54																	
55	Clay and silt, grey mottled with brown at some depths, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																
56																	
57																	
58																	
59	Silt, brown, some of sand, medium dense																
60	End of Boring																

NOTE

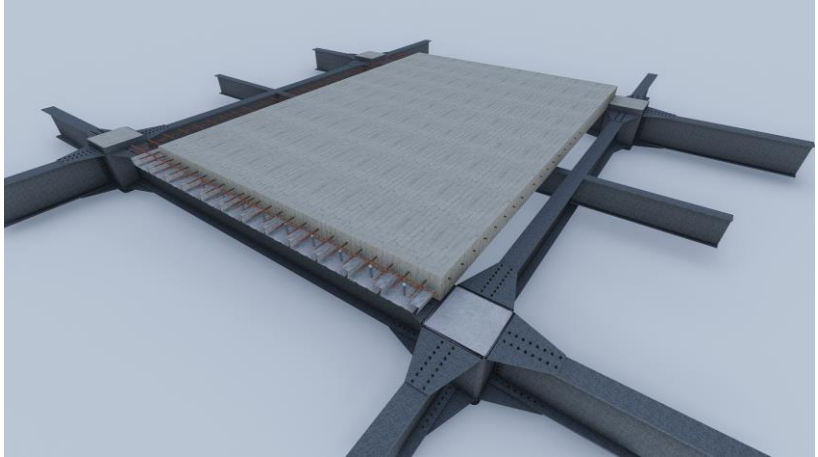
0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 35 % = Some
 35 to 50 % = And

■ = Fairly Undisturbed Samples
 ▤ = Undisturbed Samples
 ▨ = SPT
 C = Cohesion intercept, kg/cm²
 φ = Internal friction angle, deg

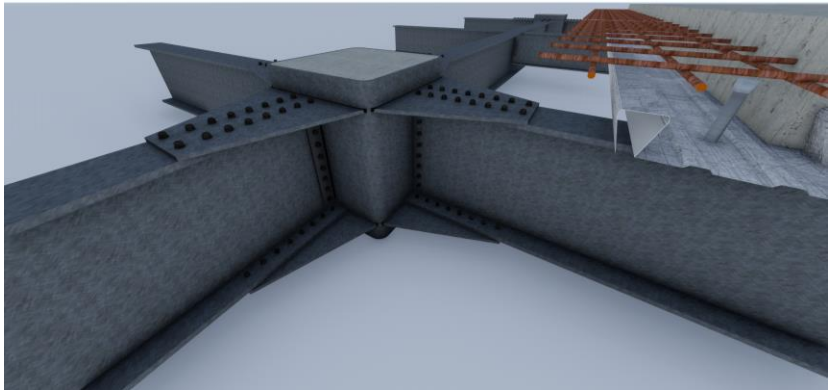
UU = Unconsolidated Undrained
 CU = Consolidated Undrained
 CD = Consolidated Drained
 SPT = Standard Penetration Test (blows / ft)
 qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm²

○ = Wn = Moisture content, %
 ● = Wp = Plastic limit, %
 △ = Wt = Liquid limit, %
 γ = Bulk density, t/m³
 Gs = Specific gravity
 eo = Void ratio

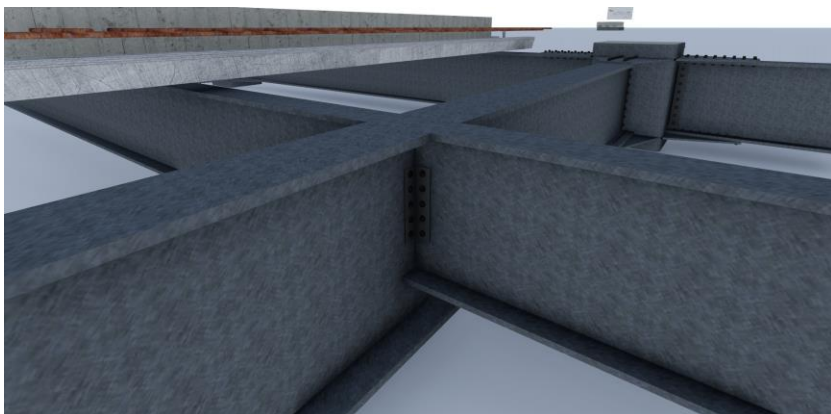
LAMPIRAN B
GAMBAR ILUSTRASI



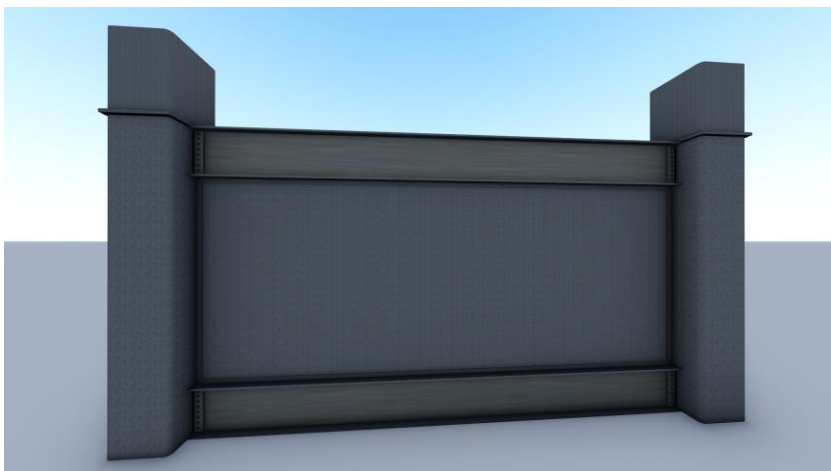
Gambar 1. Sambungan Pada Pelat 9x9m



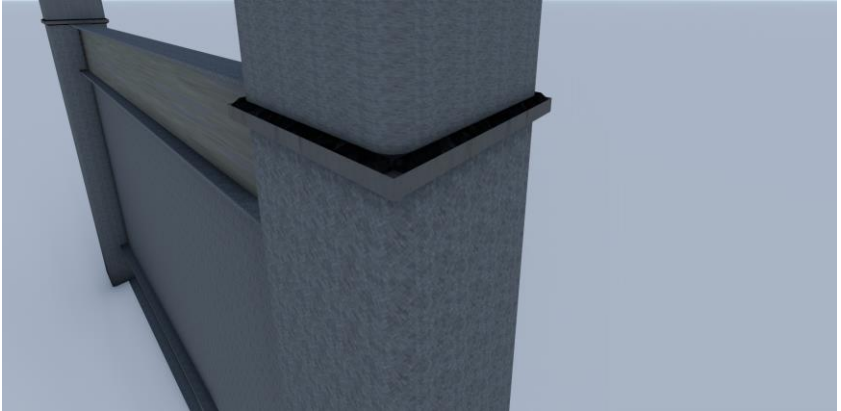
Gambar 2. Sambungan Balok Induk-Kolom



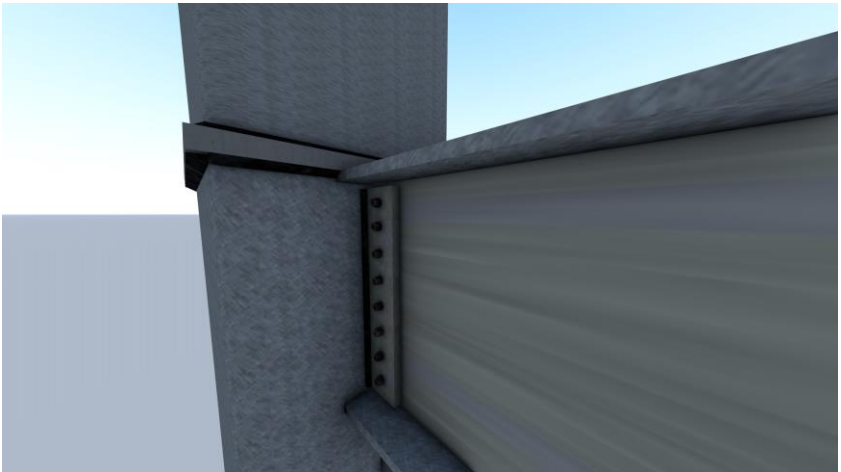
Gambar 3. Sambungan Balok Induk-Balok Anak



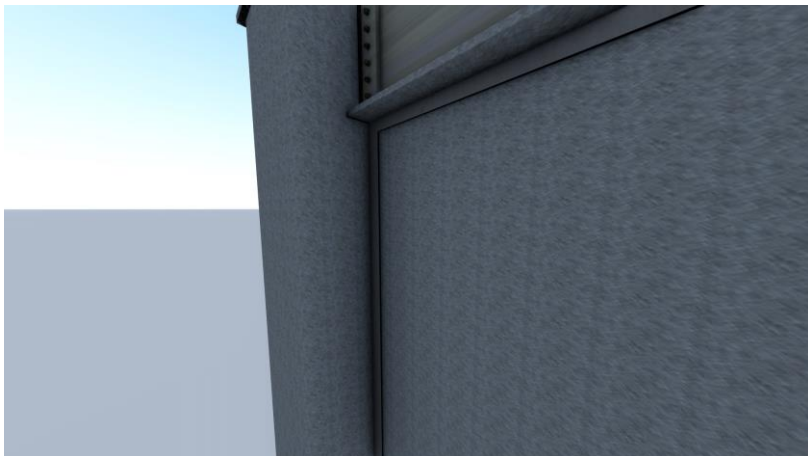
Gambar 4. Sambungan Pada Dinding Geser Pelat Baja



Gambar 5. Sambungan Antar Kolom



Gambar 6. Sambungan VBE-HBE



Gambar 7. Sambungan VBE-SPSW

LAMPIRAN C
GAMBAR PERENCANAAN



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

BBI 1 = BALOK INDUK BETON 40/60
 BBA 1 = BALOK BETON 30/45
 BBA 2 = BALOK BETON 30/40
 BBA 3 = BALOK BETON 30/40
 BBA 4 = BALOK BETON 30/45
 SHEARWALL (T = 400 MM)
 K1 = KOLOM BETON 110/110

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH DINDING
 PENAHAN
 TANAH

1 : 500

KODE

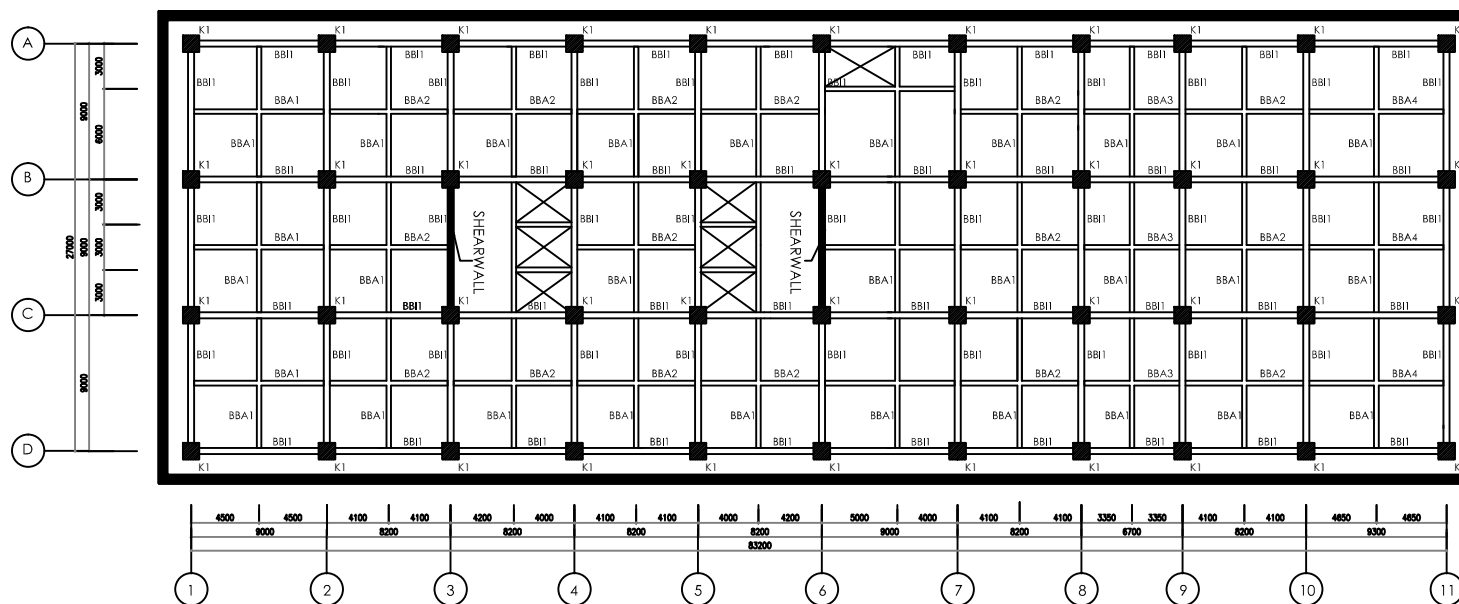
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

1

53



DENAH DINDING PENAHAN TANAH
 SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH PONDASI

1 : 500

KODE

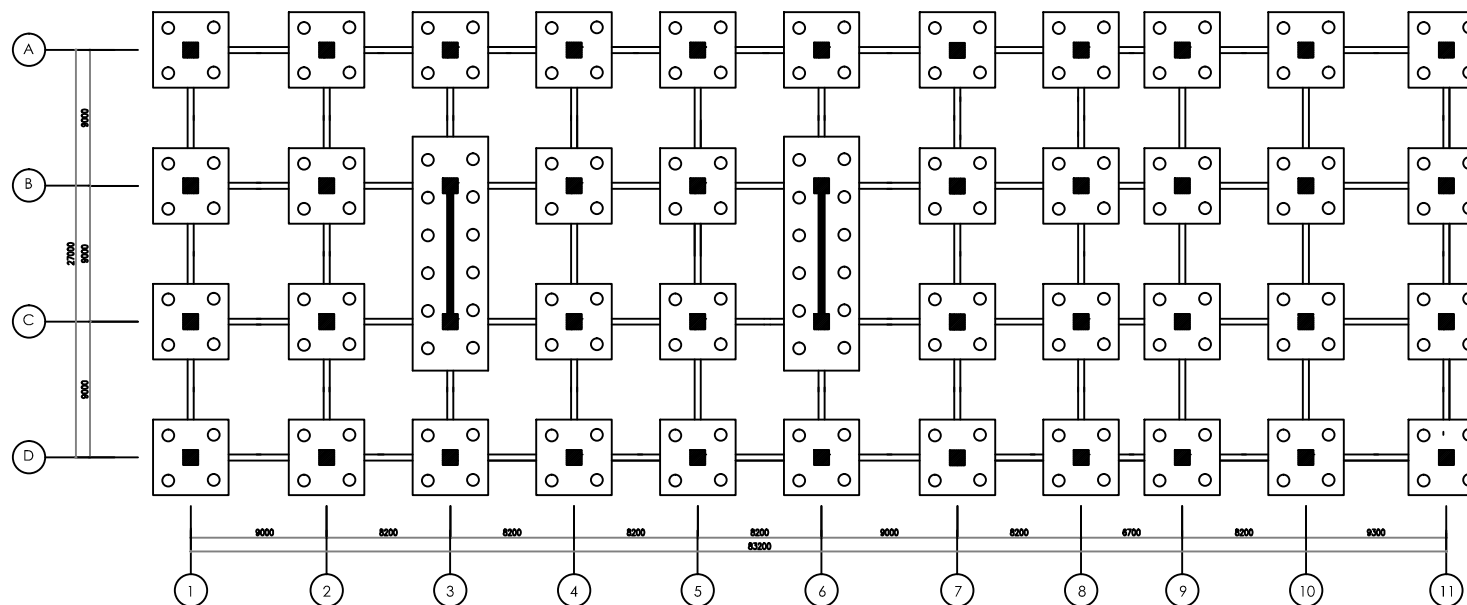
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

2

53



DENAH PONDASI

SKALA 1 : 500





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

BBI = BALOK INDUK BETON 40/60
 BBA 1 = BALOK BETON 30/45
 BBA 2 = BALOK BETON 30/45
 BBA 3 = BALOK BETON 30/45
 BBA 4 = BALOK BETON 30/40
 SHEARWALL T = 400 MM
 K = KOLOM BETON I10/I10

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH PELAT
 BASEMENT

1 : 500

KODE

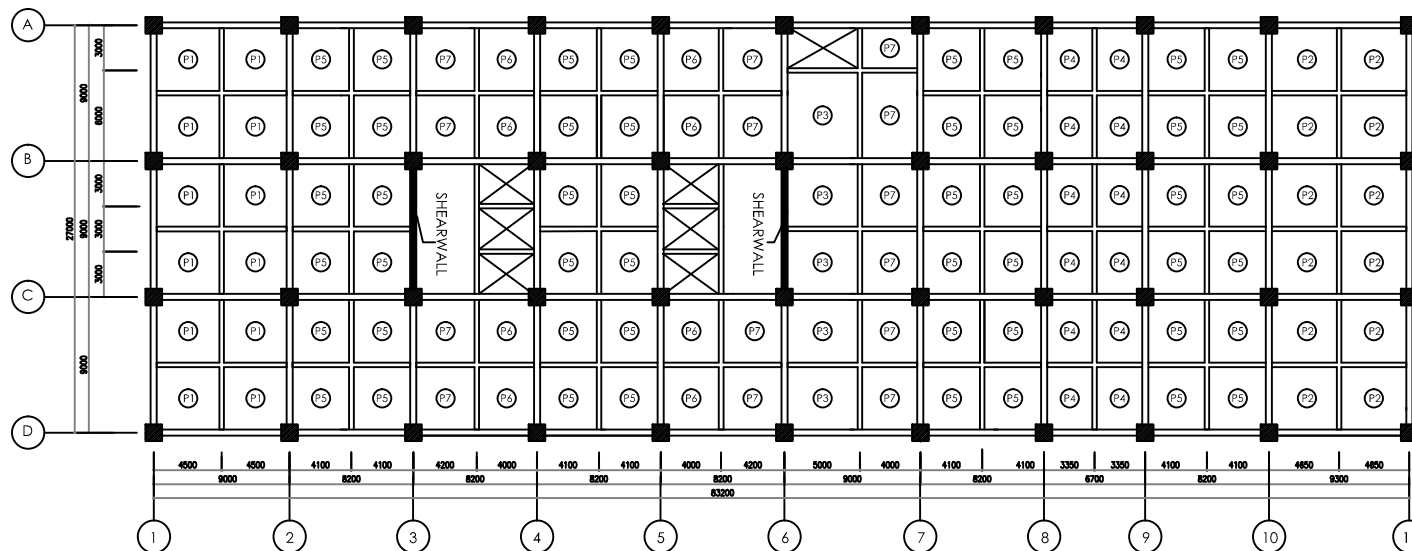
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

3

53



DENAH PELAT BASEMENT

SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

BBI 1 = BALOK INDUK BETON 40/60
 BBA 1 = BALOK BETON 30/45
 BBA 2 = BALOK BETON 30/40
 BBA 3 = BALOK BETON 30/40
 BBA 4 = BALOK BETON 30/45
 SHEARWALL (T = 400 MM)
 K1 = KOLOM BETON I10/I10

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

Nama Gambar

SKALA GAMBAR

DENAH BALOK
 KOLOM
 BASEMENT

1 : 500

KODE

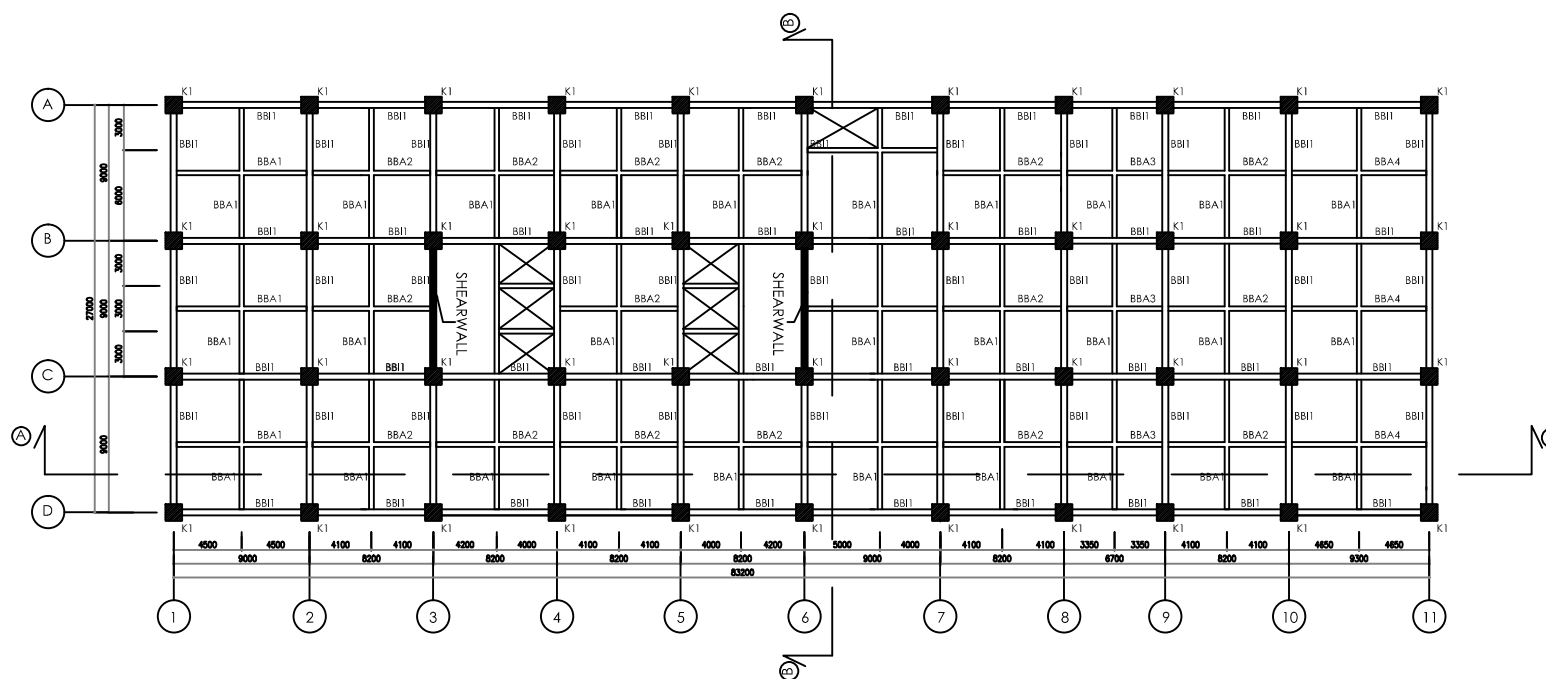
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

4

53



DENAH BALOK KOLOM BASEMENT
 SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

BI 1 = BALOK INDUK WF
 800.300.16.30
 BA 1 = BALOK ANAK WF
 600.200.13.23
 K 1 = KOLOM CFT 800.800.28
 SPSW = STEEL PLATE SHEAR
 WALL (T=14MM)

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154.0000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH BALOK
 KOLOM LANTAI
 2-5

1 : 500

KODE

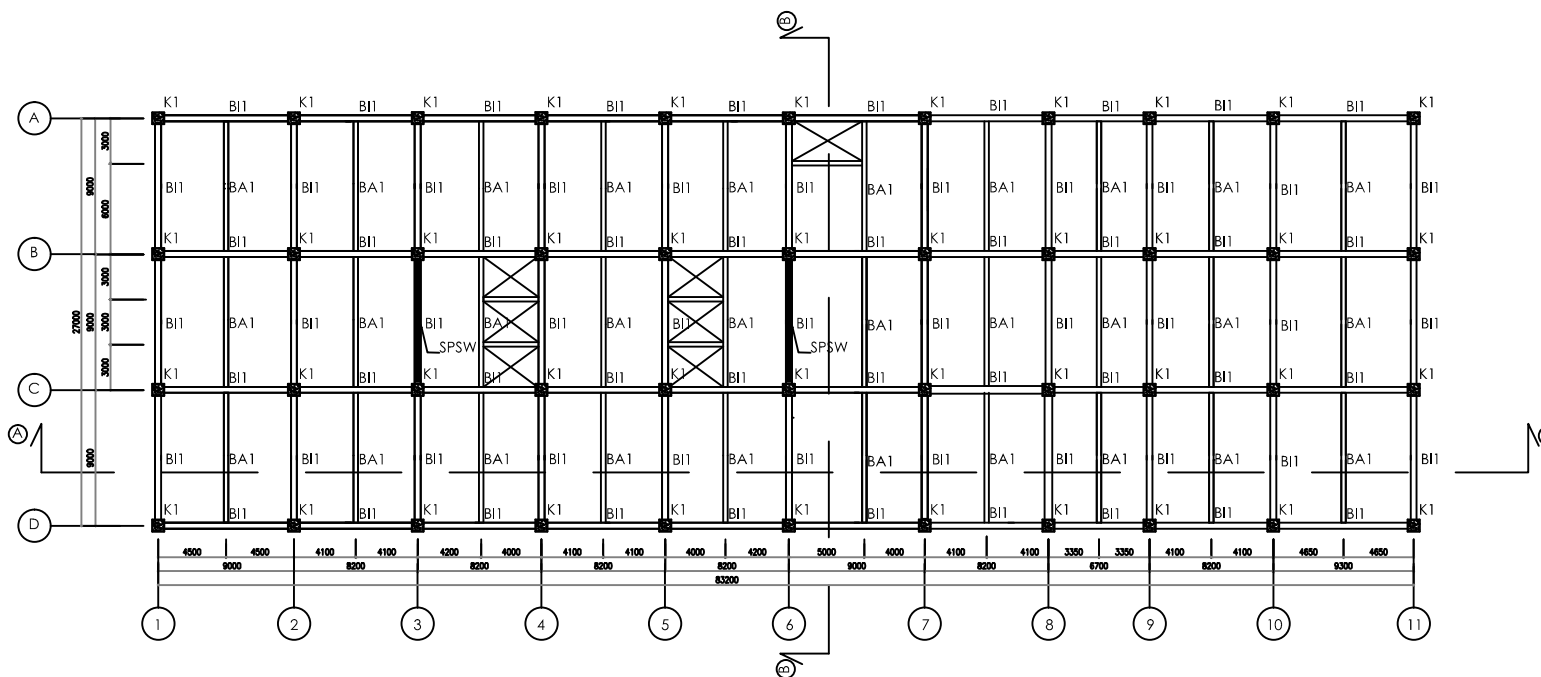
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

5

53



DENAH BALOK KOLOM LANTAI 2-5
 SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

BI 1 = BALOK INDUK WF
 800.300.16.30
 BA 1 = BALOK ANAK WF
 600.200.13.23
 K 1 = KOLOM CFT 800.800.28
 SPSW = STEEL PLATE SHEAR WALL
 (T=14MM)

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH BALOK
 KOLOM LANTAI
 6-14

1 : 300

KODE

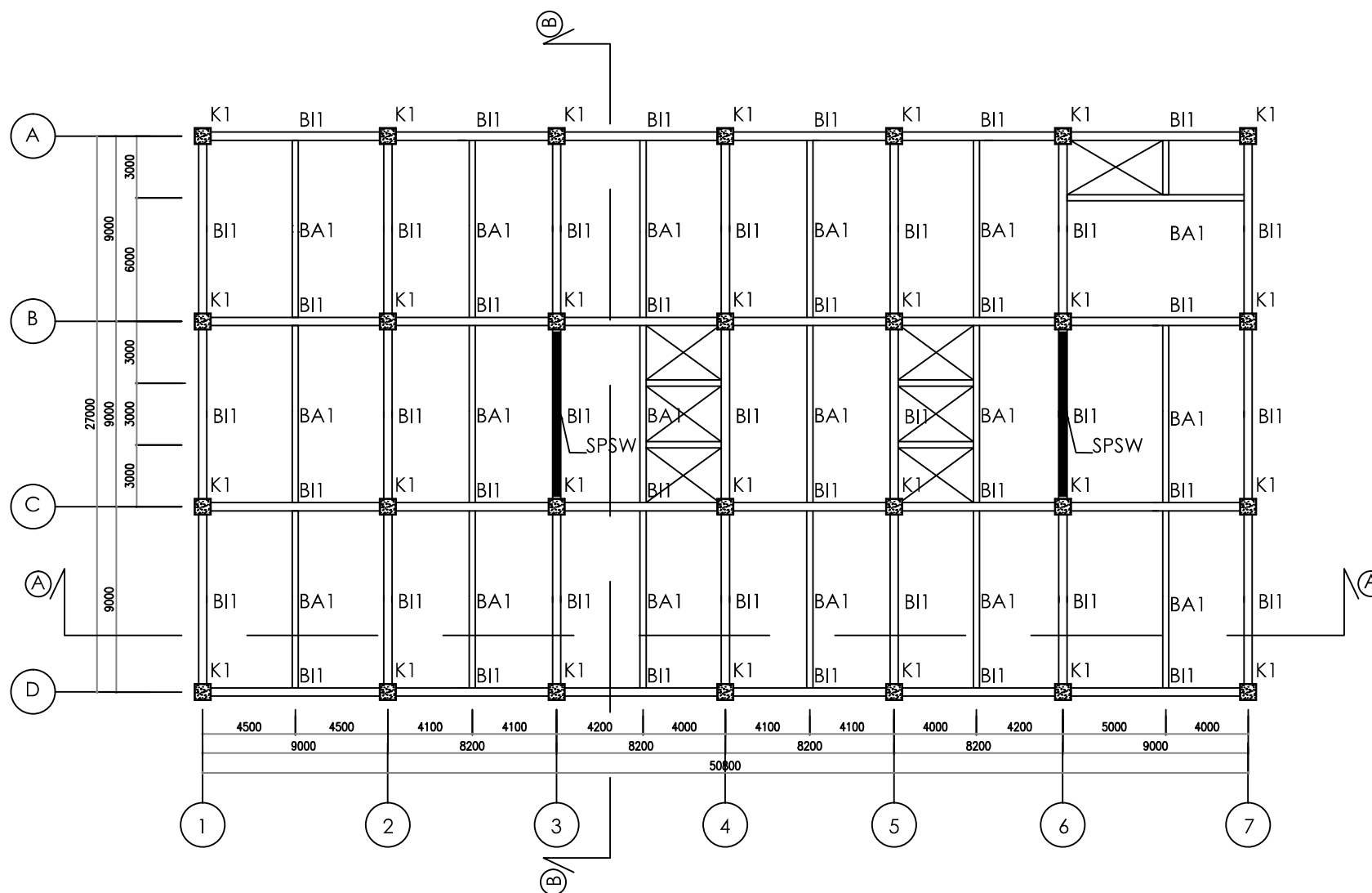
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

6

53



DENAH BALOK KOLOM LANTAI 6-14

SKALA 1 : 300





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

BI 1 = BALOK INDUK WF
 800.300.16.30
 BA 1 = BALOK ANAK WF
 600.200.13.23
 K 2 = KOLOM CFT 600.600.25
 SPSW = STEEL PLATE SHEAR WALL
 (T=14MM)

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154.0000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH BALOK
 KOLOM LANTAI
 15-31

1 : 300

KODE

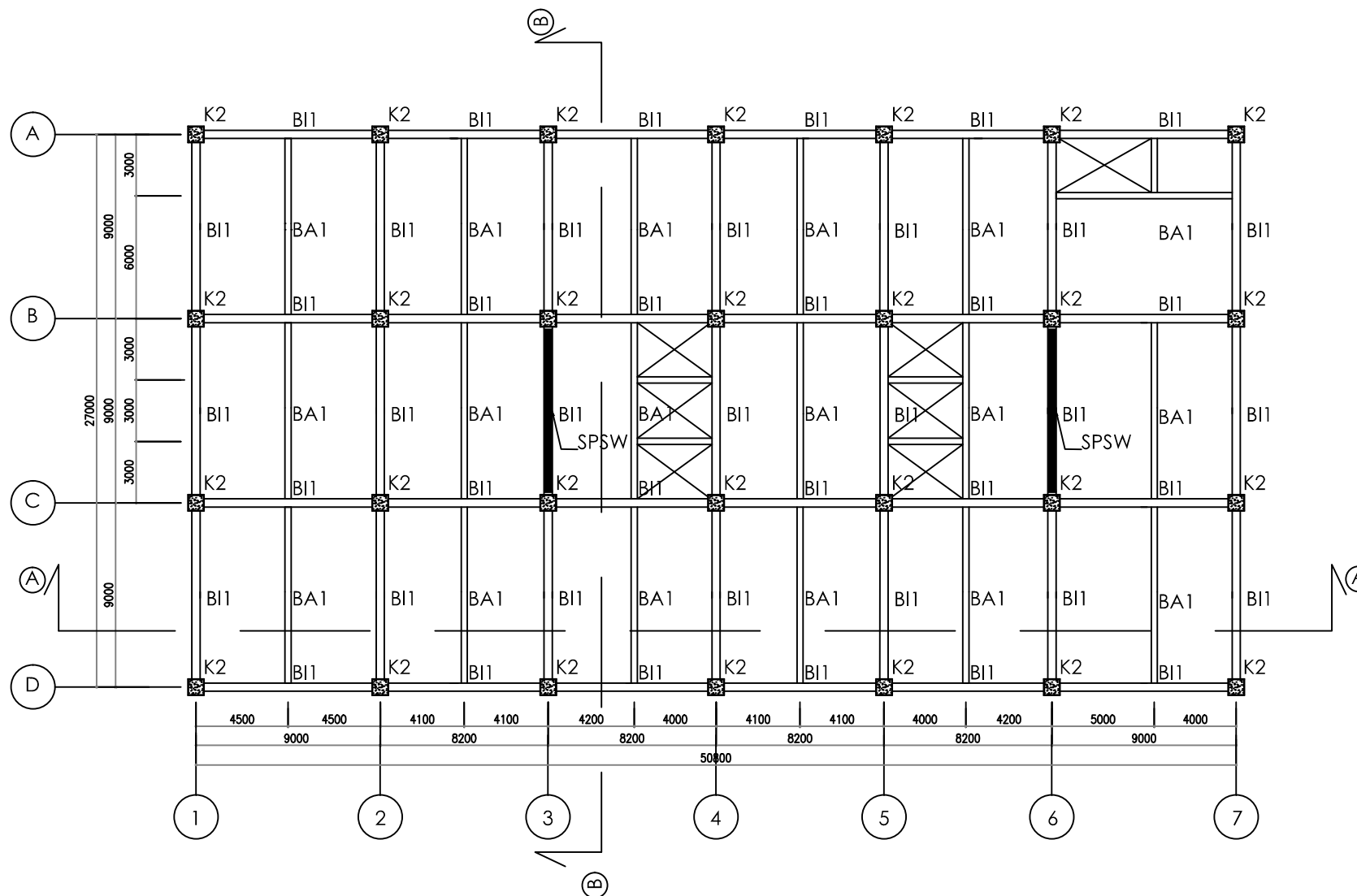
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

7

53



DENAH BALOK KOLOM LANTAI 15-31

SKALA 1 : 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

BI 2 = BALOK INDUK WF
 600.300.13.23
 BA 2 = BALOK ANAK WF
 500.200.9.14
 K 2 = KOLOM CFT 600.600.25
 SPSW = STEEL PLATE SHEAR WALL
 (T=14MM)

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154.0000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH BALOK
 KOLOM ATAP

1 : 300

KODE

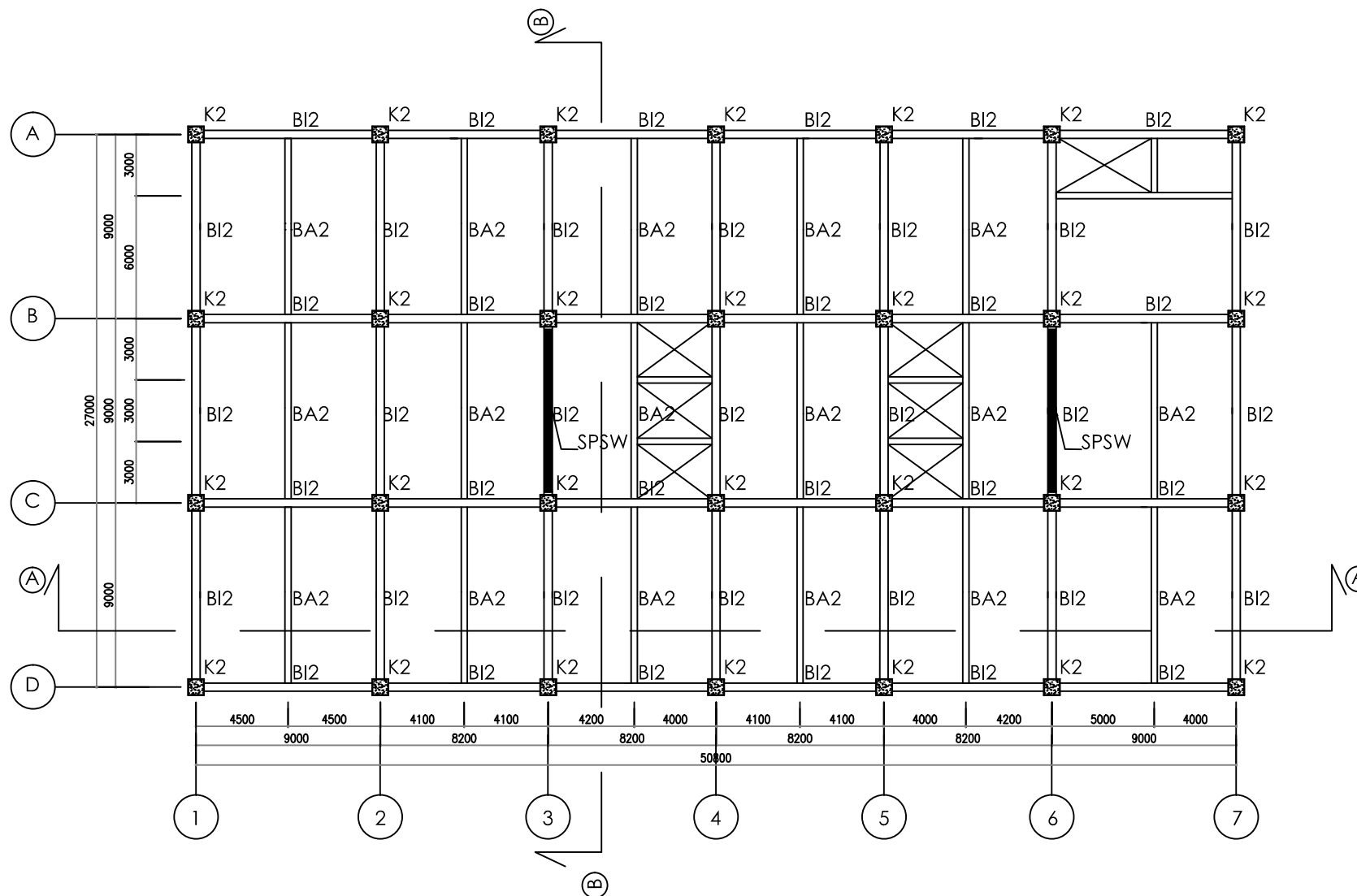
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

8

53



DENAH BALOK KOLOM LANTAI ATAP

SKALA 1 : 300





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154.0000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH PELAT
LANTAI

1 : 500

KODE

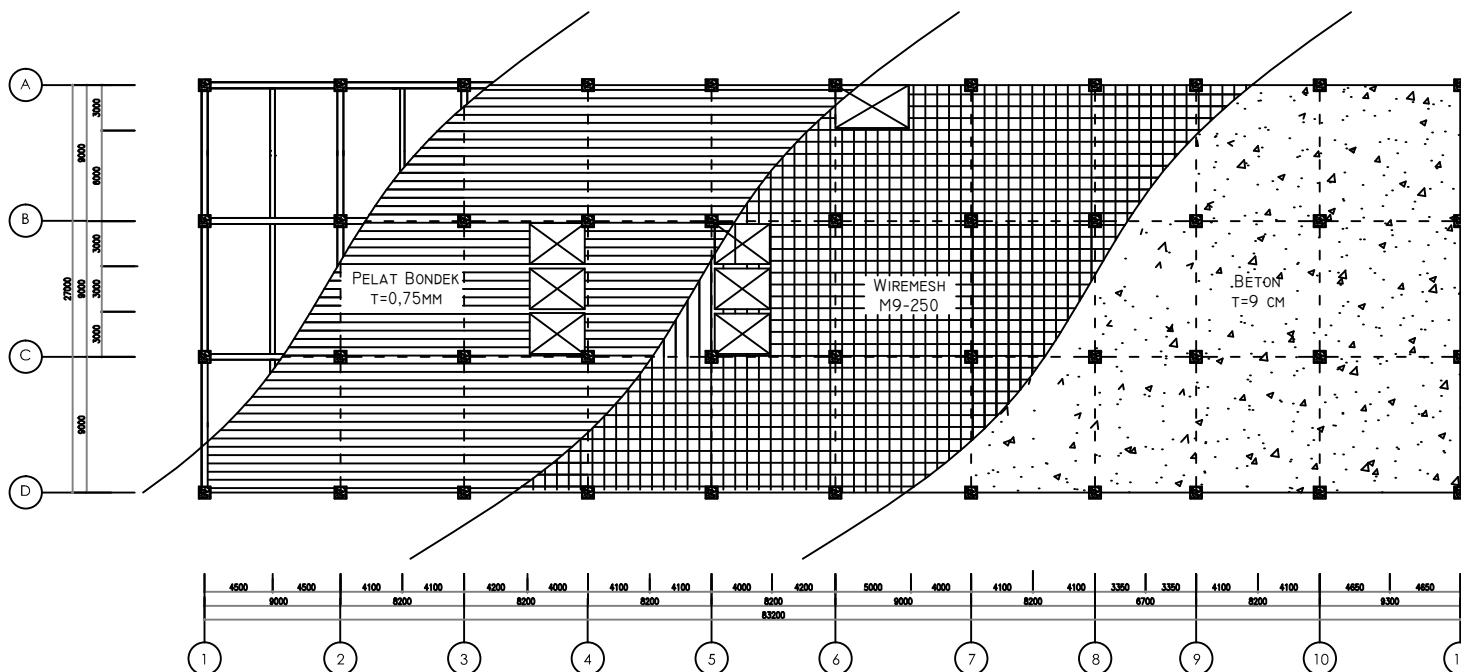
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

9

53



DENAH PELAT LANTAI

SKALA 1 : 500





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154.0000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH PELAT
ATAP

1 : 300

KODE

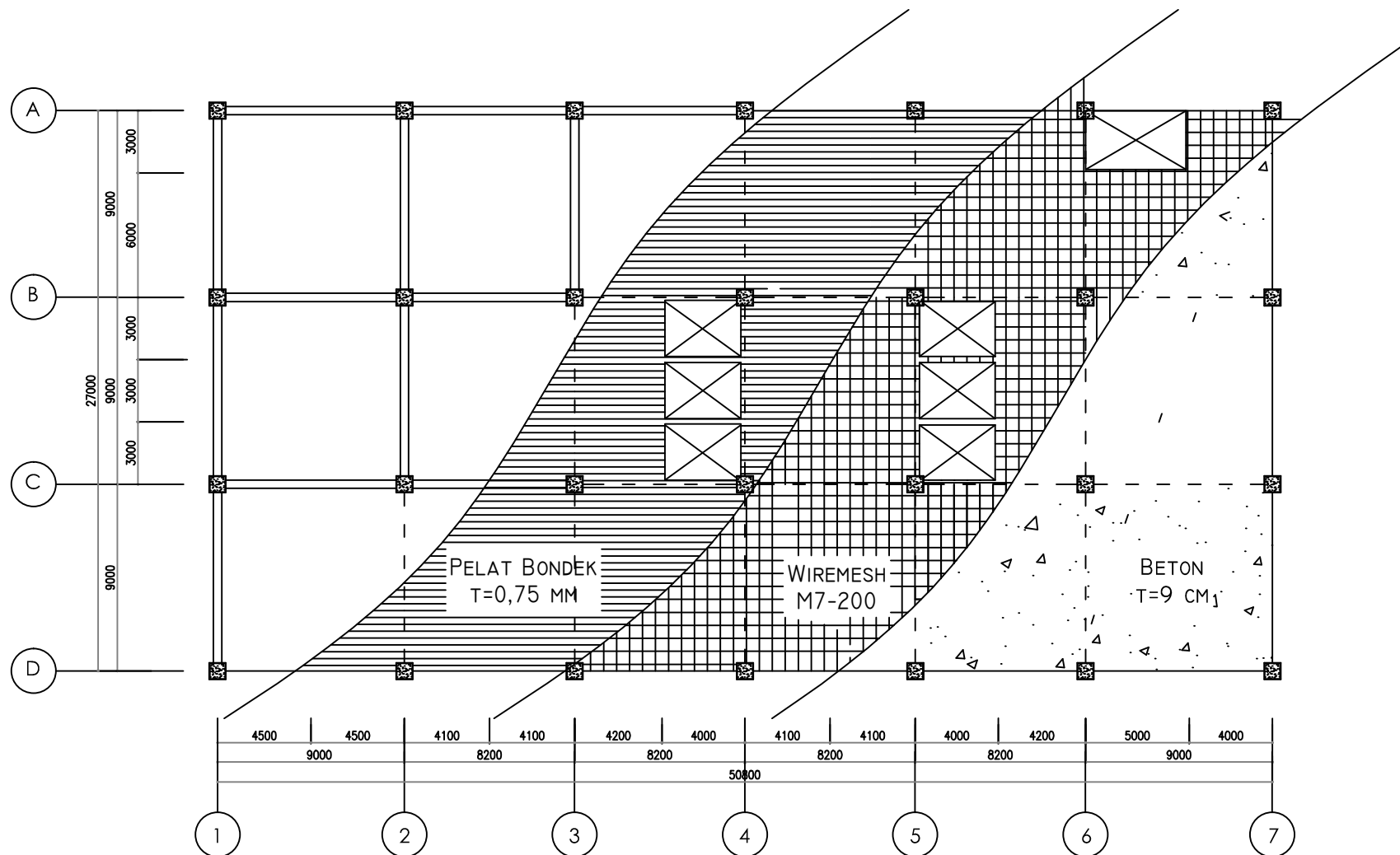
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

10

53



DENAH PELAT ATAP

SKALA 1 : 300





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154.0000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN A-A

1 : 700

KODE

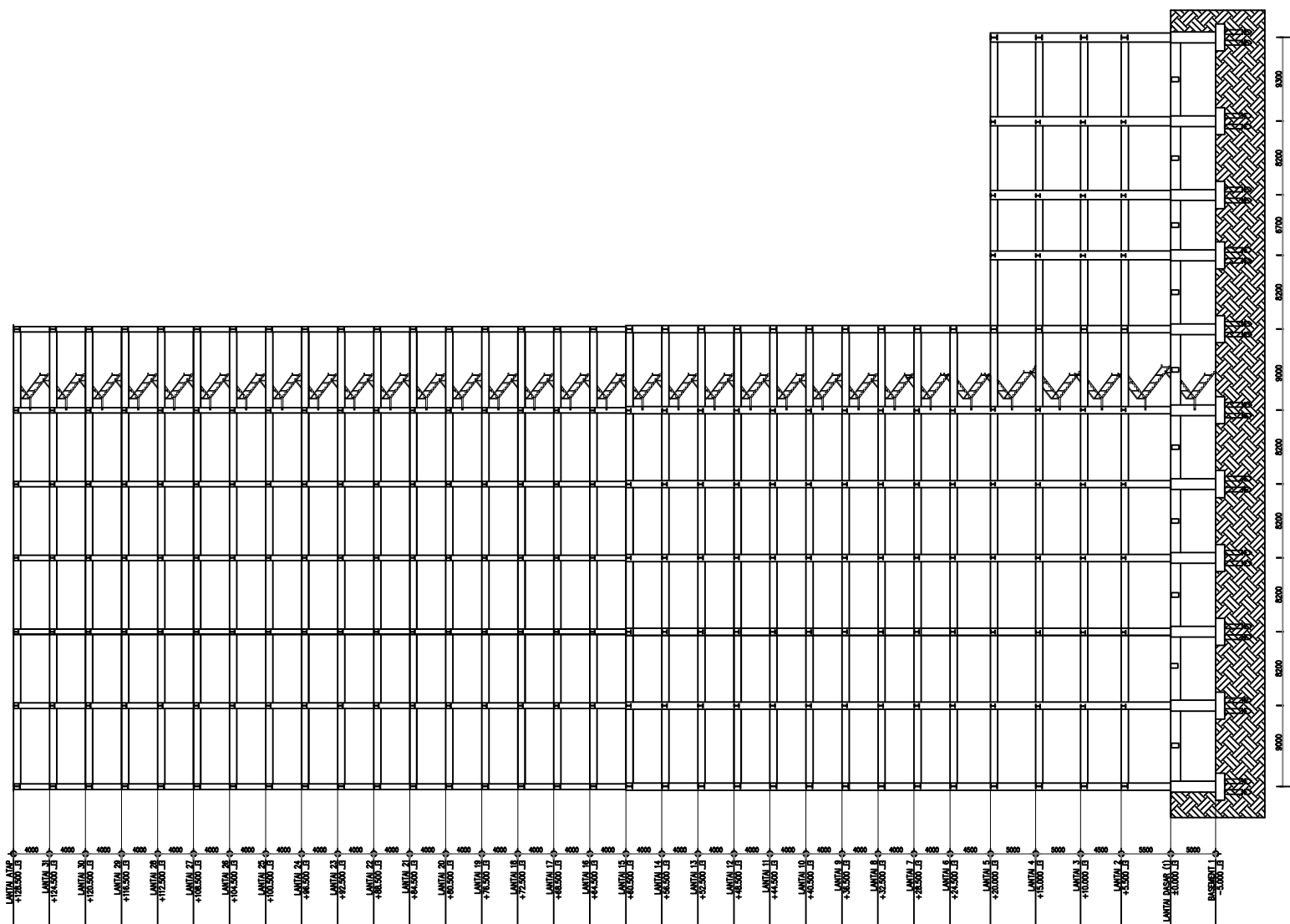
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

II

53



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 700



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN B-B

1 : 700

KODE

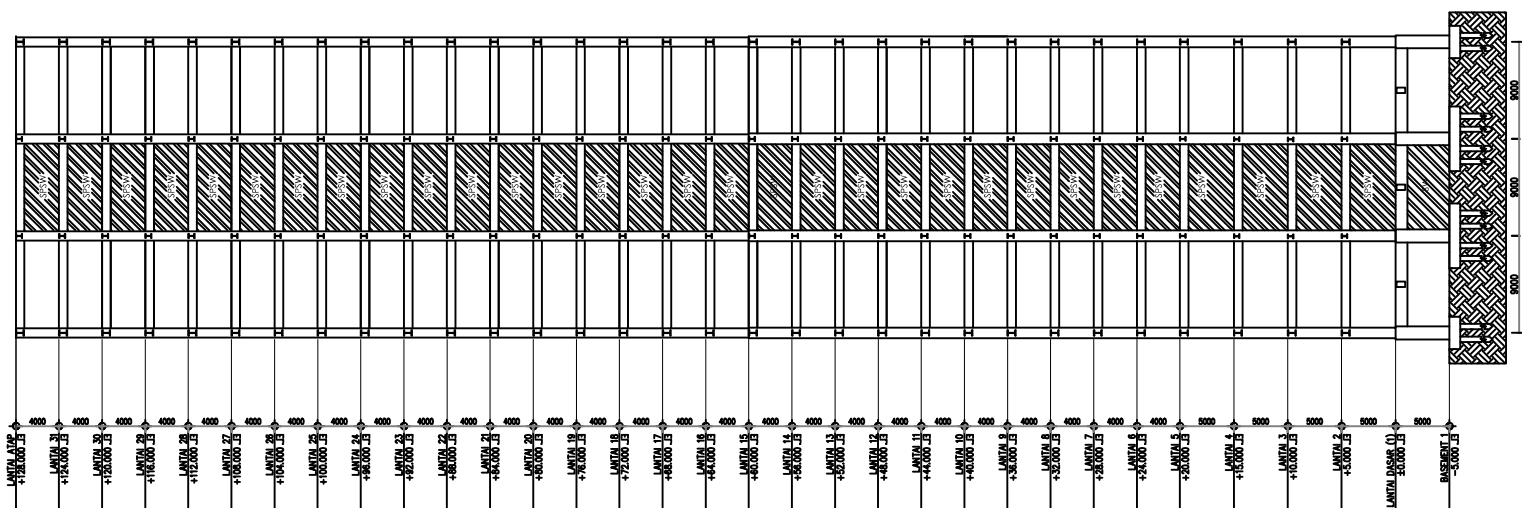
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

12

53



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 700



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

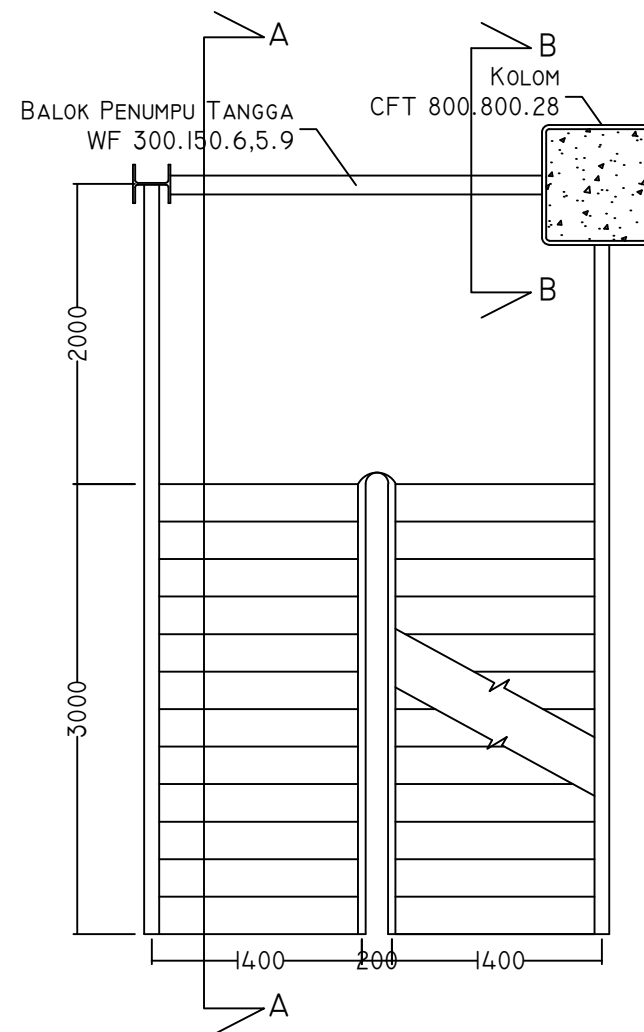
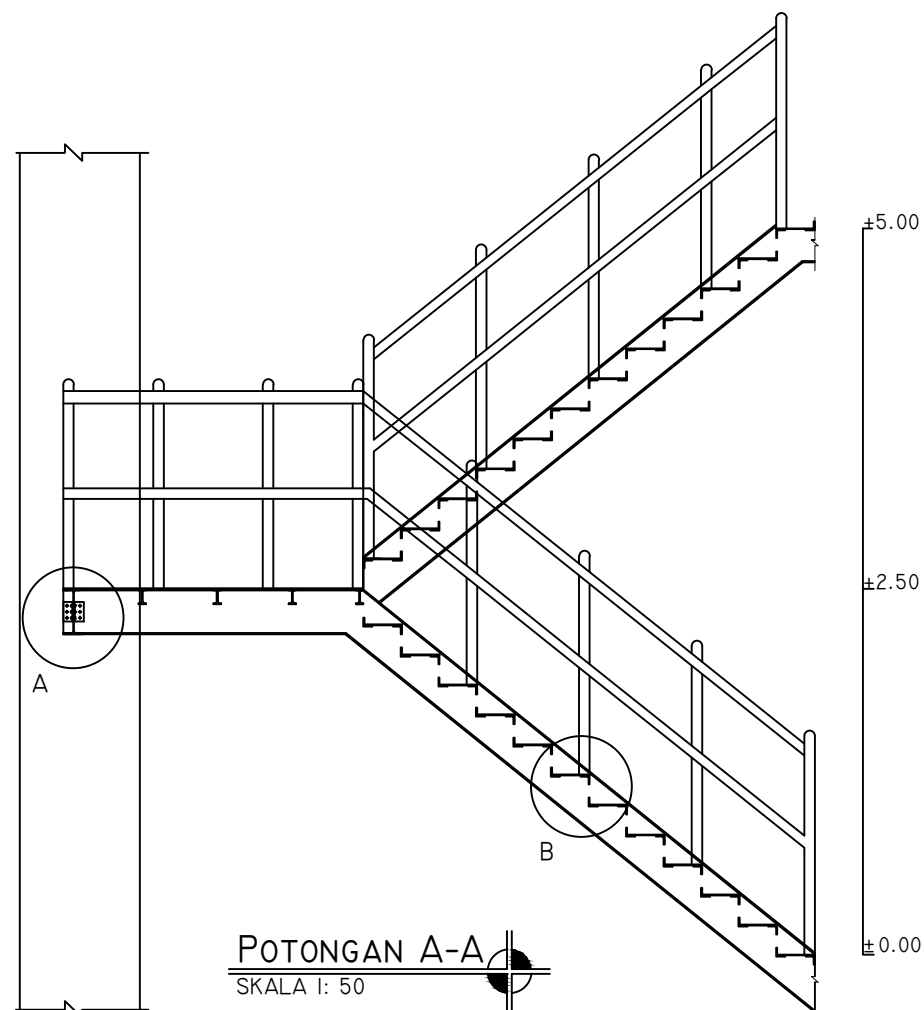
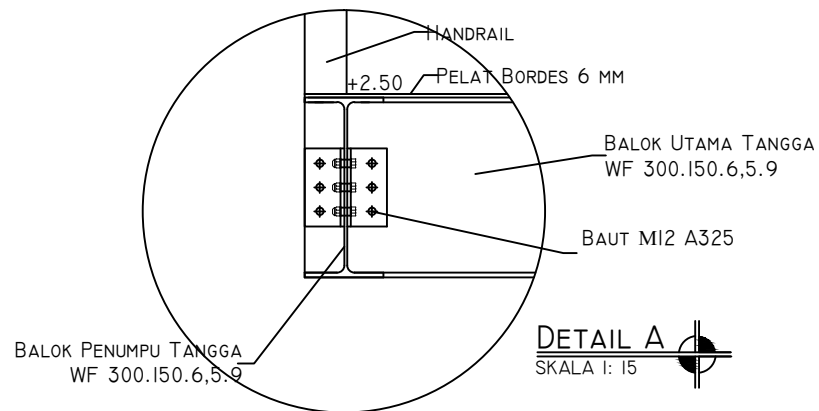
BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154.0000038

Nama Gambar SKALA GAMBAR

PEMBALOKAN TANGGA	1 : 50
POTONGAN A-A	1 : 50
DETAIL A	1 : 15

KODE	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------	-----------	---------------

SPSW	13	53
------	----	----



PEMBALOKAN TANGGA
SKALA 1: 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL B

1 : 15

POTONGAN B-B

1 : 50

POTONGAN C-C

1 : 50

KODE

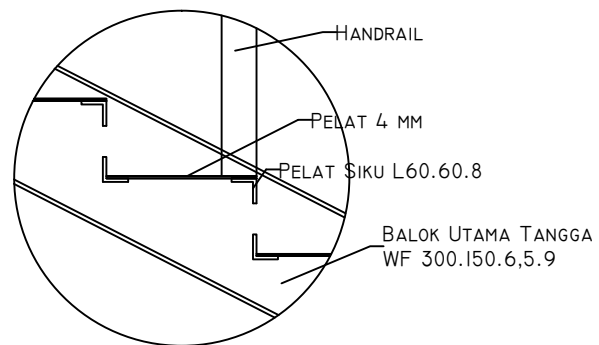
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

14

53



Detail B
SKALA 1: 15

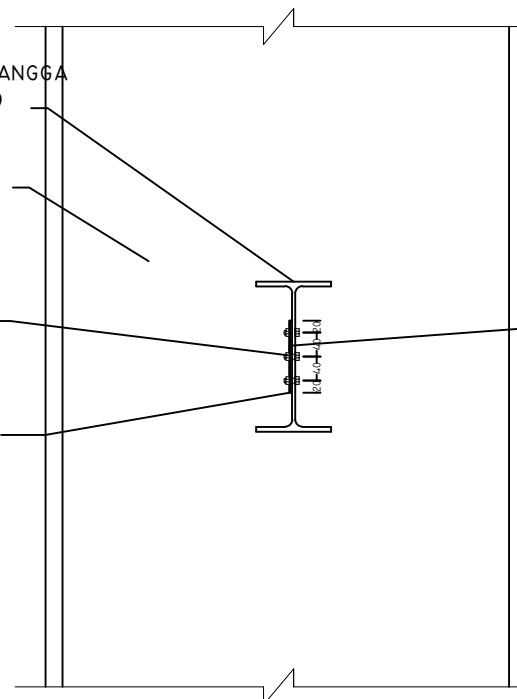
BALOK PENUMPU TANGGA
WF 300.150.6,5.9

KOLOM
CFT 800.800.28

BAUT A325
M8

TEBAL
LAS 3
MM

PELAT 4 MM



POTONGAN C-C
SKALA 1 : 50

KOLOM
CFT 800.800.28

PELAT 4 MM

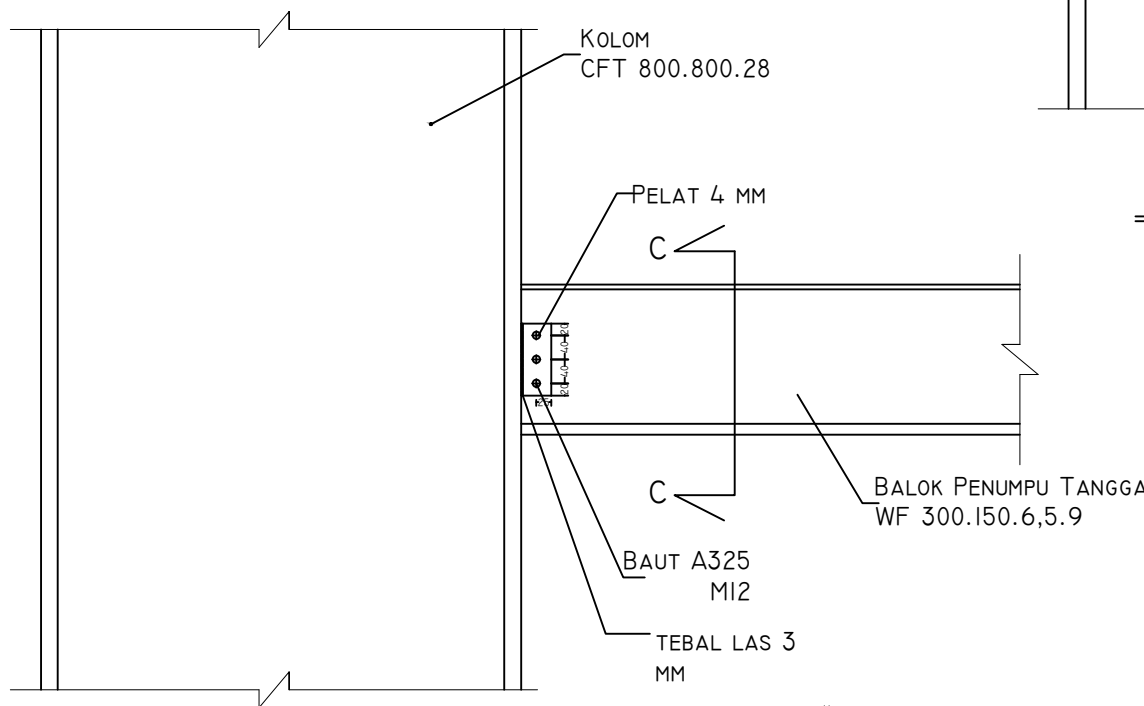
C

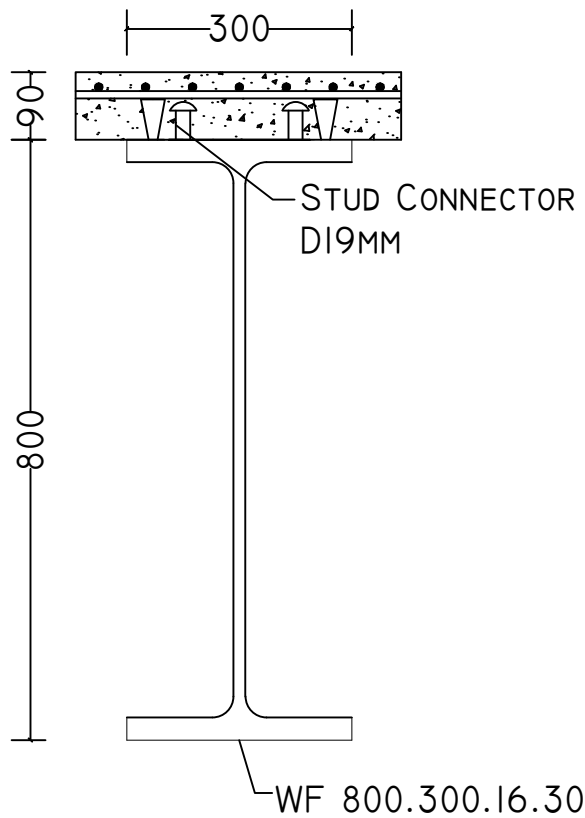
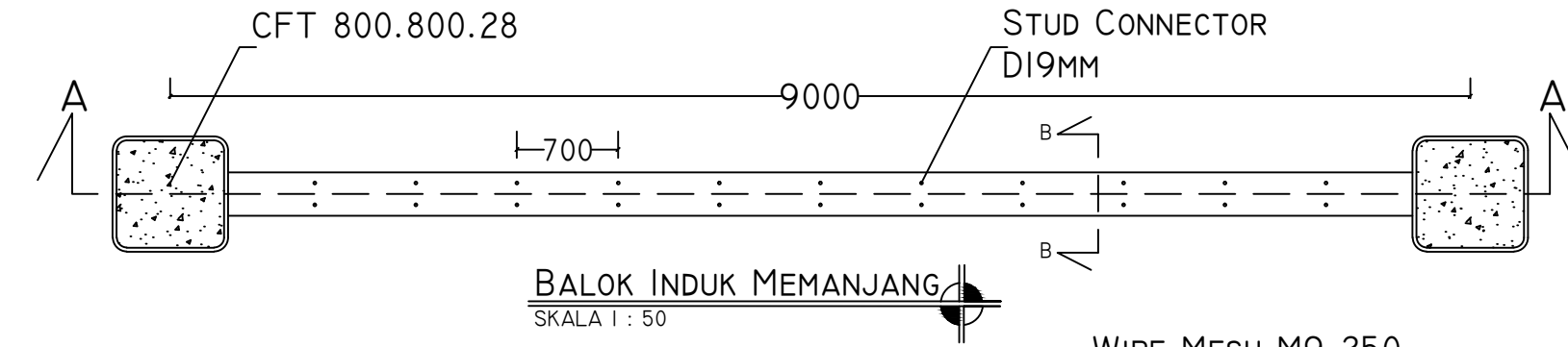
BALOK PENUMPU TANGGA
WF 300.150.6,5.9

BAUT A325
M12

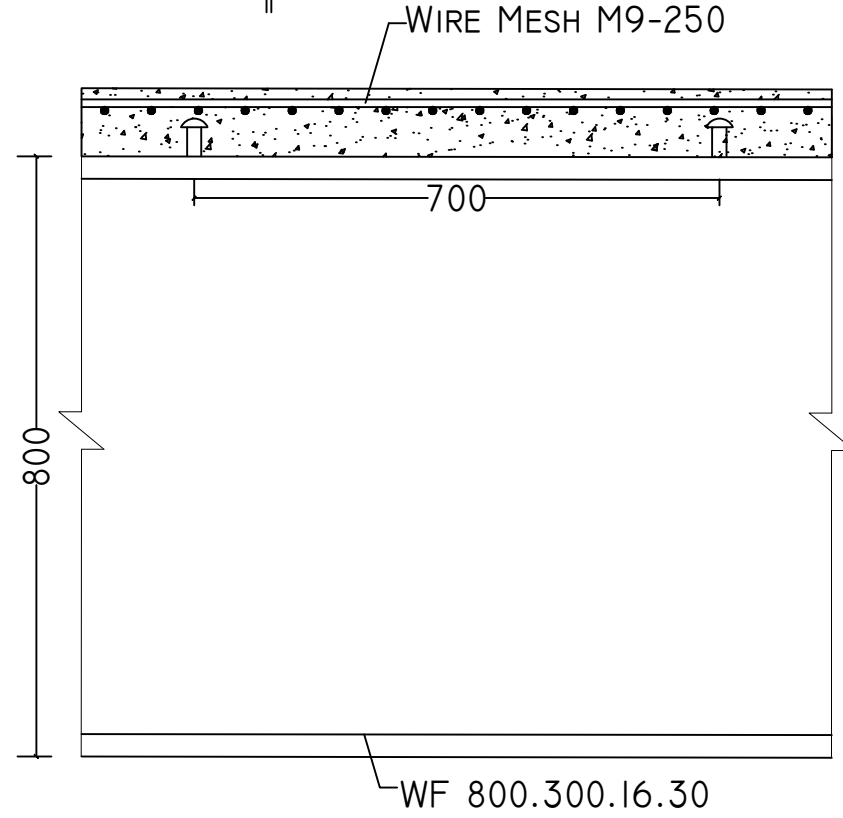
TEBAL LAS 3
MM

POTONGAN B-B
SKALA 1 : 50





POTONGAN B-B
SKALA 1 : 10



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

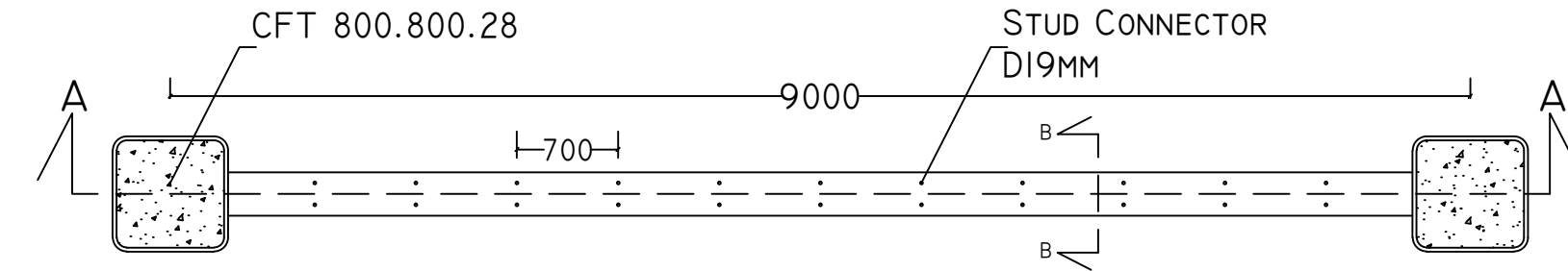
BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR
-------------	--------------

BALOK INDUK MEMANJANG	1:50
POTONGAN A-A	1:10
POTONGAN B-B	1:10

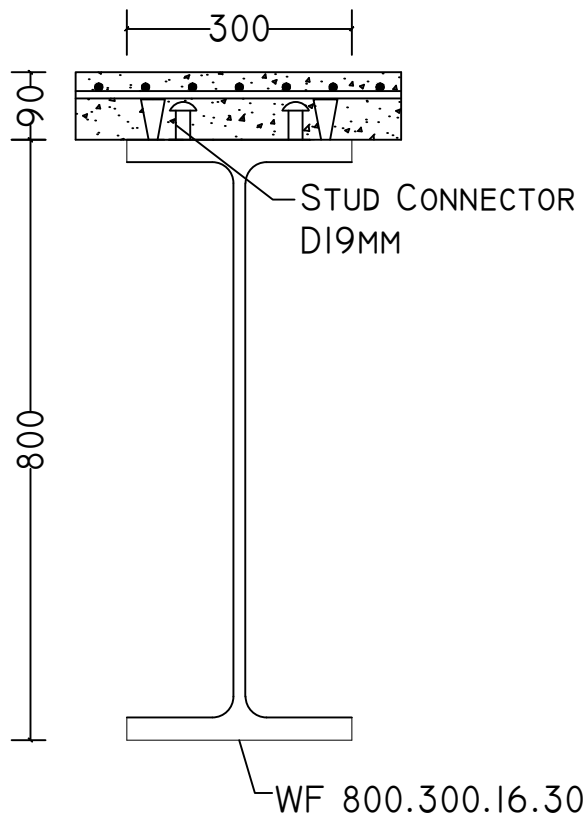
KODE	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------	--------------	------------------

SPSW	15	53
------	----	----



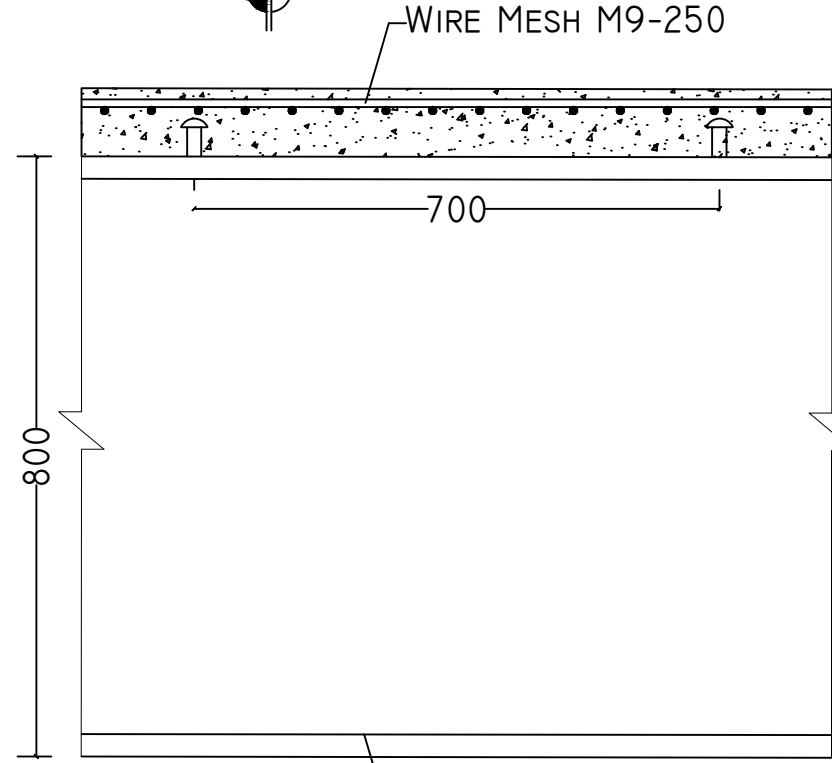
Balok Induk Melintang

SKALA 1 : 50



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 10



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR
-------------	--------------

BALOK INDUK MELINTANG	1:50
POTONGAN A-A	1:10
POTONGAN B-B	1:10

KODE	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------	-----------	---------------

SPSW	16	53
------	----	----



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

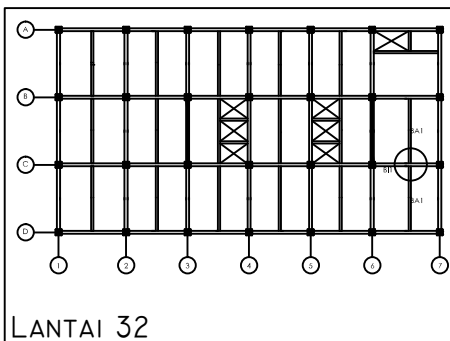
BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

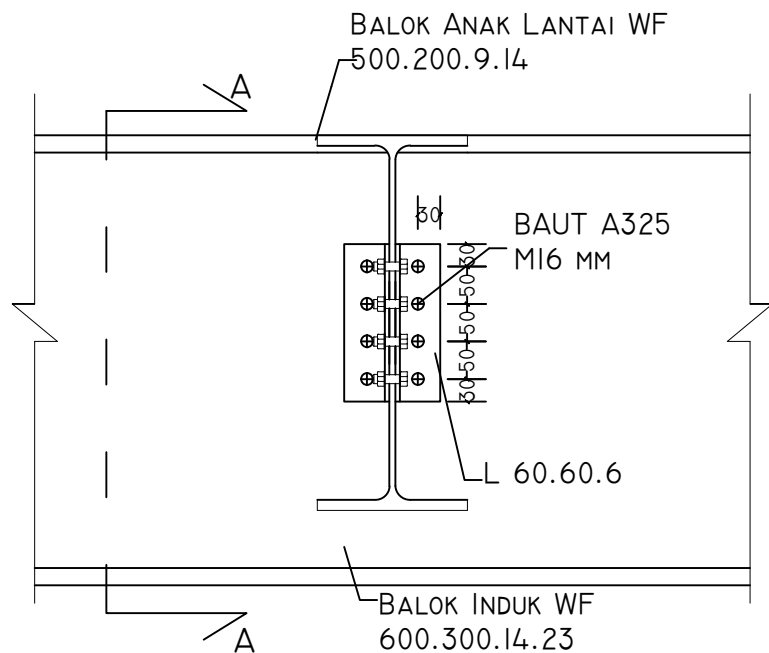
SAMBUNGAN BALOK ANAK ATAP KE BALOK INDUK	1:10
POTONGAN A-A	1:10

KODE	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------	--------------	------------------

SPSW	17	53
------	----	----

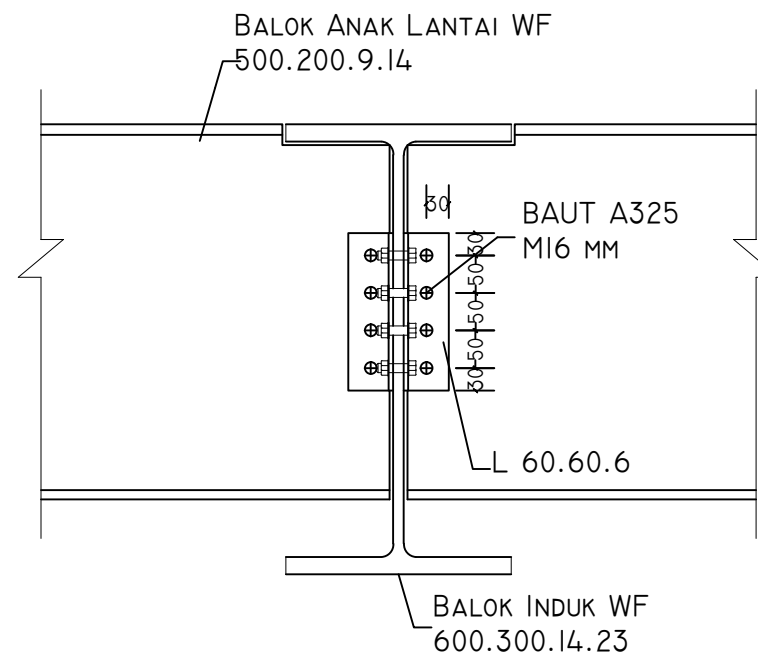


LANTAI 32



SAMBUNGAN BALOK ANAK ATAP KE BALOK INDUK

SKALA 1 : 10



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN
BALOK ANAK
LANTAI KE
BALOK INDUK

1:10

POTONGAN B-B

1:10

KODE

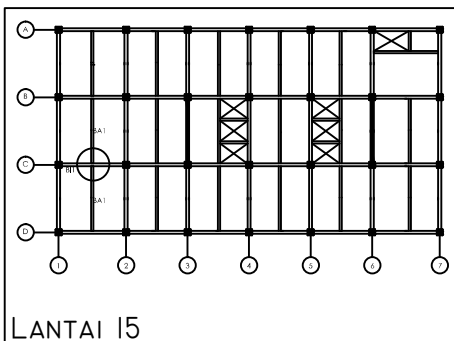
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

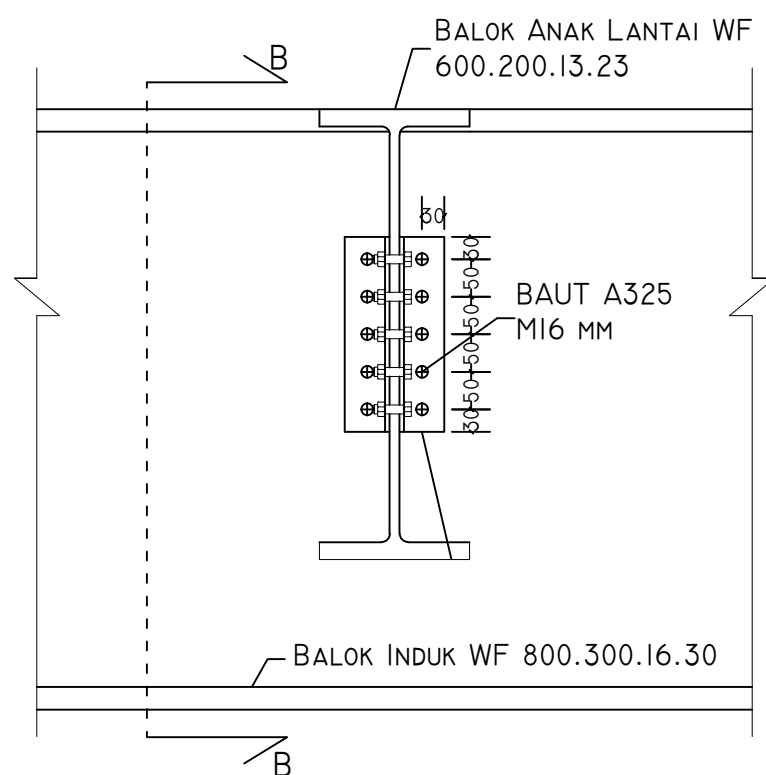
SPSW

18

53

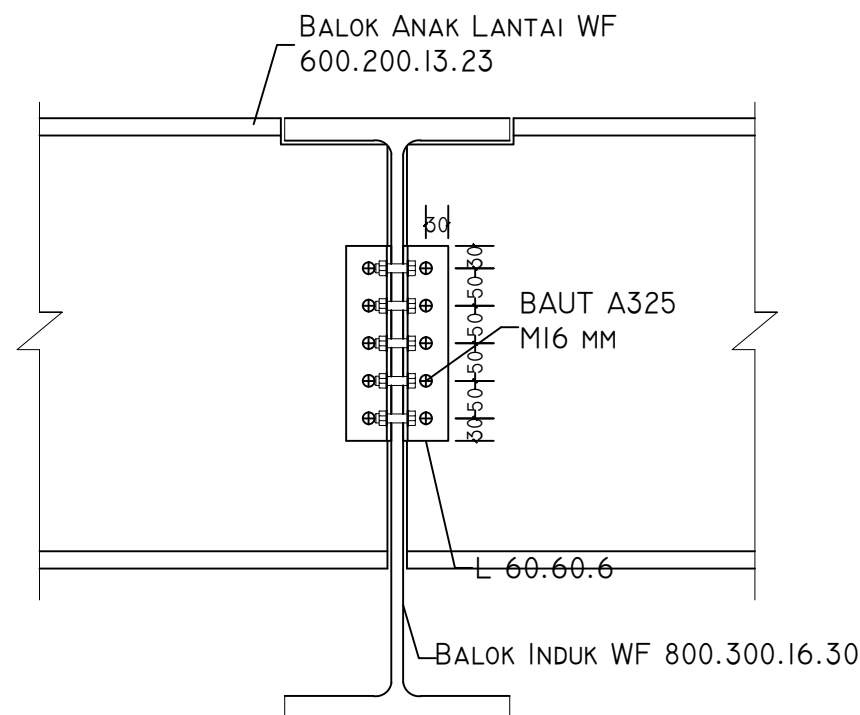


LANTAI 15



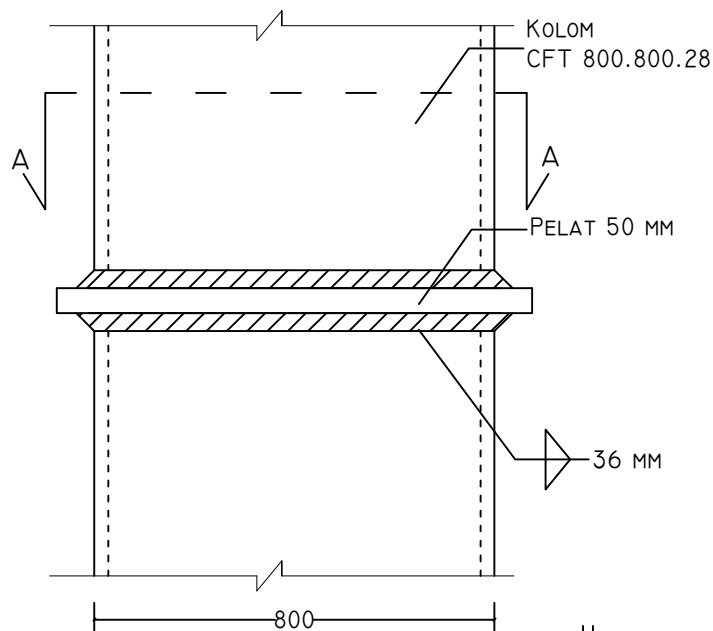
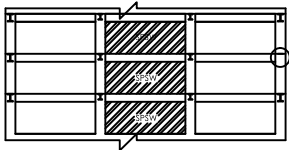
SAMBUNGAN BALOK ANAK LANTAI KE BALOK INDUK

SKALA 1 : 10

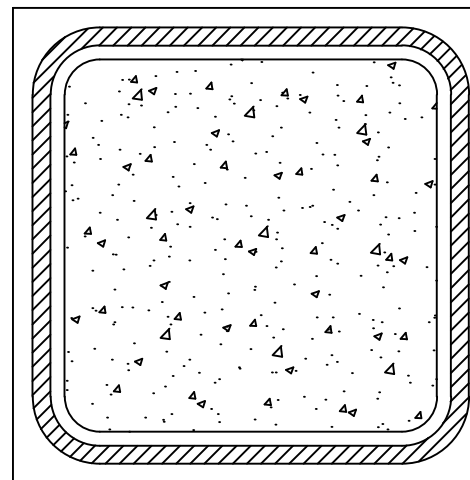


POTONGAN B-B

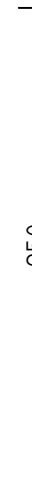
SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN ANTAR KOLOM
SKALA 1 : 15



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA
 KARYA OFFICE TOWER
 MENGGUNAKAN STEEL PLATE
 SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

MUTU LAS: E100xx

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154.000038

NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR
-------------	--------------

SAMBUNGAN ANTAR KOLOM	1 : 15
POTONGAN A-A	1 : 15

KODE	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
SPSW	19	53



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA
KARYA OFFICE TOWER
MENGUNAKAN STEEL PLATE
SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

MUTU LAS: E100XX
CJP = Complete Joint Penetration

NAMA MAHASISWA

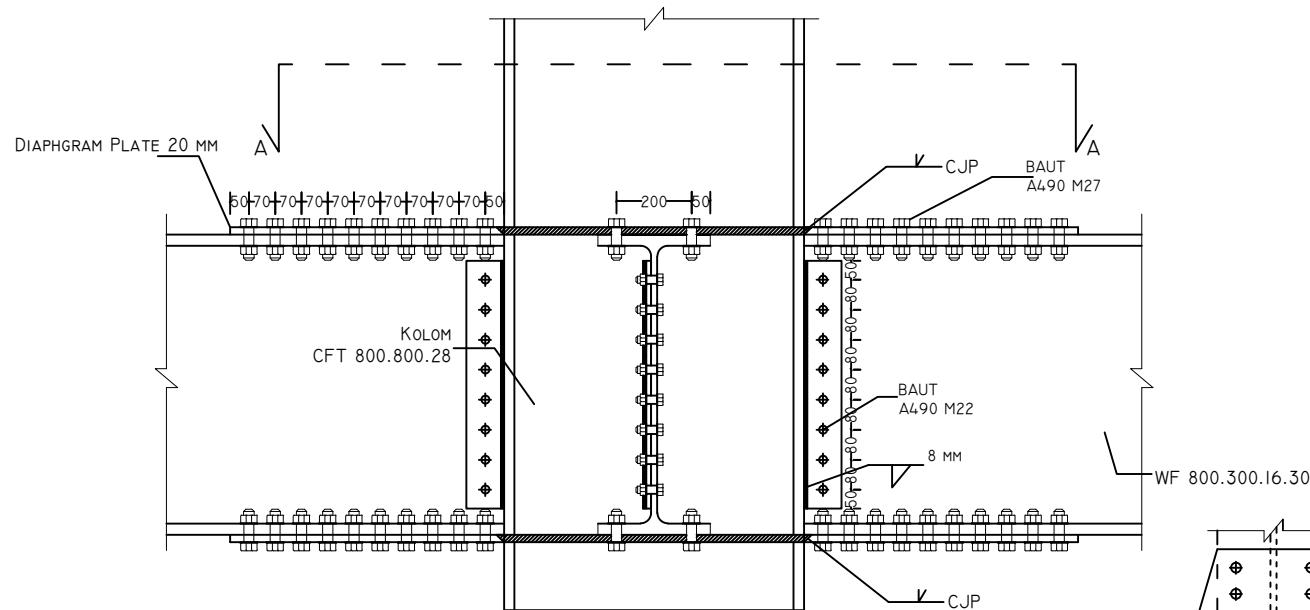
BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154.000038

NAMA GAMBAR SKALA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK INDUK- KOLOM	I: 20
POTONGAN A-A	I: 20

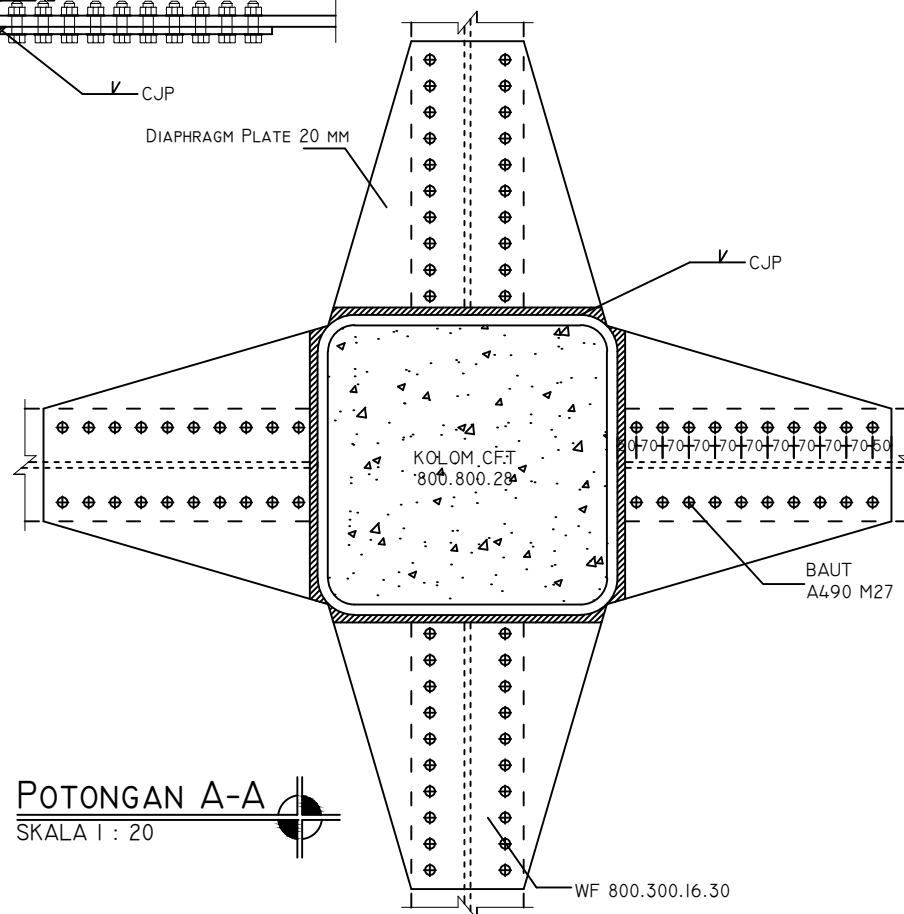
KODE	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------	--------------	------------------

SPSW	20	53
------	----	----



SAMBUNGAN BALOK INDUK

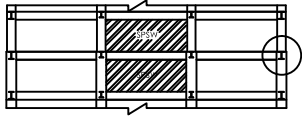
SKALA I : 20



POTONGAN A-A

SKALA I : 20





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA
 KARYA OFFICE TOWER
 MENGGUNAKAN STEEL PLATE
 SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

MUTU LAS: E100xx

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154.000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

SAMBUNGAN
 ANTAR KOLOM
 POTONGAN A-A

1 : 15

1 : 15

KODE

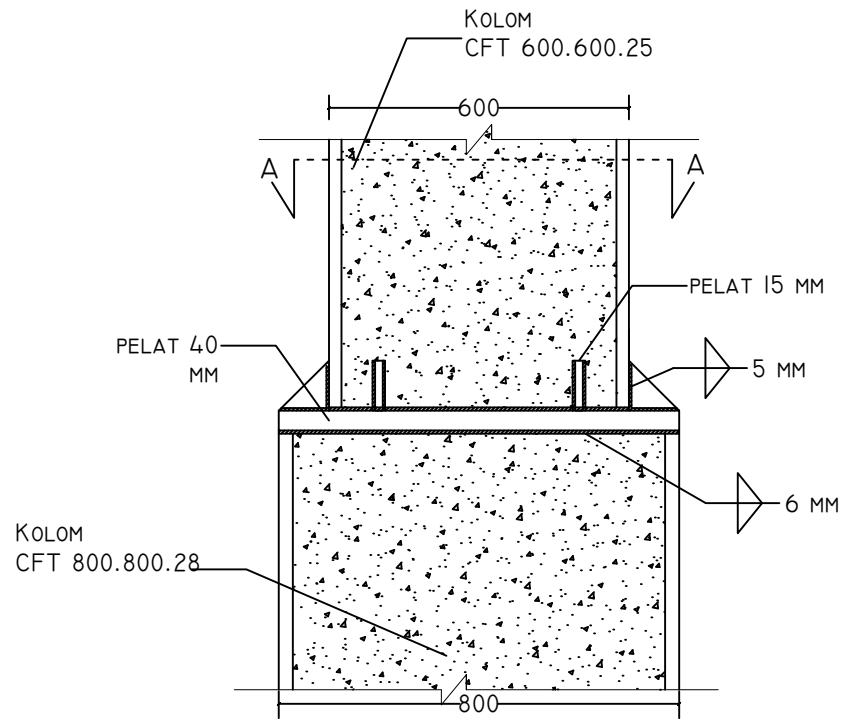
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

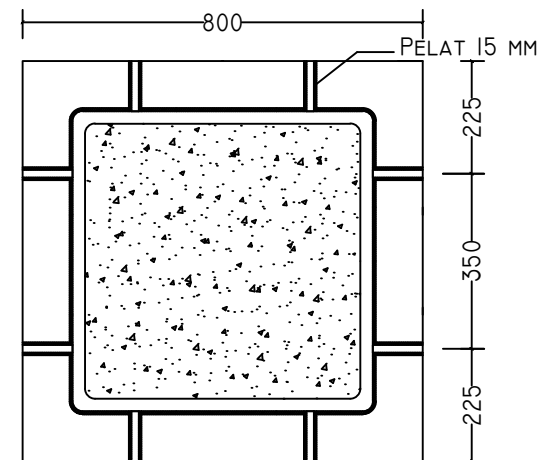
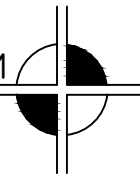
SPSW

21

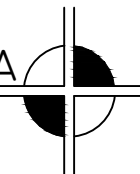
53



SAMBUNGAN ANTAR KOLOM
 SKALA 1 : 15



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 15





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA
KARYA OFFICE TOWER
MENGUNAKAN STEEL PLATE
SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

MUTU LAS: E100xx

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154.000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

BASEPLATE
POTONGAN A-A

1 : 15
1 : 15

KODE

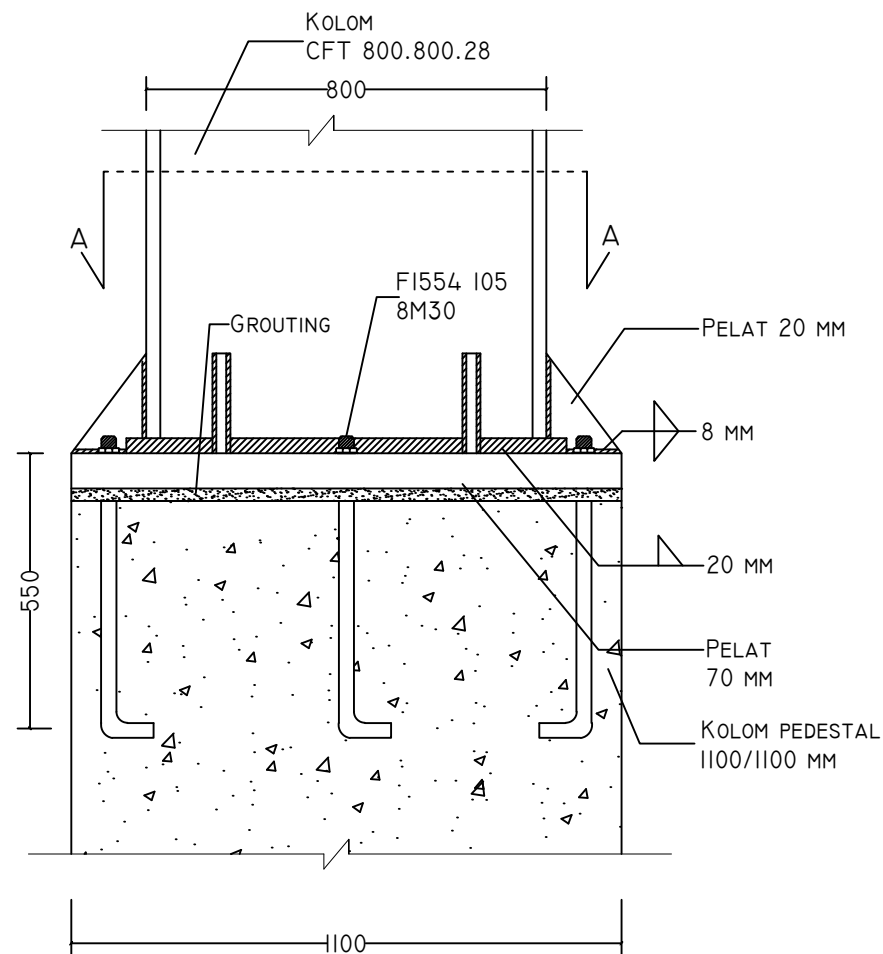
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

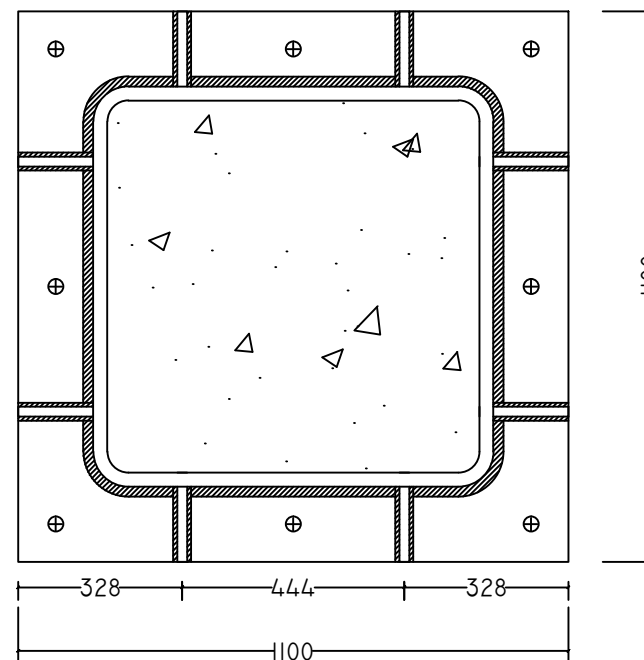
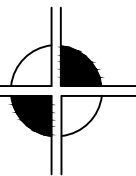
SPSW

22

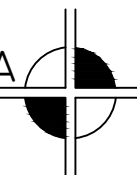
53

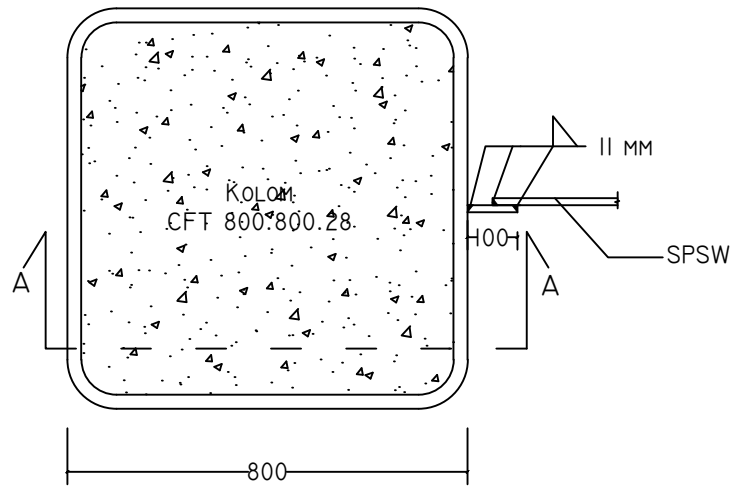
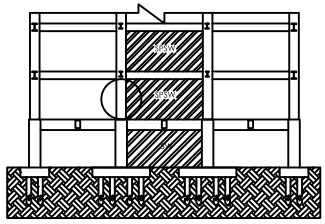


BASEPLATE
SKALA 1 : 15

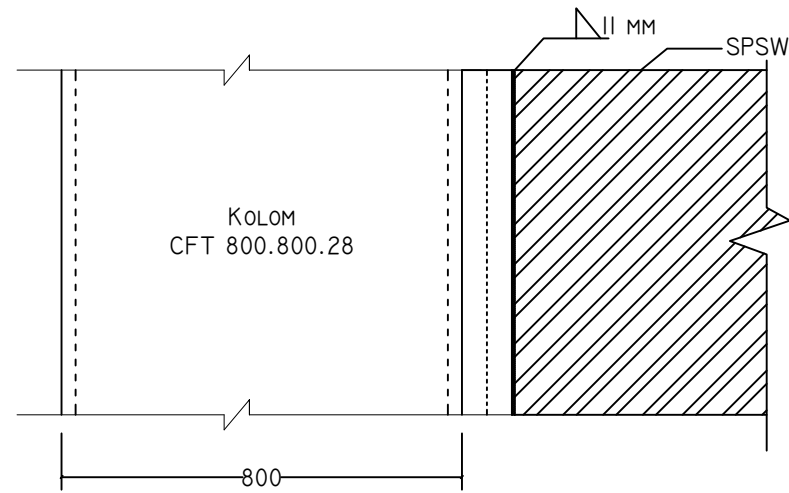
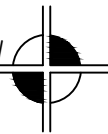


POTONGAN A-A
SKALA 1 : 15





SAMBUNGAN VBE DAN SPSW
SKALA 1 : 15



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA
KARYA OFFICE TOWER
MENGUNAKAN STEEL PLATE
SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

MUTU LAS: E100xx

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154.000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

SAMBUNGAN
VBE DAN SPSW

1 : 15

POTONGAN A-A

1 : 15

KODE

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

23

53



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

SAMBUNGAN
HBE DAN SPSW
POTONGAN A-A

1:10

1:10

KODE

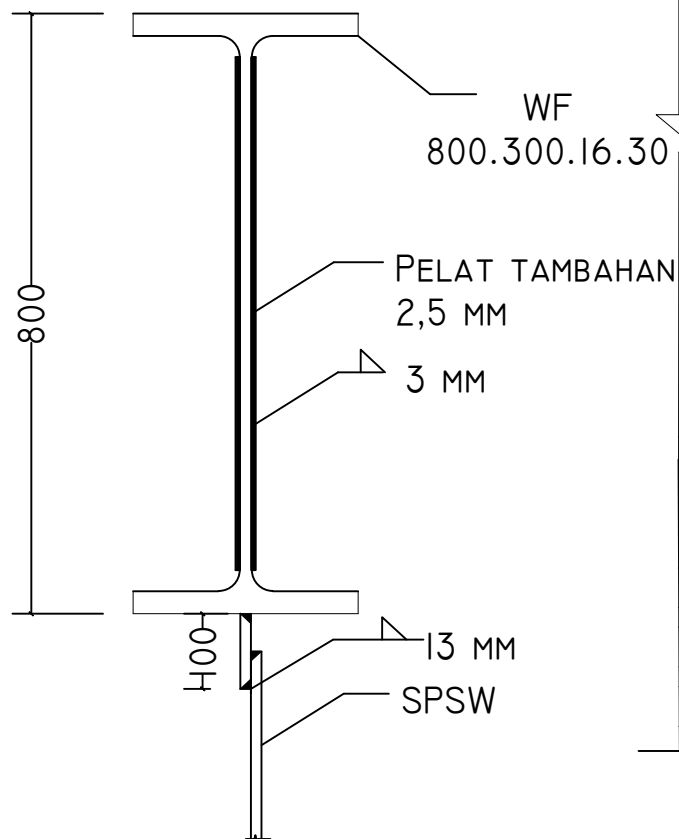
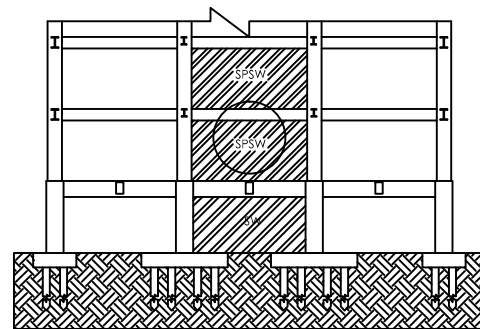
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

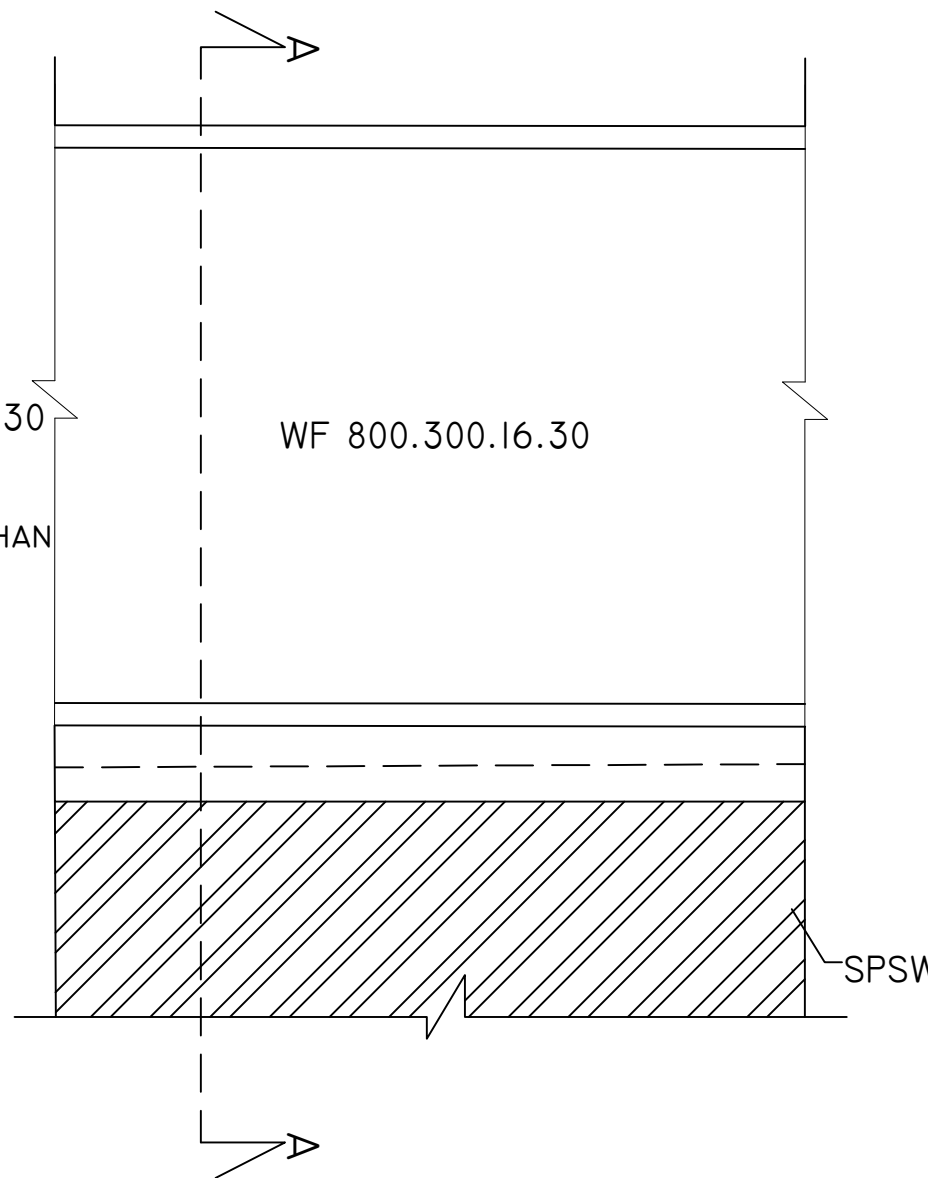
SPSW

24

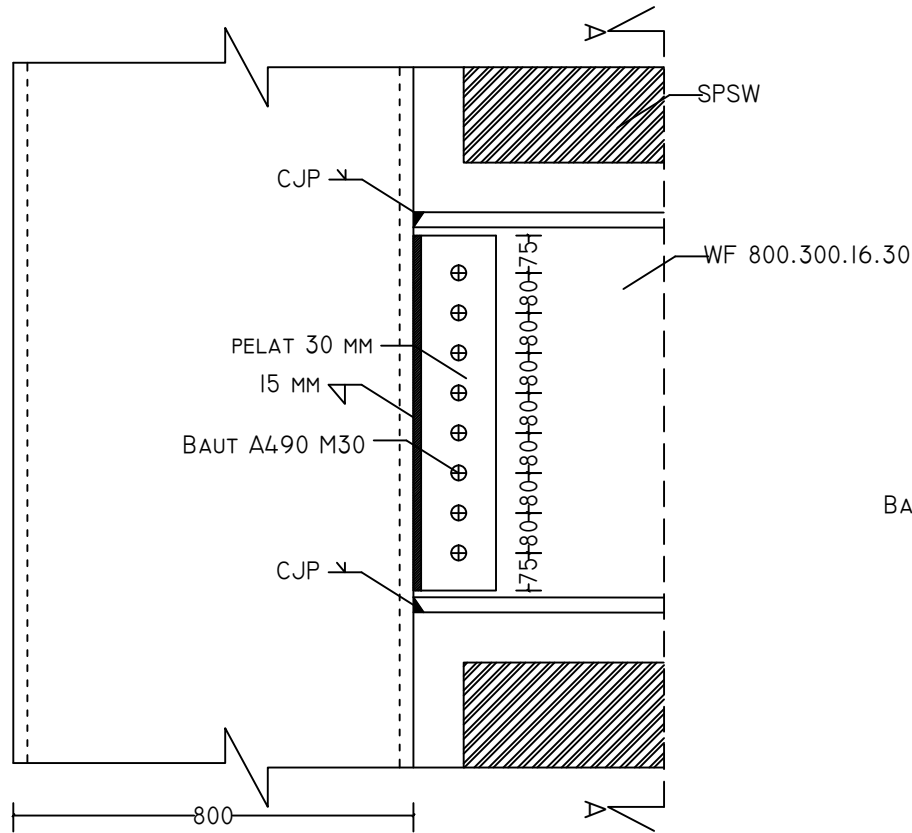
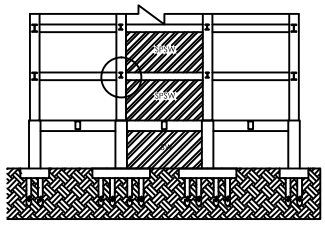
53



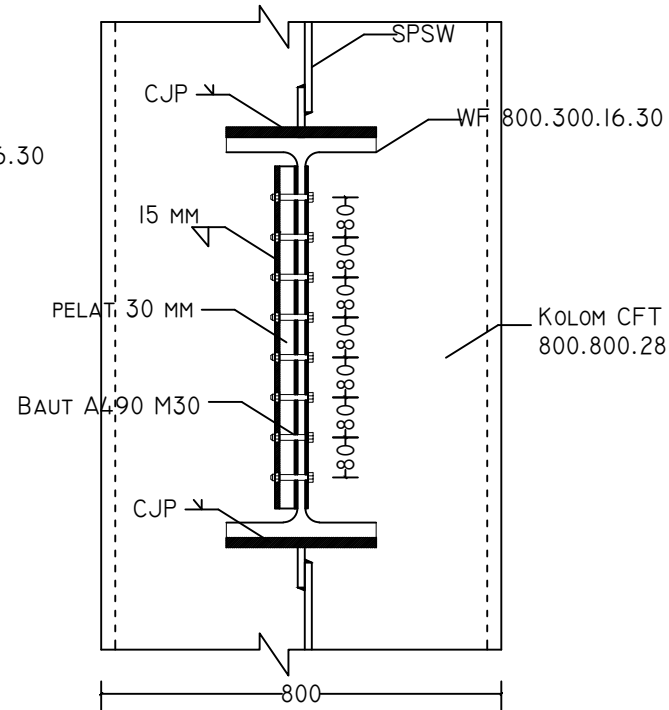
POTONGAN A-A
SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN HBE DAN SPSW
SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN HBE DAN VBE
SKALA 1 : 15



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA
KARYA OFFICE TOWER
MENGUNAKAN STEEL PLATE
SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154.000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

SAMBUNGAN HBE
DAN VBE
POTONGAN A-A

1 : 15

1 : 15

KODE

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

25

53



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

PENULANGAN BALOK
ANAK 30/45

1:10

KODE

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

26

53

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK ANAK 300 MM X 450 MM		
TUL. ATAS	4D22	2D22
TUL. BAWAH	2D22	2D22
TUL. SAMPING		
SENGKANG	2D13-150	2D13-150

PENULANGAN BALOK ANAK 30/45

SKALA 1 : 10





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

PENULANGAN BALOK
ANAK 30/40

1:10

KODE

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

27

53

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK ANAK 300 MM X 400 MM		
TUL. ATAS	4D22	2D22
TUL. BAWAH	2D22	3D22
TUL. SAMPING		
SENGKANG	2D13-150	2D13-150

PENULANGAN BALOK ANAK 30/40
SKALA 1 : 10





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

Nama Gambar

SKALA GAMBAR

PENULANGAN BALOK
INDUK

1:10

KODE

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

28

53

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 400 MM X 600 MM		
TUL. ATAS	6D25	5D25
TUL. BAWAH	6D25	5D25
TUL. SAMPING	2D25	2D25
SENGKANG	2D13-100	2D13-200

PENULANGAN BALOK INDUK

SKALA 1 : 10





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA
KARYA OFFICE TOWER
MENGUNAKAN STEEL PLATE
SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154.000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

PENULANGAN
KOLOM BETON

1 : 15

KODE

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

29

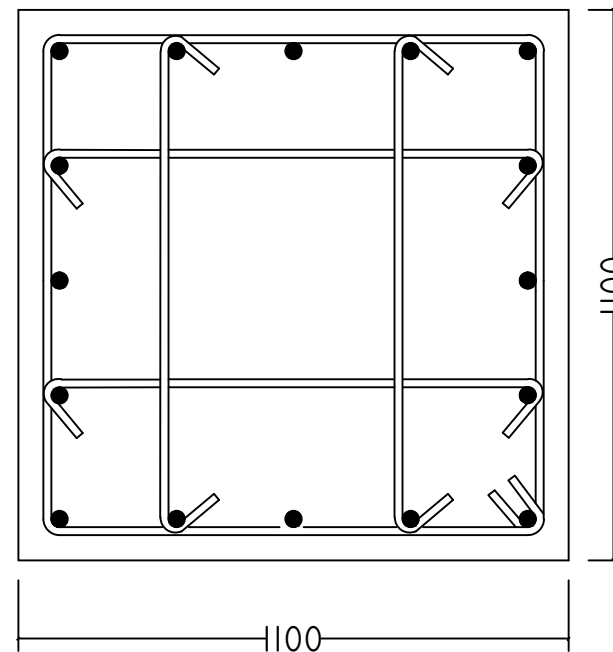
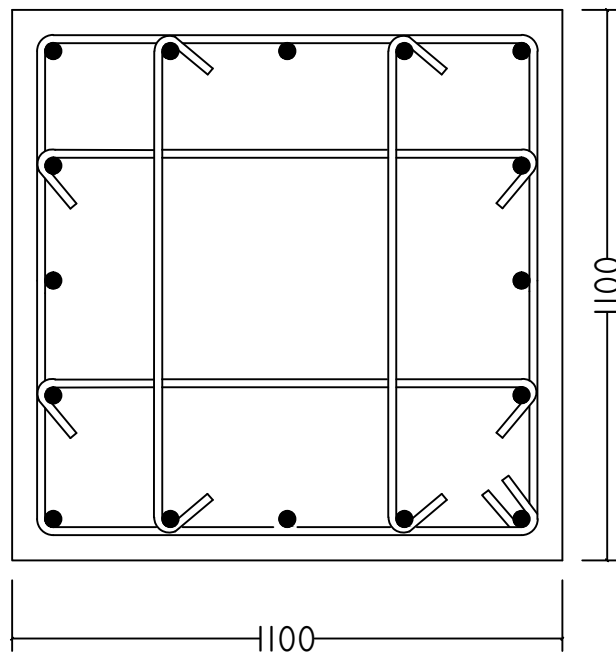
53

KET.

TUMPUAN

LAPANGAN

KOLOM BETON
1100x1100 MM



LONGITUDINAL

16D32

16D32

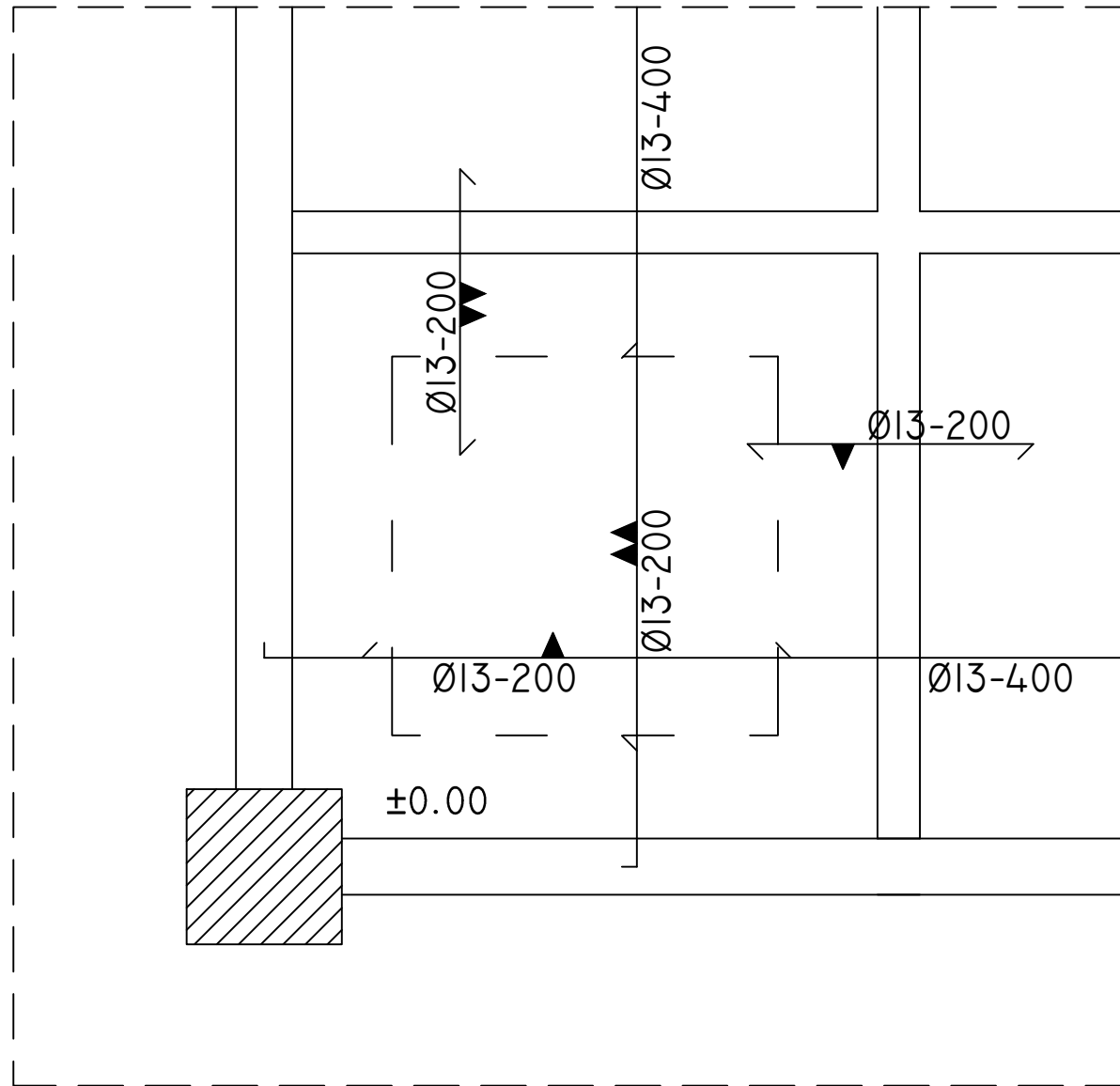
SENGKANG

4D19-150

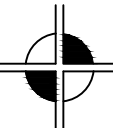
4D19-130

PENULANGAN KOLOM BETON
SKALA 1 : 15





DETAIL PELAT PI
 SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT PI

1 : 50

KODE

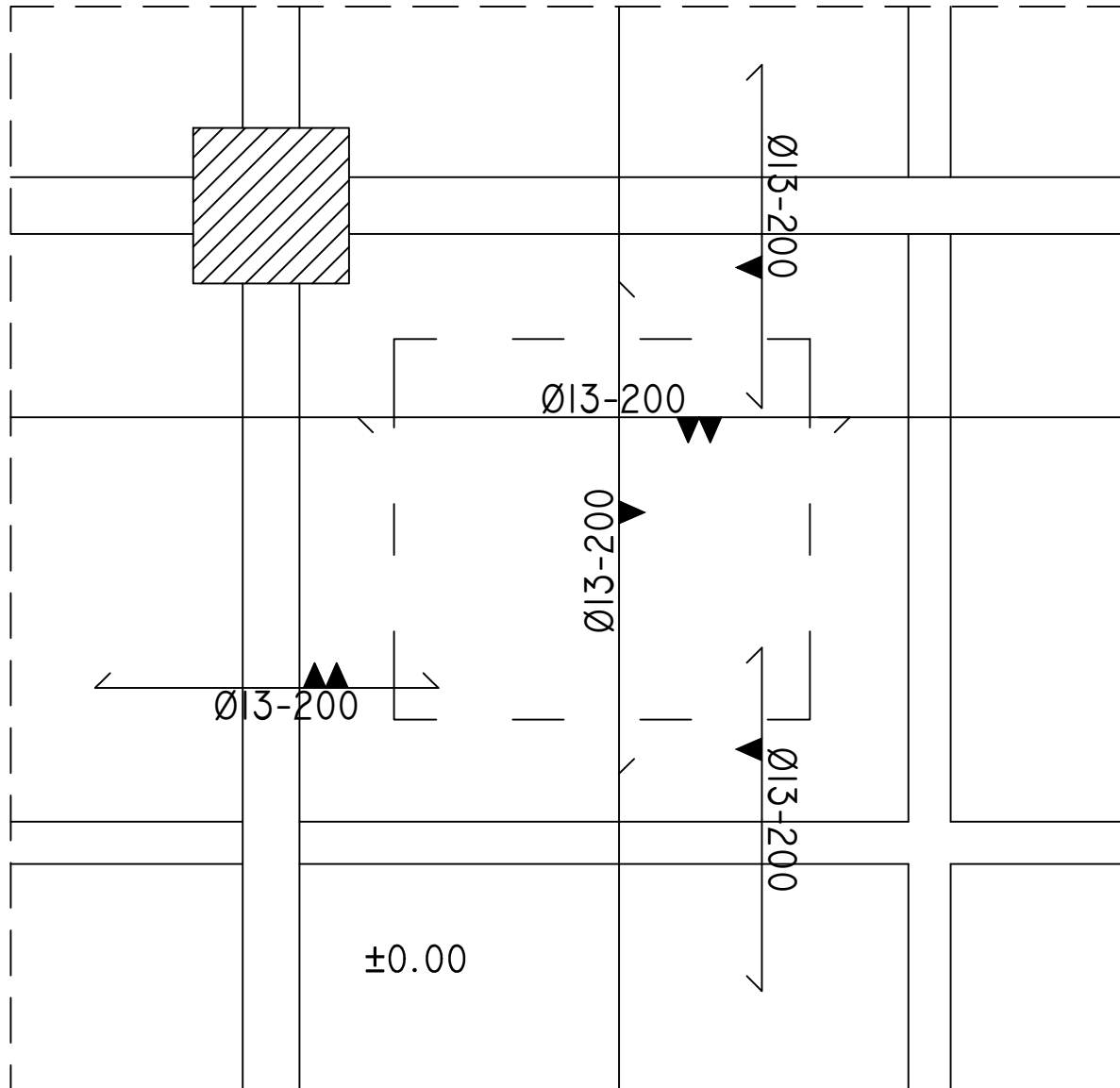
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

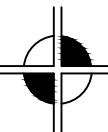
SPSW

30

53



DETAIL PELAT P2
 SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT P2

1 : 50

KODE

NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

31

53



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

POTONGAN PELAT PADA LAPANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

Nama Gambar

SKALA GAMBAR

POTONGAN
PELAT P1

1:10

POTONGAN
PELAT P2

1:10

KODE

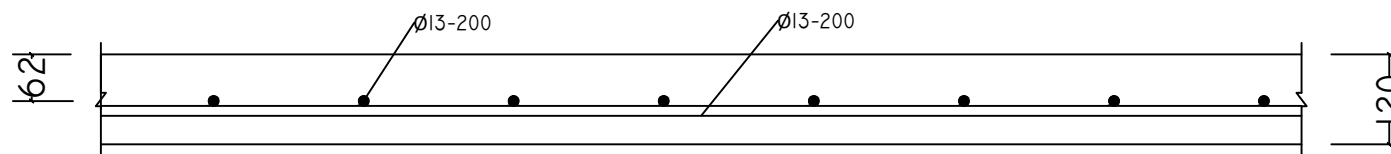
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

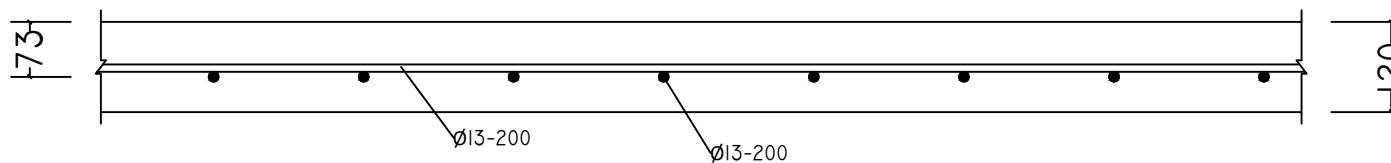
SPSW

32

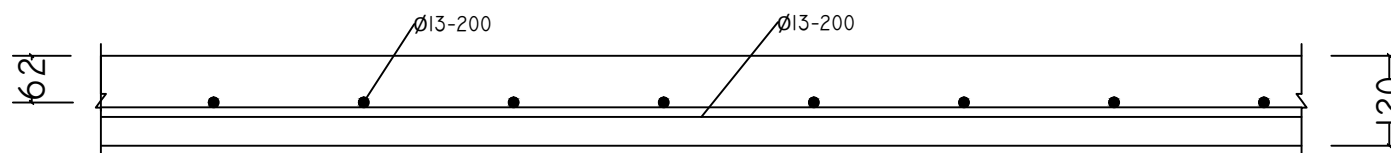
53



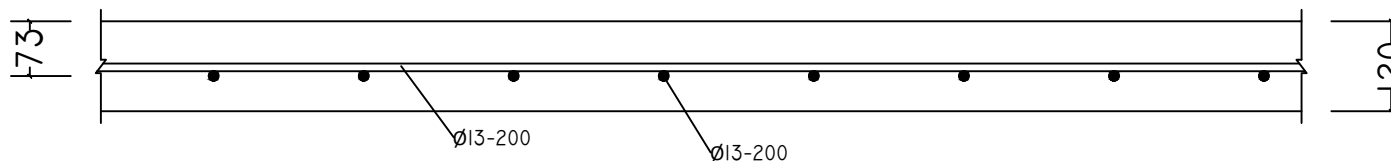
POTONGAN PELAT Y P1
SKALA 1 : 10



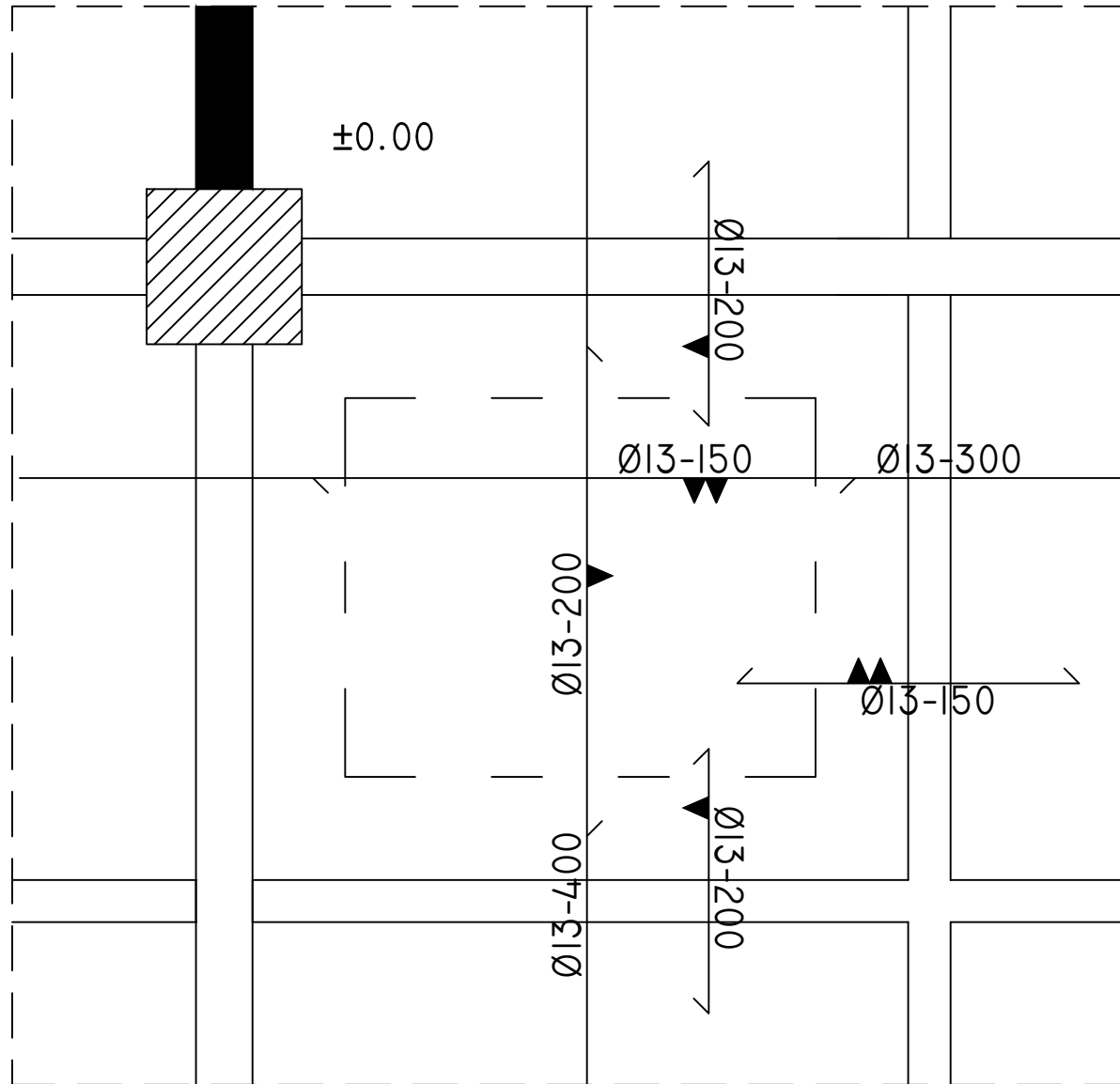
POTONGAN PELAT X P1
SKALA 1 : 10



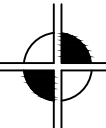
POTONGAN PELAT Y P2
SKALA 1 : 10



POTONGAN PELAT X P2
SKALA 1 : 10



DETAIL PELAT P3
 SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

Nama Gambar

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT
 P3

1 : 50

KODE

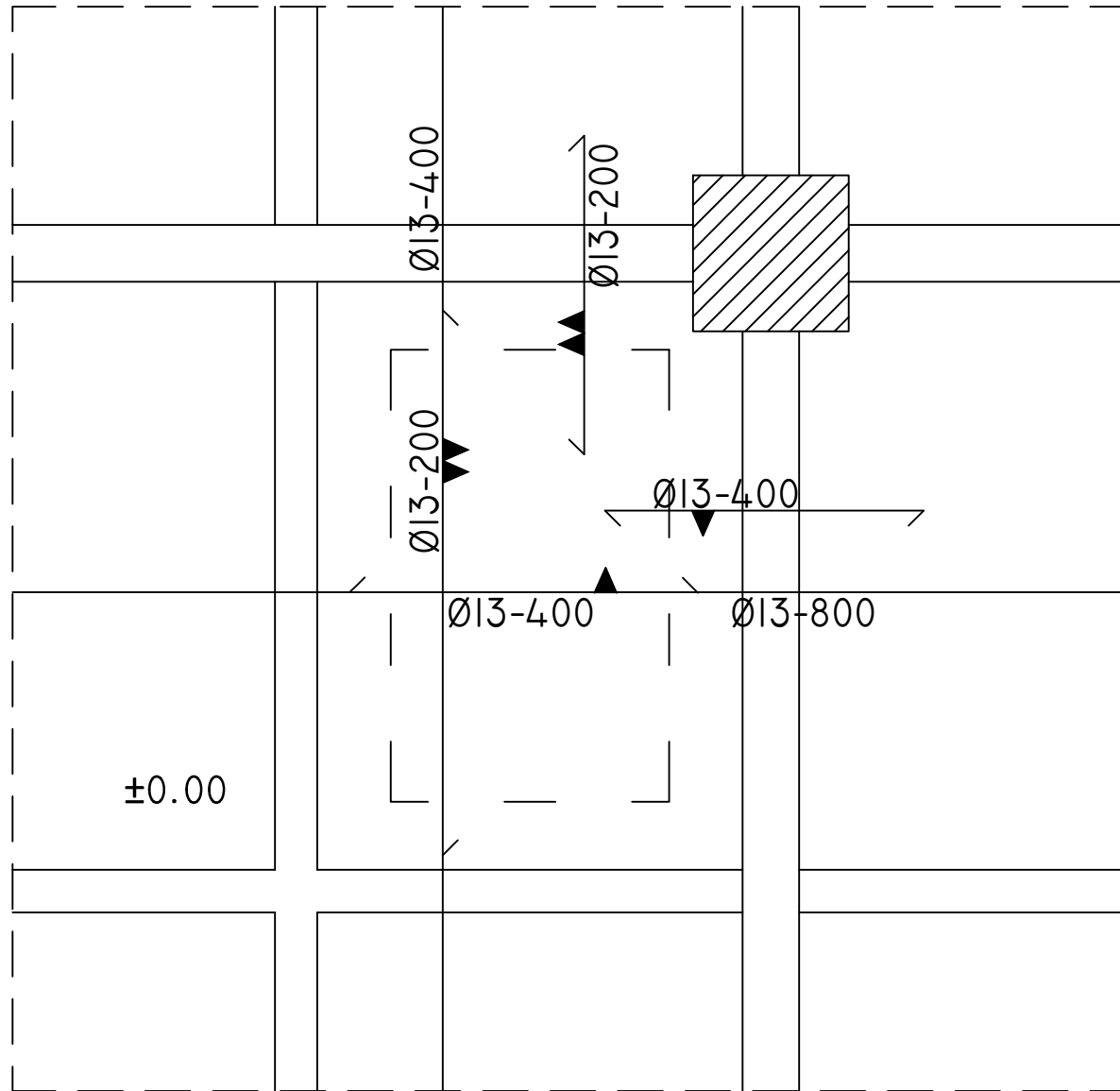
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

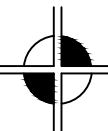
SPSW

33

53



DETAIL PELAT P4
 SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT
 P3

1 : 50

KODE

NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

34

53



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

POTONGAN PELAT PADA LAPANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN PELAT
P3
POTONGAN PELAT
P4

1:10

1:10

KODE

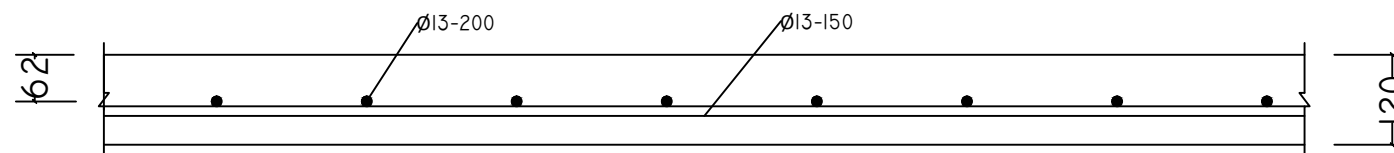
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

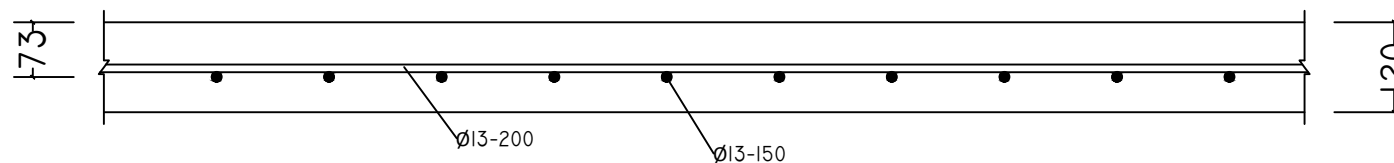
35

53



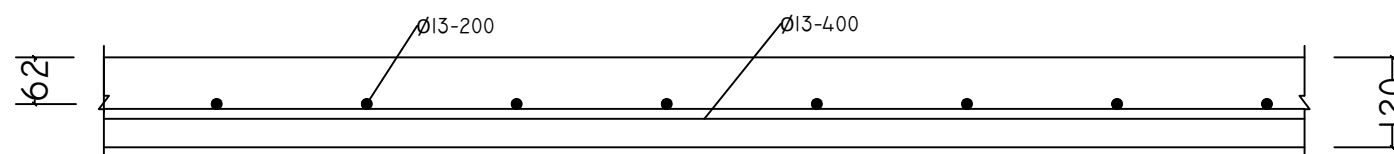
POTONGAN PELAT Y P3

SKALA 1 : 10



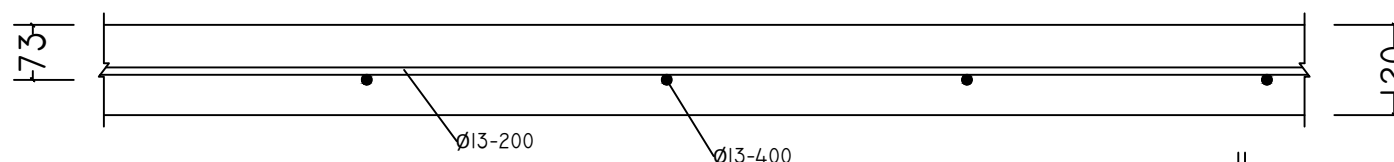
POTONGAN PELAT X P3

SKALA 1 : 10



POTONGAN PELAT Y P4

SKALA 1 : 10



POTONGAN PELAT X P4

SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT
P5

1 : 50

KODE

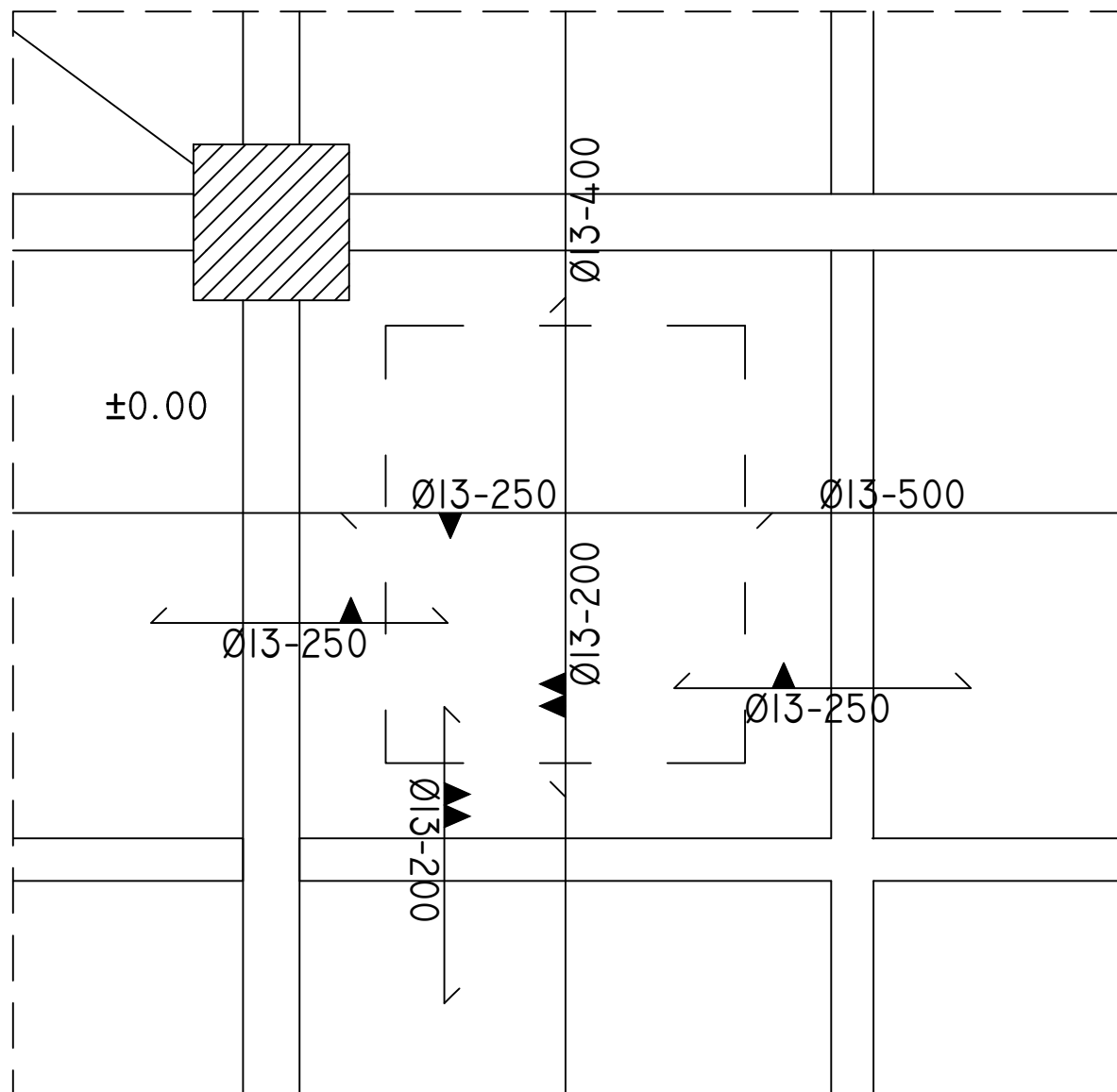
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

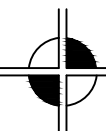
36

53



DETAIL PELAT P5

SKALA 1 : 50





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT
P6

1 : 50

KODE

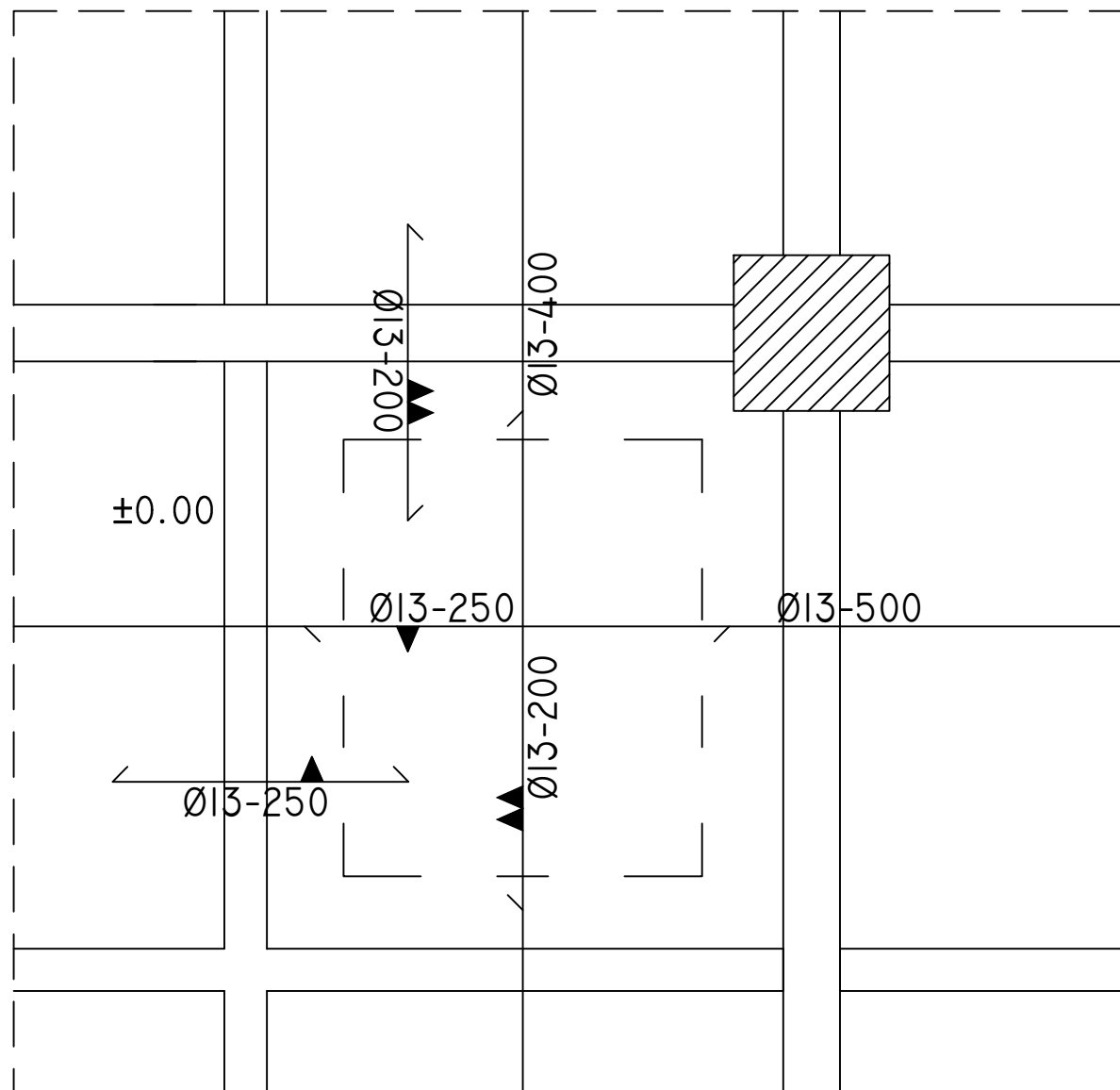
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

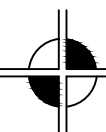
37

53



DETAIL PELAT P6

SKALA 1 : 50





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

POTONGAN PELAT PADA LAPANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN PELAT
P5
POTONGAN PELAT
P6

1:10

1:10

KODE

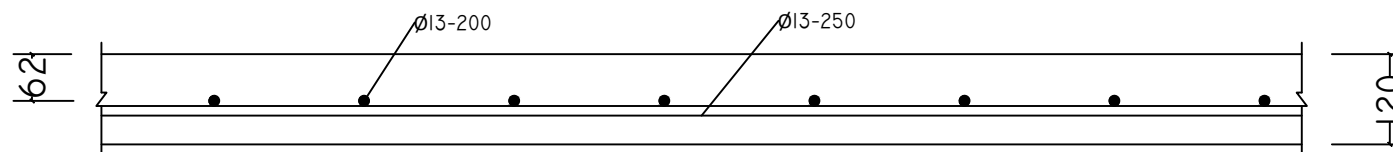
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

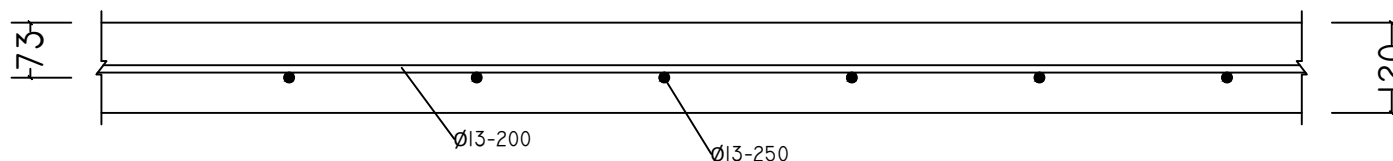
SPSW

38

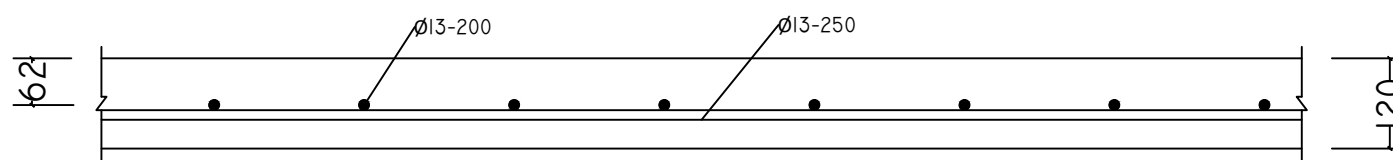
53



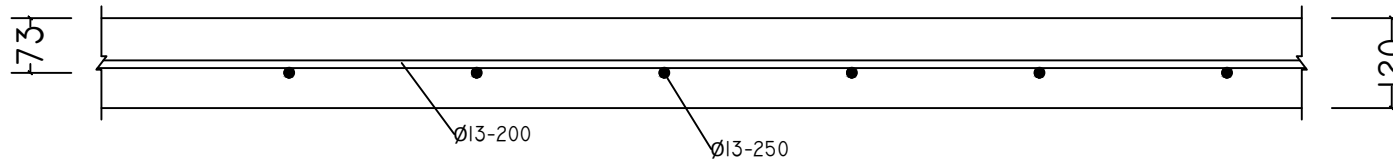
POTONGAN PELAT Y P5
SKALA 1 : 10



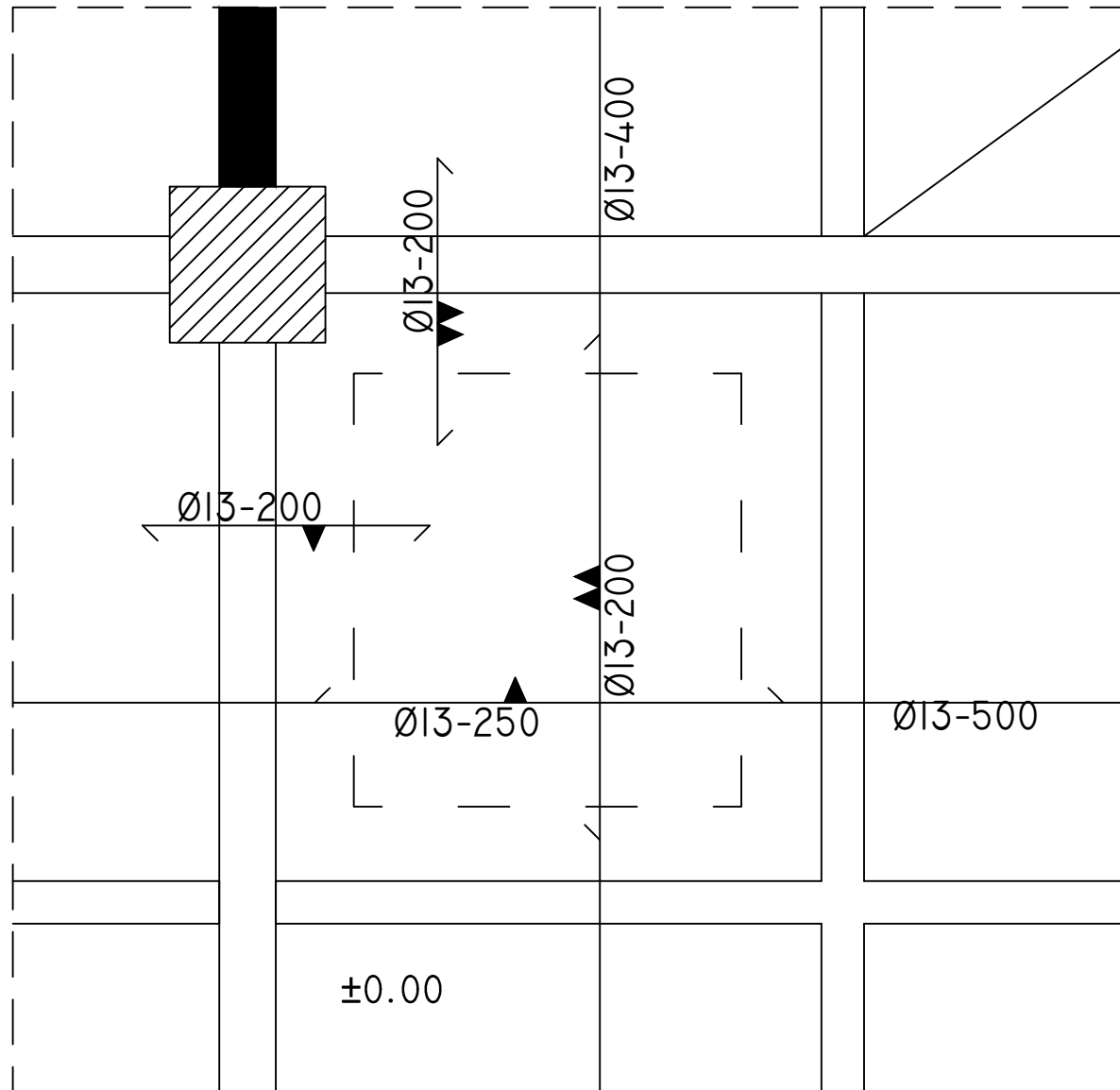
POTONGAN PELAT X P5
SKALA 1 : 10



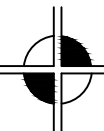
POTONGAN PELAT Y P6
SKALA 1 : 10



POTONGAN PELAT X P6
SKALA 1 : 10



DETAIL PELAT P7
 SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT
 P7

1 : 50

KODE

NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

39

53



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

POTONGAN PELAT PADA LAPANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN PELAT
P7

1:10

KODE

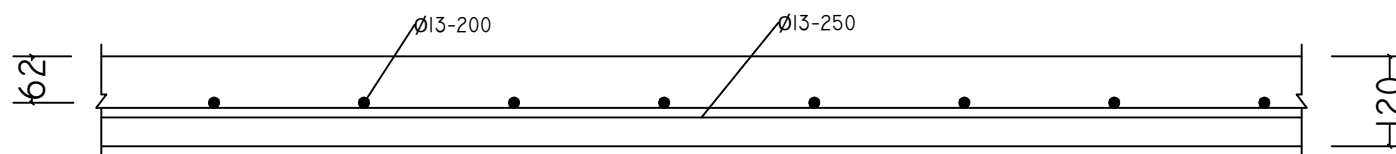
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

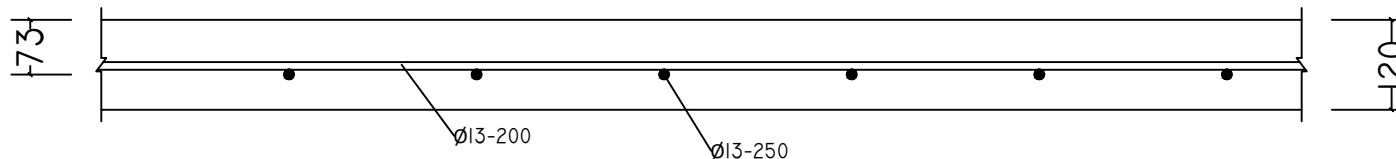
SPSW

40

53



POTONGAN PELAT Y P7
SKALA 1 : 10



POTONGAN PELAT X P7
SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

TEBAL SHEARWALL = 40 CM

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL SHEARWALL

1 : 50

KODE

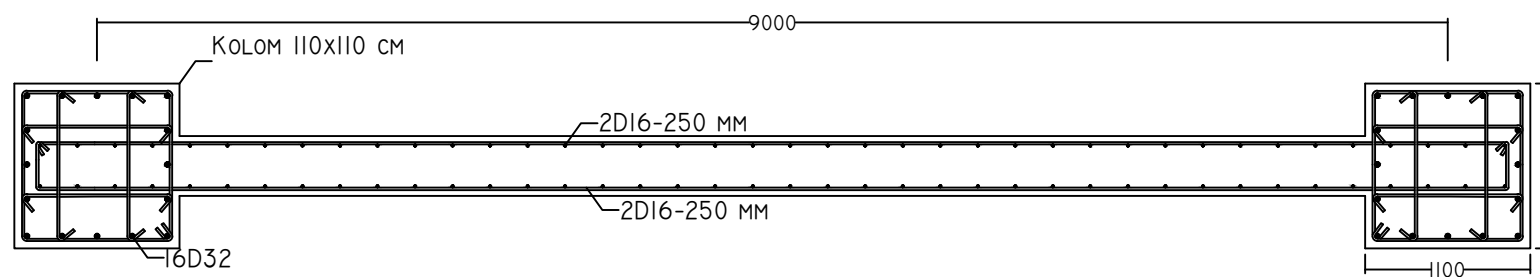
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

41

53



DETAIL SHEARWALL
SKALA 1 : 50





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA
KARYA OFFICE TOWER
MENGUNAKAN STEEL PLATE
SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154.000038

NAMA GAMBAR SKALA GAMBAR

PENULANGAN SLOOF 1 : 15

KODE NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

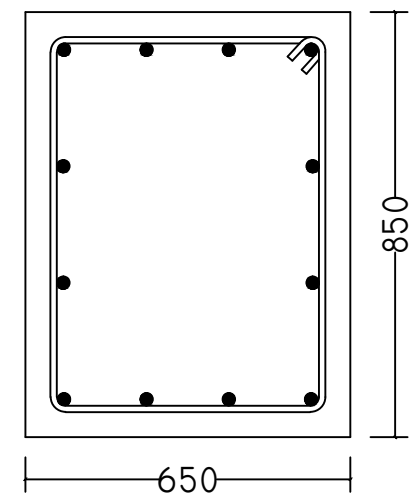
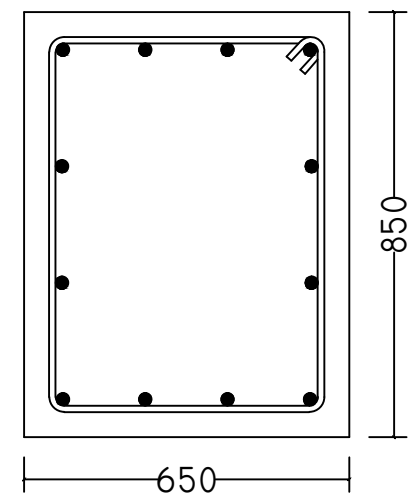
SPSW 42 53

KET.

TUMPUAN

LAPANGAN

Sloof
650x850



LONGITUDINAL

12D25

12D25

SENGKANG

2D13-300

2D13-300

PENULANGAN SLOOF
SKALA 1 : 15





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT
BASEMENT PI

1 : 50

KODE

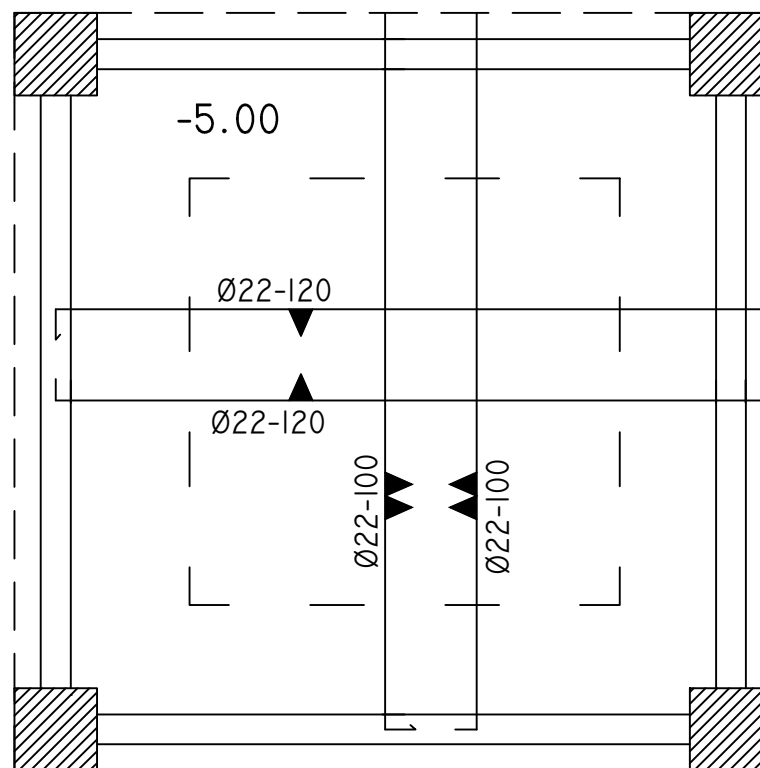
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

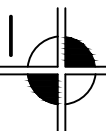
43

53



DETAIL PELAT BASEMENT PI

SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

POTONGAN PELAT PADA LAPANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 03111540000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN PELAT
 BASEMENT PI

1:10

KODE

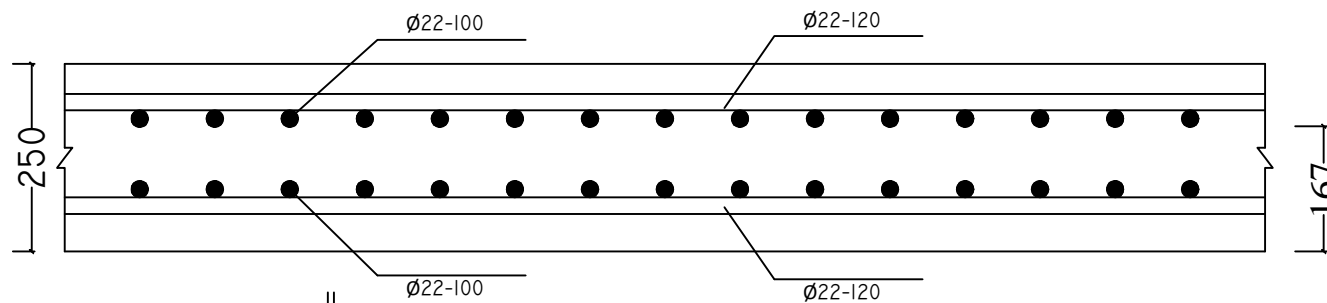
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

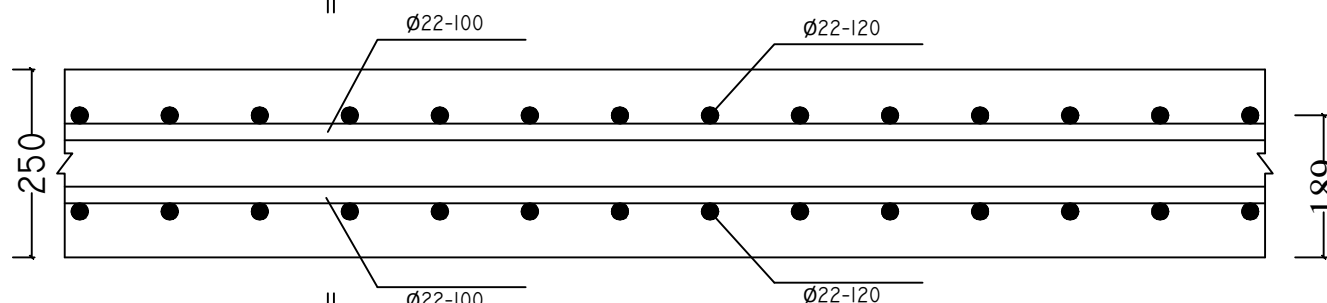
SPSW

44

53



POTONGAN PELAT Y BASEMENT PI
 SKALA 1 : 10



POTONGAN PELAT X BASEMENT PI
 SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT
BASEMENT P2

1 : 50

KODE

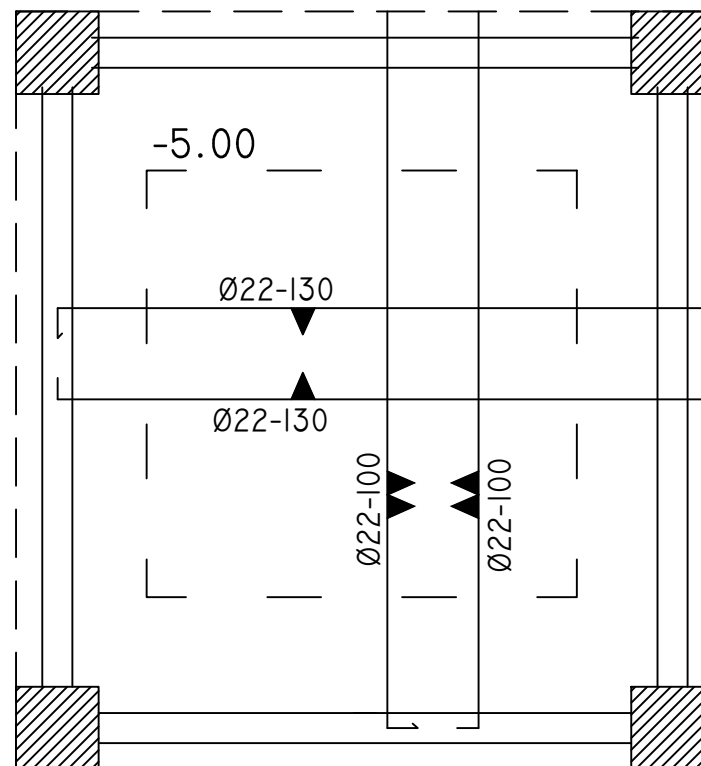
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

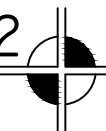
45

53



DETAIL PELAT BASEMENT P2

SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

POTONGAN PELAT PADA LAPANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN PELAT
BASEMENT P2

1:10

KODE

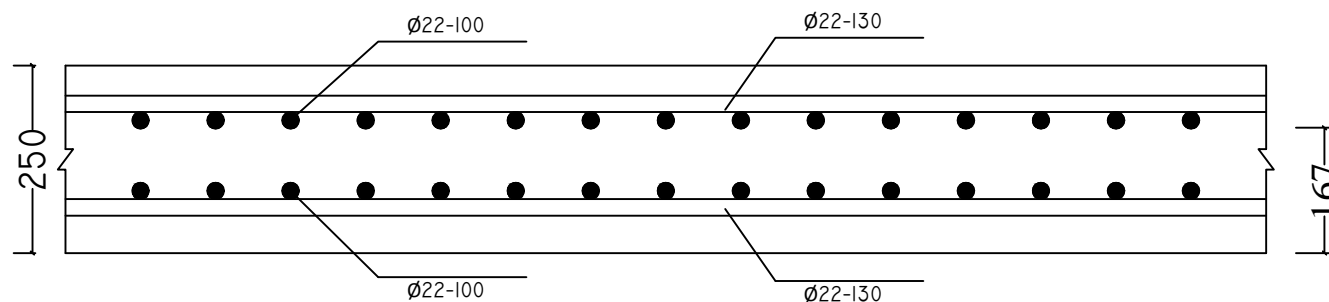
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

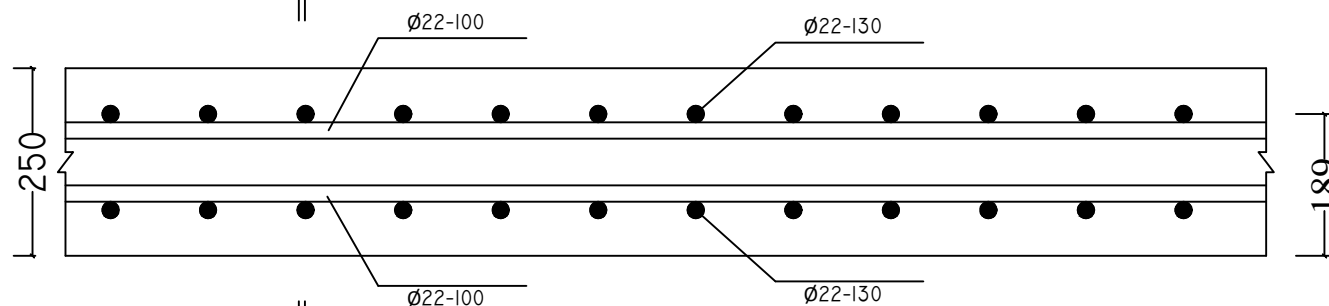
SPSW

46

53



POTONGAN PELAT Y BASEMENT P2
SKALA 1 : 10



POTONGAN PELAT X BASEMENT P2
SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT
BASEMENT P3

1 : 50

KODE

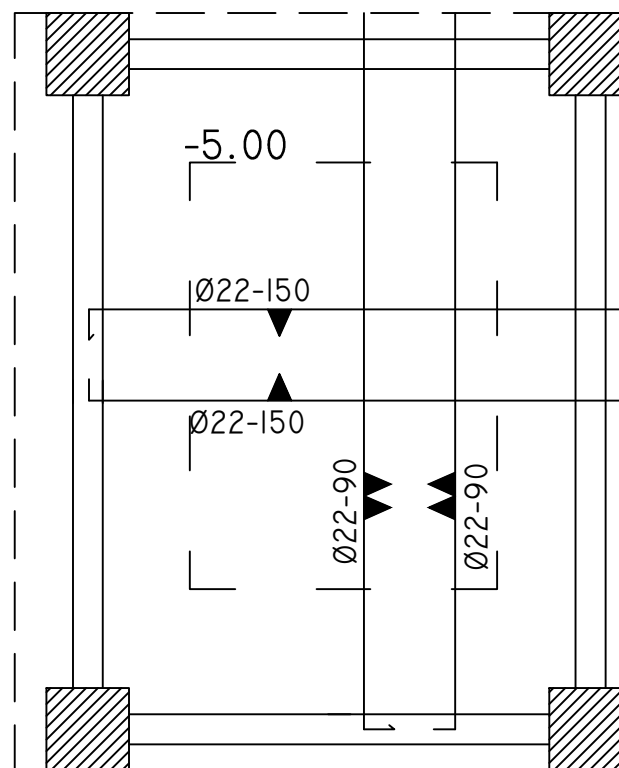
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

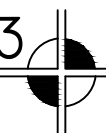
47

53



DETAIL PELAT BASEMENT P3

SKALA 1 : 50





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

POTONGAN PELAT PADA LAPANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN PELAT
BASEMENT P3

1:10

KODE

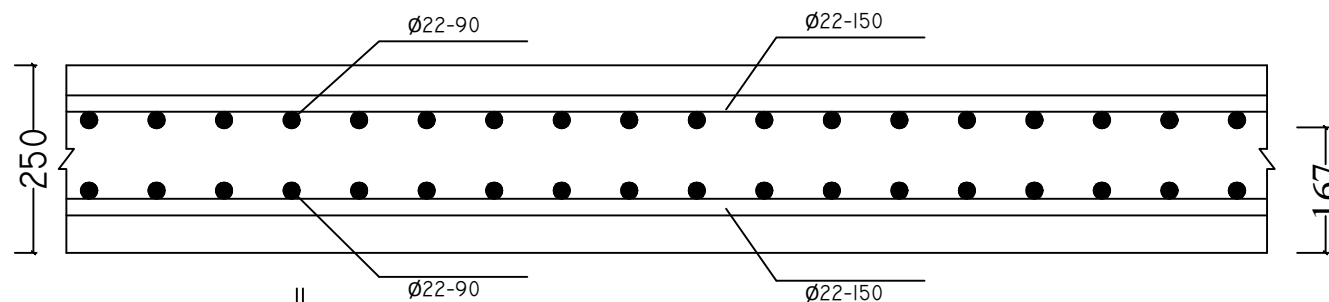
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

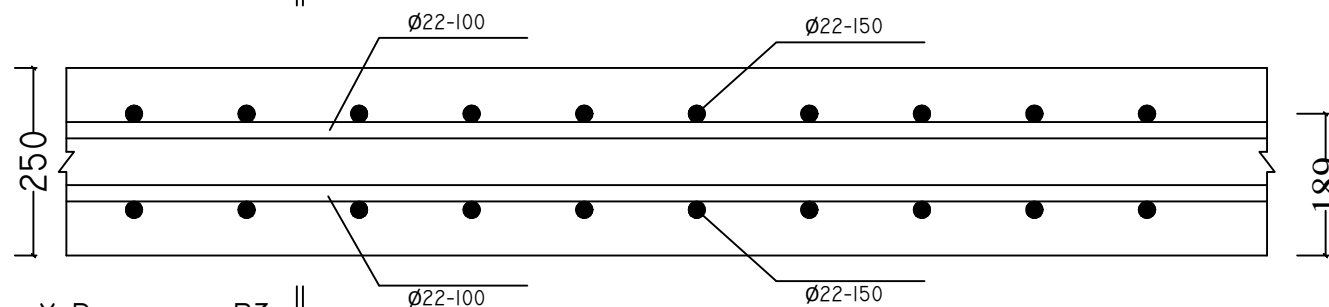
SPSW

48

53



POTONGAN PELAT Y BASEMENT P3
SKALA 1 : 10



POTONGAN PELAT X BASEMENT P3
SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
03111540000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PELAT
BASEMENT P4

1 : 50

KODE

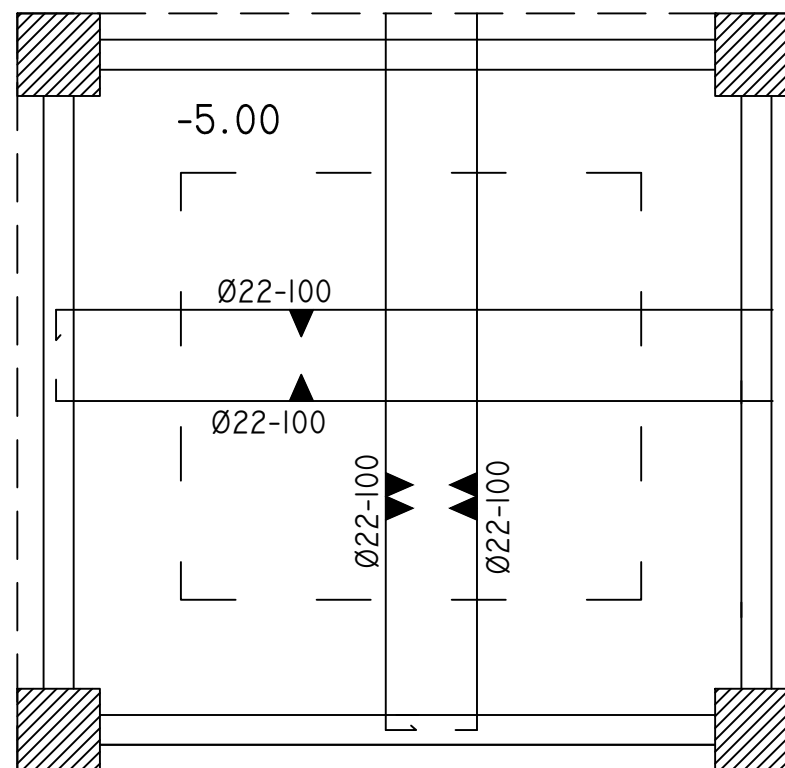
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

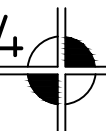
49

53



DETAIL PELAT BASEMENT P4

SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

POTONGAN PELAT PADA LAPANGAN

NAMA MAHASISWA

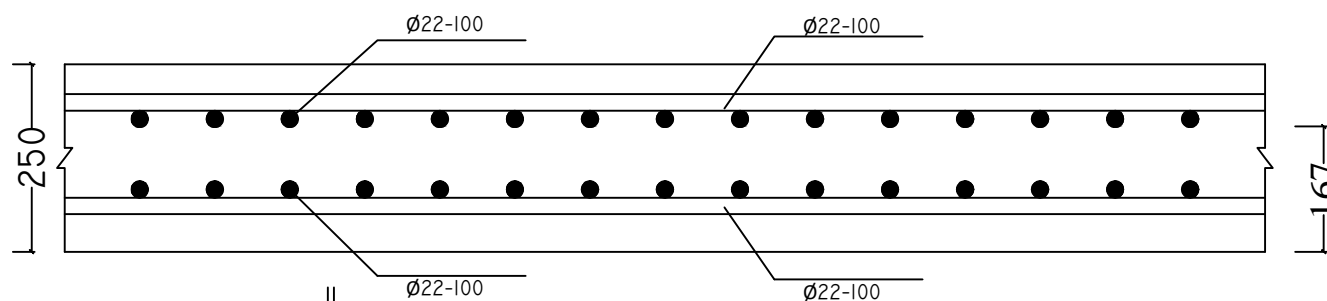
BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 03111540000038

Nama Gambar	SKALA GAMBAR
-------------	--------------

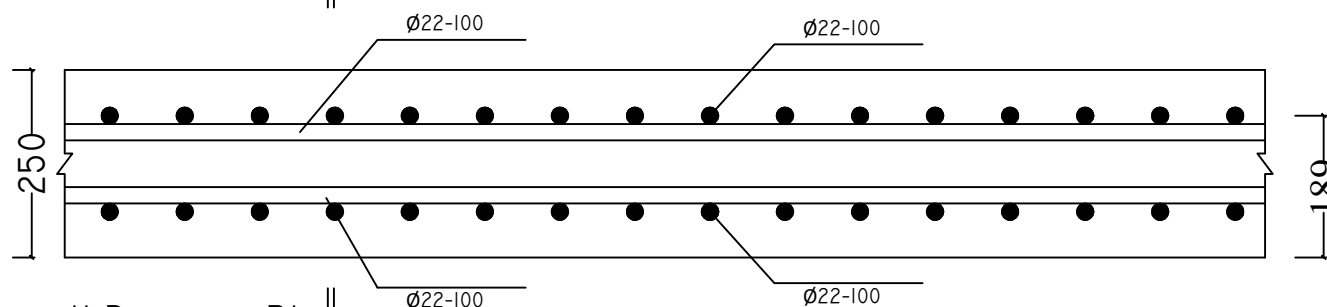
POTONGAN PELAT BASEMENT P4	1:10
-------------------------------	------

KODE	NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------	--------------	------------------

SPSW	50	53
------	----	----



POTONGAN PELAT Y BASEMENT P4
 SKALA 1 : 10



POTONGAN PELAT X BASEMENT P4
 SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., MT., PH.D
ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST., MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DINDING PENAHAN
TAHAN
DETAIL A
DETAIL B

1 : 50

1 : 20

1 : 20

KODE

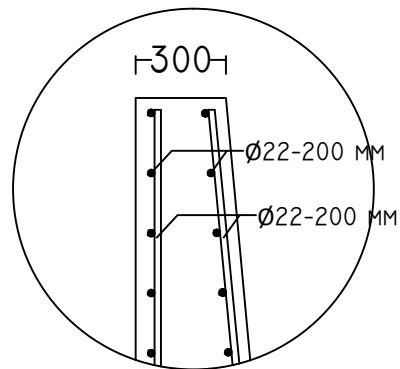
NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

SPSW

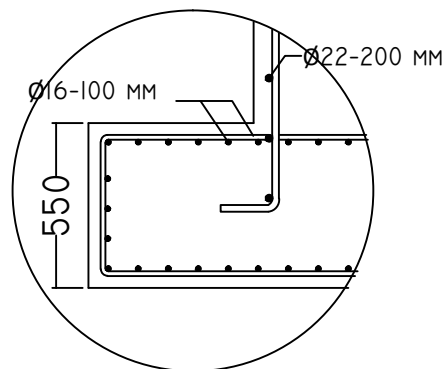
51

53



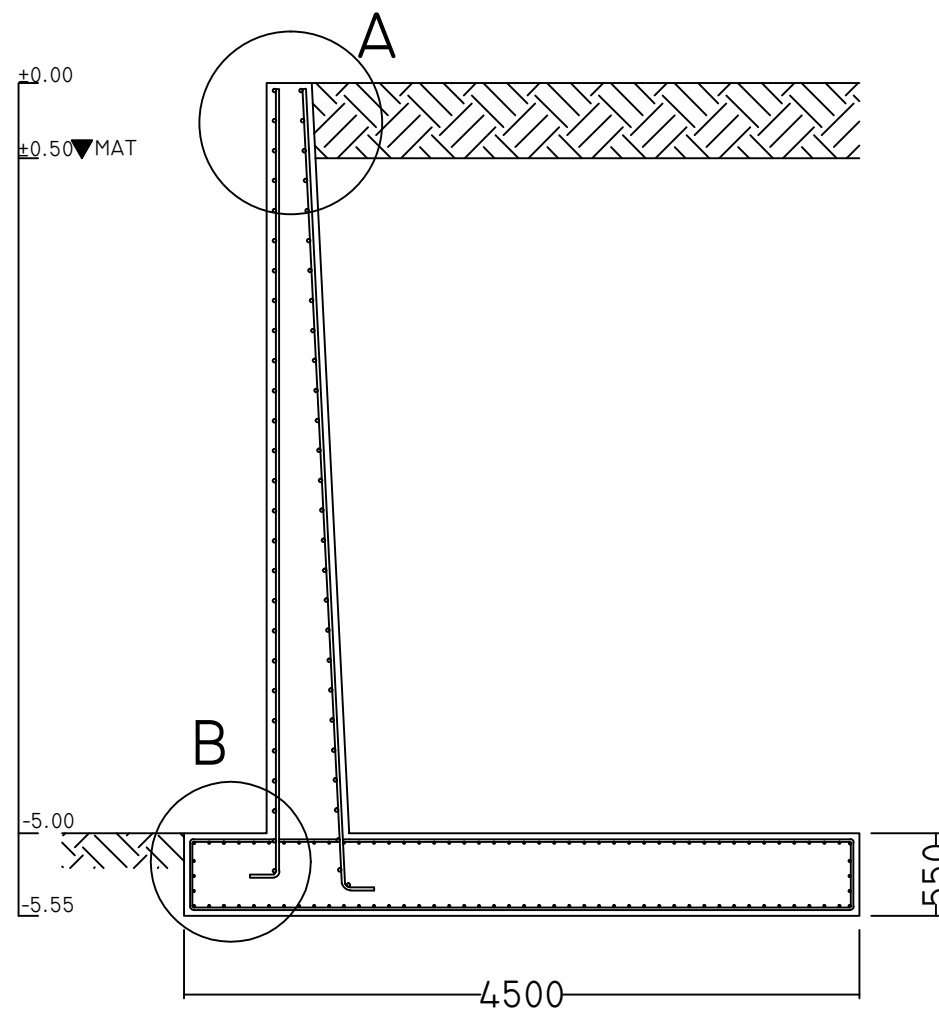
Detail A

SKALA 1 : 20



DETAIL B

SKALA 1 : 20



DINDING PENAHAN TANAH

SKALA 1 : 50





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA KARYA
 OFFICE TOWER MENGGUNAKAN
 STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST.,MT.,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST.,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 0311154000038

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN A-A
 DETAIL PONDASI I

1 : 75

1 : 75

KODE

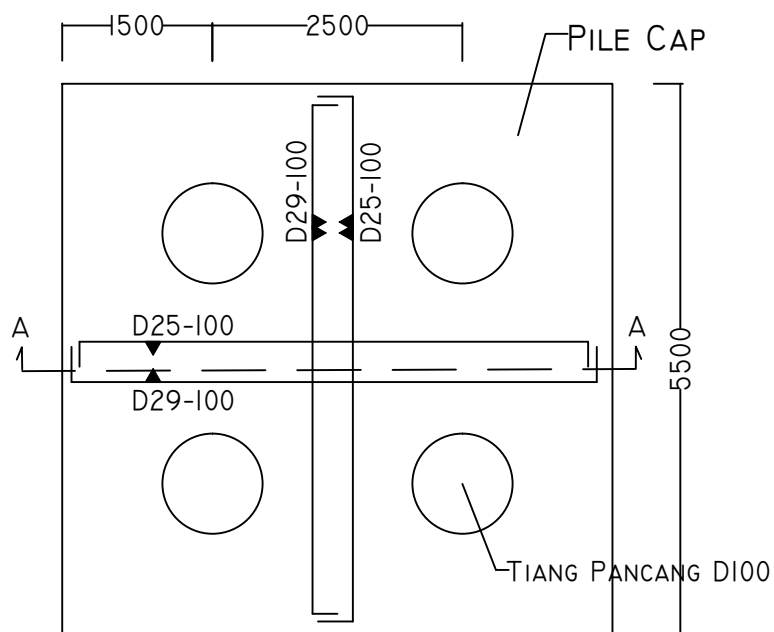
NO
 GAMBAR

JUMLAH
 GAMBAR

SPSW

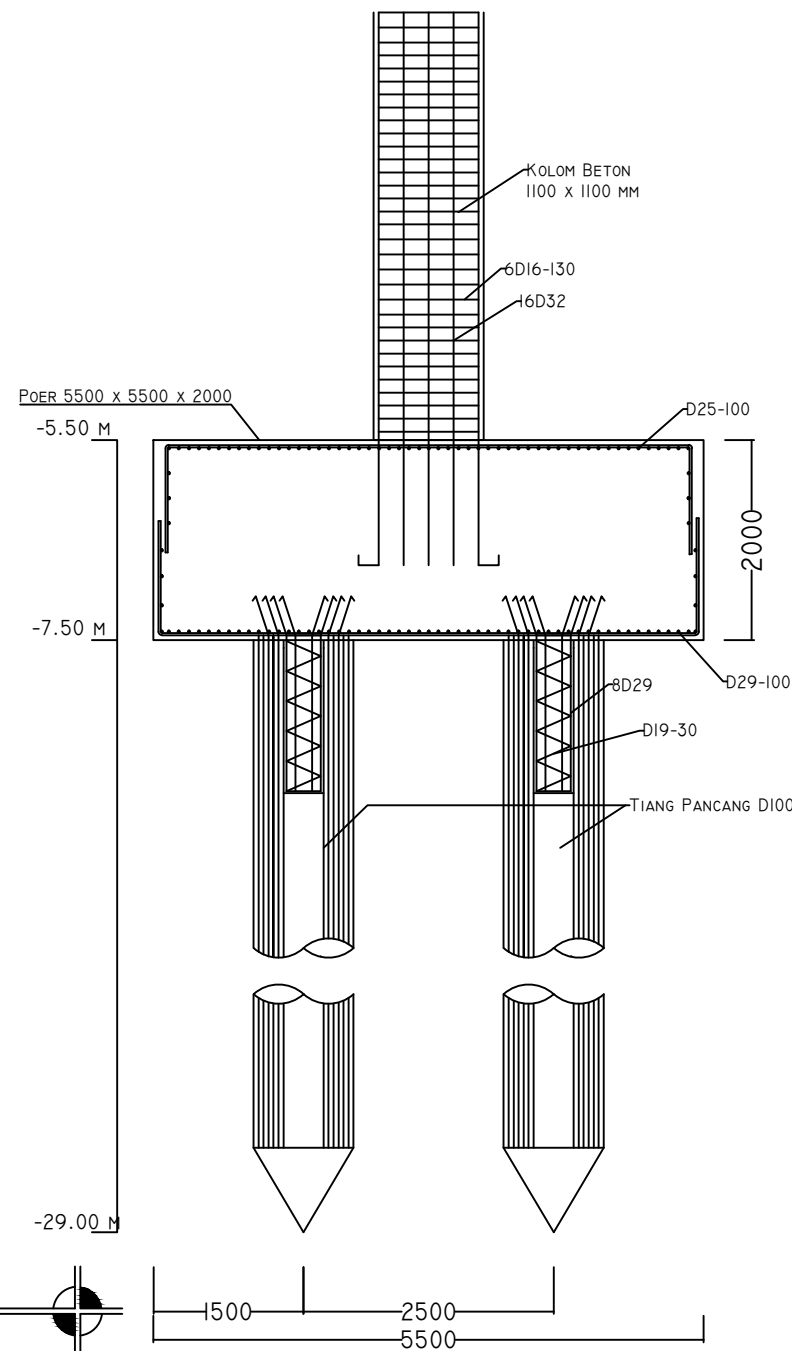
52

53



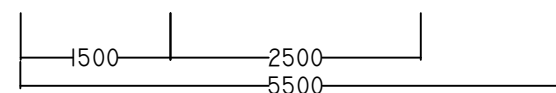
DETAIL PONDASI I

SKALA 1 : 75



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 75





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN
 DAN KEBUMIHAN
 INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG HUTAMA
 KARYA OFFICE TOWER
 MENGGUNAKAN STEEL
 PLATE SHEAR WALL (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST .,MT .,PH.D
 ANIENDHITA RIZKI AMALIA, ST .,MT

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

BIMA MUSTIKA MARDIANTO UTOMO
 03111540000038

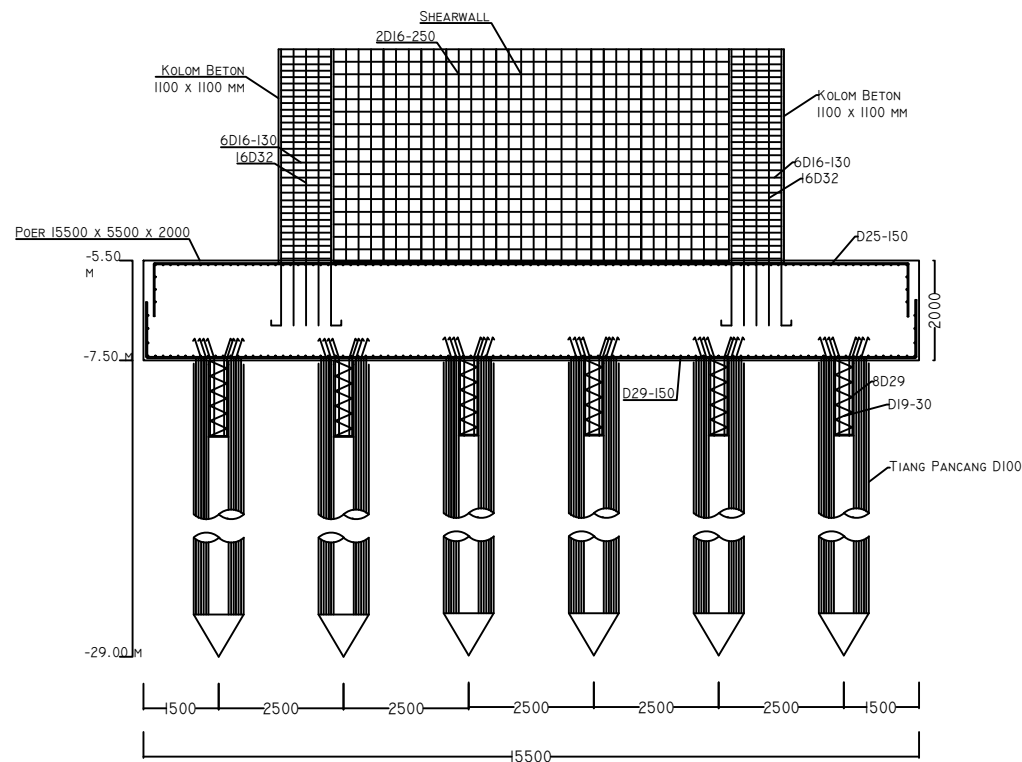
Nama Gambar SKALA GAMBAR

DETAIL PONDASI 2 1 : 150

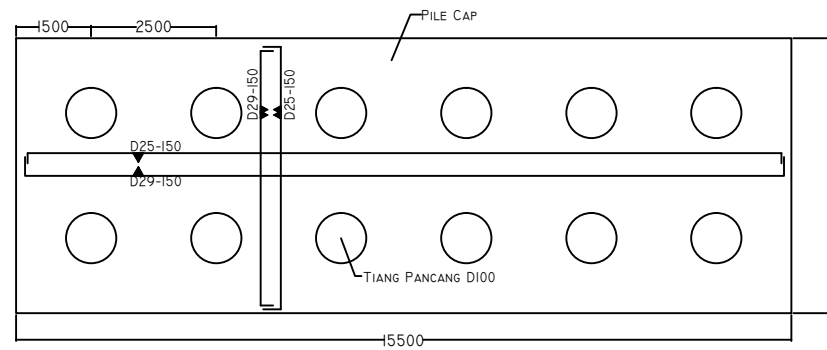
POTONGAN B-B 1 : 150

KODE NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

SPSW 53 53



POTONGAN B-B
 SKALA 1: 150



DETAIL PONDASI 2
 SKALA 1: 150



Form AK/TA-04

rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DISI)

Jurusan Teknik Sipil II.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp. 031-5046094, Fax. 031-5947284



NAMA PEMBIMBING	:	Duta Imanata, ST, MT, PhD
NAMA MAHASISWA	:	Bima Mustika Mardianto Utomo
NRP	:	0311154000038
JUDUL TUGAS AKHIR	:	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Utama Karya Office Tower Menganakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)
TANGGAL PROPOSAL	:	2 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:	15165/IT2.VI.4.1/PP.OS.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	27/02 2019	Preliminary design	Struktur Sekunder	
2	11/03 2019	Perencanaan Struktur Sekunder Pelat	Permodelan Struktur	
3	27/03 2019	Permodelan struktur, Masalah penggunaan faktor reduksi gamma (R)	Kontrol Permodelan	
4	27/04 2019	Kontrol Permodelan Struktur	Struktur primer dan Sambungan	
5	7/05 2019	Masalah Perhitungan Sambungan Revisi Struktur Primer kontrol HOE	Gambar Perencanaan	
6	24/05 2019	Gambar Perencanaan	Memperbaiki revisi	
7	27/05 2019	Revisi gambar Perencanaan	Memperbaiki berkas Pengumpulan draft	



Form AV TA 04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil II.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp. 031-5946094, Fax. 031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Aniendhita Rizki Amalia, ST.MT
NAMA MAHASISWA	: Bima Mustika Mardianto Utomo
NRP	: 0311154000038
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan struktur Gedung Hutama Karya Office Tower menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)
TANGGAL PROPOSAL	: 2 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 15165 / IT2.VI.4.1/ PP.05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	1/3 2019	Perbaiki gambar disesuaikan dgn. Preliminary yg. ada ; Hitung & sesuaikan kebutuhan penulangan	Perencanaan Struktur Sekunder	
2	22/3 2019	Perencanaan Struktur Sekunder, Perbaiki Profil balok anak, Permodelan tangga, dan balok pengganting lift	Permodelan Struktur	
3	8/4 2019	Cek Permodelan Gedung Pak ETABS	Perisi dan kontrol Permodelan	
4	16/4 2019	Kontrol Partisipasi malar, Simpangan gedung dan Periode	Struktur Primer dan Sambungan	
5	3/5 2019	Struktur Primer kontrol HB5	Sambungan	
6	13/5 2019	Sambungan Kolem-baserepte	Gambar Perencanaan	
7	23/5 2019	Gambar Perencanaan Sambungan	Mengisi dan bersihkan untuk Pengumpulan draft	

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Bima Mustika Mardianto Utomo ini dilahirkan di Jakarta pada tanggal 6 Desember 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Santo Markus 1 Jakarta, SMP Negeri 128 Jakarta dan SMA negeri 48 Jakarta. Lulus dari SMA, penulis melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 03111540000038. Di jurusan Teknik Sipil, penulis beberapa kali mengikuti lomba dalam bidang teknik sipil. Untuk meraih gelar Sarjana penulis mengambil tugas akhir di bidang struktur dengan judul “**Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Utama Karya Office Tower Menggunakan Steel Plate Shear Wall (SPSW)**”