



TUGAS AKHIR – RC184803

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE TANGERANG
MENGUNAKAN KOLOM *RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE* (RCFT) DAN
BALOK *HEXAGONAL CASTELLATED***

SILMI KAFFAH
NRP. 03111745000005

Dosen Pembimbing I
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Ir. Heppy Kristijanto, MS.

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



TUGAS AKHIR – RC184803

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE TANGERANG
MENGUNAKAN KOLOM *RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE* (RCFT) DAN
BALOK *HEXAGONAL CASTELLATED***

SILMI KAFFAH
NRP. 03111745000005

Dosen Pembimbing I
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Ir. Heppy Kristijanto, MS.

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – RC184803

**AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE TANGERANG
BUILDING PLANNING MODIFICATION USING
RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE
COLUMN (RCFT) AND HEXAGONAL
CASTELLATED BEAM**

SILMI KAFFAH
NRP. 03111745000005

Supervisor I
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

Supervisor II
Ir. Heppy Kristijanto, MS.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environmental, and Geo-Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE TANGERANG MENGUNAKAN KOLOM *RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT)* DAN BALOK *HEXAGONAL CASTELLATED*

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Silmi Kaffah

NRP. 03111745000005

Disetujui oleh Pembimbing I dan Pembimbing II

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D. (Pembimbing I)

NIP. 197301281998027002

Ir. Heppy Kristianto, MS. (Pembimbing II)

NIP. 19610311198701100
DEPARTEMEN
TEKNIK SIPIL

SURABAYA

JULI, 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE TANGERANG
MENGUNAKAN KOLOM *RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT)* DAN
BALOK *HEXAGONAL CASTELLATED***

Nama Mahasiswa : Silmi Kaffah
NRP : 0311174500005
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing I : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Ir. Heppy Kristijanto, MS.

ABSTRAK

Aeropolis Lucent Residence Tangerang merupakan bangunan gedung bertingkat yang terdiri dari 7 lantai yang kemudian dalam Tugas Akhir ini direncanakan menjadi 13 lantai. Gedung ini yang sebelumnya menggunakan struktur beton bertulang akan dibangun menggunakan struktur baja untuk balok, yaitu hexagonal castellated beam dan beton komposit untuk kolom, yaitu rectangular concrete filled steel tube (RCFT). Balok hexagonal castellated dipilih karena memiliki lebar profil yang lebih tinggi dari profil asalnya, dimana akan menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya. Pertimbangan untuk menggunakan rectangular concrete filled steel tube (RCFT) sebagai kolom karena beton yang di isi ke dalam kolom dapat menambah kekuatan dan kekakuan kolom tersebut.

Untuk mengatasi gaya gempa yang cukup besar di Indonesia digunakan dinding geser pelat baja (steel plate shear wall). Steel plate shear wall adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja vertikal padat, menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya, dan terpasang dalam satu atau

lebih plat sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil yaitu: tebal pelat atap dan lantai kamar 9 cm, lantai lobi, toko, dan koridor bawah 12 cm. Dimensi balok Aeropolis Lucent Residence untuk balok induk bentang 9 m, 6,6 m, 6 m, dan 3 m menggunakan profil HCB 750x200x10x16. Dimensi kolom lantai 1-4 menggunakan profil RCFT HSS 700x700x25x25, dimensi kolom lantai 5-7 menggunakan profil RCFT HSS 600x600x25x25, dan dimensi kolom lantai 8-13 menggunakan profil RCFT HSS 400x400x25x25. Dimensi dinding geser pelat baja memiliki ketebalan 5 mm. Serta perencanaan sambungan digunakan baut mutu tinggi. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang dengan diameter $\varnothing 60$ cm kedalaman 26 m.

Kata kunci : struktur baja, hexagonal castellated, rectangular concrete filled steel tube

**AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE TANGERANG
BUILDING PLANNING MODIFICATION USING
RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE
COLUMN (RCFT) AND HEXAGONAL
CASTELLATED BEAM**

Name : Silmi Kaffah
Student Number : 03111745000005
Department : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Supervisor I : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.
Supervisor II : Ir. Heppy Kristijanto, MS.

ABSTRACT

Aeropolis Lucent Residence Tangerang is a multi-storey building consisting of 7 floors, which is planned to be a 13 floors building. Previously, this building used reinforced concrete structures, and will be built using steel structures for beams, named hexagonal castellated beam and composite concrete for columns, named rectangular concrete filled steel tube (RCFT). The hexagonal castellated beam was chosen because it has a higher profile than the original profile, which will make a greater moment of inertia and modulus section so it is stronger and stiffer compared to the original profile. Considerations for using a rectangular concrete filled steel tube (RCFT) as a column is because the concrete filled into the column and can increase the strength and stiffness of the column.

To overcome the earthquake force that quite large in Indonesia, steel plate shear wall is used. A steel plate shear wall is a lateral load restraint system consisting of a dense vertical steel plate, connecting beams and columns around it, and mounted in one or more plates as long as the height of the structure forms a supporting wall.

From the analysis and calculations obtained results: the thickness of the roof plate and the room is 9 cm. For lobby, shopping center, and below corridor is 12 cm. Aeropolis Lucent Residence beam dimensions for 9 m, 6.6 m, 6 m, and 3 m span beam using HCB 750x200x10x16 profile. The column dimensions of 1-4 story use HSS 700x700x25x25 RCFT profiles, dimensions of 5-7 story columns using HSS 600x600x25x25 RCFT profiles, and 8-13 story column dimensions using HSS 400x400x25x25 RCFT profile. The thickness of the steel plate shear wall is 5 mm. As well as the connection used the high strength bolts. And for the foundation using piles with Ø60 cm diameter with depth of 26 m.

Keywords: steel structure, hexagonal castellated, rectangular concrete filled steel tube

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT atas segala karunia, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "*Modifikasi Desain Struktur Apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang Menggunakan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan Balok Hexagonal Castellated*". Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, diantaranya adalah :

1. Keluarga, terutama orang tua yang telah memberikan doa dan dukungan yang tak terhingga.
2. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D., dan Bapak Ir. Heppy Kristijanto, MS. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi.
3. Tri Atmojo Pamungkas, Iwan Adi Roliono, Miranti Ramdhini, dan Yogi Dwi Hakiki Putra yang telah membantu segala kesulitan yang dialami penulis.
4. Teman-teman Lintas Jalur 2017 yang setia menemani selama dua tahun ini.
5. Yudha Nugraha, saudara tercinta yang telah memberikan semangat saat penulis dalam kesusahan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi sempurnanya penyusunan tulisan ini. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.2.1 Rumusan Masalah Utama.....	3
1.2.2 Rumusan Masalah Detail.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.3.1 Tujuan Utama.....	4
1.3.2 Tujuan Detail.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Pembebanan.....	7
2.3 Profil Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	8
2.3.1 Pengertian Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	8
2.3.2 Terminologi.....	9
2.3.3 Proses Pembuatan Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	9
2.3.4 Tipe-Tipe Pemotongan Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	10
2.3.5 Keuntungan dan Kekurangan dari Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	12
2.3.6 Kegagalan Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	13
2.4 Profil Kolom Komposit.....	15
2.3.1 Pengertian Kolom Komposit.....	15

2.3.2	Kriteria Kolom Komposit Bagi Komponen Struktur Tekan.....	16
2.3.3	Keuntungan Kolom <i>Rectangular Concrete Filled Steel Tube</i> (RCFT)	16
2.4	<i>Steel Plate Shear Wall</i>	17
2.4.1	Pengertian <i>Steel Plate Shear Wall</i>	17
2.4.2	Desain <i>Steel Plate Shear Wall</i>	18
2.4.3	Jenis <i>Steel Plate Shear Wall</i>	18
2.4.4	Fungsi Geser Pelat Baja (<i>Steel Pelate Shear Wall</i>) ...	19
2.4.5	Keuntungan <i>Steel Plate Shear Wall</i>	19
2.5	Pondasi	20
2.5.1	Pondasi Dangkal	20
2.5.2	Pondasi Dalam.....	21
BAB III	METODOLOGI	23
3.1	Bagan Alir Metodologi.....	23
3.2	Metode Penyelesaian	24
3.2.1	Pengumpulan Data.....	24
3.2.2	Studi Literatur.....	25
3.2.3	<i>Preliminary Design</i>	25
3.2.4	Pembebanan Struktur.....	26
3.2.5	Perhitungan Struktur Atas	26
3.2.6	Permodelan dan Analisa Struktur	27
3.2.7	Kontrol Desain.....	33
3.2.8	Perencanaan Tiang Pancang	45
BAB IV	HASIL PERENCANAAN	51
4.1	Perencanaan Struktur Sekunder.....	51
4.1.1	Umum	51
4.1.2	Perencanaan Pelat Lantai.....	51
4.1.3	Perencanaan Balok Anak.....	58
4.1.4	Perencanaan Balok Lift	72
4.1.5	Perencanaan Tangga	85
4.2	Permodelan Struktur	113
4.2.1	Umum	113
4.2.2	Pembebanan Struktur Utama	113
4.2.4	Permodelan Struktur Utama	125

4.2.5 Kontrol Desain	126
4.3 Perencanaan Struktur Primer	134
4.3.1 Balok Induk	134
4.3.1 Kolom CFT.....	146
4.3.3 Perencanaan Steel Plate Shear Wall (SPSW).....	161
4.4 Perencanaan Sambungan.....	174
4.4.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....	174
4.4.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	179
4.4.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	182
4.4.4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	186
4.4.5 Sambungan Kolom dengan Kolom	193
4.4.6 Sambungan Kolom dengan Kolom (Beda Dimensi)	196
4.4.7 Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i>	200
4.4.8 Sambungan Steel Plate Shear Wall (SPSW)	209
4.4.9 Sambungan Balok (HBE) dengan Kolom (VBE) pada <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW).....	210
4.4.10 Sambungan <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW) dengan Sloof.....	216
4.5 Bangunan Bawah.....	218
4.5.1 Umum	218
4.5.2 Kombinasi Pembebanan	218
4.5.3 Data Tanah	219
4.5.4 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	222
4.5.5 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok.....	225
4.5.6 Perencanaan Poer	230
4.5.7 Perencanaan Balok Sloof.....	237
4.5.8 Perencanaan Kolom Pedestal	242
BAB V KESIMPULAN	247
5.1 Kesimpulan.....	247
5.2 Saran.....	248
DAFTAR PUSTAKA.....	249
LAMPIRAN.....	251

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Site Plan</i> Aeropolis Lucent Residence	2
Gambar 2.1 Bagian Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	9
Gambar 2.2 Proses Pembuatan Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	10
Gambar 2.3 <i>Beam Ends Left Ragged</i> , $U = T$ (Grunbauer)	10
Gambar 2.4 <i>Beam Ends Left Ragged</i> , $U > T$ (Grunbauer)	11
Gambar 2.5 <i>Beam Ends Finished</i> , $U=T$ (Grunbauer).....	11
Gambar 2.6 <i>Beam Ends Finished With Infill Plates</i> ,.....	12
Gambar 2.7 <i>Parallelogram</i> (Altifillisch, 1957).....	14
Gambar 2.8 <i>Rupture of Welded Joint</i>	14
Gambar 2.9 Penampang Kolom CFT	15
Gambar 2.10 Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)	18
Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir.....	23
Gambar 3.2 Data Material Baja dan Beton	28
Gambar 3.3 <i>Section Properties</i> untuk Balok HCB.....	29
Gambar 3.4 <i>Frame Concrete Shape Type (Steel Composite)</i>	29
Gambar 3.5 <i>Frame Section Property Data</i>	30
Gambar 3.6 <i>Wall Property Data</i> SPSW	31
Gambar 3.7 <i>Property</i> SPSW	31
Gambar 3.8 <i>Shell Assignment</i> SPSW pada Lantai Dasar	32
Gambar 3.9 <i>Shell Assignment</i> SPSW pada.....	33
Gambar 3.10 Geometri Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	33
Gambar 4. 1 Pelat Lantai Atap	52
Gambar 4. 2 Penulangan Pelat Lantai Atap.....	54
Gambar 4. 3 Pelat Lantai	54
Gambar 4. 4 Penulangan Pelat Lantai Kamar	56
Gambar 4. 5 Denah Balok Anak Lantai Atap.....	58
Gambar 4. 6 Permodelan Beban yang Bekerja pada Balok Anak	59
Gambar 4. 7 Denah Balok Anak Lantai Toko.....	63

Gambar 4. 8 Permodelan Beban yang Bekerja pada Balok Anak	64
Gambar 4. 9 Denah Lift.....	73
Gambar 4. 10 Potongan Melintang Lift.....	74
Gambar 4. 11 Denah Balok Penumpu dan Balok Penggantung Lift	74
Gambar 4. 12 Gaya Dalam yang Bekerja pada Balok Penggantung Lift	76
Gambar 4. 13 Gaya Dalam yang Bekerja pada Balok Penumpu Lift	81
Gambar 4. 14 Denah Tangga.....	87
Gambar 4. 15 Potongan Tangga	87
Gambar 4. 16 Perencanaan Pelat Anak Tangga	88
Gambar 4. 17 Perencanaan Pembebanan.....	90
Gambar 4. 18 Perencanaan Pelat Bordes.....	94
Gambar 4. 19 Perencanaan Balok Utama Tangga	101
Gambar 4. 20 Pembebanan Balok Penumpu Tangga	109
Gambar 4. 21 Denah Gedung	113
Gambar 4. 22 <i>Input</i> Sistem Struktur dan Parameter Gempa	118
Gambar 4. 23 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Tangerang.....	120
Gambar 4. 24 <i>Input</i> Parameter Gempa <i>Response Spectrum</i>	121
Gambar 4. 25 <i>Input</i> Skala Gempa <i>Response Spectrum</i>	122
Gambar 4. 26 <i>Input</i> Beban Angin.....	123
Gambar 4. 27 Pengaturan Beban Angin	123
Gambar 4. 28 Permodelan Struktur Apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang.....	126
Gambar 4. 29 Geometri Balok <i>Hexagonal Castellated</i>	135
Gambar 4. 30 Gaya Dalam Balok Induk Bentang 9 m	136
Gambar 4. 31 Deflection pada Balok Induk Bentang 9 m.....	137
Gambar 4. 32 Diagram Mux pada Kolom C26.....	147
Gambar 4. 33 Diagram Muy pada Kolom C26.....	147
Gambar 4. 34 Diagram P Aksial pada Kolom C26	148

Gambar 4. 35 Kontrol Luas Penampang Profil	148
Gambar 4. 36 Steel Plate Shear Wall (SPSW)	161
Gambar 4. 37 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk....	174
Gambar 4. 38 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	179
Gambar 4. 39 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	182
Gambar 4. 40 Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	186
Gambar 4. 41 Sambungan Kolom dengan Kolom.....	194
Gambar 4. 42 Sambungan Kolom dengan Base Plate (Tampak Atas)	200
Gambar 4. 43 Sambungan Kolom dengan Base Plate (Tampak Samping)	201
Gambar 4. 44 Sambungan <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW)	209
Gambar 4. 45 Sambungan HBE dan VBE pada SPSW.....	211
Gambar 4. 46 Sambungan Steel Plate Shear Wall (SPSW) dengan Sloof	216
Gambar 4. 47 Denah Perencanaan Pondasi	218
Gambar 4. 48 Grafik Daya Dukung Ijin Tiang Tunggal pada Diameter 60 cm	224
Gambar 4. 49 Tipe Pilecap (a) P1, (b) P2, (c) P3, dan (d) P4 ..	227
Gambar 4. 50 Dimensi P1	228
Gambar 4. 51 Lengan Momen pada Poer dan Tiang Pancang ..	234
Gambar 4. 52 Momen pada Poer	235
Gambar 4. 53 Diagram Interaksi Sloof	239
Gambar 4. 54 Penulangan Sloof dengan PCa Col	240
Gambar 4. 55 Penulangan Sloof.....	242
Gambar 4. 56 Diagram Interaksi Kolom Pedestal	243
Gambar 4. 57 Penulangan Kolom Pedestal	244
Gambar 4. 58 Penulangan Kolom Pedestal	246

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan Pelat	56
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Tebal dan Tulangan Pelat	57
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Pembebanan pada Balok Anak.....	68
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Balok Anak dengan Masing-masing Gaya Dalam	71
Tabel 4. 5 Kontrol Penampang.....	71
Tabel 4. 6 Kontrol Penampang Balok Anak (Momen).....	72
Tabel 4. 7 Kontrol Penampang Balok Anak (Geser).....	72
Tabel 4. 8 Rincian Pembebanan untuk Beban Hidup.....	115
Tabel 4. 9 Nilai N SPT Tanah	116
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Spektrum Respon Desain.....	119
Tabel 4. 11 Hasil Partisipasi Massa dari ETABS.....	127
Tabel 4. 12 Hasil Modal Periods and Frequencies dari ETABS.....	128
Tabel 4. 13 Hasil Base Reactions dari ETABS	130
Tabel 4. 14 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa X	132
Tabel 4. 15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Y	133
Tabel 4. 16 Kontrol Sistem Ganda	134
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Gaya Dalam)	143
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Momen).....	144
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Gaya Geser)	144
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Persamaan Interaksi).....	145
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Lendutan)	145
Tabel 4. 22 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT (Luas Minimum Baja dan Tebal Minimum).....	159
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT.....	159
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT.....	159

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT	160
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT	160
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT	160
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT	160
Tabel 4. 29 SPT dan Korelasinya (J.E.Bowles,1984).....	219
Tabel 4. 30 Perhitungan Nilai γ_{sat}	220
Tabel 4. 31 Kebutuhan Jumlah Tiang dan Tipe Pilecap.....	225
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Perhitungan <i>Pilecap</i>	237

BAB I

PENDAHULUAN

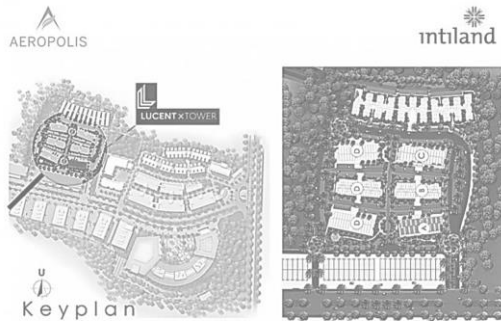
1.1 Latar Belakang

Bangunan gedung dengan material beton bertulang sebagai bahan bangunan masih mendominasi hampir seluruh bangunan gedung yang ada di Indonesia. Namun sebenarnya, terdapat dua jenis material struktur lain yang dapat digunakan sebagai alternatif, yaitu material baja, dan penggabungan dari kedua material baja dan beton (komposit). Material beton memiliki berbagai macam kelemahan, antara lain memiliki bobot yang berat, kuat tarik yang lemah, dalam pengerjaannya dibutuhkan ketelitian yang tinggi, dan daya pantul suara yang lebih besar. Selain hal tersebut pelaksanaan pekerjaan bangunan beton lebih lama dibandingkan dengan bangunan baja.

Baja adalah material bangunan yang memiliki berbagai macam kelebihan, antara lain memiliki sifat daktil, dimana baja mampu berdeformasi tanpa langsung runtuh. Ini memberikan cukup waktu untuk evakuasi bila terjadi gempa. Selain itu baja memiliki ukuran material yang tidak terlalu besar, sehingga dapat mengurangi beban sendiri. Baja juga memiliki beberapa kekurangan, baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air, secara periodik harus dicat. Sehingga, untuk mencapai kondisi terbaik dari permasalahan tersebut, penggunaan struktur baja dengan beton komposit dinilai lebih baik dibandingkan hanya struktur beton bertulang maupun baja.

Aeropolis Lucent Residence Tangerang merupakan bangunan gedung bertingkat yang terdiri dari 7 lantai. Aeropolis Lucent Residence berlokasi di Jalan Marsekal Surya Dharma, Tangerang, seperti terlihat pada Gambar 1.1. Gedung Aeropolis Lucent Residence yang sebelumnya menggunakan struktur beton bertulang akan dibangun menggunakan struktur baja dengan beton komposit sebagai objek tugas akhir. Konstruksi baja dengan beton

komposit yang akan digunakan adalah kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*.



Gambar 1. 1 Site Plan Aeropolis Lucent Residence

Balok *castellated* adalah jenis balok yang mengubah bentuknya dengan cara menciptakan pola teratur di lubang web. Balok *castellated* dengan tinggi profil yang lebih tinggi dari profil asalnya, akan menghasilkan momen inersia dan *modulus section* yang lebih besar tanpa menambah berat profil asalnya, sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya. Pertimbangan penulis menggunakan balok *hexagonal castellated* karena dapat digunakan untuk gedung bertingkat tinggi yang mempunyai bentang balok yang panjang sehingga dapat mengurangi jumlah kolom (lebih ekonomis).

Pertimbangan untuk menggunakan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT) sebagai kolom karena adanya interaksi antara komponen struktur baja dan beton dengan karakteristik dasar bahan yang dioptimalkan membuat penggunaan baja komposit memanfaatkan seluruh penampang untuk menerima beban, sehingga dengan penampang yang lebih kecil, beban yang mampu diterima sama dengan beton bertulang biasa. Selain itu proses pengerjaan pembangunannya menjadi lebih efisien dengan berkurangnya bekisting untuk beton dan perancah.

Dalam mendesain suatu gedung di Indonesia harus mengacu pada peraturan – peraturan seperti SNI 1729:2002 tentang tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 1729:2015 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural, SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726:2012, tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, dan PPIUG 1983 tentang peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung.

Dibutuhkannya bangunan bertingkat tinggi yang aman terhadap gempa sesuai desain bangunan tahan gempa untuk daerah rawan gempa guna mempertahankan struktur bangunan tidak runtuh pada saat terjadi gempa, maka dilakukan beberapa modifikasi terhadap gedung Aeropolis Lucent Residence yaitu jumlah lantai yang awalnya terdiri atas 7 lantai dinaikkan menjadi 13 lantai dengan menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT). Oleh karena itu, Proposal Tugas Akhir ini diusulkan judul “Modifikasi Desain Struktur Gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang Menggunakan Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT) dan Balok *Hexagonal Castellated*”.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam “Modifikasi Desain Struktur Gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang Menggunakan Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT) dan Balok *Hexagonal Castellated*” dalam Proposal Tugas Akhir ini adalah :

1.2.1 Rumusan Masalah Utama

Bagaimana mendesain modifikasi struktur gedung Aeropolis Lucent Residence menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*?

1.2.2 Rumusan Masalah Detail

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* pada struktur gedung Aeropolis Lucent Residence menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*?
2. Bagaimana menentukan beban – beban yang bekerja pada struktur gedung Aeropolis Lucent Residence menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*?
3. Bagaimana merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, tangga dan balok penggantung *lift*?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur bangunan tersebut menggunakan program bantu?
5. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi kolom *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) dan balok *hexagonal castellated*?
6. Bagaimana merencanakan sambungan pada struktur?
7. Bagaimana merencanakan struktur pondasi bangunan tersebut?
8. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Utama

Mampu mendesain Struktur Gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang menggunakan Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT) dan Balok *Hexagonal Castellated*.

1.3.2 Tujuan Detail

1. Mampu menentukan *preliminary design* pada struktur gedung Aeropolis Lucent Residence menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*.
2. Mampu menentukan beban – beban yang bekerja pada struktur gedung Aeropolis Lucent Residence menggunakan kolom

rectangular concrete filled steel tube (RCFT) dan balok *hexagonal castellated*.

3. Mampu merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, tangga dan balok penggantung *lift*.
4. Mampu memodelkan dan menganalisa struktur bangunan tersebut menggunakan program bantu ETABS.
5. Mampu merencanakan struktur primer yang meliputi kolom *Concrete Filled Steel Tube*(CFT) dan balok *hexagonal castellated*.
6. Mampu merencanakan sambungan pada struktur.
7. Mampu merencanakan struktur pondasi bangunan.
8. Mampu menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya bahasan yang akan timbul dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini serta disiplin ilmu yang dikuasai, maka batasan masalah dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini meliputi:

1. Proposal Tugas Akhir ini hanya membahas perhitungan struktur, tidak membahas metode pelaksanaan di lapangan, dan analisa biaya.
2. Proposal Tugas Akhir ini tidak mempertimbangkan sistem sanitasi dan instalasi .
3. Perencanaan balok didesain non-komposit.
4. Hanya meninjau segi struktur.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Proposal Tugas Akhir ini adalah :

1. Untuk mengaplikasikan ilmu perkuliahan dengan data gedung yang nyata.
2. Mendapatkan suatu desain bangunan gedung yang mempunyai kelebihan antara lain struktur yang awet, kuat, bangunan lebih ringan, dan lain-lain.

3. Untuk meningkatkan kemampuan dalam perhitungan gedung dengan sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus yang menggunakan kolom *rectangular concrete filled steel tube* dan balok *hexagonal castellated*.
4. Dari perencanaan ini dapat diketahui hal-hal apa saja yang harus diperhatikan pada saat perancangan sehingga kegagalan struktur dapat diminimalisir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang merupakan bangunan gedung perkuliahan bertingkat yang terdiri dari 7 lantai yang akan dimodifikasi menjadi 13 lantai. Pada tugas akhir ini Gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang yang semula menggunakan konstruksi beton bertulang akan dimodifikasi menjadi konstruksi baja dengan menggunakan balok *hexagonal castellated* dan kolom *rectangular concrete filled steel tube* (RCFT).

2.2 Pembebanan

Salah satu hal terpenting dalam perencanaan sebuah gedung adalah pembebanan pada struktur bangunan. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan sangat teliti agar bangunan yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan. Beberapa jenis beban yang ditinjau dalam perencanaan konstruksi bangunan, yaitu:

a. **Beban Mati**

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1).

b. **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 (SNI 1727:2013 Pasal 4.1).

c. Beban Angin

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (PPIUG 1983 pasal 1.03).

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau (PPIUG 1983 pasal 4.1).

d. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dilakukan dengan analisa *response spectrum*. *Response spectrum* adalah suatu diagram hubungan antara percepatan respons maksimum suatu system satu derajat kebebasan (SDK) akibat gempa tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami (SNI 1726:2012).

2.3 Profil Balok *Hexagonal Castellated*

2.3.1 Pengertian Balok *Hexagonal Castellated*

Profil baja *castellated* adalah profil baja I, H, atau U yang kemudian melalui proses pemotongan badan profil (*castellation*) dengan pola zig-zag yang dicetak menggunakan *hot-rolled* (cetakan panas) berbentuk I, H, atau U. Setengah bagian profil baja yang telah dipotong, disambung dengan cara digeser (ujung kanan di las dengan ujung kiri, dan sebaliknya) sehingga membentuk lubang berbentuk polygonal. Hal ini mengakibatkan bertambahnya tinggi profil. (Amayreh dan Saka, 2001).

Balok *Hexagonal Castellated* adalah profil baja I yang kemudian pada bagian badannya dipotong memanjang dengan pola zig-zag. Kemudian bentuk dasar baja diubah dengan menggeser atau membalik setengah bagian profil baja yang telah dipotong. Penyambungan setengah profil dilakukan dengan cara di las pada bagian “gigi-giginya” sehingga terbentuk profil baru dengan lubang berbentuk segi enam (*hexagonal*) (Grunbauer, 2001). Profil ini mempunyai tinggi (d) hampir 50% lebih tinggi dari profil awal

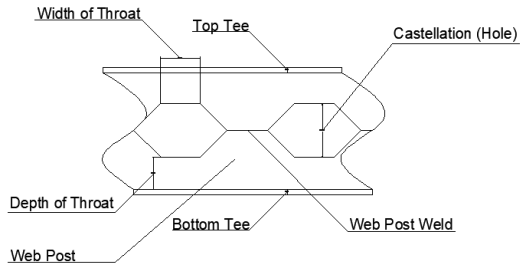
sehingga meningkatkan nilai lentur axial, momen inersia (I_x) dan modulus section (S_x) (Knowles, 1991).

2.3.2 Terminologi

Dibawah ini merupakan penjelasan mengenai bagian-bagian dari *Hexagonal Castellated Beam* (Bardley, 2007) :

- a. *Web-Post Weld* : Luas solid dari balok baja kastella.
- b. *Castellation (Hole)* : Luas yang sudah mengalami pelubangan.
- c. *Width of Throat* : Perpanjangan horizontal dari potongan “gigi” bawah profil.
- d. *Dept of Throat* : Tinggi daerah profil potongan “gigi” bawah sampai sayap profil.

Bagian balok *hexagonal castellated* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagian Balok *Hexagonal Castellated*
(Patrick Bradley, 2007)

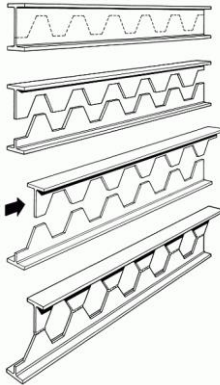
2.3.3 Proses Pembuatan Balok *Hexagonal Castellated*

Proses fabrikasi dari *Hexagonal Castellated Beam* diuraikan sebagai berikut (Grunbauer).

- a. Badan profil dibuat dicetakkan hot-rolled (cetakan panas) berbentuk I, H atau U dengan pola pemotongan zig-zag.

- b. Setengah hasil potongan digeser, ujung atas kanan dilas dengan ujung bawah kiri, dan sebaliknya. Sehingga lubang yang dihasilkan berbentuk segi enam (*hexagonal*).

Proses pembuatan balok *hexagonal castellated* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses Pembuatan Balok *Hexagonal Castellated* (Grunbauer)

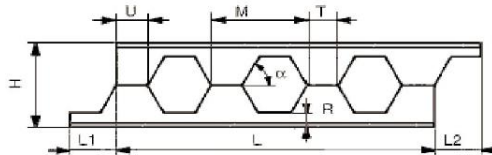
2.3.4 Tipe-Tipe Pemotongan Balok *Hexagonal Castellated*

Ada empat tipe pemotongan balok berdasarkan dimensi U dan T (Grunbauer), yaitu :

- a. *Beam Ends Left Ragged*, $U=T$

(*Simple and cheap, but not convenient to use*)

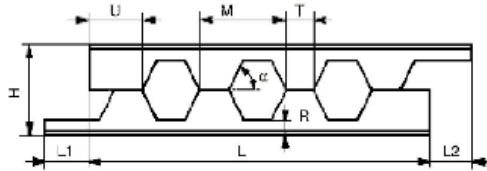
Tipe pemotongannya mudah, sederhana dan murah, tetapi kurang baik digunakan, seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Beam Ends Left Ragged*, $U = T$ (Grunbauer)

b. *Beam Ends Left Ragged, $U > T$*
(Longer ends, but not very effective)

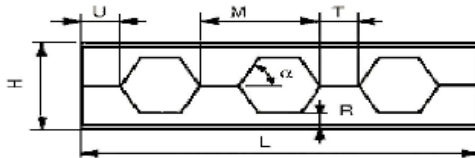
Tipe pemotongan ini menghasilkan ujung potongan yang panjang tetapi tidak efektif, seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Beam Ends Left Ragged, $U > T$* (Grunbauer)

c. *Beam Ends Finished, $U = T$*
(Nice finish, dearer due to extra cutting operation and material waste)

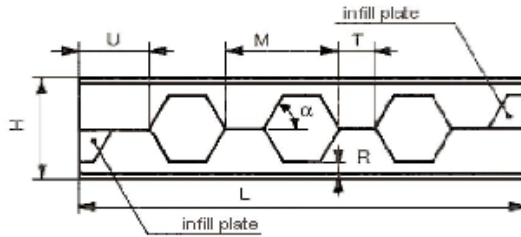
Tipe pemotongan ini menghasilkan potongan yang baik (rapi) serta menghemat material (tidak banyak bahan yang terbuang), seperti terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Beam Ends Finished, $U = T$* (Grunbauer)

d. *Beam Ends Finished With Infill Pelates, $U > T$*
(Strong and rigid, but expensive)

Tipe pemotongan ini menghasilkan profil yang kuat dan kaku, tetapi mahal karena adanya penambahan pelat, seperti terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Beam Ends Finished With Infill Plates*,
 $U > T$ (Grunbauer)

2.3.5 Keuntungan dan Kekurangan dari Balok *Hexagonal Castellated*

A. Keuntungan Balok *Hexagonal Castellated*

Keuntungan dari Balok *Hexagonal Castellated* adalah sebagai berikut :

1. Dengan tinggi profil yang lebih tinggi, menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya (Grunbauer).
2. Mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan ijin yang lebih kecil (Grunbauer).
3. Bahan ringan, kuat serta mudah dipasang, dan juga memiliki nilai arsitektural (Grunbauer).
4. Profil *hexagonal castellated* ini juga cocok untuk bentang panjang (untuk penggunaan *hexagonal castellated* dapat mencapai 30-40 ft atau 9-12 m). Sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi (AISC *Steel Design Guide 31, Castellated and Cellular Beam Design*).
5. Dapat digunakan untuk gedung tingkat tinggi, bangunan komersial, dan bangunan perindustrian (Amayreh dan Saka 2005).

B. Kekurangan Balok *Hexagonal Castellated*

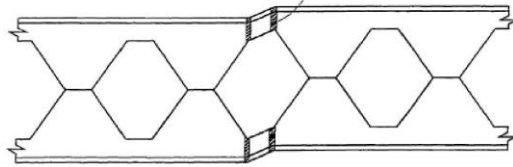
Kekurangan dari Balok *Hexagonal Castellated* adalah sebagai berikut :

1. Balok *castellated* kurang tahan api. Sehingga harus ditambah dengan lapisan tahan api (fire proofing) 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya (Grunbauer).
2. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih pelat pada ujung-ujung (dekat dengan pertemuan balok-kolom) (Grunbauer).
3. Pada ujung-ujung bentang (di sudut-sudut profil) terjadi peningkatan pemusatan tegangan (*stress concentrations*) (Amayreh dan Saka 2005).
4. Balok *castellated* tidak sesuai untuk bentang pendek dengan beban yang cukup berat (Amayreh dan Saka 2005).
5. Analisa dari defleksi lebih rumit daripada balok solid (Amayreh dan Saka 2005).

2.3.6 Kegagalan Balok *Hexagonal Castellated*

Ada beberapa teori kegagalan profil *castellated* yang dikemukakan oleh para peneliti sebelumnya, diantaranya :

- a. Mekanisme Geser (*Vierendeel* atau *Shear Mechanism*)
Mekanisme ini berbanding lurus dengan tegangan geser yang cukup tinggi pada balok. Sendi plastis terjadi pada ujung balok (*reentrant corners*) pada lubang dapat merubah bentuk bagian T (*tee section*) menjadi seperti jajar genjang (*parallelogram*) (Altifillisch 1957, Toprac dan Cook 1959), seperti pada Gambar 2.7. Lokasi kegagalan ini terjadi pada lubang yang menerima gaya geser terbesar.



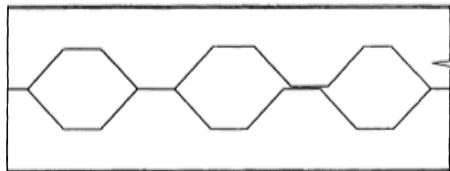
Gambar 2.7 *Parallelogram* (Altifillisch, 1957)

- b. Tekuk Lateral Torsi pada Pelat Badan (*Lateral – Torsional – Buckling*)

Tekuk lateral torsi pada pelat badan profil biasanya terjadi pada balok bentang panjang yang tidak memiliki penahan lateral yang cukup untuk menahan tekuk pada sayap. Kegagalan ini disebabkan oleh kurangnya kekakuan torsi pada balok, sebagai hasil dari tinggi dan kelangsingan penampang. Pada tekuk lateral torsi dari balok, lubang pada profil dapat diabaikan, Nethercot dan Kerdal (1982). Sehingga perencanaan tekuk lateral torsi dapat direncanakan sama dengan profil baja biasa.

- c. Putusnya Sambungan Las (*Rupture of Welded Joint*)

Las pada jarak antara lubang yang satu dengan yang lainnya dapat mengalami *rupture* (putus) ketika tegangan geser horisontal melebihi kekuatan leleh dari pengelasannya (*welded joint*) (Husain dan Speirs 1971). *Rupture of welded joint* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Rupture of Welded Joint*
(Husain dan Speirs 1971)

- d. Tekuk Pelat Badan Akibat Tekan (*Web Post Buckling due to Compression*)

Kegagalan ini disebabkan oleh beban terpusat yang secara langsung dibebankan pada pelat badan. Kegagalan ini dapat dicegah bila penggunaan pengakunya diperkuat untuk menahan gaya tersebut (Toprac dan Cook 1959).

2.4 Profil Kolom Komposit

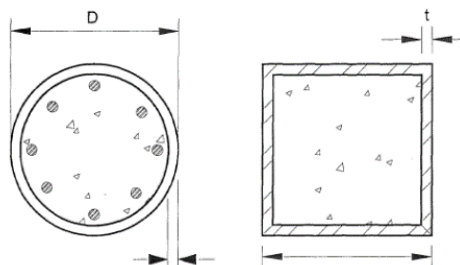
2.4.1 Pengertian Kolom Komposit

Kolom komposit didefinisikan sebagai kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (*rolled*) *built-up* dan dicor di dalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Jonson, 1996).

Ada dua tipe kolom komposit, yaitu :

- Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton).
- Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton).

Salah satu contoh dari kolom komposit adalah *concrete filled steel tube* (CFT) atau kolom komposit dengan pelat baja seperti pada Gambar 2.9. Dengan memadukan kuat tekan beton dan kuat tarik pelat baja, sehingga 2 material ini dapat saling menguatkan satu sama lain sebagai konstruksi yang kokoh.



Penampang CFT
Bulat

Penampang CFT
Persegi

Gambar 2.9 Penampang Kolom CFT

2.4.2 Kriteria Kolom Komposit Bagi Komponen Struktur Tekan

Kriteria untuk kolom komposit bagi komponen struktur tekan adalah sebagai berikut:

- a. Luas penampang profil baja minimal sebesar 1% dari luas penampang komposit total (SNI 1729:2015 pasal I1.2.1a ayat 2).
- b. Mutu beton yang digunakan tidak lebih 70 Mpa dan tidak kurang dari 21 Mpa untuk beton normal dan tidak lebih dari 42 Mpa untuk beton ringan (SNI 1729:2015 pasal I1.3 ayat 1).
- c. Tegangan leleh profil dan tulangan baja yang digunakan untuk perhitungan kekuatan kolom komposit tidak boleh lebih dari 525 Mpa (SNI 1729:2015 pasal I1.3 ayat 2).
- d. Tebal minimum dinding pipa baja atau penampang baja berongga yang diisi beton adalah $b \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$ untuk setiap sisi selebar b pada penampang persegi (SNI 1729-2002 pasal 12.3.1 ayat 5).

2.4.3 Keuntungan Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT)

Sistem kolom RCFT mempunyai banyak keuntungan daripada baja dan beton bertulang yang dipisah. Keuntungan kolom (Jurnal Shosuke, dan Keigo) sebagai berikut :

- a. Interaksi Antara Tabung Baja dengan Beton :
Tekuk lokal dari tabung baja tertunda dan penurunan kekuatan setelah tekuk lokal dapat dikendalikan karena ditahan oleh beton. Di sisi lain kekuatan beton meningkat karena tabung baja berperan sebagai bekisting yang mengikat beton dan membatasi retak pada beton, sehingga kerusakan yang terjadi tidak terlalu parah. Terjadinya susut dan rangkai pada beton jauh lebih kecil jika dibandingkan kolom beton bertulang biasa.

- b. Kemampuan Penampang :
Penggunaan tabung baja pada kolom CFT lebih besar dalam menahan tekanan tinggi dan tekanan yang tidak terkendali jika dibandingkan dengan kolom beton bertulang biasa. Letak tabung baja pada bagian luar kolom CFT memberikan dampak baja menjadi lebih plastis ketika menerima lentur.
- c. Efisiensi Pada Saat Konstruksi
Penggunaan tenaga kerja untuk memasang bekisting dan merangkai tulangan bisa dikurangi dan pengecoran beton menggunakan pompa. Efisiensi penggunaan kolom CFT berdampak pada bersihnya pada saat pelaksanaan, pengurangan tenaga kerja, biaya konstruksi dan menghemat waktu konstruksi.
- d. Ketahanan Terhadap Api
Adanya beton pada kolom CFT meningkatkan ketahanan terhadap api, sehingga penggunaan bahan tahan api dapat dikurangi atau dihilangkan pada kolom CFT.
- e. Biaya Pelaksanaan
Karena beberapa keunggulan dan manfaat yang telah dijelaskan di atas, optimasi biaya pelaksanaan yang lebih baik dapat diperoleh dengan mengganti kolom struktur baja dengan kolom CFT.

2.5 Steel Plate Shear Wall

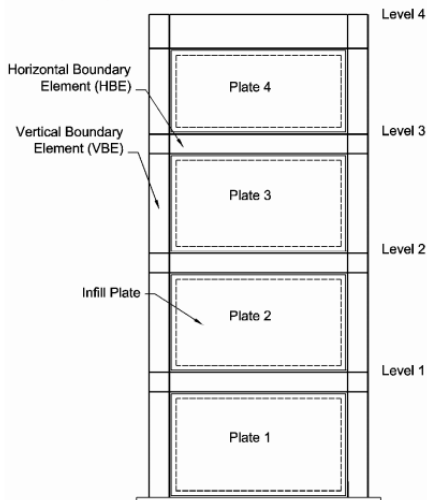
2.5.1 Pengertian Steel Plate Shear Wall

Steel Plate Shear Wall (Dinding Geser Pelat Baja) yang kemudian disingkat menjadi SPSW adalah sebuah sistem (dinding) penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja tipis yang menghubungkan balok dan kolom disekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang. Sebagaimana ditentukan oleh beberapa eksperimen dan penyelidikan secara analitis, SPSW menunjukkan kekakuan awal

tinggi, bersifat sangat duktal dan dapat menyerap energi yang besar (Berman dan Bruneau, 2003).

2.5.2 Desain *Steel Plate Shear Wall*

Dinding geser plat baja terdiri dari batang vertikal yang disebut dengan kolom (*Vertical Boundary Elements (VBE)*), batang horizontal yang disebut dengan balok (*Horizontal Boundary Elements (HBE)*), dan pelat pengisi tipis yang melengkung pada bidang geser dan membentuk bidang diagonal untuk menahan beban gempa. Dinding geser plat baja berfungsi sebagai web/badan, dan batang horizontal berfungsi sebagai pengaku (Berman dan Bruneau 2003). Dinding geser pelat baja (SPSW) dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Dinding Geser Pelat Baja (SPSW)

2.5.3 Jenis *Steel Plate Shear Wall*

Ada 2 jenis dinding geser pelat baja berdasarkan ukuran dan tinggi yang memiliki keuntungan masing-masing, yaitu *core systems* dan *planar systems* (Seilie dan Hooper, 2005).

a. *SPSW Core Systems*

Dinding geser pelat baja (SPSW) ini cocok digunakan pada bangunan bertingkat menengah hingga bangunan bertingkat tinggi. Jenis dinding geser pelat baja ini memberikan kekakuan terhadap puntir dan keruntuhan lebih baik.

b. *Multiple Planar SPSW*

Dinding geser pelat baja (SPSW) ini cocok untuk bangunan bertingkat rendah dan untuk perkuatan gedung yang sudah ada. Dinding geser ini mempunyai kapasitas geser yang cukup dengan kapasitas momen yang sedikit terbatas.

2.5.4 Fungsi Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)

Terdapat dua fungsi dari dinding geser pelat baja, yaitu :

a. Kekakuan

1. Dinding geser memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi goyangan yang berlebihan.
2. Ketika dinding geser cukup kaku, akan mencegah lantai dan atap bergerak.
3. Bangunan yang cukup kaku, biasanya hanya mengalami kerusakan yang nonstruktural.

b. Kekuatan

1. Dinding geser memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horisontal.
2. Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horisontal ke elemen berikutnya dalam jalur beban di bawah mereka, seperti pondasi, dll.

2.5.5 Keuntungan *Steel Plate Shear Wall*

Keuntungan *steel plate shear wall* dalam penggunaannya adalah sebagai berikut:

- a. Dibandingkan dengan dinding geser beton bertulang, dinding geser baja jauh lebih lebih kuat namun

- menghasilkan bobot berat yang lebih sedikit untuk disalurkan menuju kolom dan pondasi (Astaneh, 2001).
- b. Ketebalan dinding geser pelat baja relatif lebih kecil dibandingkan dengan diperkuat oleh dinding geser beton. Selain itu, dari sudut pandang arsitektural, lebih indah. Hal itu menyebabkan area denah lantai menjadi lebih luas (Astaneh, 2001).

2.6 Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat di bawah konstruksi. Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan pada fungsi bangunan atas yang dipikul, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan, dan dari segi ekonomi.

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.
- 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.

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.

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 $D_f/B \leq 1$.

b. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

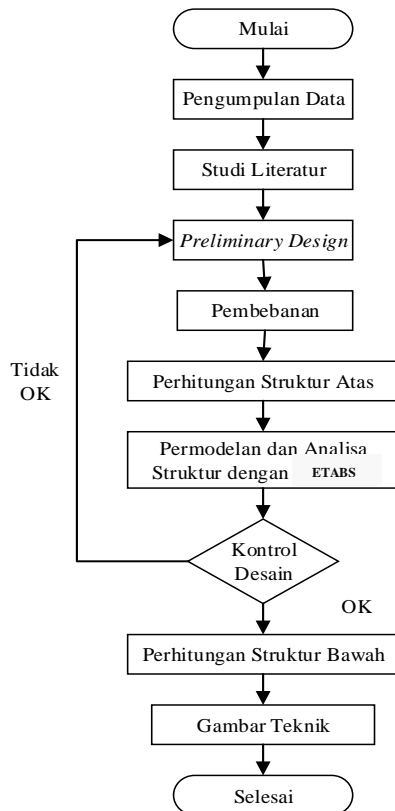
Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Metodologi

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini diperlukan metode dan urutan-urutan penyelesaian secara jelas dan sistematis. Oleh karena itu dibuatlah suatu metodologi yang dimaksudkan agar penyelesaian tugas akhir ini berjalan dengan baik. Urutan penyelesaian Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

3.2 Metode Penyelesaian

Langkah-langkah dalam Modifikasi Desain Struktur Gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang Menggunakan Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT) dan Balok *Hexagonal Castellated* dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk perencanaan gedung meliputi gambar struktur, gambar arsitektur, dan data tanah.

a. Data Bangunan Eksisting :

- Nama Gedung : Gedung Aeropolis Lucent Residence
- Lokasi : Jalan Marsekal Surya Dharma, Tangerang
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah Lantai : 7 Lantai
- Tinggi Gedung : 26,70 m
- Struktur Utama : Beton Bertulang
- Struktur Pondasi : Tiang Pancang

Data Modifikasi Bangunan:

- Nama Gedung : Gedung Aeropolis Lucent Residence
- Lokasi : Bekasi
- Fungsi : Apartemen dan Toko
- Jumlah Lantai : 13 Lantai
- Tinggi Gedung : 46,8 m
- Struktur Utama : Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* dan Balok *Hexagonal Castellated*
- Sistem Struktur : Sistem *Steel Pelate Shear Wall* (SPSW)
- Struktur Pondasi : Tiang Pancang

- b. Data Tanah :
Data tanah berupa grafik SPT. Data tanah dapat dilihat pada lampiran.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan antara lain mempelajari buku-buku pustaka, jurnal, studi penelitian terdahulu, maupun peraturan-peraturan yang dapat digunakan untuk perhitungan gedung seperti:

- a. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015).
- b. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).
- c. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).
- d. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2012).
- e. *AISC Steel Design Guide-31*.
- f. *AISC Steel Design Guide-20*.
- g. ASCE 7-2002
- h. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983).
- i. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).

3.2.3 Preliminary Design

Preliminary design struktur sekunder dan struktur primer yang meliputi data-data perencanaan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material yang digunakan. Preliminary design struktur sebagai berikut :

- a. Perencanaan dimensi struktur sekunder meliputi :
 - Pelat Lantai
 - Balok anak
 - Tangga
 - Balok penggantung dan penumpu lift

- b. Perencanaan dimensi struktur primer meliputi :
- Balok induk yang direncanakan menggunakan profil baja balok *hexagonal castellated*.
 - Kolom yang direncanakan menggunakan profil baja kolom *rectangular concrete filled steel tube*.
 - Sistem struktur yang direncanakan menggunakan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*.

3.2.4 Pembebanan Struktur

Kombinasi Pembebanan

Konfigurasi kombinasi pembebanan berdasarkan (SNI 1727:2013 Pasal 2.3.2) dapat dilihat sebagai berikut :

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,0E + L$
- $0,9D + 1,0W$
- $0,9D + 1,0E$

Dimana :

- D = *Dead Load* (Beban Mati)
- L = *Life Load* (Beban Hidup)
- E = *Earthquake Load* (Beban Gempa)
- L_r = *Life Roof* (Beban Atap)
- R = *Rainfall Load* (Beban Hujan)
- W = *Wind Load* (Beban Angin)

3.2.5 Perhitungan Struktur Atas

a. Struktur Sekunder

Melakukan desain struktur sekunder sesuai mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :

- Pelat Lantai
- Balok Anak

- Tangga
 - Balok Penggantung dan Penumpu Lift
- b. Struktur Utama
- Melakukan desain struktur primer sesuai mutu bahan, material struktur dan dimensi yang telah direncanakan meliputi :
- Desain Balok
 - Desain Kolom
- c. Sambungan
- Melakukan perencanaan sambungan sesuai dengan mutu bahan dan bentuk struktur agar tidak menimbulkan perilaku yang mempengaruhi struktur lain.

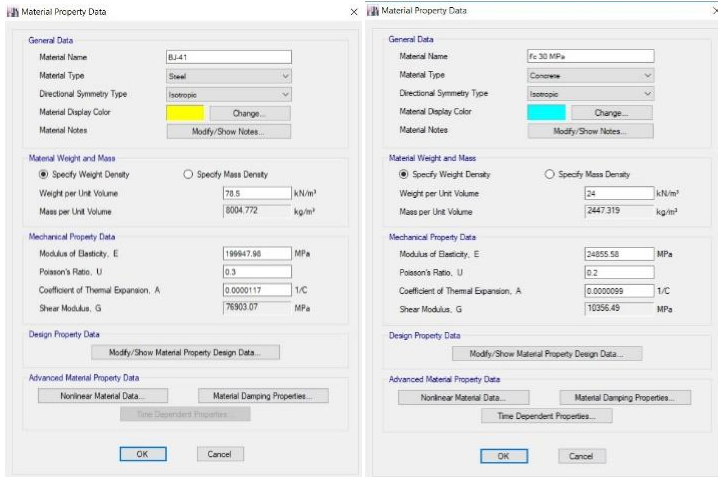
3.2.6 Permodelan dan Analisa Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi.

Untuk permodelan struktur dengan menggunakan program bantu ETABS serta pembuatan profil balok *hexagonal castellated*, kolom *rectangular concrete fill steel tube* (RCFT), dinding geser (*steel plate shear wall*) akan dijelaskan secara singkat sebagai berikut.

1. Data Material

Data material pada ETABS meliputi data material dari element struktur baja dan beton yang akan diinput dalam permodelan. Data yang diinput meliputi kuat tekan, kuat leleh, kuat tarik, dan modulus penampang dari material tersebut. Berikut input data material untuk permodelan gedung Aeropolis Lucent Residence :



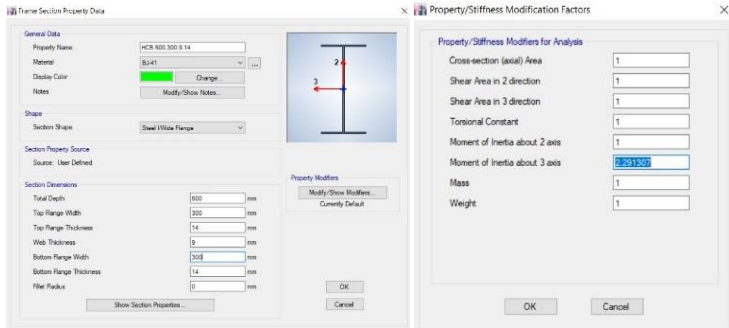
Gambar 3.2 Data Material Baja dan Beton

2. Data Elemen Struktur

Data elemen struktur adalah data-data elemen struktur yang akan digunakan pada permodelan pada ETABS, misalnya elemen kolom, balok, plat dinding geser baja. Data elemen yang akan di input berupa dimensi dan material dari elemen. Proses menginput data-data elemen struktur dapat dilihat pada gambar berikut :

a) *Hexagonal Castellated Beam (HCB)*

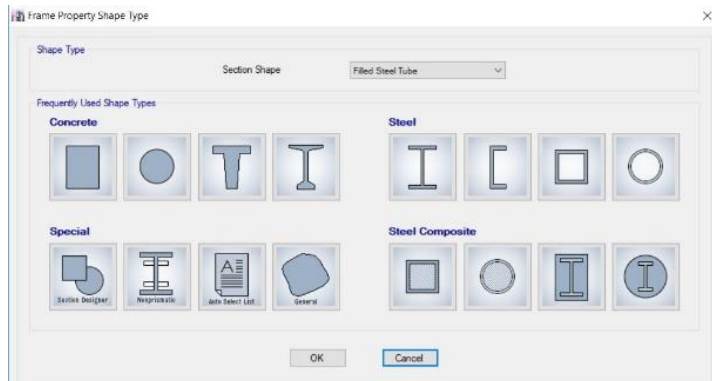
Untuk balok *castella*, buat profil WF asli (sebelum di buat *castella*) kemudian naikan inersia profil tersebut dengan menaikkan *moment of inertia about 3 axis* pada *section modifiers* dengan perbandingan I_x *castella* dibagi I_x WF tersebut. *Input* nilai momen inersia untuk balok *hexagonal castellated* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Section Properties* untuk Balok HCB

b) *Rectangular Concrete Fill Steel Tube (RCFT)*

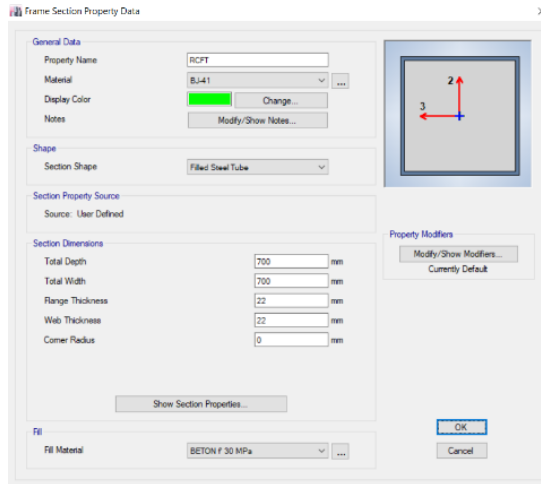
Untuk kolom CFT, *frame properties shape type* dipilih menggunakan *steel composite* yang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Frame Concrete Shape Type (Steel Composite)*

Setelah dipilih *steel composite*, selanjutnya muncul *frame section property data* untuk mengisi data-data yang diperlukan, seperti material baja, *section shape* menggunakan *filled steel tube*, section dimensions diisi dengan dimensi perencanaan, dan untuk *fill material*

menggunakan material beton. *Frame Section Property Data* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



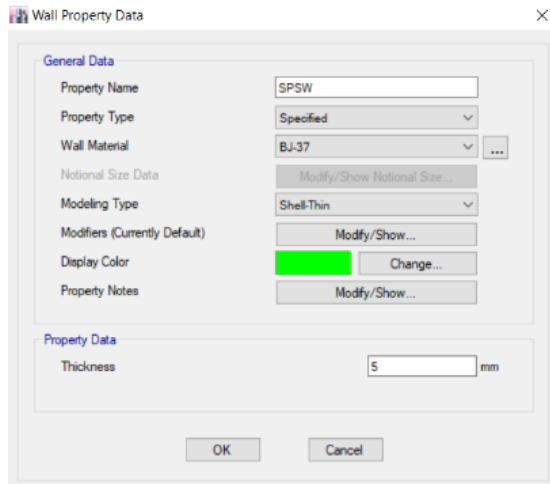
Gambar 3.5 *Frame Section Property Data*

c) *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*

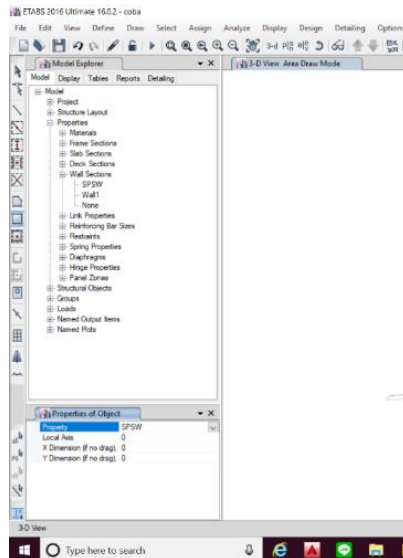
Untuk SPSW dibuat seperti pelat pada umumnya digunakan material yang berbeda dari material baja profil lainnya, yaitu menggunakan BJ-37. Untuk tipenya dipilih *Shell-thin* karena berukuran tipis.

Elemen *steel plate shear wall* (SPSW) dimodelkan sebagai elemen *shell* seperti pada plat lantai. Klik define > section properties > wall sections. Maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.6.

Steel plate shear wall digambar menggunakan *draw rectangular area*. Pada kotak dialog *properties of object* klik kotak isian *Section* dan diganti ke pilihan SPSW seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Wall Property Data SPSW

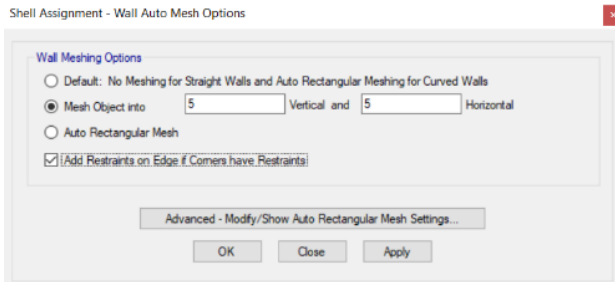


Gambar 3.7 Property SPSW

Elemen *shell* yang dipakai untuk permodelan dinding geser plat baja perlu dibagi ke dalam pias-pias kecil sejumlah tertentu.

Berikut adalah langkah-langkah pada dinding geser plat baja lantai dasar yang juga dapat dilihat pada Gambar 3.8.

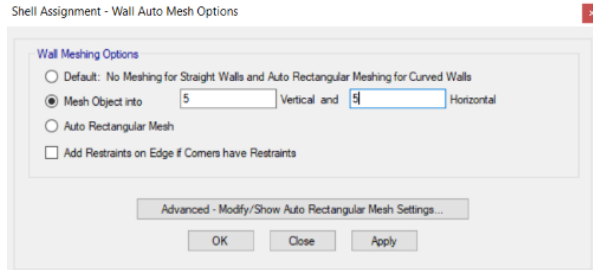
- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai dasar
- Klik *Assign > Shell > Wall Auto Mesh Options*
- Muncul kotak dialog *Shell Assignment – Wall Auto Mesh Options*
- Centang kolom *add restrains*



Gambar 3.8 *Shell Assignment* SPSW pada Lantai Dasar

Permodelan SPSW untuk lantai dasar dan lantai-lantai di atasnya berbeda, yaitu pada perletakan tumpuannya. Berikut adalah langkah-langkah pada dinding geser plat baja lantai *ground – 11* yang juga dapat dilihat pada Gambar 3.9.

- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai dasar
- Klik *Assign > Shell > Wall Auto Mesh Options*
- Muncul kotak dialog *Shell Assignment – Wall Auto Mesh Options*



Gambar 3.9 *Shell Assignment* SPSW pada Lantai Ground – Lantai 11

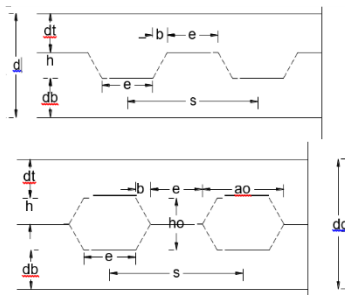
3.2.7 Kontrol Desain

Melakukan kontrol kemampuan semua struktur yang telah direncanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

3.2.7.1 Kontrol Balok *Hexagonal Castellated*

a. Kontrol Penampang

Geometri Balok *Hexagonal Castellated* dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Geometri Balok *Hexagonal Castellated* (AISC Steel Design-31)

Syarat Lubang (h_o) (ASCE 5.2)

$$h \leq 0,7 d_g \quad (3.1)$$

Syarat dt dan db (ASCE 5.6.1)

$$d_t \text{ dan } d_b \leq 0,15 d_g \quad (3.2)$$

Tekuk Lokal (SNI 1729:2015 Tabel B4.1b)

Sayap :

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} < \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.3)$$

Badan :

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} < \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.4)$$

Parameter lubang (ASCE 5.11)

$$p_o = \left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6 h_o}{d}\right) < 5,6 \quad (3.5)$$

b. Kontrol Tekuk Badan Profil Balok *Hexagonal Castellated* (ASCE 5.2.2)

$$1. \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}} < \frac{1365}{\sqrt{f_y}}, f_y \text{ dalam MPa} \quad (3.6)$$

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 3 \quad (3.7)$$

Balok non-komposit :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p \quad (3.8)$$

$$2. \frac{1100}{\sqrt{f_y}} < \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{f_y}}, f_y \text{ dalam MPa} \quad (3.9)$$

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 2,2 \quad (3.10)$$

$$V_m \leq 0,45 V_p \quad (3.11)$$

Dimana :

$$V_p = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.12)$$

c. Momen Lentur Nominal (ASCE C4.2)

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.13)$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3.14)$$

$$\Delta_{As} = h_o \cdot t_w \quad (3.15)$$

$$e = 0,25 h_o \quad (3.16)$$

$$M_n = M_p - \left[f_y \Delta_{As} \left(\frac{h_o}{4} + e \right) \right] \quad (3.17)$$

Keterangan :

M_n = momen lentur nominal balok

h_o = tinggi lubang

t_w = tebal pelat badan

e = eksentrisitas lubang

f_y = kuat leleh baja

d. Kontrol Kuat Geser (ASCE 4.3.1)

Untuk *tee* atas dan *tee* bawah

$$V_{pt} = \frac{f_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.18)$$

$$\frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} \leq 1 \quad (3.19)$$

$$V_{mt} = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} V_{pt} \quad (3.20)$$

Syarat :

$$V_{mt} \leq V_{pt} \quad (3.21)$$

$$V_m = 2 V_{mt} \quad (3.22)$$

Keterangan :

V_{mt} = kuat geser satu *tee*

V_{pt} = kuat geser plastis satu *tee*

v = $((2 \times b) + 2a) / d_t$

μ = $\frac{0}{d_t}$

- e. Persamaan Interaksi Lentur dan Geser (ASCE 4.1)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_n}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1 \quad (3.23)$$

- f. Kontrol Jarak Antar Lubang (ASCE 5.10)

$$s \geq h_o \quad (3.24)$$

Dimana $s = D_s$

3.2.7.2 Kontrol Kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube*

Kolom komposit *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* menerima kombinasi aksial dan lentur.

- a. Kontrol Penampang Kolom Komposit

Kontrol Luas Penampang (SNI 1729:2015 Pasal I2a)

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 1\% \quad (3.25)$$

Kontrol Ketebalan (SNI 1729:2015 Pasal I2.3.1)

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \leq 25 \text{ mm} \quad (3.26)$$

- b. Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit RCFT

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

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

Rasio Lebar terhadap Ketebalan yang Menahan Aksial

(SNI 1729:2015 Tabel I1.1A)

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} \quad (3.27)$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{kompak}) \quad (3.28)$$

$$\lambda_r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{non kompak}) \quad (3.29)$$

$$\lambda_{\max} = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{maksimum}) \quad (3.30)$$

Rasio Lebar Terhadap Ketebalan yang Menahan Lentur
(SNI 1729:2015 Tabel II.1B)

Sayap :

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

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{kompak}) \quad (3.32)$$

$$\lambda_r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{non kompak}) \quad (3.33)$$

$$\lambda_{\max} = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{maksimum}) \quad (3.34)$$

Badan :

$$\lambda = \frac{h}{2t_w} \quad (3.35)$$

$$\lambda_p = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{kompak}) \quad (3.36)$$

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{non kompak}) \quad (3.37)$$

$$\lambda_{\max} = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{maksimum}) \quad (3.38)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

Penampang Kompak (SNI 1729:2015 Pasal 2b ayat (c))

$$P_{no} = P_p \quad (3.39)$$

Dengan,

$$P_p = f_y \times A_s + C_2 \times f_c' \times (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.40)$$

Penampang Non Kompak (SNI 1729:2015 Pasal 2b ayat

(d))

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.41)$$

Dengan,

$$P_y = f_y \times A_s + 0,7 f_c' (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.42)$$

Penampang Langsing (SNI 1729:2015 Pasal 2b ayat (e))

$$P_{no} = f_{cr} \times A_s + 0,7 f_c' (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.43)$$

Dengan penampang persegi diisi beton,

$$F_{cr} = \frac{9 E_s}{(\frac{b}{t})^2} \quad (3.44)$$

c. Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde kedua yang diperlukan, M_r , dan ketentuan aksial, P_r , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut : (SNI 1729:2015 Lampiran 8.2)

$$M_r = \beta_1 M_{nt} + \beta_2 M_{lt} \quad (3.45)$$

$$P_r = P_{nt} + \beta_2 P_{lt} \quad (3.46)$$

Keterangan :

β_1 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

β_2 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$ ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

M_{lt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK akibat translasi lateral.

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

M_r = Momen orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi DFBK.

P_{lt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK akibat translasi lateral.

P_{nt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

P_r = Kekuatan aksial orde kedua menggunakan kombinasi beban DFBK.

Pengali β_1 untuk Efek $P-\delta$

(SNI 1729:2015 Lampiran 8.2 ayat 1)

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.47)$$

Keterangan :

α = 1 (DFBK)

C_m = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut :

$$C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2) \quad (3.48)$$

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

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

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.49)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas baja 200000 MPa

I = Momen inersia bidang lentur, mm⁴

L = Panjang komponen struktur, mm

K_1 = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur

Pengali β_2 untuk Efek $P-\Delta$

(SNI 1729:2015 Lampiran 8.2 ayat 2)

$$\beta_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}} \geq 1 \quad (3.50)$$

Keterangan :

$\alpha = 1$ (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

$P_{e_{\text{story}}}$ = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk *sidesway* atau sebagai berikut :

$$P_{e_{\text{story}}} = R_m \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.51)$$

Keterangan :

$$R_m = 1 - (0,15 \frac{P_{mf}}{P_{\text{story}}}) \quad (3.52)$$

L = Tinggi tingka

P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen.

H = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung Δ_H

Δ_H = Simpangan tingkat dalam orde pertama.

d. Momen Nominal

Momen nominal pada kolom diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y . (SNI 1729:2015 Pasal F1 ayat 1)

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (3.53)$$

Keterangan :

M_u = Momen lentur terfaktor

ϕ_b = faktor reduksi = 0,9

M_n = Momen nominal

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

Untuk penampang kompak

(SNI 1729:2015 Pasal F7 ayat 1)

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x \quad (3.54)$$

Untuk penampang nonkompak

(SNI 1729:2015 Pasal F7 ayat 2(b))

$$M_n = M_p - (M_p - f_y \cdot S) \left(3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4 \right) \leq M_p \quad (3.55)$$

Untuk penampang langsing

(SNI 1729:2015 Pasal F7 ayat 2(c))

$$M_n = f_y \times S_e \quad (3.56)$$

Keterangan :

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

$$b_e = 1,92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y} \left(1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right)} \leq b \quad (3.57)$$

e. Persamaan Interaksi Aksial momen

Interaksi lentur dan gaya tekan pada komponen struktur simetris ganda dan komponen struktur simetris tunggal berdasarkan :

Bila $\frac{Pr}{P_c} \geq 0,2$ (SNI 1729:2015 Pasal H1 ayat 1(a))

$$\frac{Pr}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mr_x}{M_{cx}} + \frac{Mr_y}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.58)$$

Bila $\frac{Pr}{P_c} \leq 0,2$ (SNI 1729:2015 Pasal H1 ayat 1(b))

$$\frac{Pr}{2P_c} + \left(\frac{Mr_x}{M_{cx}} + \frac{Mr_y}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.59)$$

Keterangan :

Pr = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, (N)

Pc = $\phi_c P_n$

- M_r = Kekuatan aksial desain, (N).
 = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, (Nmm).
 M_c = $\phi_b M_n$
 = Kekuatan lentur desain, (Nmm).
 ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0,90
 ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

3.2.7.3 Kontrol *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)

- a. Kontrol Sudut Kemiringan Tarik Pelat
 (*AISC Steel Design-20* Pasal 3.2.1)

$$30^\circ < \alpha = \tan^{-1} \sqrt{\frac{1 + \frac{tL}{2A_c}}{1 + t h_s \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 I_c L} \right)}} < 50^\circ \quad (3.60)$$

Keterangan :

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

- b. Kontrol Momen Inersia
 (*AISC Steel Design-20* Pasal 2.5)

Momen inesia kolom harus memenuhi persamaan berikut:

$$I_c \geq \frac{0,00307 t h_s^4}{L} \quad (3.61)$$

- c. Kontrol Geser Nominal Pelat
 (*AISC Steel Design-20* Pasal 2.6.2)

$$V_n = 0,42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \quad (3.62)$$

Keterangan :

L_{cf} = Jarak bersih antar kolom (mm)

3.2.7.4 Kontrol Gempa

Analisa struktur terhadap beban gempa dikontrol berdasarkan SNI 1726:2012 adalah sebagai berikut :

a. Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%.

b. Kontrol Periode Getar Struktur

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (3.63)$$

Keterangan :

T_a = Periode fundamental struktur

C_t = Koefisien

h_n = Tinggi gedung

x = Koefisien

c. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik.

d. Kontrol Kinerja Struktur Gedung

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

$$\Delta_n = \frac{(\delta e_n - \delta e_{(n-1)}) \times C_d}{I_e} \leq \Delta_{ijin} \quad (3.64)$$

Keterangan :

δe_n = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gempa desain tingkat kekuatan

C_d = Faktor pembesaran defleksi (Tabel 9)

I_e = Faktor keutamaan gempa (Pasal 4.1.2)

3.2.7.5 Kontrol Sambungan

a. Sambungan Baut

Kuat Geser Baut (SNI 1729:2015 pasal J3.6)

$$\phi R_n = \phi (F_{nv} \times A_b \times m) \quad (3.65)$$

Keterangan :

ϕR_n = Kuat geser baut

ϕ = 0,75 (DFBK)

F_{nv} = Tegangan geser nominal

A_b = Luas bruto penampang baut

m = Jumlah bidang geser

Kuat Tumpu Baut (SNI 1729:2015 pasal J3.10)

$$\phi R_{n1} = \phi (1,2 \times l_c \times t_p \times f_u) \quad (3.66)$$

$$\phi R_{n2} = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \quad (3.67)$$

$$l_c = S_1 - \frac{d_b}{2} \quad (3.68)$$

Keterangan :

ϕR_n = Kuat tumpu baut

ϕ = 0,75 (DFBK)

l_c = Jarak bersih antar lubang baut

t_p = Tebal pelat

f_u = Kuat tarik minimum yang disyaratkan

S_1 = Jarak antar baut

d_b = Diameter baut

Kontrol Jarak Baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.3, Pasal J3.4, dan Pasal J3.5)

Jarak tepi minimum (SNI 1729:2015 Pasal J3.4)

Jarak tepi maksimum (SNI 1729:2015 Pasal J3.5)

Jarak minimum antar baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.3)

Jarak maksimum antar baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.5)

b. Sambungan Las (SNI 1729:2015 Pasal J2.4 dan J2.5)

Sambungan las ditentukan persamaan sebagai berikut :

$$R_n \leq \phi R_n \quad (3.69)$$

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

Keterangan:

$$\phi = 0,75$$

$$F_{nw} = 0,60F_{EXX}(1.0 + 0.50 \sin^{1.5} \theta) \quad (3.71)$$

= Kekuatan klasifikasi logam pengisi, ksi (MPa).

θ = Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las. Ukuran minimum las sudut ditentukan dari tebal bagian paling tipis yang tersambung.

3.2.8 Perencanaan Tiang Pancang

3.2.8.1 Perumusan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Secara umum perumusan kapasitas daya dukung tiang pancang adalah sebagai berikut (Terzaghi, 1943) :

$$Q_{ult} = Q_s + Q_p \quad (3.72)$$

Keterangan :

Q_{ult} = daya dukung *ultimate* pondasi tiang pancang

Q_s = gesekan sepanjang keliling tiang pancang (*friction*).

Q_p = daya dukung ujung tiang pancang (*end bearing capacity*)

Adapun metode yang dipakai untuk mendapatkan harga Q_{ult} dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini adalah berdasarkan data SPT (*Standard Penetration Test*) di lapangan.

3.2.8.2 Perencanaan Daya Dukung Tiang Pancang

Data SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan daya dukung tiang pancang dan harus dilakukan beberapa koreksi terhadap data tersebut. Koreksi-koreksi yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut :

a. Koreksi Terhadap Muka Air Tanah

1. Untuk tanah pasir halus, pasir belanau, dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dengan harga $N > 15$, maka harga N dikoreksi dengan menggunakan persamaan berikut dan diambil harga yang terkecil dari persamaan berikut:

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15) \quad (3.73)$$

(Terzaghi&Peck, 1960)

$$N_1 = 0,6 N \quad (3.74)$$

(Bazaraa, 1967)

2. Untuk jenis tanah lempung, lanau, pasir kasar dengan harga $N \leq 15$ tidak perlu dilakukan koreksi sehingga $N_1 = N$.

- b. Koreksi Terhadap *Overburden Pressure* dari Tanah
 Hasil dari koreksi terhadap muka air tanah (N_1) dikoreksi terhadap pengaruh tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah, di mana harga N tersebut didapatkan (tekanan vertikal efektif = tekanan *overburden*). Koreksi terhadap tekanan *overburden* adalah sebagai berikut (Bazaraa, 1967) :

1. Bila $p_o \leq 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$N_2 = \frac{4 N_1}{1 + (0,4 p_o)} \quad (3.75)$$

2. Bila $p_o > 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$N_2 = \frac{4 N_1}{3,25 + (0,1 p_o)} \quad (3.76)$$

Keterangan :

p_o = tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan tanah atau kedalaman yang ditinjau, dalam satuan ton/m^2 .

Harga N_2 yang didapat nilainya harus kurang dari atau sama dengan dua kali harga N_1 ($N_2 \leq 2N_1$). Untuk menghitung *end-bearing capacity* dilakukan perhitungan sebagai berikut ini:

$$P_{ujung} = C_{n_{ujung}} \times A_{ujung} \text{ (ton)} \quad (3.77)$$

Keterangan :

$$C_{n_{ujung}} = 40 \times N \text{ (ton/m}^2\text{)}$$

N = harga rata-rata N_2 dari 4D di bawah ujung tiang pancang sampai dengan 8D di atas ujung tiang pancang

$$A_{ujung} = \text{luas ujung tiang pancang (m}^2\text{)}$$

Untuk menghitung *friction* sepanjang tiang pancang dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\sum P_{si} = C_{li} \times A_{si} \quad (3.78)$$

Keterangan :

$C_{li} = f_{si}$ = hambatan geser selimut tiang pada setiap lapisan atau kedalaman

= $N_i/2$ (ton/m²) untuk tanah lempung atau lanau

= $N_i / 5$ (ton/m²) untuk tanah pasir

A_{si} = luas selimut tiang pada setiap lapisan i

= $O_i \times h_i$

O_i = keliling tiang pancang

Sehingga:

$$P_{ult \ 1 \ tiang} = P_{ujung} + \sum P_{si} \quad (3.79)$$

$$P_{ijin} = P_{ult \ 1 \ tiang} / SF \quad (3.80)$$

Harga SF = 2 untuk beban sementara, dan 3 untuk beban tetap.

3.2.8.3 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Pada suatu kelompok tiang, akan terjadi kondisi dimana salah satu pondasi akan menerima beban aksial paling maksimum dan paling minimum. Besarnya daya dukung kelompok tiang yang dipakai adalah yang paling menentukan. Besarnya gaya yang bekerja pada 1 tiang pancang pada kelompok tiang adalah sebagai berikut (Pamungkas, Anugrah, 2013, Desain Pondasi Tahan Gempa) :

$$P_{maks} = \frac{P}{n} + \frac{M_x \cdot y_i}{n_x \sum y^2} + \frac{M_y \cdot x_i}{n_y \sum x^2} \quad (3.82)$$

Keterangan :

P = Jumlah gaya vertikal

n = Jumlah tiang dalam kelompok

M_y = Momen terhadap sumbu-y

M_x = Momen terhadap sumbu-x

y_i = Jarak searah sumbu y dari pusat berat kelompok tiang ke tiang nomor i

x_i = Jarak searah sumbu x dari pusat berat kelompok tiang ke tiang nomor i

n_y = Banyak tiang dalam 1 baris arah sumbu-y terjauh

n_x = Banyak tiang dalam 1 baris arah sumbu-x terjauh

Σx^2 = Jumlah kuadrat dari jarak setiap tiang ke pusat kelompok tiang

Σy^2 = Jumlah kuadrat dari jarak setiap tiang ke pusat kelompok tiang

3.2.8.4 Penulangan Poer

a. Kontrol Geser Pons Akibat Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yag terkecil dari point berikut:

$$1. V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d \quad (3.83)$$

$$2. V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d \quad (3.84)$$

$$3. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d \quad (3.85)$$

Keterangan :

β = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

α = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

= 20 untuk kolom sudut

b_o = Parameter penampang kritis

d = Tinggi manfaat pelat

b. Kontrol Geser Pons Akibat Pancang

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yag terkecil dari point berikut:

$$1. V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d \quad (3.86)$$

$$2. V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d \quad (3.87)$$

$$3. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d \quad (3.89)$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL PERENCANAAN

4.1 Perencanaan Struktur Sekunder

4.1.1 Umum

Perencanaan struktur sekunder terdiri atas pelat lantai, balok anak, tangga, dan balok lift. Pada perencanaan struktur sekunder ini, dimensi dan struktur dibuat typical untuk seluruh lantai gedung.

4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai

Perencanaan pelat lantai pada bangunan dibagi menjadi 5 bagian menurut fungsi ruangnya, yaitu :

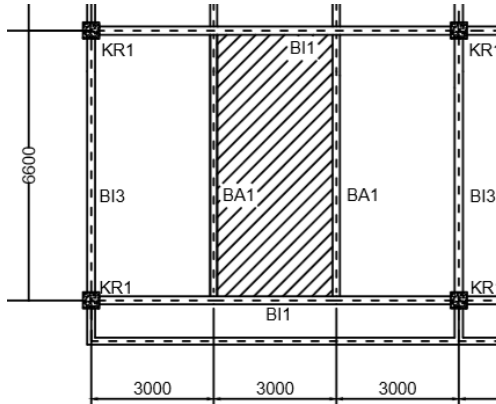
- a. Pelat Lantai Atap
- b. Pelat Lantai Kamar
- c. Pelat Lantai Koridor
- d. Pelat Lantai Lobi
- e. Pelat Lantai Toko

Perencanaan pelat lantai pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis dari PT. SUPER FLOOR DECK®. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- b. Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- c. Beton menggunakan mutu $f_c' = 30$ MPa
- d. Bondex menggunakan tebal 0,75 mm
- e. Mutu baja tulangan U-48 ($f_y = 4800$ kg/cm²)

4.1.2.1 Pelat Lantai Atap

Pelat lantai atap yang dijabarkan oleh penulis memiliki dimensi dengan lebar 3 m dan panjang 6,6 m. Pelat lantai atap dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Pelat Lantai Atap

Pembebanan

Beban Mati :

- Berat aspal (t = 2 cm) : $2 \times 14 = 28 \text{ kg/m}^2$
 - Berat plafon + penggantung : $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
 - Berat ducting dan plumbing $= 19,53 \text{ kg/m}^2$
- $$q_D = 65,53 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup :

- Lantai atap $q_L = 96,00 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

$$q_U = q_D + q_L = (65,53 + 96,0) \text{ kg/m}^2 = 161,53 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$$

Keterangan :

- Aspal $= 14 \text{ kg/m}^2$ (PPIUG 1983)
- Plafond $= 11 \text{ kg/m}^2$ (PPIUG 1983)
- Penggantung $= 7 \text{ kg/m}^2$ (PPIUG 1983)

Ducting dan plumbing = 19,53 kg/m² (ASCE 7-2002 Tabel C3-1)
Lantai Atap = 0,96 kN/m² = 96,00 kg/m² (SNI 1726-2012 Tabel 4-1)

Data-data Perencanaan Pelat Bondex

- Bentang = 3 m
- Beban berguna = 200 kg/m²
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan A_s perlu = 2,51 cm²/m mutu U-48. Tegangan leleh 4800 kg/cm².

Tulangan negatif direncanakan menggunakan wiremesh dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : UNION WIREMESH
- Dimensi : M7 – 150
- Mutu : U-50

Karena mutu tulangan dari spesifikasi bondex berbeda dengan spesifikasi wiremesh, maka dilakukan konversi kebutuhan tulangan negatif.

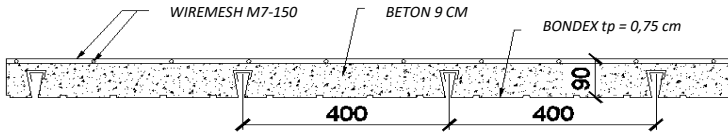
$$\begin{aligned} A_{S \text{ perlu U-50}} &= A_{s \text{ perlu U-48}} \times \frac{\text{Tegangan Leleh U-48}}{\text{Tegangan Leleh U-50}} \\ &= 2,51 \text{ cm}^2/\text{m} \times \frac{4800 \text{ kg/cm}^2}{5000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2,41 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S \text{ pakai}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \frac{1000}{\text{Jarak wiremesh}} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (7 \text{ mm})^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 2,57 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{aligned} A_{S \text{ perlu}} &\leq A_{S \text{ pakai}} \\ 2,41 \text{ cm}^2/\text{m} &< 2,57 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

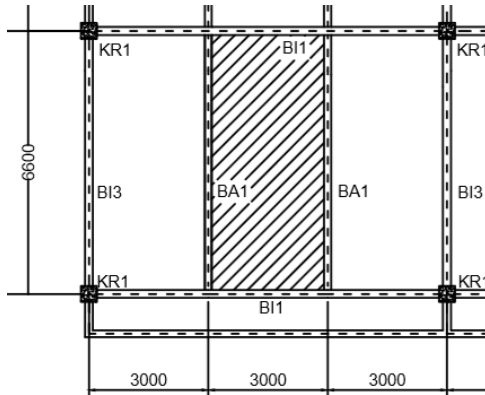
Maka, pelat lantai atap dapat didesain dengan menggunakan tulangan wiremesh M7-150, dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Penulangan Pelat Lantai

4.1.2.2 Pelat Lantai

Pelat lantai yang dijabarkan oleh penulis adalah pelat lantai kamar dengan lebar 3 m dan panjang 6,6 m. Pelat lantai kamar dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 3 Pelat Lantai

Pembebanan

Beban Mati :

- Berat spesi (t = 2 cm) : 2 x 21 = 42 kg/m²
 - Berat keramik (t = 1 cm) : 1 x 24 = 24 kg/m²
 - Berat plafon + penggantung : 11 + 7 = 18 kg/m²
 - Berat ducting dan plumbing = 19,53 kg/m² +
- $$q_D = 103,53 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup :

- Lantai kamar $q_L = 192 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

$$q_U = q_D + q_L = (103,53 + 192) \text{ kg/m}^2 = 295,53 \text{ kg/m}^2 \\ \approx 300 \text{ kg/m}^2$$

Keterangan :

<i>Aspal</i>	= 14 kg/m ² (PPIUG 1983)
<i>Plafond</i>	= 11 kg/m ² (PPIUG 1983)
<i>Penggantung</i>	= 7 kg/m ² (PPIUG 1983)
<i>Ducting dan plumbing</i>	= 19,53 kg/m ² (ASCE 7-2002 Tabel C3-1)
<i>Lantai kamar</i>	= 1,92 kN/m ² = 192 kg/m ² (SNI 1726-2012 Tabel 4-1)

Data-data Perencanaan Pelat Bondex

- Bentang = 3 m
- Beban berguna = 300 kg/m²
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan A_s perlu = 3,07 cm²/m mutu U-48. Tegangan leleh 4800 kg/cm².

Tulangan negatif direncanakan menggunakan wiremesh dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : UNION WIREMESH
- Dimensi : M8 – 150
- Mutu : U-50

Karena mutu tulangan dari spesifikasi bondex berbeda dengan spesifikasi wiremesh, maka dilakukan konversi kebutuhan tulangan negatif.

$$A_{s \text{ perlu U-50}} = A_{s \text{ perlu U-48}} \times \frac{\text{Tegangan Leleh U-48}}{\text{Tegangan Leleh U-50}} \\ = 3,07 \text{ cm}^2/\text{m} \times \frac{4800 \text{ kg/cm}^2}{5000 \text{ kg/cm}^2} \\ = 2,99 \text{ cm}^2/\text{m}$$

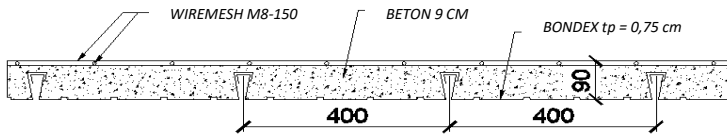
$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \frac{1000}{\text{Jarak wiremesh}} \\ = \frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times \frac{1000}{150} \\ = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Cek Persyaratan :

$$A_s \text{ perlu} \leq A_s \text{ pakai}$$

$$2,99 \text{ cm}^2/\text{m} < 3,35 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ (OK)}$$

Maka, pelat lantai atap dapat didesain dengan menggunakan tulangan wiremesh M8-150, dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Penulangan Pelat Lantai Kamar

Rekapitulasi Perhitungan Pelat Lantai

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan Pelat

Keterangan		Item Beban	Beban per Item (kg/m ²)	Beban Berguna (kg/m ²)
Lantai Atap	Beban Mati	Aspal 2 cm	28	200
		Plafond + penggantung	18	
		Ducting dan Plumbing	19.53	
	Beban Hidup Lantai Atap		96	
Lantai Kamar	Beban Mati	Spesi 2 cm	42	300
		Keramik 1 cm	24	
		Plafond + penggantung	18	
		Ducting dan Plumbing	19.53	
	Beban Hidup Lantai Kamar		192	
Lantai Lobi	Beban Mati	Spesi 2 cm	42	600
		Keramik 1 cm	24	
		Plafond + penggantung	18	
		Ducting dan Plumbing	19.53	

		Beban Hidup	479	
Lantai Koridor	Beban Mati	Spesi 2 cm	42	600
		Keramik 1 cm	24	
		Plafond + penggantung	18	
		Ducting dan Plumbing	19.53	
	Beban Hidup	479		
Lantai Toko	Beban Mati	Spesi 2 cm	42	600
		Keramik 1 cm	24	
		Plafond + penggantung	18	
		Ducting dan Plumbing	19.53	
	Beban Hidup	479		

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan cara yang sama dengan pembebanan seperti pada Tabel 4.1 tentang rekapitulasi perhitungan pembebanan pelat, maka didapatkan rekapitulasi tebal dan tulangan pelat seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Tebal dan Tulangan Pelat

Jenis Pelat	t Pelat (m)	Bentang (m)	A_s perlu U-48 (cm^2/m)	A_s perlu U-50 (cm^2/m)	Dimensi Wiremesh (mm)	A_s wiremesh (cm^2/m)	Cek
Atap	0.09	3	2.51	2.410	M7 - 150	2.566	OK
Kamar	0.09	3	3.07	2.990	M8 - 150	3.351	OK
Lobi	0.12	3	3.49	3.350	M8 - 150	3.351	OK
Koridor	0.12	3	3.49	3.350	M8 - 150	3.351	OK
	0.09	3	2.51	2.41	M7 - 150	2.566	OK
Toko	0.12	3	3.49	3.350	M8 - 150	3.351	OK

4.1.3 Perencanaan Balok Anak

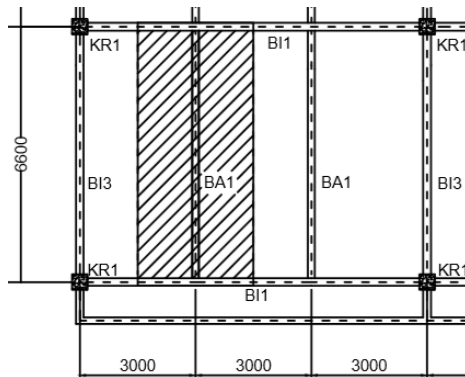
Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga dalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

Perencanaan balok anak dibagi menjadi 5 bagian menurut fungsi ruangnya, yaitu :

- a. Balok Anak Lantai Atap
- b. Balok Anak Lantai Kamar
- c. Balok Anak Lantai Koridor
- d. Balok Anak Lantai Lobi
- e. Balok Anak Lantai Toko

4.1.3.1 Balok Anak Lantai Atap

Balok anak lantai atap yang dijabarkan oleh penulis berukuran panjang 6,6 m. Denah balok anak dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 5 Denah Balok Anak Lantai Atap

Balok anak pada lantai toko direncanakan menggunakan profil WF 350x175x6x9.

Berikut adalah data profil WF 350x175x6x9 :

$$\begin{aligned}
 W &= 41,4 \text{ kg/m} & r &= 14 \text{ mm} & h_w &= 346-2(9+14) \\
 A &= 52,68 \text{ cm}^2 & Z_x &= 689 \text{ cm}^3 & &= 300 \text{ mm} \\
 t_w &= 6 \text{ mm} & i_y &= 3,88 \text{ cm} & b_f &= 174 \text{ mm} \\
 t_f &= 9 \text{ mm} & I_x &= 11100 \text{ cm}^4 & & \\
 d &= 346 \text{ mm} & I_y &= 792 \text{ cm}^4 & &
 \end{aligned}$$

Mutu baja yang digunakan adalah BJ-41 dengan kuat leleh (f_y) = 250 MPa.

A. Pembebanan pada Balok Anak Lantai Atap

- **Beban mati**

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat bondek} &= 10,1 & \text{kg/m}^2 \\
 \text{Berat aspal (2 cm) } 2 \times 14 &= 28 & \text{kg/m}^2 \\
 \text{Berat beton (9 cm) } 0,09 \times 2400 &= 216 & \text{kg/m}^2 \\
 \text{Berat plafond + penggantung } 11 + 7 &= 18 & \text{kg/m}^2 \\
 \text{Berat ducting dan plumbing} &= \underline{19,53} & \text{kg/m}^2 + \\
 &= 291,63 & \text{kg/m}^2 + \\
 \\
 \text{Berat perhitungan pelat atap} & & \\
 291,63 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} &= 874,89 & \text{kg/m} \\
 \text{Berat profil} &= \underline{41,4} & \text{kg/m} + \\
 q_D &= 916,29 & \text{kg/m} +
 \end{aligned}$$

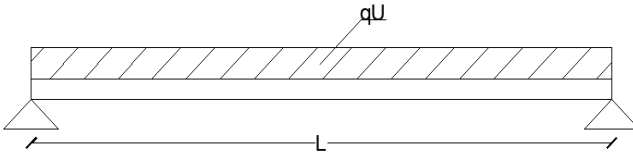
- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup lantai atap} &= 96 & \text{kg/m}^2 \\
 q_L = 3 \text{ m} \times 96 \text{ kg/m}^2 &= 288 & \text{kg/m}
 \end{aligned}$$

- **Beban berfaktor :**

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 \times q_D + 1,6 \cdot q_L \\
 &= (1,2 \times 916,29 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 288 \text{ kg/m}) \\
 &= 1560,35 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

B. Gaya dalam yang bekerja pada balok anak lantai atap



Gambar 4. 6 Permodelan Beban yang Bekerja pada Balok Anak

- Momen yang terjadi (M_U)

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1560,35 \text{ kg/m} \times (6,6 \text{ m})^2 \\ &= 8496,09 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi (V_U) :

$$\begin{aligned} V_U &= \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 1560,35 \text{ kg/m} \times 6,6 \text{ m} \\ &= 5149,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

C. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{174}{2 \times 9} = 9,667$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,667 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{300}{6} = 50$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 29,25 < 106,349 \rightarrow$ penampang kompak
 Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

Keterangan :

Pelat Badan dan Sayap

(Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak

(Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$

(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

D. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

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

$L_b = 40$ cm.

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 3,88 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 193,148 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow$ Bentang Pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 689 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1722500 \text{ kgcm} = 17225 \text{ kgm}$$

- Persyaratan Desain

$$\phi \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 17225 \text{ kgm} \geq 8496,09 \text{ kgm}$$

$$15502,50 \text{ kgm} > 8496,09 \text{ kgm (OK)}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral *(Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)*

Persyaratan Desain *(Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)*

$\phi = 0.9$

(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

E. 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 :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{300}{6} = 50 ;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$$

$$50 \leq 69,57 \rightarrow \text{maka } C_v = 1,00$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 34,6 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} \times 1 \\ &= 31140 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 35280 \text{ kg} &\geq 5149,15 \text{ kg} \\ 28026 \text{ kg} &> 5149,15 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (C_v) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

F. Kontrol lendutan

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 660 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{660}{360} = 1,833 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(9,163 + 2,88) \times 660^4}{2 \times 10^6 \times 11100}$$

$$f^0 = 1,340 \text{ cm}$$

Syarat :

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 1,340 \text{ cm} < 1,833 \text{ cm} \rightarrow (\text{OK})$$

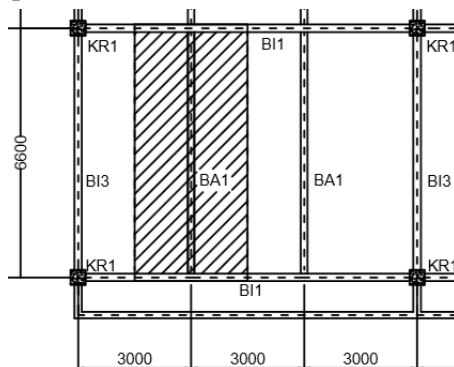
Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Profil WF 300x200x8x12 sebagai balok anak pada lantai atap.

4.1.3.2 Balok Anak Lantai

Balok anak yang dijabarkan oleh penulis adalah balok anak pada pelat lantai toko dengan panjang 6,6 m. Denah balok anak dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 7 Denah Balok Anak Lantai Toko

Balok anak pada lantai toko direncanakan menggunakan profil WF 400x200x7x11.

Berikut adalah data profil WF 400x200x7x11 :

$$W = 56,6 \text{ kg/m} \quad r = 16 \text{ mm} \quad h_w = 396-2(11+16)$$

$$A = 72,16 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 1088 \text{ cm}^3 \quad = 342 \text{ mm}$$

$$t_w = 7 \text{ mm} \quad i_y = 4,48 \text{ cm} \quad b_f = 199 \text{ mm}$$

$$t_f = 11 \text{ mm} \quad I_x = 20000 \text{ cm}^4$$

$$d = 396 \text{ mm} \quad I_y = 1450 \text{ cm}^4$$

Mutu baja yang digunakan adalah BJ-41 dengan kuat leleh (f_y) = 250 MPa.

G. Pembebanan pada Balok Anak Lantai Toko

- **Beban mati**

Berat pelat bondek	= 10,1	kg/m ²
Berat spesi (2 cm) 2 x 21	= 42	kg/m ²
Berat keramik (1 cm) 1 x 24	= 24	kg/m ²
Berat beton (12 cm) 0,12 x 2400	= 288	kg/m ²
Berat plafond + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m ²
Berat ducting dan plumbung	= 19,53	kg/m ²
	= 401,63	kg/m ² +

Berat perhitungan pelat lantai

$$401,63 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} = 1204,89 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 56,6 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 1261,49 \text{ kg/m} +$$

- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

Beban hidup lantai toko	= 479	kg/m ²
$q_L = 3 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2$	= 1437	kg/m

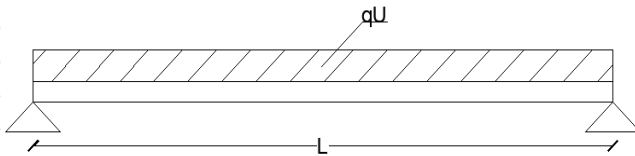
- **Beban berfaktor :**

$$q_U = 1,2 \times q_D + 1,6 \cdot q_L$$

$$= (1,2 \times 1261,49 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 1437 \text{ kg/m})$$

$$= 3812,99 \text{ kg/m}$$

H. Gaya dalam yang bekerja pada balok anak lantai toko



Gambar 4. 8 Permodelan Beban yang Bekerja pada Balok Anak

$$M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3812,99 \text{ kg/m} \times (6,6 \text{ m})^2 = 20761,72 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi (V_U) :

$$V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 3812,99 \text{ kg/m} \times 6,6 \text{ m} = 12582,86 \text{ kg}$$

I. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{199}{2 \times 11} = 9,045$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,045 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{342}{7} = 48,857$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 48,857 < 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

Keterangan :

Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

J. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

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

$L_b = 40$ cm.

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 4,48 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 223,016 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow$ Bentang Pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y \\ &= 1088 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2720000 \text{ kgcm} = 27200 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times M_n &\geq M_u \\ 0,9 \times 27200 \text{ kgm} &\geq 20761,72 \text{ kgm} \\ 24480 \text{ kgm} &> 20761,72 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

K. 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 :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{300}{7} = 42,857 ;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$$

$$42,857 \leq 69,57 \rightarrow \text{maka } C_v = 1,00$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 39,6 \times 0,7 \times 1 \\ &= 41580 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \emptyset \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 41580 \text{ kg} &\geq 12582,86 \text{ kg} \\ 37422 \text{ kg} &> 12582,86 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (C_v) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\emptyset = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

L. Kontrol lendutan

Balok anak diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 660 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{660}{360} = 1,833 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(12,615 + 14,37) \times 660^4}{2 \times 10^6 \times 20000}$$

$$f^0 = 1,667 \text{ cm}$$

Syarat :

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 1,667 \text{ cm} < 1,833 \text{ cm} \rightarrow (\text{OK})$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 400x200x7x11 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai toko.

4.1.3.2 Rekapitulasi Perhitungan Balok Anak

Pada rekapitulasi pembebanan balok anak ini penulis hanya merekapitulasi ruangan dengan dimensi terbesar dari panjang dan lebar pada masing-masing fungsi ruangan. Berikut merupakan rekapitulasi pembebanan pada balok anak.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Pembebanan pada Balok Anak

Keterangan	Item Beban	Dimensi		Beban	q _u (kg/m)
		P	L	Kg/m	
Lantai Atap 1	Beban Mati	6,6 m	3	84	1560,35
				54	
				58,59	
				30,3	
				41,4	
				648	
	Beban Hidup	288			

Keterangan		Item Beban	Dimensi		Beban	qu (kg/m)
			P	L	Kg/m	
Lantai/Atap 2	Beban Mati	Aspal 2 cm	3	3	84	1549,07
		Plafond + penggantung			54	
		<i>Ducting dan plumbing</i>			58,59	
		Bondek			30,3	
		Berat sendiri profil WF			32	
		Beton bertulang 9 cm			648	
	Beban Hidup		288			
Lantai Kamar	Beban Mati	Keramik 1 cm	6,6	3	72	2157,95
		Spesi 2 cm			126	
		Plafond + penggantung			54	
		<i>Ducting dan plumbing</i>			58,59	
		Bondek			30,3	
		Berat sendiri profil WF			41,4	
	Beton bertulang 9 cm	648				
Beban Hidup		576				
Lantai Koridor	Beban Mati	Keramik 1 cm	3	3	72	3783,47
		Spesi 2 cm			126	
		Plafond + penggantung			54	
		<i>Ducting dan plumbing</i>			58,59	
		Bondek			30,3	
		Berat sendiri profil WF			32	
	Beton bertulang 12 cm	864				
Beban HidupLobi		1437				

Keterangan		Item Beban	Dimensi		Beban	q _u (kg/m)
			P	L	Kg/m	
Lantai Lobi	Beban Mati	Keramik 1 cm	6,6	3	72	3812,99
		Spesi 2 cm			126	
		Plafond + penggantung			54	
		<i>Ducting dan plumbing</i>			58,59	
		Bondek			30,3	
		Berat sendiri profil WF			56,6	
		Beton bertulang 12 cm			864	
	Beban Hidup	Toko			1437	
Lantai Toko	Beban Mati	Keramik 1 cm	6,6	3	72	3812,99
		Spesi 2 cm			126	
		Plafond + penggantung			54	
		<i>Ducting dan plumbing</i>			58,59	
		Bondek			30,3	
		Berat sendiri profil WF			56,6	
		Beton bertulang 12 cm			864	
	Beban Hidup	Toko			1437	

Dari tabel tersebut kemudian dilanjutkan dengan tabel rekapitulasi balok anak dengan masing-masing gaya dalam.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Balok Anak dengan Masing-masing Gaya Dalam

Letak Balok Anak	Profil WF	P	l	Pembebanan (qU)	Gaya Dalam	
		M	m		Mu	Vu
				kg/m	Kgm	kg
Lt. Atap 1	350x175x6x9	6,6	3	1560,35	8496,09	5149,15
Lt. Atap 2	300x150x5,5x8	3	3	1549,07	1428,35	1904,47
Ruang Kamar	350x175x6x9	6,6	3	2157,95	11750,03	7121,23
Lt. Koridor	300x150x5,5x8	3	3	3783,47	4256,40	5675,20
Lobi	400x200x7x11	6,6	3	3812,99	20761,72	12582,86
Toko	400x200x7x11	6,6	3	3812,99	20761,72	12582,86

Tabel 4. 5 Kontrol Penampang

Balok Anak	Kontrol Penampang							Kategori Penampang
	Sayap		Badan		Kategori	Tekuk Lateral (cm)		
	λ	λ_p	λ	λ_p	$\lambda \leq \lambda_p$	Lb*	Lp	
Lt. Atap 1	9,67	10,748	50	106,349	kompak	40	193,15	Bentang Pendek
Lt. Atap 2	9,31		46,55		kompak	40	163,78	Bentang Pendek
R. Kamar	9,67		50,00		kompak	40	193,15	Bentang Pendek
Koridor	9,31		46,55		kompak	40	163,78	Bentang Pendek
Lobi	9,05		48,86		kompak	40	223,02	Bentang Pendek
Toko	9,05		48,86		kompak	40	223,02	Bentang Pendek

*Lb = jarak antar *shear connector* bondek

Tabel 4. 6 Kontrol Penampang Balok Anak (Momen)

Balok Anak	Mu	$\emptyset Mn$	$\emptyset Mn > Mu$
	(kgm)	(kgm)	
Lt. Atap 1	8496,09	15502,50	Memenuhi
Lt. Atap 2	1428,35	1904,47	Memenuhi
R. Kamar	11750,03	15504,75	Memenuhi
Koridor	4256,40	10237,50	Memenuhi
Lobi	20761,72	24480,00	Memenuhi
Toko	20761,72	24480,00	Memenuhi

Tabel 4. 7 Kontrol Penampang Balok Anak (Geser)

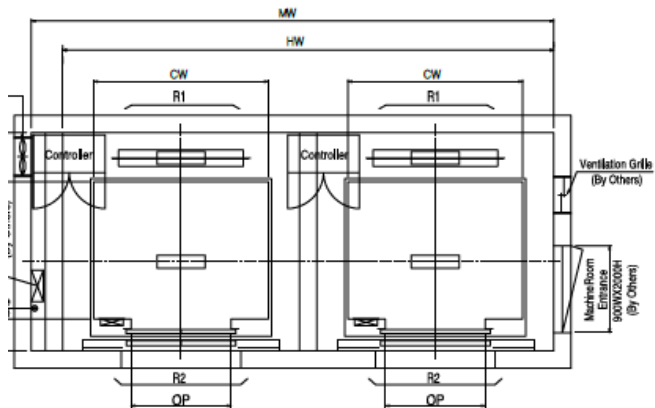
Balok Anak	Vu	$\emptyset Vn$	$\emptyset Vn > Vu$
	(kg)	(kg)	
Lt. Atap	5149,15	28026,00	Memenuhi
Lt. Atap	1904,47	22126,50	Memenuhi
R. Kamar	5296,46	28026,00	Memenuhi
Koridor	2672,00	22126,50	Memenuhi
Lobi	12582,86	37422,00	Memenuhi
Toko	12582,86	37422,00	Memenuhi

4.1.4 Perencanaan Balok Lift

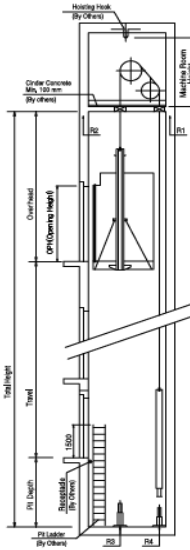
Perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift, yaitu balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang ini lift yang direncanakan adalah lift penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur lift).

Data Perencanaan:

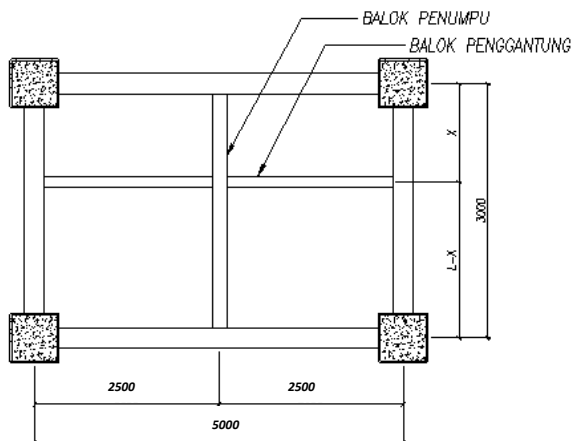
- Tipe lift : *Passenger Elevators Standart – speed*
1,5 – 1,75 m/s
- Merek : SIGMA IRIS NV
- Kapasitas : 15 Orang / 1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 2 Car : 4150 x 2150 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*) : 1600 x 1500 mm²
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4150 x 2150 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
 $R_1 = 6150$ kg
 (berat mesin penggerak + beban kereta + pelengkap)
 $R_2 = 4300$ kg
 (berat bandul pemberat + perlengkapan)



Gambar 4. 9 Denah Lift



Gambar 4. 10 Potongan Melintang Lift



Gambar 4. 11 Denah Balok Penumpu dan Balok Pengantung Lift

Koefisien kejut beban hidup karena lift

Pada pasal 4.6.3 SNI 1727 : 2013 untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau tenaga *driven* (lift) harus ditingkatkan 50%.

$$K_{LL} = (1 + 50\%) = 1,5$$

Sehingga beban yang bekerja pada balok :

$$\begin{aligned} P &= \sum R \times K_{LL} \\ &= (6150 \text{ kg} + 4300 \text{ kg}) \times 1,5 \\ &= 15675 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.1.4.1 Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12 dengan data profil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W &= 56,8 \text{ kg/m} & r &= 18 \text{ mm} & h &= 294-2(12+18) \\ A &= 72,38 \text{ cm}^2 & Z_x &= 822,6 \text{ cm}^3 & &= 234 \text{ mm} \\ t_w &= 8 \text{ mm} & i_y &= 4,71 \text{ cm} & b_f &= 200 \text{ mm} \\ t_f &= 12 \text{ mm} & I_x &= 11300 \text{ cm}^4 & & \\ d &= 294 \text{ mm} & L &= 300 \text{ cm} & & \end{aligned}$$

a. Pembebanan pada balok penggantung lift

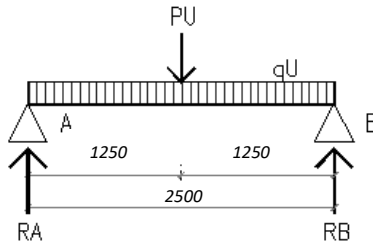
- **Beban Mati**

Berat profil balok penggantung lift	= 151 kg/m
Berat aspal 2 cm (2x14)	= 28 kg/m
Berat pelat bondek (10,1 kg/m ² x 1,5 m)	= 15,15 kg/m
Berat pelat beton (0,09 x 2400 x 1,5)	= 324 kg/m
	+ 423,95 kg/m
Berat sambungan, dll (10%)	= 42,395 kg/m
	q _D = 466,345 kg/m

- **Beban Hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

Beban hidup lantai atap	= 97.893 kg/m ²
q _L = 1,5 m x 97.893 kg/m ²	= 146,84 kg/m

- **Beban Terpusat Lift**



Gambar 4. 12 Gaya Dalam yang Bekerja pada Balok Penggantung Lift

$$P_D = 15675 \text{ kg}$$

- **Beban Kombinasi**

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \times q_D + 1,6 \times q_L \\ &= 1,2 \times 466,345 \text{ kg/m} + 1,6 \times 146,84 \text{ kg/m} \\ &= 794,557 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_U &= 1,4 P_D \\ &= 1,4 \times 15675 \text{ kg} \\ &= 21945 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Gaya Dalam yang Terjadi pada Balok Penggantung Lift

$$\begin{aligned} V_U &= \frac{1}{2} q_U L + \frac{1}{2} P_U \\ &= (\frac{1}{2} \times 794,557 \text{ kg/m} \times 2,5 \text{ m}) + (\frac{1}{2} \times 21945 \text{ kg}) \\ &= 11965,70 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} q_U L^2 + \frac{1}{4} P_U L \\ &= [\frac{1}{8} \times 794,557 \times (3)^2] + (\frac{1}{4} \times 21945 \times 3) \\ &= 14336,37 \text{ kgm} \end{aligned}$$

c. Kontrol Penampang Profil terhadap Tekuk Lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 12} = 8,333$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,333 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 29,25 < 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 823 \text{ cm}^3 \\ &= 2056500 \text{ kgcm} = 20565 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \emptyset M_n \\ 14336,37 \text{ kgm} &< 0,9 \times 20565 \text{ kgm} \\ 14336,37 \text{ kgm} &< 18508,5 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\emptyset = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

d. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

$$L_b = 250 \text{ cm}$$

$$L_p = 234,465 \text{ cm}$$

$$L_r = 742,69 \text{ cm}$$

Keterangan :

Lp dan Lr (Tabel profil)

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Menengah,
sehingga perhitungan nilai M_n adalah sebagai berikut :

- Momen di $\frac{1}{4}$ Bentang (M_a)

$$\begin{aligned} M_a &= M_u \times \frac{3}{4} \\ &= 14336,37 \text{ kgm} \times \frac{3}{4} \\ &= 10752,28 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen di $\frac{1}{2}$ Bentang (M_b)

$$\begin{aligned} M_b &= M_u \\ &= 14336,37 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen di $\frac{3}{4}$ Bentang (M_c)

$$\begin{aligned} M_c &= M_u \times \frac{3}{4} \\ &= 14336,37 \text{ kgm} \times \frac{3}{4} \\ &= 10752,28 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times M_{\max}}{(2,5 \times M_{\max}) + (3 \times M_a) + (4 \times M_b) + (3 \times M_c)} \leq 2,3$$

=

$$\frac{12,5 \times 14336,37}{(2,5 \times 14336,37) + (3 \times 10752,28) + (4 \times 14336,37) + (3 \times 10752,28)}$$

$$= 1,136 < 2,3$$

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

$$= 1,136 \left[2056500 - (2056500 - (0,7 \times 2500 \times 771) \left(\frac{250 - 234,465}{742,69 - 234,465} \right)) \right]$$

$$\leq 20565 \text{ kgm}$$

$$= 2312365,19 \text{ kgcm} \leq 20565 \text{ kgm}$$

$$= 23123,65 \text{ kg.m} > 20565 \text{ kgm}$$

Karena nilai M_n Bentang Menengah melebihi nilai M_p , maka nilai yang diambil adalah nilai M_p .

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 14336,37 \text{ kgm} &< 0,9 \times 20565 \text{ kgm} \\ 14336,37 \text{ kgm} &< 18508,5 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0.9$ (*Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015*)

e. 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 :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25 ;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29,25 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 29,4 \times 0,8 \times 1 \\ &= 35280 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 35280 \text{ kg} &\geq 11965,70 \text{ kg} \\ 31752 \text{ kg} &> 11965,70 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (Cv) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

f. Kontrol lendutan

Balok lift diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{300}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 250 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{250}{360} = 0,694 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E.I_x} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{P_u \times L^4}{E.I_x} \right) \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(4,663 + 1,468) 250^4}{2 \times 10^6 \times 11300} + \left(\frac{1}{48} \times \frac{15675 \times 250^3}{2 \times 10^6 \times 11300} \right) \\ &= 0,24 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,24 \text{ cm} < 0,694 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 300x200x8x12 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift.

4.1.4.2 Balok Penumpu Lift

Balok penumpu lift direncanakan menggunakan profil WF 350 x 250 x 8 x 12 dengan data profil sebagai berikut :

$$W = 69,2 \text{ kg/m} \quad r = 20 \text{ mm} \quad h = 336 - 2(12 + 20)$$

$$A = 88,15 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 1162,8 \text{ cm}^3 \quad = 272 \text{ mm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm} \quad i_y = 5,92 \text{ cm} \quad b_f = 249 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm} \quad I_x = 18500 \text{ cm}^4$$

$$d = 336 \text{ mm} \quad L = 300 \text{ cm}$$

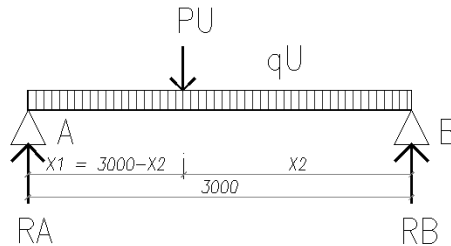
a. Pembebanan pada balok penumpu lift

- **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat profil balok penumpu lift} &= 69,2 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sambungan, dll (10\%)} &= \frac{6,92 \text{ kg/m}}{+} \\ q_D &= 76,12 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Beban Terpusat Akibat Reaksi Balok Penggantungan Lift**

$$P_D = V_u \text{ balok penggantung lift} = 12164,336 \text{ kg}$$



Gambar 4. 13 Gaya Dalam yang Bekerja pada Balok Penumpu Lift

- Menentukan jarak letak balok penggantung lift

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 \\ R_A \cdot L - P_u \cdot x_2 &= 0 \\ (R_1 \times 1,5) \times 3 \text{ m} &= P_u \cdot x_2 \\ (6150 \text{ kg} \times 1,5) \times 3 \text{ m} &= P_u \cdot x_2 \\ P_u &= \frac{27675 \text{ kgm}}{x_2} \quad \rightarrow \text{pers. 1} \\ \sum M_A &= 0 \\ (-R_B \cdot L) + [P_u \cdot (L - x_2)] &= 0 \\ [(-4300 \text{ kg} \times 1,5) \times 3 \text{ m}] + \left[\frac{27675 \text{ kgm}}{x_2} \cdot (3 \text{ m} - x_2) \right] &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{-83025 \text{ kgm}}{-47025 \text{ kg}} \\ x_2 &= 1,76 \text{ m} \\ x_1 &= (L - x_2) \\ &= (3 \text{ m} - 1,76 \text{ m}) \\ &= 1,24 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Beban kombinasi**

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 \times q_D \\
 &= 1,2 \times 76,12 \text{ kg/m} \\
 &= 91,344 \text{ kg/m} \\
 P_U &= 1,4 \times P_D \\
 &= 1,4 \times 12164,336 \text{ kg} \\
 &= 17030,07 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Gaya Dalam yang Terjadi pada Balok Penumpu Lift

$$\begin{aligned}
 \sum M_B &= 0 \\
 V_A \cdot L - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_2 &= 0 \\
 [- \frac{1}{2} \times 91,344 \text{ kg/m} \times (3 \text{ m})^2] - (17030,07 \text{ kg} \times 1,76 \text{ m}) \\
 &= - (V_A \times 3\text{m}) \\
 V_A &= 10127,99 \text{ kg} \\
 \sum M_A &= 0 \\
 V_B \cdot L - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_1 &= 0 \\
 [- \frac{1}{2} \times 91,344 \text{ kg/m} \times (3 \text{ m})^2] - (17030,07 \text{ kg} \times 1,24 \text{ m}) \\
 &= - (V_B \times 3\text{m}) \\
 V_B &= 7176,112 \text{ kg} \\
 M_x &= V_A \cdot x - \frac{1}{2} q_U \cdot x^2 + \frac{x_1 \cdot (L-x) \cdot P_U}{L} \\
 x &= 0 \quad \rightarrow M_x = 0 \text{ kgm} \\
 x &= 1,24 \text{ m} \quad \rightarrow M_x = 24877,291 \text{ kgm} \\
 x &= 1,76 \text{ m} \quad \rightarrow M_x = 24877,291 \text{ kgm} \\
 V_U \text{ max} &= 10127,99 \text{ kg} \\
 M_U \text{ max} &= 24877,291 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c. Kontrol Penampang Profil terhadap Tekuk Lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{249}{2 \times 12} = 10,375$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \quad \rightarrow 10,375 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{8} = 34$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 34 < 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 1163 \text{ cm}^3 \\ &= 2907000 \text{ kgcm} = 29070 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 24877,3 \text{ kgm} &< 0,9 \times 29070 \text{ kgm} \\ 24877,3 \text{ kgm} &< 26163 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Pelat Badan dan Sayap (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

d. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

Jarak penahan Lateral (L_b) berdasarkan jarak antar shear connector yaitu 40 cm. Maka perhitungannya sebagai berikut :

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

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 5,92 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 294,699 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 1163 \text{ cm}^3 \\ &= 2907000 \text{ kgcm} = 29070 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 24877,3 \text{ kgm} &< 0,9 \times 29070 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$24877,3 \text{ kgm} < 26163 \text{ kgm (OK)}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\emptyset = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

e. 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 :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{272}{8} = 34 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} \rightarrow 34 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 33,6 \times 0,8 \times 1$$

$$= 40320 \text{ kg}$$

- Persyaratan Desain

$$\emptyset \times V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 40320 \text{ kg} \geq 10127,99 \text{ kg}$$

$$36288 \text{ kg} > 10127,99 \text{ kg (OK)}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (C_v) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\emptyset = 0,9$

(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

f. Kontrol lendutan

Balok lift diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{300}$ perhitungan sebagai berikut :

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

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300}{360} = 0,833 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{qD \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right) + \left[\frac{1}{3} \times \frac{P \cdot x_1}{3 E \cdot I_x \cdot L} \times \left(\frac{x_2 \times (2L - x_2)}{3} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \\ &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{0,761 \cdot 300^4}{2000000 \cdot 18500} \right) + \\ &\quad \left[\frac{1}{3} \times \frac{12164,336 \cdot 124}{3 \cdot 2000000 \cdot 18500 \cdot 300} \times \left(\frac{176 \times (600 - 176)}{3} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \\ &= 0,18 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,18 \text{ cm} < 0,833 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 350x250x8x12 dapat digunakan sebagai balok penumpu lift.

4.1.5 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

4.1.5.1 Perencanaan Injakan Tangga

Perencanaan injakan tangga berdasarkan data sebagai berikut :

- Tinggi antar lantai = 360 cm

- Panjang bordes = 140 cm
- Tinggi bordes = 180 cm
- Lebar tangga = 140 cm
- Panjang tangga = 330 cm

Direncanakan :

- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi injakan (t) = 15 cm
- Lebar pegangan tangga = 20 cm

Perhitungan jumlah injakan tangga :

$$\text{Tinggi injakan (t)} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{(360/2)}{15} = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan (n)} = \frac{(330)}{30} = 11 \text{ buah}$$

Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga :

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

$$25^\circ < a < 40^\circ$$

Dimana :

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

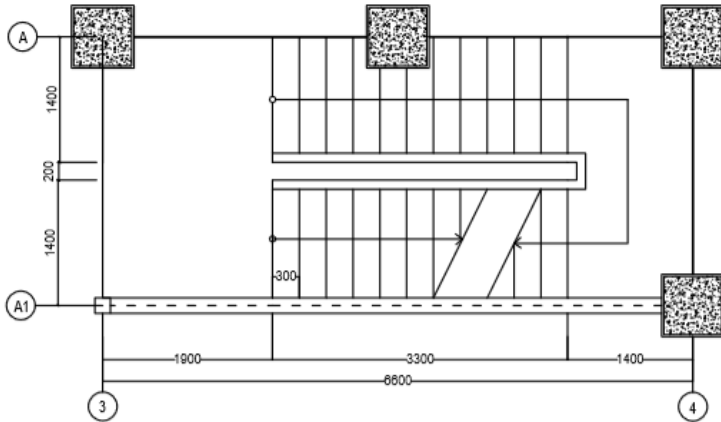
Cek Persyaratan :

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 15 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

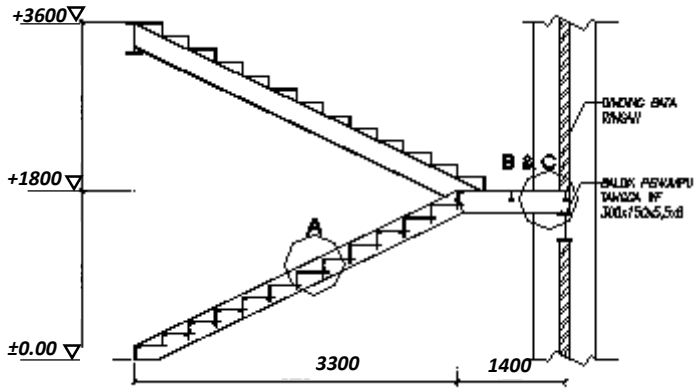
$$60 \text{ cm} \leq (60) < 65 \text{ cm (OK)}$$

$$a = \text{arc tg} \left(\frac{180}{330} \right) = 28,61^\circ$$

$$25^\circ < 28,61^\circ < 40^\circ \text{ (OK)}$$

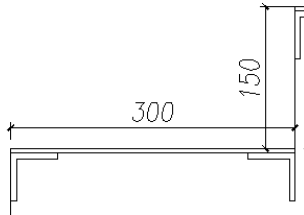


Gambar 4. 14 Denah Tangga



Gambar 4. 15 Potongan Tangga

4.1.5.2 Perencanaan Pelat Anak Tangga



Gambar 4. 16 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Direncanakan : Tebal pelat tangga (t) = 5 mm
 Berat jenis baja = 7850 kg/m³
 Mutu baja BJ 41 (fy) = 2500 kg/m²

a. Beban mati

Berat pelat (0,005 x 1,4 x 7850) = 54,95 kg/m
 Berat sambungan, dll(10%) = 5,495 kg/m
 $q_D = 60,445 \text{ kg/m} +$

b. Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

Beban hidup merata tangga = 479 kg/m²
 $q_L = 1,4 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 670,6 \text{ kg/m}$
 Beban terpusat tangga
 $P_L = 133 \text{ kg}$

c. Perhitungan Momen

$M_D = 1/8 q_D \times L^2$
 $= 1/8 \times 60,445 \text{ kg/m} \times (0,3 \text{ m})^2$
 $= 0,68 \text{ kgm}$
 $M_L = 1/8 q_L \times L^2$
 $= 1/8 \times 670,6 \text{ kg/m} \times (0,3 \text{ m})^2$
 $= 7,544 \text{ kgm}$
 $M_L = 1/4 P_L \times L$
 $= 1/4 \times 133 \text{ kg} \times 0,3 \text{ m}$
 $= 9,975 \text{ kgm (menentukan)}$

d. Momen Kombinasi

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,4 M_D \\
 &= 1,4 \times 0,68 \text{ kgm} \\
 &= 0,952 \text{ kgm} \\
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= (1,2 \times 0,68 \text{ kgm}) + (1,6 \times 9,975 \text{ kgm}) \\
 &= 16,776 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

e. Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{1}{4} b h^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 140 \text{ cm} \times (0,5 \text{ cm})^2 \\
 &= 8,75 \text{ cm}^3 \\
 M_n &= Z_x \times f_y \\
 &= 8,75 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 21875 \text{ kgcm} = 218,75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &< \phi M_n \\
 16,776 \text{ kgm} &< 0,9 \times 218,75 \text{ kgm} \\
 16,776 \text{ kgm} &< 196,875 \text{ kgm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

f. Kontrol lendutan

$$\begin{aligned}
 L &= 30 \text{ cm} \\
 f_{\text{ijin}} &= \frac{L}{360} = \frac{30}{360} = 0,083 \text{ cm} \\
 I_x &= \frac{1}{12} b h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 140 \text{ cm} \times (0,5 \text{ cm})^3 \\
 &= 1,458 \text{ cm}^4 \\
 f^\circ &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{qD \times L^4}{E.I_x} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{Pu \times L^3}{E.I_x} \right)
 \end{aligned}$$

$$= \left(\frac{5}{384} \times \frac{0,604 \times 30^4}{2 \times 10^6 \times 1,458} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{133 \times 30^3}{2 \times 10^6 \times 1,458} \right)$$

$$= 0,028 \text{ cm}$$

$$f^\circ < f_{\text{ijin}}$$

$$0,028 \text{ cm} < 0,083 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

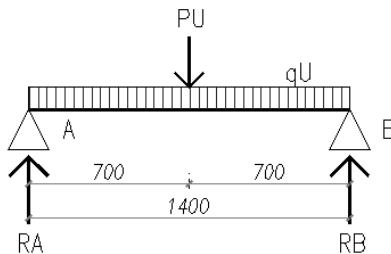
Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga pelat dengan tebal 5 mm dapat digunakan sebagai pelat anak tangga.

4.1.5.3 Perencanaan Pengaku Anak Tangga

Pengaku anak tangga direncanakan menggunakan profil siku L 50 x 50 x 6 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} W = 4,43 \text{ kg/m} & I_x = 12,6 \text{ cm}^4 \\ A = 5,64 \text{ cm}^2 & I_y = 12,6 \text{ cm}^4 \\ t = 6 \text{ mm} & i_x = 1,49 \text{ cm} \\ d = 50 \text{ mm} & i_y = 1,49 \text{ cm} \end{array}$$



Gambar 4. 17 Perencanaan Pembebanan

a. Pembebanan pada pengaku anak tangga :

- **Beban mati** (1/2 lebar injakan)

$$\begin{array}{ll} \text{Berat pelat } (0,5 \times 0,005 \times 0,3 \times 7850) & = 5,888 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil pengaku} & = 4,43 \text{ kg/m} \\ & = \underline{10,318 \text{ kg/m}} + \\ \text{Berat sambungan, dll(10\%)} & = 1,032 \text{ kg/m} \\ & = \underline{11,349 \text{ kg/m}} + \end{array}$$

- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

Beban hidup merata tangga	= 479	kg/m ²
$q_L = 0,5 \times 0,3 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2$	= 71,85	kg/m

- Beban hidup terpusat tangga (P_L) = 133 kg

b. Perhitungan Momen dan Geser

$$\begin{aligned}
 M_D &= 1/8 q_D \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 11,349 \text{ kg/m} \times (1,4 \text{ m})^2 \\
 &= 2,781 \text{ kgm} \\
 M_L &= 1/8 q_L \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 71,85 \text{ kg/m} \times (1,4 \text{ m})^2 \\
 &= 17,603 \text{ kgm} \\
 M_L &= 1/3 P_L \times L \text{ (diasumsikan terdapat 2 orang pejalan kaki)} \\
 &= 1/3 \times 133 \text{ kg} \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 62,067 \text{ kgm} \\
 M_L &= 1/2 P_L \times L \text{ (diasumsikan terdapat 1 orang pejalan kaki)} \\
 &= 1/2 \times 133 \text{ kg} \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 93,1 \text{ kgm (menentukan)} \\
 V_D &= 1/2 q_D \times L \\
 &= 1/2 \times 11,349 \text{ kg/m} \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 7,944 \text{ kg} \\
 V_L &= 1/2 q_L \times L \\
 &= 1/2 \times 71,85 \text{ kg/m} \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 50,295 \text{ kg} \\
 V_L &= 1/2 P_L \\
 &= 1/2 \times 133 \text{ kg} \\
 &= 66,5 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

c. Momen Ultimate

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= (1,2 \times 2,781 \text{ kgm}) + (1,6 \times 93,1 \text{ kgm}) \\
 &= 152,297 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

d. Geser Ultimate

$$V_U = 1,2 V_D + 1,6 V_L$$

$$= (1,2 \times 7,944 \text{ kg}) + (1,6 \times 66,5 \text{ kg})$$

$$= 116 \text{ kg}$$

e. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{h}{t} = \frac{50}{6} = 8,333$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 15,274$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,333 < 15,274 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \times Z_x$$

$$= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 8,292 \text{ cm}^3$$

$$= 20730 \text{ kgcm} = 207,3 \text{ kgm}$$

- Persyaratan Desain

$$M_u < \phi M_n$$

$$152,297 \text{ kgm} < 0,9 \times 207,3 \text{ kgm}$$

$$152,297 \text{ kgm} < 186,57 \text{ kgm (OK)}$$

Keterangan :

Pelat Badan (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

f. 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 :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{50}{6} = 8,333 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} \rightarrow 8,333 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 5 \times 0,6 \times 1 \\ &= 4500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 4500 \text{ kg} &\geq 116 \text{ kg} \\ 4050 \text{ kg} &> 116 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (C_v) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

g. Kontrol lendutan

Balok pengaku anak tangga diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{300}$ perhitungan sebagai berikut :

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

$$f_{ijjin} = \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0,389 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{qD \times L^4}{E.I_x} \right) + \left(\frac{1}{48} \times \frac{Pu \times L^4}{E.I_x} \right) \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{0,113 \times 140^4}{2 \times 10^6 \times 12,6} + \left(\frac{1}{48} \times \frac{133 \times 140^3}{2 \times 10^6 \times 12,6} \right) \\ &= 0,324 \text{ cm} \end{aligned}$$

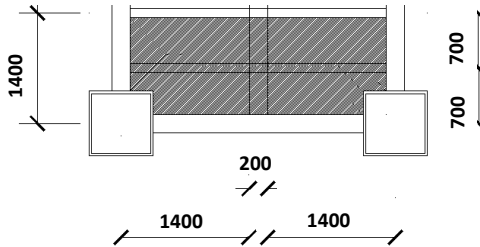
$$f^o < f_{ijjin} \rightarrow 0,324 \text{ cm} < 0,389 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil siku L 50 x 50 x 6 dapat digunakan sebagai pengaku anak tangga.

4.1.5.4 Perencanaan Pelat Bordes



Gambar 4. 18 Perencanaan Pelat Bordes

Direncanakan :

Tebal pelat bordes (t) = 8 mm

Berat jenis baja = 7850 kg/m³

Mutu baja BJ 41 (f_y) = 2500 kg/m²

a. Beban mati

Berat pelat ($0,008 \times 1,4 \times 7850$) = 87,92 kg/m

Berat sambungan, dll(10%) = 8,792 kg/m

$q_D = 96,712 \text{ kg/m}$

b. Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

Beban hidup merata tangga = 479 kg/m²

$q_L = 1,4 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 670,6 \text{ kg/m}$

c. Perhitungan Momen

$M_D = 1/8 q_D \times L^2$
 $= 1/8 \times 96,712 \text{ kg/m} \times (\frac{1}{2} \times 1,4 \text{ m})^2$
 $= 5,924 \text{ kgm}$

$M_L = 1/8 q_L \times L^2$
 $= 1/8 \times 670,6 \text{ kg/m} \times (\frac{1}{2} \times 1,4 \text{ m})^2$
 $= 41,074 \text{ kgm}$

d. Momen Kombinasi

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= (1,2 \times 5,924 \text{ kgm}) + (1,6 \times 41,074 \text{ kgm}) \\
 &= 72,828 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

e. Persyaratan Desain

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{1}{4} b h^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 140 \text{ cm} \times (0,8 \text{ cm})^2 \\
 &= 22,4 \text{ cm}^3 \\
 M_n &= Z_x \times f_y \\
 &= 22,4 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 56000 \text{ kgcm} = 560 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &< \phi M_n \\
 72,828 \text{ kgm} &< 0,9 \times 560 \text{ kgm} \\
 72,828 \text{ kgm} &< 504 \text{ kgm (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\phi = 0,9 \quad (\text{Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015})$$

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

f. Kontrol lendutan

$$\begin{aligned}
 L &= 140 \text{ cm} \\
 f_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0,389 \text{ cm} \\
 I_x &= \frac{1}{12} b h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 140 \text{ cm} \times (0,8 \text{ cm})^3 \\
 &= 5,973 \text{ cm}^4 \\
 f^\circ &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \cdot I_x} \right) \\
 &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{(0,967 + 6,706) \times (140)^4}{2 \times 10^6 \times 5,973} \right) \\
 &= 0,11 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f^\circ &< f_{ijin} \\
 0,321 \text{ cm} &< 0,389 \text{ cm (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Kontrol Lentutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga pelat dengan tebal 8 mm dapat digunakan sebagai pelat bordes.

4.1.5.5 Perencanaan Balok Bordes

Balok bordes direncanakan menggunakan profil WF 100x50x5x7 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll}
 W & = 9,3 \text{ kg/m} & tw & = 5 \text{ mm} & ix & = 3,98 \text{ cm} \\
 A & = 11,85 \text{ cm}^2 & tf & = 7 \text{ mm} & iy & = 1,12 \text{ cm} \\
 d & = 100 \text{ mm} & Ix & = 187 \text{ cm}^4 & Zx & = 41,8 \text{ cm}^3 \\
 bf & = 50 \text{ mm} & r & = 8 \text{ mm} & h & = 70 \text{ mm}
 \end{array}$$

a. Pembebanan pada balok bordes :

- **Beban mati**

$$\begin{array}{ll}
 \text{Berat pelat } (0,008 \times 1,4/2 \times 7850) & = 43,96 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat profil balok bordes} & = 9,3 \text{ kg/m} \\
 & \underline{= 53,26 \text{ kg/m} +} \\
 \text{Berat sambungan, dll(10\%)} & = 5,326 \text{ kg/m} \\
 & \underline{q_D = 58,586 \text{ kg/m} +}
 \end{array}$$

- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\begin{array}{ll}
 \text{Beban hidup merata tangga} & = 479 \text{ kg/m}^2 \\
 q_L = 0,7 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 & = 335,3 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

b. Perhitungan Momen dan Geser

$$\begin{array}{ll}
 M_D & = 1/8 q_D \times L^2 \\
 & = 1/8 \times 58,586 \text{ kg/m} \times (1,4 \text{ m})^2 \\
 & = 14,354 \text{ kgm} \\
 M_L & = 1/8 q_L \times L^2 \\
 & = 1/8 \times 335,3 \text{ kg/m} \times (1,4 \text{ m})^2 \\
 & = 82,149 \text{ kgm} \\
 V_D & = 1/2 q_D \times L \\
 & = 1/2 \times 58,586 \text{ kg/m} \times 1,4 \text{ m} \\
 & = 41,010 \text{ kg}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_L &= \frac{1}{2} q_L \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 335,3 \text{ kg/m} \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 234,71 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Momen Ultimate

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= (1,2 \times 14,354 \text{ kgm}) + (1,6 \times 82,149 \text{ kgm}) \\
 &= 148,663 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

d. Geser Ultimate

$$\begin{aligned}
 V_U &= 1,2 V_D + 1,6 V_L \\
 &= (1,2 \times 41,010 \text{ kg}) + (1,6 \times 234,71 \text{ kg}) \\
 &= 424,748 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

e. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

(SNI 1729-2015 Tabel B4. 1b)

- Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,571$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 3,571 < 10,75 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat Badan

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

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 14 < 106,35 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= fy \times Z_x \\
 &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 41,8 \text{ cm}^3 \\
 &= 104487,5 \text{ kgcm} = 1044,875 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 148,663 \text{ kgm} &< 0,9 \times 1044,875 \text{ kgm} \\ 148,663 \text{ kgm} &< 940,388 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Pelat Badan (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

f. 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 :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{100}{5} = 20 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{fy}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{fy}} \rightarrow 20 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 10 \times 0,5 \times 1 = 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \phi \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 7500 \text{ kg} &\geq 424,748 \text{ kg} \\ 6750 \text{ kg} &> 424,748 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (Vn) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (Cv) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\emptyset = 0,9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

g. Kontrol lendutan

Balok bordes diasumsikan termasuk balok biasa dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$ perhitungan sebagai berikut:

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

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{140}{360} = 0,389 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{5}{384} \times \frac{(0,586 + 3,353) 140^4}{2 \times 10^6 \times 187}$$

$$= 0,053 \text{ cm}$$

$$f^p < f_{ijin} \rightarrow 0,053 \text{ cm} < 0,389 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 100x50x5x7 dapat digunakan sebagai balok bordes.

4.1.5.6 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri, beban anak tangga, beban bordes serta beban terpusat dari balok bordes dan dinding. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 × 125 × 6 × 9, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Balok utama tangga direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 6 x 9 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 W = 29,6 \text{ kg/m} & tw = 6 \text{ mm} & ix = 10,4 \text{ cm} \\
 A = 37,66 \text{ cm}^2 & tf = 9 \text{ mm} & iy = 2,79 \text{ cm} \\
 d = 250 \text{ mm} & Ix = 4050 \text{ cm}^4 & Zx = 351,9 \text{ cm}^3 \\
 bf = 125 \text{ mm} & r = 12 \text{ mm} & h = 208 \text{ mm}
 \end{array}$$

a. Pembebanan akibat anak tangga :

- **Beban mati merata**

$$\begin{array}{ll}
 \text{Berat pelat } (0,005 \times 0,7 \times 7850) & = 27,475 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat pengaku anak tangga} & \\
 (2 \times 4,43 / 0,3 \times 0,7) & = 20,673 \text{ kg/m} \\
 & = 77,748 \text{ kg/m} + \\
 \text{Berat sambungan, dll(10\%)} & = 7,775 \text{ kg/m} \\
 & = 85,523 \text{ kg/m} +
 \end{array}$$

$$q_{D1} = q_D : \cos \alpha = 85,523 : \cos 28,61^\circ = 97,418 \text{ kg/m}$$

- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\begin{array}{ll}
 \text{Beban hidup merata tangga} & = 479 \text{ kg/m}^2 \\
 q_L = 0,7 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 & = 335,3 \text{ kg/m} \\
 q_{L1} = q_L : \cos \alpha = 335,3 : \cos 28,61^\circ & = 381,934 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 q_{U1} = 1.2 q_{D1} + 1.6 q_{L1} \\
 = 1.2 \times 97,418 \text{ kg/m} + 1.6 \times 381,934 \text{ kg/m} \\
 = 727,996 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

b. Pembebanan akibat bordes :

- **Beban mati merata**

$$\begin{array}{ll}
 \text{Berat pelat} & \\
 \{0,008 \times [(1,4/2) + (0,2/2)] \times 7850\} & = 50,24 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat profil balok utama tangga} & = 29,6 \text{ kg/m} \\
 & = 79,84 \text{ kg/m} + \\
 \text{Berat sambungan, dll(10\%)} & = 7,984 \text{ kg/m} \\
 & = 87,824 \text{ kg/m} +
 \end{array}$$

- **Beban hidup** (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\text{Beban hidup merata tangga} = 479 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 q_{L2} &= [(1,4/2)+(0,2/2)] \times 479 = 383,2 \text{ kg/m} \\
 q_{U2} &= 1.2 q_{D2} + 1.6 q_{L2} \\
 &= 1.2 \times 87,824 \text{ kg/m} + 1.6 \times 383,2 \text{ kg/m} \\
 &= 718,509 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- **Beban mati terpusat akibat balok bordes**

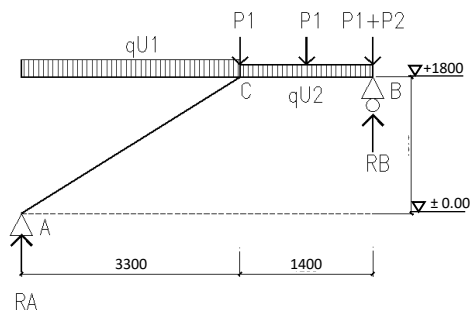
Berat profil balok bordes (P_1)

$$9,3 \text{ kg/m} \times [(1,4 \text{ m}/2)+(0,2 \text{ m}/2)] = 7,44 \text{ kg}$$

- **Beban mati terpusat akibat dinding**

Berat dinding bata ringan (P_2) = $74,38 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 74,38 \text{ kg/m}^2 : 2 \times 1,8 \text{ m} \times [(1,4 \text{ m}/2)+(0,2 \text{ m}/2)] \\
 = 53,554 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 19 Perencanaan Balok Utama Tangga

c. Reaksi Perletakan

$$\sum M_A = 0$$

$$\begin{aligned}
 (q_{U1} \times 3,3 \times \frac{1}{2} \times 3,3) + (P_1 \times 3,3) + \{P_1 \times [(\frac{1}{2} \times 1,4)+3,3]\} + [P_1 \\
 \times (1,4 + 3,3)] + [P_2 \times (1,4 + 3,3)] + \{q_{U2} \times 1,4 \times [(\frac{1}{2} \times 1,4) + \\
 3,3]\} - [R_B \times (3,3 + 1,4)] = 0
 \end{aligned}$$

$$R_B = \frac{(3963,938 + 24,552 + 29,76 + 34,968 + 251,704 + 4023,650) \text{ kgm}}{4,7 \text{ m}}$$

$$R_B = 1772,037 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 \\ - \{q_{U1} \times 3,3 \times [(\frac{1}{2} \times 3,3) + 1,4]\} - (P_1 \times 1,4) - (P_1 \times \frac{1}{2} \times 1,4) - (P_1 \times 0) - (P_2 \times 0) - (q_{U2} \times 1,4 \times \frac{1}{2} \times 1,4) + [R_A \times (3,3 + 1,4)] &= 0 \end{aligned}$$

$$R_A = \frac{(7327,280 + 10,416 + 5,208 + 704,139) \text{ kgm}}{4,7 \text{ m}}$$

$$R_A = 1712,137 \text{ kg}$$

$$\sum V = 0$$

$$\begin{aligned} R_A + R_B - (q_{U1} \times 3,3 \text{ m}) - (q_{U2} \times 1,4 \text{ m}) - (3 \times P_1) - P_2 &= 0 \\ 1712,137 + 1772,037 - 2402,387 - 1005,913 - 22,32 - 53,554 &= 0 \end{aligned}$$

$$0 = 0 \text{ (OK)}$$

- Bidang M

$$\underline{a - c}$$

$$\begin{aligned} M_X &= R_A \times X - \frac{1}{2} q_{U1} \cdot X^2 \\ &= (1712,137 \text{ kg} \times X) - [\frac{1}{2} \times 727,996 \text{ kg/m} \times (X^2)] \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_A = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 3,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_C &= (1712,137 \times 3,3) - [\frac{1}{2} \times 727,996 \times (3,3)^2] \\ &= 1686,114 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Momen maksimum terjadi apabila $\frac{d M_x}{x} = 0$

$$\frac{d M_x}{x} = 1712,137 \text{ kg} - 727,996 \text{ kg/m} \times X = 0$$

$$X_{\max} = 2,352 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (1712,137 \times X_{\max}) - [\frac{1}{2} \times 727,996 \times (X_{\max}^2)] \\ &= (1712,137 \times 2,352) - [\frac{1}{2} \times 727,996 \times (2,352^2)] \\ &= 2013,344 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b - c

$$\begin{aligned} M_X &= R_B \times X - \frac{1}{2} q_{U2} \cdot X^2 - P_L \\ &= (1772,037 \text{ kg} \times X) - [\frac{1}{2} \times 718,509 \text{ kg/m} \times (X^2)] - \\ &\quad (P_L \times X) \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_B = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 0,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_D &= 1772,037 \times 0,7 - [\frac{1}{2} \times 718,509 \times (0,7)^2] - \\ &\quad (7,44 \times 0,7) - (53,554 \times 0,7) \\ &= 1021,695 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$X = 1,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_C &= 1772,037 \times 1,4 - [\frac{1}{2} \times 718,509 \times (1,4)^2] - \\ &\quad (7,44 \times 1,4) - (53,554 \times 1,4) - (7,44 \times 1,4) \\ &= 1680,905 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Bidang D

a - c

$$\begin{aligned} D_X &= (R_A \cos \alpha) - (q_{U1} \times X \times \cos \alpha) \\ &= (1712,137 \times \cos 28,61^\circ) - \\ &\quad (727,996 \times X \times \cos 28,61^\circ) \end{aligned}$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{A(ka)} &= (1712,137 \times \cos 28,61^\circ) - \\ &\quad (727,996 \times 0 \times \cos 28,61^\circ) \\ &= 1503,084 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 3,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{C(ki)} &= (1712,137 \times \cos 28,61^\circ) - \\ &\quad (727,996 \times 3,3 \times \cos 28,61^\circ) \\ &= -605,970 \text{ kg} \end{aligned}$$

b - d

$$\begin{aligned} D_X &= -R_B + (q_{U2} \times X) + P_1 + P_2 \\ &= -1772,037 + (718,509 \times X) + 7,44 + 53,554 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 0 \text{ m} \\
 D_{B(ki)} &= -1772,037 + (718,509 \times 0) + 7,44 + 53,554 \\
 &= -1711,043 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 0,7 \text{ m} \\
 D_{D(ka)} &= -1772,037 + (718,509 \times 0,7) + 7,44 + 53,554 \\
 &= -1208,087 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \underline{d-c} \\
 D_X &= -R_B + [q_{U2} \times (X+0,7)] + 2P_1 + P_2 \\
 &= -1772,037 + [718,509 \times (X+0,7)] + 14,88 + 53,554 \\
 X &= 0,7 \text{ m} \\
 D_{D(ki)} &= -1772,037 + (718,509 \times 0,7) + 14,88 + 53,554 \\
 &= -1200,647 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 1,4 \text{ m} \\
 D_{D(ka)} &= -1772,037 + (718,509 \times 1,4) + 14,88 + 53,554 \\
 &= -697,690 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Bidang N

$$\begin{aligned}
 \underline{a-c} \\
 N_X &= -(R_A \sin \alpha) + (q_{U1} \times X \times \sin \alpha) \\
 &= -(1712,137 \times \sin 28,61^\circ) + \\
 &\quad (727,996 \times X \times \sin 28,61^\circ) \\
 X &= 0 \text{ m} \\
 N_{A(ka)} &= -(1712,137 \times \sin 28,61^\circ) + \\
 &\quad (727,996 \times 0 \times \sin 28,61^\circ) \\
 &= -819,848 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 3,76 \text{ m} \\
 N_{C(ki)} &= -(1712,137 \times \cos 28,61^\circ) + \\
 &\quad (727,996 \times 3,76 \times \cos 28,61^\circ) \\
 &= 899,960 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lokal

- Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{125}{2 \times 9} = 6,944$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6,944 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{208}{6} = 34,667$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 34,667 < 106,35 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 351,9 \text{ cm}^3 \\ &= 879652,5 \text{ kgcm} = 8796,525 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Keterangan :

Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0.9$ *(Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)*

e. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + \sqrt{15^2}} = 33,541 \text{ cm}$$

$$L_p = 138,887 \text{ cm}$$

$$L_r = 428,221 \text{ cm}$$

Keterangan :

Lp dan Lr (Tabel profil)

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek, sehingga perhitungan nilai

$M_n = M_p$.

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \emptyset M_n \\ 2013,344 \text{ kgm} &< 0,9 \times 8796,525 \text{ kgm} \\ 2013,344 \text{ kgm} &< 7916,873 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\emptyset = 0.9$ (*Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015*)

f. 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 :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{250}{6} = 41,667 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} \rightarrow 41,667 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 25 \times 0,6 \times 1 \\ &= 22500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \emptyset \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 22500 \text{ kg} &\geq 1772,037 \text{ kg} \\ 20250 \text{ kg} &> 1772,037 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (V_n) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (C_v) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

g. Kontrol Interaksi Tekan dan Lentur

$$L = \sqrt{330^2 + \sqrt{180^2}} = 375,899 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,70 \text{ (sendi – jepit) (A-C) (SNI 1729–2002 pasal 7.6.4)}$$

$$f_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{0,7 \times 375,899}{2,79}\right)^2}$$

$$= 2219,217 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500 \text{ kg/cm}^2}{2219,217 \text{ kg/cm}^2} = 1,127$$

karena $\frac{f_y}{f_e} = 1,127 < 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan :

$$f_{cr} = (0,658^{\frac{f_y}{f_e}}) \times f_y$$

$$= 0,658^{1,127} \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1559,842 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

$$= 1559,842 \text{ kg/cm}^2 \times 37,66 \text{ cm}^2$$

$$= 58743,647 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,9 \times 58743,647 \text{ kg}$$

$$= 52869,282 \text{ kg} = P_c$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{785,044 \text{ kg}}{52869,282 \text{ kg}} = 0,015 < 0,2$$

maka digunakan rumus interaksi 1 sebagai berikut :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cr}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) < 1$$

$$0,015 + \frac{8}{9} \left(\frac{1846,031 \text{ kgm}}{7916,873 \text{ kgm}} + \frac{0}{0} \right) < 1$$

$$0,222 < 1 \text{ (OK)}$$

h. Kontrol Lendutan

Balok utama diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah

$\frac{L}{360}$ perhitungan sebagai berikut :

$$L = 375,899 \text{ cm}$$

$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{375,899 \text{ cm}}{360} = 1,044 \text{ cm}$$

$$f_{\text{terjadi}} = \frac{5}{384} \times \frac{(q_d + q_l) \times L^4}{E \cdot I_x}$$

$$f_{\text{terjadi}} = \frac{5}{384} \times \frac{(85,523 \text{ kg/m} + 335,3 \text{ kg/m}) \times (375,899 \text{ cm})^4}{2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \cdot (4050 \text{ cm}^4) \times 100}$$

$$f^{\circ} < f_{\text{ijin}}$$

$$0,135 \text{ cm} < 1,044 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 250x125x6x9 dapat digunakan sebagai balok utama tangga.

4.1.5.7 Balok Penumpu Tangga

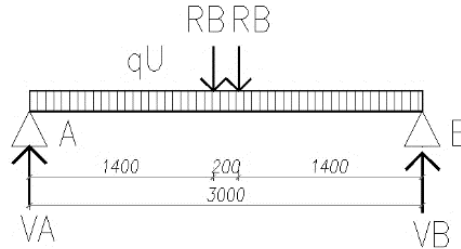
Balok penumpu tangga direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 5,5 x 8.

W	= 32 kg/m	$t_w = 5,5 \text{ mm}$	$i_x = 12,4 \text{ cm}$
A	= 40,8 cm ²	$t_f = 8 \text{ mm}$	$i_y = 3,29 \text{ cm}$
d	= 298 mm	$I_x = 6320 \text{ cm}^4$	$Z_x = 455 \text{ cm}^3$
b_f	= 149 mm	$r = 13 \text{ mm}$	$h = 256 \text{ mm}$

A. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (R_b) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja

beban merata yang berasal dari berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. 20 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$R_B = 1772,037$ kg (dari hasil perhitungan balok utama tangga)

- Beban merata
 - Berat profil = 32 kg/m
 - Berat sambungan, dll(10%) = 3,2 kg/m
- $q_D = 35,2$ kg/m

B. Reaksi Perletakan

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ (-R_{VB} \times 3) + [R_B \times (0,2 + 1,4)] + (R_B \times 1,4) + (q_D \times 1,5 \times 3) &= 0 \\ R_{VB} &= \frac{(1772,037 \times 1,6) + (1772,037 \times 1,4) + (35,2 \times 1,5 \times 3) \text{ kgm}}{3 \text{ m}} \\ R_{VB} &= 1824,837 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 \\ (-R_{VA} \times 3) + [R_B \times (0,2 + 1,4)] + (R_B \times 1,4) + (q_D \times 1,5 \times 3) &= 0 \\ R_{VA} &= \frac{(1772,037 \times 1,6) + (1772,037 \times 1,4) + (35,2 \times 1,5 \times 3) \text{ kgm}}{3 \text{ m}} \\ R_{VA} &= 1824,837 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum V &= R_{VA} + R_{VB} - R_B - R_B - (q_D \times L) \\ &= 1824,837 + 1824,837 - (2 \times 1772,037) - (35,2 \times 3) \\ &= 0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_{VA} \times \frac{1}{2} \times 3 \text{ m} - R_B \times \frac{1}{2} \times 0,2 \text{ m} - 0,5 \text{ q}_D L^2 \\
 &= 2737,256 \text{ kgm} - 177,204 \text{ kgm} - 158,4 \text{ kgm} \\
 &= 2401,652 \text{ kgm} \\
 V_u &= -1824,837 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

C. Kontrol terhadap tekuk lokal

- Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{149}{2 \times 8} = 9,313$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,313 < 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{256}{5,5} = 46,545$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 46,545 < 106,35 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \times Z_x \\
 &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 455 \text{ cm}^3 \\
 &= 1137563,8 \text{ kgcm} = 11375,638 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Pelat Sayap dan Badan (Tabel B4.1b SNI 1729:2015)

Penampang Kompak (Pasal F2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

$\phi = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

D. Kontrol penampang profil terhadap tekuk lateral

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

$$L_p = 163,777 \text{ cm}$$

$$L_r = 458,416 \text{ cm}$$

Keterangan :

L_p dan L_r (Tabel profil)

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek, sehingga perhitungan nilai $M_n = M_p$.

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} M_u &< \phi M_n \\ 2401,652 \text{ kgm} &< 0,9 \times 11375,638 \text{ kgm} \\ 2401,652 \text{ kgm} &< 10238,074 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Tekuk Torsi-Lateral (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\phi = 0.9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

E. 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 :

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{298}{5,5} = 54,182 ;$$

$$1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{kv \frac{E}{f_y}} \rightarrow 54,182 < 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 29,8 \times 0,55 \times 1 \\ &= 24585 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Persyaratan Desain

$$\begin{aligned} \emptyset \times V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 24585 \text{ kg} &\geq 1824,837 \text{ kg} \\ 22126,5 \text{ kg} &> 1824,837 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Geser Nominal (Vn) (Pasal G2 Ayat 1 SNI 1729: 2015)

Koefisien Geser (Cv) (Pasal G2 Ayat 3 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$\emptyset = 0,9$ (Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015)

F. Kontrol lendutan

Balok penumpu tangga diasumsikan termasuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas dengan batas lendutan maksimum adalah $\frac{L}{360}$ perhitungan sebagai berikut :

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

$$f_{ijjin} = \frac{L}{360} = \frac{300 \text{ cm}}{360} = 0,833 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \left(\frac{5}{384} \times \frac{q_U \times L^4}{E \cdot I_x} \right) + \frac{(R_{VB} \times a) \times ((3 \times L^2) - (4 \times a^2))}{24 \times E \times I_x} \\ &= \left(\frac{5 \times 0,352 \times 300^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 6320} \right) + \frac{(1824,837 \times 140) \times ((3 \times 300^2) - (4 \times 140^2))}{24 \times 2 \times 10^6 \times 6320} \end{aligned}$$

$$f^o = 0,17 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijjin}$$

$$0,164 \text{ cm} < 0,833 \text{ cm (OK)}$$

Keterangan :

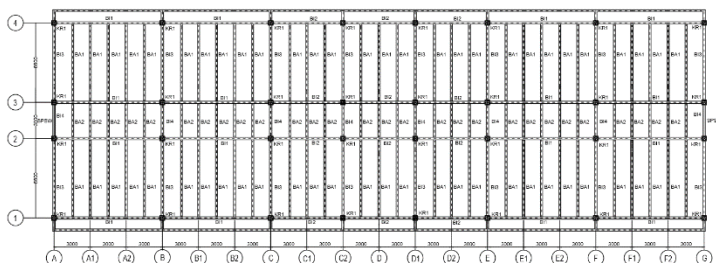
Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1 SNI 1729: 2002)

Sehingga profil WF 300x150x5,5x8 dapat digunakan sebagai balok penumpu tangga.

4.2 Permodelan Struktur

4.2.1 Umum

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan struktur baja dengan sistem dinding geser pelat baja (Steel Plate Shear Wall). Struktur dinding geser pelat baja berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang yang terdiri dari 13 lantai dengan total tinggi 46,8 m. Denah gedung pada permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 21 Denah Gedung

Pada gambar arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar. Permodelan struktur apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang dilakukan menggunakan program bantu ETABS. Program ini membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada pada SNI 1726:2012 (Gempa), SNI 1729:2015 (Baja), dan SNI 2847:2013 (Beton).

4.2.2 Pembebanan Struktur Utama

Dalam suatu perencanaan struktur gedung, perhitungan terhadap semua beban yang terjadi wajib dilakukan. Perhitungan beban harus memperhitungkan beban yang terjadi antara lain beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

Pembebanan struktur didasarkan pada acuan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983, SNI 1727:2013, ASCE 7-2002 Tabel C3-1 dan brosur dengan penjelasan sebagai berikut:

4.2.2.1 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:

- a. Beban aspal sebesar 14 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm (PPIUG 1983).
- b. Beban spesi sebesar 21 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm (PPIUG 1983).
- c. Beban keramik sebesar 24 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm (PPIUG 1983).
- d. Berat beton bertulang yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3 (PPIUG 1983).
- e. Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/m^2 (PPIUG 1983).
- f. Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja yang memiliki berat jenis 7850 kg/m^3 (PPIUG 1983).
- g. Beban *ducting* dan *plumbing* sebesar $19,53 \text{ kg/m}^2$ (ASCE 7-2002 Tabel C3-1).
- h. Beban tangga merupakan beban terpusat pada balok penumpu tangga dan balok anak. (SNI 1727:2013).
- i. Beban lift merupakan beban merata pada balok penggantung lift, dengan perhitungan beban pada sub bab 4.1.4.1. (Brosur).
- j. Berat pelat bondek sebesar $10,1 \text{ kg/m}^2$ (Brosur).

4.2.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup yang di pikul oleh bangunan gedung ini yaitu sesuai

dengan peraturan SNI 1727:2013 pada Tabel 4.8. Rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Rincian Pembebanan untuk Beban Hidup

No.	Keterangan	Berat	Satuan	Berat	Satuan
1	Lantai Atap	0,96	kN/m ²	96	kg/m ²
2	Ruang Kamar	1,92	kN/m ²	192	kg/m ²
3	Koridor	4,79	kN/m ²	479	kg/m ²
4	Lobi	4,79	kN/m ²	479	kg/m ²
5	Toko	4,79	kN/m ²	479	kg/m ²

4.2.2.3 Beban Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan, diambil dari desain Spectra Indonesia yaitu pada website <http://puskim.pu.go.id/>. Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT.

1. Menentukan Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726:2012 pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai N berdasarkan data hasil SPT.

$$\bar{N} = \frac{\sum di}{\sum (di / Ni)} = 16,24$$

Termasuk Klasifikasi situs Kelas = SD (Tanah Sedang)

Nilai N-SPT tanah dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Nilai N SPT Tanah

Keterangan	h (m)	Tebal Lapisan (di) (m)	N	Ni	di/Ni
				(Rata- Rata N)	
Lempung Lanauan	4.00	4.00	6 5	5.5	0.727
- <i>Stiff</i>	8.00	4.00	10 12	11	0.364
- <i>Very Stiff</i>	20.00	12.00	16 18 17 19 18 16	17.33	0.692
Lanau Lempungan	23.00	3.00	27 31	29	0.103
- <i>Hard</i>	27.50	4.50	33 36 33	34	0.132
- <i>Very Stiff</i>	30.00	2.50	32 32	32	0.078
Total		30.00			1.847

2. Parameter Respon Spektrum Rencana

- a) Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan yang dirancang masuk kedalam kategori resiko II.

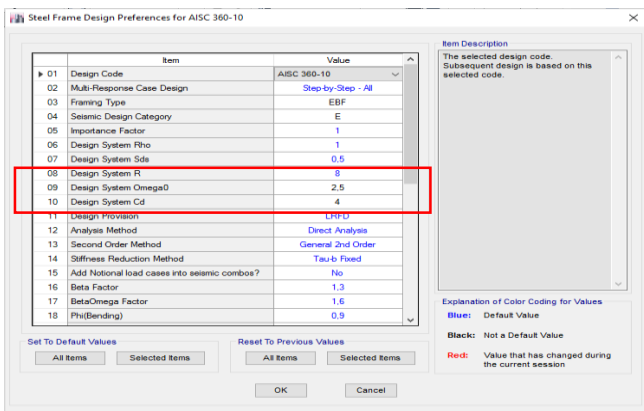
- b) Menentukan Faktor Keutamaan Gempa
Berdasarkan Kategori gempa yang didapat maka dari SNI 1726:2012 Tabel 2 dapat ditentukan Faktor Keutamaan Gempanya yaitu $I_e = 1$
- c) Menentukan Parameter Percepatan Gempa
Response spectrum merupakan fungsi spektra percepatan gempa (S) terhadap rentang waktu selama periode gempa berlangsung (T). Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726-2012 dimana nilai parameter gempa diperoleh dari <http://puskim.pu.go.id/>. Berikut nilai parameter respon spektrum untuk Kota Tangerang dengan kelas situs tanah lunak (SD).
- $S_s = 0,695$ g
 - $S_1 = 0,306$ g
- d) Menentukan Koefisien Situs
- $F_a = 1,244$
 - $F_v = 1,788$
- e) Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral
- $S_{MS} = 0,864$ g
 - $S_{M1} = 0,547$ g
 - $S_{DS} = 0,576$
 - $S_{D1} = 0,365$
- f) Kategori Desain Seismik
Menurut Tabel 6 SNI 1726:2012, berdasarkan nilai $SDS = 0,576g > 0,5g$ dengan kategori resiko II maka ditentukan Kategori Desain Seismik (KDS) D. Begitu juga menurut tabel 7 SNI 1726:2012, berdasarkan nilai $SD1 = 0,365g > 0,2g$ dengan kategori resiko II maka ditentukan Kategori Desain Seismik (KDS) D. Sehingga bangunan apartemen Aeropolis Luent Residence Tangerang termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D.

- g) Menentukan Parameter Struktur R , C_d , Ω_0
Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel.9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja adalah :

- nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 6,0
- nilai koefisien modifikasi respon (R) = 7,5
- nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2,5

Proses input parameter gempa pada program ETABS sebagai berikut:

- Pilih *steel frame design* pada *menu bar* kemudian pilih *view/revise preference* kemudian masukkan parameter gempa dan sistem struktur yang digunakan seperti pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Input Sistem Struktur dan Parameter Gempa

- h) Spektrum Respon Desain
- $T_0 = 0,127$ s
 - $T_s = 0,633$ s
- i) Analisa Model Respon Spektrum
Untuk grafik respon spektrum rencana, penggambaran mengikuti ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4 berikut :

- Batasan Periode

$$T_0 = 0,127 \text{ s}$$

$$T_s = 0,633 \text{ s}$$

- Respon spektrum percepatan desain saat $T < T_0$

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

Misalkan saat $T = 0$ detik maka S_a :

$$S_a = 0,576 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,127} \right) = 0,230 \text{ g}$$

- Respon spektrum percepatan desain saat $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} = 0,576$$

- Respon Spektrum Percepatan Desain saat $T \geq T_s$

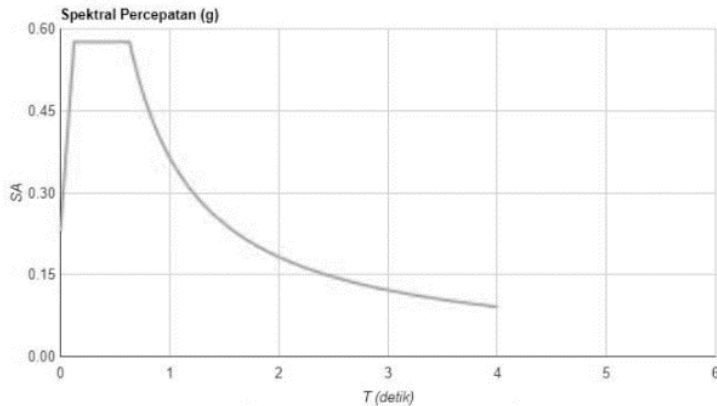
$$S_a = \frac{S_{DI}}{T} = \frac{0,365}{T_s + 0,1} = \frac{0,365}{0,633 + 0,1} = 0,497 \text{ s}$$

Dengan menggunakan interval periode sebesar 0,1 detik didapatkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.23 berikut ini:

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Spektrum Respon Desain

T (detik)	T (detik)	S_a (g)
0	0.000	0.230
T ₀	0.127	0.576
T _s	0.633	0.576
T _s + 0.10	0.733	0.497
T _s + 0.20	0.833	0.438
T _s + 0.30	0.933	0.391
T _s + 0.40	1.033	0.353
T _s + 0.50	1.133	0.322
T _s + 0.60	1.233	0.296
T _s + 0.70	1.333	0.274
T _s + 0.80	1.433	0.254
T _s + 0.90	1.533	0.238
T _s + 1.00	1.633	0.223
T _s + 1.10	1.733	0.210

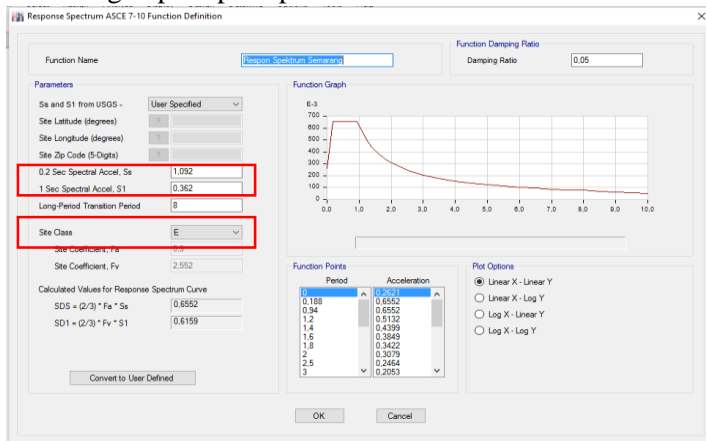
Ts + 1.20	1.833	0.199
Ts + 1.30	1.933	0.189
Ts + 1.40	2.033	0.179
Ts + 1.50	2.133	0.171
Ts + 1.60	2.233	0.163
Ts + 1.70	2.333	0.156
Ts + 1.80	2.433	0.150
Ts + 1.90	2.533	0.144
Ts + 2.00	2.633	0.139
Ts + 2.10	2.733	0.133
Ts + 2.20	2.833	0.129
Ts + 2.30	2.933	0.124
Ts + 2.40	3.033	0.120
Ts + 2.50	3.133	0.116
Ts + 2.60	3.233	0.113
Ts + 2.70	3.333	0.109
Ts + 2.80	3.433	0.106
Ts + 2.90	3.533	0.103
4.00	4.633	0.079



Gambar 4. 23 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Tangerang
(Sumber: *puskim.pu.go.id*)

Proses *input* parameter gempa respon spektrum pada program ETABS sebagai berikut:

- Klik *define – function – response spectrum*, kemudian masukan parameter gempa seperti pada Gambar 4.24.



Gambar 4. 24 *Input* Parameter Gempa *Response Spectrum*

3. Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah tidak terduga baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang bebas terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :
100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

$$\begin{aligned} \text{Skala faktor 100\%} &= 100\% \times g \times \frac{I}{R} \\ &= 100\% \times 9,81 \times \frac{1}{8} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,226 \\
 \text{Skala faktor 30\%} &= 30\% \times g \times \frac{I}{R} \\
 &= 30\% \times 9,81 \times \frac{1}{8} \\
 &= 0,368
 \end{aligned}$$

Proses input skala pembebanan gempa respon spektrum pada program ETABS sebagai berikut:

- Klik *define – loas cases – response spectrum – Gempa X* atau *Gempa Y*, kemudian masukan skala gempa seperti pada Gambar 4.25. U1 untuk arah X dan U2 untuk arah Y.

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following details:

- General:**
 - Load Case Name: Gempa X
 - Load Case Type: Response Spectrum
 - Exclude Objects in this Group: Not Applicable
 - Mass Source: Previous (MaSic1)
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Respon Spektrum S	1,226
Acceleration	U2	Respon Spektrum S	0,368
- Other Parameters:**
 - Modal Load Case: Modal
 - Modal Combination Method: CQC
 - Include Rigid Response:
 - Rigid Frequency, f1: []
 - Rigid Frequency, f2: []
 - Periodic + Rigid Type: []
 - Earthquake Duration, Id: []
 - Directional Combination Type: SRSS
 - Absolute Directional Combination Scale Factor: []
 - Modal Damping: Constant at 0.05
 - Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Gambar 4. 25 Input Skala Gempa Response Spectrum

4. Berat Total Bangunan

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 85% gaya geser statik. Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur

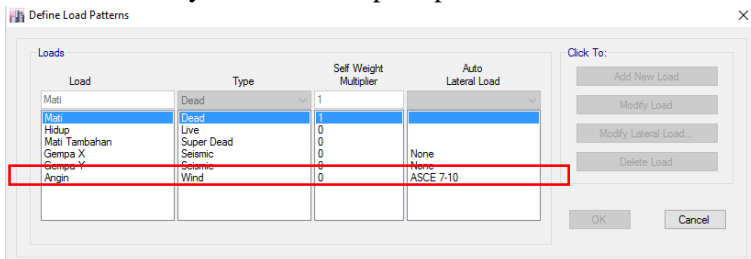
diambil dari hasil analisis menggunakan program ETABS untuk kombinasi 1D+1L.

4.2.2.4 Beban Angin

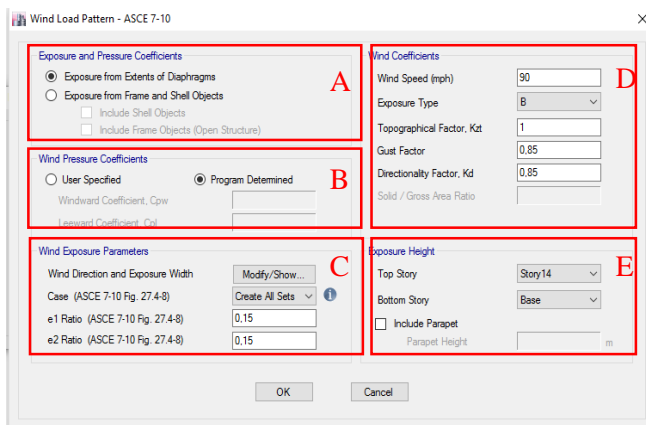
Penerapan beban angin pada struktur gedung ini dilakukan dengan cara otomatis dari program ETABS 2016. Adapun nilai-nilai ketentuan yang menjadi dasar *input* beban angin mengacu pada SNI 1727-2013.

a. Input beban angin

Klik *define – load pattern*, muncul *window define load pattern* seperti pada Gambar 4.26 masukan beban angin – pilih ASCE 7-10 – Modify lateral load seperti pada Gambar 4.26.



Gambar 4. 26 *Input* Beban Angin



Gambar 4. 27 Pengaturan Beban Angin

- Pada kotak A dipilih *exposure from extents of diaphragms* karena beban angin akan dimodelkan otomatis pada difragma.
- Pada kotak B dipilih *program determined* karena koefisien tekan dan hisap akan diasumsikan otomatis oleh program ETABS 2016
- Pada kotak C dipilih *create all sets*, hal ini dimaksudkan semua kasus dari arah angin dimodelkan pada struktur gedung sesuai Gambar 27.4-8 SNI 1727-2013 dan rasio eksentrisitas (e) diisikan 0,15 sesuai Gambar 27.4-8 SNI 1727-2013.
- Pada kotak D untuk poin kecepatan angin diasumsikan struktur gedung dapat menahan angin sampai kategori badai (*storm*) yaitu 90 kmh (55,9234 mph). Untuk poin exposure ditentukan berdasarkan Pasal 26.7.2. SNI 1727-2013, untuk poin K_{zt} ditentukan berdasarkan Pasal 26.8.2 SNI 1727-2013, untuk poin efek tiupan angin (*gust factor*) ditentukan berdasarkan Pasal 26.9.1 SNI 1727-2013, dan untuk point K_d ditentukan berdasarkan Tabel 26.6.-1 SNI 1727-2013.
- Pada kotak E dipilih lantai-lantai yang menerima beban angin. Pada gedung ini yang terkena angin dari lantai *base* sampai lantai 14.

d. Melakukan pengaturan pelat sebagai diagfragma.

- Klik *define – diaphragms – modify D1 – pilih semi rigid – Ok.*
- Pilih lantai yang ditinjau, *select* semua plat pada lantai tersebut. Klik *assign – shell – diaphragms – pilih D1 – Ok.*

4.2.2.5 Kombinasi Pembebanan

Pada saat konstruksi, beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana

elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*). Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 1726:2012 sebagai berikut :

- $1,4 D_L$
- $1,2 D_L + 1,6 L_L$
- $1,2 D_L + 1W + 1 L_L$
- $1,2 D_L + 1 E + 1 L_L$
- $0,9 D_L + 1 E$

Keterangan :

D_L : beban mati

L_L : beban hidup

W : beban angin

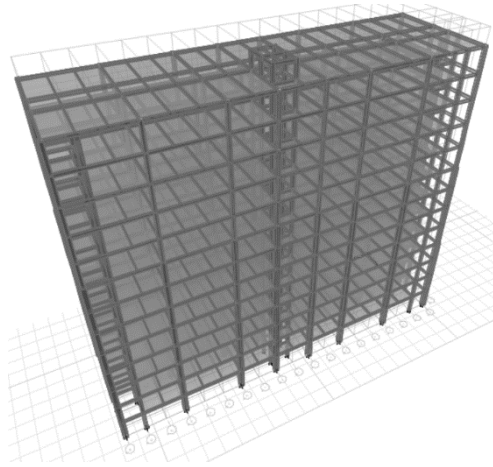
E : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

4.2.3 Permodelan Struktur Utama

4.2.3.1 Permodelan 3D pada Program ETABS

Data gedung yang diperlukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

Mutu baja	: BJ-41
	f_y : 250 MPa
	f_u : 410 MPa
Mutu beton	: K-300
	f_c' : 30 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E_s)	: 200000 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E_c)	: 23500 MPa
Tinggi tiap lantai	: 3,6 m
Tebal pelat atap	: 9 cm
Tebal pelat lantai 1-12	: 9 cm
Tebal pelat lantai G	: 12 m
Jenis tanah	: Tanah Sedang (SD)
Faktor Keutamaan Gedung (I)	: 1,0
Koefisien modifikasi respon (R)	: 7,5



Gambar 4. 28 Permodelan Struktur Apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang

Gambar 4.28 di atas adalah permodelan struktur apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang.

4.2.4 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 sebagai berikut :

Kontrol Partisipasi Massa

Kontrol Periode Getar Struktur

Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum (base shear)

Kontrol Simpangan Antar Lantai (drift)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

4.2.4.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program ETABS untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada tabel 4.12.

Tabel 4. 11 Hasil Partisipasi Massa dari ETABS

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
Case	Mode	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.7032	0
Modal	2	0.7032	0.7195
Modal	3	0.7032	0.7197
Modal	4	0.8574	0.7197
Modal	5	0.8574	0.862
Modal	6	0.9109	0.862
Modal	7	0.9119	0.8621
Modal	8	0.9119	0.9002
Modal	9	0.9119	0.9196
Modal	10	0.9119	0.9211
Modal	11	0.9379	0.9211
Modal	12	0.9379	0.9236

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 91,19% pada modal ke-8 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,02% pada modal ke-8. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan belum memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1.

4.2.4.2 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, perioda fundamental struktur harus ditentukan dari :

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

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai SD_1 .

Struktur apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang memiliki tinggi 46,8 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan dinding geser pelat baja sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 46,8 \text{ m}$$

$$\text{maka : } T_a = 0,0488 \times 46,8^{0,75} = 0,873 \text{ s}$$

Nilai C_u didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai $SD_1 > 0,4$,

$$\text{maka : } C_u \times T_a = 1,4 \times 0,873 \text{ s} = 1,22 \text{ s}$$

Dari hasil analisis ETABS diperoleh nilai T_c seperti pada Tabel 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Hasil Modal Periods and Frequencies dari ETABS

TABLE: Modal Periods and Frequencies		
Case	Mode	Period
		sec
Modal	1	0.968
Modal	2	0.672
Modal	3	0.481
Modal	4	0.297
Modal	5	0.235
Modal	6	0.153
Modal	7	0.15
Modal	8	0.147

Modal	9	0.11
Modal	10	0.103
Modal	11	0.102
Modal	12	0.087

Dari tabel di atas didapat nilai $T_c = 0,968$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental, nilai T_c masih lebih kecil dari $C_u \times T_a$. Jadi analisis struktur apartemen Aeropolis Lucent Residence memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

4.2.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum (*Base Shear*)

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,576}{\left(\frac{7,5}{1,0}\right)} = 0,077$$

Nilai C_s tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s \text{ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,365}{0,967 \times \left(\frac{7,5}{1,0}\right)} = 0,050$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s \text{ min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,576 \times 1,0 \\ &= 0,025 < 0,1 \text{ (Tidak OK)} \end{aligned}$$

$$C_s \text{ min} < C_s < C_s \text{ max}$$

$$0,025 < 0,077 > 0,050$$

Maka, digunakan nilai $C_s = 0,050$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang sesuai dengan Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Hasil Base Reactions dari ETABS

TABLE: Base Reactions			
Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kgf	kgf	kgf
Gempa X Max	504441,00	154051,14	0
Gempa Y Max	151333,40	513500,21	0
1 D + 1 L	0	0	10448737,58

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 10448737,58 kg. Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\
 &= 0,050 \times 10448737,58 \text{ kg} \\
 &= 522436,88 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Kontrol :

Untuk gempa arah X :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &> 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 504441,00 \text{ kg} &> 85\% \times 522436,88 \text{ kg} \\
 504441,00 \text{ kg} &> 444071,35 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Untuk gempa arah Y :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &> 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 513500,21 \text{ kg} &> 85\% \times 522436,88 \text{ kg} \\
 513500,21 \text{ kg} &> 444071,35 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Dari kontrol di atas, analisis apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang telah memenuhi syarat nilai akhir respon sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.

4.2.4.4 Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i < \Delta_a$$

Dimana :

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \times \delta e_1 / I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta e_2 - \delta e_1) \times C_d / I$$

Keterangan :

δe_1 = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δe_2 = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem dinding geser pelat baja, dari tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai $C_d = 6$ dan dari Tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai $I = 1,0$.

Berdasarkan Tabel 20 SNI 1726-2012 untuk semua struktur lainnya dengan kategori resiko II diperoleh rumus simpangan ijin antar lantai sebagai berikut :

$$\Delta_a = 0,02 \times h_{sx}$$

Keterangan :

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

Untuk tinggi tingkat 3,6 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02 \times 3,6 \text{ m}$$

$$= 0,072 \text{ m}$$

$$= 72 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program ETABS, diperoleh nilai simpangan yang terjadi dan juga kontrol simpangan antar lantai akibat beban gempa X dan Y pada struktur yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa X

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simp.	Perbesaran Simpangan	Simp. Antar Lantai	Simp. Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	δe (mm)	Cd . δe (mm)	$\Delta i - \Delta(i-1)$ (mm)	Δa (mm)	
Base	0	0	0	0	0	0	OKE
1	3,6	3,6	1,425	8,550	8,550	72	OKE
2	7,2	3,6	4,192	25,152	16,602	72	OKE
3	10,8	3,6	7,710	46,260	21,108	72	OKE
4	14,4	3,6	11,565	69,390	23,130	72	OKE
5	18	3,6	15,722	94,332	24,942	72	OKE
6	21,6	3,6	19,924	119,544	25,212	72	OKE
7	25,2	3,6	24,088	144,528	24,984	72	OKE
8	28,8	3,6	28,177	169,062	24,534	72	OKE
9	32,4	3,6	32,153	192,918	23,856	72	OKE
10	36	3,6	35,892	215,352	22,434	72	OKE
11	39,6	3,6	39,266	235,596	20,244	72	OKE
12	43,2	3,6	42,273	253,638	18,042	72	OKE
13	46,8	3,6	44,939	269,634	15,996	72	OKE

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa simpangan yang terjadi telah memenuhi persyaratan $\Delta i < \Delta a$, dimana simpangan antar lantai tidak lebih besar dari simpangan ijin.

Tabel 4. 15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa Y

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simp.	Perbesaran Simpangan	Simp. Antar Lantai	Simp. Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	δe (mm)	Cd . δe (mm)	$\Delta i - \Delta(i-1)$ (mm)	Δa (mm)	
Base	0	0	0	0	0	0	OKE
1	3,6	3,6	0,932	5,592	5,592	72	OKE
2	7,2	3,6	2,379	14,274	8,682	72	OKE
3	10,8	3,6	4,221	25,326	11,052	72	OKE
4	14,4	3,6	6,232	37,392	12,066	72	OKE
5	18	3,6	8,328	49,968	12,576	72	OKE
6	21,6	3,6	10,378	62,268	12,300	72	OKE
7	25,2	3,6	12,340	74,040	11,772	72	OKE
8	28,8	3,6	14,171	85,026	10,986	72	OKE
9	32,4	3,6	16,138	96,828	11,802	72	OKE
10	36	3,6	17,894	107,364	10,536	72	OKE
11	39,6	3,6	19,463	116,778	9,414	72	OKE
12	43,2	3,6	20,797	124,782	8,004	72	OKE
13	46,8	3,6	21,782	130,692	5,910	72	OKE

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa simpangan yang terjadi telah memenuhi persyaratan $\Delta i < \Delta a$, dimana simpangan antar lantai tidak lebih besar dari simpangan ijin.

4.2.4.5 Kontrol Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1, sistem rangka pemikul momen khusus harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser pelat baja. Kontrol sistem ganda dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Kontrol Sistem Ganda

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	kg	%	Kg	%
Dinding geser (SPSW)	411526,04	69,589	302176,43	51,422
SRPM	591368,2	30,411	587638,14	48,578
Total	1002894,24	100	889815,57	100

Dari hasil perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1.

4.3 Perencanaan Struktur Primer

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS, maka tahap selanjutnya adalah dengan melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan yang berlaku.

4.3.1 Balok Induk

4.3.1.1 Perencanaan Balok Induk HCB Bentang 9 m

a. Perencanaan Profil

Balok induk direncanakan menggunakan profil asal WF 500x200x10x16 yang kemudian dirubah menjadi profil hexagonal castellated beam (HCB) 750x200x10x16, dengan data-data sebagai berikut:

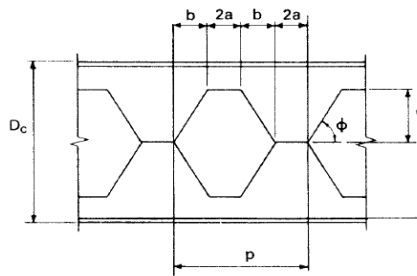
- Data profil asal WF 500x200x10x16

d	= 500 mm	ix	= 20,5 cm
bf	= 200 mm	iy	= 5,33cm
tf	= 16 mm	Zx	= 2096 cm ³
tw	= 10 mm	Zy	= 332 cm ³
A	= 114,2 cm ²	w	= 89,6 g/m

$$\begin{aligned} I_x &= 47800 \text{ cm}^4 & r &= 20 \text{ mm} \\ I_y &= 2140 \text{ cm}^4 & h &= 428 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Data profil HCB 750x200x10x16

$$\begin{aligned} d_c &= 750 \text{ mm} & b &= 144,338 \text{ mm} \\ d_s &= 500 \text{ mm} & 2a &= 125,662 \text{ mm} \\ d_t &= 125 \text{ mm} & p &= 540,00 \text{ mm} \\ d_b &= 125 \text{ mm} & 2b+2a &= 414,338 \text{ mm} \\ h &= 678 \text{ mm} & \phi &= 60^\circ \end{aligned}$$



Gambar 4. 29 Geometri Balok *Hexagonal Castellated*

$$D_c = d_g = d \times (100\% + 50\%)$$

$$= 500 \text{ mm} \times 1,5$$

$$= 750 \text{ mm}$$

$$c = D_c - d$$

$$= 750 \text{ mm} - 500 \text{ mm}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

$$D_s = 2c$$

$$= 2 \times 250 \text{ mm}$$

$$= 500 \text{ mm}$$

$$p = 1,08 \times D_s$$

$$= 1,08 \times 500 \text{ mm}$$

$$= 540,00 \text{ mm}$$

$$b = c \cot 60^\circ$$

$$= 250 \text{ mm} \cot 60^\circ$$

$$= 144,338 \text{ mm}$$

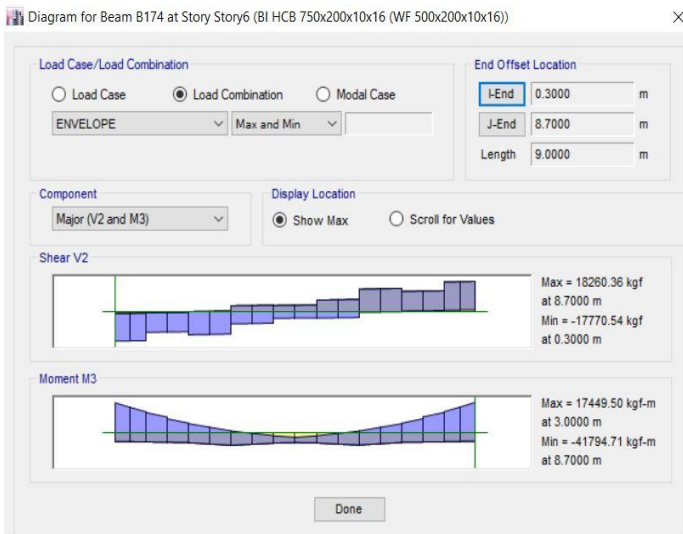
$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} (p - 2c \cot 60^\circ) \\
 &= \frac{1}{4} (540,00 \text{ mm} - 288,678 \text{ mm}) \\
 &= 62,831 \text{ mm} \\
 2a &= 2 \times 62,831 \text{ mm} \\
 &= 126,662 \text{ mm} \\
 h &= D_c - (2x(tf+r)) \\
 &= 750 \text{ mm} - (2x(16 \text{ mm} + 20 \text{ mm})) \\
 &= 678 \text{ mm} \\
 dt = db &= (D_c - D_s) / 2 \\
 &= (750 \text{ mm} - 500 \text{ mm}) / 2 \\
 &= 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Rumus geometri HCB "Design of castellated beams", P.R. Knowless

b. *Output ETABS*

Gaya dalam balok induk bentang 9 m dapat dilihat pada Gambar 4.30.



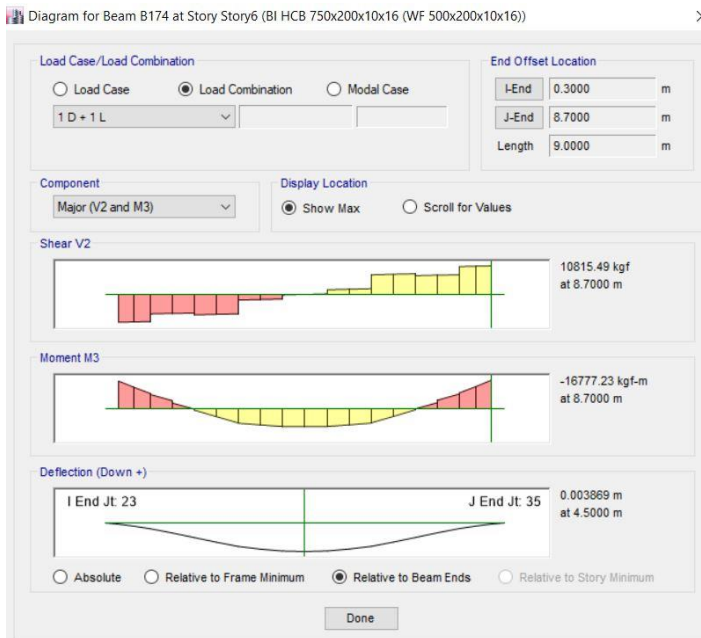
Gambar 4. 30 Gaya Dalam Balok Induk Bentang 9 m

Dari gambar di atas dapat dilihat nilai-nilai gaya dalam dari output ETABS seperti berikut :

$$M_u = 41794,71 \text{ kgm} \quad (\text{Envelope})$$

$$V_u = 18260,36 \text{ kg} \quad (\text{Envelope})$$

Deflection pada balok induk bentang 9 m dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4. 31 *Deflection* pada Balok Induk Bentang 9 m

Dari gambar di atas dapat dilihat nilai *deflection* dari output ETABS seperti berikut :

$$f^0 = 0,387 \text{ cm} \quad (1,2D+1,6L)$$

Syarat lubang d_s (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$d_s \leq 0,7 dg$$

$$\begin{aligned}
 500 \text{ mm} & \leq 0,7 \times 750 \text{ mm} \\
 500 \text{ mm} & \leq 525 \text{ mm} \\
 \text{Syarat } dt_o \text{ dan } db_o \text{ (ASCE 4.6 halaman 3320)} \\
 dt_o \text{ dan } db_o & \leq 0,15 d_g \\
 (125 \text{ mm} - 16 \text{ mm}) & \leq 0,15 \times 750 \text{ mm} \\
 109 \text{ mm} & \leq 112,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan nilai I_x dan Z_x

I_x dan Z_x castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$\begin{aligned}
 I_x &= \left(\frac{1}{12} \cdot b_f \cdot d_g^3 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 750^3 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{200 - 10}{2} \right) \cdot (750 - 2 \times 16)^3 \right) \\
 &= 1170601326,7 \text{ mm}^4 \\
 Z_x &= \left(\frac{1}{4} \cdot b_f \cdot d_g^2 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{b_f - t_w}{2} \right) \cdot (d_g - 2t_f)^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{4} \cdot 200 \cdot 750^2 \right) - \left(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{200 - 10}{2} \right) \cdot (750 - 2 \times 16)^2 \right) \\
 &= 3637610 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

I_x dan Z_x castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} \cdot t_w \cdot d_s^3 \right) \\
 &= 1170601326,7 \text{ mm}^4 - \left(\frac{1}{12} \cdot 10 \text{ mm} \cdot (500 \text{ mm})^3 \right) \\
 &= 1066434660 \text{ mm}^4 = 106643 \text{ cm}^4 \\
 Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{4} \cdot t_w \cdot d_s^2 \right) \\
 Z_x &= 3637610 \text{ mm}^3 - \left[\frac{1}{4} \cdot 10 \cdot (500)^2 \right] \\
 Z_x &= 3012610 \text{ mm}^3 = 3012,61 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

I_x castellated beam rata-rata :

$$I_{x \text{ rata-rata}} = \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1170601327,7 \text{ mm}^4 + 1066434660 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 1118517990 \text{ mm}^4 = 111851,80 \text{ cm}^4 \\
 &\text{Ix profil WF 500x200x10x16 :} \\
 &\text{Ix} = 47800 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Rasio Ix input ETABS :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Ix rata-rata} : \text{Ix profil 500x200x10x16} \\
 &= 111851,80 \text{ cm}^4 : 47800 \text{ cm}^4 \\
 &= 2,3399958
 \end{aligned}$$

d. Kontrol Penampang

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{678}{10} = 67,8$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$$

67,8 < 106,35 → Profil Badan Kompak

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf}$$

6,25 < 10,748 → Profil Sayap Kompak

e. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal

Penampang Kompak :

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$M_p = 3012,610 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 7531525 \text{ kgcm} \quad = 75315,25 \text{ kgm}$$

f. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 300 cm (jarak antar balok anak)

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times 4,326 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 215,353 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi balok plastis termasuk dalam bentang menengah.

Pada saat profil berlubang :

$$\begin{aligned} \Delta A_s &= D_s \times t_w \\ &= 500 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 5000 \text{ mm}^2 = 50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p - [f_y \times \Delta A_s \times (\frac{D_s}{4})] \\ &= 7531525 - (2500 \times 50 \times \frac{50}{4}) \\ &= 5969025 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 5969025 \text{ kgcm} \\ &= 5372122,5 \text{ kgcm} \\ &= 53721,225 \text{ kgm} \end{aligned}$$

g. Kontrol Kapasitas Momen

$$\begin{aligned} \phi M_n &\geq M_u \\ 53721,225 \text{ kgm} &> 41794,71 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

h. Kontrol Kuat Geser

Syarat ASCE 4.8 hal 3320

$$\frac{dg-2tf}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{750-2 \times 16}{10} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}}$$

$$71,80 \leq 86,33$$

$$\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{750-2 \times 16}{10} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$71,80 \leq 69,57$$

Karena $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{fy}}$ dan $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$ maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\begin{aligned} a_0 &= 2a + 2b \\ &= (2 \times 62,831 \text{ mm}) + (2 \times 144,338 \text{ mm}) \\ &= 414,338 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{a_0}{D_s} \leq 3$$

$$\frac{414,338}{500} \leq 3$$

$$0,829 < 3 \text{ (OK)}$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \times t_w \times d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1,0 \times 75,0}{\sqrt{3}} = 108253,18 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{u + \sqrt{3}} \times V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan}$$

$$u = \frac{a_0}{d_t} = \frac{414,338}{125} = 3,315$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \times t_w \times d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1,0 \times 2 \times 12,5}{\sqrt{3}} = 36084,39 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + 0}{3,315 + \sqrt{3}} \times 36084,39 = 17513,91 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \times 17513,91 \text{ kg} = 35027,82 \text{ kg}$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_m &\leq \frac{2}{3} V_p \\ 35027,82 \text{ kg} &\leq \frac{2}{3} \times 108253,18 \text{ kg} \\ 35027,82 \text{ kg} &\leq 72168,78 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_m \\ 18260,36 \text{ kg} &\leq 0,9 \times 35027,82 \text{ kg} \\ 18260,36 \text{ kg} &\leq 31525,04 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

i. Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$\begin{aligned} P_o &\leq 5,6 \\ \left(\frac{a_o}{D_s}\right) + \left(\frac{6D_s}{d_g}\right) &\leq 5,6 \\ \left(\frac{414,338}{500}\right) + \left(\frac{6 \times 500}{750}\right) &\leq 5,6 \\ 4,829 &< 5,6 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

j. Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal. 3316)

$$\begin{aligned} \left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 &\leq 1 \\ \left(\frac{41794,71}{53721,23}\right)^3 + \left(\frac{18260,36}{31525,04}\right)^3 &\leq 1 \\ 0,665 &< 1 \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak antar lubang (Syarat ASCE 4.10 hal 3320)

$$\begin{aligned} p &\geq D_s \\ 540 \text{ mm} &\geq 500 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

$$540 \text{ mm} \geq (2b + 2a) \frac{\left(\frac{V_u}{\phi V_p}\right)}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}}$$

$$540 \text{ mm} \geq 414,338x \frac{\left(\frac{18260,36}{0,9 \times 108253,18}\right)}{1 - \frac{18260,36}{0,9 \times 108253,18}}$$

$$540 \text{ mm} > 95,569 \text{ mm (OK)}$$

k. Kontrol Lendutan

$$f^o = 0,390 \text{ cm} < f \text{ ijin}$$

$$0,390 \text{ cm} < \frac{L}{360}$$

$$0,390 \text{ cm} < \frac{900}{360}$$

$$0,390 \text{ cm} < 2,50 \text{ cm (OK)}$$

Jadi, balok induk bentang 9 m dengan profil HCB 750x200x10x16 dapat digunakan.

4.3.1.2 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk

Rekapitulasi balok induk dapat dilihat pada Tabel 4.17, Tabel 4.18, Tabel 4.19, Tabel 4.20, dan Tabel 4.21.

Tabel 4. 17 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Gaya Dalam)

Profil Balok	Bentang	Gaya Dalam	
		Mu	Vu
	m	Kg.m	Kg
HCB 750x200x10x16	9	41794,71	18260,36
HCB 750x200x10x16	6,6	24441,30	14351,74
HCB 750x200x10x16	6	34050,44	16224,69
HCB 750x200x10x16	3	12459,73	11445,13

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Momen)

Profil Balok	Bentang (m)	Mu	ϕM_n	$\phi M_n > Mu$
		(kgm)	(kgm)	
HCB 750x200x10x16	9	41794,71	53721,23	OK
HCB 750x200x10x16	6,6	24441,30	53721,23	OK
HCB 750x200x10x16	6	34050,44	53721,23	OK
HCB 750x200x10x16	3	12459,73	53721,23	OK

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Gaya Geser)

Profil Balok	Bentang (m)	Vu	ϕV_n	$\phi V_n > Vu$
		(kg)	(kg)	
HCB 750x200x10x16	9	18260,36	31525,04	OK
HCB 750x200x10x16	6,6	14351,74	31525,04	OK
HCB 750x200x10x16	6	16224,69	31525,04	OK
HCB 750x200x10x16	3	11445,13	31525,04	OK

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Persamaan Interaksi)

Profil Balok	Bentang (m)	Mu (kgm)	ØMn (kgm)	Vu (kg)	ØVn (kg)	Persamaan Interaksi	Kontrol
							< 1
HCB 750x200x10x16	9	41795	53721	18260	31525	0,665	OK
HCB 750x200x10x16	6,6	24441	53721	14352	31525	0,377	OK
HCB 750x200x10x16	6	34050	53721	16225	31525	0,391	OK
HCB 750x200x10x16	3	12460	53721	11445	31525	0,3	OK

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk (Lendutan)

Profil Balok	Bentang (m)	f_x	f_{jin}		Kontrol
		(cm)	syarat	(cm)	
HCB 750x200x10x16	9	0,387	360/L	2,500	OK
HCB 750x200x10x16	6,6	0,843	360/L	1,883	OK
HCB 750x200x10x16	6	0,310	360/L	1,667	OK
HCB 750x200x10x16	3	0,029	360/L	0,883	OK

4.3.2 Kolom CFT

Pada perencanaan struktur kolom apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang dibedakan menjadi 3 grup kolom. Perbedaan ini berdasarkan dimensi kolomnya. Berikut ketiga grup kolom :

Lantai 1 – Lantai 4	: HSS 700 x 700 x 25 x 25
Lantai 5 – Lantai 8	: HSS 600 x 600 x 25 x 25
Lantai 9 – Lantai 13	: HSS 400 x 400 x 25 x 25

4.3.2.1 Perencanaan Kolom Tipe 1

a. Perencanaan Profil

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1 – lantai 4. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 700 × 700 × 25 × 25 dan panjang kolom 360 cm pada lantai 1. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d = 700	mm	ix = 27.2	cm
bf = 700	mm	iy = 27.2	cm
tf = 25	mm	Zx = 13650	cm
tw = 25	mm	Zy = 13650	cm
A = 646	cm ²	Ix = 477900	cm
r = 75	kg/m	Iy = 477900	cm

Data Material :

- fy = 25	MPa	=	2500	kg/cm ²
- fu = 410	MPa	=	4100	kg/cm ²
- fc = 30	MPa	=	250	kg/cm ²

Modulus Elastisitas :

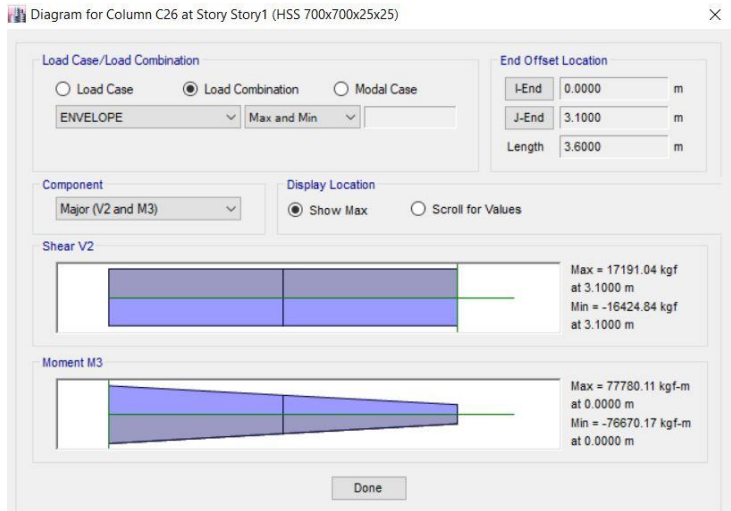
- Beton (Ec)	= 25743,96	MPa
- Baja (Es)	= 200000	MPa

a. Output ETABS

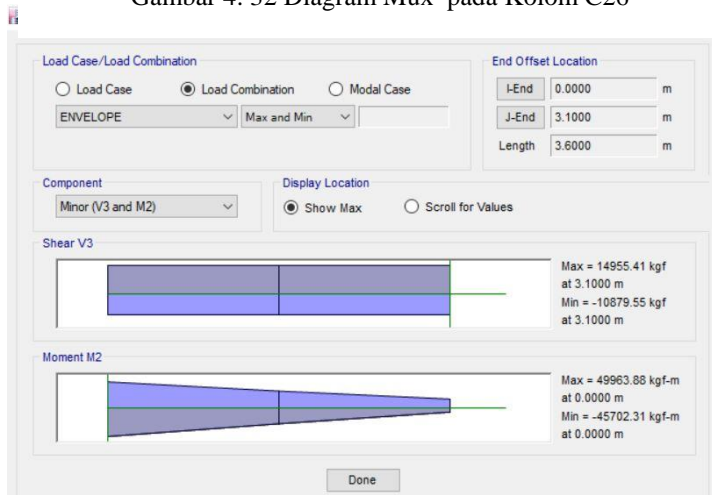
Dari Analisa permodelan dengan ETABS, didapatkan gaya dalam yang bekerja pada kolom C26 dengan tinggi 3,60 m adalah sebagai berikut :

P _u	= 577504.12	kg (ENVELOPE)
M _{ux}	= 77780.11	kgm (ENVELOPE)

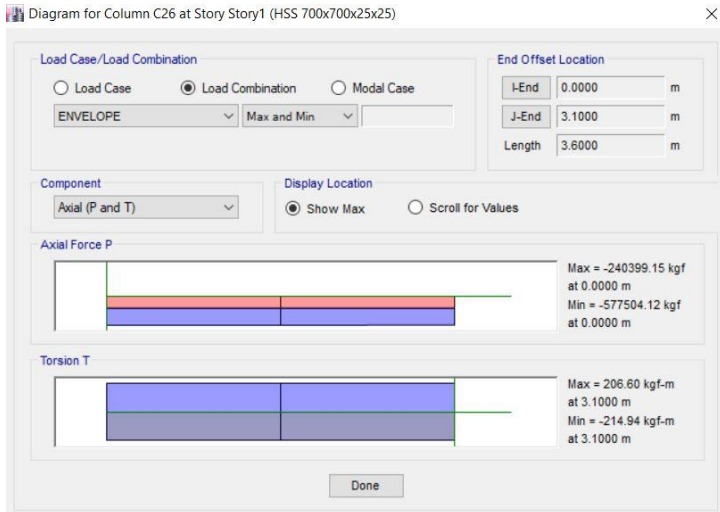
$$M_{uy} = 49963.88 \text{ kgm (ENVELOPE)}$$



Gambar 4. 32 Diagram Mux pada Kolom C26



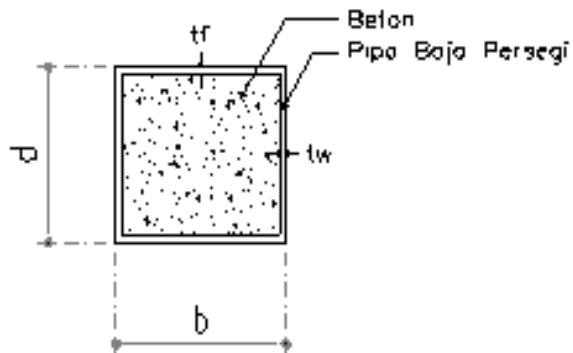
Gambar 4. 33 Diagram Muy pada Kolom C26



Gambar 4. 34 Diagram P Aksial pada Kolom C26

b. Kontrol Penampang Kolom Komposit

Kontrol luas penampang minimum profil baja



Gambar 4. 35 Kontrol Luas Penampang Profil

$$A_s = 646 \text{ cm}^2 \text{ (dari brosur)}$$

$$A_c = (b \times d) - A_s$$

$$= (70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}) - 646 \text{ cm}^2$$

$$= 4254 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 4\%$$

$$\frac{646 \text{ cm}^2}{646 \text{ cm}^2 + 4254 \text{ cm}^2} \geq 4\%$$

$$13,184\% > 4\% \text{ (OK)}$$

Keterangan :

*Kontrol Luas Penampang *SNI 1729:2002*

Kontrol Tebal Minimum Profil

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \leq 25 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = 700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 200000}} \leq 25 \text{ mm}$$

$$14,287 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}$$

Keterangan :

*Kontrol Tebal Minimum *Pasal 12.3.1 ayat 5 SNI 1729:2002*

Kontrol Penampang Komposit

Struktur Komposit Menahan Aksial Tekan

$$\lambda = \frac{b}{t_w} = \frac{700}{25} = 28,00$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_p > \lambda$$

$$63,92 > 28 \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Struktur Komposit Menahan Lentur

Badan Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28,00$$

$$\lambda_p = 3,00 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,00 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

$$\lambda_r = 5,70 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 5,70 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 161,22$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_p > \lambda < \lambda_r$$

$$84,85 > 28,00 < 161,22 \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Sayap Profil

$$\lambda = \frac{b}{tw} = \frac{700}{25} = 28,00$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$$\lambda_r = 3 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

Cek Persyaratan :

$$\lambda_p > \lambda < \lambda_r$$

$$63,92 > 28,00 < 84,85 \longrightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Keterangan :

- *Kontrol Penampang* *Tabel II.1a dan 1b SNI 1729:2015

c. Kuat Tekan Struktur Komposit

Karena penampang komposit, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$P_n = P_p$$

$$\begin{aligned}
 &= f_y \times A_s + C_2 \times f_c' \times \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \\
 &= 2500 \times 646 + 0,85 \times 300 \times (4254 + 0) \\
 &= 2699770 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$C_2 = 0,85$ *Bab I2 Pasal 2b ayat (c) untuk penampang kompak

d. Momen Nominal Kolom Komposit

Pada Bab I3 Pasal 4b Persamaan I3-3a SNI 1727:2015 menyebutkan bahwa momen nominal (M_n) sama dengan momen plastis dari penampang (M_p) jika penampang kompak. Momen Plastis (M_p) dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang kolom komposit.

Berdasarkan Jurnal dari *Chinese Taiwan Society for Earthquake Engineering*, tentang *Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan* oleh Shosuke Morino dan Keigo Tsuda. Menyimpulkan untuk menghitung momen nominal dari kolom CFT diperhitungan sebagai berikut:

- Panjang Kolom

$$L \leq 12 D$$

$$3,6 \text{ m} \leq 12 \times 0,7$$

$$3,6 \text{ m} \leq 8,4 \text{ m} \quad (\text{Pers. 41 dan 42 pada jurnal})$$

- Kuat Tekan Komposit

Karena panjang kolom kurang dari $12 \times D$ maka digunakan Persamaan (41) dan (42) pada jurnal dengan perhitungan sebagai berikut:

Persamaan 41

$$\begin{aligned}
 N \leq cN &\longrightarrow N = cN \\
 M &\leq sM + cM
 \end{aligned}$$

Persamaan 42

$$\begin{aligned}
 N \geq cN &\longrightarrow N \leq sN + cN \\
 M &= sM
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan :

$$N \leq cN_c$$

$$577504,12 \text{ kg} \leq C_2 \times f_c' \times \left(A_c + A_s r \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$577504,12 \text{ kg} \leq 0,85 \times 300 \times (4254 + 0)$$

$$577504,12 \text{ kg} \leq 1084770 \text{ kg} \longrightarrow \text{pakai pers. 41}$$

Keterangan :

$$cN = \text{Kuat tekan nominal beton}$$

$$sN = \text{Kuat tarik nominal baja}$$

$$cM = \text{Momen Nominal Beton}$$

$$sM = \text{Momen Nominal Baja}$$

- Momen Nominal Penampang (M_n)

Dari perhitungan sebelumnya digunakan momen nominal pada persamaan 41, maka perhitungan momen nominalnya adalah sebagai berikut :

$$M \leq sM + cM$$

Elemen Baja (sM)

$$\begin{aligned} sM = M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 13650 \times 2500 \\ &= 34125000 \text{ kgcm} \\ &= 341250 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Elemen Beton (cM)

$$X_n = 323 \text{ mm}$$

$$cD = 646 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} X_{nl} &= \frac{X_n}{cD} \\ &= \frac{323}{646} = 0,5 < 1 \quad (\text{pakai pers. 44}) \end{aligned}$$

$$cfc = \frac{f_c'}{cV} = \frac{300}{3} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Keterangan :

$$cV = \text{safety factor untuk beton}$$

$$X_n = \text{garis netral}$$

$$cD = \text{lebar beton}$$

f_c = tegangan beton

Persamaan 44 :

$$\begin{aligned} cM &= \frac{X_n(3-2X_n)}{12} \times cD^3 \times c f_c \\ &= \frac{0,5 \times (3-(2 \times 0,5))}{12} \times 64,6^3 \times 100 \\ &= 2246551,13 \text{ kgcm} = 22465,51 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Maka perhitungan momen nominal (M_n) keseluruhannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= sM + cM \\ &= 341250 \text{ kgm} + 22465,51 \text{ kgm} \\ &= 363715,51 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{aligned} \mu &< \emptyset M_n \\ 77780,11 \text{ kgm} &< 0,9 \times 363715,41 \text{ kgm} \\ 77780,11 \text{ kgm} &< 327343,96 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$$\emptyset = 0,9 \quad (\text{Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015})$$

- Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral (L_b) berdasarkan panjang kolom dikurangi dengan tinggi dimensi balok (d) yaitu 73,2 cm, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Penahan Lateral (L}_b) &= 360 \text{ cm} - 75 \text{ cm} \\ &= 285 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \times 27,2 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 1354,02 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p$$

$$285 \text{ cm} < 1354,2 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \text{bentang pendek}$$

Karena profil termasuk bentang pendek maka hanya diperhitungkan terhadap kelelahan saja dengan rumusan Momen Nominalnya (M_n) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= sM + cM \\ &= 341250 \text{ kgm} + 22465,51 \text{ kgm} \\ &= 363715,51 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan :

$$\begin{aligned} M_u &< \emptyset M_n \\ 77780,11 \text{ kgm} &< 0,9 \times 363715,51 \text{ kgm} \\ 77780,11 \text{ kgm} &< 327343,96 \text{ kgm (OK)} \end{aligned}$$

Keterangan :

Bentang Pendek (Pasal F2 Ayat 2 SNI 1729: 2015)

Persyaratan Desain (Bab B Pasal 3 (B3-1) SNI 1729:2015)

$$\emptyset = 0,9 \quad (\text{Pasal F1 Ayat 1 SNI 1729:2015})$$

e. Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek $P-\Delta$ ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_r &= \beta_1 M_{nt} + \beta_2 M_{lt} \\ P_r &= P_{nt} + \beta_2 P_{lt} \end{aligned}$$

dengan,

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1$$

Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari ETABS dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 M_1 = 25103,12 \text{ kgm} & P_1 = 1149260,71 \text{ kg} \\
 M_2 = 77780,11 \text{ kgm} & L = 285 \text{ cm} \\
 M_{nt} = 1055,55 \text{ kgm} & P_{nt} = 571756,59 \text{ kg} \\
 M_{lt} = 77780,11 \text{ kgm} & P_{lt} = 577504,12 \text{ kg} \\
 P_{\text{Story}} = 577504,12 \text{ kg} & \Delta_h = 2,695 \text{ mm} \\
 H = 17191,04 \text{ kg} &
 \end{array}$$

Perhitungan Komponen B₁

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = \frac{\pi \times 2000000 \times 477900}{(1 \times 285)^2} = 116138724,4 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{25103,12}{77780,11} \right) = 0,471$$

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$= \frac{0,471}{1 - (1 \times \frac{1149260,71}{116138724,4})} \geq 1$$

$$= 0,476 < 1$$

Sehingga, digunakan $\beta_1 = 1$.

Perhitungan Komponen B₂

$$R_m = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{1149260,71}{577504,12} \right) = 0,701$$

$$P_{e \text{ story}} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 0,819 \times \frac{17191,04 \times 2850}{2,695} = 12752975 \text{ kg}$$

$$\beta_2 = \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1$$

$$= \frac{1}{1 - (1 \times \frac{577504,12}{12752975})} \geq 1$$

$$= 1,05 \geq 1$$

Sehingga, digunakan β_2 adalah 1,047

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt} \\ &= 1 \times 1055,55 \text{ kgm} + 1,05 \times 77780,11 \text{ kgm} \\ &= 82524,91 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah X sebesar 82524,91 kgm

1. Kuat Lentur Orde Kedua (Mr) Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari ETABS dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} M_1 &= 7229,01 \text{ kgm} & P_1 &= 1149260,71 \text{ kg} \\ M_2 &= 49963,88 \text{ kgm} & L &= 285 \text{ cm} \\ M_{nt} &= 7497,51 \text{ kgm} & P_{nt} &= 571756,59 \text{ kg} \\ M_{lt} &= 49963,88 \text{ kgm} & P_{lt} &= 577504,12 \text{ kg} \\ P_{\text{Story}} &= 577504,12 \text{ kg} & \Delta_h &= 1,547 \text{ mm} \\ H &= 14955,41 \text{ kg} \end{array}$$

Perhitungan Komponen B₁

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = \frac{\pi \times 2000000 \times 477900}{(1 \times 285)^2} = 116138724,4 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(\frac{7229,01}{49963,88} \right) = 0,542$$

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$= \frac{0,542}{1 - \left(1 \times \frac{1149260,71}{116138724,4} \right)} \geq 1$$

$$= 0,548 < 1$$

Sehingga, digunakan $\beta_1 = 1$

Perhitungan Komponen B_2

$$R_m = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{e \text{ story}}} \right) = 1 - 0,15 \left(\frac{1149260,71}{577504,12} \right) = 0,701$$

$$P_{e \text{ story}} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 0,701 \times \frac{14955,41 \times 2850}{1,547} = 19327519,6 \text{ kg}$$

$$\beta_2 = \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1$$

$$= \frac{1}{1 - (1 \times \frac{577504,12}{19327519,6})} \geq 1$$

$$= 1,03 > 1$$

Sehingga, digunakan β_2 adalah 1,03

Maka, perhitungan pembesaran momen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{uy} &= \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt} \\ &= 1 \times 7497,61 \text{ kgm} + 1,03 \times 49963,88 \text{ kgm} \\ &= 59000,29 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan perbesaran nilai momen akibat orde kedua arah Y sebesar 59000,29 kgm.

2. Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

Didapatkan data perencanaan dari ETABS serta perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

$$P_{nt} = 571756,59 \text{ kg} \quad B_2 = 1,047$$

$$P_{lt} = 577504,12 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 571756,59 \text{ kg} + 1,047 \times 577504,12 \text{ kg} \\ &= 1176652,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. Kontrol Interaksi Aksial dan Momen

Data perencanaan di dapatkan dari perhitungan sebelumnya, dengan hasil sebagai berikut :

$$M_{ux} = 82524,91 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= 2699770 \text{ kg} \\
 M_{uy} &= 59000,29 \text{ kgm} \\
 M_n &= 363715,51 \text{ kgm} \\
 P_r &= 1176652,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Persamaan interaksinya adalah :

$$\emptyset P_n = 0,9 \times 2699770 = 2429793 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\emptyset P_n} = \frac{1176652,75}{2429793} = 0,484 > 0,2$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 363715,51 = 327343,96 \text{ kg}$$

Maka, menggunakan persamaan interaksi 1 dengan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\emptyset P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\emptyset M_n} + \frac{M_{uy}}{\emptyset M_n} \right) \leq 1$$

$$0,484 + \frac{8}{9} \left(\frac{82524,91}{327343,96} + \frac{59000,29}{327343,96} \right) \leq 1$$

$$0,869 < 1 \text{ (OK)}$$

Sehingga kolom CFT dengan dimensi profil HSS 700x700x25x25 dapat digunakan.

4.3.2.2 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT

Perhitungan kolom untuk dua tipe lainnya, yaitu HSS 600x600x25x25 dan HSS 400x400x25x25 dilakukan dengan cara yang sama seperti perhitungan pada HSS 700x700x25x25, sehingga ditampilkan dalam tabel rekapitulasi.

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT (Luas Minimum Baja dan Tebal Minimum)

Keterangan	Luas min baja		t minimum		
	$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 4\%$		$t_{min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$		
	Persentase	Kontrol	t min	t profil	syarat
HSS 700x700x25x25	13,184 %	OK	14,29	25	OK
HSS 600x600x25x25	15,200 %	OK	12,25	25	OK
HSS 400x400x25x25	21,600 %	OK	10,21	22	OK

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT

Kolom	Kontrol Penampang							
	Aksial				Lentur			
	λ	λ_p	λ_r	Keterangan	λ	λ_p	λ_r	Keterangan
Tipe 1	28	63,92	84,85	Kompak	28	63,92	84,85	Kompak
Tipe 2	24			Kompak	24			Kompak
Tipe 3	16			Kompak	16			Kompak

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT

Kolom	Mn (kgm)	ØMn (kgm)	Mu (kgm)	Kontrol
Tipe 1	363715,51	327343,96	77780,11	OK
Tipe 2	256314,28	230682,85	19597,80	OK
Tipe 3	99201,81	89281,63	10407,40	OK

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT

Kolom	Cm	Pe1	B1		RM	Pe story		B2	Mrx (kgm)
			hit	pakai		hit	pakai		
Tipe 1	0,47	116138724	0,48	1	0.70	12752975		1,05	82525
Tipe 2	0,36	71265087	0,36	1	0,07	505931		1	45659
Tipe 3	0,27	18708919	0,28	1	0,32	1177580		1,20	21776

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT

Kolom	Cm	Pe1	B1		RM	Pe story		B2	Mry (kgm)
			hit	pakai		hit	pakai		
Tipe 1	0,54	116138724	0,55	1	0.70	19327519		1,03	59000
Tipe 2	0,29	71265087	0,30	1	0,16	1197406		1	23062
Tipe 3	0,35	18708919	0,35	1	0,29	1431887		1,16	14286

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT

Kolom	Pnt (kg)	Plt (kg)	B2	Pr (kg)
Tipe 1	571756,69	577504,12	1,05	1176652,75
Tipe 2	201306,87	217508,32	1	418815,19
Tipe 3	192173,12	194363,00	1,20	424957,93

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Perhitungan Kolom RCFT

Kolom	Pr / ØP _n	Interaksi	Kontrol
		$\frac{Pu}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mux}{\phi Mn} + \frac{Muy}{\phi Mn} \right)$	
Tipe 1	0,48	0,87	OK
Tipe 2	0,22	0,48	OK
Tipe 3	0,40	0,76	OK

4.3.3 Perencanaan Steel Plate Shear Wall (SPSW)

Dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*) di desain menggunakan peraturan *AISC Design Guide 20: Steel Plate Shear Walls*. Tebal rencana pelat SPSW 5 mm. Desain rencana untuk *HBE* dan *VBE* adalah sebagai berikut :

HBE = WF 600×300×12×20

VBE = HSS 700×700×25×25

Mutu pelat = BJ-37

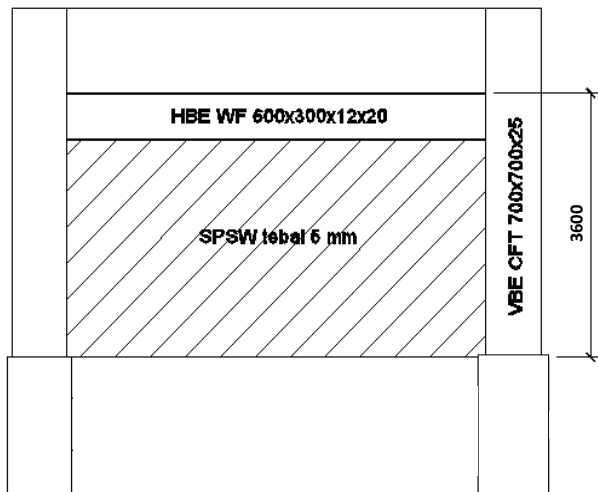
$f_{y_{\text{pelat}}} = 240 \text{ Mpa}$

$f_{u_{\text{pelat}}} = 370 \text{ Mpa}$

Mutu profil = BJ-41

$f_{y_{\text{profil}}} = 250 \text{ Mpa}$

$f_{u_{\text{profil}}} = 410 \text{ Mpa}$



Gambar 4. 36 *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)

4.3.3.1 Kontrol Pelat SPSW

Berikut ini adalah perhitungan dinding geser pelat baja dan pengaruhnya terhadap balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*).

Dari hasil analisis ETABS didapatkan gaya geser pada dinding geser yaitu

$$V_u = 30861,17 \text{ kg}$$

$$\text{Panjang HBE (L)} = 300 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi VBE (h)} = 360 \text{ cm}$$

- 1) Tebal Dinding Geser (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 3-20)

Untuk perencanaan tebal pelat awal, diasumsikan sudut geser (α) = 30°

$$\phi V_n = 0,90 \times 0,42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$t_w = \frac{\phi V_n}{0,90 \times 0,42 \times f_y \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)}$$

$$t_w = \frac{3861,17}{0,90 \times 0,42 \times 2400 \times 300 \times \sin(2.30)}$$

$$t_w = 0,131 \text{ cm}$$

$$t_w \geq t_{w_{\min}}$$

$$0,5 \text{ cm} \geq 0,131 \text{ cm (OK)}$$

- 2) Sudut Tarik Aktual Sesuai Ketebalan SPSW (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 2-1)

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{t_w \cdot L}{2A_c}}{1 + t_w \cdot h \left[\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right]}$$

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{0,5 \times 300}{2 \times 646}}{1 + 0,5 \times 360 \left[\frac{1}{192,5} + \frac{360^3}{360 \cdot 477900 \times 300} \right]}$$

$$\tan \alpha = 0,854$$

$$\alpha = 40,50^\circ$$

Syarat : $30^\circ < \alpha < 55^\circ$

$30^\circ < 40,50^\circ < 55^\circ$ (OK)

- 3) Kekuatan Geser Aktual SPSW

$$\phi V_n = 0,90 \times 0,42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$\phi V_n = 0,90 \times 0,42 \times 2400 \times 0,6 \times 300 \times \sin(2 \times 40,50^\circ)$$

$$\phi V_n = 88375,36 \text{ kg}$$

Syarat : $\phi V_n > V_u$

$$88375,36 > 30861,17 \text{ (OK)}$$

4.3.1.2 Kontrol Balok HBE

Balok untuk dinding geser direncanakan dengan profil WF 600 × 300 × 12 × 20.

W	= 151 kg/m	r	= 28 mm	h_w	= 492 mm
A	= 192,5 cm ²	Z_x	= 4309 cm ³	b_f	= 300 mm
t_w	= 12 mm	i_y	= 6,85 cm		
t_f	= 20 mm	I_x	= 118000 cm ⁴		
d	= 588 mm	I_y	= 9020 cm ⁴		

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari SPSW.

- 1) Momen pada balok (HBE) akibat SPSW

$$M_u = \frac{q_u L_h^2}{8}$$

Menentukan nilai q_u

$$q_u = R_y \cdot f_y (t_w \cos^2 \alpha_1 - t_w \cos^2 \alpha_2)$$

$$q_u = 1,5 \cdot 2400 (0,5 \times \cos^2 40,50 - 0,5 \times \cos^2 40,50)$$

$$q_u = 0$$

Panjang beban terbagi merata q_u

$$L_h = L - 2 \left[\frac{1}{2} (d_c + d_b) \right]$$

$$L_h = 300 - 2 \left[\frac{1}{2} (700 + 588) \right]$$

$$L_h = 171 \text{ cm}$$

Jadi momen pada balok akibat *SPSW*

$$M_u = \frac{0 \times 1,97^2}{8} = 0$$

Momen tersebut adalah momen akibat dari *SPSW* sehingga perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi.

$$M_u = 0 + 13480,44 = 13480,44 \text{ kgm}$$

2) Gaya aksial pada balok (HBE)

$$P_{HBE} = P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(web)}$$

$$P_{HBE(VBE)} = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c$$

$$P_{HBE(VBE)} = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times [2 \times \sin^2(40,50) \times 0,5 \times (301,2)]$$

$$P_{HBE(VBE)} = 238193,55 \text{ kg}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} R_y f_y [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] L_{cf}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times [0,5 \times \sin^2(2 \times 40,50) - 0,5 \times \sin^2(2 \times 40,50)] \times (300 - 0,7)$$

$$P_{HBE(web)} = 0$$

Nilai $[t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] = 0$ karena dimensi *SPSW* lantai 1 dan atasnya sama.

Nilai P_{HBE} pada balok akibat distribusi gaya dari *SPSW* adalah :

$$P_{HBE} = 238193,55 \text{ kg} + \frac{1}{2} \times 0$$

$$P_{HBE} = 238193,55 \text{ kg}$$

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$\beta_1 = 1$$

- Karena nilai $\beta_1 = 1$, maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$P_r = P_u = 238193,55 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt} \\ &= 1 \times 13480,44 \\ &= 13480,44 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- 3) Gaya geser pada balok (HBE) akibat SPSW

Gaya geser dihitung dengan sebagai berikut:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{ug}$$

Momen lentur balok, M_{pr} , dihitung dengan berdasarkan V_u balok yang telah diperlemah (*strength reduced*). Perlemahan diasumsikan 2/3 dari modulus penampang plastik balok.

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1.1 R_y f_y Z_{RBS} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times (2/3 \times 4309) \\ &= 11849508 \text{ kgcm} \\ &= 118495,08 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya aksial *HBE* pada sambungan mungkin digunakan untuk menghitung kekuatan lentur yang telah diperlemah pada sendi plastis.

$$\begin{aligned} P_y &= f_y A_g \\ &= 2500 \times 192,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 481250 \text{ kg} \\
 \frac{P_u}{P_y} &= \frac{238193,55}{481250} = 0,495 > 0,2 \\
 M_{pr}^* &= \frac{9}{8} M_{pr} \left[1 - \frac{P_u HBE}{P_y} \right] \\
 M_{pr}^* &= \frac{9}{8} 118495,08 \left[1 - \frac{238193,55}{481250} \right] \\
 &= 67326,99 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

V_{ug} merupakan gaya geser akibat beban gravitasi merupakan hasil output ETABS. $V_{ug} = 3101,12 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{2 \times 67326,99}{3,00} + 3101,12 \\
 &= 47985,79 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4) Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,50$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p = 8,82 < 10,75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{548}{12} = 45,67$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,768 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p = 45,67 < 106,35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 4309 = 10772280 \text{ kgcm} \\
 &= 107722,80 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 107722,80$$

$$= 96950,52 \text{ kgm} > 13480,44 \text{ kgm (OK)}$$

• Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

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

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 6,85 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 341 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p = 300 < 341 \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 4309 = 10772280 \text{ kgcm}$$

$$= 107722,80 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 107722,80$$

$$= 96950,52 \text{ kgm} > 13480,44 \text{ kgm (OK)}$$

5) Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{548}{12} = 45,67$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71,005$$

$K_v = 5$ (tanpa pengekang transversal) *SNI 1729-2015 Bab G pasal G2*

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga:

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

$$= 0,6 \times 2500 \times ((58,8 - 2 \times 2) \times 1,2) \times 1,00$$

$$= 98640 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 98640$$

$$= 88776 \text{ kg} > 47985,79 \text{ kg (OK)}$$

- 6) Kekuatan Tekan Balok (HBE)
(SNI 1729-2015 Bab E pasal E3)

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

$$K_c = 1,00$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K.L}{r_{min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 2000000}{\left(\frac{1 \times 300}{6,85}\right)^2} = 10291,26 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{F_e} = \frac{2500}{10291,26} = 0,24$$

karena $\frac{f_y}{F_e} = 0,24 < 2,25$ maka f_{cr} dihitung dengan:

$$F_{cr} = \left[0,658^{\frac{f_y}{F_e}} \right] \times f_y = 0,658^{0,24} \times 2500$$

$$F_{cr} = 2258,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

$$= 2258,31 \times 192,5 = 434723,70 \text{ kg}$$

$$\emptyset P_n = 0,9 \times 434723,70$$

$$= 369515,15 \text{ kg} > 238193,55 \text{ kg (OK)}$$

- 7) Interaksi aksial dan lentur balok (HBE)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{238193,55}{369515,15} = 0,645 > 0,2$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{13840,44}{96959,52} = 0,139$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) = 0,768 < 1,0 \text{ (OK)}$$

- 8) Kontrol momen interaksi balok (HBE) terhadap SPSW

$$I_{HBE} \geq 0.003 \frac{(\Delta t_w) L^4}{h}$$

$$118000 \geq 0,003 \frac{\Delta t_w \times L^4}{h}$$

$$118000 \geq 33750 \text{ (OK)}$$

- 9) Kontrol ketebalan pelat badan balok (HBE)

$$t_{wHBE} \geq \frac{t_w R_y f_y}{f_{yHBE}}$$

$$1,2 \geq \frac{0,5 \times 1,5 \times 2400}{2500}$$

$$1,2 \text{ cm} \geq 0,72 \text{ cm (OK)}$$

Balok $600 \times 300 \times 12 \times 17$ aman digunakan untuk balok (HBE) komponen SPSW.

4.3.1.3 Kontrol Desain Kolom VBE

Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT dengan profil HSS $700 \times 700 \times 25 \times 25$ dengan mutu inti beton $f_c = 25$ MPa dan tinggi kolom 375 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	= 700 mm	I_x	= 477900 cm ⁴
b_f	= 700 mm	I_y	= 477900 cm ⁴
t_w	= 25 mm	i_x	= 31.66 cm
t_f	= 25 mm	i_y	= 27.2 cm
A	= 646 cm ²	Z_x	= 13650 cm ³
h	= 650 mm	f_y	= 250 Mpa

- 1) Gaya aksial pada kolom (VBE)

$$P_u = 173471,79 \text{ kg (akibat beban gravitasi)}$$

$$\begin{aligned}
 E_m &= \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h + \sum V_u \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times [\sin(2 \times 40,50) \times 0,5 \times 360 \times \\
 &\quad 2] + (2 \times 47985,79) \\
 &= 534341,40 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{u \text{ total}} &= 173471,79 \text{ kg} + 534341,40 \text{ kg} \\
 &= 707813,19 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Nilai P_{HBE} pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$\beta_1 = 1,00$$

Karena nilai $\beta_1 = 1,00$ maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan momen.

$$P_r = P_u = 707813,19 \text{ kg}$$

2) Momen pada kolom (*VBE*) akibat *SPSW*

Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser (*SPSW*) pada sambungan.

$$\begin{aligned}
 M_{\text{VBE(web)}} &= R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w \left(\frac{h_c^2}{12} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times [\sin^2(40,50) \times 0,5 \times \left(\frac{(301,2)^2}{12} \right)] \\
 &= 5978658,10 \text{ kgcm} \\
 &= 59786,68 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Momen lentur pada kondisi kolom (*VBE*) mengalami tekan.

$$M_{\text{(VBE)(HBE)}} = \frac{1}{2} \sum M_{pb}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{pb}} &= \frac{M_{pr}}{1.1 R_y} + V_{ush} \\
 &= \frac{11849508}{1,1 \times 1,5} + 4798578 \times \left(\frac{58,8}{2} + \frac{70}{2} \right) \\
 &= 10271805 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 102718,05 \text{ kgm} \\
P_u &= \frac{1}{2} P_{HBE(web)} \\
&= 0,5 \times 0 \\
&= 0 \\
P_y &= f_y A_g \\
&= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 646 \text{ cm}^2 \\
&= 1615000 \text{ kg} \\
\frac{P_u}{P_y} &= \frac{0}{1615000} = 0 < 0,2 \\
M_{pr}^* &= (1,1 \times R_y \times f_y \times Z) \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{P_u HBE}{P_y} \right) \right] \\
M_{pr}^* &= (118495,08) \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{0}{1439750} \right) \right] \\
&= 118495,08 \text{ kgm} \\
M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1,1 R_y} + V_{ush} \\
&= \frac{118495,08}{1,1 \times 1,5} + 47985,79 \times \left(\frac{58,8}{2} + \frac{70}{2} \right) \\
&= 10271805 \text{ kgcm} \\
&= 102718,05 \text{ kgm} \\
M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
&= 0,5 \times (102718,05 + 102718,05) \\
&= 102718,05 \text{ kgm} \\
M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\
&= 59786,68 \text{ kgm} + 102718,05 \text{ kgm} \\
&= 162504,63 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

Nilai $B_1 = 1$, faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$= 1,00 \times 162504,63$$

$$= 162504,63 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 327343,96 \text{ kgm (dari perhitungan Kolom CFT)}$$

$$= 327343,96 \text{ kgm} > 162504,63 \text{ kgm (OK)}$$

3) Gaya geser pada kolom (*VBE*) akibat *SPSW*

$$V_{(VBE)(web)} = \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times [\sin^2(40,50) \times 0,5 \times 301,2]$$

$$= 142346,74 \text{ kg}$$

$$V_{(VBE)(HBE)} = \Sigma \frac{1}{2} \left(\frac{M_{pc}}{h_c} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{162504,63 + 102718,05}{301,2} \right)$$

$$= 44027,74 \text{ kg}$$

Gaya geser total adalah :

$$V_u = V_{(VBE)(HBE)} + V_{(VBE)(web)}$$

$$= 44027,74 + 142346,74$$

$$= 186374,41 \text{ kg}$$

4) Kontrol kekuatan tekan kolom komposit (*VBE*)

Pada struktur dinding geser (*SPSW*) inti beton menggunakan beton dengan kuat tekan $f_c = 30 \text{ Mpa}$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 25} = 14$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 14 \leq 63,92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_n = P_p$$

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

$$P_n = P_p = 2500 \times 646 + 0,85 \times 300(4254 + 0)$$

$$P_n = P_p = 1615000 \text{ kg} + 1084770 \text{ kg}$$

$$P_n = P_p = 2699770 \text{ kg}$$

$$\emptyset P_n \geq P_u$$

$$0,9 \times 2699770 \text{ kg} \geq 707813,19 \text{ kg}$$

$$2294804,50 \text{ kg} \geq 707813,19 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

5) Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{700 - 2(25)}{25} = 26$$

$$1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$$

$K_v = 5$ (tanpa pengekan transversal) *SNI 1729-2015 Bab G pasal G2*

$$1,1 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{Karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga:

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times (65 \times 2,5) \times 1,00 \\ &= 243750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \times 243750 \\ &= 219375 \text{ kg} > 186374,41 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

6) Interaksi aksial dan lentur kolom (*VBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{707813,19}{2294804,50} = 0,31 > 0,2$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{162504,63}{327343,96} = 0,50$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) = 0,75 < 1,0 \quad (\text{OK})$$

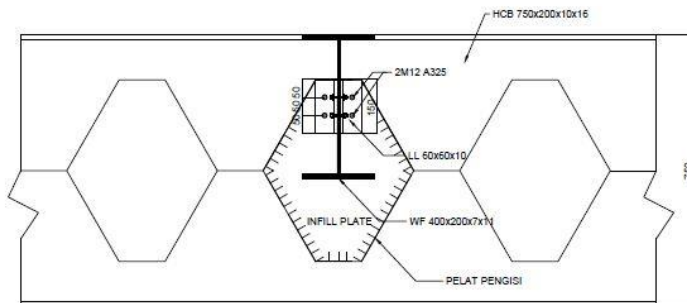
4.4 Perencanaan Sambungan

4.4.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan antara balok induk dengan balok anak direncanakan menggunakan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, karena balok anak yang merupakan struktur sekunder diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana (sendi).

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak, yaitu sebesar 12582,86 kg dengan profil balok anak menggunakan WF 400×200×7×11, sedangkan balok induk menggunakan balok *hexagonal castellated* HCB 750×200×10×16. Pada sambungan ini direncanakan menggunakan profil siku 60×60×10.

Sambungan balok anak dengan balok induk dapat dilihat pada Gambar 4.37.



Gambar 4. 37 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Direncanakan :

$$\begin{aligned}\emptyset \text{ baut} &= \text{M12 (} A_b = 1,131 \text{ cm}^2\text{)} \\ \text{Mutu baut} &= \text{A325 (} f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2\text{)} \\ F_{nv} &= 457 \text{ MPa} = 4570 \text{ kg/cm}^2 \\ m &= 2\end{aligned}$$

- a. Kontrol jarak baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.3, Pasal J3.4, dan Pasal J3.5)

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 22 \text{ mm s.d } 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s.d. (} 12 \times 10\text{) mm} \\ &= 22 \text{ mm s.d. } 120 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm} = S$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d. } 24 t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= (3 \times 12) \text{ mm s.d. (} 24 \times 10\text{) mm} \\ &= 36 \text{ mm s.d } 240 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm} = S_1$$

Sehingga panjang profil siku = 150 mm

- b. Sambungan siku dengan balok anak:

- Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset (F_{nv} \times A_b \times m) \\ &= 0,75 (4570 \times 1,131 \times 2) \text{ cm}^2 \\ &= 7753,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$l_c = S_1 - \frac{d_b}{2}$$

$$l_c = 50 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2}$$

$$l_c = 44 \text{ mm} = 4,4 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\emptyset R_{n1} &= \emptyset (1,2 \times l_c \times t_p \times f_u) \\ &= 0,75 (1,2 \times 4,4 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 16236 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset R_{n2} &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 (2,4 \times 1,2 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 8556,0 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara $\varnothing R_{n1}$ dan $\varnothing R_{n2}$ maka, dipakai nilai kuat tumpu = 8856,00 kg.

- Jumlah baut (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_u}{\varnothing R_n} \\ n &= \frac{12586,86 \text{ kg}}{8556,00 \text{ kg}} \\ &= 1,78 \approx 2 \text{ buah dalam satu baris} \end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut M12

- Kontrol elemen geser (SNI 1729:2015 Pasal J4.2)

Kuat Leleh :

$$\begin{aligned} A_{gv} &= t_p \times p_p \\ &= 1 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \\ &= 15 \text{ cm}^2 \\ \varnothing &= 1 \\ \varnothing R_n &= \varnothing (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\ &= 1 (0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 15) \\ &= 22500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \varnothing R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 12582,86 \text{ kg} &\leq 22500 \text{ kg} \times 2 \\ 12582,86 \text{ kg} &\leq 45000 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kuat Runtuh :

$$\begin{aligned} \varnothing_{\text{lubang}} &= d_b + 2 \\ &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \\ L_{nv} &= P_p - (n \times \varnothing_{\text{lubang}}) \\ &= 150 \text{ mm} - (2 \times 14 \text{ mm}) \\ &= 122 \text{ mm} \\ A_{nv} &= L_{nv} \times t_p \\ &= 122 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 1220 \text{ mm}^2 \\ &= 12,20 \text{ cm}^2 \\ \varnothing &= 0,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \varnothing (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 12,2 \text{ cm}^2) \\ &= 22509 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}V_u &\leq \varnothing R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 12582,86 \text{ kg} &\leq 22509 \text{ kg} \times 2 \\ 12582,86 \text{ kg} &< 45018 \text{ kg} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

c. Sambungan siku dengan balok induk:

- Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \varnothing (F_{nv} \times A_b \times m) \\ &= 0,75 (4570 \times 1,131 \times 2) \text{ cm}^2 \\ &= 7753,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\begin{aligned}l_c &= S_1 - \frac{d_b}{2} \\ l_c &= 50 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2} \\ l_c &= 44 \text{ mm} = 4,4 \text{ cm} \\ \varnothing R_{n1} &= \varnothing (1,2 \times l_c \times t_p \times f_u) \\ &= 0,75 (1,2 \times 4,4 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 16236 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing R_{n2} &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 1 \times 4100 \\ &= 8856,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara $\varnothing R_{n1}$ dan $\varnothing R_{n2}$ maka, diapakai nilai kuat tumpu = 8856,00 kg

- Jumlah baut (n)

$$\begin{aligned}n &= \frac{V_u}{\varnothing R_n} \\ n &= \frac{12586,86 \text{ kg}}{8556,00 \text{ kg}} \\ &= 1,78 \approx 2 \text{ buah dalam satu baris}\end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut M12

- Kontrol elemen geser (SNI 1729:2015 Pasal J4.2)

Kuat Leleh :

$$\begin{aligned} A_{gv} &= t_p \times p_p \\ &= 1 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \\ &= 15 \text{ cm}^2 \\ \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\ &= 1 (0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 15) \\ &= 22500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 12582,86 \text{ kg} &\leq 22500 \text{ kg} \times 2 \\ 12582,86 \text{ kg} &\leq 45000 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kuat Runtuh :

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= d_b + 2 \\ &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \text{ (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \\ L_{nv} &= P_p - (n \times \phi_{\text{lubang}}) \\ &= 150 \text{ mm} - (2 \times 14 \text{ mm}) \\ &= 122 \text{ mm} \\ A_{nv} &= L_{nv} \times t_p \\ &= 122 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 1220 \text{ mm}^2 = 12,20 \text{ cm}^2 \\ \phi R_n &= \phi (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 12,2 \text{ cm}^2) \\ &= 22509 \text{ kg} \end{aligned}$$

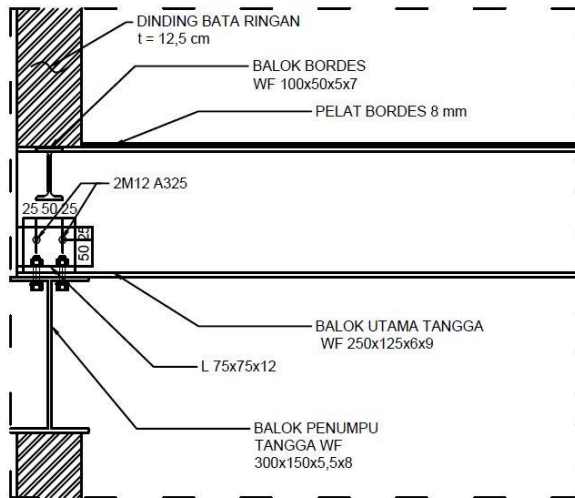
Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 12582,86 \text{ kg} &\leq 22509 \text{ kg} \times 2 \\ 12582,86 \text{ kg} &< 45018 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Untuk perhitungan balok yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasil jumlah sambungan serta jarak sambungan yang didapatkan untuk sambungan balok anak dengan balok induk sama.

4.4.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar 1772,037 kg, dengan dimensi balok utama tangga yaitu WF 250×125×6×9 dan balok penumpu tangga WF 300×150×5,5×8. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 75×75×12.



Gambar 4. 38 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

a. Sambungan Baut dengan Siku pada Balok Utama Tangga:

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm} \quad (A_b = 1,131 \text{ cm}^2)$$

Mutu baut A325

$$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)}$$

- Kontrol jarak baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.3, Pasal J3.4, dan Pasal J3.5)

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 22 \text{ mm s.d } 12 t_{\text{plateu}} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s.d. } (12 \times 12) \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s.d. } 144 \text{ mm} \end{aligned}$$

Terpasang = 25 mm = S
 Jarak antar baut = 3 d_b s.d. 24 t_p atau 305 mm
 = (3 x 12) mm s.d. (24 x 12) mm
 = 36 mm s.d 288 mm
 Terpasang = 50 mm = S_1
 Sehingga panjang profil siku = 100 mm

- Sambungan baut dengan siku balok utama tangga:

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi (F_{nv} \times A_b \times m) \\
 &= 0,75 (4570 \times 1,131 \times 1) \text{ cm}^2 \\
 &= 3876,50 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\begin{aligned}
 l_c &= S_1 - \frac{d_b}{2} \\
 l_c &= 50 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2} \\
 l_c &= 44 \text{ mm} = 4,4 \text{ cm} \\
 \phi R_{n1} &= \phi (1,2 \times l_c \times t_p \times f_u) \\
 &= 0,75 (1,2 \times 4,4 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 19483,20 \text{ kg} \\
 \phi R_{n2} &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0,75 (2,4 \times 1,2 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 10627,20 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara ϕR_{n1} dan ϕR_{n2} maka, dipakai nilai kuat tumpu = 10267,20 kg.

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser dan kuat tumpu baut. Sehingga $\phi R_n = 3876,50 \text{ kg}$

- Jumlah baut (n)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_u}{\phi R_n} \\
 n &= \frac{1772,04 \text{ kg}}{3876,50 \text{ kg}} \\
 &= 0,46 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut M12

- Kontrol elemen geser (SNI 1729:2015 Pasal J4.2)

Kuat Leleh :

$$\begin{aligned} A_{gv} &= t_p \times p_p \\ &= 1,2 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \\ &= 12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset = 1$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\ &= 1 (0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 12 \text{ cm}^2) \\ &= 18000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$V_u \leq \emptyset R_n \times \text{jumlah pelat}$$

$$1772,04 \text{ kg} \leq 18000 \text{ kg} \times 1$$

$$1772,04 \text{ kg} \leq 18000 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kuat Runtuh :

$$\begin{aligned} \emptyset_{\text{lubang}} &= d_b + 2 \\ &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{nv} &= P_p - (n \times \emptyset_{\text{lubang}}) \\ &= 100 \text{ mm} - (2 \times 14 \text{ mm}) \\ &= 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times t_p \\ &= 72 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \\ &= 864 \text{ mm}^2 \\ &= 8,64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 8,64 \text{ cm}^2) \\ &= 15940,80 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$V_u \leq \emptyset R_n \times \text{jumlah pelat}$$

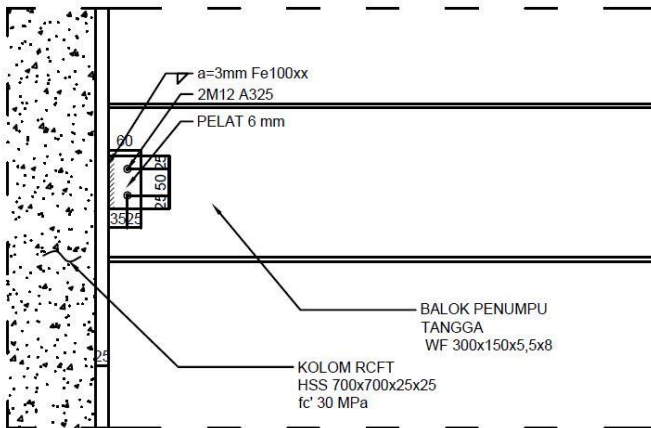
$$1772,04 \text{ kg} \leq 15940,80 \text{ kg} \times 1$$

$$1772,04 \text{ kg} < 15940,80 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

4.4.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan antara balok penumpu tangga dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok penumpu tangga, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar 2114,26 kg, dengan dimensi balok penumpu tangga yaitu WF 300×150×5,5×8 dan dimensi kolom yaitu HSS 700×700×25×25. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil pelat 6 mm.



Gambar 4. 39 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- a. Kontrol pelat sambung yang digunakan

$$t_p \leq \frac{f_u}{f_{yp}} t$$

Keterangan :

t = tebal profil HSS

$$t_p \leq \frac{4100}{2500} 2,5$$

$$t_p \leq 4,1 \text{ cm}$$

dipakai $t_p = 0,6 \text{ cm}$

b. Sambungan Baut pada Badan Balok Penumpu Tangga

$$\begin{aligned}\varnothing \text{ baut} &= \text{M12} (A_b = 1,131 \text{ cm}^2) \\ \text{Mutu baut} &= \text{A325} (f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2) \\ F_{nv} &= 457 \text{ MPa} = 4570 \text{ kg/cm}^2 \\ (\text{SNI 1729:2015 Tabel J3.2}) \\ m &= 1\end{aligned}$$

- Kontrol jarak baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.3, Pasal J3.4, dan Pasal J3.5)

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 22 \text{ mm s.d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s.d. } (12 \times 6) \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s.d. } 72 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 25 \text{ mm} = S$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d. } 24 t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= (3 \times 12) \text{ mm s.d. } (24 \times 6) \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s.d } 144 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm} = S_1$$

$$\text{Sehingga panjang profil siku} = 100 \text{ mm}$$

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \varnothing (F_{nv} \times A_b \times m) \\ &= 0,75 (4570 \times 1,131 \times 1) \text{ cm}^2 \\ &= 3876,50 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$l_c = S_1 - \frac{d_b}{2}$$

$$l_c = 50 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2}$$

$$l_c = 44 \text{ mm} = 4,4 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\varnothing R_{n1} &= \varnothing (1,2 \times l_c \times t_p \times f_u) \\ &= 0,75 (1,2 \times 4,4 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 9741,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing R_{n2} &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 (2,4 \times 1,2 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 5313,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara $\varnothing R_{n1}$ dan $\varnothing R_{n2}$ maka, diapakai nilai kuat tumpu = 5313,60 kg.

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser dan kuat tumpu baut. Sehingga $\varnothing R_n = 3876,50 \text{ kg}$

- Jumlah baut (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_u}{\varnothing R_n} \\ n &= \frac{2114,26 \text{ kg}}{3876,50 \text{ kg}} \\ &= 0,55 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut M12 dalam satu baris

- Kontrol elemen geser (SNI 1729:2015 Pasal J4.2)

Kuat Leleh :

$$\begin{aligned} A_{gv} &= t_p \times p_p \\ &= 0,6 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \\ &= 6 \text{ cm}^2 \\ \varnothing &= 1 \\ \varnothing R_n &= \varnothing (0,6 \times f_y \times A_{gv}) \\ &= 1 (0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 6 \text{ cm}^2) \\ &= 9000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \varnothing R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 2114,26 \text{ kg} &\leq 9000 \text{ kg} \times 1 \\ 2114,26 \text{ kg} &\leq 9000 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kuat Runtuh :

$$\begin{aligned} \varnothing_{\text{lubang}} &= d_b + 2 \\ &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \\ L_{nv} &= P_p - (n \times \varnothing_{\text{lubang}}) \\ &= 100 \text{ mm} - (2 \times 14 \text{ mm}) \\ &= 72 \text{ mm} \\ A_{nv} &= L_{nv} \times t_p \\ &= 72 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \\ &= 432 \text{ mm}^2 \\ &= 4,32 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \varnothing (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 4,32 \text{ cm}^2) \\ &= 7970,40 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}V_u &\leq \varnothing R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 2114,26 \text{ kg} &\leq 7970,40 \text{ kg} \times 1 \\ 2114,26 \text{ kg} &< 7970,40 \text{ kg} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

c. Sambungan Las Sudut pada Kolom

$$\begin{aligned}\text{Mutu las} &= F_{E100xx} \\ &= 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7033 \text{ kg/cm}^2 \\ \theta &= 0^\circ \\ F_{nw} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E70xx} \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \\ l_w = l_{\text{pelat}} &= 10 \text{ cm} \\ t_e &= 0,8 \text{ cm} \\ A_w &= (t_e \times l_w) \times \text{jumlah sisi las} \\ &= (0,8 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}) \times 1 \text{ sisi} \\ &= 8 \text{ cm}^2 \\ f_{\text{total}} &= \frac{V_u}{A_w} \\ &= \frac{2114,26 \text{ kg}}{8 \text{ cm}^2} \\ &= 264,28 \text{ kg/cm}^2 \\ t_e \text{ perlu} &= \frac{f_{\text{total}}}{\varnothing F_{nw}} \\ &= \frac{264,28 \text{ kg/cm}^2}{0,75 \times 4219,8 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 0,1 \text{ cm} \\ a &= \frac{t_e \text{ perlu}}{0,707} \\ &= \frac{0,1 \text{ cm}}{0,707} \\ &= 0,14 \text{ cm} \approx 1,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel J2.4 SNI 1729-2015 ukuran las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\min} = 3 \text{ mm}$. Maka digunakan las sudut dengan tebal 3 mm.

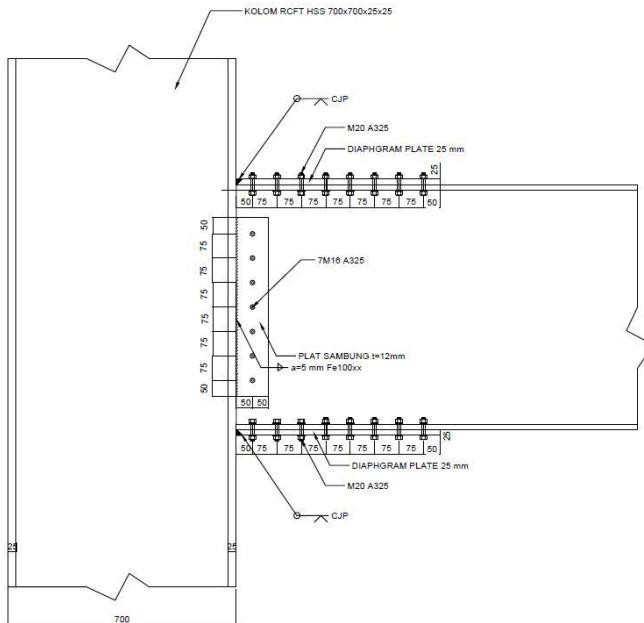
$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \varnothing (F_{nw} \times A_w) \\ &= 0,75 (4219,8 \text{ kg/cm}^2 \times 8 \text{ cm}^2) \\ &= 25318,80 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}V_u &\leq \varnothing R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 2114,26 \text{ kg} &\leq 25318,80 \text{ kg} \times 1 \\ 2114,26 \text{ kg} &< 25318,80 \text{ kg} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

4.4.4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan ini menghubungkan balok induk dengan kolom komposit CFT dengan mutu inti beton = 30 MPa. Sambungan pada kolom dan balok direncanakan dengan *rigid connection*, dimana tumpuan pada balok induk terletak sebagai tumpuan yang diberi pelat pengaku. Perencanaan sambungan seperti pada Gambar 4.47 dan Gambar 4.40.



Gambar 4. 40 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan balok induk dengan kolom dapat direncanakan dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Data Perencanaan :

- Sambungan Baut

$$\text{Mutu} = \text{A325}$$

$$\phi_{\text{baut}} = 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$$

$$A_b = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$F_{nv} = 475 \text{ MPa} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

(SNI 1729:2015 Tabel J3.2)

$$\emptyset_{\text{lubang}} = 18 \text{ mm}$$

(SNI 1729:2015 Tabel J3.3)

$$m = 1$$

- Pelat Sambung

$$t_{\text{pelat}} = 12 \text{ mm pada badan balok induk}$$

b. Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya geser yang bekerja pada sambungan

$$d \text{ balok} = 750 \text{ mm} = 75 \text{ cm}$$

$$Z_x = 3012,61 \text{ cm}^3$$

• Akibat kapasitas balok induk

$$M_u = 1,1 \times R_y \times Z_x \times F_y$$

$$= 1,1 \times 1,5 \times 3012,6 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 12426975 \text{ kgcm}$$

$$V_{u1} = 2 \times \frac{M_u}{L} = 2 \times \frac{12426975 \text{ kgcm}}{900 \text{ cm}} = 24853,50 \text{ kg}$$

• Akibat beban kombinasi

$$V_{u2} = 18260,36 \text{ kg (Output ETABS)}$$

$$V_{u\text{total}} = V_{u1} + V_{u2}$$

$$= 24853,50 \text{ kg} + 18260,36 \text{ kg}$$

$$= 43113,86 \text{ kg}$$

c. Sambungan baut pada badan pada balok induk

Kontrol jarak baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.3, Pasal J3.4, dan Pasal J3.5)

$$\text{Jarak ke tepi} = 22 \text{ mm s.d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 22 \text{ mm s.d. } (12 \times 12) \text{ mm}$$

$$= 22 \text{ mm s.d. } 144 \text{ mm}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm} = S$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3 d_b \text{ s.d. } 24 t_p \text{ atau } 305 \text{ mm}$$

$$= (3 \times 16) \text{ mm s.d. } (24 \times 6) \text{ mm}$$

$$= 48 \text{ mm s.d. } 144 \text{ mm}$$

$$\text{Terpasang} = 75 \text{ mm} = S_1$$

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\varnothing R_n = \varnothing (F_{nv} \times A_b \times m)$$

$$= 0,75 (4570 \times 2,01 \times 1) \text{ cm}^2$$

$$= 6889,28 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$l_c = S_1 - \frac{d_b}{2}$$

$$l_c = 50 \text{ mm} - \frac{12 \text{ mm}}{2}$$

$$l_c = 44 \text{ mm} = 4,4 \text{ cm}$$

$$\varnothing R_{n1} = \varnothing (1,2 \times l_c \times t_p \times f_u)$$

$$= 0,75 (1,2 \times 4,4 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2)$$

$$= 19483,20 \text{ kg}$$

$$\varnothing R_{n2} = \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 (2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2)$$

$$= 14169,60 \text{ kg}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara $\varnothing R_{n1}$ dan $\varnothing R_{n2}$ maka, diapakai nilai kuat tumpu = 14169,60 kg.

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser dan kuat tumpu baut. Sehingga $\varnothing R_n = 6889,28 \text{ kg}$

- Jumlah baut (n)

$$n = \frac{V_u}{\varnothing R_n}$$

$$n = \frac{37436,36 \text{ kg}}{6889,28 \text{ kg}}$$

$$= 6,26 \approx 7 \text{ buah}$$

Dipasang 7 buah baut M16

- Kontrol Kekuatan Pelat Penyambung
Kuat elemen geser (SNI 1729:2015 Pasal J4.2)

Kuat Leleh :

$$\begin{aligned} l_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S \\ &= 2 \times 50 \text{ mm} + (7-1) \times 75 \text{ mm} \\ &= 550 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 \\ &= 2 \times 75 \text{ mm} \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{gv}} &= l_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 5,5 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \\ &= 66 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset = 1$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset (0,6 \times f_y \times A_{\text{gv}}) \\ &= 1 (0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 66 \text{ cm}^2) \\ &= 99000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \emptyset R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 43113,86 \text{ kg} &\leq 99000 \text{ kg} \times 1 \\ 43113,86 \text{ kg} &\leq 99000 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kuat Runtuh :

$$\begin{aligned} L_{\text{nv}} &= l_{\text{pelat}} - (n \times \emptyset_{\text{lubang}}) \\ &= 550 \text{ mm} - (7 \times 18 \text{ mm}) \\ &= 424 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{nv}} &= L_{\text{nv}} \times t_{\text{pelat}} \\ &= 424 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \\ &= 6474 \text{ mm}^2 \\ &= 64,74 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset = 0,75$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset (0,6 \times f_u \times A_{\text{nv}}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 64,74 \text{ cm}^2) \\ &= 119445,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi R_n \times \text{jumlah pelat} \\ 43113,86 \text{ kg} &\leq 119445,74 \text{ kg} \times 1 \\ 43113,86 \text{ kg} &< 119445,74 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

d. Sambungan Geser Badan Balok pada Kolom

Direncanakan sambungan las sudut dengan tebal pelat 12 mm dan panjang 550 mm. Pengelasan dilakukan pada dua sisi *single plate*.

$$\begin{aligned} - \phi F_{nw} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E100XX} \times (1+0,5 \sin^{1,5} \theta) \\ &\text{(SNI 1729-2015 Pasal J2)} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 7033 \text{ kg/cm}^2 \times (1+0,5 \sin^{1,5} 0) \\ &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \\ - l_{\text{pelat}} &= 550 \text{ mm} = 55 \text{ cm} \\ - t_e &= 1 \text{ cm} \\ - A_w &= 2 \times (t_e \times l_{\text{pelat}}) = 2 \times (1 \text{ cm} \times 55 \text{ cm}) = 110 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{V_u}{A_w} = \frac{43113,86 \text{ kg}}{110 \text{ cm}^2} = 391,94 \text{ kg/cm}^2$$

Maka,

$$t_e \text{ perlu} = \frac{f_{\text{total}}}{\phi F_{nw}} = \frac{391,94 \text{ kg/cm}^2}{3164,85 \text{ kg/cm}^2} = 0,12 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e \text{ perlu}}{0,707} = \frac{0,12 \text{ cm}}{0,707} = 0,18 \text{ cm} \approx 2 \text{ mm}$$

Berdasarkan Tabel J2.4 SNI 1729-2015 ukuran las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\text{min}} = 5 \text{ mm}$. Maka digunakan las sudut dengan tebal 5 mm.

e. Sambungan Baut pada Diaphragma Pelat dengan Sayap Balok

$$\begin{aligned} \phi_{\text{baut}} &= 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm} \\ A_b &= 3,14 \text{ cm}^2 \\ \phi_{\text{lubang}} &= 22 \text{ mm (SNI 1729:2015 Tabel J3.3)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.3, Pasal J3.4, dan Pasal J3.5)

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 22 \text{ mm s.d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s.d. } (12 \times 12) \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s.d. } 144 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 50 \text{ mm} = S$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d. } 24 t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= (3 \times 20) \text{ mm s.d. } (24 \times 6) \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s.d } 144 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Terpasang} = 75 \text{ mm} = S_1$$

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (F_{nv} \times A_b \times m) \\ &= 0,75 (4570 \times 3,14 \times 1) \text{ cm}^2 \\ &= 10767,81 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$l_c = S_1 - \frac{d_b}{2}$$

$$l_c = 50 \text{ mm} - \frac{16 \text{ mm}}{2}$$

$$l_c = 42 \text{ mm} = 4,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{n1} &= \phi (1,2 \times l_c \times t_p \times f_u) \\ &= 0,75 (1,2 \times 4,2 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 18597,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{n2} &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 (2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 14169,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara ϕR_{n1} dan ϕR_{n2} maka, diapakai nilai kuat tumpu = 14169,60 kg.

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser dan kuat tumpu baut. Sehingga $\phi R_n = 10767,81 \text{ kg}$

- Jumlah baut (n)

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n}$$

$$n = \frac{M_u / d_{balok}}{\phi R_n}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{12426975 \text{ kgcm} / 75 \text{ cm}}{10767,81 \text{ kg}} \\
 n &= \frac{165693 \text{ kg}}{10767,81 \text{ kg}} \\
 n &= 15,38 \\
 &\approx 16 \text{ buah (untuk 2 sisi)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Kekuatan Pelat Penyambung
- Kuat elemen geser (SNI 1729:2015 Pasal J4.2)

Kuat Leleh :

$$\begin{aligned}
 l_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S \\
 &= 2 \times 50 \text{ mm} + (16/2 - 1) \times 75 \text{ mm} \\
 &= 625 \text{ mm} \\
 b_{\text{pelat}} &= 2 \times S_1 \\
 &= 2 \times 75 \text{ mm} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 A_{\text{gv}} &= l_{\text{pelat}} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 625 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \\
 &= 156,25 \text{ cm}^2 \\
 \emptyset &= 1 \\
 \emptyset R_n &= \emptyset (0,6 \times f_y \times A_{\text{gv}}) \\
 &= 1 (0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 156,25 \text{ cm}^2) \\
 &= 234375 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \emptyset R_n \times \text{jumlah pelat} \\
 165693 \text{ kg} &\leq 234375 \text{ kg} \times 1 \\
 165693 \text{ kg} &\leq 234375 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Kuat Runtuh :

$$\begin{aligned}
 L_{\text{nv}} &= l_{\text{pelat}} - (n \times \emptyset_{\text{lubang}}) \\
 &= 625 \text{ mm} - (16/2 \times 22 \text{ mm}) \\
 &= 449 \text{ mm} \\
 A_{\text{nv}} &= L_{\text{nv}} \times t_{\text{pelat}} \\
 &= 449 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \\
 &= 11225 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 112,25 \text{ cm}^2 \\
 \emptyset &= 0,75 \\
 \emptyset R_n &= \emptyset (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 112,25 \text{ cm}^2) \\
 &= 207101,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \emptyset R_n \times \text{jumlah pelat} \\
 165693 \text{ kg} &\leq 207101,25 \text{ kg} \times 1 \\
 165693 \text{ kg} &< 207101,25 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

f. Sambungan Las Pen Penuh pada Diaphragma Pelat dan Kolom

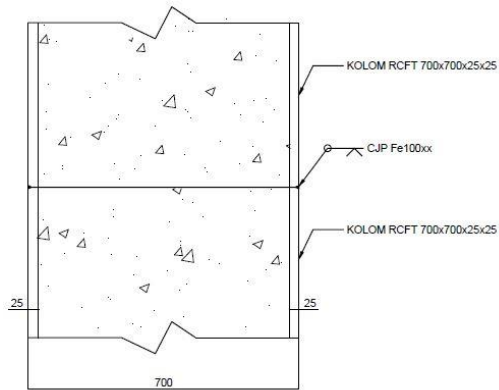
$$\begin{aligned}
 - t_e &= 25 \text{ mm} \\
 - t_{\text{plat}} &= 25 \text{ mm} \\
 - F_{yw} &= 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 = 7033 \text{ kg/cm}^2 \\
 - A_w &= t_e \times b \text{ kolom} = 2,5 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} = 175 \text{ cm}^2 \\
 - \text{Kuat rencana las tumpul} \\
 - \emptyset f_u \text{ las} &= \emptyset 0,6 \times F_{yw} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 7033 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \\
 - \emptyset f_u \text{ baja} &= \emptyset 0,6 \times F_{yw} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 1845 \text{ kg/cm}^2 \text{ (menentukan)} \\
 - f_{\text{total}} &= \frac{V_u}{A_w} = \frac{43113,86 \text{ kg}}{175 \text{ cm}^2} = 246,36 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 f_{\text{total}} &< f_u \text{ min} \\
 246,36 \text{ kg/cm}^2 &< 1845 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{Memenuhi}
 \end{aligned}$$

4.4.5 Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 1 dan 2 serta dipilih kolom yang terletak pada posisi dinding geser (*SPSW*). Sambungan direncanakan menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} . Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.



Gambar 4. 41 Sambungan Kolom dengan Kolom

$$\begin{aligned}
 f_u &= 410 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 250 \text{ Mpa} \\
 f_{u100XX} &= 7033 \text{ Kg/cm}^2 \\
 f_c' &= 30 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

a. Gaya aksial pada sambungan

$$\begin{aligned}
 P_u &= 173471,79 \text{ kg} \\
 E_m &= \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h_c + V_u \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times [\sin(2 \times 40,50) \times 0,5 \times \\
 &\quad 360 \times 2] + (2 \times 47985,79) \\
 &= 534341,40 \text{ kg} \\
 P_{u \text{ total}} &= 173471,79 \text{ kg} + 534341,40 \text{ kg} \\
 &= 707813,19 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Momen pada sambungan

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{VBE(\text{web})} + M_{VBE(\text{HBE})} \\
 M_{VBE(\text{web})} &= R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w \left(\frac{h_c^2}{12} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times [\sin^2(40,50) \times 0,5 \times \left(\frac{(301,2)^2}{12} \right)] \\
 &= 5978658,10 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 59786,68 \text{ kgm} \\
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 &= 0,5 \times (102718,05 + 102718,05) \\
 &= 102718,05 \text{ kgm} \\
 M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\
 &= 59786,68 \text{ kgm} + 102718,05 \text{ kgm} \\
 &= 162504,63 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c. Gaya geser pada sambungan

$$\begin{aligned}
 V_{BE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \frac{M_{pc}}{h_c} \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{102718,05 + 162504,63}{3,01} \right) \times 100 \\
 &= 44027,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Perhitungan sambungan

- Sambungan las pada kolom

Kolom HSS 700×700×25×25.

Kontrol tegangan las akibat P_u dan M_u :

$$\begin{aligned}
 T_U &= \frac{M_u}{d_c} + P_u \\
 &= \frac{162504,63}{700} + 707813,19 \\
 &= 708045,34 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan las penetrasi penuh :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 \times 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal las (} t_e \text{)} = 0,9 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang las (} l_w \text{)} &= d_c \times 4 \\
 &= 70 \text{ cm} \times 4 \\
 &= 280 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas las (} A_w \text{)} &= t_e \times l_w \\
 &= 0,9 \times 280 \\
 &= 252 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\
 &= 0,75 \times 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \times 252 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 797542,2 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{44027,74}{797542,2}\right)^2 + \left(\frac{939962,66}{797542,2}\right)^2 \leq 1$$

$$0,79 \leq 1 \text{ (OK)}$$

4.4.6 Sambungan Kolom dengan Kolom (Beda Dimensi)

Sambungan kolom dengan kolom yang memiliki beda dimensi direncanakan menggunakan sambungan las penetrasi penuh serta pelat landas sabagai penyambung antar kolomnya. Kolom yang ditinjau adalah kolom lantai 4 dan lantai 5.

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 ETABS dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 19330,51 \text{ kgm}$$

$$V_u = 10837,86 \text{ kg}$$

$$P_u = 368584,17 \text{ kg}$$

Gaya Tarik (Tu) :

$$T_U = \frac{M_u}{d_c} + P_u$$

$$T_U = \frac{19330,51 \text{ kgm}}{0,6 \text{ m}} + 368584,17 \text{ kg}$$

$$= 400801,69 \text{ kg}$$

Perhitungan Sambungan :

- Sambungan las pada kolom

Direncanakan kekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$F_{nw} = 0,6 \times 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 4219,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tebal las (te)} = 0,6 \text{ cm}$$

$$l_w = d_c \times 4$$

$$= 60 \text{ cm} \times 4$$

$$= 240 \text{ cm}$$

$$A_w = te \times l_{we}$$

$$= 0,6 \times 240$$

$$= 144 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_n = 0,75 \times F_{nw} \times A_w$$

$$= 0,75 \times 4219,8 \times 144$$

$$= 455738,40 \text{ kg}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{10837,86 \text{ kg}}{455738,40 \text{ kg}}\right)^2 + \left(\frac{400801,69 \text{ kg}}{455738,40 \text{ kg}}\right)^2 \leq 1$$

$$0,77 \leq 1 \text{ (OK)}$$

Perhitungan Dimensi Pelat Landas :

- Kuat Tumpu Kolom

Karena kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, diasumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan kuat tumpu beton :

$$f_{pmax} = \phi_c \times 0,85 \times f_c'$$

$$= 0,65 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa}$$

$$= 16,58 \text{ MPa} = 165,75 \text{ kg/cm}^2$$

Keterangan :

(Direncanakan dimensi pelat landas = dimensi kolom CFT)

Base plate didesain langsung menumpu pada kolom dibawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar kolom komposit di bawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_u}{B \times N} \\
 &= \frac{368584,17 \text{ kg}}{70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}} \\
 &= 75,22 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Persyaratan :

$$\begin{aligned}
 f_p &\leq f_{p\max} \\
 75,22 \text{ kg/cm}^2 &\leq 165,75 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kuat Perlu Pelat Landas

Kuat perlu pelat landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$M_{pl} = 0,5 \times f_p \times l^2$$

Dimana, nilai l diambil terbesar dari m , n , dan λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{N - 0,95 d}{2} \\
 &= \frac{70 \text{ cm} - (0,95 \times 60 \text{ cm})}{2}
 \end{aligned}$$

$$= 6,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{B - 0,95 b_f}{2} \\
 &= \frac{70 \text{ cm} - (0,80 \times 60 \text{ cm})}{2}
 \end{aligned}$$

$$= 11 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_n' &= \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \times b_f} \\
 &= \frac{1}{4} \times 1 \times \sqrt{60 \times 60} \\
 &= 15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

λ = diambil konservatif adalah 1

$$\begin{aligned}
 M_{pl} &= 0,5 \times f_p \times l^2 \\
 &= 0,5 \times 75,22 \text{ kg/cm}^2 \times (15 \text{ cm})^2 \\
 &= 8462,39 \text{ kg.cm/cm}
 \end{aligned}$$

Maka, ketebalan pelat landas yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$t_p > \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi f_y}}$$

$$t_p > \sqrt{\frac{4 \times 8462,39}{0,90 \times 2500}}$$

$$t_p > 3,9 \text{ cm}$$

Sehingga tebal pelat landas (t_p) direncanakan 4 cm.

Perhitungan Pelat Pengaku :

- Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

panjang pelat (h_s) = 100 mm

tebal pelat (t_s) = 15 mm

Persyaratan 1

$$t_s \geq 0,5 t_f$$

$$t_s \geq 0,5 \times 25 \text{ mm}$$

$$15 \text{ mm} \geq 12,5 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Persyaratan 2

$$\frac{h_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{100}{15} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$6,67 \text{ mm} \leq 15,8 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

- Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } (F_{c100xx}) = 7033 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$l_w = 100 \text{ mm}$$

Keterangan :

a = Ketebalan kaki las sudut

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 0,5) \times 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,07 \text{ cm}^2 \\
 F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\
 &= 0,6 \times 7033 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \\
 \emptyset R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\
 &= 0,75 \times 4219,8 \times 7,07 \\
 &= 22375,49 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

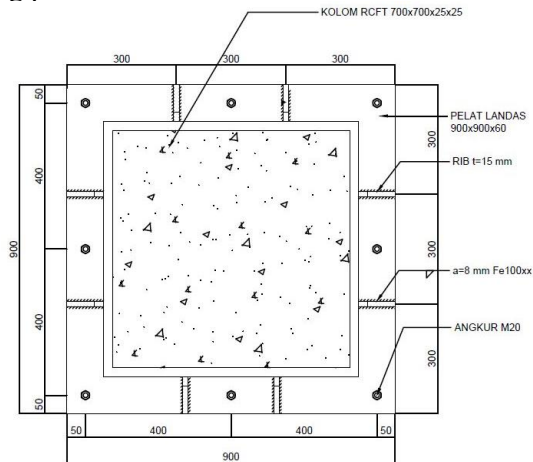
Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \emptyset R_n \\
 10837,9 \text{ kg} &< 22375,49 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

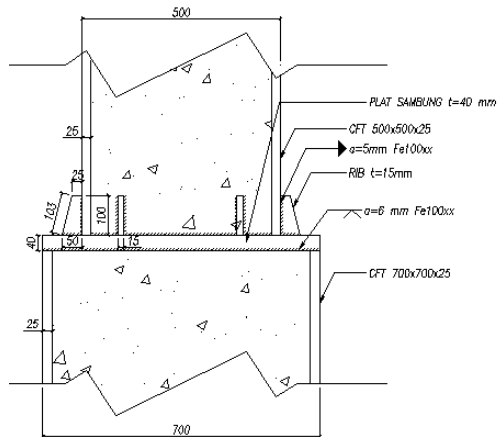
4.4.7 Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal untuk kemudian beban disalurkan melalui pedestal menuju ke pondasi.

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal pada kolom lantai dasar, dengan perencanaan tampak atas sambungan dapat dilihat pada Gambar 4.42, dan tampak samping pada Gambar 4.43.



Gambar 4. 42 Sambungan Kolom dengan Base Plate
(Tampak Atas)



Gambar 4. 43 Sambungan Kolom dengan *Base Plate*
(Tampak Samping)

e. Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain ETABS dengan nilai sebagai berikut :

$$P_u = 577504.12 \text{ kg (ENVELOPE)}$$

$$M_u = 49963.88 \text{ kgm (ENVELOPE)}$$

$$V_u = 17191.04 \text{ kg (ENVELOPE)}$$

Gaya Tarik (Tu) :

$$T_U = \frac{M_u}{dc} + P_u$$

$$T_U = \frac{49963,88 \text{ kgm}}{0,7 \text{ m}} + 577504,12 \text{ kg}$$

$$= 648881,09 \text{ kg}$$

f. Perhitungan Sambungan :

- Sambungan las pada kolom

Direncanakan kekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las :

$$F_{nw} = 0,6 \times 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 4219,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tebal las (te)} = 1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} l_w &= d_c \times 4 \\ &= 70 \text{ cm} \times 4 = 280 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_w &= t_e \times l_{we} \\ &= 1 \text{ cm} \times 280 \text{ cm} \\ &= 280 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing R_n &= 0,75 \times F_u \times A_w \\ &= 0,75 \times 4219,8 \times 280 \\ &= 886158 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\begin{aligned} \left(\frac{V_u}{\varnothing R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\varnothing R_n} \right)^2 &\leq 1 \\ \left(\frac{17191,04 \text{ kg}}{886158 \text{ kg}} \right)^2 + \left(\frac{648881,09 \text{ kg}}{886158 \text{ kg}} \right)^2 &\leq 1 \\ 0,54 &\leq 1 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

g. 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 :

$$\begin{aligned} f_{pmax} &= \varnothing_c \times 0,85 \times f_c' \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \\ &= 16,58 \text{ Mpa} = 165,75 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

Direncanakan dimensi pelat landas = dimensi pedestal

Base plate didesain langsung menumpu pada kolom di bawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar kolom pedestal dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_p &= \frac{P_u}{B \times N} \\ &= \frac{577504,12 \text{ kg}}{90 \text{ cm} \times 90 \text{ cm}} \end{aligned}$$

$$= 71,30 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan :

$$f_p \leq f_{p\max}$$

$$71,30 \text{ kg/cm}^2 \leq 165,75 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Kuat Perlu Pelat Landas

Kuat perlu pelat landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$M_{pl} = 0,5 \times f_p \times l^2$$

Dimana, nilai l diambil terbesar dari m , n , dan λ_n' dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95 d}{2}$$

$$= \frac{90 \text{ cm} - (0,95 \times 70 \text{ cm})}{2}$$

$$= 11,75 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,95 b_f}{2}$$

$$= \frac{90 \text{ cm} - (0,80 \times 70 \text{ cm})}{2}$$

$$= 17 \text{ cm}$$

$$\lambda_n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \times b_f}$$

$$= \frac{1}{4} \times 1 \times \sqrt{70 \times 70}$$

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

Keterangan :

$$\lambda = \text{diambil konservatif adalah } 1$$

$$M_{pl} = 0,5 \times f_p \times l^2$$

$$= 0,5 \times 71,30 \text{ kg/cm}^2 \times (17,5 \text{ cm})^2$$

$$= 10917,32 \text{ kg.cm/cm}$$

Dikarenakan *base plate* juga menerima momen maka diasumsikan terdapat efek eksentrisitas (e) terhadap gaya tekan (P_u) terhadap *base plate* dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 q_{\max} &= f_{p\max} \times B \\
 &= 165,75 \times 90 \\
 &= 14917,50 \text{ kg/cm} \\
 e = \frac{M_u}{P_u} &= \frac{49963,88 \text{ kgm}}{577504,12 \text{ kg}} \\
 &= 8,652 \text{ cm} \\
 e_{\text{kritis}} &= \left(\frac{N}{2}\right) - \left(\frac{P_u}{2 \times q_{\max}}\right) \\
 &= \left(\frac{90}{2}\right) - \left(\frac{577504,12}{2 \times 14917,50}\right) \\
 &= 25,64 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Persyaratan :

$$\begin{aligned}
 e &\leq e_{\text{kritis}} \\
 8,652 \text{ cm} &\leq 25,64 \text{ cm (Tidak perlu angkur)}
 \end{aligned}$$

Karena $e < e_{\text{kritis}}$ maka termasuk dalam kategori *base plate* yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate.

Namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

Tebal Pelat Landas

Ketebalan Pelat Landas (Base Plate) direncanakan dengan perhitungan dan kontrol terhadap sisi desak yang terjadi dengan ketentuan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{P_u}{q_{\max}} \\
 &= \frac{577504,12 \text{ kg}}{14917,50 \text{ kg/cm}} \\
 &= 38,71 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

1. Tebal Pelat Landas Minimum ($t_{p_{min}}$)

Tebal pelat landas minimum ditentukan berdasarkan kondisi batas leleh pelat landas dengan ketentuan sebagai berikut :

$$t_p \geq \sqrt{\frac{4 M_{pl}}{\phi f_y}}$$

$$\geq \sqrt{\frac{4 \times 10917,32}{0,9 \times 2500}}$$

$$t_p \geq 4,4 \text{ cm}$$

2. Tebal Pelat akibat kontrol desak momen

Tebal pelat landas akibat momen yang terjadi akibat tegangan reaksi beton pada kantilever (m) ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut :

karena $Y \geq m$, maka perhitungan ketebalannya adalah :

$$t_p \geq 1,5 m \sqrt{\frac{f_p}{f_y}}$$

$$t_p \geq 1,5 \times 11,75 \times \sqrt{\frac{71,30}{2500}}$$

$$t_p \geq 3,00 \text{ cm}$$

Sehingga tebal pelat landas (t_p) yang memenuhi direncanakan sebesar 6 cm atau 60 mm.

g. Perhitungan Pelat Pengaku :

- Dimensi Pelat Pengaku

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

Lebar pelat (b_s) = 200 mm

Tebal pelat (t_s) = 15 mm

Persyaratan 1

$$t_s \geq 0,5 t_f$$

$$t_s \geq 0,5 \times 25$$

$$15 \text{ mm} \geq 12,5 \text{ mm}$$

Persyaratan 2

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{15} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$13,3 \text{ mm} \leq 15,8 \text{ mm}$$

- Kuat Sambungan Las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7033 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$l_w = 200 \text{ mm}$$

Keterangan :

a = Ketebalan kaki las sudut

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0,8) \times 20 \\ &= 22,62 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7033 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4219,8 \times 22,62 \\ &= 71588,91 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$V_u < \emptyset R_n$$

$$17191,04 \text{ kg} < 71588,91 \text{ kg (OK)}$$

h. Perhitungan Baut Angkur :

$$\phi_{\text{baut}} = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

$$A_b = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset_{\text{lubang}} = 22 \text{ mm (SNI 1729:2015 Tabel J3.3)}$$

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi (F_{nv} \times A_b \times m) \\ &= 0,75 (4570 \times 3,14 \times 1) \text{ cm}^2 \\ &= 10767,81 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\begin{aligned}l_c &= S_1 - \frac{d_b}{2} \\ l_c &= 50 \text{ mm} - \frac{20 \text{ mm}}{2} \\ l_c &= 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm} \\ \phi R_{n1} &= \phi (1,2 \times l_c \times t_p \times f_u) \\ &= 0,75 (1,2 \times 4 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 17712 \text{ kg} \\ \phi R_{n2} &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 (2,4 \times 2 \text{ cm} \times 0,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 8856 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu pakai adalah yang minimum diantara ϕR_{n1} dan ϕR_{n2} maka, dipakai nilai kuat tumpu = 8856 kg.

Kuat nominal diperoleh dari nilai terkecil antara kuat geser dan kuat tumpu baut. Sehingga $\phi R_n = 8856 \text{ kg}$

- Jumlah baut (n)

$$\begin{aligned}n &= \frac{V_u}{\phi R_n} \\ n &= \frac{M_u / d_{balok}}{\phi R_n} \\ n &= \frac{12426975 \text{ kgcm} / 75 \text{ cm}}{10767,81 \text{ kg}} \\ n &= \frac{17191,04 \text{ kg}}{8856 \text{ kg}} \\ n &= 1,94\end{aligned}$$

Dipasang 8 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

- Tegangan Tarik pada Angkur

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}$$

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{N}{b \times h} + \frac{M}{\frac{1}{6} b \times h^2}$$

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{577504,12 \text{ kg}}{0,9 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}} + \frac{49963,88 \text{ kgm}}{\frac{1}{6} \times 0,9 \text{ m} \times (0,9 \text{ m})^2}$$

$$\sigma_{\text{maks}} = 1124193,40 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = \frac{N}{A} - \frac{M}{W}$$

$$\sigma_{\text{min}} = \frac{N}{b \times h} - \frac{M}{\frac{1}{6} b \times h^2}$$

$$\sigma_{\text{min}} = \frac{577504,12 \text{ kg}}{0,9 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}} - \frac{49963,88 \text{ kgm}}{\frac{1}{6} \times 0,9 \text{ m} \times (0,9 \text{ m})^2}$$

$$\sigma_{\text{min}} = 301742,70 \text{ kg/m}^2$$

$$a = \frac{\sigma_{\text{maks}}}{\sigma_{\text{maks}} + \sigma_{\text{min}}} \times b$$

$$a = \frac{1124193,40 \text{ kg/m}^2}{1124193,40 \text{ kg/m}^2 + 301742,70 \text{ kg/m}^2} \times 0,9 \text{ m}$$

$$a = \frac{1124193,40 \text{ kg/m}^2}{1124193,40 \text{ kg/m}^2 + 301742,70 \text{ kg/m}^2} \times 0,9 \text{ m}$$

$$a = 0,71 \text{ m}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$T = \frac{1}{y} \left[M - N \left(\frac{1}{2} b - \frac{1}{3} a \right) \right]$$

$$T = \frac{1}{0,8} \left[49963,88 - 577504,12 \left(\frac{1}{2} 0,9 - \frac{1}{3} 0,71 \right) \right]$$

$$T = 91546,25 \text{ kg}$$

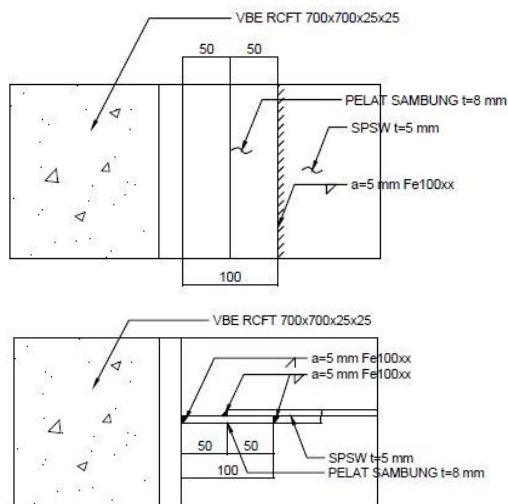
$$\begin{aligned} \text{Keliling angkur} &= \pi \times \phi_{\text{angkur}} \\ &= 3,14 \times 2 \text{ cm} \\ &= 6,28 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lekatan angkur dan beton } (\tau) &= 0,3 \left(\sqrt{f_c'} \right) \\ &= 17,1 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik angkur} &= \text{kel}_{\text{angkur}} \times \text{lekatan} \times L_{\text{angkur}} \\ 91546,25 \text{ kg} &= 6,28 \text{ cm} \times 17,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times L_{\text{angkur}} \\ \text{Panjang angkur} &= 42,01 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.4.8 Sambungan Steel Plate Shear Wall (SPSW)

Sambungan pada dinding geser direncanakan menggunakan las F_{e100XX} . Pengelasan dilakukan pada elemen balok (HBE) dan kolom (VBE). Tipe las yang digunakan yaitu las sudut dan las tumpul penetrasi penuh. Sambungan pada SPSW seperti pada Gambar 4.44.



Gambar 4. 44 Sambungan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)

- a. Sambungan las sudut pada balok (HBE)

Digunakan las dengan mutu F_{e100XX}

$$\begin{aligned} W_{(HBE)} &= \frac{R_y \cdot f_y \cdot \cos(\alpha) \cdot t_w \cdot \sqrt{2}}{\phi \cdot 0,6 F_{exx} [1 + 0,5 \cos^{1.5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1,5 \times 2400 \times \cos 40,50^\circ}{\phi \cdot 0,6 \cdot 7030 [1 + 0,5 \cos^{1.5}(40,50^\circ)]} \\ &= 0,465 \text{ cm} \\ &= 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ketebalan las minimum $t = 5 \text{ mm}$ adalah 3 mm . Digunakan las dengan tebal $w = 5 \text{ mm}$.

- b. Sambungan las sudut pada kolom (VBE)

Digunakan las dengan mutu F_{e100XX}

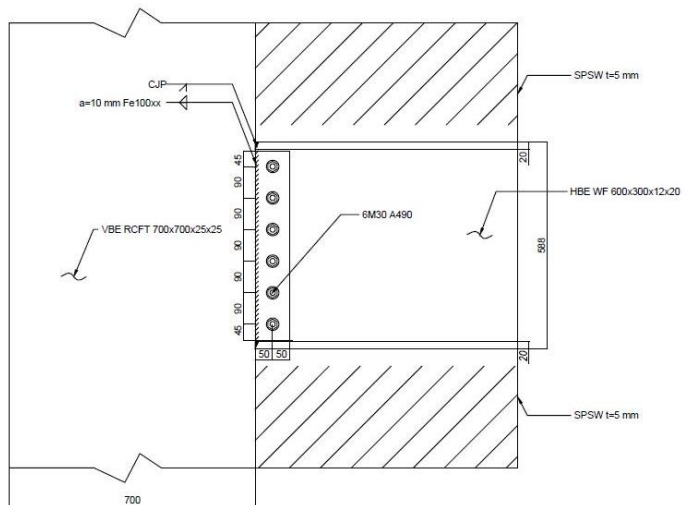
$$\begin{aligned} W_{(VBE)} &= \frac{R_y \cdot f_y \cdot \sin(\alpha) \cdot t_w \cdot \sqrt{2}}{\phi \cdot 0,6 F_{exx} [1 + 0,5 \sin^{1.5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1,5 \times 2400 \times \sin 40,50^\circ}{\phi \cdot 0,6 \cdot 7030 [1 + 0,5 \sin^{1.5}(40,50^\circ)]} \\ &= 0,421 \text{ cm} \\ &= 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ketebalan las minimum $t = 5 \text{ mm}$ adalah 3 mm . Digunakan las dengan tebal $w = 5 \text{ mm}$.

4.4.9 Sambungan Balok (HBE) dengan Kolom (VBE) pada Steel Plate Shear Wall (SPSW)

Sambungan menghubungkan balok (HBE) profil WF $600 \times 300 \times 12 \times 20$ dengan kolom (VBE) komposit CFT dengan profil HSS $700 \times 700 \times 25 \times 25$ dengan mutu inti beton = 25 MPa pada dinding geser (SPSW). Sambungan HBE dengan VBE dapat dilihat pada Gambar 4.45.

Gaya geser dari perhitungan sebelumnya didapatkan V_u sebesar $47985,79 \text{ kg}$.



Gambar 4. 45 Sambungan HBE dan VBE pada SPSW

- a. Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$$P_{\text{HBE(VBE)}} = 238193,55 \text{ kg}$$

$$N_{\text{coll}} = 30861,17 \text{ kg}$$

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned} N_U &= P_{\text{HBE(VBE)}} - N_{\text{coll}} \\ &= 238193,55 \text{ kg} - 30861,17 \text{ kg} \\ &= 207332,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_U &= N_{\text{coll}} + P_{\text{HBE(VBE)}} \\ &= 30861,17 \text{ kg} + 238193,55 \text{ kg} \\ &= 269054,72 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

- b. Data perencanaan sambungan

Mutu baja pelat sambung = BJ41

Mutu baut = A490

f_{ub} = 10350 kg/cm²

Diameter baut = M30 ($A = 7,07 \text{ cm}^2$)

Tebal pelat sambung (t_p) = 30 mm

Jumlah baut (n) = 6 buah

c. Kontrol jarak baut

Jarak baut ke tepi

(SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 4 & 5)

$$\begin{aligned} s_1 &= 1,5 d_b \text{ s.d. } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 1,5 \times 30 \text{ mm s.d. } 12 \times 30 \text{ mm} \\ &= 45 \text{ mm s.d. } 450 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil $s_1 = 45 \text{ mm}$

Jarak antar baut

(SNI 1729:2015 Bab J Pasal J3 ayat 3 & 5)

$$\begin{aligned} s &= 3 d_b \text{ s.d. } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 3 \times 30 \text{ mm} \\ &= 90 \text{ mm s.d. } 300 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil $s = 90 \text{ mm}$

Panjang pelat sambung = 540 mm

d. Kontrol leleh pada pelat sambung

Kontrol panjang tekuk

$$\begin{aligned} \emptyset_y V_n &= 1 \times 0,6 \times f_y \times t \times L \\ &= 1,00 \times (0,6) \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \text{ cm} \times 54 \text{ cm} \\ &= 243000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset_c N_n &= 0,9 \times f_y \times t \times L \\ &= 0,90 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \text{ cm} \times 54 \text{ cm} \\ &= 364500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{V_u}{\emptyset_y V_n}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\emptyset_c N_n}\right)^2 &\leq 1 \\ \left(\frac{47985,79}{243000}\right)^2 + \left(\frac{269054,72}{364500}\right)^2 &\leq 1 \\ 0,584 &\leq 1 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

e. Kontrol patah pada pelat sambung

$$\begin{aligned} A_{nv} &= A_g - n(d_b + 2 \text{ mm})t_p \\ &= (3 \text{ cm} \times 54 \text{ cm}) - 6 \times (3 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm}) \times 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 104,4 \text{ cm}^2 \\
 \emptyset_y V_n &= 0,75 (0,6) f_u A_{nv} \\
 &= 0,75 \times (0,6) \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 104,4 \text{ cm}^2 \\
 &= 192618 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{V_u}{\emptyset_y V_n} \right)^2 + \left(\frac{N_u}{\emptyset_c N_n} \right)^2 &< 1 \\
 \left(\frac{47985,79}{192618} \right)^2 + \left(\frac{269054,72}{371250} \right)^2 &< 1 \\
 &0,607 < 1 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

f. Kontrol kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 \sqrt{V_u^2 + N_u^2} &= \sqrt{47985,79^2 + 269054,72^2} \\
 &= 273300,34 \text{ kg} \\
 \emptyset R_n &= \emptyset n f_u^b A_b \\
 &= 0,75 \times 6 \times 10350 \text{ kg/cm}^2 \times 7,07 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 329219,28 \text{ kg} > 273300,34 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

g. Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah :

$$\begin{aligned}
 1,2 l_c &= 1,2 \times [L - (d + \text{lubang})/2] \\
 &= 1,2 \times [5,4 \text{ cm} - (3 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})/2] \\
 &= 3,48 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2,4 d_b &= 2,4 \times 3 \text{ cm} \\
 &= 7,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$1,2 l_c < 2,4 d_b \rightarrow 3,48 \text{ cm} < 7,2 \text{ cm}, \text{ maka :}$$

Kontrol kuat tumpu pelat :

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= \emptyset 1,2 L_c \times t \times f_u \\
 &= 0,75 \times 3,48 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 37638 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal, baut sisanya :

$$\begin{aligned}
 1,2 l_c &= 1,2 \times [L - (d + \text{lubang})/2] \\
 &= 1,2 \times [(9 \text{ cm} - (3 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm}))/2] \\
 &= 8,88 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2,4 d_b &= 2,4 \times 3 \text{ cm} \\
 &= 7,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$1,2 l_c > 2,4 d_b \rightarrow 8,88 \text{ cm} > 7,2 \text{ cm}, \text{ maka :}$$

Kontrol kuat tumpu pelat :

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset 2,4 d_b t f_u \\ &= 0,75 \times 7,2 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 66420 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk kelompok baut vertikal :

$$\begin{aligned}\emptyset R_{nv} &= (\emptyset R_n \text{ horizontal}) + (6 \times \emptyset R_n \text{ vertikal}) \\ &= 32103 \text{ kg} + (6 \times 66420 \text{ kg}) \\ &= 430623 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal, semua baut $2,4 d_b > 1,2 l_c$

$$\begin{aligned}1,2 l_c &= 1,2 \times (s - (d_b + \text{lubang})/2) \\ &= 1,2 \times (5 \text{ cm} - (3 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})/2) \\ &= 4,11 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2,4 d_b &= 2,4 \times 3 \text{ cm} \\ &= 7,2 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$1,2 l_c < 2,4 d_b \rightarrow 4,11 \text{ cm} < 7,2 \text{ cm}, \text{ maka :}$$

Kontrol kuat tumpu pelat :

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset 2,4 d_b t f_u \\ &= 0,75 \times 7,2 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 66420 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset R_{nh} &= 6 \times 66420 \text{ kg} \\ &= 398520 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\emptyset R_{nv}}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\emptyset R_{nh}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{47985,79}{436158}\right)^2 + \left(\frac{269054,72}{398520}\right)^2 \leq 1$$

$$0,47 < 1 \quad (\text{OK})$$

h. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las (a) = 10 mm dan mutu las F_{e100XX} ($F_{ue100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0,707 \times a) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 1) \times 54\end{aligned}$$

$$= 76,4 \text{ cm}^2$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 F_{\text{exx}} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \Theta^0) \\ &= 0,6 \times 7030 \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_{nv} &= 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times 4218 \text{ kg/cm}^2 \times 76,4 \text{ cm}^2 \\ &= 241552,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal :

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 F_{\text{exx}} (1 + 0,5 \cos^{1,5} \Theta^0) \\ &= 0,6 \times 7030 \times (1 + 0,5 \cos^{1,5} 0^0) \\ &= 6327 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_{nh} &= 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times 6327 \text{ kg/cm}^2 \times 77,8 \text{ cm}^2 \\ &= 362328,31 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\emptyset R_{nv}}\right)^2 + \left(\frac{N_u}{\emptyset R_{nh}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{47985,79}{241552,21}\right)^2 + \left(\frac{269054,72}{362328,31}\right)^2 \leq 1$$

$$0,59 < 1 \quad (\text{OK})$$

i. Momen yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 R_y Z_b \left(f_{yb} - \frac{P_{HBE}}{A_g}\right) \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 4309 \times \left(2500 - \frac{238193,55}{192,5}\right) \\ &= 8977116,37 \text{ kgcm} \\ &= 89771,16 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u \times d_{\text{max}}}{\sum d^2} \\ &= \frac{8977116,37 \text{ kgcm} \times 58,8 \text{ cm}}{\sum (58,8 \text{ cm})^2} \\ &= 152672,05 \text{ kg} \end{aligned}$$

j. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan ketebalan las (a) = 10 mm dan mutu las F_{e100XX} ($F_{u_{e100xx}} = 7030 \text{ kg/cm}^2$)

$$l_{we} = 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

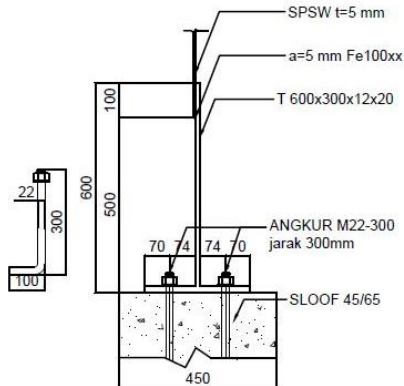
$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times a) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 1) \times 30 \\ &= 42,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned} \varnothing R_{nh} &= 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times (100 \times 70,3) \times 42,4 \\ &= 201293,51 \text{ kg} > 152672,05 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

4.4.10 Sambungan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) dengan Sloof

Perencanaan sambungan ini digunakan untuk menghubungkan SPSW dengan balok sloof. Profil WF 600×300×12×20 dipotong sayap bagian atasnya, profil berhubungan langsung dengan sloof memanjang dengan penambahan. Digunakan angkur dengan diameter $d = 2,2 \text{ cm}$ dan jarak $s = 30 \text{ cm}$. Sambungan SPSW dengan sloof dapat dilihat pada Gambar 4.46.



Gambar 4. 46 Sambungan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) dengan Sloof

a. Gaya geser yang bekerja pada angkur :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} f_y \sin(2\alpha) t_w \times s \\ &= \frac{1}{2} \times 2400 \text{ kg/cm}^2 \times \sin(2 \times 40,50^\circ) \times 0,5 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \\ &= 17568,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tarikan yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} T_u &= f_y \cos^2(\alpha) t_w \times s \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \times \cos^2(40,50^\circ) \times 0,5 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \\ &= 20815,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Perhitungan baut angkur

Dipakai baut angkur dengan data sebagai berikut :

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$f_{u \text{ angkur}} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \times f_{ub} (0,5 A_b)$$

$$= 0,75 \times 8250 \times (0,5 \times (0,25 \times \pi \times 2,2^2))$$

$$= 11760,36 \text{ kg}$$

Jumlah angkur (n)

$$n = \frac{\text{Panjang balok (L)}}{\text{jarak (s)}}$$

$$= \frac{300 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}$$

$$= 10 \text{ buah}$$

$$\frac{2 T_u + C_v V_u}{n} = \frac{2 \times 20815,82 + 1,25 \times 17568,75}{10} = 6359,26 \text{ kg} < 11760,356 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

Panjang baut angkur yang ditanam ke dalam pondasi diperhitungkan sebagai berikut:

$$L \geq \left[\frac{2V_u + (4V_u^2 + 6 \times d \times f'c (M_u + V_u(5cm)))^{1/2}}{d f'c} \right]$$

$$L \geq \left[\frac{2 \times 17568,75 + (4(17568,75)^2 + 6 \times 60 \times 300 (0 + 17568,75(5)))^{1/2}}{60 \times 300} \right]$$

$$L \geq 10,96 \text{ cm,}$$

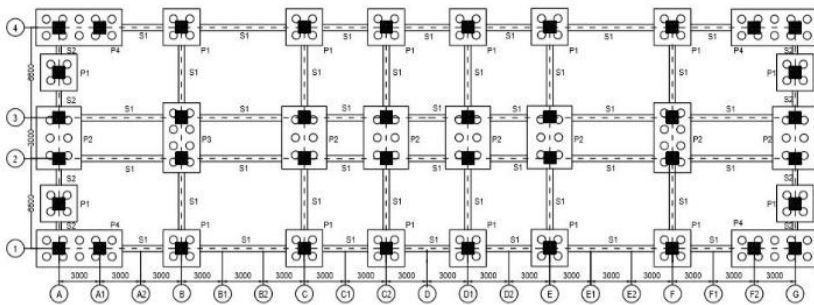
Diambil $L = 30 \text{ cm}$

4.5 Bangunan Bawah

4.5.1 Umum

Pondasi adalah komponen struktur pendukung bangunan yang berada di posisi paling bawah dan berfungsi meneruskan beban struktur atas ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemakaian pondasi dalam bergantung pada kekuatan tanah yang ada. Jika penggunaan pondasi dangkal tidak cukup kuat menahan beban struktur di atasnya, maka digunakan pondasi dalam. Umumnya pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar.

Pondasi yang akan direncanakan pada Aeropolis Lucent Residence Tangerang ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Denah perencanaan pondasi dapat dilihat seperti pada Gambar 4.47.



Gambar 4. 47 Denah Perencanaan Pondasi

4.5.2 Kombinasi Pembebanan

Beban yang bekerja pada pondasi ditinjau dengan kombinasi berdasarkan metode tegangan ijin yang mengacu pada peraturan SNI 1726-2012 Pasal 4.2. Kombinasi beban-beban yang digunakan yaitu :

1. D
2. D + L
3. D + 0,75L
4. D + 0,6W atau 0,7E
5. D + 0,75(0,6W atau 0,7E) + 0,75L
6. 0,6D + 0,6W
7. 0,6D + 0,7E

4.5.3 Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah dimana suatu struktur akan dibangun. Sehingga bisa direncanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data hasil penyelidikan di lapangan. Data tanah yang telah tersedia dilapangan data penyelidikan tanah hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) hingga kedalaman 30 m.

4.5.3.1 Analisa Karakteristik Data Tanah

Analisis karakteristik tanah pada lokasi eksisting didasarkan pada data tanah yang dimiliki sehingga tindakan selanjutnya berdasarkan karakteristik tanah yang ada. Berdasarkan data tanah yang ada dapat diketahui bahwa tidak adanya nilai γ_{sat} . Nilai γ_{sat} kemudian didapatkan dengan bantuan korelasi tabel J.E.Bowles

Tabel 4. 29 SPT dan Korelasinya (J.E.Bowles,1984)

	<i>Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent</i>				
N (blows)	0 - 3	4 - 10	11 - 30	31 - 50	> 50
γ (kN/m ³)	-	12 - 16	14 - 18	16 - 20	18 - 23
ϕ (°)	-	25 - 32	28 - 36	30 - 40	> 35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
	<i>Cohesive Soil/Sol Cohérent</i>				
N (blows)	< 4	4 - 6	6 - 15	16 - 25	> 25
γ (kN/m ³)	14 - 18	16 - 18	16 - 18	16 - 20	> 20
q _u (kPa)	< 25	20 - 50	30 - 60	40 - 200	> 100
Consistency	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Nilai γ_{sat} kemudian dihitung berdasarkan jenis tanah dan nilai N-SPT. Nilai γ_{sat} dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 30 Perhitungan Nilai γ_{sat}

Jenis Tanah	d (m)	N-SPT	γ_{sat} (t / m ³)	Jenis Tanah	d (m)	N-SPT	γ_{sat} (t / m ³)
P	1	1.00	1.2	P	16	19.00	1.568
P	1.5	2.50	1.2	P	16.5	18.75	1.563
P	2	6.00	1.3	P	17	18.50	1.558
L	2.5	5.75	1.775	P	17.5	18.25	1.553
L	3	5.50	1.750	P	18	18.00	1.547
L	3.5	5.25	1.725	P	18.5	17.50	1.537
L	4	5.00	1.700	P	19	17.00	1.526
L	4.5	6.25	1.750	P	19.5	16.50	1.516
L	5	7.50	1.613	P	20	16.00	1.505
L	5.5	8.75	1.644	P	20.5	19.00	1.568
L	6	10.00	1.675	P	21	22.00	1.632
L	6.5	10.50	1.688	P	21.5	25.00	1.695
L	7	11.00	1.700	P	22	28.00	1.758
L	7.5	11.50	1.713	P	22.5	29.00	1.779
L	8	12.00	1.725	P	23	30.00	1.800
L	8.5	13.00	1.750	P	23.5	31.00	1.600
L	9	14.00	1.775	P	24	32.00	1.621
L	9.5	15.00	1.800	P	24.5	33.00	1.642
L	10	16.00	1.600	P	25	34.00	1.663
L	10.5	16.50	1.622	P	25.5	35.00	1.684
L	11	17.00	1.644	P	26	36.00	1.705
L	11.5	17.50	1.667	P	26.5	35.00	1.684
L	12	18.00	1.689	P	27	34.00	1.663
L	12.5	17.75	1.678	P	27.5	33.00	1.642
L	13	17.50	1.667	P	28	32.00	1.621
L	13.5	17.25	1.656	P	28.5	32.00	1.621
L	14	17.00	1.644	P	29	32.00	1.621
P	14.5	17.50	1.537	P	29.5	32.00	1.621
P	15	18.00	1.547	P	30	32.00	1.621
P	15.5	18.50	1.558				

Contoh perhitungan γ_{sat} pada kedalaman 15 m :

Jenis tanah = P (*cohesionless soil*)

$$N\text{-SPT} = 18$$

Nilai γ_{sat} pada kedalaman 15 m dihitung menggunakan rumus interpolasi :

$$1,4 + \frac{18-11}{30-11}(1,8 - 1,4) = 1,547 \text{ t/m}^3$$

4.5.3.2 Koreksi Data Tanah

Data tanah N-SPT lapangan tidak dapat langsung digunakan karena harus dilakukan koreksi terlebih dahulu. Metode perhitungan yang digunakan adalah mengacu pada *Terzaghi Bazara 1960*. Berikut ini contoh koreksi untuk perhitungan daya dukung tiang diameter 60 cm berdasarkan nilai SPT lapangan pada kedalaman 30 m dengan nilai sebesar 32 *blow/ft*:

1. Koreksi nilai N-SPT terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$

$$\begin{aligned} N_1 &= 15 + \frac{1}{2}(N-15) \\ &= 15 + \frac{1}{2}(32-15) \\ &= 22,5 \text{ blow/ft} \end{aligned}$$

$$N_1 = 0,6N = 0,6 \times 32 = 19,2 \text{ blow/ft}$$

N_1 yang dipakai adalah nilai terkecil, yaitu 19,2 *blow/ft*

2. Koreksi terhadap *overburden*

Dari harga N_1 yang terpilih akan dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{1+0,4P_0} \text{ untuk } P_0 < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25+0,1P_0} \text{ untuk } P_0 > 7,5 \text{ ton}$$

Keterangan :

P_0 = Tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan atau kedalaman yang ditinjau.

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w (\gamma_w = 1 \text{ ton/m}^3)$$

$$= 1,621 - 1 = 0,621 \text{ ton/m}^3$$

$$H = \text{Ketinggian per lapisan tanah/ depth increment (m)} = 0,5 \text{ m}$$

Dimana untuk setiap lapisan tanah selanjutnya, nilai tegangan efektifnya adalah nilai tegangan efektif lapisan sebelumnya ditambah tegangan efektif lapisan tanah tersebut untuk setiap *depth increment* 0,5 m, sehingga:

$$\begin{aligned} P_o &= P_o \text{ dari kedalaman sebelumnya} + \gamma' \times H \\ &= 19,669 \text{ T/m}^2 + 0,621 \text{ T/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \\ &= 19,980 \text{ T/m}^2 > 7,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25+0,1P_o} = \frac{4 \times 19,2}{3,25+0,1 \times 19,980} = 14,622 \text{ blow/ft}$$

Setelah diperoleh nilai N_2 , maka nilai harga N_2 dibandingkan dengan nilai harga N_1 dengan ketentuan:

Jika $N_2 > 2N_1$ maka diambil $N_2 = 2N_1$

Jika $N_2 \leq 2N_1$ maka diambil $N_{\text{corr}} = N_2$

$$\begin{aligned} N_2 &\leq 2N_1 \\ 14,622 \text{ blow/ft} &\leq 2 (19,2 \text{ blow/ft}) \\ 14,622 \text{ blow/ft} &\leq 38,4 \text{ blow/ft} \end{aligned}$$

Maka diambil nilai $N_{\text{corr}} = N_2 = 14,622 \text{ blow/ft}$

3. $N_{\text{rata-rata}}$ = Harga rata-rata N_2 4D di bawah ujung hingga 8D di atas ujung tiang
= 15,80

4.5.4 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

4.5.4.1 Spesifikasi Tiang Pancang yang Digunakan

Pondasi pada apartemen Aeropolis Lucent Residence Tangerang ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Mutu beton tiang pancang : 52 MPa

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : A1
- Berat : 393 kg/m
- Kedalaman rencana : 26 m
- Panjang : 6 – 16 m
- Bending moment crack : 17 Tm
- Bending moment ultimate : 25,5 Tm
- Q ijin : 252,7 T

4.5.4.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

Daya dukung tanah dihitung berdasarkan data N_{spt} tanah yang diolah sebelumnya. Hasil perhitungan berupa tabel, terlampir. Berikut ini merupakan tahapan perhitungan:

1. Menghitung f_{si} (daya lekatan per satuan luas selimut tiang)

$$\begin{aligned} f_{si} &= \frac{N}{2} \text{ ton/m}^2 \text{ untuk tanah lempung/ lanau} \\ &= \frac{N}{5} \text{ ton/m}^2 \text{ untuk tanah pasir} \end{aligned}$$

Jenis tanah pada kedalaman 30 m adalah pasir, maka digunakan rumus :

$$\begin{aligned} f_{si} &= \frac{N}{5} \\ &= \frac{14,62}{5} \\ &= 2,92 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

2. Menghitung $Q_{ujung\ tiang}$

$$\begin{aligned} Q_{ujung\ tiang} &= 40 \bar{N} \times A \text{ ujung} \\ &= 40 \times 15,80 \times \frac{1}{4} \pi (0,6 \text{ m})^2 \\ &= 178,69 \text{ T} \end{aligned}$$

3. Menghitung R_{si} (daya lekatan per satuan meter selimut tiang)

$$\begin{aligned} R_{si} &= f_{si} \times A_{si} \\ A_{si} &= \text{Keliling tiang} \times H \end{aligned}$$

$$= \pi \times 0,6 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,942 \text{ m}^2$$

$$R_{Si} = f_{Si} \times A_{Si} = 2,92 \text{ T/m}^2 \times 0,942 \text{ m}^2 = 2,76 \text{ T}$$

$$\Sigma R_{Si} = 2,76 + 259,72 = 262,03 \text{ T}$$

Menghitung Q_{ult} tiang

$$Q_{ult} \text{ tiang} = Q_{ujung} \text{ tiang} + \Sigma R_{Si}$$

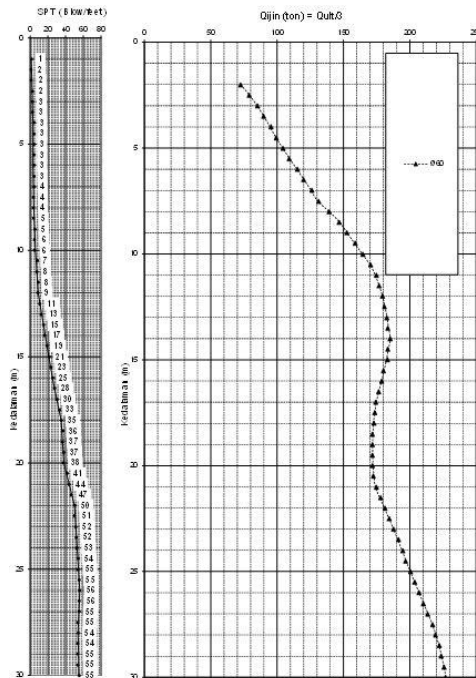
$$= 178,69 \text{ T} + 262,03 \text{ T} = 440,72 \text{ T}$$

4. Menghitung Q_{ijin} tunggal tiang

$$Q_{ijin} \text{ tiang tunggal} = \frac{Q_{ult} \text{ tiang}}{SF}; (SF = 3)$$

$$= \frac{440,72 \text{ ton}}{3} = 146,91 \text{ T}$$

Perhitungan daya dukung ijin tiang tunggal pada tiang berdiameter 600 mm dituang dalam grafik seperti pada Gambar 4. 48.



Gambar 4. 48 Grafik Daya Dukung Ijin Tiang Tunggal pada Diameter 60 cm

4.5.5 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

4.5.5.1 Penentuan Kedalaman Pemancangan

Kedalaman tiang pancang ditentukan berdasarkan nilai P_{ijin} tanah.

$$P_{ijin \text{ bahan tiang}} = 252,70 \text{ T}$$

Dari hasil perhitungan terlampir didapatkan nilai P_{ijin} dari tanah adalah pada kedalaman 26 m sebesar 137,58 T.

$$\begin{aligned} P_{ijin \text{ tanah}} &< P_{ijin \text{ bahan}} \\ 137,58 \text{ T} &< 252,70 \text{ T} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan nilai $P_{ijin \text{ tanah}}$ adalah 137,58 T sebagai nilai dari P_{ijin} .

4.5.5.2 Penentuan Jumlah Tiang Pancang

Daya dukung yang digunakan adalah nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tiang terkoreksi.

$$P_{ijin \text{ bahan tiang}} = 252,70 \text{ T}$$

$$P_{ijin} = 137,58 \text{ T}$$

Dari dua data di atas maka digunakan daya dukung P_{ijin} sebesar 137,58 T.

Jumlah tiang pancang dalam satu tipe *pilecap* ditentukan berdasarkan gaya aksial yang diterima oleh kolom yang meneruskan beban ke pondasi tersebut dari keluaran program bantu ETABS. Perhitungan jumlah tiang pancang dan tipe *pilecap* seperti pada Tabel 4.30 yang menyesuaikan pada denah pondasi pada Gambar 4.47.

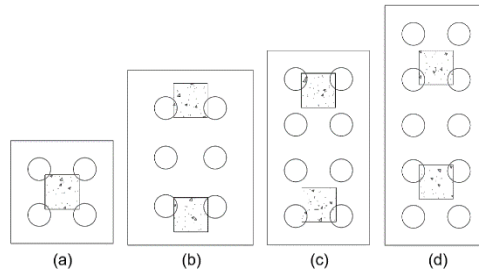
Tabel 4. 31 Kebutuhan Jumlah Tiang dan Tipe *Pilecap*

Tiang	P (T)	P_{ijin} (T)	n Tiang	n pakai	Tipe
1	512.69	137.58	3.7	10	P4
2	659.17	137.58	4.8		
106	309.72	137.58	2.3	4	P1
4	406.10	137.58	3.0	6	P2
15	416.14	137.58	3.0		

16	525.04	137.58	3.8	10	P4
17	684.07	137.58	5.0		
105	324.64	137.58	2.4	4	P1
24	316.54	137.58	2.3	4	P1
23	440.83	137.58	3.2	8	P3
26	442.69	137.58	3.2		
25	318.40	137.58	2.3	4	P1
36	301.91	137.58	2.2	4	P1
35	391.34	137.58	2.8	6	P2
38	392.12	137.58	2.9		
37	302.61	137.58	2.2	4	P1
44	235.10	137.58	1.7	4	P1
43	295.53	137.58	2.1	6	P2
46	326.07	137.58	2.4		
45	259.15	137.58	1.9	4	P1
52	217.61	137.58	1.6	4	P1
51	259.35	137.58	1.9	6	P2
54	322.60	137.58	2.3		
53	259.00	137.58	1.9	4	P1
60	301.14	137.58	2.2	4	P1
59	389.58	137.58	2.8	6	P2
62	391.07	137.58	2.8		
61	302.65	137.58	2.2	4	P1
72	316.60	137.58	2.3	4	P1
71	440.57	137.58	3.2	8	P3
74	442.75	137.58	3.2		
73	318.31	137.58	2.3	4	P1
80	659.20	137.58	4.8	10	P4
84	510.94	137.58	3.7		
109	309.65	137.58	2.3	4	P1
83	386.86	137.58	2.8	6	P2
86	398.33	137.58	2.9		
81	683.19	137.58	5.0	10	P4
85	525.27	137.58	3.8		
108	324.69	137.58	2.4	4	P1

Dari tabel di atas dapat diketahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dan tipe *pilecap*. Kolom-kolom yang berdekatan direncanakan dalam satu *pilecap*. Untuk dapat

lebih mengetahui tipe-tipe pilecap tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.49.



Gambar 4. 49 Tipe Pilecap (a) P1, (b) P2, (c) P3, dan (d) P4

4.5.5.3 Distribusi Tiang Pancang

Distribusi tiang pancang sangat dibutuhkan dalam perencanaan dimensi *pilecap*, diantaranya jarak antar tiang pancang (S) dan jarak tiang ke tepi *pilecap* (S_1). Perhitungan jarak tiang pancang untuk semua tipe *pilecap* adalah sama.

Contoh perhitungan pada P1 :

- Jumlah baris (m) = 2
- Jumlah tiang satu baris (n) = 2
- Jarak tiang ke tepi (S_1) $\geq 1,25D$
 Jarak tiang ke tepi (S_1) $\geq 1,25 \times 0,6 \text{ m}$
 Jarak tiang ke tepi (S_1) $\geq 0,75 \text{ m}$
 Dipakai jarak tiang ke tepi = $0,75 \text{ m} = 75 \text{ cm}$
- Jarak antar tiang (S) = $2D \leq S \leq 2,5D$
 $2(0,6) \leq S \leq 2,5(0,6)$
 $1,2 \text{ m} \leq S \leq 1,5 \text{ m}$
 Dipakai jarak antar tiang = $1,2 \text{ m} = 120 \text{ cm}$

4.5.5.4 Daya Dukung Kelompok Tiang

Daya dukung kelompok tiang pancang harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi.

$$Q_{kel} = \text{Jumlah tiang} \times P_{1 \text{ corr}}$$

Berikut ini perhitungan efisiensi dan daya dukung kelompok tiang pada *pilecap* tipe P1 dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi \times S \times m} \left[m(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)} \right]$$

Keterangan :

$$D = \text{Diamater tiang} = 60 \text{ cm}$$

$$S = \text{Jarak antar tiang} = 120 \text{ cm}$$

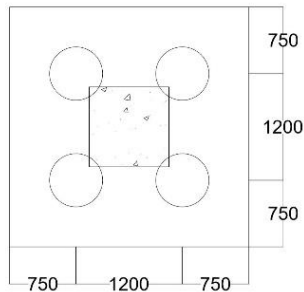
$$m = \text{Jumlah baris} = 2 \text{ buah}$$

$$n = \text{Jumlah tiang satu baris} = 2 \text{ buah}$$

$$\eta = 1 - \frac{600}{\pi \times 1200 \times 2} \left[2(2-1) + (2-1) + \sqrt{2(2-1)(2-1)} \right]$$

$$\eta = 0,705$$

Dimensi P1 :



Gambar 4. 50 Dimensi P1

$$\text{Panjang} = 750 + 1200 + 750 = 2700 \text{ mm} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 750 + 1200 + 750 = 2700 \text{ mm} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Direncanakan tebal poer} = 1 \text{ m}$$

Perhitungan beban vertikal :

$$\Sigma P_v = P (\text{Output ETABS}) + \text{Berat poer}$$

$$P (\text{Output ETABS}) = 318,40 \text{ T}$$

$$\text{Berat poer} = \text{Volume} \times \text{BJ beton}$$

$$= p \times l \times t \times \text{BJ beton}$$

$$= 2,7 \text{ m} \times 2,7 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2,4 \text{ T/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 17,50 \text{ T} \\
 \Sigma P_v &= P (\text{Output ETABS}) + \text{Berat poer} \\
 &= 318,40 \text{ T} + 17,50 \text{ T} \\
 &= 335,90 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$P_{1 \text{ tiang}} = 137,58 \text{ T}$$

Kebutuhan tiang pancang dalam 1 kelompok (n) :

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{1 \text{ tiang}}}$$

$$n = \frac{335,90 \text{ T}}{137,58 \text{ T}}$$

$$n = 2,44 \approx 4 \text{ buah tiang}$$

$$P_{1 \text{ l corr}} = P_{1 \text{ tiang}} \times \eta = 137,58 \text{ T} \times 0,705 = 96,99 \text{ T}$$

$$\text{Jumlah tiang (n)} = 4$$

Daya dukung kelompok tiang :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kel}} &= \text{Jumlah tiang} \times P_{1 \text{ corr}} \\
 &= 4 \times 96,99 \text{ T} \\
 &= 387,98 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$Q_{\text{kel}} > \Sigma P$$

$$387,98 \text{ T} > 335,90 \text{ T (OK)}$$

4.5.5.5 Beban Maksimum yang Diterima Satu Tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam kelompok tiang 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 kemudian dikontrol dengan P_{ijin} satu tiang yang telah dikalikan dengan efisiensi dari perhitungan daya dukung pondasi kelompok dengan persamaan :

$$P_{\text{maks}} = \frac{\Sigma P_v}{n} \pm \frac{M_x \times Y_{\text{maks}}}{n_y \times \Sigma y^2} \pm \frac{M_y \times X_{\text{maks}}}{n_x \times \Sigma x^2}$$

Keterangan :

$$\Sigma P_v = 335,90 \text{ T}$$

$$M_x = 22,72 \text{ T (Output ETABS)}$$

$$M_y = 27,10 \text{ T (Output ETABS)}$$

$$X_{\text{maks}} = 1200 \text{ mm}/2 = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$$

$$Y_{\text{maks}} = 1200 \text{ mm}/2 = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$$

$$\Sigma x^2 = (0,6 \text{ m})^2 + (0,6 \text{ m})^2 = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = (0,6 \text{ m})^2 + (0,6 \text{ m})^2 = 0,72 \text{ m}^2$$

$$n = 4$$

$$n_x = 2$$

$$n_y = 2$$

$$P_{\text{maks}} = \frac{\Sigma P_v}{n} \pm \frac{M_x \times Y_{\text{maks}}}{n_y \times \Sigma y^2} \pm \frac{M_y \times X_{\text{maks}}}{n_x \times \Sigma x^2}$$

$$P_{\text{maks}} = \frac{335,90 \text{ T}}{4} \pm \frac{22,72 \text{ T} \times 0,6 \text{ m}}{2 \times 0,72 \text{ m}^2} \pm \frac{27,10 \text{ T} \times 0,6 \text{ m}}{2 \times 0,72 \text{ m}^2}$$

$$P_{\text{maks}} = 94,69 \text{ T}$$

Kontrol :

$$P_{\text{maks}} < \eta \times P_{1 \text{ tiang}}$$

$$94,69 \text{ T} < 0,707 \times 137,58 \text{ T}$$

$$94,69 \text{ T} < 97,27 \text{ T (OK)}$$

Maka, distribusi tiang pancang pada *pilecap* tipe P1 dapat digunakan.

4.5.6 Perencanaan Poer

4.5.6.1 Kontrol Geser Pons Akibat Kolom

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi:

Data perencanaan poer :

$$P_u = 318,40 \text{ T}$$

$$P_{\text{max}} = 94,69 \text{ T}$$

$$\text{Dimensi kolom} = 900 \times 900 \text{ mm}$$

Dimesi poer	= 2700 x 2700 x 1000 mm
Selimit beton	= 75 mm
Diameter tulangan	= 25 mm
Mutu Beton (f'_c)	= 30 Mpa
Diameter tiang pancang	= 600 mm
Tinggi efektif d_x	= $h - \text{decking} - \frac{1}{2}D$ = $1000 - 75 - \frac{1}{2} \times 25$ = 912,5 mm
Tinggi efektif d_y	= $h - \text{decking} - D - \frac{1}{2}D$ = $1000 - 75 - 25 - \frac{1}{2} \times 25$ = 887,5 mm

$$\lambda \text{ (untuk beton normal)} = 1$$

$$\alpha_s \text{ (untuk kolom tepi)} = 30$$

$$\alpha_s \text{ (untuk kolom interior)} = 40$$

$$\alpha_s \text{ (untuk kolom sudut)} = 20$$

$$\beta = \frac{900}{900} = 1$$

$$b_o = 2 (b_{\text{kolom}} + d_x) + 2 (h_{\text{kolom}} + d_y)$$

$$b_o = 2 (900 + 912,5) + 2 (900 + 887,5)$$

$$= 7250 \text{ mm}$$

Keterangan :

β = Rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek beton dari daerah beban terpusat

b_o = Keliling penampang kritis (daerah di bawah kolom)

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yag terkecil dari point berikut:

$$1. V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$$

$$= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) 10 \times 7250 \times 912,5$$

$$= 18479987,93 \text{ N} = 1848 \text{ T}$$

$$\begin{aligned}
 2. V_c &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{30 \times 912,5}{7250} + 2 \right) 1\sqrt{30} \times 7250 \times 912,5 \\
 &= 17371063,70 \text{ N} = 1737,10 \text{ T} \\
 3. V_c &= 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\
 &= 0,33 \times 1\sqrt{30} \times 7250 \times 912,5 \\
 &= 11957639,25 \text{ N} = 1195,76 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas, diambil nilai yang terkecil. Maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 1195,76 T.

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_c &\geq P_{\text{kolom}} - P_{\text{maks tiang}} \\
 0,75 \times 1195,76 \text{ T} &\geq 318,40 \text{ T} - 94,69 \text{ T} \\
 896,82 \text{ T} &> 223,71 \text{ T (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi, ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser poer akibat kolom.

4.5.6.2 Kontrol Geser Pons Akibat Pancang

$$\begin{aligned}
 \beta &= \frac{2700}{2700} = 1 \\
 b_o &= \pi (D + d) = \pi (600 + 912,5) \\
 b_o &= \pi (600 + 912,5) \\
 &= 4749 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

β = Rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek beton dari daerah beban terpusat

b_o = Keliling penampang kritis (daerah di bawah kolom)

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari point berikut:

1. $V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$
 $= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{30} \times 4749 \times 912,5$
 $= 12105029,33 \text{ N} = 1210,50 \text{ T}$
2. $V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$
 $= 0,083 \times \left(\frac{30 \times 912,5}{4749} + 2\right) 1\sqrt{30} \times 4749 \times 912,5$
 $= 11378645,73 \text{ N} = 1137,86 \text{ T}$
3. $V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$
 $= 0,33 1\sqrt{30} \times 4749 \times 912,5$
 $= 7832666,04 \text{ N} = 783,27 \text{ T}$

Dari ketiga nilai V_c diatas, diambil nilai yang terkecil. Maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 783,27 T.

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_c &\geq P_{\text{kolom}} \\ 0,75 \times 783,27 \text{ T} &\geq 94,69 \text{ T} \\ 587,45 \text{ T} &> 94,69 \text{ T (OK)} \end{aligned}$$

Jadi, ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser poer akibat pancang.

4.5.6.3 Penulangan Lentur Tekan Poer

Pada perencanaan tulangan lentur poer, diasumsikan sebagai balok kantilever yang diberi jepit pada ujung kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q . Desain penulangan poer kolom akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut:

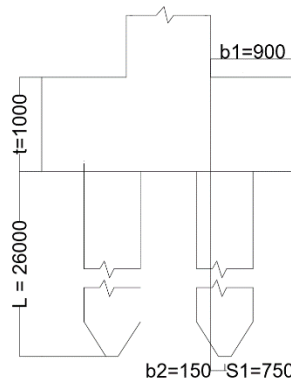
Data perencanaan:

$$\begin{aligned} b \text{ poer} &= 2700 \text{ mm} \\ h \text{ poer} &= 2700 \text{ mm} \\ t \text{ poer} &= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Selimut beton} &= 75 \text{ mm} \\
 f_c' &= 30 \text{ MPa} \\
 f_y &= 420 \text{ MPa} \\
 \text{Diameter tulangan} &= 25 \text{ mm} \\
 d_x &= 1000 \text{ mm} - 75 - 25/2 = 912,5 \text{ mm} \\
 d_y &= 1000 \text{ mm} - 75 - 25 - 25/2 = 887,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penulangan Poer Arah X=Y

Desain penulangan hanya dianalisis pada salah satu sumbu saja, hal tersebut dilakukan karena bentuk penampang poer yang simetris. Apabila poer tidak simetris maka akan lebih mudah jika dianalisis dengan program banu ETABS. Ilustrasi pembebanan pada analisa momen di poer dapat dilihat pada Gambar 4.51 dan Gambar 4.52.



Gambar 4. 51 Lengan Momen pada Poer dan Tiang Pancang

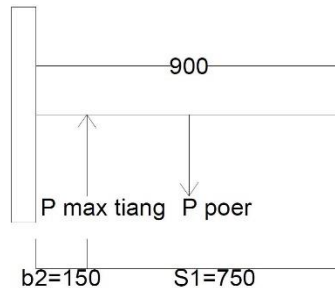
$$\begin{aligned}
 b_1 &= \text{jarak ujung poer ke tepi kolom} \\
 &= (0,5 \times 2700) - (0,5 \times 900) \\
 &= 900 \text{ mm} = 0,9 \text{ m} \\
 b_2 &= \text{jarak as tiang pancang ke tepi kolom} \\
 &= b_1 - S_1 \\
 &= 900 \text{ mm} - 750 \text{ mm} \\
 &= 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m} \\
 P_{\text{poer}} &= \text{Berat poer pada daerah yang ditinjau}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= b \times \text{BJ beton} \times t \times b_1 \\
 &= 2,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} \\
 &= 5832 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= P_u \text{ maks 1 tiang pancang} \\
 &= 94,69 \text{ T} = 94690 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, momen yang terjadi di poer adalah :

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{\text{poer}} - M_{\text{tiang}} \\
 &= (P_{\text{poer}} \times \frac{1}{2} b_1) - (P_u \times n_{\text{tiang}} \times b_2) \\
 &= (5832 \text{ kg} \times \frac{1}{2} \times 0,9 \text{ m}) - (94690 \text{ kg} \times 2 \times 0,15 \text{ m}) \\
 &= -25782,6 \text{ kgm} \\
 &= -257826000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 52 Momen pada Poer

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{257826000}{0,9} \\
 &= 286473333 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{b \times d^2} \\
 &= \frac{286473333}{2700 \times (912,5)^2} \\
 &= 0,127 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\
 &= \frac{420}{0,85 \times 30} \\
 &= 16,471
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \\
 &= \frac{1}{16,471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,471 \times 0,127}{420}}\right) \\
 &= 0,0003 \\
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{420 \text{ MPa}} \\
 &= 0,0033
 \end{aligned}$$

Karena nilai $\rho < \rho_{\text{min}}$ maka dipakai $\rho = 0,0033$

$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \text{ mm} \times 912,5 \text{ mm}$

$A_s \text{ perlu} = 3041,67 \text{ mm}^2$

Direncanakan D25

$$A_{st} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,623 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{1000}{\frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{st}}} = \frac{1000}{\frac{3041,67}{490,63}} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{1000}{S} \times 0,25 \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1000}{150} \times 0,25 \times \pi \times 25^2 \\
 &= 3270,83 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &\geq A_{s_{\text{perlu}}} \\
 3270,83 \text{ mm}^2 &> 3041,67 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Maka digunakan D25-150 mm pada kedua sumbu.

4.5.6.4 Penulangan Lentur Tarik Poer

Penulangan lentur tarik poer ditentukan berdasarkan luasan tulangan yang terjadi, yaitu luas tulangan tarik setengah luas tulangan tekan.

$$A_s \text{ tarik} = \frac{1}{2} A_s \text{ tekan}$$

$$A_s \text{ tarik} = \frac{1}{2} \times 3041,67 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tarik} = 1520,84 \text{ mm}^2 = A_s \text{ perlu Tarik}$$

Direncanakan D19

$$A_{st} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{1000}{\frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{st}}} = \frac{1000}{\frac{1520,84}{283,53}} \approx 150 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = \frac{1000}{S} \times 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1000}{150} \times 0,25 \times \pi \times 19^2 = 1890,19 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ perlu}}$$

$$1890,19 \text{ mm}^2 > 1520,84 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Maka digunakan D19-150 mm pada kedua sumbunya.

4.5.6.5 Rekapitulasi Perhitungan *Pilecap*

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Perhitungan *Pilecap*

<i>Pilecap</i>	Dimensi			Σ Tiang Pancang	Tulangan	
	P	L	T		Arah X	Arah Y
	(m)	(m)	(m)	Buah		
P1	1,5	1,5	0,8	4	D25-150	D25-150
P2	3,0	3,0	1,0	6	D25-150	D25-150
P3	6,0	3,0	1,0	8	D25-150	D25-150
P4	6,9	5,1	1,0	10	D25-150	D25-150

4.5.7 Perencanaan Balok Sloof

4.5.7.1 Penulangan Lentur Sloof

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.12.3.2, balok sloof yang didesain sebagai pengikat horisontal antara *pilecap* harus diproposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar dari

jarak antar kolom yang disambung, dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450.

Panjang sloof (l) = 900 mm

$$\frac{l}{20} = \frac{900}{20} = 450 \text{ mm} \geq 450 \text{ mm}$$

Sehingga direncanakan $b = 450$ mm.

Data perencanaan :

Dimensi sloof :

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$A_g = 292500 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan:

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 402 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Tul. Senggang} = \varnothing 13$$

$$\text{Tul. Utama} = D22$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (d)} &= 650 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \times 22) \\ &= 586 \text{ mm} \end{aligned}$$

Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$\begin{aligned} \text{Berat sloof (q}_D) &= b \times h \times \text{BJ beton} \\ &= 0,45 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 702 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

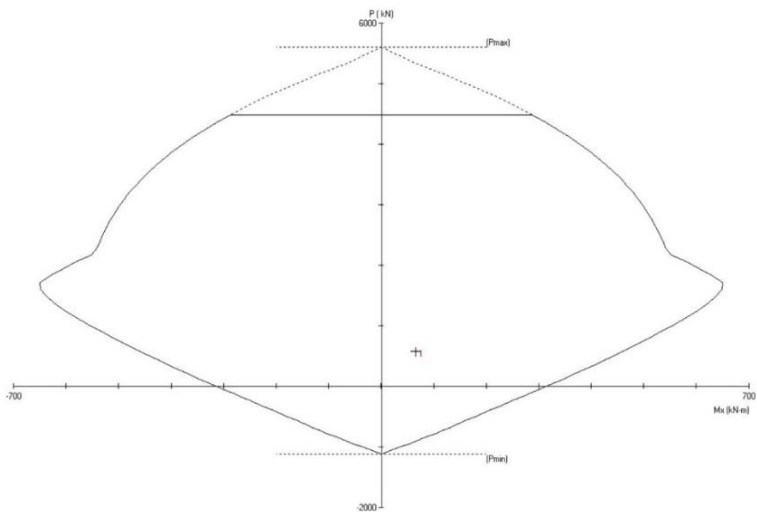
$$\begin{aligned} q_u &= 1,4 \times q_D \\ &= 1,4 \times 702 \text{ kg/m} \\ &= 982,80 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{12} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 982,80 \text{ kg/m} \times (9 \text{ m})^2 \\ &= 6633,90 \text{ kgm} = 66,34 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 982,80 \text{ kg/m} \times 9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4422,60 \text{ kg} = 44226 \text{ N} \\
 P_{u \text{ kolom}} &= 5775,04 \text{ kN} \\
 P_{u \text{ sloof}} &= 5775,04 \text{ kN} \times 10\% \\
 &= 577,50 \text{ kN} = 577504 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Perencanaan penulangan sloof digunakan tulangan 8D22 kemudian dicek dengan program bantu PCACOL dan didapatkan diagram interaksi sloof seperti pada Gambar 4.53.



Gambar 4. 53 Diagram Interaksi Sloof

Tanda (+) di dalam diagram interaksi menunjukkan bahwa desain penulangan masih memenuhi syarat.

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,06 \%$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0106 \times 450 \text{ mm} \times 586 \text{ mm} \\
 &= 2795,22 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 8D22 :

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2$$

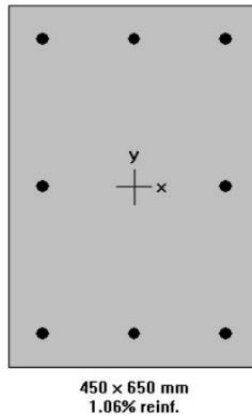
$$= 3042,29 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_s \text{ perlu} \leq A_s \text{ pakai}$$

$$2795,22 \text{ mm}^2 \leq 3042,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi tulangan 8D22 memenuhi dan dipasang merata 4 sisi. Penulangan sloof dengan PCA Col dapat dilihat pada Gambar 4.54.



Gambar 4. 54 Penulangan Sloof dengan PCa Col

4.5.7.2 Penulangan Geser Sloof

Data perencanaan :

Dimensi sloof :

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$A_g = 292500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = 650 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \times 22)$$

$$= 586 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{577504}{14 \times 292500} \right) 1 \sqrt{30} \times 450 \times 586 \\
 &= 280166 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 0,75 V_c \\
 &= 0,75 \times 280166 \text{ N} \\
 &= 210124,5 \text{ N} \\
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 982,80 \text{ kg/m} \times 9 \text{ m} \\
 &= 4422,60 \text{ kg} \qquad = 44226 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &> V_u \\
 210124,5 \text{ N} &> 44226 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser, namun dipasang tulangan geser minimum.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.12.3, jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{d}{2} = \frac{586}{2} = 293 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan geser praktis Ø13–300, sengkang dua kaki.

4.5.7.3 Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

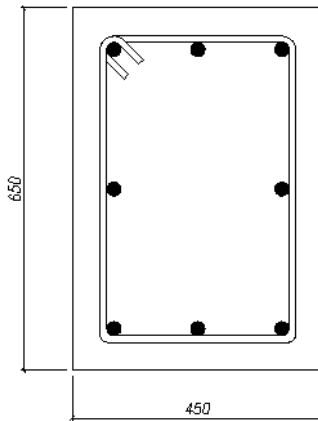
Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.3.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan harus ditentukan dan tidak boleh kurang dari 200 mm dan diambil yang terbesar dari kedua persamaan berikut ini:

$$1. \quad l_{dc} = \left(\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{0,24 \times 420 \text{ MPa}}{1,30 \text{ MPa}} \right) \times 22 \text{ mm} \\
 &= 404,88 \text{ mm} \\
 2. \quad l_{dc} &= (0,043f_y) d_b \\
 &= 0,043 \times 420 \text{ MPa} \times 22 \text{ mm} \\
 &= 392,32 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, digunakan panjang penyaluran 450 mm.

Gambar penulangan sloof dapat dilihat pada gambar 4.55.



Gambar 4. 55 Penulangan Sloof

4.5.8 Perencanaan Kolom Pedestal

Output gaya dalam kolom pedestal yang didapat pada ETABS digunakan sebagai input data beban pada perhitungan kolom pedestal menggunakan program PAcad.

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$P_u = 5775,04 \text{ kN}$$

$$V_u = 171,91 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 777,80 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 499,64 \text{ kNm}$$

Data perencanaan kolom :

$b = 900 \text{ mm}$

$h = 900 \text{ mm}$

$A_g = 810000 \text{ mm}^2$

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 420 \text{ Mpa}$

Selimit beton = 40 mm

Tulangan sengkang = $\varnothing 13 \text{ mm}$

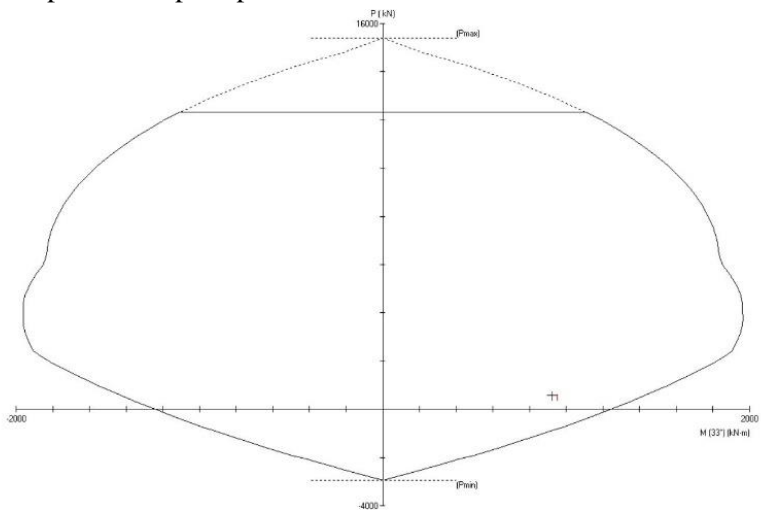
Tulangan utama = D25 mm

Tinggi efektif (d) = $900 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \times 25) = 834,5 \text{ mm}$

4.5.8.1 Penulangan Longitudinal Kolom

Penulangan longitudinal kolom dilakukan menggunakan program bantu PCA Col. Data yang dimasukkan adalah beban aksial dan momen pada kolom.

Direncanakan penulangan kolom menggunakan tulangan 16D25 kemudian dicek dengan program bantu PCACOL dan didapatkan diagram interaksi kolom pedestal seperti pada Gambar 4.56 .



Gambar 4. 56 Diagram Interaksi Kolom Pedestal

Tanda (+) di dalam diagram interaksi menunjukkan bahwa desain penulangan masih memenuhi syarat.

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,01 \%$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0101 \times 900 \text{ mm} \times 834,5 \text{ mm} \\ &= 7585,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

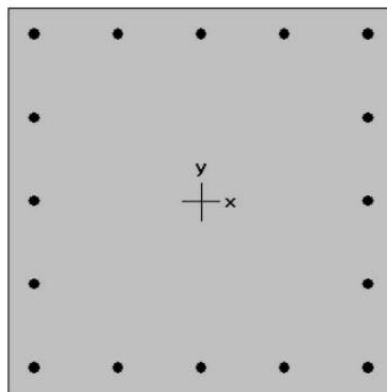
Dipasang tulangan 16D25 :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (25 \text{ mm})^2 \\ &= 7857,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &\leq A_s \text{ pakai} \\ 7585,61 \text{ mm}^2 &\leq 7857,14 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Jadi tulangan 16D25 memenuhi dan dipasang merata 4 sisi. Penulangan pedestal dengan PCA Col dapat dilihat pada Gambar 4.57.



900 × 900 mm
1.01% reinf.

Gambar 4. 57 Penulangan Pedestal dengan PCA Col

4.5.8.2 Penulangan Geser Kolom Pedestal

Data perencanaan :

Dimensi kolom pedestal :

$$b = 900 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$A_g = 810000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan:

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 402 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Tul. Sengkang} = \varnothing 13$$

$$\text{Tul. Utama} = \text{D25}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi efektif (d)} &= 900 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \times 25) \\ &= 834,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan persamaan :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{577504}{14 \times 810000} \right) 1 \sqrt{30} \times 900 \times 834,5 \\ &= 1034768 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 V_c \\ &= 0,75 \times 1034768 \text{ N} \\ &= 776076,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_c &> V_u \\ 776076,2 \text{ N} &> 171910 \text{ N (OK)} \end{aligned}$$

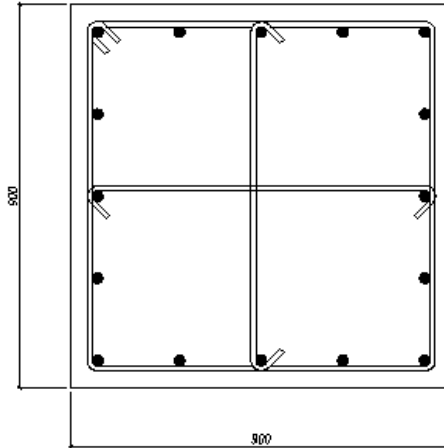
Sehingga tidak perlu tulangan geser, namun dipasang tulangan geser praktis D13 dengan jarak minimum :

$$\begin{aligned} S_{\min} &= 6 d_b \\ &= 6 \times 13 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 192 \text{ mm}$$

Jadi, dipasang tulangan geser praktis $\text{Ø}13\text{--}200$.

Gambar penulangan pedestal dapat dilihat pada gambar 4.58.



Gambar 4. 58 Penulangan Kolom Pedestal

4.5.8.3 Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.3.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan harus ditentukan dan tidak boleh kurang dari 200 mm dan diambil yang terbesar dari kedua persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} 3. \quad l_{dc} &= \left(\frac{0,24f_y}{\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b \\ &= \left(\frac{0,24 \times 420 \text{ MPa}}{1\sqrt{30 \text{ MPa}}} \right) \times 25 \text{ mm} \\ &= 460,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \quad l_{dc} &= (0,043f_y) d_b \\ &= 0,043 \times 420 \text{ MPa} \times 25 \text{ mm} \\ &= 451,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, digunakan panjang penyaluran 450 mm.

BAB V

KESIMPULAN

2.5 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pelat lantai atap menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal 0,75 mm dan pelat beton setebal 90 mm serta dipasang tulangan wiremesh M7-150.
2. Pelat lantai kamar menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal 0,75 mm dan pelat beton setebal 90 mm serta dipasang tulangan wiremesh M8-150.
3. Pelat lantai lobi, toko, dan koridor bawah menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal 0,75 mm dan pelat beton setebal 120 mm serta dipasang tulangan wiremesh M8-150.
4. Balok anak dibagi berdasarkan fungsi ruangnya, yaitu :
 - a. Balok anak atap dibagi berdasarkan bentangnya, yaitu :
 - Bentang 6,6 m menggunakan profil WF 350x170x6x9.
 - Bentang 3 m menggunakan profil WF 300x150x5,5x8.
 - b. Balok anak lantai kamar menggunakan profil WF 350x170x6x9.
 - b. Balok anak lantai koridor menggunakan profil WF 300x150x5,5x8.
 - c. Balok anak lantai lobi dan toko menggunakan profil WF 400x200x7x11.
5. Balok penggantung lift menggunakan profil WF 300x200x8x12 dan balok penumpu lift menggunakan profil WF 350x250x8x12.
6. Tebal pelat anak tangga sebesar 5 mm dan pengaku pelat anak tangga menggunakan profil siku 50x50x6.
7. Tebal pelat bordes sebesar 8 mm dan dimensi balok bordes menggunakan profil WF 100x50x5x7.

8. Balok utama tangga menggunakan profil WF 250x125x6x9 dan balok penumpu tangga menggunakan WF 300x150x5,5x8.
9. Balok induk menggunakan profil HC 750x200x10x16 dengan bentang 9 m, 6,6 m, 6 m, dan 3 m.
10. Perencanaan kolom dibagi atas tiga kelompok, yaitu :
 - a. Kolom lantai 1-4 menggunakan profil HSS 700x700x25x25.
 - b. Kolom lantai 5-7 menggunakan profil HSS 600x500x25x25.
 - c. Kolom lantai 8-13 menggunakan profil HSS 400x400x25x25.
11. Pondasi menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan kedalaman 26 m.
12. Dimensi poer terdapat 4 tipe :
 - a. P1 dengan dimensi 270 cm x 270 cm
 - b. P2 dengan dimensi 330 cm x 460 cm
 - c. P3 dengan dimensi 270 cm x 510 cm
 - d. P4 dengan dimensi 270 cm x 630 cm
13. Dimensi kolom pedestal 900 mm x 900 mm.
14. Dimensi sloof terdapat dua tipe, yaitu :
 - a. S1 dengan dimensi 450 mm x 650 mm
 - b. S2 dengan dimensi 400 mm x 600 mm

2.6 Saran

Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari mengenai perencanaan struktur *Castellated Beam* dan *Rectangular Concrete Steel Tube* lebih dalam dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, estetika dan efisiensi. Sehingga perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi yang sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amayreh, L dan M. P. Saka. 2005. “**Failure Load Prediction Of Castellated Beams Using Artificial Neural Networks**”. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)* Vol 6.35-54. Bahrain : Department of Civil Engineering University of Bahrain.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Grunbauer, Johan. 2001. *Castellated Beams*.
<<http://www.grunbauer.nl/eng/inhoud.htm>>
- Knowles, P. R. 1991. *Castellated Beams*. Proc Instn Civil Engineers. Part I : 521-536
- Megharief, J. D. 1997. *Behavior of Composite Castellated Beams*. Montreal, Canada: Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, Mc Gill University.
- Sabelli, R. dan Bruneau, M. 2006. *Steel Plate Shear Walls*. American Institute of Steel Construction, Inc.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.

Sosrodarsono, Ir.Suyono, dan Nakazawa, Kazuto. (1983).
Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi cetakan Kedua.
Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

T. Patrick Bradley, 2007, "***Stability of Castellated Beams During Erection***" by Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DRILLING LOG

BOREHOLE NO : **BH-3**

PROJECT : Apartemen The Enviro	START DATE : 5 Juli 2013
LOCATION : Jababeka, Cikarang	END DATE : 12 Juli 2012
COORDINATE :	CWL : - 0.00 m (Drilling Water Level)
ELV. :	DRILLED BY : Sutarnon
DEPTH : 30.45 m	LOGGED BY : Hamri

DEPTH (m)	SYMBOL	SAMPLE	SAMPLE DEPTH (m)	SOIL DESCRIPTION	M1	M2	M3	N-SPT	SPT																
									C	F	X	W	A ₁	A ₂											
0	CH																								
1																									
2		SP11	2.00-2.45	LEMPUNG lanau, kuning kecoklatan, konsistensi sedang (medium stiff), plastisitas tinggi konsistensi teguh (stiff)	2	3	3	6																	
3		UDS-1	3.00-3.30																						
4		SP12	4.50-4.45			2	2	3	5																
5																									
6		SP13	6.00-6.45			3	4	6	10																
7		UDS-2	7.00-7.50																						
8		SP14	8.00-8.45			4	5	7	12																
9																									
10		UDS-3	10.00-10.00																						
10		SP15	10.00-10.45		konsistensi teguh ke sangat teguh (stiff to very stiff)	5	7	9	16																
11																									
12		SP16	12.00-12.45	konsistensi sangat teguh (very stiff)	5	8	10	18																	
13																									
14		SP17	14.00-14.45		5	9	9	17																	
15																									
16		SP18	16.00-16.45		6	9	11	19																	
17																									
18		SP19	18.00-18.45		6	8	10	18																	
19																									
20		SP20	20.00-20.45	konsistensi teguh ke sangat teguh (stiff to very stiff)	5	7	9	16																	
21																									
21	ML																								
21		SP21	21.00-21.05	LANAU lempungan, coklat keabu-abuan, konsistensi sangat teguh (very stiff), plastisitas rendah konsistensi keras (hard)	10	12	15	27																	
22		SP22	23.00-23.45			12	14	17	31																
24		SP23	24.50-24.05			12	15	18	33																
25																									
26		SP24	26.00-26.45			12	16	20	36																
27		SP25	27.50-27.95			10	15	18	33																
28																									
29		SP26	29.00-29.40	Konsistensi sangat teguh (very stiff)	12	14	17	31																	
30																									

REMARK :

- Undisturbed Sample
- Disturbed sample
- Core Sample

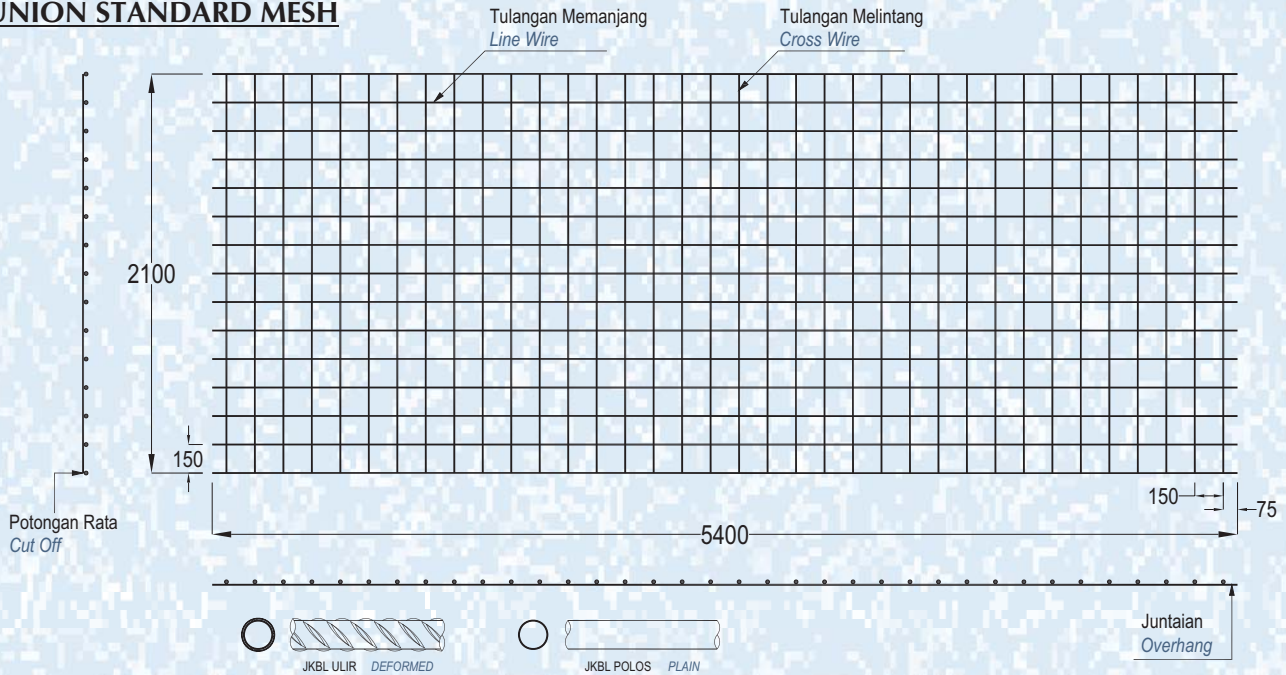
INFORMASI PRODUK

PRODUCT INFORMATION

Union Wire Mesh adalah jaring baja tulangan bermutu tinggi yang mempunyai tegangan leleh karakteristik 5.000 kg/cm² yang dirangkai sedemikian rupa menggunakan las listrik untuk mendapatkan tegangan geser berkualitas tinggi sebesar 2.500 kg/cm² di setiap titik pertemuan kawatnya.

Union Wire Mesh is made from high tensile reinforcing wire rod having characteristic yield strength of 5,000 kg/cm² and it is electrically welded to obtain high quality shearing strength of 2,500 kg/cm² in each welded point.

UNION STANDARD MESH



BERAT PER LEMBAR

TYPE	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M12	M16
DIAMETER (mm)	4	5	6	7	8	9	10	12	16
BERAT PER LEMBAR (kg)	15,45	24,14	34,76	47,31	61,79	78,21	96,55	139,03	247,17

MASS PER SHEET

Spesifikasi

Diameter JKBL Union	: 4 mm sampai 16 mm
Standar Bahan	: SNI 07-0663-1995
Tegangan Leleh Karakteristik	: 5.000 kg/cm ² , mutu U-50
Tegangan Geser Kampuh Las	: 2.500 kg/cm ²
Bentuk Permukaan Kawat	: Polos dan Ulir
Spasi Standard	: 150 mm x 150 mm (Type M) 100 mm x 200 mm (Type B)
Ukuran Standard	: Lembar : 5,4 m x 2,1 m (M4 - M16) Roll : 54 m x 2,1 m (M4 - M6)

Specification

Diameter of Union Mesh	: 4 mm up to 16 mm
Material Standard	: SNI 07-0663-1995
Characteristic Yield Strength	: 5,000 kg/cm ² , grade U-50
Welding Shear Strength	: 2,500 kg/cm ²
Types of Bar Surfaces	: Plain and Deformed
Standard Spacings	: 150 mm x 150 mm (M Type) 100 mm x 200 mm (B Type)
Standard Sizes	: Sheet : 5.4 m x 2.1 m (M4 - M16) Roll : 54 m x 2.1 m (M4 - M6)

Produksi Union Wire Mesh

Dengan dukungan dari mesin pembentuk JKBL kami yang modern dan menggunakan teknologi komputer, kami terbukti berkemampuan untuk memproduksi ukuran JKBL yang bervariasi dengan hasil pengelasan sempurna sampai dengan diameter 16 mm.

- Jarak spasi : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm; dan 300 mm
- Juntai kawat memanjang maksimum 1.200 mm kedua sisi nya
- Jarak spasi kawat melintang minimum 50 mm sesuai dengan diameter
- Jika tulangan ukuran spesial diperlukan, staff berpengalaman kami siap untuk membantu mendesain yang terbaik dan paling efisien
- Untuk M12 sampai dengan M16, harap konsultasi dengan kami

Union Wire Mesh Production

By means of our modern and computerized wire mesh welding machines, we have proven capability to produce various sizes of mesh with perfect welding result up to diameter 16 mm.

- Spacings : 50 mm; 100 mm; 150 mm; 200 mm; 250 mm and 300 mm
- Line wire over hang maximum 1,200 mm both sides
- Cross wire spacing minimum 50 mm subject to diameters
- If special sizes of reinforcement are required, our experienced technical staffs are ready to assist for designing the best and most efficient ones
- For M12 to M16, please consult with us

Penggunaan

Applications

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

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

Conversion Calculation

Mengganti tulangan biasa (U-24)
dengan JKBL Union (U-50)

Substituting union wire mesh (U-50)
for ordinary reinforcement (U-24)

Rumus :

Formula :

$$\text{Luas JKBL union (U-50)} = \text{Luas tulangan biasa (U-24)} \times \frac{\text{Tegangan leleh U-24}}{\text{Tegangan leleh U-50}}$$

$$\text{Union Wire Mesh area (U-50)} = \text{Mild Steel bar area (U-24)} \times \frac{\text{Yield stress U-24}}{\text{Yield stress U-50}}$$

Contoh :

Example :

Diketahui : Tulangan U-24
Diameter = 10 mm
Jarak spasi = 150 mm
Luas tulangan = 5,24 cm²/m'

Given : Mild Steel bar U-24
Diameter = 10 mm
Spacing = 150 mm
Cross sectional area = 5.24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Luas JKBL union} &= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Union Wire Mesh area} &= 5.24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2.515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Dari Tabel diperoleh : JKBL Union
Diameter 7 mm dengan spasi 150 mm
Luas 2,57 cm²/m'

From the Table is obtained : Union Wire Mesh
Diameter 7 mm with 150 mm spacing
Area 2.57 cm²/m'

TABEL LUAS PENAMPANG KAWAT

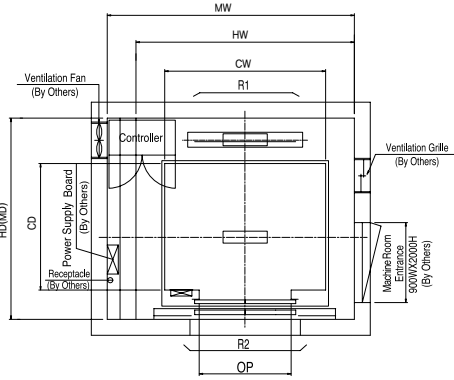
WIRE AREA TABLE

Diameter Kawat Ø Wire Diameter (mm)	Luas Kawat Ø Wire Area (cm ²)	Jumlah Luas Penampang Kawat (cm ² /m') Menurut Spasinya Setiap Arah Total Wire Area (cm ² /m') 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

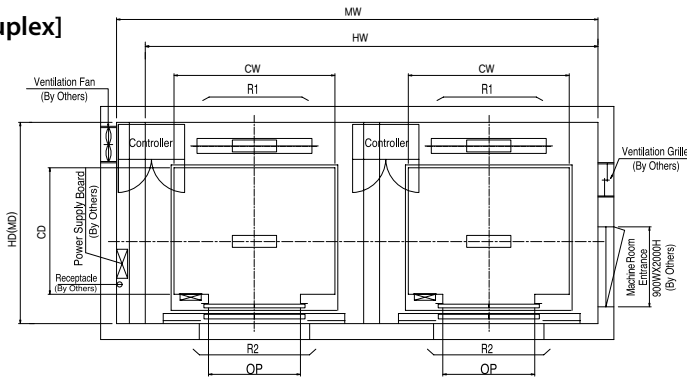
Technical Data

I Hoistway & Machine Room Plan

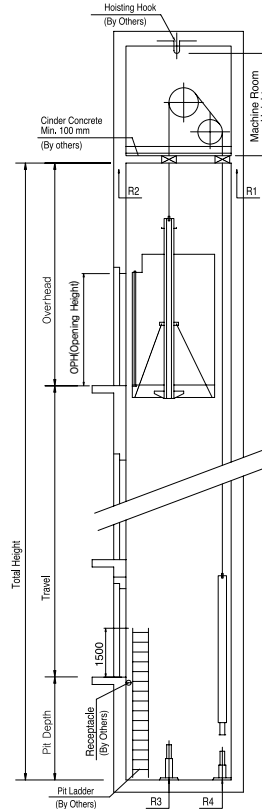
[Simplex]



[Duplex]



I Hoistway Section



I Overhead, Pit & Machine Room Height

Application Regulation [CODE]	Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (mm)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room HT	Required Hook Strength (kg)
Standard / EN	1	450~1000	Travel≤100	4200	1400	2300	3000
		1350	Travel≤100	4300			4500
		1150/1600	Travel≤80	4300			4500
	1.5	450~1000	Travel≤100	4400	1450	2300	3000
		1350	Travel≤100	4400			4500
		1150/1600	Travel≤80	4400			4500
	1.75	450~1000	Travel≤100	4500	1600	2300	3000
		1350	Travel≤100	4500			4500
		1150/1600	Travel≤80	4500			4500
MS2021	1	410~1025	Travel≤100	4200	1400	2300	3000
		1365	Travel≤100	4300			4500
		1160/1365	Travel≤80	4300			4500
	1.5	410~1025	Travel≤100	4400	1450	2300	3000
		1365	Travel≤100	4400			4500
		1160/1365	Travel≤80	4400			4500
	1.75	410~1025	Travel≤100	4500	1600	2300	3000
		1365	Travel≤100	4500			4500
		1160/1365	Travel≤80	4500			4500
Standard / EN	2	800~1600	Travel≤130	5100	1900	2300	4500
	2.5			5300			

Technical Data

I Layout Dimensions | Speed : 1.5, 1.75 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

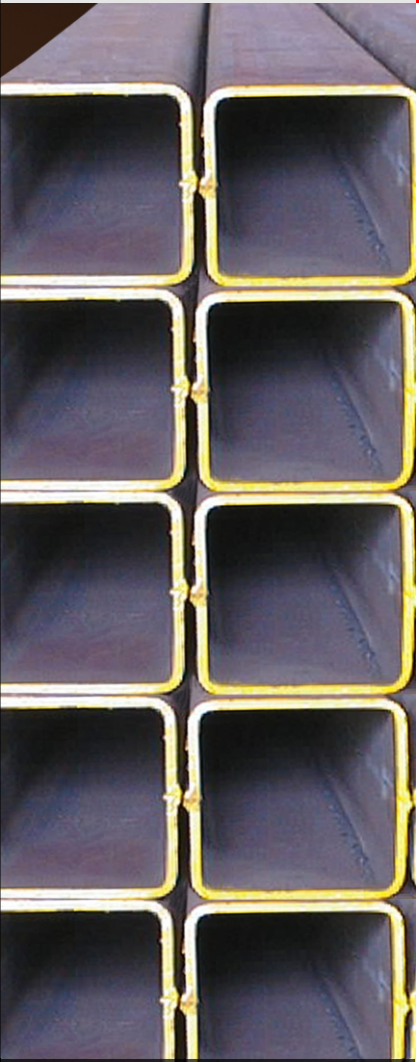
Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
	Person	Load(kg)		CW	CD	Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
						HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.5 ~ 1.75	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[EN Code]

1.5 ~ 1.75	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

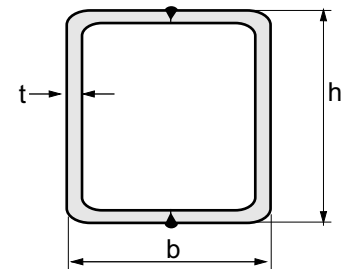
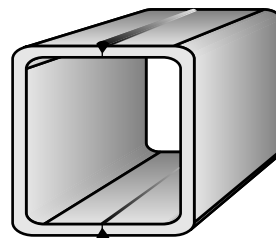
[Malaysia]

1.5 ~ 1.75	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4500	3100	7500	5500
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	6150	4300	10550	7300
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	11500	8700	18550	13300



METRIC SIZE

DIMENSION	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION	
					$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$	
H	B				cm^4	cm^3	cm	
mm	mm	mm	kg/m	cm^2				
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20



CHEMICAL COMPOSITION

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm ≤ t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

NOTE :

- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

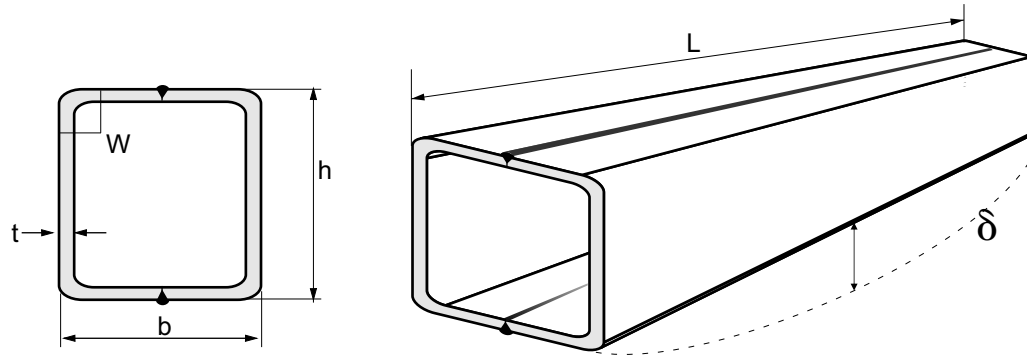
continue.....>>

HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,
Sukadanau, Cikarang Barat,
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA
Forming Department
Phone DID : (62-21) 898 38 291 - 296
Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158
Fax : (62-21) 898 38 298
e-mail : pji01@grdsteel.com
pji02@grdsteel.com



SHAPED AND TOLERANCE

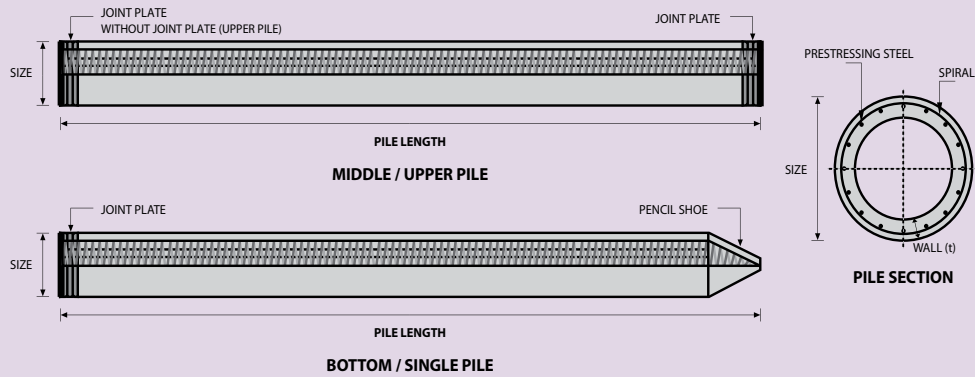


DESCRIPTION	TOLERANCE
Length (L)	- 0 + 50 mm
Cross-Section (B)	JIS G 3466
Depletion (δ)	1/1000 length max
Squareness (W)	+ 20
Twisting	\pm 4 mm
Thickness	JIS G 3193

Standard :

- Specification standard JIS & ASTM
- Material Standard SS 400, A36 & GR 50 A, B, C
- Bigger dimension will be produced, if there confirm before
- Semi Welding joint, partial penetration (AWS - D1.1 - 96)

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

GAMBAR RENCANA

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG AEROPOLIS LUCENT
RESIDENCE TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

ARSITEKTUR

OLEH :

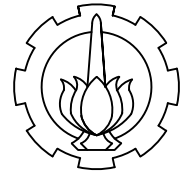
Silmi Kaffah
03111745000005

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D.
NIP. 197301281998021002

DOSEN PEMBIMBING 2 :

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
NIP. 196103111987011001



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH LT.1

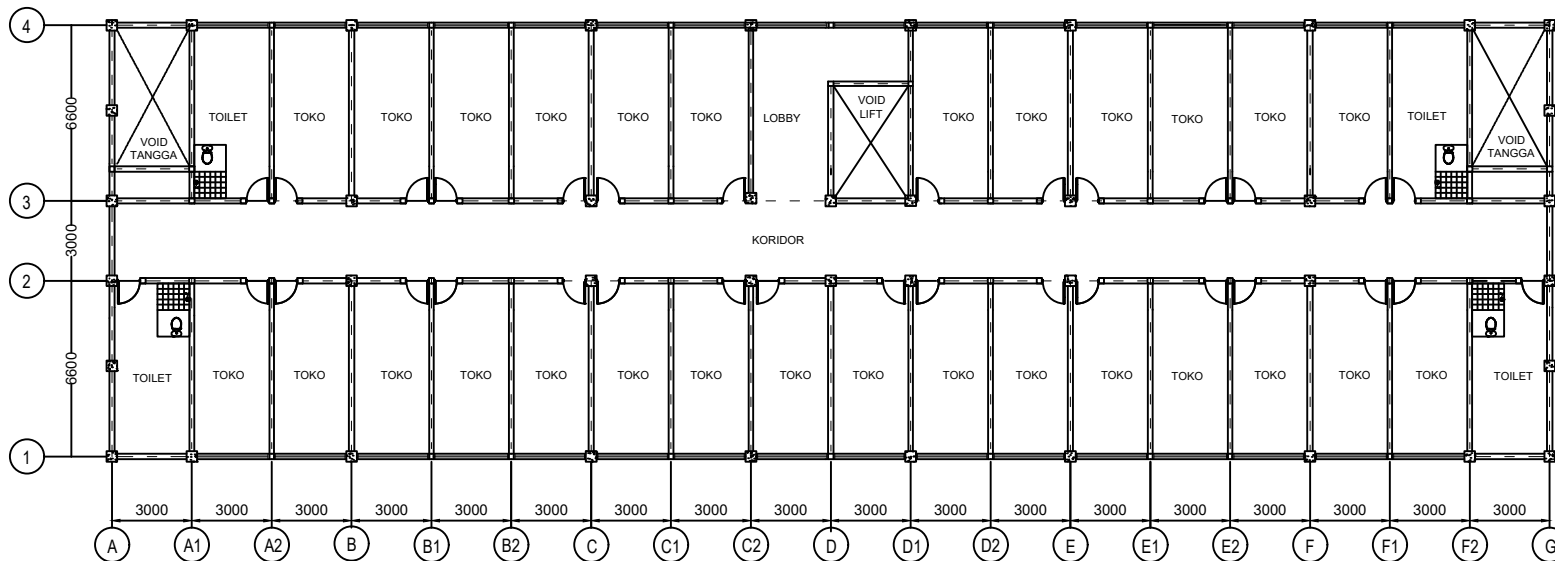
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML.LEMBAR

ARS

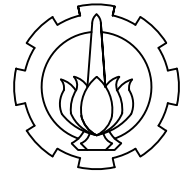
1

4



DENAH LT.1

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH LT.2-12

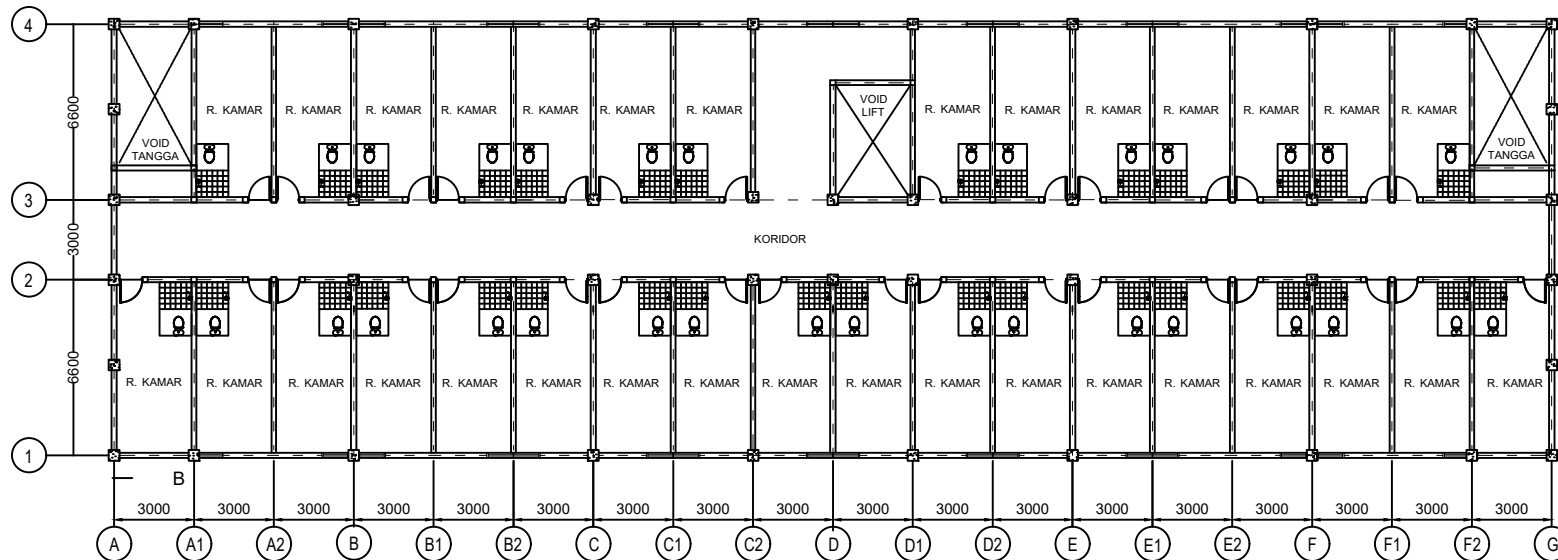
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

ARS

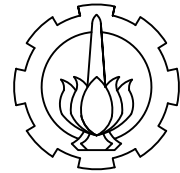
2

4



DENAH LT.2-12

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

TAMPAK DEPAN

1 : 300

KODE GAMBAR

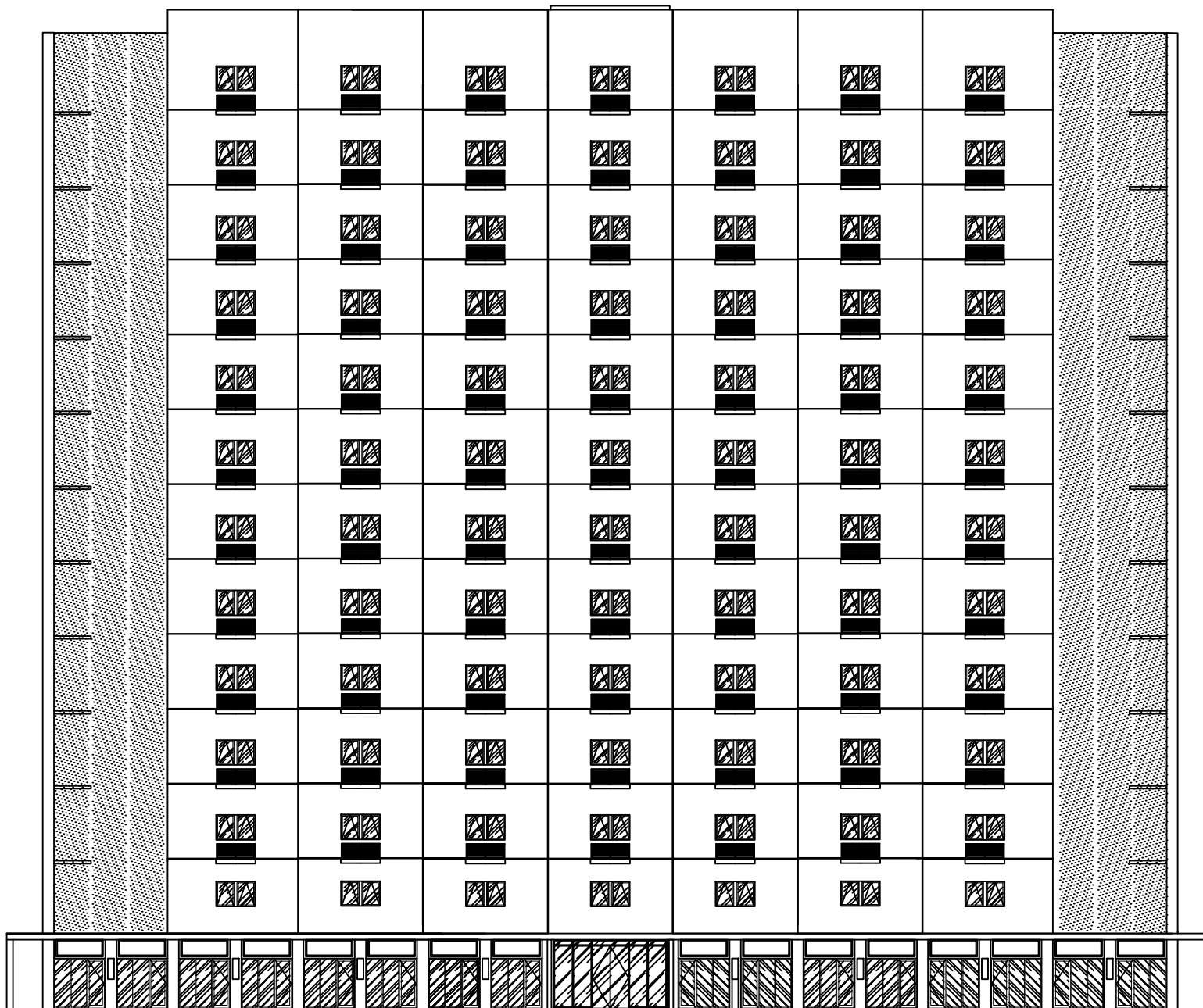
NO. LEMBAR

JML.LEMBAR

ARS

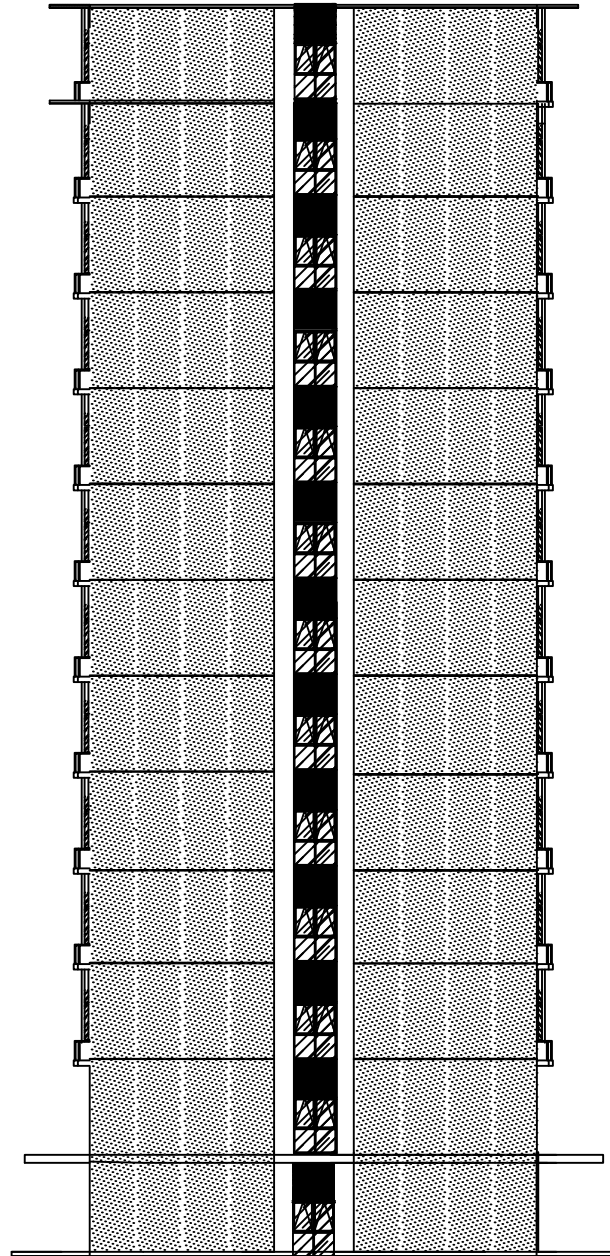
3

4



TAMPAK DEPAN

SKALA 1 : 300




TAMPAK SAMPING
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

TAMPAK SAMPING

1 : 300

KODE GAMBAR

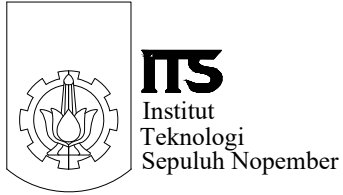
NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

ARS

4

4



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

GAMBAR RENCANA

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG AEROPOLIS LUCENT
RESIDENCE TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM RECTANGULAR
CONCRETE FILLED STEEL TUBE (RCFT) HEXAGONAL DAN BALOK
HEXAGONAL CASTELLATED

STRUKTUR

OLEH :

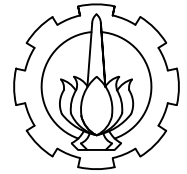
Silmi Kaffah
03111745000005

DOSEN PEMBIMBING 1 :

BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D.
NIP. 197301281998021002

DOSEN PEMBIMBING 2 :

Ir. HEPPY KRISTIANTO, M.S.
NIP. 196103111987011001



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH BALOK LT.1

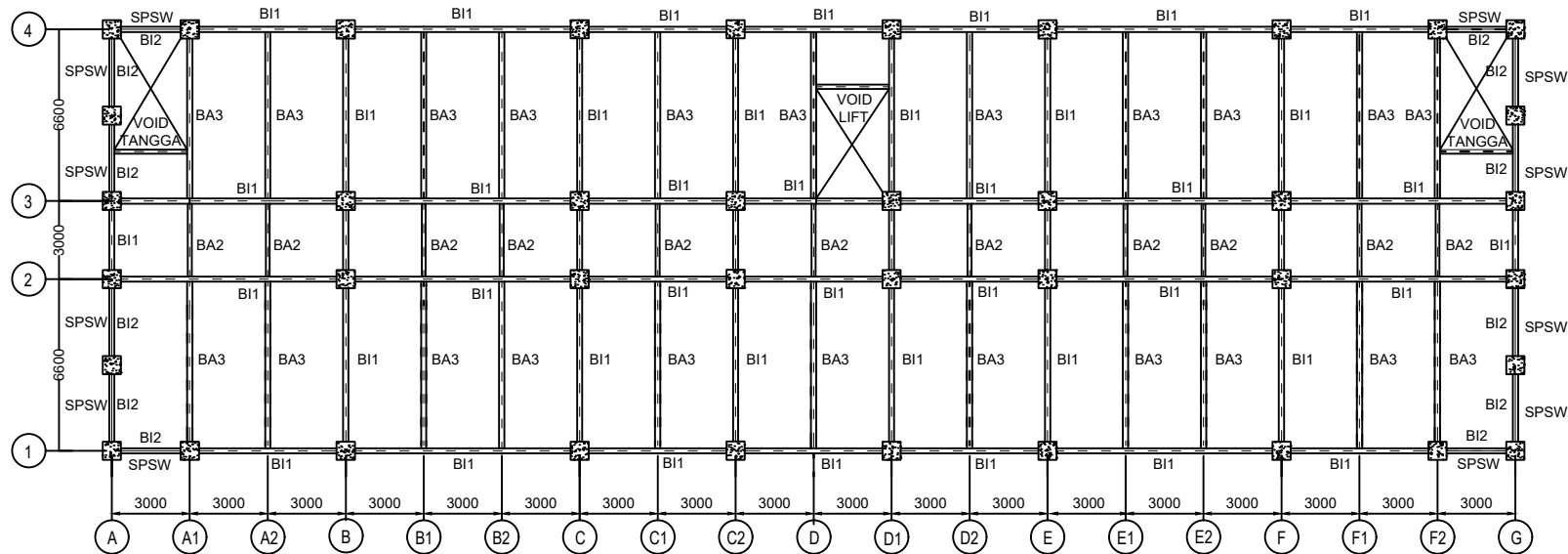
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML.LEMBAR

STR

1

28



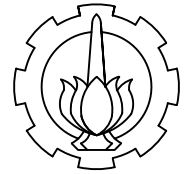
KETERANGAN :

BI1	HCB 750 x 200 x 10 x 16
BI2	WF 600 x 300 x 12 x 20
BA1	WF 350 x 175 x 6 x 9
BA2	WF 300 x 150 x 5,5 x 8
BA3	WF 400 x 200 x 7 x 11
SPSW	TEBAL 5 mm



DENAH BALOK LT.1

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH BALOK LT.2-12

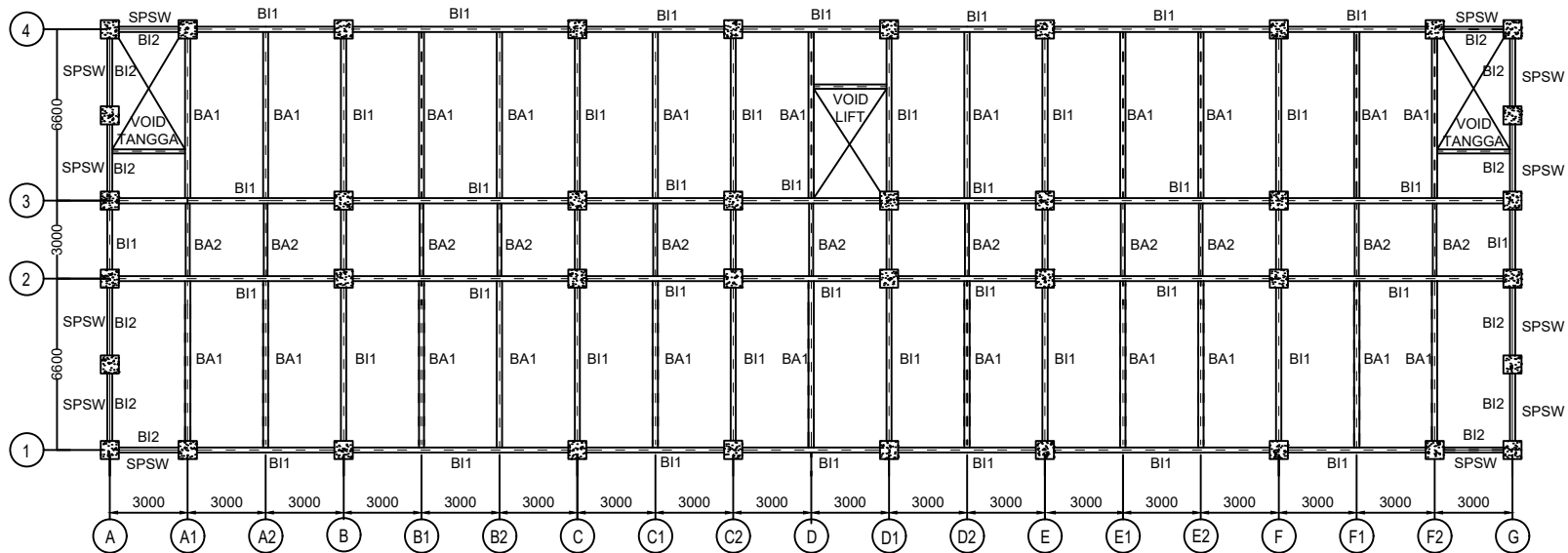
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

2

28



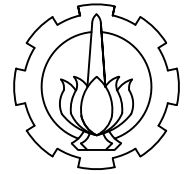
KETERANGAN :

BI1	HCB 750 x 200 x 10 x 16
BI2	WF 600 x 300 x 12 x 20
BA1	WF 350 x 175 x 6 x 9
BA2	WF 300 x 150 x 5,5 x 8
BA3	WF 400 x 200 x 7 x 11
SPSW	TEBAL 5 mm



DENAH BALOK LT.2-12

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH BALOK LT.ATAP

1 : 300

DENAH RUMAH LIFT

1 : 300

KODE GAMBAR

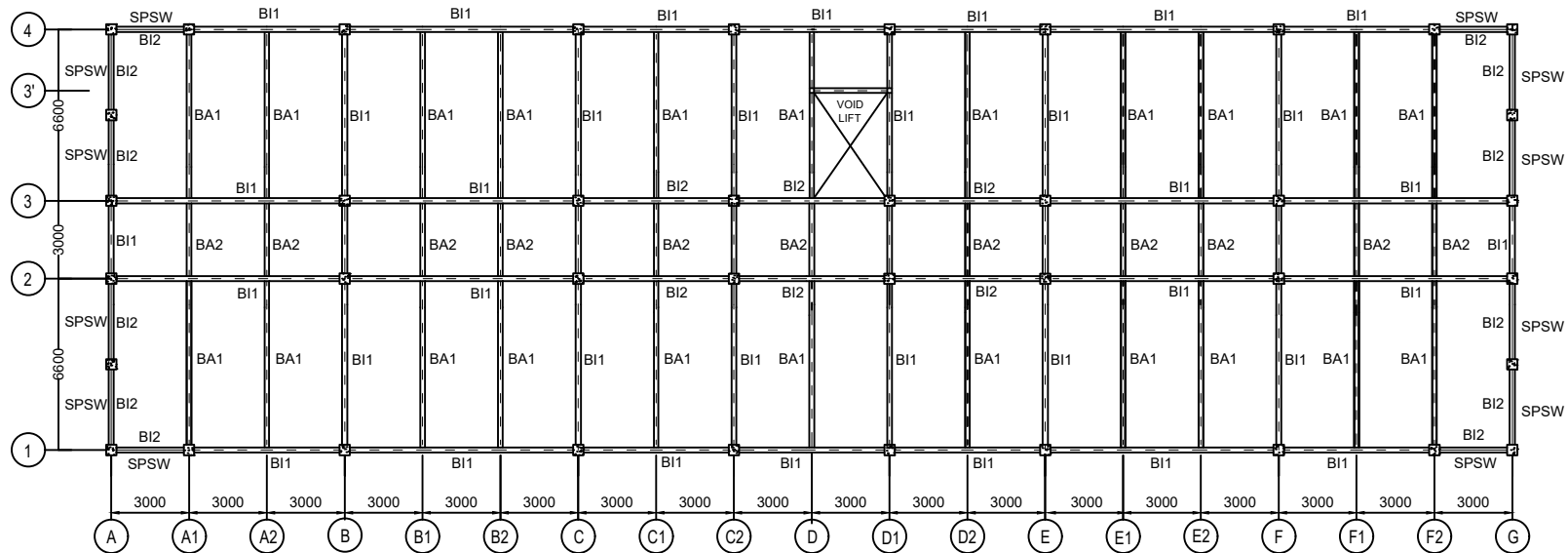
NO. LEMBAR

JML.LEMBAR

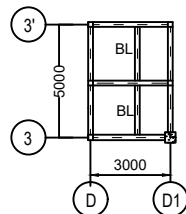
STR

3

28



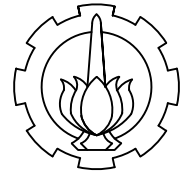
DENAH BALOK LT.ATAP (ELV. +46,8)
 SKALA 1 : 300



DENAH BALOK RUMAH LIFT (ELV. +49,1)
 SKALA 1 : 300

KETERANGAN :

BI1	HCB 750 x 200 x 10 x 16
BI2	WF 600 x 300 x 12 x 20
BA1	WF 350 x 175 x 6 x 9
BA2	WF 300 x 150 x 5,5 x 8
BA3	WF 400 x 200 x 7 x 11
BL	WF 300 x 200 x 8 x 12
SPSW	TEBAL 5 mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH KOLOM LT.1-4

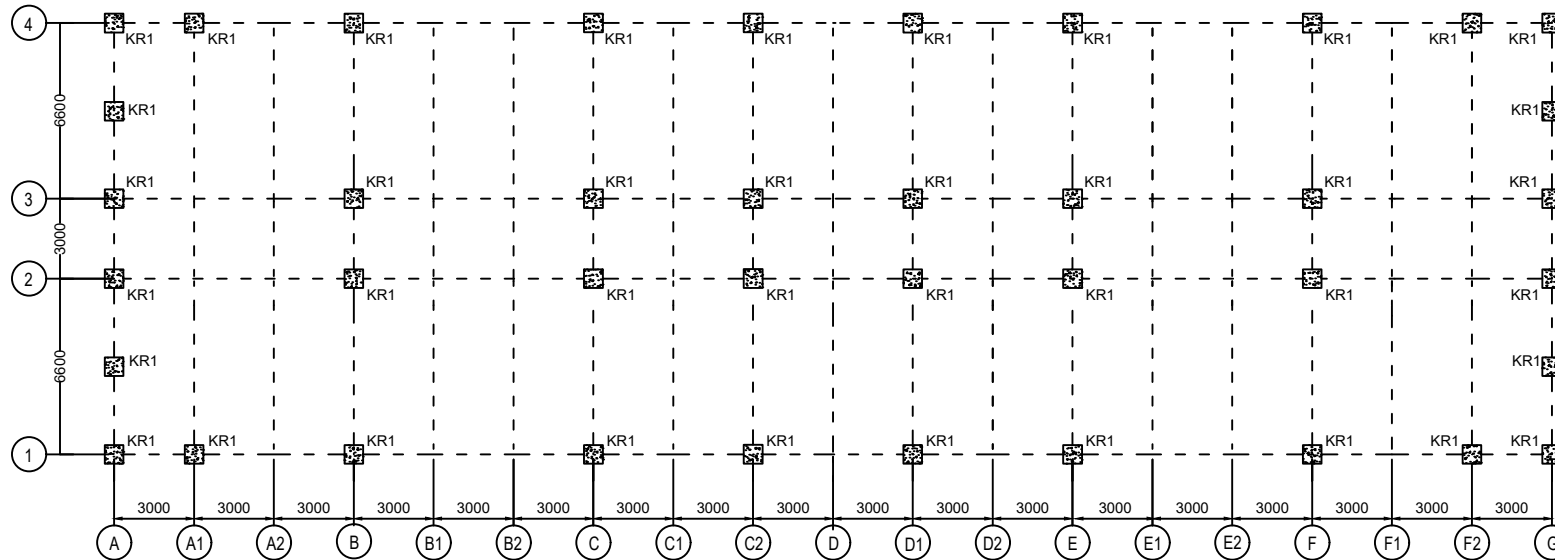
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

4

28



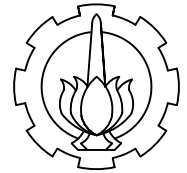
KETERANGAN :

KR1	RCFT 700 x 700 x 25 x 25
KR2	RCFT 600 x 600 x 25 x 25
KR3	RCFT 400 x 400 x 25 x 25



DENAH KOLOM LT.1-4

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH KOLOM LT.5-8

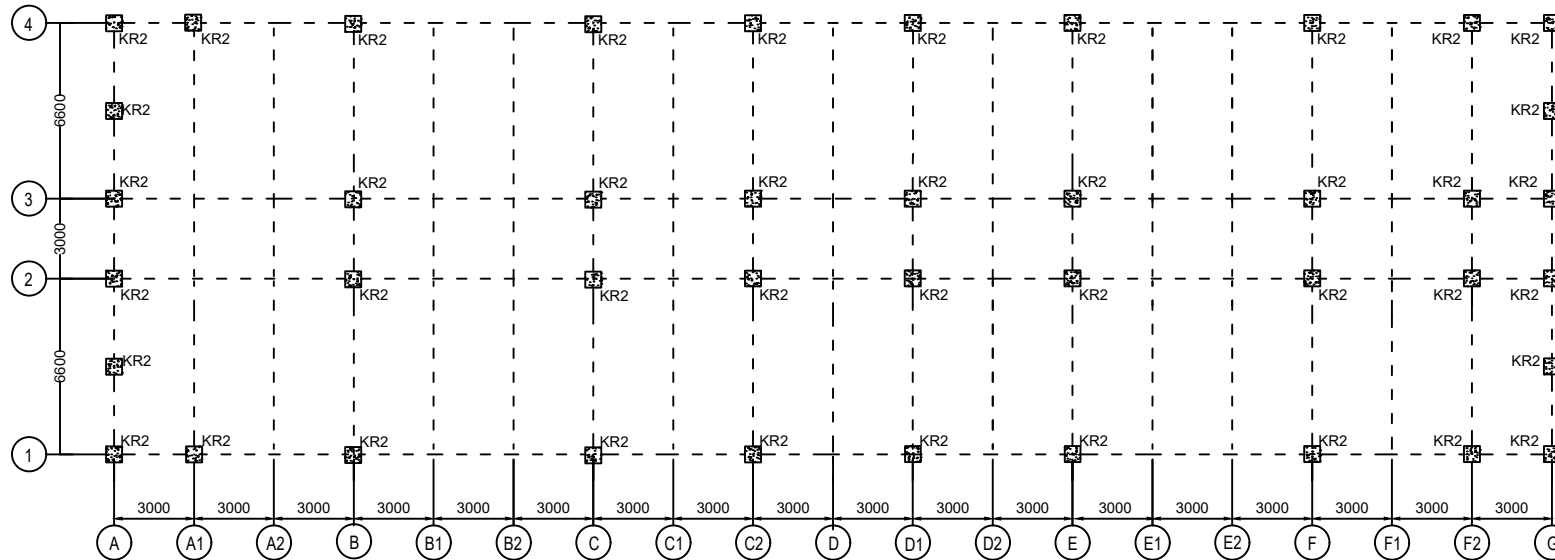
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

5

28



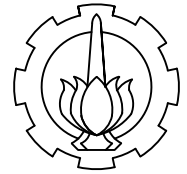
KETERANGAN :

KR1	RCFT 700 x 700 x 25 x 25
KR2	RCFT 600 x 600 x 25 x 25
KR3	RCFT 400 x 400 x 25 x 25



DENAH KOLOM LT.5-8

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH KOLOM LT.9-LT.ATAP

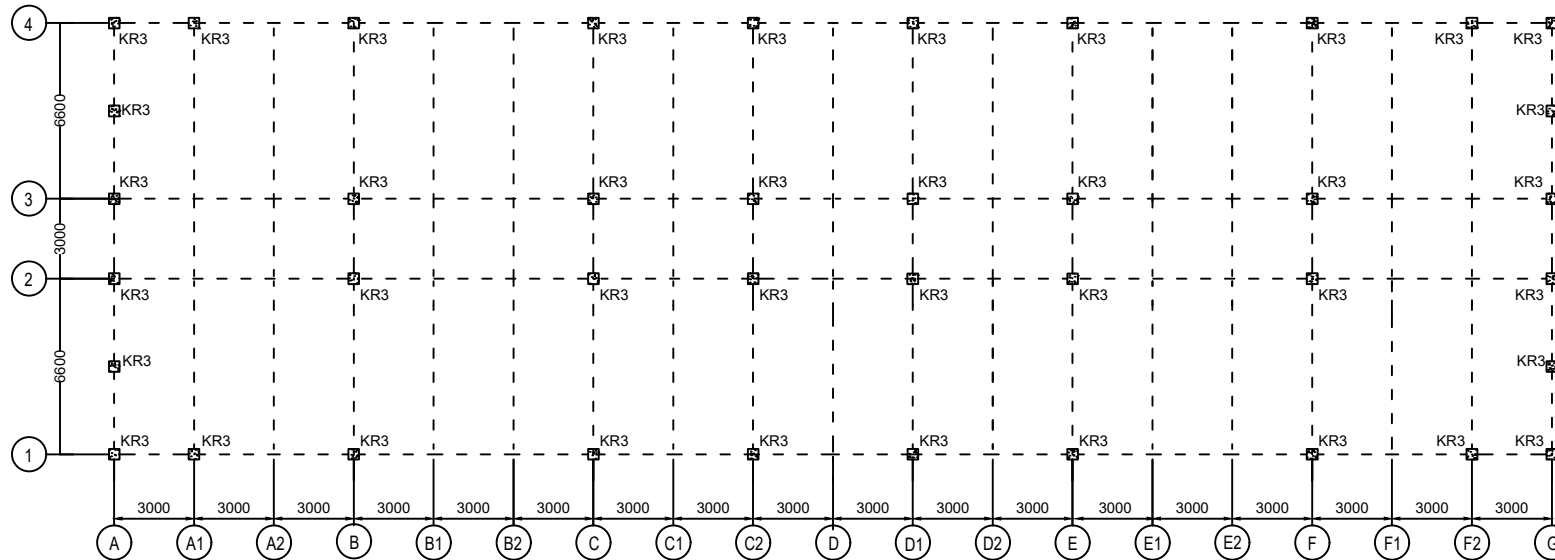
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

6

28



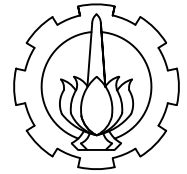
KETERANGAN :

KR1	RCFT 700 x 700 x 25 x 25
KR2	RCFT 600 x 600 x 25 x 25
KR3	RCFT 400 x 400 x 25 x 25



DENAH KOLOM LT.9-LT.ATAP

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH KOLOM PEDESTAL

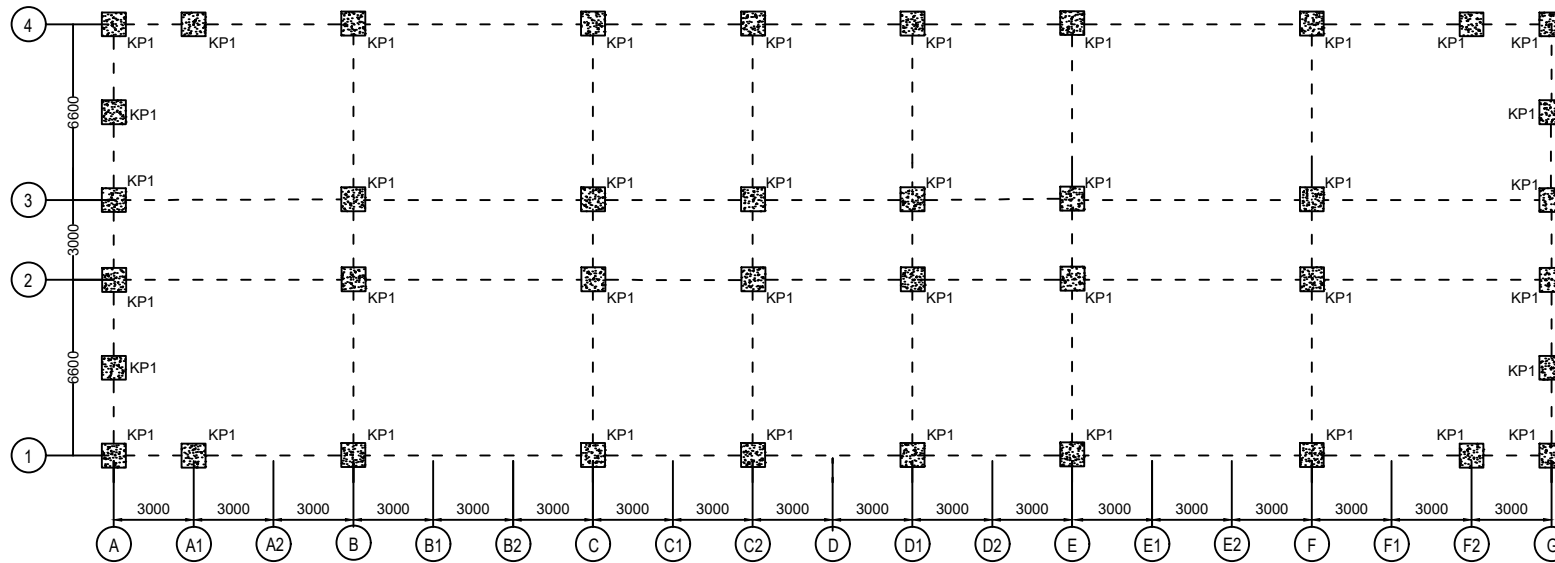
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

7

28



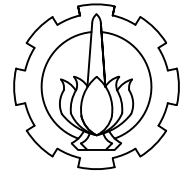
KETERANGAN :

KP	KOLOM 900 x 900
----	-----------------



DENAH KOLOM PEDESTAL

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH BALOK SLOOF

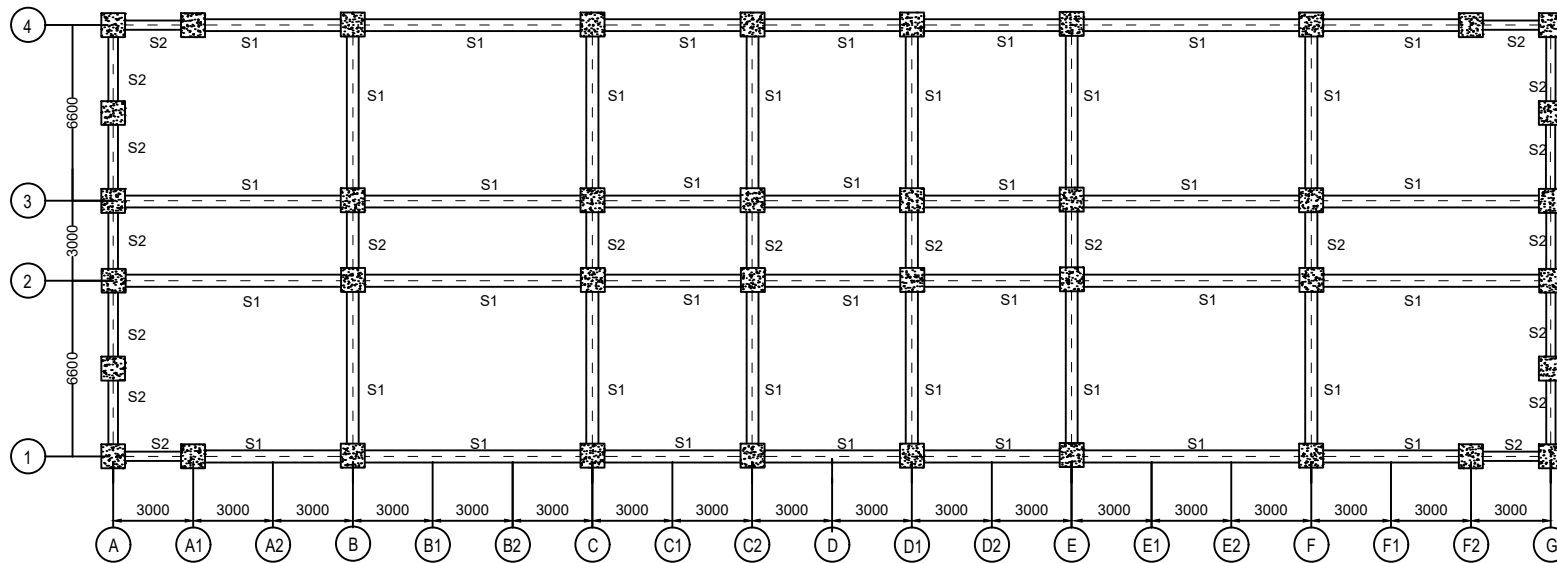
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

8

28



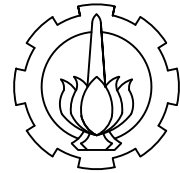
KETERANGAN :

S1	SLOOF 450/650
S2	SLOOF 400/600



DENAH BALOK SLOOF

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH PONDASI

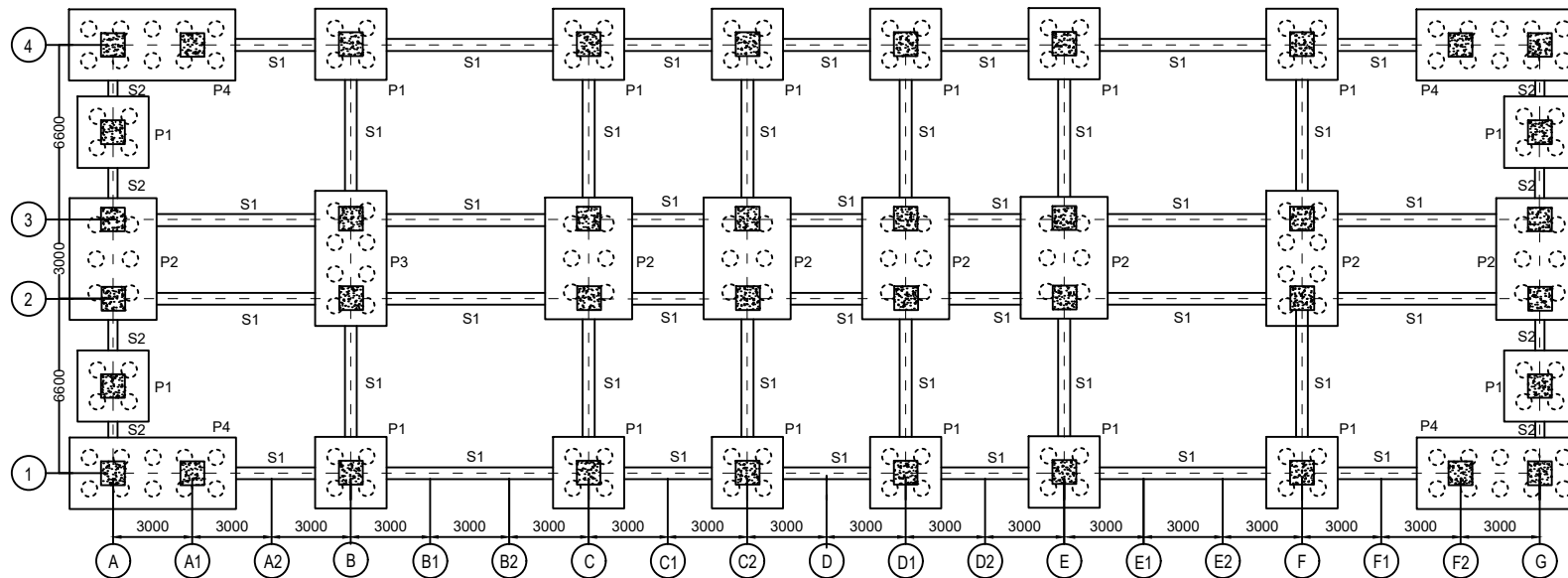
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

9

28



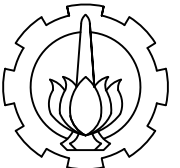
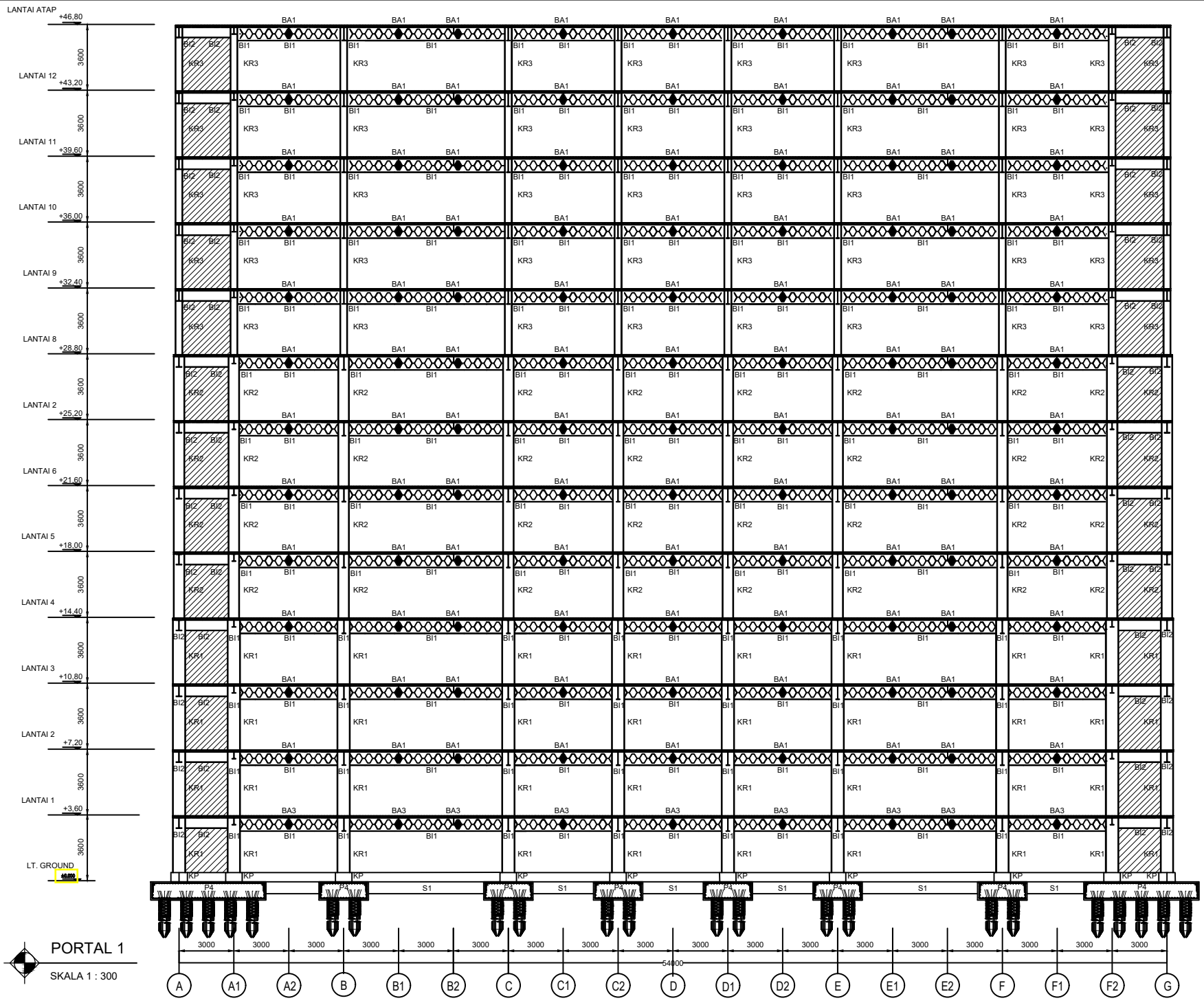
KETERANGAN :

S1	SLOOF 450/650
S2	SLOOF 400/600
P1	PILECAP 1
P2	PILECAP 2
P3	PILECAP 3
P4	PILECAP 4



DENAH PONDASI

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR
 MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN
 APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI
 BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002
 Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA
 SILMI KAFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR
 PORTAL 1

SKALA
 1 : 300

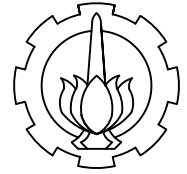
KODE GAMBAR
 STR

NO. LEMBAR
 10

JML. LEMBAR
 28

PORTAL 1

SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

PORTAL A

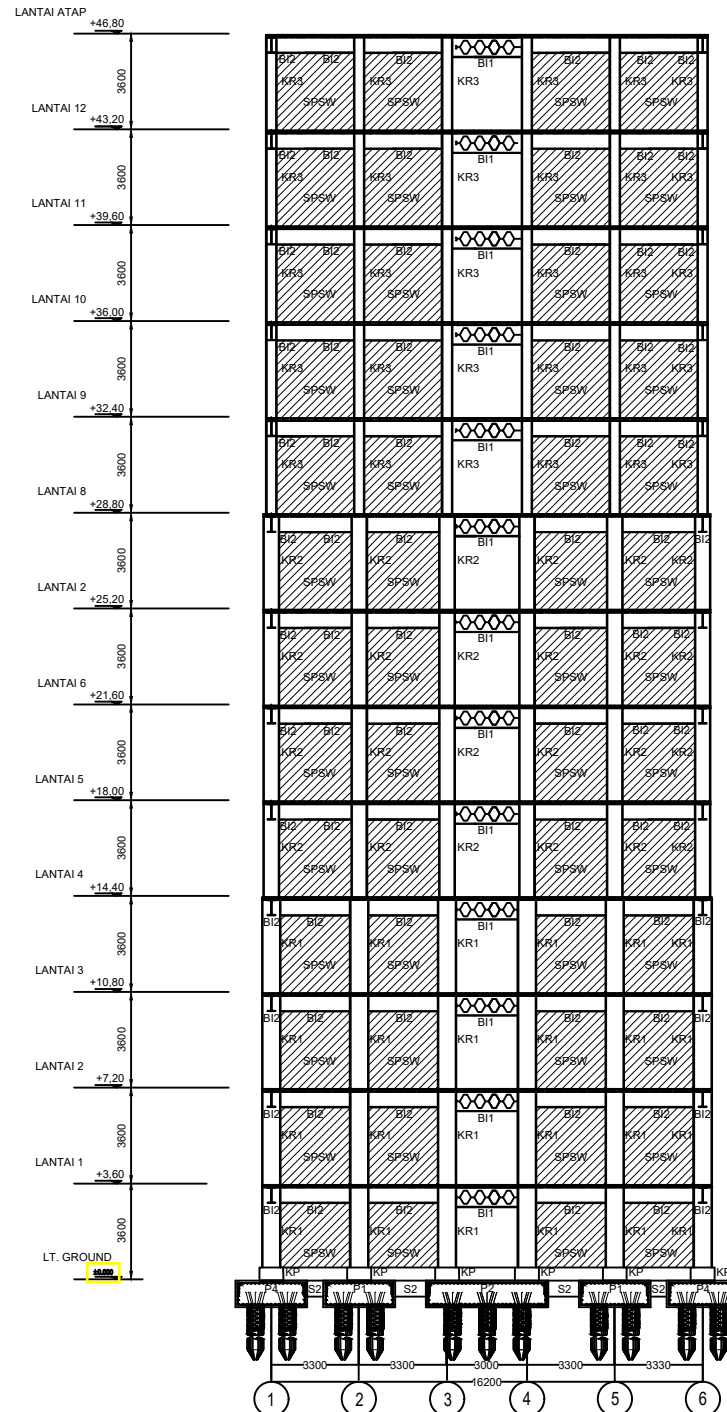
1 : 300

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

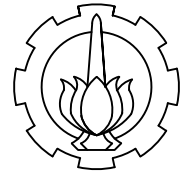
STR

11

28



PORTAL A
 SKALA 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH PELAT LANTAI
 DENAH PENULANGAN
 PELAT LANTAI

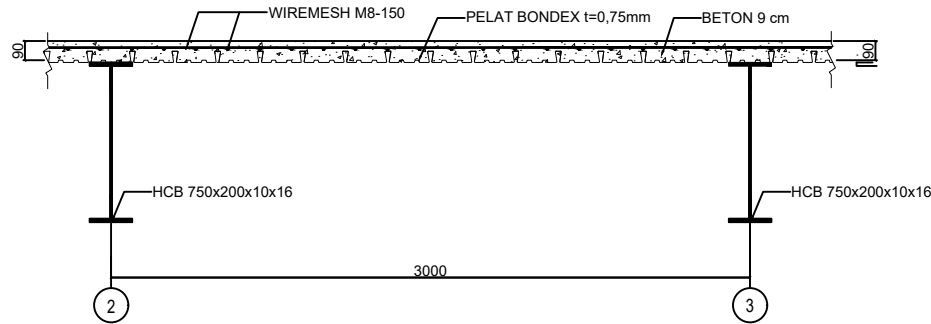
1 : 300
 1 : 25

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

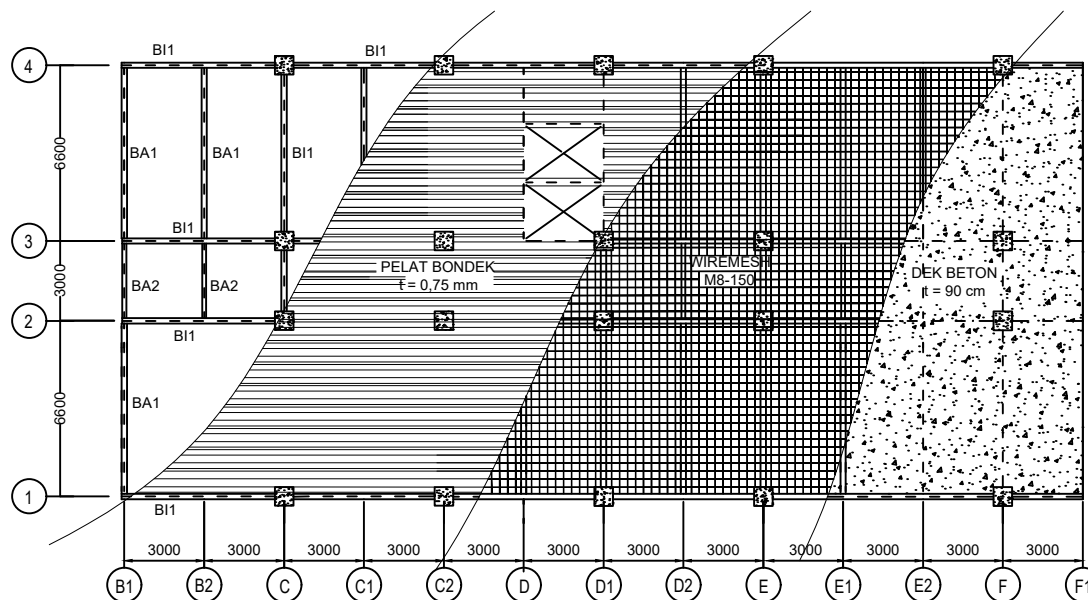
STR

12

28



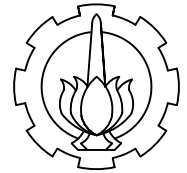
DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI
 SKALA 1 : 25



DENAH PELAT LANTAI
 SKALA 1 : 300

KETERANGAN :

B1	HCB 750 x 200 x 10 x 16
B2	WF 600 x 300 x 12 x 20
BA1	WF 350 x 175 x 6 x 9
BA2	WF 300 x 150 x 5,5 x 8
BA3	WF 400 x 200 x 7 x 11
SPSW	TEBAL 5 mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH PELAT LANTAI
 DENAH PENULANGAN
 PELAT ATAP

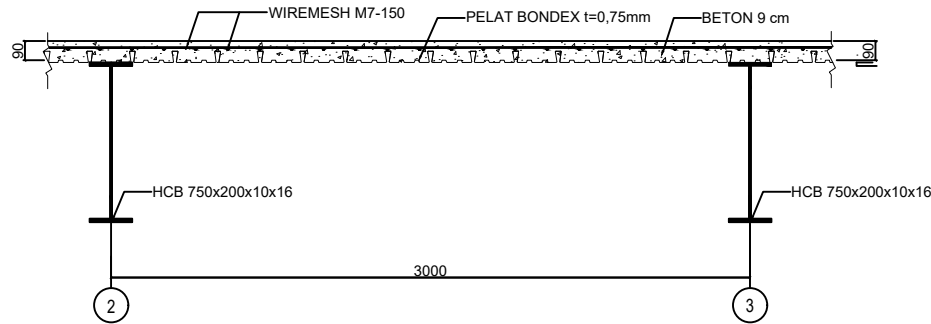
1 : 300
 1 : 25

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

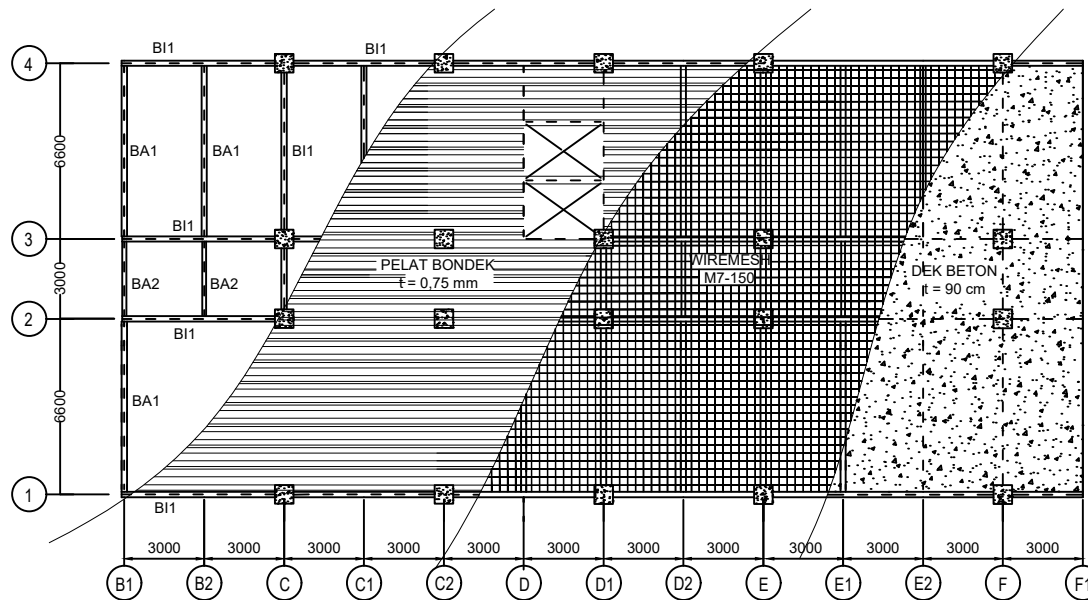
13

28



DENAH PENULANGAN PELAT ATAP

SKALA 1 : 25

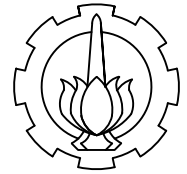


DENAH PELAT ATAP

SKALA 1 : 300

KETERANGAN :

B1	HCB 750 x 200 x 10 x 16
B2	WF 600 x 300 x 12 x 20
BA1	WF 350 x 175 x 6 x 9
BA2	WF 300 x 150 x 5,5 x 8
BA3	WF 400 x 200 x 7 x 11
SPSW	TEBAL 5 mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH TANGGA
 POTONGAN TANGGA

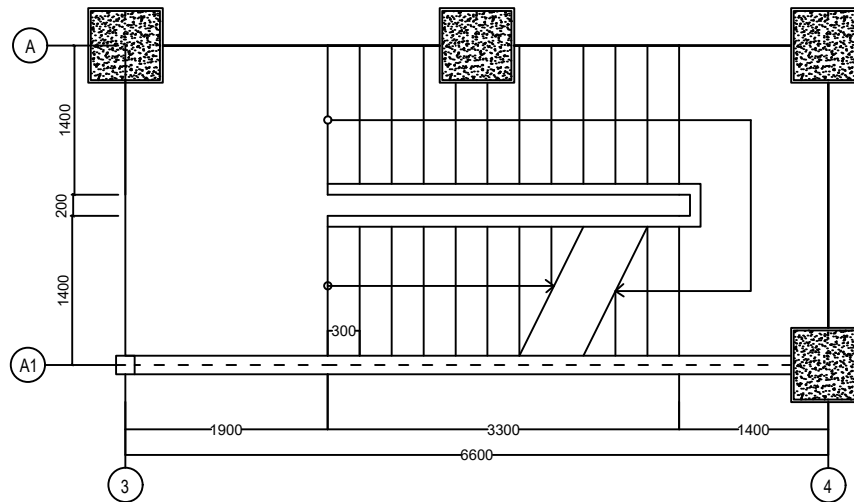
1 : 50
 1 : 50

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

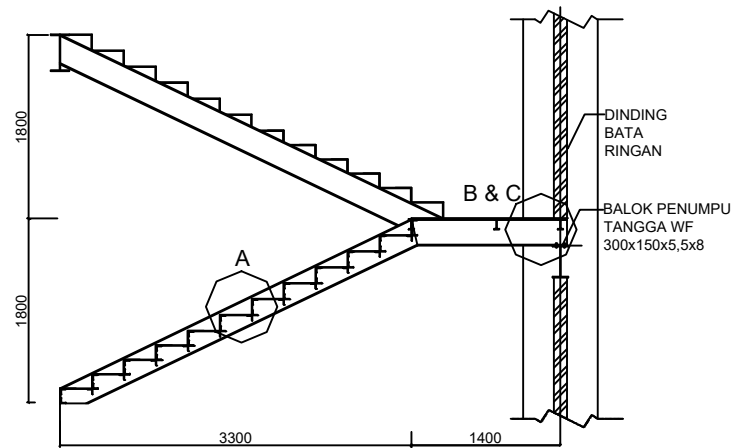
STR

14

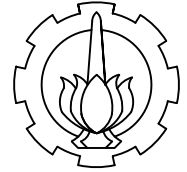
28



DENAH TANGGA
 SKALA 1 : 50



POTONGAN TANGGA
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DETAIL A

1 : 15

DETAIL B

1 : 15

DETAIL C

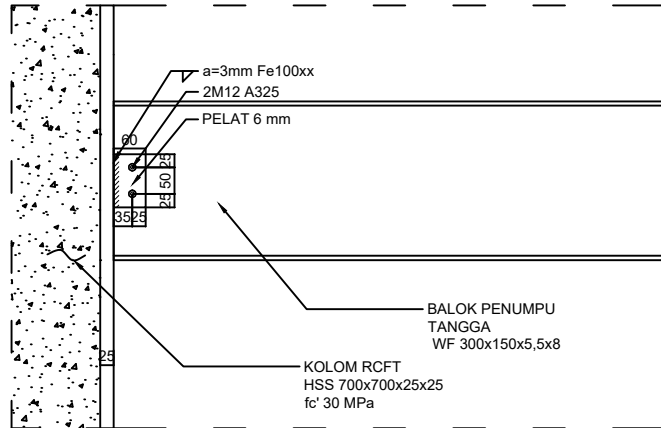
1 : 15

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

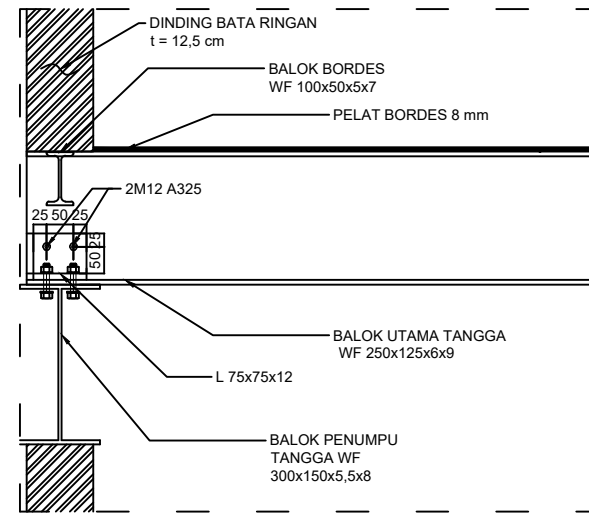
STR

15

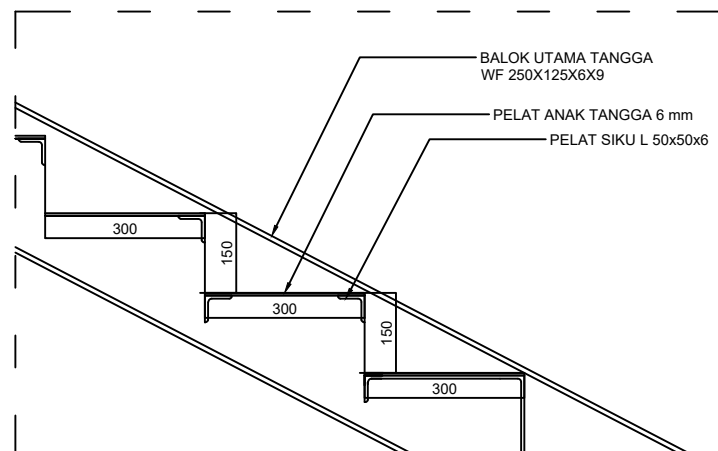
28



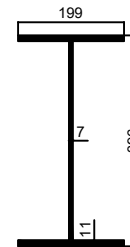
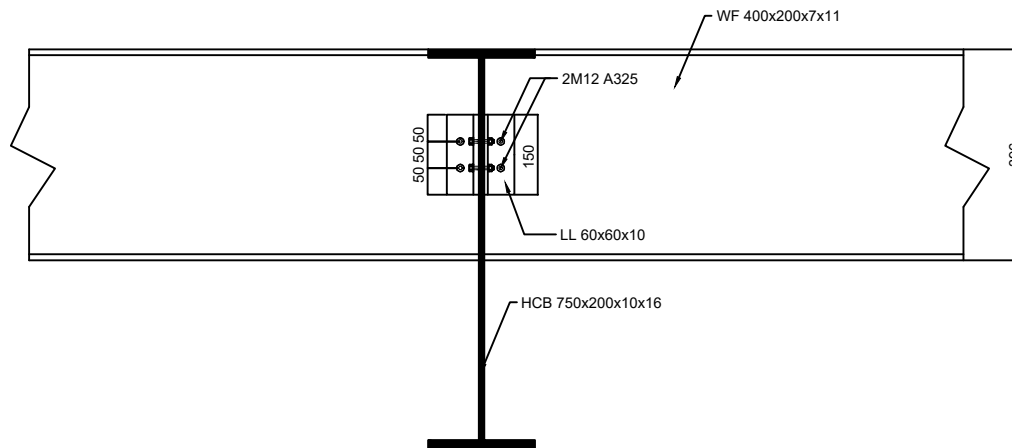
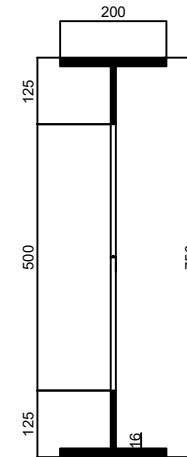
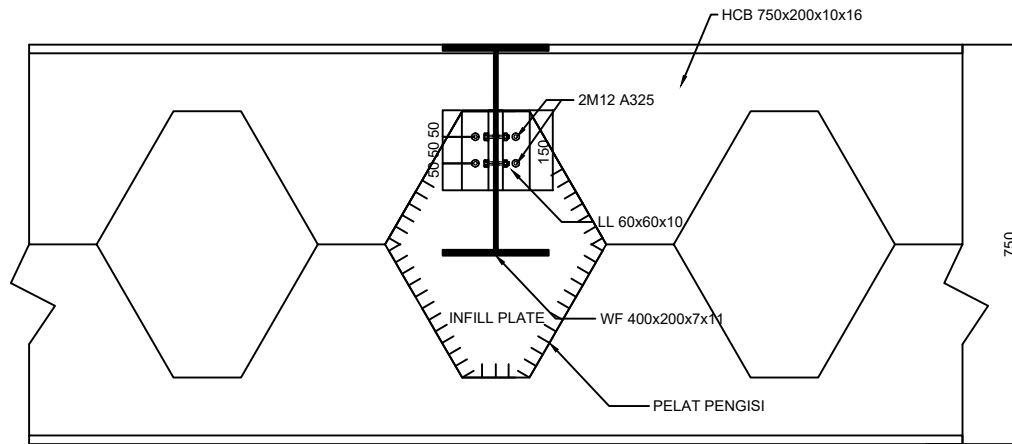
DETAIL A
 SKALA 1 : 15



DETAIL B
 SKALA 1 : 15

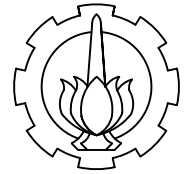


DETAIL C
 SKALA 1 : 15



SAMBUNGAN BALOK INDUK - BALOK ANAK

SKALA 1 : 15



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
DAN KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN BALOK INDUK -
BALOK ANAK

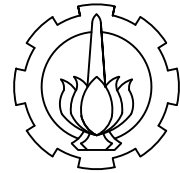
1 : 15

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

16

28



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN BALOK INDUK -
 KOLOM

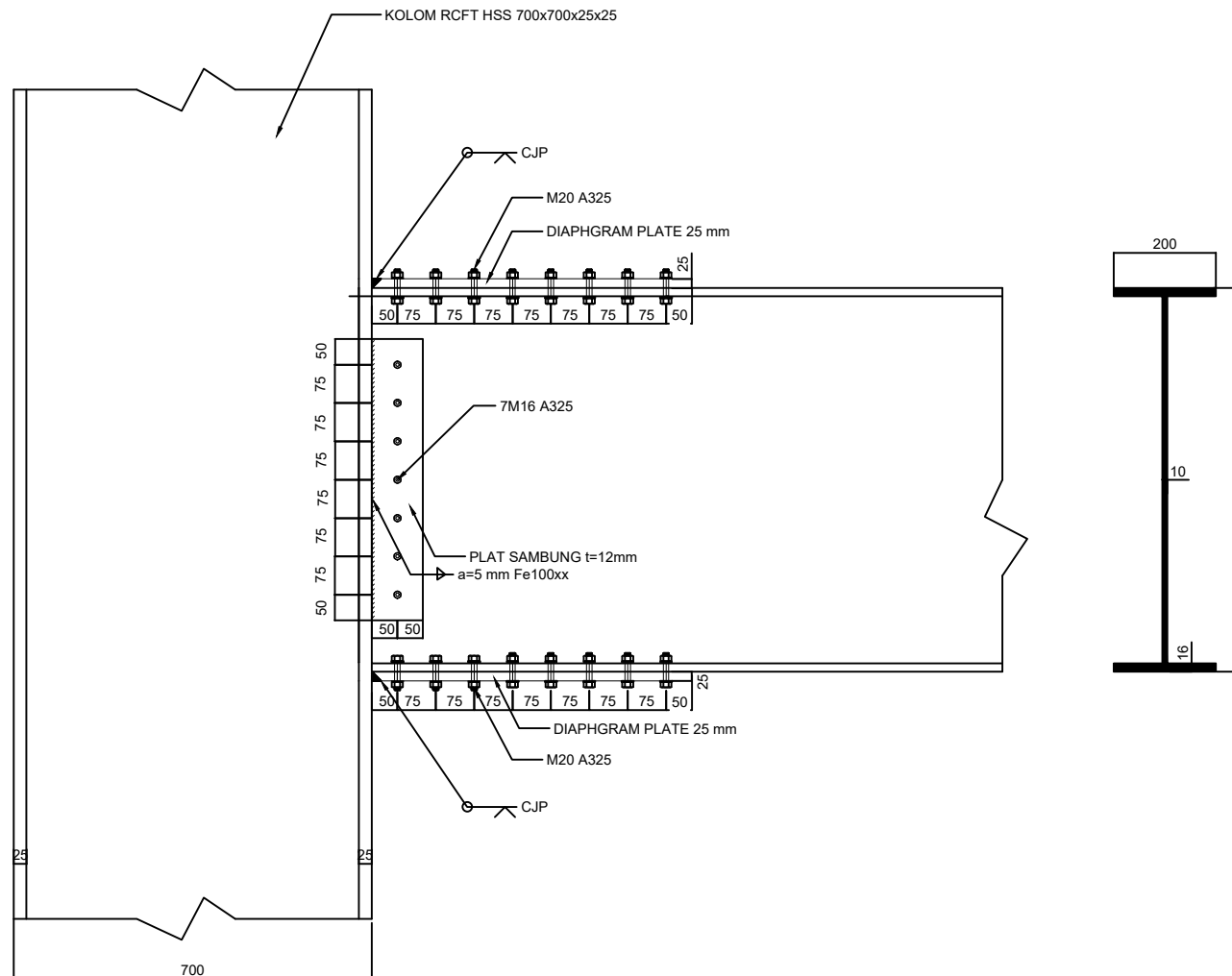
1 : 15

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

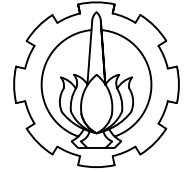
17

28



SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM

SKALA 1 : 15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN BALOK INDUK -
 KOLOM

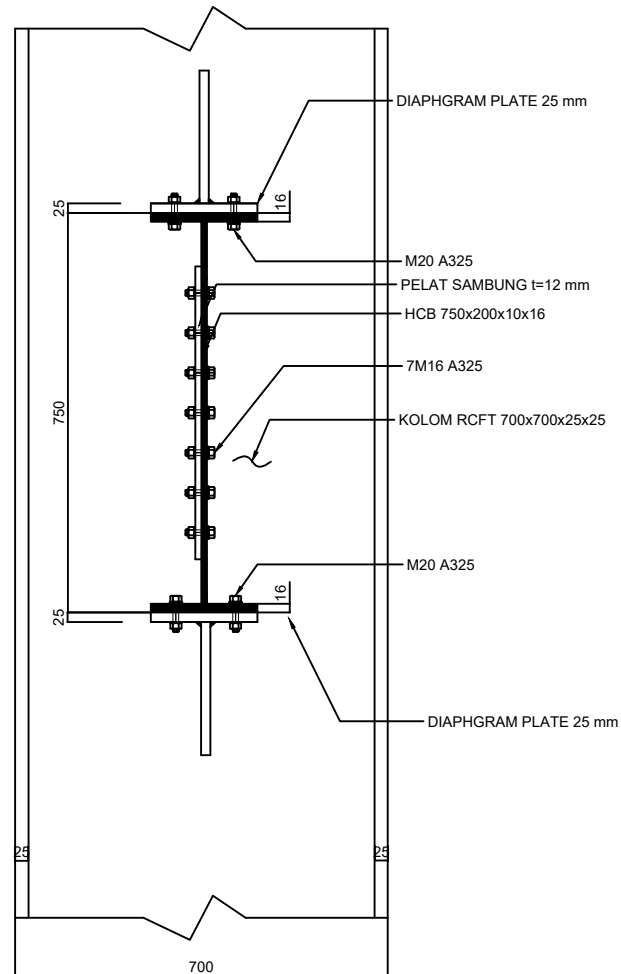
1 : 15

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML.LEMBAR

STR

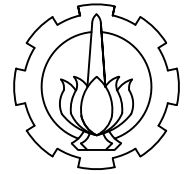
18

28



SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM

SKALA 1 : 15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM

1 : 15

SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM
 BEDA DIMENSI

1 : 15

KODE GAMBAR

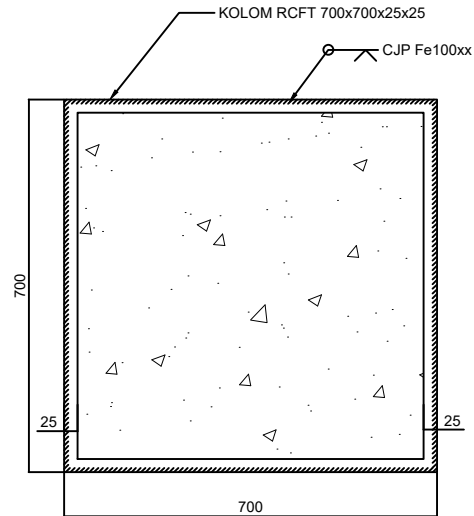
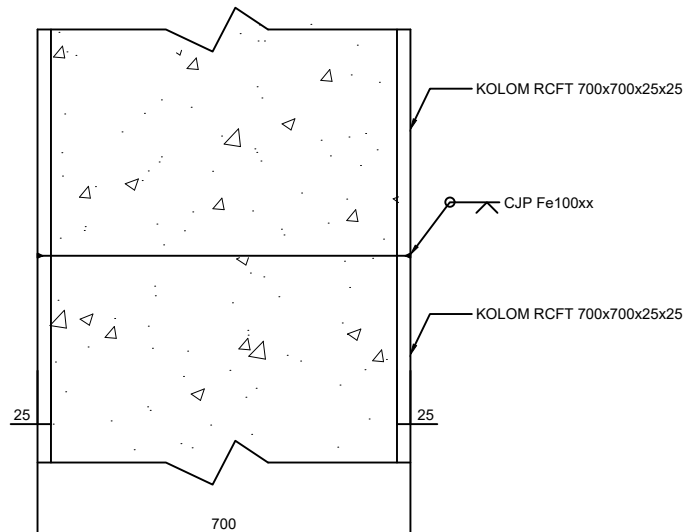
NO. LEMBAR

JML.LEMBAR

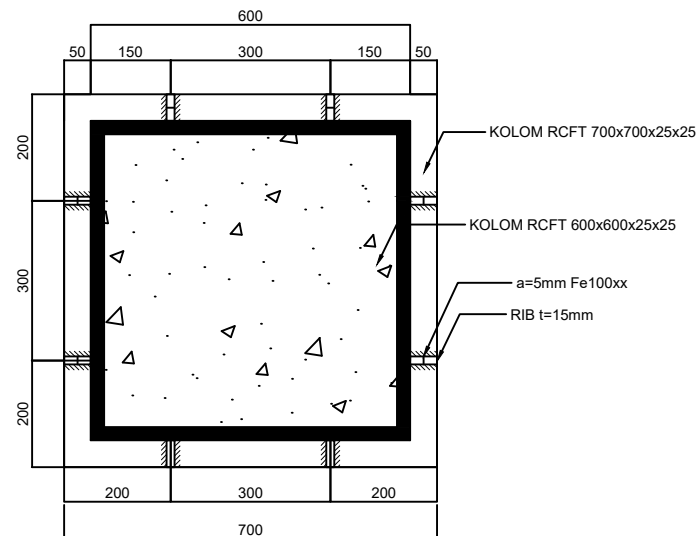
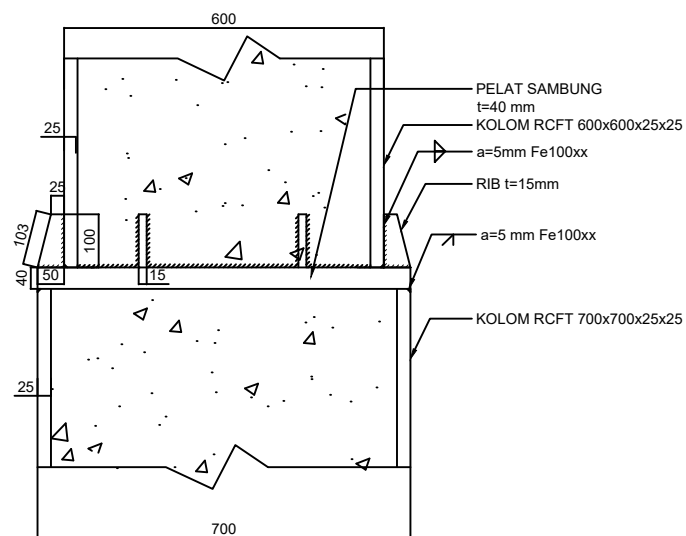
STR

19

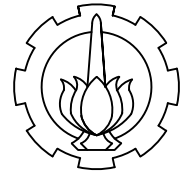
28



SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM
 SKALA 1 : 15



SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM BEDA DIMENSI
 SKALA 1 : 15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DETAIL E
 (SAMBUNGAN HBE - VBE)

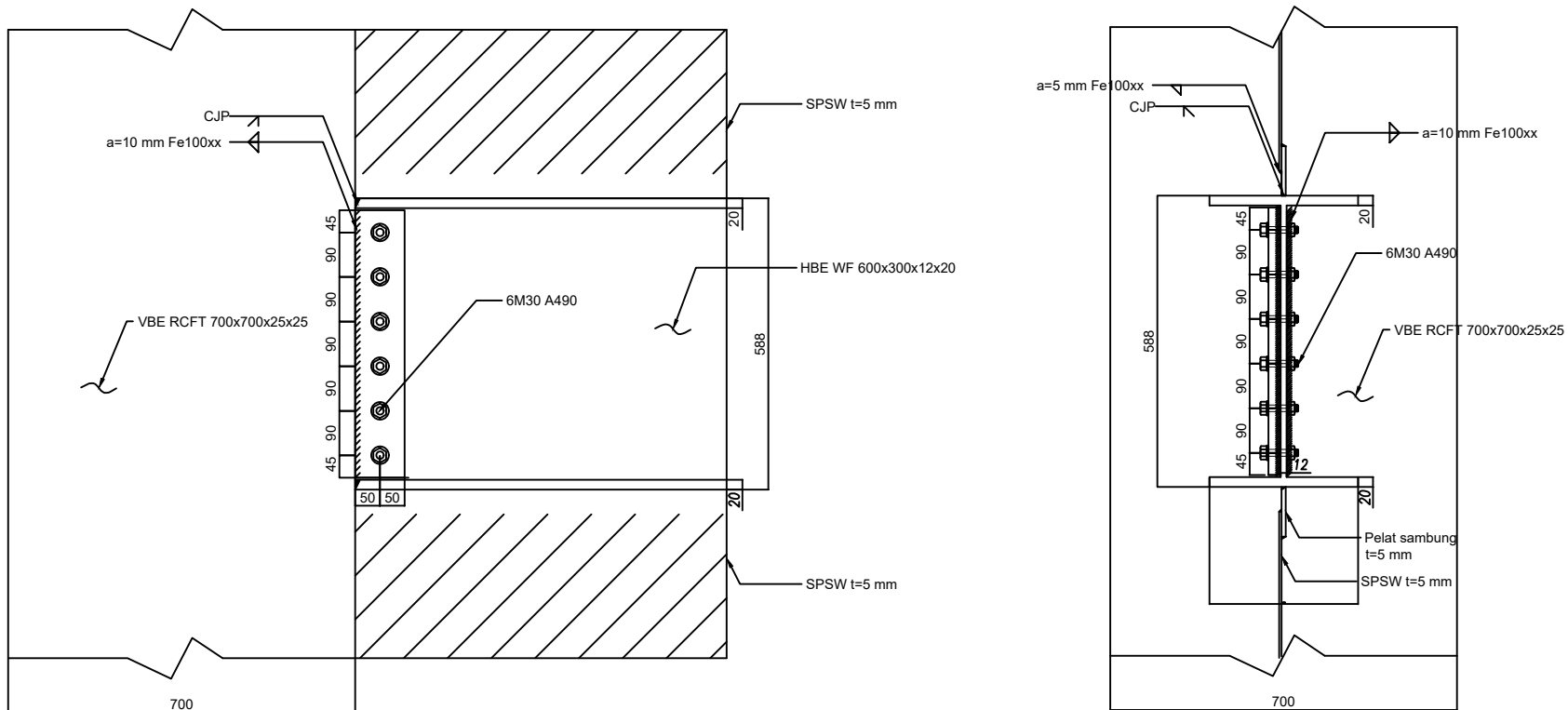
1 : 15

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML.LEMBAR

STR

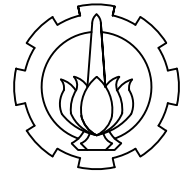
20

28



DETAIL E (SAMBUNGAN HBE - VBE)

SKALA 1 : 15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN KOLOM -
 BASE PLATE

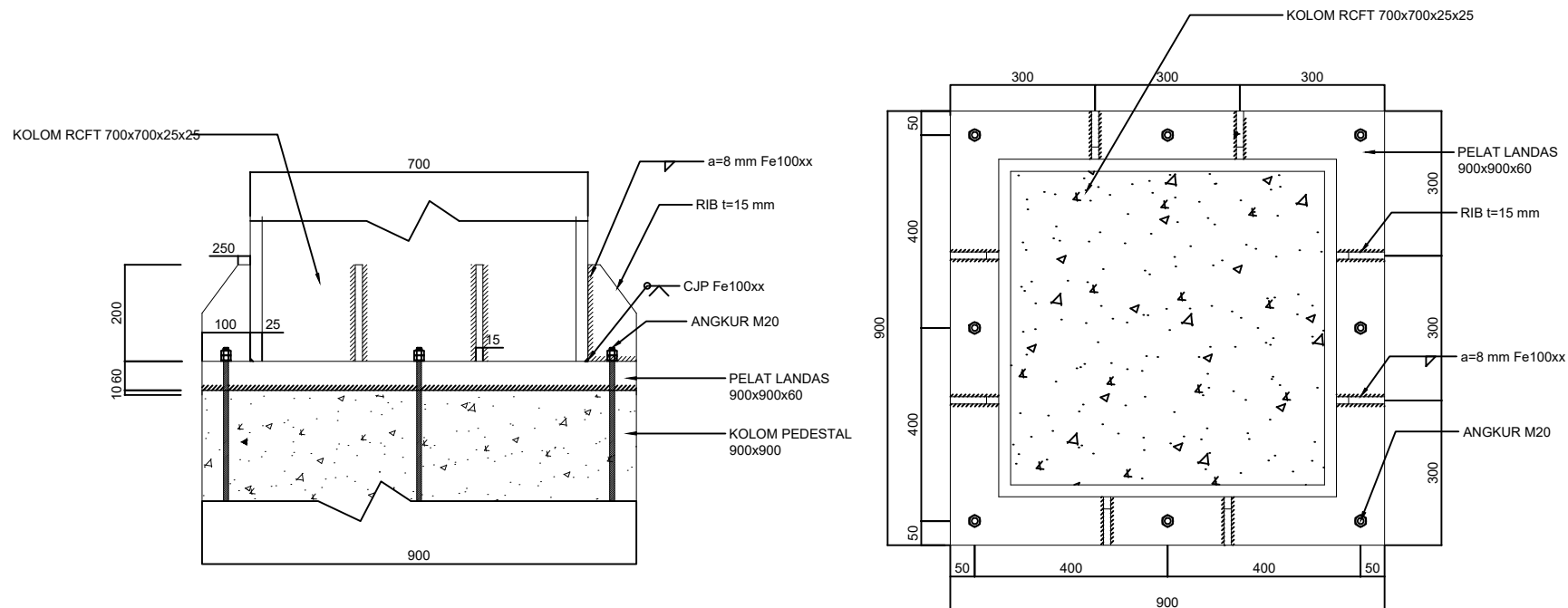
1 : 15

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

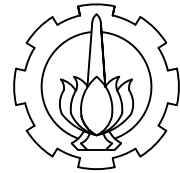
STR

21

28



 **SAMBUNGAN KOLOM - BASE PLATE**
 SKALA 1 : 15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

PORTAL SPSW - HBE / VBE

1 : 75

DETAIL D
 (SAMBUNGAN SPSW - VBE)

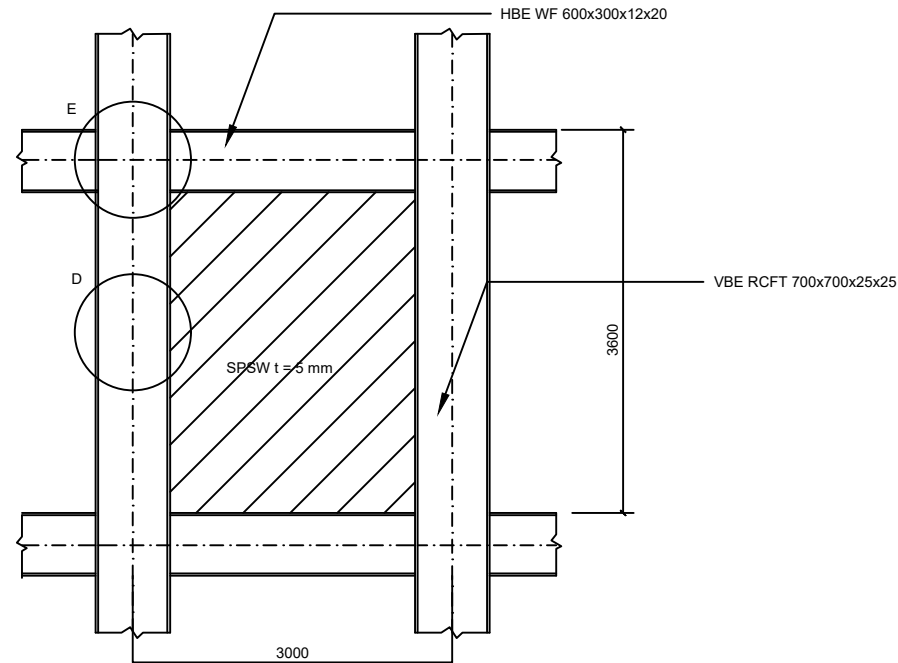
1 : 5

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

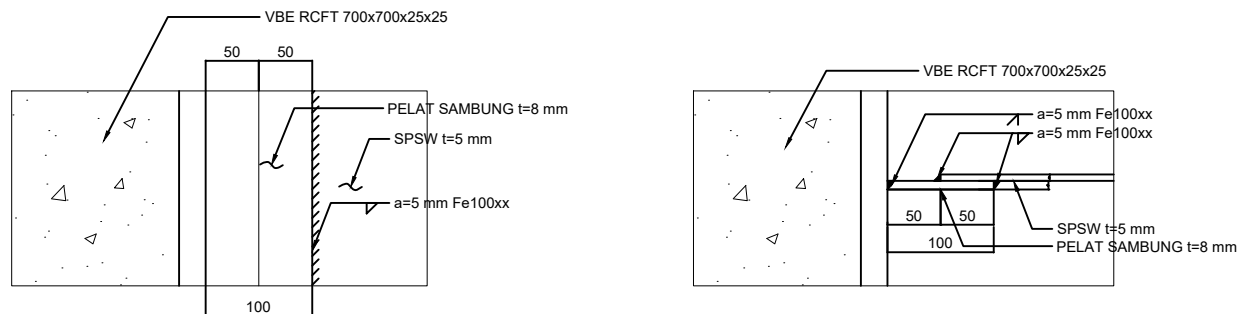
22

28



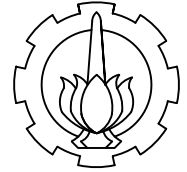
PORTAL SPSW - HBE / VBE

SKALA 1 : 75



DETAIL D (SAMBUNGAN SPSW - VBE)

SKALA 1 : 5



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

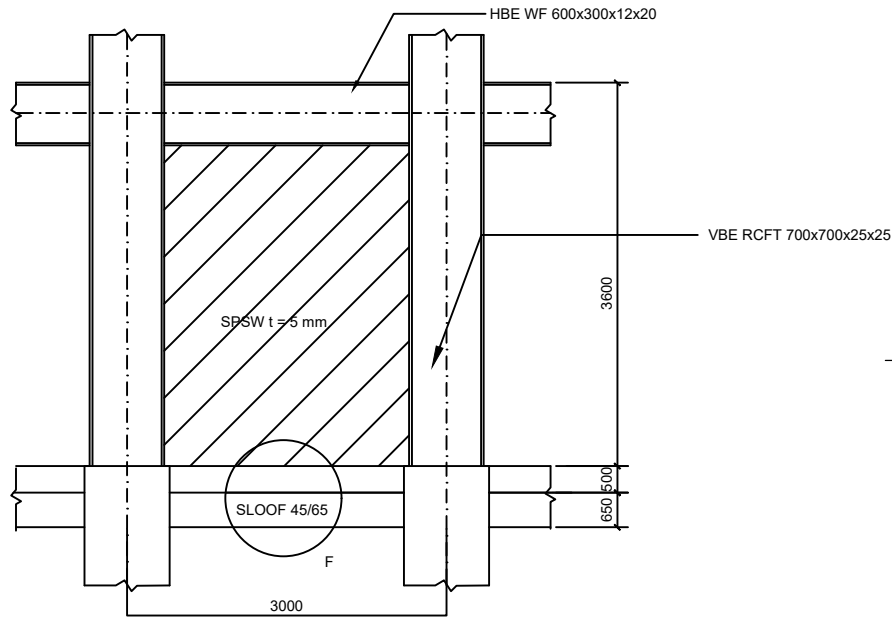
PORTAL SPSW - BALOK SLOOF 1 : 75
 DETAIL F
 (SAMBUNGAN SPSW - BALOK
 SLOOF) 1 : 20

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

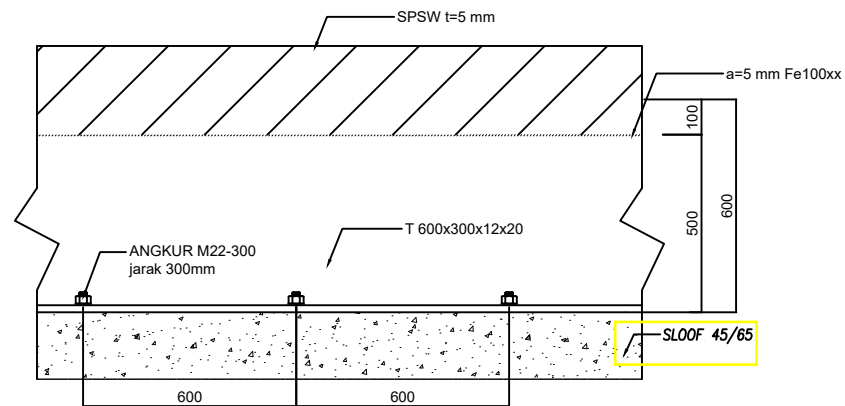
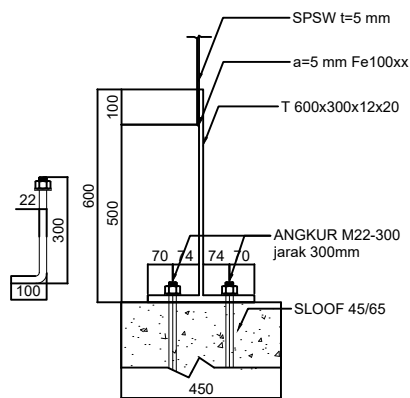
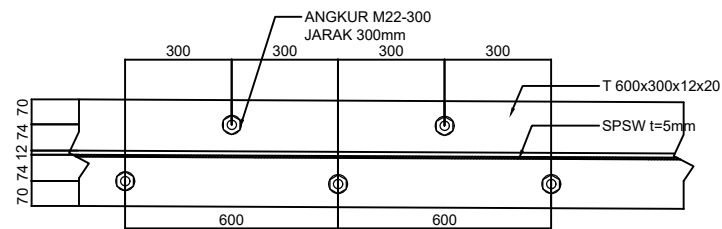
STR

23

28

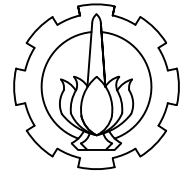


PORTAL SPSW - BALOK SLOOF
 SKALA 1 : 75



DETAIL F (SAMBUNGAN SPSW - BALOK SLOOF)

SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

PILECAP TIPE 1

1 : 50

DETAIL PILECAP TIPE 1

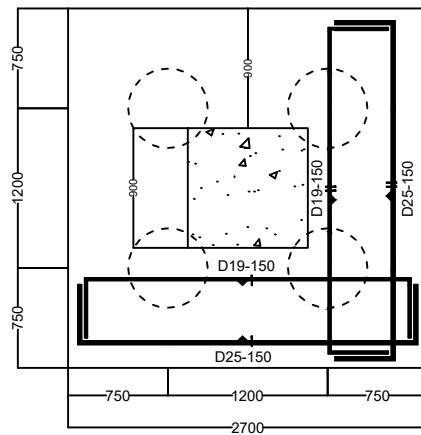
1 : 50

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

STR

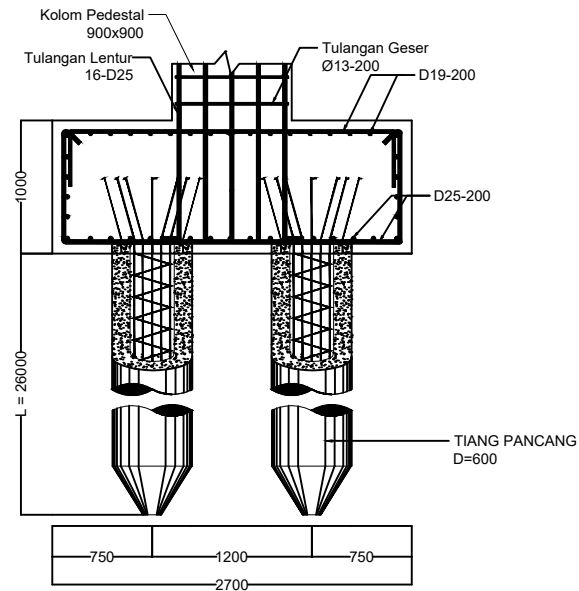
24

28



PILECAP TIPE 1

SKALA 1 : 50



DETAIL PILECAP TIPE 1

SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

PILECAP TИPE 2
 DETAIL PILECAP TИPE 2

1 : 50
 1 : 50

KODE GAMBAR

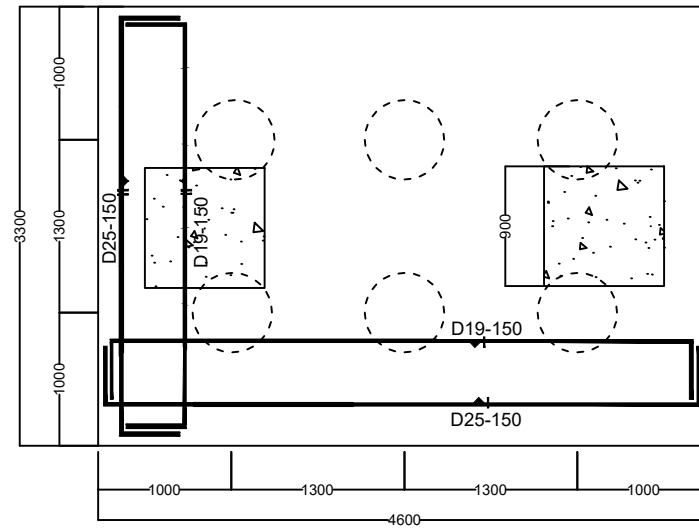
NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

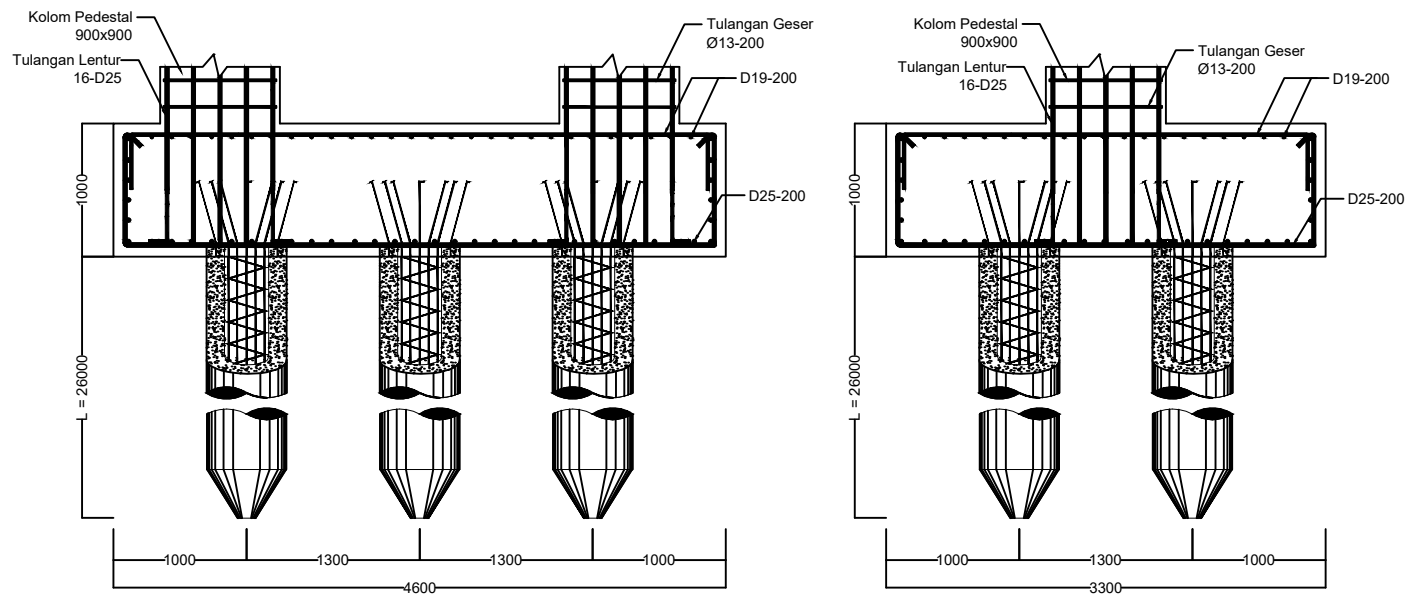
STR

25

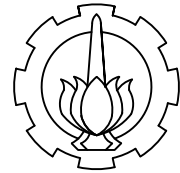
28



PILECAP TИPE 2
 SKALA 1 : 50



DETAIL PILECAP TИPE 2
 SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

PILECAP TIFE III
 DETAIL PILECAP TIFE III

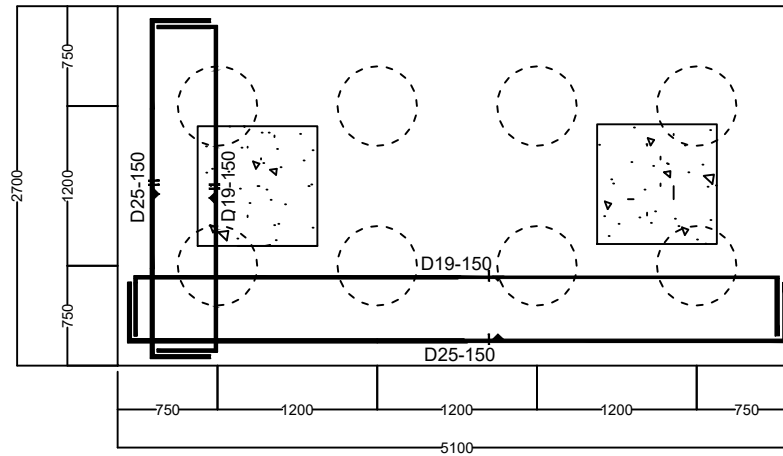
1 : 50
 1 : 50

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

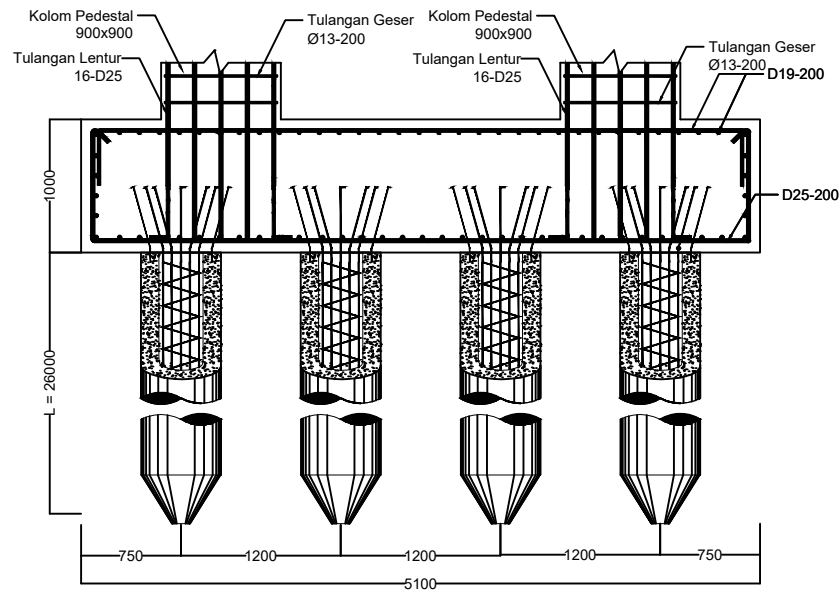
STR

26

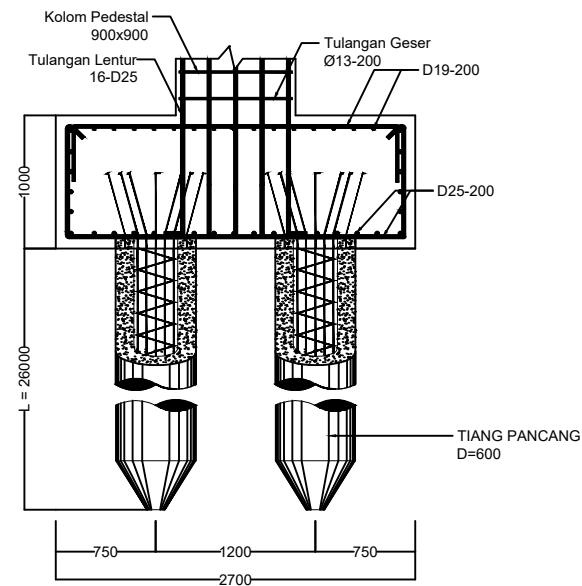
28

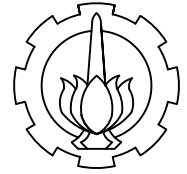


PILECAP TIFE 3
 SKALA 1 : 50



DETAIL PILECAP TIFE 3
 SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

PILECAP TIPE 4
 DETAIL PILECAP TIPE 4

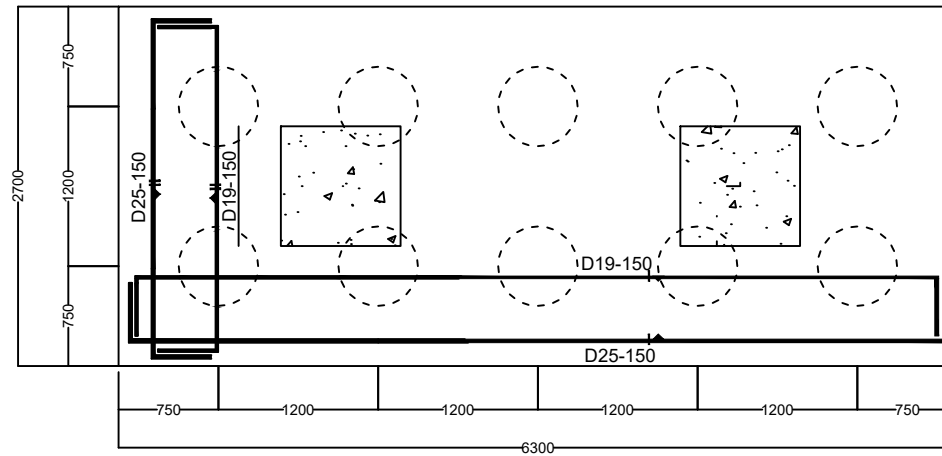
1 : 50
 1 : 50

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

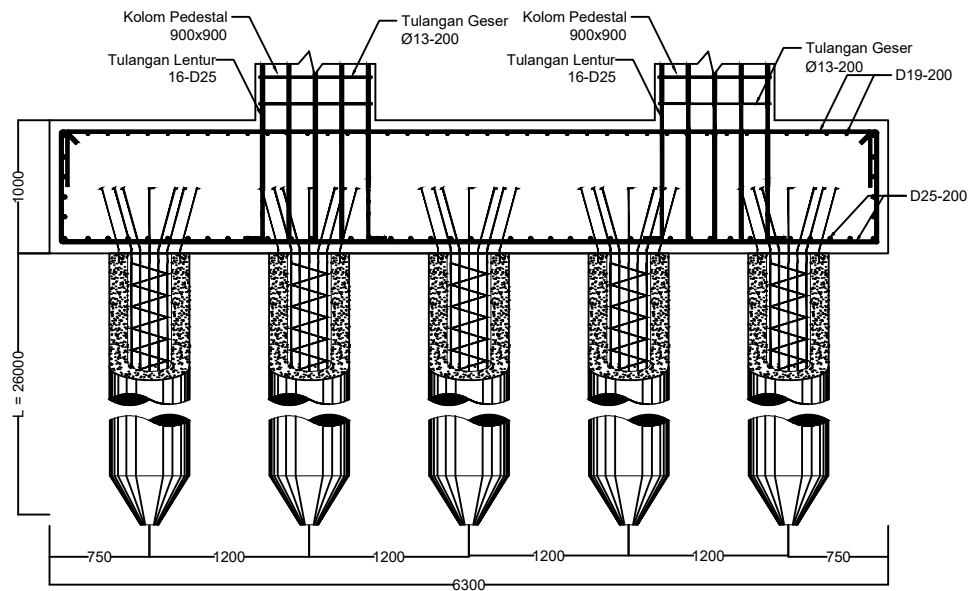
STR

27

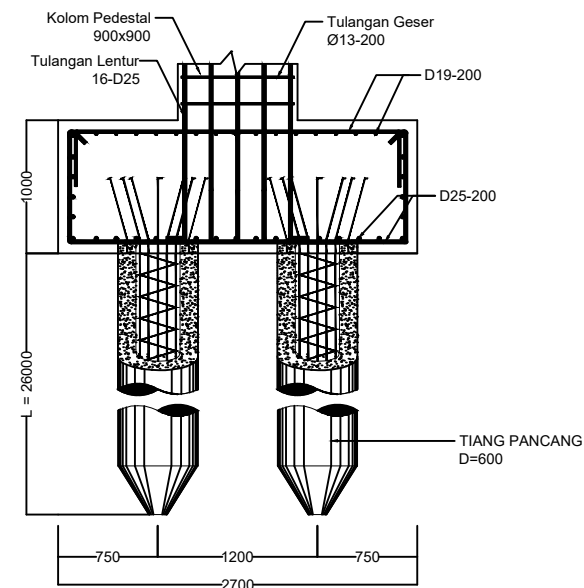
28

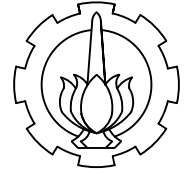


PILECAP TIPE 4
 SKALA 1 : 50



DETAIL PILECAP TIPE 4
 SKALA 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN,
 DAN KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE
 TANGERANG MENGGUNAKAN KOLOM
 RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL
 TUBE (RCFT) DAN BALOK HEXAGONAL
 CASTELLATED

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN KONSULTASI

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.
 NIP. 197301281998021002

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.
 NIP. 196103111987011001

NAMA MAHASISWA

SILMI KAFFAH
 NRP. 03111745000005

NAMA GAMBAR

SKALA

DETAIL KP1

1 : 40

DETAIL S1 DAN S2

1 : 40

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML.LEMBAR

STR

28

28

TIPE SLOOF	S1	S2
KETERANGAN		
PEDESTAL TINGGI 0,5M		
UKURAN SLOOF	450/650	400/600
TULANGAN LENTUR	8 D22	8 D22
SENGKANG	D13-300	D13-300



DENAH S1 DAN S2

SKALA 1 : 40

TIPE KOLOM	KP1
KETERANGAN	
PEDESTAL TINGGI 0,5M	
UKURAN KOLOM	900x900
TULANGAN LENTUR	16 D25
SENGKANG	D12-200



DENAH KP1

SKALA 1 : 40

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
 SEMINAR DAN LISAN
 TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Senin** tanggal **8 Juli 2019** jam **09:00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111745000005	Silmi Kaffah	Modifikasi Desain Struktur Gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang Menggunakan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan Balok Hexagonal Castellated

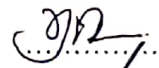

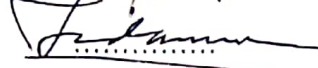

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

1. Waktu menghitung anglek mencari kombinasi dimana angkarnya tertarik. hal 207
2. Hal. 229 perhitungan kolom ada pengurangan troy pancang dalam perhitungan poer.
3. Gambar 24 penulangan poer diperbaiki
4. Check lagi gambaranya terutama capturenya
5. Gambar lift dan perhitungannya dicek lagi
6. Perbaiki lagi gambar denahnya.

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E

3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
 Lulus Dengan Perbaikan Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Budi Suswanto, ST. MT. PhD (Pembimbing 1)	
Ir. Heppy Kristijanto, MS (Pembimbing 2)	
Ir. Isdarmanu, MSc	
Aniendhita Rizki Amalia, ST. MT	

Surabaya, 8 Juli 2019

Mengetahui,
 Ketua Program Studi S1



Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc
 NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang



(.....**Aniendhita RA**.....)
 Nama terang



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL, PGTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN KEPTERTI TINGKAS SAHIB (MAREK 2018)

JURUSAN TEKNIK SIPIL, POLITEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
BOGOR



Keptert 2018

0000

PLANNING	1. Analisis kebutuhan, dll
PLANNING	2. Data rencana
DOING	Kegiatan keptert
CHECKING	1. Memeriksa kembali hasil kerja lapangan terdapat kesalahan atau tidak 2. Memeriksa kembali hasil kerja lapangan terdapat kesalahan atau tidak 3. Memeriksa kembali hasil kerja lapangan terdapat kesalahan atau tidak
REPORTING	3. Menyusun laporan
PROGRESS	01/03/2018 - 03/03/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PILANG KEGIATAN
		DESKRIBSI	BUKTI/ GAMBAR/ FOTO	
1	10/03/2018	Berikut ini adalah kegiatan keptert yang dilakukan oleh mahasiswa di lapangan pada tanggal 10/03/2018. Kegiatan keptert yang dilakukan oleh mahasiswa di lapangan pada tanggal 10/03/2018. Kegiatan keptert yang dilakukan oleh mahasiswa di lapangan pada tanggal 10/03/2018.	- Foto - Gambar - Dokumentasi lainnya	
2	11/03/2018	Kegiatan keptert yang dilakukan oleh mahasiswa di lapangan pada tanggal 11/03/2018. Kegiatan keptert yang dilakukan oleh mahasiswa di lapangan pada tanggal 11/03/2018. Kegiatan keptert yang dilakukan oleh mahasiswa di lapangan pada tanggal 11/03/2018.	- Foto - Gambar - Dokumentasi lainnya	

BIODATA PENULIS



Silmi Kaffah, dilahirkan di Bangkalan pada tanggal 18 Februari 1995, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharmawanita, Bangkalan (1999-2001), SDN Pangeranan 2, Bangkalan (2001-2007), SMPN 2 Bangkalan (2007-2010), SMAN 1 Bangkalan (2010-2013), D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2013 dengan konsentrasi bangunan gedung. Selama menempuh pendidikan di D3 Teknik

Sipil ITS, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan salah satunya sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil. Juga aktif dalam acara dan kegiatan kampus diantaranya menjadi panitia pada acara *Bridge Construction Competition - Tower Construction Competition*. Setelah lulus dari D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2017, penulis mengikuti Tes Masuk Program S1 Lintas Jalur yang diselenggarakan ITS Surabaya dan diterima di Departemen Teknik Sipil Lintas Jalur FTSLK - ITS tahun 2017, Terdaftar sebagai Mahasiswa dengan NRP 03111745000005. Pada jenjang S1 ini penulis menyusun tugas akhir bidang struktur dengan judul “Modifikasi Desain Struktur Gedung Aeropolis Lucent Residence Tangerang Menggunakan Kolom Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) dan Balok Hexagonal Castelled”. Penulis dapat dihubungi melalui *email* : silminuna@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG AEROPOLIS LUCENT RESIDENCE TANGERANG MENGUNAKAN KOLOM *RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE* (RCFT) DAN BALOK *HEXAGONAL CASTELLATED*

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Silmi Kaffah

NRP. 03111745000005

Disetujui oleh Pembimbing I dan Pembimbing II

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

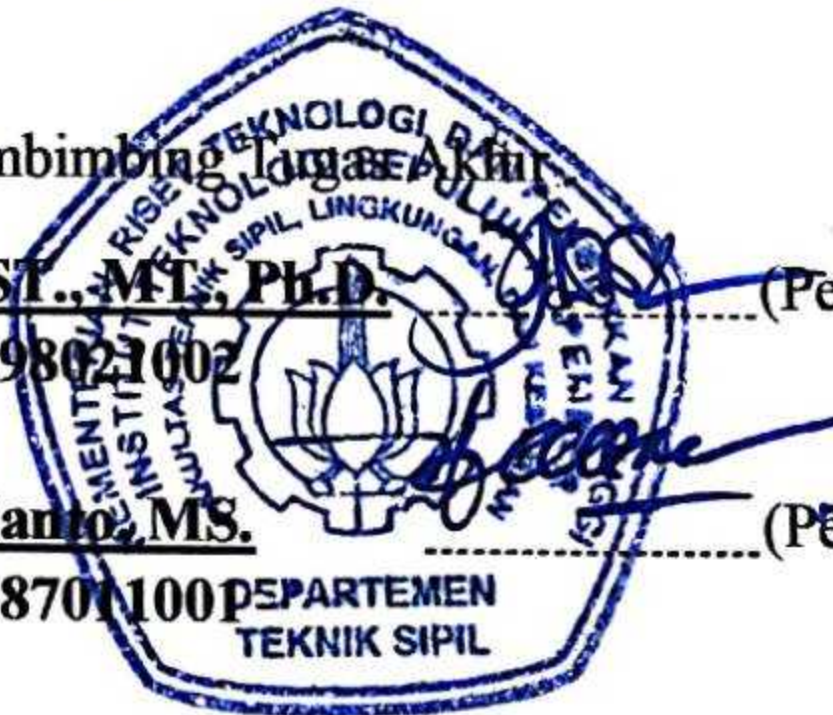
NIP. 197301281998021002

(Pembimbing I)

Ir. Heppy Kristijanto, MS.

NIP. 196103111987011001

(Pembimbing II)



SURABAYA

JULI, 2019