



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS**

**RAMADHAN AKBAR PERDANA
NRP 03111640000036**

**DOSEN PEMBIMBING I:
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T.,Ph.D**

**DOSEN PEMBIMBING II:
BAMBANG PISCESA, S.T., M.T.,Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



TUGAS AKHIR (RC14-184803)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS**

**RAMADHAN AKBAR PERDANA
NRP 03111640000036**

**DOSEN PEMBIMBING I:
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T.,Ph.D**

**DOSEN PEMBIMBING II:
BAMBANG PISCESA, S.T., M.T.,Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



FINAL PROJECT (RC18-4803)

**DESIGN MODIFICATION AMEGA CROWN
RESIDENCE APARTEMENT BY USING COMPOSITE
STRUCTURE WITH ECCENTRICALLY BRACED
FRAMES**

**RAMADHAN AKBAR PERDANA
NRP 0311164000036**

**ACADEMIC SUPERVISOR I:
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T.,Ph.D**

**ACADEMIC SUPERVISOR II:
BAMBANG PISCESA, S.T., M.T.,Ph.D**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF CIVIL, PLANNING AND GEO
ENGINEERING SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF
TECHNOLOGY SURABAYA
2020**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

RAMADHAN AKBAR PERDANA
NRP. 03111640000036

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing I)

Bambang Piscesa, S.T., M.T. (Pembimbing II)

SURABAYA
JANUARI, 2020

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS**

Nama Mahasiswa : RAMADHAN AKBAR PERDANA
NRP : 03111640000036
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK–ITS
Dosen Konsultasi : BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D
BAMBANG PISCESA, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRAK

Kondisi wilayah Indonesia yang berada di *ring of fire* memiliki ancaman terhadap gempa bumi yang cukup besar. Banyak struktur gedung bertingkat mengalami kerusakan disaat terjadi gempa. Salah satu alternatif dalam merancang sistem struktur bangunan gedung tahan gempa yaitu dengan menggunakan Sistem rangka berpengaku eksentris (SRBE) atau *Eccentrically Braced Frame (EBF)*. Sistem struktur ini merupakan suatu sistem rangka bangunan baja yang menggunakan *bresing* sebagai pengaku dan elemen link yang mampu mendisipasi energi gempa. Kelebihan sistem ini adalah daktilitas struktur yang baik dengan mekanisme kelelahan geser yang terjadi pada *link*.

Apartemen *Amega Crown Residence* menggunakan material beton bertulang dengan total 12 lantai dan 2 tempat parkir. Pada desain perencanaan modifikasi apartemen *Amega Crown Residence* menggunakan material komposit baja-beton sebagai material pengganti struktur beton bertulang yang digunakan. Material komposit dipilih karena adanya pemanfaatan karakteristik dasar masing-masing bahan secara optimal.

Pada perhitungan struktur gedung dengan sistem SRBE/*EBF* ini mengacu pada Standar Perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung SNI 1726:2012, Tata cara perencanaan struktur baja untuk struktur bangunan gedung SNI 1729:2015, Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur

lain SNI 1727:2013 dan Peraturan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung PPIUG 1983. Dalam menganalisis strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamik dengan menggunakan program bantu SAP 2000.

Dari analisa dan hasil perhitungan didapatkan hasil yaitu: tebal pelat atap dan pelat lantai 11 cm dengan material beton, dimensi balok induk WF 600x200x11x17, dimensi balok link WF 600x200x11x17 dengan panjang elemen *link* 100 cm, dimensi bresing 350x250x8x12, dimensi kolom yaitu CFT 700x700x28;600x600x25;500x500x25. Perencanaan pondasi menggunakan borepile beton berdiameter 80 cm dengan kedalaman 33 m. Kolom pedestal menggunakan ukuran 950 mm x 950 mm dan dimensi sloof 450 mm x 650 mm.

Kata kunci: Gempa, *Bresing*, Komposit, Sistem Rangka *Bresing* Eksentris, *Link*

DESIGN MODIFICATION AMEGA CROWN RESIDENCE APARTEMEN BY USING COMPOSITE STRUCTURE WITH ECCENTRICALLY BRACED FRAMES

Nama Mahasiswa : RAMADHAN AKBAR PERDANA
NRP : 03111640000036
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Konsultasi : BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D
BAMBANG PISCESA, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRACT

The condition of Indonesia's territory in the ring of fire has a threat to the earthquake which is quite large. Many structures of storey building was damaged when an earthquake happens. One of alternative ways in designing earthquake resistant building structure systems is using an eccentric frame system (SRBE) or Eccentrically Braced Frame (EBF). This structural system is steel building frame system that uses bresing as a stiffener and a link element that is able to anticipate earthquake energy. The excess of this system is ideal structural ductility with a sliding melt mechanism that occurs in the link.

Amega Crown Residence Apartment uses reinforced concrete material with a total of 12 floors and 2 parking spaces. For the modification design of Amega Crown Residence apartment is using steel-concrete composite material as a substitute for reinforced concrete structures used. This composite material was chosen because of the optimal utilization of the basic characteristics of each material.

The calculation of building structures using the SRBE / EBF system, it refers to the earthquake resistance planning standard for building structures SNI 1726: 2012, procedures for planning steel structures for building structures SNI 1729: 2015, minimum load for building design and other structures SNI 1727:2013 and Indonesian loading regulations for PPIUG 1983 buildings. In

analyzing the structure are reviewed using earthquake relief program in 2000 using SAP in 2000.

From analysis and calculation results showed that: a thick slab roof and floor plates 11 cm with concrete materials, dimensional beam WF 600x200x11x17, the dimensions of the beam link WF 600x200x11x17 the length of the link element 100 cm, dimensions bresing 350x250x8x12, the dimensions of the column is CFT 700x700x28; 600x600x25; 500x500x25. The foundation design using a concrete bore pile 80 cm in diameter with a depth of 33 m. The pedestal column uses a size of 950 mm x 950 mm and dimensions of sloof 450 mm x 650 mm.

Keywords: Earthquake; Bresing; Composites; Eccentrically Braced Frames; Link

KATA PENGANTAR

Syukur Almadulillah saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Amega Crown Residence Menggunakan Struktur Komposit Dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris”. Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan memberi masukan sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ayah, Almarhumah Mama, Rizky dan Ridho serta Mami selaku anggota keluarga yang telah memberi dukungan sehingga saya dapat berjuang untuk menyelesaikan studi S1 ini
2. Bapak Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Bambang Piscesa, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Seluruh dosen pengajar di Departemen Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama masa perkuliahan penulis
4. Rizki Chona'ah Suciningtyas yang telah memberi dukungan dan bantuan selama menyelesaikan tugas akhir dan selama masa perkuliahan
5. Keluarga Freaky: Adiguna Giris N, Beryl Visa A, Lazuardi Firdauz A.P, M. Ali Azmi, M Arif Bayu H, Rizky Ramadhan dan Salman Al Farisi. Semoga kebaikan kalian dibalas Allah SWT
6. Damang Galuh W, Diaz Rachma I, Rohmahillah Avikanasya S, M. Abda G, Farida Aprilia A. Semoga kebaikan kalian dibalas Allah SWT
7. Teman-teman yang banyak memberikan motivasi dan bantuan selama perkuliahan.

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis menyadari jauh dari kesempurnaan. Untuk itu saran dan kritik sangat diharapkan bagi penulis. Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.2.1 Permasalahan Utama.....	3
1.2.2 Rincian Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.3.1 Umum.....	3
1.3.2 Khusus.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Sistem Struktur Baja Tahan Gempa.....	8
2.2.1 Pengertian <i>EBF</i>	8
2.2.2 Perilaku <i>Link</i>	9
2.2.3 Gaya dalam pada <i>link</i>	9
2.2.4 Mekanisme Energi Disipasi di <i>Link</i>	10
2.2.5 Klasifikasi <i>Link</i>	11
2.3 Sistem Komposit.....	11
2.3.1 Balok Komposit.....	11
2.3.2 Kolom Komposit.....	12
2.4 Beban Mati.....	14
2.5 Beban Hidup.....	14
2.6 Beban Angin.....	14
2.7 Beban Gempa.....	14
2.8 Pondasi.....	15
2.8.1 Pondasi Dangkal.....	15
2.8.2 Pondasi Dalam.....	17
2.9 Program Bantu.....	18

2.9.1	Program bantu SAP 2000.....	18
2.9.2	Program bantu XTRACT	18
BAB III	METODOLOGI	19
3.1	Umum.....	19
3.2	Bagan Penyelesaian Tugas Akhir	19
3.3	Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir	21
3.3.1	Pengumpulan Data.....	21
3.3.2	Studi Literatur	21
3.3.3	<i>Preliminary Design</i>	21
3.3.4	<i>Analisa</i> Pembebanan	22
3.3.5	Perencanaan Struktur Sekunder.....	35
3.3.6	Permodelan Struktur	36
3.3.7	Kontrol Perencanaan Struktur Utama.....	36
3.3.8	Perencanaan Sambungan.....	53
3.3.9	Perencanaan Struktur Bawah	57
3.3.10	Penggambaran Output Desain dan Detailingnya	61
3.4	Penjadwalan Pengerjaan Tugas Akhir	61
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	63
4.1	<i>Preliminary Design</i>	63
4.2	Perencanaan Struktur Sekunder	63
4.2.1	Perencanaan pelat atap gedung	63
4.2.2	Perencanaan pelat lantai gedung	66
4.2.3	Perencanaan Balok anak atap	69
4.2.4	Perencanaan Balok anak lantai.....	74
4.2.5	Perencanaan Balok <i>Lift</i>	79
4.2.6	Perencanaan Tangga	85
4.3	Permodelan Struktur	107
4.3.1	Penjelasan umum	107
4.3.2	Pembebanan struktur utama	108
4.3.3	Pembebanan gempa dinamis	110
4.3.4	Kombinasi Pembebanan.....	113
4.3.6	Kontrol Desain	114
4.4	Perencanaan Struktur Primer	122
4.4.1	Perencanaan Link.....	123
4.4.2	Balok diluar link	130

4.4.3	Perencanaan bresing.....	137
4.4.4	Perencanaan balok induk	141
4.4.5	Perencanaan Kolom	157
4.5	Perencanaan Sambungan	161
4.5.1	Sambungan balok induk dengan balok anak	162
4.5.2	Sambungan Balok Tangga	167
4.5.3	Sambungan <i>bresing</i>	171
4.5.4	Sambungan link dengan balok diluar link	176
4.5.5	Sambungan balok induk dengan kolom	179
4.5.1	Sambungan antar kolom.....	186
4.5.2	Sambungan kolom dengan <i>base plate</i>	188
4.6	Perencanaan Struktur Bawah	194
4.6.1	Umum	194
4.6.2	Data tanah	194
4.6.3	Beban Struktur	194
4.6.4	Perencanaan Pondasi.....	195
4.6.5	Perencanaan Poer pada Kolom.....	208
4.6.6	Perencanaan Penulangan pada Poer	212
4.6.7	Perencanaan Kolom Pedestal	216
4.6.8	Perencanaan Sloof Pondasi	222
4.6.9	Perencanaan Tulangan Tusuk Konde	225
BAB V PENUTUP		231
5.1	Kesimpulan.....	231
5.2	Saran.....	233
DAFTAR PUSTAKA		235
LAMPIRAN		237

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Konfigurasi SRBE.....	9
Gambar 2.2 Sudut rotasi link pada sistem EBF	10
Gambar 2.3 Balok Komposit dengan Penghubung Geser	12
Gambar 2.4 Balok Baja yang Diberi Selubung Beton	12
Gambar 2.5 Kolom komposit	14
Gambar 2.6 Jenis Pondasi Dangkal	16
Gambar 2.7 Jenis Pondasi Dalam	17
Gambar 3.1 Bagan Penyelesaian Tugas Akhir	19
Gambar 3.2 Bagan Penyelesaian Tugas Akhir (lanjutan)	20
Gambar 3.3 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 0.2 detik.....	28
Gambar 3.4 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 1 detik	29
Gambar 3.5 Grafik respons spectrum	32
Gambar 3.6 Penentuan simpangan antar lantai	37
Gambar 3.7 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Stud ..	45
Gambar 3.8 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Baja Kanal	46
Gambar 3.9 Base Plate	56
Gambar 3.10 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom	59
Gambar 3.11 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang	60
Gambar 4.1 Ilustrasi gambar pelat atap	64
Gambar 4.2 Ilustrasi hasil perencanaan bondek dan tebal pelat beton.....	65
Gambar 4.3 Ilustrasi gambar pelat lantai	67
Gambar 4.4 Ilustrasi hasil perencanaan bondek dan tebal pelat beton.....	68
Gambar 4.5 Balok anak lantai atap.....	70
Gambar 4.6 Hasil Perencanaan Balok anak	72
Gambar 4.7 Balok anak lantai gedung.....	75
Gambar 4.8 Hasil Perencanaan balok anak pada lantai	77

Gambar 4.9 Spesifikasi ukuran lift	80
Gambar 4.10 Potongan Lift	81
Gambar 4.11 Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i>	82
Gambar 4.12 Sketsa Denah Tangga.....	86
Gambar 4.13 Sketsa Potongan Tangga	86
Gambar 4.14 Pelat Anak Tangga.....	86
Gambar 4.15 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata	87
Gambar 4.16 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat.....	87
Gambar 4.17 Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata	89
Gambar 4.18 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat.....	89
Gambar 4.19 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes	91
Gambar 4.20 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terbagi Merata.....	92
Gambar 4.21 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terpusat.....	92
Gambar 4.22 Balok Bordes Tangga.....	94
Gambar 4.23 Pembebanan Pada Balok Bordes.....	95
Gambar 4. 24 Pembebanan pada balok utama tangga.....	99
Gambar 4. 25 Bidang Momen Balok Tangga Utama.....	100
Gambar 4. 26 Bidang Geser Balok Tangga Utama.....	101
Gambar 4. 27 Bidang Normal Balok Tangga Utama	101
Gambar 4. 28 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga ..	103
Gambar 4. 29 Pembebanan Balok Penumpu Tangga.....	104
Gambar 4.30 Denah Tangga.....	106
Gambar 4.31 Potongan Tangga	106
Gambar 4.32 Permodelan Struktur pada Aplikasi SAP 2000....	107
Gambar 4.33 Grafik Respon Spektrum.....	112
Gambar 4.34 Elemen Link	123
Gambar 4.35 Link Memanjang yang Ditinjau	123
Gambar 4.36 Gaya Dalam Link Arah Memanjang	124
Gambar 4.37 Jarak Pengaku Link Memanjang	126

Gambar 4.38 Link Melintang yang ditinjau.....	127
Gambar 4. 39 Gaya Dalam Link Arah Melintang.....	127
Gambar 4.40 Jarak Pengaku Link Melintang	130
Gambar 4.41 Elemen Balok diluar Link.....	130
Gambar 4.42 Balok Luar Link Melintang yang ditinjau	131
Gambar 4. 43 Gaya Dalam Balok Luar Link	131
Gambar 4.44 Balok Luar Link Memanjang yang ditinjau	134
Gambar 4.45 Gaya dalam Balok Luar Link Memanjang	135
Gambar 4.46 Elemen Bresing.....	137
Gambar 4. 47 Balok Induk Memanjang yang ditinjau	141
Gambar 4. 48 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sebelum Komposit.....	142
Gambar 4. 49 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Setelah Komposit.....	144
Gambar 4.50 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif	145
Gambar 4.51 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif	147
Gambar 4.52 Shear Connector Balok Memanjang	148
Gambar 4.53 Balok Induk Melintang yang ditinjau	149
Gambar 4.54 Gaya Dalam Balok Induk Melintang Sebelum Komposit.....	150
Gambar 4.55 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Setelah Komposit.....	152
Gambar 4.56 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif	153
Gambar 4.57 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif	155
Gambar 4.58 Shear Connector Balok Memanjang	156
Gambar 4.59 Kolom yang Ditinjau	157
Gambar 4.60 Diagram Interaksi Aksial dan Momen	159
Gambar 4.61 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk	162
Gambar 4.62 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk	164

Gambar 4.63 Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk	165
Gambar 4.64 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk	166
Gambar 4.65 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	168
Gambar 4.66 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	168
Gambar 4.67 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	170
Gambar 4.68 Sambungan Bresing dengan Balok Link	171
Gambar 4.69 Sambungan Bresing dengan Balok dan Kolom...	172
Gambar 4.70 Sambungan Link	176
Gambar 4.71 Tampak Atas Sambungan Balok Induk dengan Kolom	180
Gambar 4.72 Tampak Samping Sambungan Balok Induk dengan Kolom	180
Gambar 4.73 Detail Pelat Siku Sambungan Badan Balok Induk	182
Gambar 4.74 Detail Sambungan Plat buhul dengan Sayap Balok	185
Gambar 4.75 Sambungan Antar Kolom Tampak Samping	186
Gambar 4.76 Sambungan Antar Kolom Tampak Atas	186
Gambar 4.77 Tampak Samping <i>Base Plate</i>	188
Gambar 4.78 Tampak Atas <i>Base Plate</i>	188
Gambar 4. 79 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate	191
Gambar 4.80 Keseimbangan Gaya yang bekerja pada Baut	192
Gambar 4.81 Grafik Daya dukung tanah terhadap kedalaman..	199
Gambar 4.82 Pondasi Tipe 1	200
Gambar 4. 83 Pondasi Tipe 2	200
Gambar 4.84 Ilustari defleksi yang terjadi pada tiang pancang	206
Gambar 4.85 Area Kritis Geser Akibat Kolom.....	209
Gambar 4.86 Area Kritis Untuk geser 2 arah.....	210
Gambar 4.87 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang	211
Gambar 4.88 Daerah yang berpengaruh pada momen-x.....	212

Gambar 4.89 Daerah yang berpengaruh pada momen-y.....	214
Gambar 4.90 Penulangan Poer pada pondasi tipe 1.....	216
Gambar 4. 91 Diagram Interaksi Kolom 95/95 cm.....	217
Gambar 4.92 Hasil Penulangan Aplikasi ITSRCCAD	218
Gambar 4.93 Penulangan Kolom Pedestal	221
Gambar 4.94 Diagram Interaksi Sloof.....	223
Gambar 4.95 Hasil Penulangan Aplikasi ITS RCCAD.....	223
Gambar 4.96 Penulangan Sloof.....	225
Gambar 4. 97 Diagram Interaksi tiang pancang	226
Gambar 4.98 Hasil Penulangan sPcolumn.....	227

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi <i>link</i> berdasarkan panjang <i>link</i>	11
Tabel 3.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	24
Tabel 3.2 Faktor keutamaan gempa.....	26
Tabel 3.3 Klasifikasi Situs.....	27
Tabel 3.4 Koefisien situs F_a	29
Tabel 3.5 Koefisien situs F_v	29
Tabel 3.6 Kategori resiko S_{DS}	30
Tabel 3.7 Kategori resiko S_{D1}	30
Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω untuk system penahan gaya gempa	31
Tabel 3.9 Nilai parameter perioda Pendekatan C_t dan x	33
Tabel 3.10 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung	34
Tabel 3.11 Simpangan antar lantai ijin	37
Tabel 3.12 Penjadwalan pengerjaan tugas akhir	62
Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil perencanaan pelat atap.....	66
Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil perencanaan pelat atap.....	69
Tabel 4.3 Rekapitulasi hasil perencanaan balok anak.....	74
Tabel 4.4 Rekapitulasi hasil perencanaan balok anak.....	79
Tabel 4.5 Nilai N -SPT pada setiap kedalaman tanah.....	110
Tabel 4.6 Nilai Parameter Respon Spektrum.....	111
Tabel 4.7 Faktor Reduksi Gempa	112
Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Berat Sruktur	114
Tabel 4.9 Partisipasi Massa	115
Tabel 4.10 Periode Getar Alami Fundamental	116
Tabel 4.11 Reaksi Dasar.....	118
Tabel 4.12 Nilai Gaya geser dasar	118
Tabel 4.13 Reaksi Geser Dasar Baru.....	119
Tabel 4.14 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu X...	121
Tabel 4.15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu Y...	122
Tabel 4.16 Kapasitas kolom untuk Interaksi Aksial dan Momen	159

Tabel 4.17 Rekapitulasi Dimensi Kolom.....	161
Tabel 4.18 Nilai Daya Dukung Tanah	197
Tabel 4.19 Nilai Daya Dukung Tanah (lanjutan).....	198
Tabel 4.20 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1.....	199
Tabel 4. 21 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2.....	200
Tabel 4.22 Rekapitulasi Kontrol beban 1 tiang pancang pondasi tipe 2	202
Tabel 4.23 Rekapitulasi Kontrol beban 1 tiang pancang pondasi tipe 1	202
Tabel 4.24 Kontrol kekuatan tiang pancang group terhadap beban aksial pada pondasi tipe 2.....	204
Tabel 4.25 Kontrol kekuatan tiang pancang group terhadap beban aksial pada pondasi tipe 1	204
Tabel 4.26 Rekapitulasi kontrol tiang pancang terhadap momen	206
Tabel 4.27 Kontrol defleksi tiang pancang terhadap beban	207

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia memiliki tujuan utama agar taraf hidupnya menjadi lebih baik, berbagai usaha akan dilakukan manusia untuk mencapai kesejahteraan, salah satunya dengan mendapat pekerjaan yang sesuai. Setelah mendapatkan pekerjaan yang sesuai, terkadang memaksa manusia harus berpindah tempat untuk memenuhi pekerjaan tersebut. Kota-kota besar yang memiliki kesempatan pekerjaan yang lebih luas biasanya akan menjadi tujuan utama manusia untuk mengadu nasib dan menetap. Perpindahan ini dapat berbentuk *urbanisasi* yaitu perpindahan penduduk secara berduyun-duyun dari desa (kota kecil, daerah) ke kota besar (KBB). Dengan perpindahan yang *massive* akan menyebabkan semakin banyaknya permintaan tempat tinggal. Tidak tersedianya lahan untuk membangun tempat tinggal (hunian) akan menyebabkan masalah. Dengan adanya permasalahan ini, banyak pemilik properti, pengembang dan pemerintah memiliki solusi untuk menggalakkan pembangunan hunian yang berbentuk *vertikal*, salah satunya yaitu apartemen. Kebanyakan apartemen di Indonesia berupa gedung bertingkat dengan memakai sistem struktur beton bertulang, dimana beton akan menerima gaya tekan dan baja sebagai tulangan akan menerima gaya tarik.

Kondisi wilayah Indonesia yang berada di *ring of fire* memiliki ancaman terhadap gempa bumi yang cukup besar, menurut BMKG tercatat telah terjadi kurang lebih 50 kali gempa bumi dengan berbagai macam skala yang telah mengguncang Indonesia dalam rentan waktu 2018-2019. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem struktur yang kuat menahan gaya gempa. Penggunaan struktur baja komposit menjadi pilihan alternatif untuk perencanaan gedung bertingkat yang tahan akan gaya gempa. Struktur komposit merupakan gabungan dari dua material atau lebih. Salah satu struktur komposit yaitu baja dan beton yang memiliki kekuatan dan sifat material yang berbeda dan jika

digabungkan, maka akan menghasilkan sifat kekuatan yang lebih baik.

Pemilihan material dan sistem struktur untuk perencanaan bangunan tahan gempa sangat menentukan agar dapat menahan gaya gempa yang baik. Struktur komposit berbeda dengan struktur beton bertulang. Pada struktur beton bertulang, pembebanan terhadap suatu balok dengan perletakan sederhana, gaya tarik yang terjadi akan diterima oleh tulangan pada balok tersebut, sedangkan pada struktur komposit gaya tarik yang terjadi pada balok akan diterima oleh profil baja. Kelebihan penggunaan struktur komposit yaitu adanya penghematan penggunaan baja dimana 20-30% dari berat baja bisa dikurangi seiring dengan pemilihan profil baja yang digunakan serta memiliki berat yang lebih ringan. Kelebihan ini bisa digunakan untuk mengurangi tinggi lantai pada gedung bertingkat, sehingga dapat mengurangi penggunaan material untuk dinding dan tangga. Dengan berkurangnya penggunaan material ini akan menyebabkan struktur bangunan menjadi lebih ekonomis (Salmon & Johnson, 2009).

Salah satu sistem struktur untuk perencanaan bangunan tahan gempa yaitu sistem rangka *bresing* eksentris (*Eccentrically Braced Frame*). Sistem rangka *bresing* eksentris atau biasa disingkat "*EBF*" yaitu sistem rangka *bresing* dimana letak antara dua *bresing* pada balok akan memiliki jarak "*e*" sebagai *link*. *Link* ini akan didesain sedemikian rupa sehingga memiliki daktilitas tinggi agar bisa mempunyai penyerapan energi yang baik untuk gaya gempa. Sistem *EBF* akan efektif apabila semua struktur selain *link*, yaitu: balok, kolom dan *bresing*, didesain lebih kuat sehingga kelelahan terlebih dahulu terjadi pada *link*, tidak pada elemen struktur lainnya.

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, bahwa saat ini dibutuhkan suatu desain struktur untuk perencanaan bangunan tahan gempa dengan penghematan bahan material bangunan, maka akan dilakukan modifikasi perencanaan Apartemen Amega Crown Residence dengan data eksisting menggunakan material beton bertulang yang memiliki tinggi lantai 12 lantai dengan 2 lantai

tempat parkir akan di modifikasi menjadi setinggi 14 lantai, dengan material baja komposit dengan sistem rangka *bresing* eksentris (*EBF*).

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Permasalahan Utama

Bagaimana merencanakan modifikasi struktur gedung Apartemen Amega Crown Residence menggunakan struktur baja komposit dengan sistem *Eccentrically Braced Frame (EBF)*?

1.2.2 Rincian Permasalahan

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* penampang profil baja komposit pada gedung Apartemen Amega Crown Residence?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang terdiri dari pelat, balok anak, dan tangga?
3. Bagaimana merencanakan pembebanan pada struktur bangunan Apartemen Amega Crown Residence?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000?
5. Bagaimana merencanakan struktur primer yang terdiri dari balok dan kolom baja komposit?
6. Bagaimana merencanakan *bresing* eksentris dan *link*?
7. Bagaimana merencanakan sambungan pada struktur?
8. Bagaimana merencanakan pondasi dan poer sesuai data tanah yang ada?
9. Bagaimana menuangkan hasil desain dan analisa ke dalam gambar teknik ?

1.3 Tujuan

1.3.1 Umum

Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah mampu merencanakan gedung apartemen Amega Crown Residence menggunakan material baja komposit dengan sistem rangka *bresing* eksentris (*EBF*).

1.3.2 Khusus

1. Menentukan *preliminary design* penampang profil baja komposit pada gedung Apartemen Amega Crown Residence.
2. Merencanakan struktur sekunder yang terdiri dari pelat, balok anak, dan tangga.
3. Merencanakan pembebanan pada struktur bangunan Apartemen Amega Crown Residence.
4. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000.
5. Merencanakan struktur primer yang terdiri dari balok dan kolom baja komposit.
6. Merencanakan *bresing* eksentris dan *link*.
7. Merencanakan sambungan pada struktur.
8. Merencanakan pondasi dan poer sesuai data tanah yang ada.
9. Menuangkan hasil desain dan analisa ke dalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini, antara lain:

1. Perencanaan hanya dibatasi struktur atas Apartemen Amega Crown Residence dengan tinggi lantai 14.
2. Tidak menghitung lantai *basement*.
3. Tidak menghitung analisis biaya dan waktu.
4. Tidak membahas metode pelaksanaan.
5. Tidak mempertimbangkan sistem instalasi listrik dan sanitasi gedung.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari desain modifikasi ini, antara lain:

1. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan untuk perencanaan struktur dengan material baja komposit dengan sistem *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.
2. Memberikan alternatif sistem struktur yang tahan gempa.
3. Modifikasi ini dapat menunjukkan hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan sehingga dapat meminimalisir kegagalan.

4. Memberikan alternatif struktur gedung selain menggunakan material beton bertulang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Untuk perencanaan struktur gedung tahan gempa perlu diperhatikan peraturan yang mengatur tentang syarat-syarat struktur tahan gempa. Didalam peraturan tersebut terdapat filosofi yang harus dipenuhi yaitu:

1. Apabila terjadi gempa bumi ringan, struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan sama sekali.
2. Apabila terjadi gempa bumi sedang, kerusakan yang ditoleransi merupakan kerusakan pada arsitektural, namun kerusakan struktural tidak diperkenankan.
3. Apabila terjadi gempa bumi besar, struktur bangunan boleh mengalami kerusakan struktural dan non-struktural namun tidak diperkenankan gedung tersebut mengalami keruntuhan.

Perencanaan struktur gedung untuk tahan gempa harus dipilih dengan material yang memiliki daktilitas tinggi, dimana yang dimaksud dengan memiliki daktilitas tinggi yaitu seberapa plastis kemampuan material tersebut dari leleh hingga putus, yang dimulai pada saat terjadinya regangan pada material. Baja merupakan material yang memiliki daktilitas tinggi. Baja juga sangat baik dalam menerima gaya tarik, namun jika menerima tekan akan terbatas pada ukuran profilnya. Sementara material beton merupakan material yang getas, menentukan kealistasitasan dari beton cukup sulit karena tergantung dari mutu beton $f'c$ sesuai *mix design*.

Dengan adanya kelebihan dan kelemahan dari masing-masing material penyusun struktur gedung, sehingga tercipta alternatif dengan menggabungkan kedua material tersebut untuk mendapat kelebihan dari kedua material. Hal ini disebut dengan material komposit. Material komposit memiliki kelebihan yaitu: 1) tahan korosi, karena profil baja akan dilapisi material beton, 2) penghematan ukuran kolom untuk menerima gaya tekan.

Sistem “*EBF*” biasa disebut sebagai sistem *hybrid* antara sistem rangka pemikul momen “*MRF*” dan sistem rangka bresing konsentris “*CBF*” karena “*EBF*”. (Engelhardt & Popov, 1989)

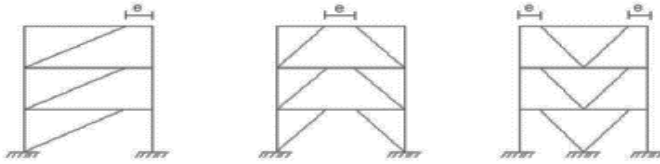
2.2 Sistem Struktur Baja Tahan Gempa

Ada tiga jenis sistem struktur baja untuk menahan gaya gempa terdiri dari: *moment resisting frame (MRF)*, *bracing frame (BF)* dan *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*. Sistem rangka pemikul momen (*MRF*) memiliki karakteristik adanya sendi plastis yang harus terjadi pada balok ketika gempa terjadi. Pada *SPSW* adanya pelat baja yang menghubungkan antara balok dan kolom pada gedung. Pada sistem rangka *bracing* dibagi menjadi dua yaitu sistem rangka *bracing* konsentris (*CBF*) dan sistem rangka *bracing* eksentris (*EBF*).

2.2.1 Pengertian *EBF*

Sistem “*EBF*” biasa disebut sebagai sistem *hybrid* antara sistem rangka pemikul momen “*MRF*” dan sistem rangka bresing konsentris “*CBF*” karena “*EBF*” memiliki kombinasi dari kekakuan yang tinggi seperti halnya pada “*CBF*” dan daktilitas yang tinggi yang dimiliki “*MRF*” (Engelhardt & Popov, 1988)

EBF yaitu suatu sistem struktur yang terdiri atas balok, kolom, dan pengaku dimana pengaku tersebut tidak terhubung ke perpotongan balok dan kolom melainkan terhubung ke balok dengan jarak “*e*” ke titik perpotongan balok dan kolom. Segmen balok pendek atau link ini memiliki daktilitas yang tinggi yang memastikan struktur memiliki perilaku inelastis serta penyerapan energi yang bagus. (Popov & C.W, 1978). Kinerja dari link tersebut akan lebih maksimal jika elemen-elemen di luar dari balok link tersebut direncanakan lebih kuat.



Gambar 2.1 Contoh Konfigurasi SRBE (AISC, 2010)

2.2.2 Perilaku *Link*

Link akan menerima gaya geser disepanjang *link* dan menerima momen yang besar di ujung-ujung *link*. Ketika terjadi gaya lateral pada struktur dengan klasifikasi *link* yang sangat pendek, *link* akan mengalami kelelahan pada geser dan menerima momen yang kecil pada ujung-ujung *link*. Dalam kasus lain jika *link* merupakan *link* yang panjang akan terjadi sendi plastis di ujung-ujung *link* dengan menerima kelelahan geser yang kecil atau tidak ada sama sekali. Oleh karena itu *link* pendek biasanya disebut dengan *link* geser sementara *link* panjang merupakan *link* momen. Energi disipasi dan mekanisme keruntuhan dari kedua jenis *link* pada dasarnya sangat berbeda.

2.2.3 Gaya dalam pada *link*

Gaya yang terjadi serta hubungan antara geser dan momen pada *link* didasari pada persamaan titik keseimbangan statis (*static equilibrium*). Dimana pada saat momen pada ujung-ujung *link* yang bekerja sama besar dan dengan arah yang sama, didapatkan persamaan $V_e = 2M$. Pada kasus ini, *link* diasumsikan dalam kondisi plastis biasa, tidak dalam *strain hardening* dan tidak ada interaksi geser-momen. Dapat dirumuskan untuk mendapat panjang *link* yaitu:

$$e = 2 \frac{M_p}{V_p} \quad (2.1)$$

Dimana:

e : panjang *link*

M_p = $Z_x F_y$

V_p = $0.6 F_y d_{tw}$

2.2.4 Mekanisme Energi Disipasi di *Link*

Ketika gaya lateral bekerja pada suatu struktur, seperti pada gambar 2.2 (a) yang mana menunjukkan portal 2 dimensi dengan sistem penahan gempa MRF akan terdapat sebuah sudut simpangan sebesar Θ . Pada sistem penahan gempa lainnya seperti EBF ditunjukkan pada gambar 2.2 (b), terdapat juga simpangan pada portal dan adanya rotasi plastis pada *link* sebesar (γ). Besar rotasi plastis ini perlu diperhitungkan dengan mekanisme disipasi energi (juga disebut mekanisme energi kehancuran). Nilai dari rotasi plastis (γ) harus lebih besar dari Θ , dengan perumusan:

$$\gamma = \frac{L}{e} \theta \quad (2.2)$$

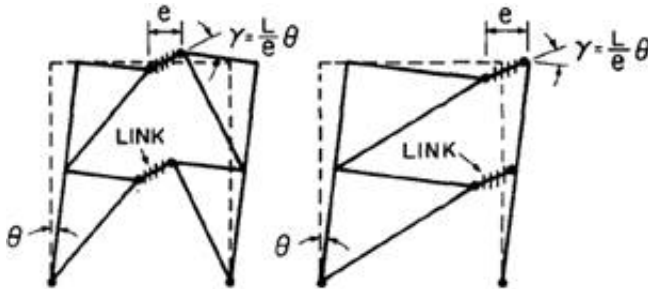
Dimana:

γ : Rotasi link

L : Panjang balok

e : Panjang link

Θ : Besar simpangan pada struktur



Gambar 2.2 Sudut rotasi link pada sistem EBF
(Engelhardt & Popov, 1988)

2.2.5 Klasifikasi Link

Link diklasifikasikan sesuai panjangnya, yang bisa dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Klasifikasi *link* berdasarkan panjang *link*

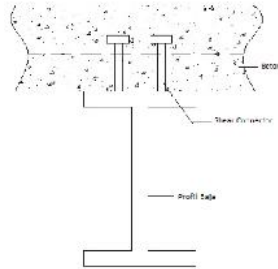
Jenis <i>Link</i>	Syarat <i>Link</i>	Rotasi	Jarak Pengaku Maksimum	Keterangan
Geser murni	$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p}$	0,08	30.tw – d/5	Leleh pada <i>link</i> didominasi oleh geser penuh
Dominan geser	$\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p}$	*Interpolasi Linier	1 dan 3 dipenuhi	Leleh pada <i>link</i> didominasi oleh geser
Dominan lentur	$\frac{2,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{5M_p}{V_p}$	0,02	1,5 bf dari tiap ujung <i>link</i>	Leleh pada <i>link</i> didominasi oleh lentur
Lentur murni	$e \geq \frac{5M_p}{V_p}$		Tidak Memerlukan	Leleh pada <i>link</i> disebabkan oleh lentur

2.3 Sistem Komposit

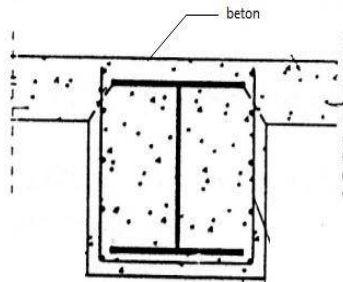
2.3.1 Balok Komposit

Balok komposit adalah sebuah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi mekanis di antara dua atau lebih bahan. Pada dasarnya aksi komposit pada balok komposit dapat tercapai atau tidaknya tergantung dari penghubung gesernya. Biasanya penghubung geser diletakan di sayap atas profil baja. Hal ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya slip pada pelat beton dengan balok baja.

- Tipe-Tipe Balok Komposit antara lain:
 - a) Balok Komposit dengan penghubung geser (Gambar 2.3)
 - b) Balok baja yang diberi selubung beton (Gambar 2.4)



Gambar 2.3 Balok Komposit dengan Penghubung Geser
(Marwan & Isdarmanu, 2006)



Gambar 2.4 Balok Baja yang Diberi Selubung Beton
(Marwan & Isdarmanu, 2006)

2.3.2 Kolom Komposit

Kolom komposit didefinisikan sebagai “kolom baja yang dibuat dari baja *rolled* atau *built-up* dan dicor di dalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Johnson, 2009) Menurut Morino, et al, 2011, jika dibandingkan dengan kolom baja dan beton yang dipisah, kolom *Concrete Filled Steel Tube* memiliki beberapa kelebihan yaitu:

- a. Interaksi antara pipa baja dan beton

Tekuk lokal dari pipa baja akan lambat dan pengurangan kekuatan akibat tekuk lokal akan ditahan oleh beton, kekuatan beton

bertambah akibat penggabungan dengan pipa baja dan penyusutan dan retak dari beton akan lebih kecil dari beton bertulang

b. Penampang

Rasio baja pada kolom komposit lebih besar dari pada pada beton bertulang dan baja pada kolom komposit berperilaku plastis dengan baik saat tertekuk karena baja di penampang luas.

c. Efisiensi konstruksi

Kolom komposit tidak memerlukan tulangan dan bekisting sehingga tidak memerlukan banyak tenaga manusia dan lebih hemat biaya konstruksinya. Sehingga tempat konstruksi tetap terjaga kebersihannya.

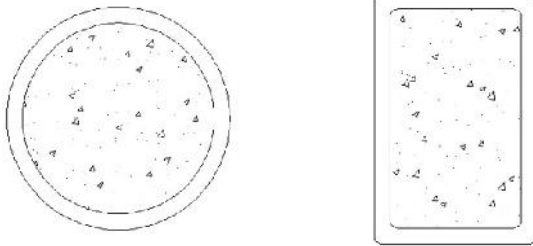
d. Tahan kebakaran

Beton meningkatkan performa anti kebakaran yang dapat mengurangi jumlah bahan tahan api. Desain kolom komposit ditentukan dalam SNI 03:1729:2002 pasal 12.3.1 dengan batasan – batasan sebagai berikut :

1. Luas penampang profil baja harus lebih besar sama dengan 4% dari luas total penampang melintang kolom komposit, jika tidak memenuhi syarat ini, maka komponen struktur akan berperilaku seperti kolom bertulang biasa.
2. Kuat tekan beton, f_c' berkisar antara 21 hingga 55 Mpa untuk beton normal dan minimal; 28 Mpa untuk beton ringan
3. Tegangan leleh profil baja dan tulangan longitudinal tidak boleh melebihi 380 Mpa
4. Untuk mencegah tekuk lokal maka ketebalan dinding minimal disyaratkan sebagai berikut :

a) Untuk penampang persegi dengan sisi b maka $t \geq b \sqrt{\frac{f_y}{E}}$

b) Untuk penampang lingkaran dengan diameter D maka $t \geq D \sqrt{\frac{f_y}{8E}}$



Gambar 2.5 Kolom komposit
(Marwan & Isdarmanu, 2006)

2.4 Beban Mati

Beban Mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat keran.

2.5 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.

2.6 Beban Angin

Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya angin tekan dan angin hisap, yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

2.7 Beban Gempa

Beban gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 2500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas 2% selama umur gedung 50 tahun. Perencanaan ini diperlukan untuk mengetahui batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, sehingga dapat diketahui jenis-jenis sistem struktur apa dan setinggi apa sebuah bangunan dapat dilakukan perencanaan lebih lanjut

2.8 Pondasi

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

Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangat penting mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban bangunan itu, baik beban mati, beban hidup dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

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

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

2.8.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu

mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

a. Pondasi Memanjang

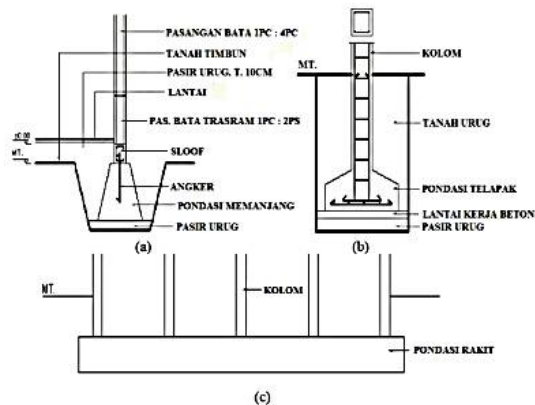
Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.5a).

b. Pondasi Telapak

Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.5b).

c. Pondasi Rakit

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi- sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.5c).



Gambar 2.6 Jenis Pondasi Dangkal (Sastrodarsono, et al., 1994)

2.8.2 Pondasi Dalam

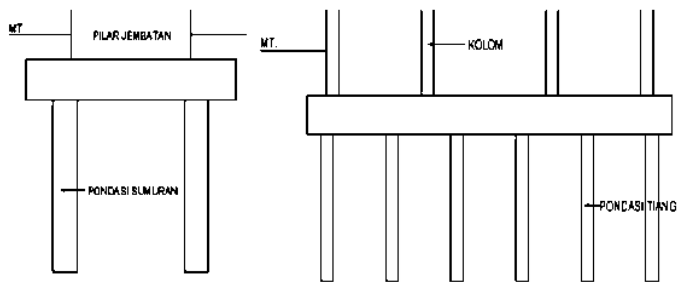
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti:

a. Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$. (Gambar 2.6a).

b. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.6b).



Gambar 2.7 Jenis Pondasi Dalam (Sastrodarsono, et al., 1994)

2.9 Program Bantu

2.9.1 Program bantu SAP 2000

SAP 2000 adalah perangkat lunak teknik sipil yang ideal untuk analisis dan desain semua jenis sistem struktural. Sistem struktural yang bisa dianalisis mulai dasar hingga lanjutan, 2 Dimensi maupun 3 Dimensi, dari geometri sederhana hingga kompleks. Sistem struktural tersebut dimodelkan, dianalisis, dirancang, dan dioptimalkan menggunakan lingkungan pemodelan berbasis objek yang praktis dan intuitif, memungkinkan dapat menyederhanakan dan merampingkan proses perhitungan struktur. (Computer And Structure, Inc., 2013).

Permodelan struktur yang kompleks dapat dibuat dan disatukan dengan desain bawaan program yang sudah ada. Fitur kode desain yang telah terintegrasi pada desain bawaan dapat secara otomatis menghasilkan beban angin, gelombang, jembatan, dan seismik. Untuk pemeriksaan kode desain beton dan baja terdapat standar desain AS, Kanada, dan Internasional.

2.9.2 Program bantu XTRACT

XTRACT merupakan program yang dibuat oleh C.B Chadwell dari Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Politeknik Negeri California. Bersama Imbsen dari Imbsen & Associates, Inc., Chadwell membuat perangkat lunak untuk menghitung antara interaksi aksial dan momen curvature. Xtract mempunyai kemampuan untuk memperlihatkan analisa secara realistik dari sebuah penampang yang menggabungkan efek dari penambahan kekuatan dengan daktilitas dari beton yang terkekang serta perilaku *nonlinear* dari baja dalam sebuah bentuk grafik (Chadwell & Imbsen, 2004).

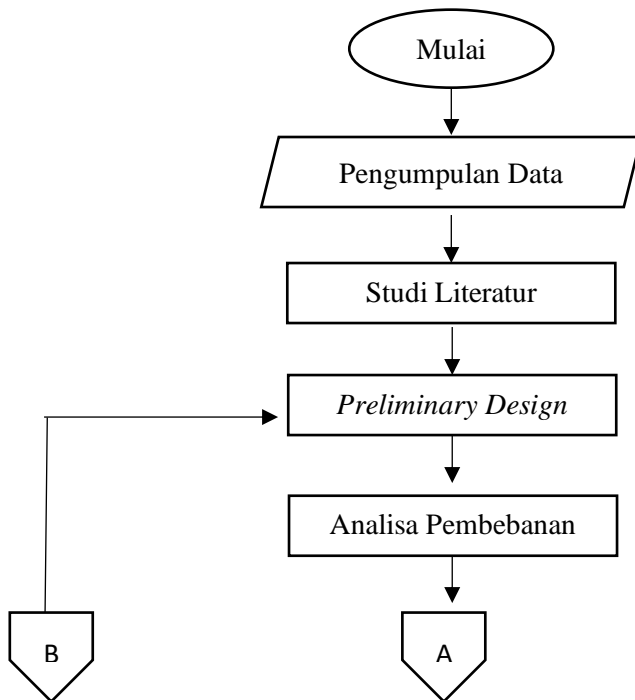
BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

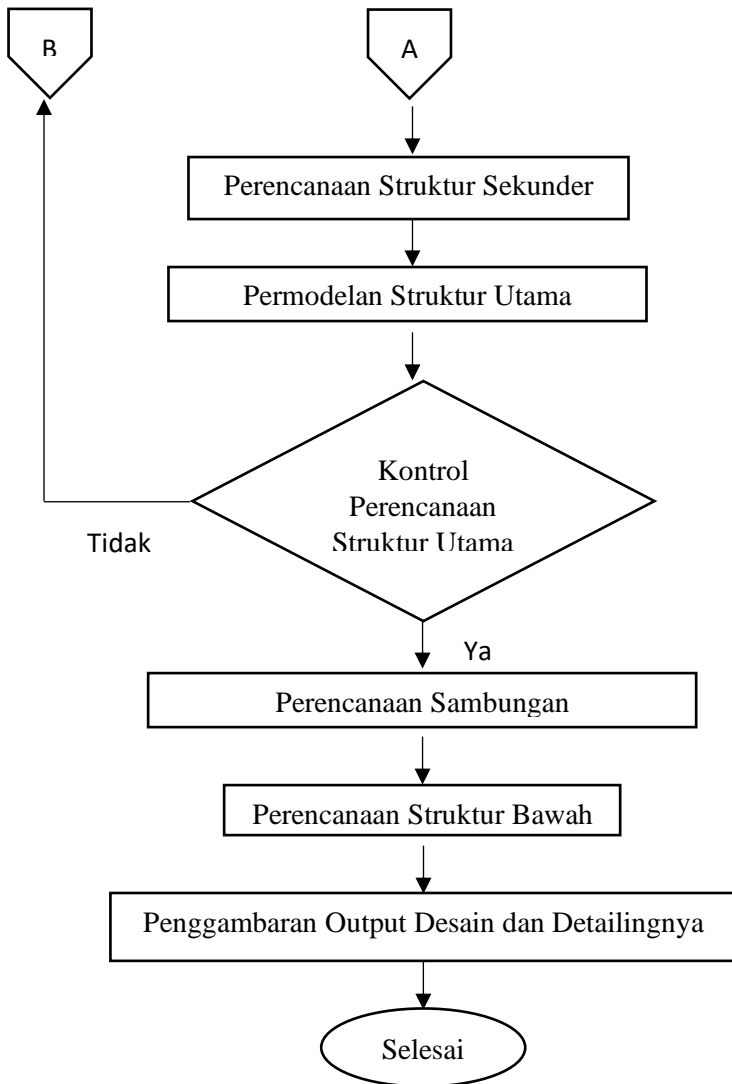
Sebelum mengerjakan tugas akhir, diperlukan langkah langkah pengerjaan secara urut agar hasil pengerjaan sesuai dengan tujuan yang diinginkan dan seusai masalah yang ada.

3.2 Bagan Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah-langkah untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah:



Gambar 3.1 Bagan Penyelesaian Tugas Akhir



Gambar 3.2 Bagan Penyelesaian Tugas Akhir (lanjutan)

3.3 Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

Rincian mengenai bagan alir penyelesaian tugas akhir dijelaskan sebagai berikut:

3.3.1 Pengumpulan Data

Mempelajari gambar yang berkaitan dengan perencanaan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan modifikasi perencanaan. Berikut adalah data perencanaan yang digunakan:

Nama Gedung : Amega Crown Residence

Lokasi : Waru, Sidoarjo

Fungsi : Apartemen atau tempat tinggal

Jumlah Lantai : 12 Lantai dan 2 lantai tempat parkir (2 Tower)

Tinggi Gedung : 45.75 meter

Struktur Utama : Beton Bertulang

Sistem Struktur : Sistem Ganda

Adapun Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya menggunakan material baja dengan data-data sebagai berikut:

Nama Gedung : Amega Crown Residence

Lokasi : Surabaya

Fungsi : Apartemen atau tempat tinggal

Jumlah Lantai : 14 Lantai (1 Tower)

Tinggi Gedung : 56 meter

Struktur Utama : Balok Baja dengan dek dan kolom Concrete Filled Steel Tube

Sistem Struktur : Sistem Rangka Bresing Eksentrik

3.3.2 Studi Literatur

Dalam menunjang pengerjaan tugas akhir ini, maka dilakukan studi terhadap literatur yang berkaitan dengan perencanaan bangunan struktur baja komposit dengan menggunakan sistem rangka *bresing* eksentris.

3.3.3 Preliminary Design

Merencanakan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur, dan merencanakan profil yang akan digunakan.

3.3.3.1 Perencanaan Struktur Sekunder

Melakukan perkiraan dimensi awal, penentuan mutu dan dimensi material pada elemen struktur sekunder yang meliputi:

- Pelat lantai
- Balok anak
- Tangga

3.3.3.2 Perencanaan Struktur Primer

Melakukan perkiraan dimensi awal, penentuan mutu dan dimensi material pada elemen struktur primer yang meliputi:

- Perencanaan panjang link
- Dimensi balok di luar link
- Dimensi bresing
- Dimensi balok induk
- Dimensi kolom

3.3.4 Analisa Pembebanan

Melakukan perhitungan beban struktur sebagai berikut:

3.3.4.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1 yang dimaksud beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Serta berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.2, dalam menentukan beban mati untuk perancangan harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang. Untuk detail pembebanan beban mati akan digunakan peraturan PPIUG 1983.

3.3.4.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.1 yang dimaksud 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. Serta

berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.3.1, beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam Tabel 4-1.

3.3.4.3 Beban Angin

Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya angin tekan dan angin hisap, yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Spesifikasi tekanan tiup pada beban angin adalah sebagai berikut:

1. Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m²
2. Tekanan tiup di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai lurus diambil minimum 40 kg/m²
3. Untuk daerah-daerah di dekat aut dan daerah-daerah lain tertentu, dimana terdapat kecepatan-kecepatan angin yang mungkin menghasilkan tekanan tiup yang lebih besar dari pada yang ditentukan dalam poin 1 dan 2 maka tekanan tiup

$$P = \frac{v^2}{16} \text{ kg/m}^2$$

(P) harus dihitung dengan rumus:

Dimana:

P = tekanan tiup angin (kg/m²)

V = kecepatan angin yang ditentukan oleh instansi yang berwenang (m/dt)

3.3.4.4 Beban Gempa

Beban gempa rencana ditetapkan berdasarkan respons spektrum pada SNI 1726:2012 dimana langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kategori risiko struktur bangunan (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2)

Tabel 3.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

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

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

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

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

Tabel 3.2 Faktor keutamaan gempa

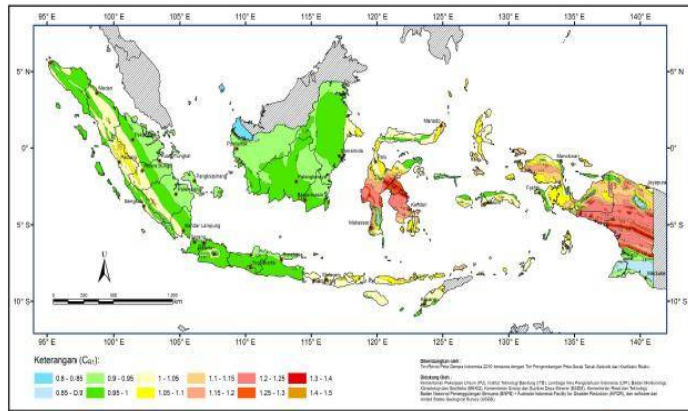
Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

3. Menentukan klasifikasi situs (SNI 1726:2012 Pasal 5.3)

Tabel 3.3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500 m/s	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500 m/s	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750 m/s	>50	≥ 100 kN/m ²
SD (tanah sedang)	175 sampai 350 m/s	15-50	50 sampai 100 kN/m ²
SE (tanah lunak)	< 175 m/s	< 15	<50 kN/m ²
	Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : Indeks plastisitas, $PI > 20$ Kadar air, $w \geq 40\%$ Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tnah tersementasi lemah Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

5. Menentukan koefisien situs ((SNI 1726:2012 Pasal 6.2)



Gambar 3.4 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 1 detik

Tabel 3.4 Koefisien situs Fa

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

Tabel 3.5 Koefisien situs Fv

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

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

6. Menghitung parameter percepatan desain (S_{DS} , S_{DI}) (SNI 1726:2012 Pasal 6.3)

Parameter percepatan desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan pada periode 1 detik (S_{DI}) harus ditetapkan sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.1)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.2)$$

7. Menentukan kategori desain seismik (SNI 1726:2012 Pasal 6.5)

Tabel 3.6 Kategori resiko S_{DS}

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

Tabel 3.7 Kategori resiko S_{DI}

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

$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

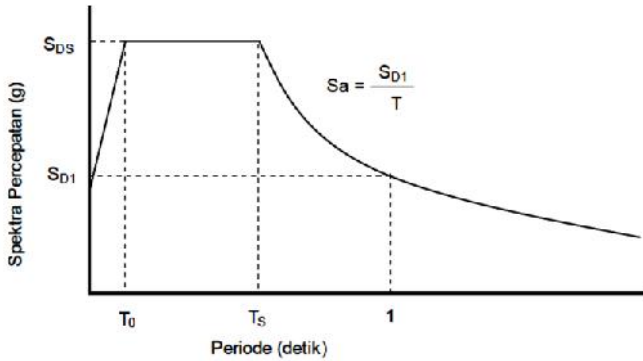
8. Memilih faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor pembesaran defleksi (C_d) dan faktor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726:2012 Pasal 7.2.2)

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω untuk system penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respons Modifikasi i, R	Faktor Kuat Lebih, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	$2^{1/2}$	4	T B	T B	T B	T B	T B

9. Melakukan analisis model respons spektrum

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



Gambar 3.5 Grafik respons spektrum

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

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.3)$$

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

$$S_a = S_{DS} \quad (3.4)$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.5)$$

Dengan:

$$T_0 = \frac{0,2S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.6)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{Ds}} \quad (3.7)$$

10. Melakukan analisis statik ekuivalen
- a. Menentukan periode fundamental pendekatan, T_a (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1)

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.8)$$

Keterangan :

C_t , dan x : koefisien parameter waktu getar perkiraan (Tabel 3.9)

h_n : tinggi struktur

Tabel 3.9 Nilai parameter perioda Pendekatan C_t dan x

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

- b. Menentukan batas periode struktur

$$T_a \leq T \leq C_u T_a \quad (3.9)$$

Keterangan :

Ta : periode fundamental perkiraan

Cu : koefisien untuk batas atas periode hasil perhitungan
(Tabel 3.10)

Tabel 3.10 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang
dihitung

Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1s, S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

c. Menghitung koefisien respon seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.10)$$

Keterangan :

SDS : percepatan spektrum respon desain dalam periode pendek

R : adalah faktor modifikasi respon dalam tabel 3.8

Ie : adalah faktor keutamaan hunian sesuai tabel 3.2

d. Menghitung gaya dasar seismik

$$V = C_s W \quad (3.11)$$

Dimana:

Cs : koefisien respons seismik

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

3.3.4.5 Kombinasi Pembebanan

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

1. 1,4 D

2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0W + L + 0,2S$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

3.3.4.6 Beban Tanah

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.2.1, dalam perancangan struktur di bawah tanah, harus diperhatikan tekanan lateral tanah di sampingnya. Bila tidak ada beban tanah dalam laporan penyelidikan tanah yang disetujui oleh pihak yang berwenang, beban tanah yang diberikan dalam Tabel 3-1 harus dipakai sebagai beban lateral minimum.

Besarnya tegangan tanah horizontal secara umum adalah sebagai berikut:

- Tegangan tanah horizontal aktif:

$$\sigma' = \gamma' h K_a - 2c' \sqrt{K_a} \quad (3.12)$$

$$K_a = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2} \right) \quad (3.13)$$

- Tegangan tanah horizontal pasif:

$$\sigma' = \gamma' h K_p + 2c' \sqrt{K_p} \quad (3.14)$$

$$K_p = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right) \quad (3.15)$$

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

3.3.5 Perencanaan Struktur Sekunder

3.3.5.1 Perencanaan Tangga

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

$$\phi Mn \geq Mu \quad (3.16)$$

$$\phi Vn \geq Vu \quad (3.17)$$

Dimana:

M_n : Momen nominal balok

M_u : Momen ultimate yang terjadi

3.3.5.2 Perencanaan Pelat Lantai

Direncanakan menggunakan pelat bondek sehingga pelat lantai di desain menjadi pelat satu arah.

3.3.5.3 Perencanaan Balok Anak

Direncanakan dan dikontrol sesuai dengan persamaan 3.17 dan 3.18

3.3.6 Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program bantu yang direncanakan sebagai ruang 3 dimensi untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur rangka utama.

3.3.7 Kontrol Perencanaan Struktur Utama

3.3.7.1. Kontrol Desain

a. Kontrol Partisipasi Massa

Analisis harus dilakukan untuk menentukan modes alami dari getaran untuk struktur yang dianalisis. Analisis harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya 90% (SNI 1726:2012 pasal 7.9.1).

b. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

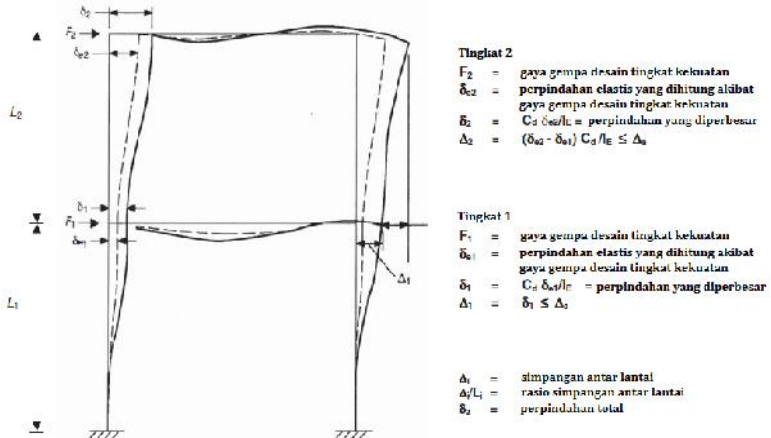
Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0.85V/V_t$ (SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1).

c. Kontrol Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat rencana harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Besarnya defleksi pada tingkat x , δ_x , dapat dihitung dengan Persamaan (3-23) (SNI 1726:2012

pasal 7.8.6). Sementara untuk perhitungan simpangan antar lantai ditunjukkan pada Gambar 3.6. Nilai simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin, h_{sx} , pada Tabel 3.11.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.18)$$



Gambar 3.6 Penentuan simpangan antar lantai

Tabel 3.11 Simpangan antar lantai ijin

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

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

3.3.7.2 Kontrol Perhitungan Elemen Struktur Primer

A. *Link*

Link adalah bagian dari balok yang direncanakan untuk mendisipasi energi pada saat terjadi gempa kuat. *Link* harus memenuhi perbandingan lebar terhadap tebal sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Tabel 15.7-1. Tegangan leleh bahan baja yang digunakan pada *link* tidak boleh melebihi 350 MPa. Pelat badan dari *link* harus berupa pelat tunggal tanpa pelat pengganda dan tanpa penetrasi. Kecuali diatur pada SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.2.6, kuat geser rencana *link*, ϕV_n , harus lebih besar daripada kuat geser perlu V_u , dengan:

V_n : Kuat geser nominal *Link*, diambil yang terkecil dari

V_p atau $2 M_p / e$

$V_p = 0,6 f_y (d - 2 \cdot t_f) t_w$

$\phi = 0,9$

e = Panjang *link*

Sudut Rotasi *link* adalah sudut inelastis antara *link* dan bagian balok di luar *link* pada saat simpangan antar lantai sama dengan simpangan antar lantai rencana, Δ . Sudut Rotasi *link* tidak boleh melebihi harga-harga berikut:

- 0,08 radian untuk $e \leq 1,6 M_p / V_p$
- 0,02 radian untuk $e \leq 2,6 M_p / V_p$
- Nilai Sudut Rotasi link ditentukan dengan interpolasi linier

untuk nilai e yang berada di antara keduanya.

Dalam Tugas akhir ini, dilakukan studi perilaku antara 3 jenis *link*. Jenis *Link* Terdiri dari *Short Link*, *Intermediate Link*, dan *Long Link*. *Short link* juga disebut sebagai *shear link* dikarenakan gaya geser yang mendominasi pelelehan pada balok *link* dengan nilai $\rho \leq 1.6$. Pada *intermediate link*, pelelehan yang terjadi pada

balok *link* disebabkan dari kombinasi gaya geser dan lentur sehingga disebut juga sebagai *flexural-shear link* dengan nilai ρ adalah sebesar $1.6 < \rho \leq 2.6$. *Long link* juga disebut sebagai *flexural link* dikarenakan pelelehan yang terjadi pada balok *link* didominasi oleh lentur dengan nilai $\rho > 2.6$. Studi perilaku tugas akhir ini hanya membahas tentang perbandingan defleksi dan *drift* antar jenis *link*.

B. Batang bresing dan balok di luar *link*

Kuat kombinasi-aksial-dan-lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar $1,25 \cdot R_y \cdot V_n$, dengan V_n ditentukan sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.2. Kuat rencana batang bresing, seperti ditentukan pada Butir 11, harus lebih besar daripada kuat perlu yang disebutkan di atas.

Balok di luar *link* harus direncanakan memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Kuat perlu balok yang terletak di luar *link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *link* sebesar $R_y \cdot V_n$, dengan V_n ditentukan sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.2. Kuat rencana balok di luar *link* ini dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan Butir 8 dan mengalikannya dengan faktor R_y ;

2. Bila diperlukan, balok di luar *link* harus direncanakan menggunakan pengekang lateral untuk menjaga kestabilan balok. Pengekang lateral harus direncanakan pada kedua pelat sayap balok (atas dan bawah), dan masing-masing pengekang lateral harus mempunyai kuat perlu sebesar paling sedikit 2% dari kuat nominal pelat sayap balok sebesar $f_y \cdot b_f \cdot t_f$. Pada sambungan antara batang bresing dan balok diujung *link*, pertemuan as batang bresing dan as balok harus terletak di ujung *link* atau di dalam *link*. Kuat perlu sambungan batang bresing-ke-balok, pada ujung *link* dari batang bresing, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing seperti yang ditentukan pada SNI 03-1729-

2002 Butir 15.13.6.1. Tidak ada bagian dari sambungan ini yang boleh melampaui panjang *link*. Apabila batang bresing memikul sebagian momen ujung *link* maka sambungan harus direncanakan sebagai sambungan kaku.

C. Balok Induk

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.19)$$

Dimana :

M_n : Momen nominal balok

M_u : Momen ultimate yang terjadi

ϕ : Faktor reduksi = 0,9 (DFBK)

1. Kontrol Penampang

a) Untuk Sayap (flange) :

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

$$\lambda = \frac{b}{2tf} \leq \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.20)$$

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

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.21)$$

b) Untuk Badan (*web*):

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

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.22)$$

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

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.23)$$

Dimana :

- bf : Lebar sayap
- tf : Tebal sayap
- h : Tinggi profil
- tw : Tebal pelat badan
- fy : Kuat leleh profil baja
- fr : Tegangan tekan residual pada plat sayap

2. Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Lokal

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

a) Penampang kompak

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3. 24)$$

b) Penampang non kompak

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y \cdot S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad (3. 25)$$

c) Penampang langsing

$$M_n = \frac{0,9E k_c - S_x}{\lambda^2} \quad (3. 26)$$

3. Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Lateral

Tahanan komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang yang berdekatan, L. Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh

teknik lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

a) Bentang pendek: $L_b \leq L_p$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.27)$$

b) Bentang menengah: $L_p < L_b < L_r$

$$M_n = C_b \cdot \left[M_p - 0,7 F_y S_x \cdot \left(\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.28)$$

c) Bentang panjang : $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.29)$$

4. Kekuatan Lentur Balok Komposit Dengan Penghubung Geser

Kekuatan lentur balok komposit dengan penghubung geser (shear connector) dibagi menjadi 2, yaitu:

a) Kuat Lentur Positif

Sesuai SNI 1729-2015 pasal I2-a, kekuatan lentur positif desain, ϕM_n dan kekuatan lentur positif diizinkan M_n / Ω , harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$\phi b = 0,9$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.30)$$

M_n harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit untuk keadaan batas leleh (Momen Plastis).

$$\text{Untuk } \frac{h}{t_w} \geq 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.31)$$

M_n harus ditentukan dari superposisi tegangan elastis dengan memperhitungkan efek penopangan untuk keadaan batas leleh (momen leleh).

b) Kuat Lentur Negatif

Sesuai dengan SNI 1729-2015 pasal I2-b, Kekuatan lentur negative harus ditentukan untuk penampang baja sendiri menurut persyaratan Bab F, atau ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit untuk keadaan batas leleh (momen plastis) dimana $\phi_b = 0,9$.

5. Kekuatan Struktur Selama Pelaksanaan

Bila penopang sementara tidak dipergunakan selama pelaksanaan, penampang baja harus memiliki kekuatan yang cukup untuk mendukung semua beban yang digunakan sebelum beton mencapai 75% dari kekuatan yang disyaratkan f'_c .

6. Kuat Geser Rencana

Plat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser terfaktor

perlu (V_n) harus memenuhi:

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.32)$$

Keterangan :

ϕ : Faktor tahanan = 0,90

V_n : Tahanan geser nominal plat badan

Kekuatan geser nominal dari plat badan yang tak diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah:

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v \quad (3.33)$$

Dengan ketentuan nilai C_v diambil sebagai berikut :

$$a) \quad \text{Bila} \quad \frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Maka, $C_v = 1.0$

$$\begin{aligned}
 \text{b) Bila } & 1.10 \sqrt{k_v E / f_y} < h / t_w \leq 1.37 \sqrt{k_v E / f_y} \\
 C_v = & \frac{1.10 \sqrt{k_v E / f_y}}{h / t_w} \quad (3.34)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c) Bila } & h / t_w > 1.37 \sqrt{k_v E / f_y} \\
 C_v = & \frac{1.51 k_v E}{\left(\frac{h}{t_w} \right)^2 f_y} \quad (3.35)
 \end{aligned}$$

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

$$\frac{h}{t_w} < 260 \quad (3.36)$$

Maka nilai $k_v = 5.0$

Keterangan :

A_w : Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

h : Jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut

t_w : Ketebalan badan

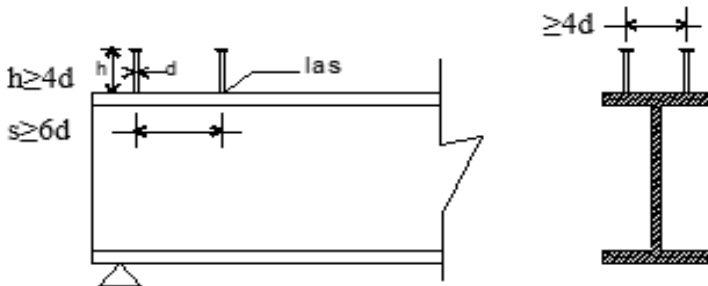
Sedangkan untuk balok komposit, yaitu balok yang terdiri dari profil baja dan beton digabung bersama untuk memikul beban lentur, memiliki prinsip dasar perhitungan antara lain :

- 1) Distribusi tegangan plastis pada daerah momen positif balok
 - Tegangan tekan pada beton = $0,85 f_c'$ → merata
 - Tegangan pada baja = f_y → tarik atau tekan : merata

- 2) Distribusi tegangan plastis pada daerah momen negatif balok
- Tegangan tarik pada beton = 0
 - Tegangan tarik pada tulangan = f_{yr}
 - Tegangan pada baja = f_y → tekan atau tarik: merata.
- 3) Distribusi tegangan elastis → distribusi linear
- Tegangan maximum tekan pada beton = $0,85 f_c'$
 - Tegangan maximum pada baja = f_y → tekan atau Tarik
7. Shear Connector
- a) Kekuatan *Shear-Connector* stud (paku)

$$Q_n = 0,5 A_{sc} (\sqrt{f_c'} \cdot E_c) r_s \leq A_{sc} \cdot f_u$$

(3. 37)



Gambar 3.7 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Stud

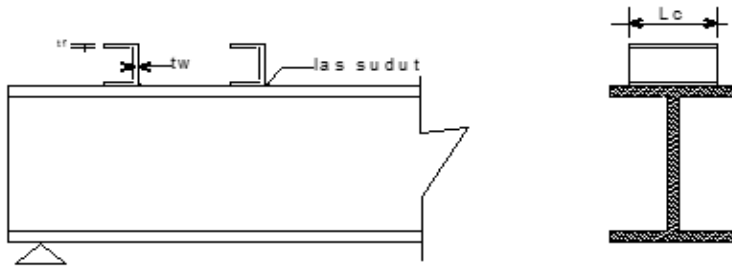
Dimana:

 $r_s = 1,00$ untuk pelat beton biasa $r_s \leq 1,00$ untuk dek baja gelombang A_{sc} = luas penampang Shear-Connector (

$$\frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

E_c = Modulus elastisitas beton

b) Kekuatan Shear-Connector baja kanal



Gambar 3.8 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Baja Kanal

c) Jumlah Shear-Connector yang dibutuhkan di sepanjang daerah tertentu

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \quad (3.39)$$

Dimana:

V_h = Gaya geser horizontal total pada bidang kontak antara balok baja dan pelat beton yang harus ditransfer Shear-Connector.

Gaya Geser Horizontal Total ($=V_h$) → Pada Bidang Kontak Baja dengan Beton

1) Pada daerah momen positif

Gaya geser horizontal total pada daerah $M = 0$ dan $M(+)$ maximum adalah nilai terkecil dari:

(a) $0,85 f_c' \cdot A_c$ → beton

(b) $A_s \cdot f_y$ → profil baja

(c) ΣQ_n → shear connector

2) Pada daerah momen negatif

Gaya geser horizontal total pada daerah $M = 0$ dan $M(-)$ maximum adalah nilai terkecil dari:

(a) $A_r \cdot f_{yr}$

(b) ΣQ_n

Dimana:

A_r : tulangan tarik pada pelat beton

f_{yr} : tegangan leleh tulangan.

Pada balok komposit penuh, gaya geser horizontal total V_h ditentukan oleh kapasitas tekan beton atau kapasitas tarik profil baja/tulangan baja. Pada balok komposit parsial, gaya geser horizontal V_h ditentukan oleh kapasitas penghubung geser (nilai ΣQ_n).

D. Kolom

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

1. Kriteria Untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan

a) Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.40)$$

b) Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \times \sqrt{\frac{f_y}{3e}} \quad (3.41)$$

2. Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit CFT

Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sesuai dengan jenis profilnya yaitu:

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.42)$$

$$\lambda p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.43)$$

$$\lambda r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.44)$$

$$\lambda r = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.45)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi

a) Untuk Penampang Kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.46)$$

Dengan

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.47)$$

b) Untuk Penampang Non Kompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda r - \lambda p)^2} (\lambda - \lambda p)^2 \quad (3.48)$$

Dengan

$$P_y = f_y A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.49)$$

c) Untuk Penampang Langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.50)$$

Penampang Terisi Beton

$$f_{cr} = \frac{9 E_s}{(\frac{b}{t})^2} \quad (3.51)$$

3. Amplifikasi Momen

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

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i \quad (3.52)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.53)$$

Keterangan :

- B_1 = Pengali untuk menghilangkan efek P- δ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.
 B_2 = Pengali untuk menghilangkan efek P- δ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur
 M_{1t} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
 M_{2t} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
 M_r = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK
 P_{1t} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
 P_{2t} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK
 P_r = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

a) Pengali B_1 untuk efek P- δ

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.54)$$

Dengan,

$\alpha = 1$ (DFBK)

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

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.55)$$

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

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

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI}{(K1L)^2} \quad (3. 56)$$

Keterangan :

EI = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ($0,8\tau cEI$) bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan τc adalah seperti ditetapkan pada bab C SNI 03-1729-2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama

E = Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa

I = Momen inersia bidang lentur, mm⁴

L = Panjang komponen struktur, mm

K1 = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung- ujung komponen struktur.

b) Pengali B2 untuk efek P- δ

$$B2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}\right)} \quad (3. 57)$$

Dengan,

$\alpha = 1$ (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 story} = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk sidesway, atau dengan rumusan:

$$P_{e story} = Rm \frac{HL}{\Delta H} \quad (3. 58)$$

Dengan,

$$Rm = 1 - 0,15 \left(\frac{Pmf}{P_{story}} \right) \quad (3. 59)$$

Dimana:

- L = Tinggi tingkat, mm
 Pmf = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen
 ΔH = Simpangan tingkat dalam orde pertama
 H = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung ΔH , N

4. Momen Nominal

Balok yang menerima beban lentur Mu harus dikontrol agar tidak melebihi dari kekuatan nominal yang dimiliki balok itu sendiri.

$$Mu \leq \phi Mn \quad (3.60)$$

Dimana :

- Mn = Momen nominal balok
 Mu = Momen ultimate yang terjadi
 ϕ = faktor tahanan = 0,9

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

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.61)$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} \quad (3.62)$$

$$\lambda_r = 1,40 \times \sqrt{\frac{E}{fy}} \quad (3.63)$$

Untuk Komponen Struktur Berpenampang kotak/persegi

a) Untuk Penampang Kompak

$$Mn = Mp = fy \cdot Z \quad (3.64)$$

b) Untuk Penampang Nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left[3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4 \right] \leq M_1 \quad (3.65)$$

c) Untuk Penampang Langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.66)$$

Dimana,

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

$$b_e = 1,92 \cdot t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.67)$$

5. Kontrol Kombinasi Aksial dan Lentur

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

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

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.68)$$

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

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.69)$$

Dimana :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

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

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

3.3.8 Perencanaan Sambungan

3.3.8.2 Sambungan Baut

Perencanaan sambungan baut pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1729:2015 pasal J.3 secara lengkap.

- a. Kekuatan Tarik dan Geser dari Baut dan Bagian-Bagian Berulir

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.70)$$

$$R_n = F_n A_b \quad (3.71)$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)}$$

- b. Kombinasi Gaya Tarik dan Geser dalam Sambungan Tipe Tumpuan

$$R_n = F'_n t A_b \quad (3.72)$$

$$F'_n t = 1.3 F_n t - \frac{F_n t}{\phi F_n v} f_r v \leq F_n t \quad (3.73)$$

Dimana:

$F_n t$ = Tegangan tarik nominal dari Tabel J3.2

$F_n v$ = Tegangan geser dari tabel J3.2

$f_r v$ = Tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi DFBK

- c. Baut Kekuatan Tinggi dalam Sambungan Kritis Slip

$$R_n = \mu D_u h_f T_b n_s \quad (3.74)$$

1. Untuk lubang ukuran standar dan lubang slot pendek yang tegak lurus terhadap arah dari beban, $\phi = 10$

2. Untuk lubang ukuran berlebih dan lubang slot pendek yang paralel terhadap arah dari beban, $\phi = 0,85$
3. Untuk lubang slot panjang, $\phi = 0,70$

Dimana:

μ = Koefisien slip rata-rata untuk permukaan kelas A atau B yang sesuai atau seperti yang ditetapkan oleh pengujian $D_u = 1,13$; suatu pengali yang mencerminkan rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik baut minimum yang diisyaratkan. Penggunaan dari nilai-nilai lainnya dapat disetujui oleh insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.

T_b = Gaya tarik minimum sarana penyambung yang diberikan Tabel J3.1, kips atau J3.1M, kN.

h_f = faktor pengisi, ditentukan sebagai berikut:

- Bila tidak ada pengisi atau dimana baut telah ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi, $h_f = 1$
- Bila baut-baut tidak ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi:
- Untuk satu pengisi antara bagian-bagian tersambung, $h_f = 1$
- Untuk dua atau lebih pengisi antara bagian-bagian tersambung, $h_f = 0,85$

N_s = Jumlah bidang slip yang diperlukan untuk mengizinkan sambungan dengan slip.

- Untuk Pelelehan Geser dari Elemen

$$R_n = 0,60F_y A_{gv}; \phi = 1 \quad (3.75)$$

A_{gv} adalah luas bruto yang menahan geser (mm^2)

- Untuk Keruntuhan Geser dari Elemen

$$R_n = 0,60F_u A_{nv}; \phi = 0,75 \quad (3.76)$$

A_{nv} adalah luas netto yang menahan geser (mm^2)

d. Kekuatan Geser Blok

Kekuatan yang tersedia untuk keadaan batas keruntuhan blok geser sepanjang alur kegagalan geser atau alur-alur dan alur kegagalan tarik tegak lurus harus diambil sebesar:

$$R_n = 0,60F_uA_{nv} + U_{bs}F_uA_{nt} \leq 0,60F_yA_{gv} + U_{bs}F_uA_{nt} \quad (3.77)$$

Dimana:

Bila tegangan tarik adalah merata, $U_{bs} = 1$; bila tegangan tarik tidak merata, $U_{bs} = 0,5$.

3.3.8.3 Sambungan Las

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

a. Untuk Logam dasar

$$R_n = F_{nBW}A_{BM} \quad (3.78)$$

b. Untuk Logam las

$$R_n = F_{nw}A_{we} \quad (3.79)$$

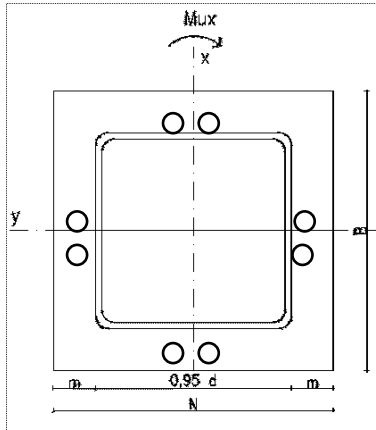
Dimana:

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

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

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

A_{we} = luas efektif las, in² (mm²)

3.3.8.4 *Base Plate*

Gambar 3.9 Base Plate

$$e = \frac{Mux}{Pu} \quad (3.80)$$

Tekanan beton maksimal

$$f'cu = 0,85 \cdot fc' \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (3.81)$$

Menentukan garis netral

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu(2h-H) + 2Mu}{\phi c \cdot fc' \cdot u \cdot B}} \quad (3.82)$$

Menentukan gaya tarik baut angkur

$$Tu = Pu - Cu \quad (3.83)$$

$$Cu = \phi c \cdot fc' \cdot u \cdot B \cdot a \quad (3.84)$$

Menentukan tebal *base plate*

$$t \geq 2,108 \sqrt{\frac{Tu(h' - we)}{fy \cdot B}} \quad (3.85)$$

3.3.9 Perencanaan Struktur Bawah

Pondasi umumnya berlaku sebagai elemen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi dipergunakan pondasi tiang pancang dengan data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil SPT (Standart Penetration Test). Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung izin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- a. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
- b. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

3.3.9.1 Perencanaan Tiang Pancang

Perencanaan struktur tiang pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan berdasarkan hasil dari SPT. Secara umum daya dukung tiang yang berdiri sendiri dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_s + Q_p \quad (3.86)$$

Dimana:

Q_{ult} = *Ultimate pile capacity*

Q_p = *End- bearing capacity*

Q_s = *Side friction capacity*

Pondasi tiang yang berdiri sendiri akan memikul sepenuhnya beban- beban yang bekerja padanya. Sedangkan untuk pondasi kelompok tiang tidak demikian halnya. Sehubungan dengan bidang keruntuhan di daerah ujung dari masing- masing tiang yang tergabung dalam kelompok tiang saling overlap, maka efisiensi dari daya dukung satu tiang akan menurun di dalam kelompok tiang.

Perumusan efisiensi kelompok yang dipakai dengan menggunakan persamaan *Convera-Labare*:

$$E_f = 1 - \left[\frac{\arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right\} \right] \quad (3.87)$$

Dimana:

m = Jumlah tiang dalam baris

n = Jumlah tiang dalam kolom

- s = jarak antara pusat ke pusat tiang
 D = Diameter tiang pancang

Perkiraan jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (3.88)$$

Syarat: $P_{max} < P_{ijin}$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > P_{ijin} \quad (3.89)$$

Dimana:

- n = Jumlah tiang pancang
 Mx = Momen yang bekerja pada arah X
 My = Momen yang bekerja pada arah Y
 Xmax = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X
 Ymax = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu y
 Σx^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu X
 Σy^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu y
 Untuk perhitungan jarak tiang ditentukan dengan persyaratan:

- a. Untuk jarak as ke as tiang pancang

$$2D < S < 3D \quad (3.90)$$
- b. Untuk jarak as tiang pancang ke tepi poer

$$1,5D < S_1 < 2D \quad (3.91)$$

3.3.9.2 Perencanaan Poer

- a. Kontrol tebal minimum poer

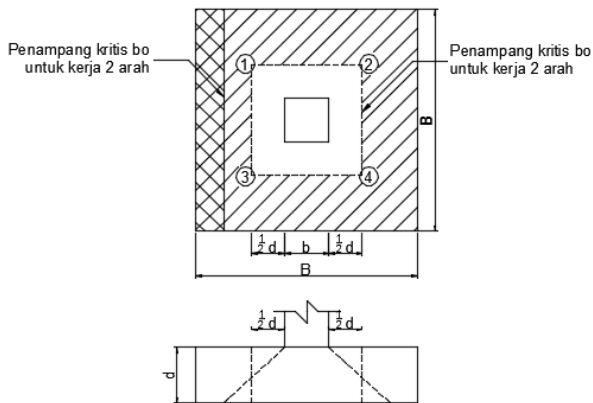
Menurut SNI 03:2847:2013 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

- b. Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 3.10 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.

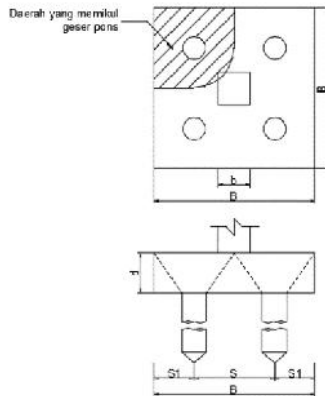


Gambar 3.10 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.92)$$

- c. Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.3 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibataksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 3.11 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang

3.3.9.3 Perencanaan penulangan lentur

Perencanaan tulangan lentur berdasarkan momen ultimate yang terjadi akibat tiang pancang terhadap muka kolom dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \quad (3.93)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot s \quad (3.94)$$

3.3.10 Penggambaran Output Desain dan Detailingnya

Hasil analisa struktur divisualisasikan dalam gambar teknik. Penggambaran hasil perencanaan akan menggunakan program bantu. Perlu digambarkan juga mengenai detailing pada struktur salah satunya yaitu pada gambar sambungan kolom ke balok.

3.4 Penjadwalan Pengerjaan Tugas Akhir

Pengerjaan tugas akhir ini akan dilakukan sesuai penjadwalan yang tertera didalam Tabel 3.12

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

Preliminary merupakan suatu proses awal untuk menentukan dimensi tiap elemen struktur sebelum akan dikontrol apakah dimensi tersebut memenuhi syarat-syarat perencanaan atau tidak.

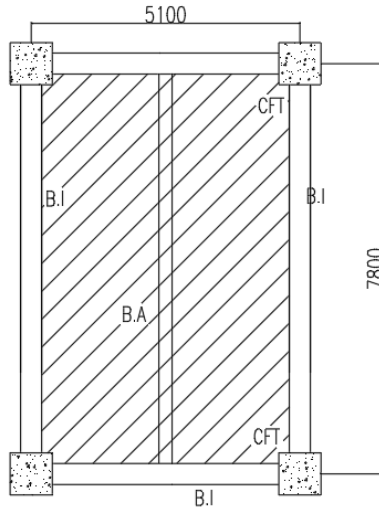
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

Struktur sekunder yang akan direncanakan yaitu: pelat atap dan pelat lantai, tangga, balok penggantung lift, serta balok anak.

4.2.1 Perencanaan pelat atap gedung

Pelat atap gedung direncanakan menggunakan bondek, dengan bantuan brosur perencanaan praktis dari P.T. SUPER FLOOR DECK® akan didapatkan tebal pelat beton yang diperlukan serta banyaknya penulangan negatif pada pelat beton untuk menahan momen negatif. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah ditentukan
- Beban berguna yaitu jumlah beban hidup dan beban finishing lainnya
- Beton menggunakan mutu beton $f'c=35$ Mpa
- Bondek menggunakan tebal 0,75 mm
- Mutu baja tulangan u-48 ($f_y=4800$ kg/cm²)
- Bondek menggunakan satu baris penyangga



Gambar 4.1 Ilustrasi gambar pelat atap

Pelat atap akan menerima beban mati dan beban hidup serta finishing, peraturan yang mengatur tentang pembebanan pada pelat adalah PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013. Berikut merupakan uraian tentang analisa beban yang diterima oleh pelat atap:

Beban Mati (PPIUG 1983):

- Berat aspal (2cm) : $2 \times 14 = 28 \text{ kg/cm}^2$
- Berat plafond dan penggantung : $11 + 7 = 18 \text{ kg/cm}^2$
- Berat spesi (1cm) : $1 \times 21 = 21 \text{ kg/cm}^2$
- Berat ducting dan plumbing : $25 = 25 \text{ kg/cm}^2$

$$\mathbf{QD} = 92 \text{ kg/cm}^2$$

Beban Hidp (SNI 1727:2013):

- Lantai atap $\mathbf{QL} = 97,9 \text{ kg/cm}^2$

Beban berguna:

$$Qu = QD + QL = 92 + 97,9 = 189,9 \text{ kg/cm}^2 = 200 \text{ kg/cm}^2$$

Data-data perencanaan pelat bondex:

- Bentang : $5,1/2 = 2,55$ meter = 2,75 meter (dikarenakan pada brosur hanya tersedia 2,75 m)

- Beban berguna = 200 kg/cm^2

“Bentang menerus dengan tulangan negatif” didapatkan tebal pelat beton 9 cm dan kebutuhan tulangan negatif dengan luas $2,09 \text{ cm}^2/\text{m}$ menggunakan satu baris penyangga.

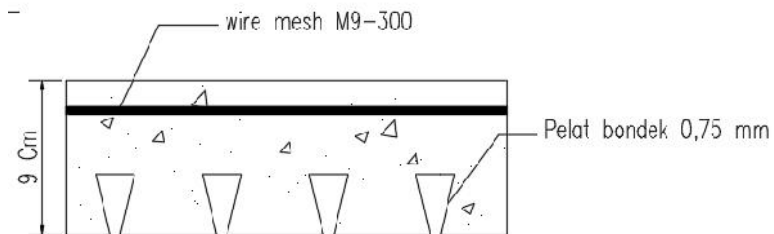
Tulangan negatif direncanakan menggunakan *wire mesh*, perencanaan menggunakan tabel brosur dari P.T Union Metal. Untuk mengetahui ukuran diameter tulangan dan spasi antar tulangan perlu dikonversi dari luas tulangan biasa ke luas tulangan JKBL union, sehingga:

$$\text{Luas JKBL union} = \text{Luas tulangan biasa} \times \frac{\text{Tegangan leleh U-48}}{\text{Tegangan leleh U-50}}$$

$$\text{Luas JKBL union} = 2,09 \times \frac{4800}{5000}$$

$$= 2,0064 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Dari tabel diperoleh JKBL union diameter 9 mm – 300 mm luas $2,12 \text{ cm}^2/\text{m}$



Gambar 4.2 Ilustrasi hasil perencanaan bondek dan tebal pelat beton

Untuk perencanaan pelat dengan bentang lainnya akan disajikan pada Tabel 4.1, didapatkan tebal pelat paling tebal yaitu **11 cm** dengan bentang **3,35 meter (6,7 meter/2)** sehingga perencanaan dengan bentang yang lainnya akan disamakan tebal dan kebutuhan tulangan negatifnya sesuai tebal pelat yang paling tebal.

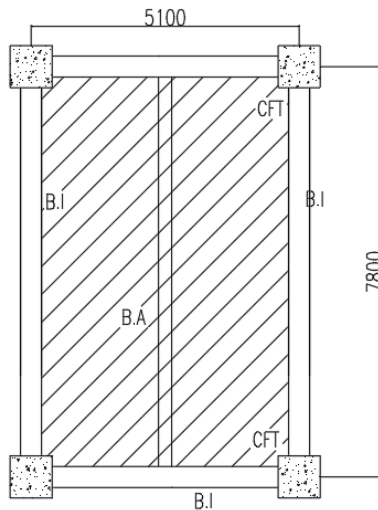
Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil perencanaan pelat atap

No	Bentang (m)		Tulangan yang digunakan	Tebal pelat beton (cm)
	Jarak Antar Balok	Panjang Balok		
1	3,35	7,80	M10-250	11
2	3,00	6,70	M10-250	11
3	2,55	7,80	M10-250	11
4	2,55	6,00	M10-250	11

4.2.2 Perencanaan pelat lantai gedung

Pelat lantai gedung direncanakan menggunakan bondek, dengan bantuan brosur perencanaan praktis dari P.T. SUPER FLOOR DECK® akan didapatkan tebal pelat beton yang diperlukan serta banyaknya penulangan negatif pada pelat beton untuk menahan momen negatif. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah ditentukan
- Beban berguna yaitu jumlah beban hidup dan beban finishing lainnya
- Beton menggunakan mutu beton $f'_c=35$ Mpa
- Bondek menggunakan tebal 0,75 mm
- Mutu baja tulangan u-48 ($f_y=4800$ kg/cm²)
- Bondek menggunakan satu baris penyangga



Gambar 4.3 Ilustrasi gambar pelat lantai

Pelat lantai akan menerima beban mati dan beban hidup serta finishing, peraturan yang mengatur tentang pembebanan pada pelat adalah PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013. Berikut merupakan uraian tentang analisa beban yang diterima oleh pelat lantai:

Beban Mati (PPIUG 1983):

- Berat spesi (2cm) : 2 x 21 = 42 kg/cm²
 - Berat plafond dan penggantung : 11 + 7 = 18 kg/cm²
 - Berat spesi (1cm) : 1 x 24 = 24 kg/cm²
 - Berat ducting dan plumbing : 25 = 25 kg/cm²
- QD = 109 kg/cm²**

Beban Hidp (SNI 1727:2013):

- Lantai apartemen **QL = 200 kg/cm²**

Beban berguna:

$$Q_u = Q_D + Q_L = 109 + 200 = 309 \text{ kg/cm}^2 = 400 \text{ kg/cm}^2$$

Data-data perencanaan pelat bondex:

- Bentang : $5,1/2 = 2,55 \text{ meter} = 2,75 \text{ meter}$

- Beban berguna = 400 kg/cm²

“Bentang menerus dengan tulangan negatif” didapatkan tebal pelat beton **9 cm** dan kebutuhan tulangan negatif dengan luas **3,02 cm²/m** menggunakan satu baris penyangga.

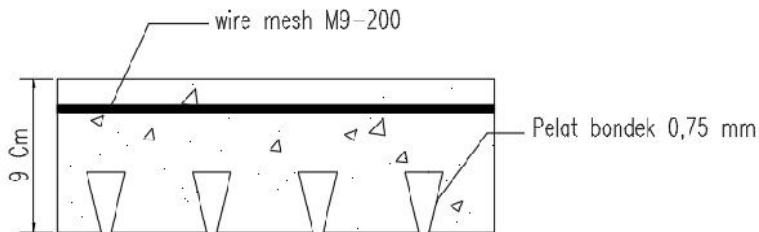
Tulangan negatif direncanakan menggunakan *wire mesh*, perencanaan menggunakan tabel brosur dari P.T Union Metal. Untuk mengetahui ukuran diameter tulangan dan spasi antar tulangan perlu dikonversi dari luas tulangan biasa ke luas tulangan JKBL union, sehingga:

$$\text{Luas JKBL union} = \text{Luas tulangan biasa} \times \frac{\text{Tegangan leleh } U-48}{\text{Tegangan leleh } U-50}$$

$$\text{Luas JKBL union} = 3,02 \times \frac{4800}{5000}$$

$$= \mathbf{2,8992 \text{ cm}^2/\text{m}}$$

Dari tabel diperoleh JKBL union diameter 9 mm – 200 mm luas **3,18 cm²/m**



Gambar 4.4 Ilustrasi hasil perencanaan bondek dan tebal pelat beton

Untuk perencanaan pelat dengan bentang lainnya akan disajikan pada Tabel 4.2, didapatkan tebal pelat paling tebal yaitu 11 cm dengan bentang 3,35 meter (6,7 meter/2) sehingga perencanaan dengan bentang yang lainnya akan disamakan tebal dan kebutuhan tulangan negatifnya sesuai tebal pelat yang paling tebal.

Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil perencanaan pelat atap

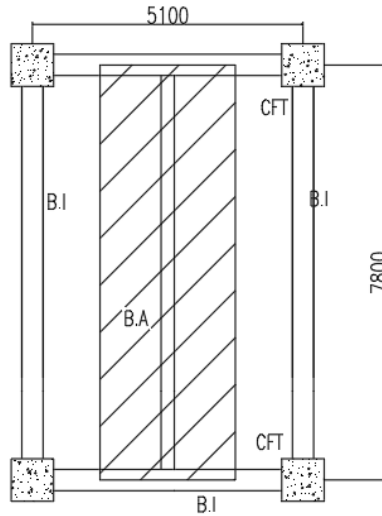
No	Bentang (m)		Tulangan yang digunakan	Tebal pelat beton (cm)
	Jarak Antar Balok	Panjang Balok		
1	3,35	7,80	M10-200	11
2	3,00	6,70	M10-200	11
3	2,55	7,80	M10-200	11
4	2,55	6,00	M10-200	11

4.2.3 Perencanaan Balok anak atap

Balok anak memiliki fungsi menyalurkan beban dan membagi beban yang diterima pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga tidak menerima beban lateral akibat gempa.

Balok anak direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11

$W = 49,6 \text{ kg/m}$	$I_x = 13600 \text{ cm}^4$
$A = 63,14 \text{ cm}^2$	$I_y = 984 \text{ cm}^4$
$d = 350 \text{ mm}$	$S_x = 775 \text{ cm}^3$
$r = 14 \text{ mm}$	$S_y = 112 \text{ cm}^3$
$h = 300 \text{ mm}$	$i_x = 14,7 \text{ cm}$
$bf = 175 \text{ mm}$	$i_y = 3,95 \text{ cm}$
$tw = 7 \text{ mm}$	$Z_x = 841 \text{ cm}^3$
$tf = 11 \text{ mm}$	$Z_y = 172 \text{ cm}^3$



Gambar 4.5 Balok anak lantai atap

- a. Pembebanan pada balok anak lantai atap
- Beban Mati

Berat pelat bondek	=	10,1 kg/m ²
Berat aspal (2 cm):2x14	=	28 kg/m ²
Berat beton (11 cm):0,11 x2400	=	264 kg/m ²
Berat Plafond+Penggantung	=	18 kg/m ²
Berat ducting+plumbing	=	25 kg/m ²
	=	345,1 kg/m ²
 - Berat perhitungan pelat lantai

345,1 kg/m ² x (5,1/2)	=	880,005 kg/m
Berat Profil	=	49,6 kg/m
Qd	=	929,065 kg/m
 - Beban hidup SNNI 1727:2013

Ql = (5,1/2) x 97,89	=	249,6195 kg/m
----------------------	---	---------------
 - Beban berfaktor

Qu = 1,2 Qd + 1,6 Ql	
Qu = 1,2 . 929,065 + 1,6 . 249,6195	= 1514,9172 kg/m

b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen lentur :

$$M_u = \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1514,9172 \times 7,8^2$$

$$M_u = 11520,95 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times Q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1514,9172 \times 7,8$$

$$V_u = 5908,177 \text{ kg}$$

c. Kontrol Penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,955$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,955 \leq 10,748 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 42,857$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 42,857 \leq 106,349 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 841 \cdot 2500 = 2102500 \text{ kgcm} = 21025 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

$$11520,945 \text{ kgm} \leq 0,9 \cdot 21025$$

$$11520,945 \text{ kgm} \leq 18922,5 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$\text{Jarak pengaku lateral (Lb)} = 150 \text{ cm}$$

$$L_p = 196,63 \text{ cm}$$

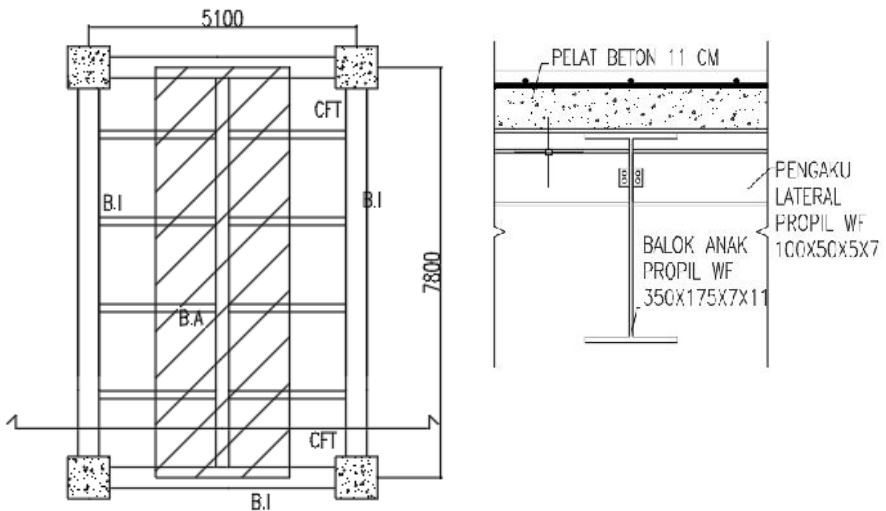
$$L_r = 570,60 \text{ cm}$$

$L_b < L_p < L_r$ (bentang pendek)

- Krarena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_{nx} = M_{px} &= Z_x \cdot F_y \\ &= 841.2500 \\ &= 2102500 \text{ kgcm} = 21025 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} = M_{py} &= Z_y \cdot F_y \\ &= 172.2500 \\ &= 430000 \text{ kgcm} = 4300 \text{ kgm} \end{aligned}$$



Gambar 4.6 Hasil Perencanaan Balok anak

- Persamaan Interaksi

$$\frac{11520.945}{18922,5} + \frac{0}{3870} = 0,609 \leq 1(OK)$$

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1,0$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = 42,857$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 63,36$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ (Plastis)}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 F_y A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot 24,5 \\ &= 36750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$5274,97 \leq 0,9 \cdot 36750$$

$$5274,97 \leq 33075 \text{ (OK)}$$

- e. Kontrol lendutan

$$L = 780 \text{ cm}$$

$$F_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{780}{360} = 2,1667 \text{ cm}$$

$$F' = \frac{5}{384} \times \frac{(Q_d + Q_l) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(9,3 + 2,5) \cdot 780^4}{2000000 \cdot 13600}$$

$$= 2,09 \text{ cm}$$

$$F' \leq F_{ijin}$$

$$2,09 \leq 2,167 \text{ (OK)}$$

Untuk perencanaan balok anak dengan bentang lainnya akan disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Rekapitulasi hasil perencanaan balok anak

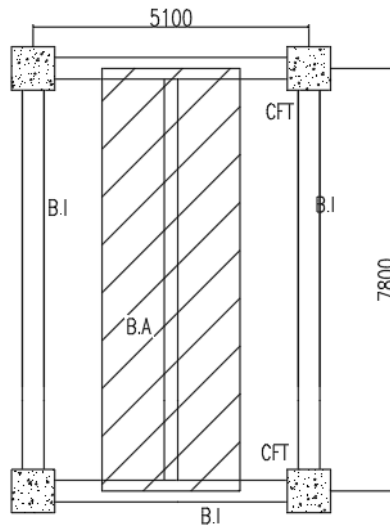
No	Bentang Panjang (m)	Jarak Antar balok (m)	Profil (WF)
1	7,8	5,1	350 x 175 x 7 x 11
2	6,7	6,0	350 x 175 x 7 x 11
3	6,0	5,1	350 x 175 x 7 x 11

4.2.4 Perencanaan Balok anak lantai

Balok anak memiliki fungsi menyalurkan beban dan membagi beban yang diterima pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga tidak menerima beban lateral akibat gempa.

Balok anak direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 7 x 11

$W = 56,6 \text{ kg/m}$	$I_x = 20000 \text{ cm}^4$
$A = 72,16 \text{ cm}^2$	$I_y = 1450 \text{ cm}^4$
$d = 396 \text{ mm}$	$S_x = 1010 \text{ cm}^3$
$r = 16 \text{ mm}$	$S_y = 145 \text{ cm}^3$
$h = 342 \text{ mm}$	$i_x = 16,7 \text{ cm}$
$bf = 199 \text{ mm}$	$i_y = 4,48 \text{ cm}$
$tw = 7 \text{ mm}$	$Z_x = 1088 \text{ cm}^3$
$tf = 11 \text{ mm}$	$Z_y = 222 \text{ cm}^3$



Gambar 4.7 Balok anak lantai gedung

- a. Pembebanan pada balok anak lantai gedung
- **Beban Mati**

Berat pelat bondek	= 10,1 kg/m ²
Berat Spesi (2 cm):2x21	= 42 kg/m ²
Berat beton (9 cm):0,09 x2400	= 264 kg/m ²
Berat Plafond+Penggantung	= 18 kg/m ²
Berat ducting+plumbing	= 25 kg/m ²
Berat keramik	= 24 kg/m ²
	= 383,1 kg/m ²
 - **Berat perhitungan pelat lantai**

383,1 kg/m ² x (5,1/2)	= 976,905 kg/m
Berat Profil	= 56,6 kg/m
Qd	= 1033,505 kg/m
 - **Beban hidup SNI 1727:2013**

$$Ql = (5,1/2) \times 195,78 = 499,239 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor

$$Qu = 1,2 Qd + 1,6 Ql$$

$$Qu = 1,2 \cdot 1033,505 + 1,6 \cdot 499,239 = 2038,99 \text{ kg/m}$$

- b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen lentur :

$$Mu = \frac{1}{8} \times Qu \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2038,99 \times 7,8^2$$

$$Mu = 15506,51 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$Vu = \frac{1}{2} \times Qu \times L = \frac{1}{2} \times 2038,99 \times 7,8$$

$$Vu = 7952,055 \text{ kg}$$

- c. Kontrol Penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk local

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{199}{2 \times 11} = 9,045$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 10,748$$

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

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{342}{7} = 48,857$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 106,349$$

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

- Karena penampang kompak, maka $Mn = Mp$

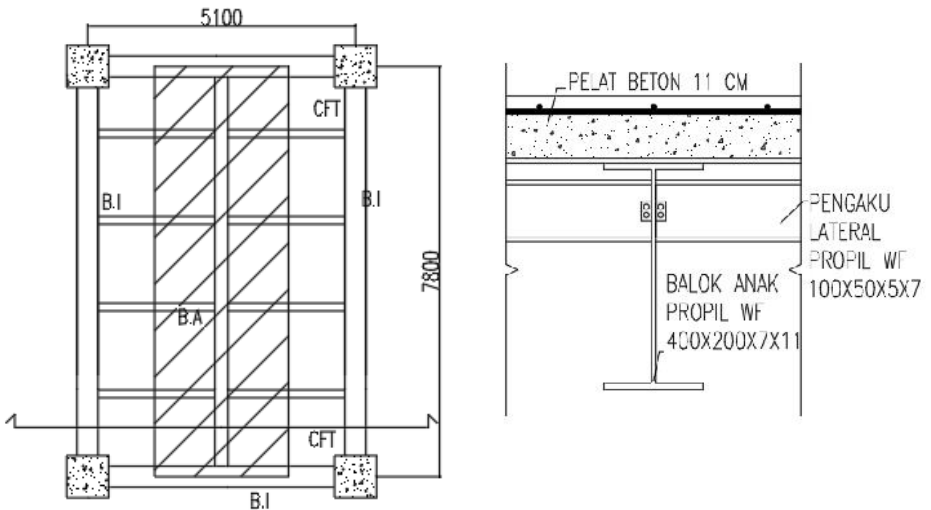
$$Mp = Zx \cdot Fy = 1088 \cdot 2500 = 2720000 \text{ kgcm} = 27200 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$Mu \leq \phi \cdot Mn$$

$$15506,51 \text{ kgm} \leq 0,9 \cdot 27200$$

- 15506.51 kgm \leq 24480 kgm (OK)
- Kontrol tekuk lateral
 Jarak pengaku lateral (L_b) = 150 cm
 $L_p = 223,016$ cm
 $L_r = 622,865$ cm
 $L_b < L_p < L_r$ (bentang pendek)
 - Krarena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
 $M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot F_y$
 $= 1088 \cdot 2500$
 $= 2720000$ kgcm = 27200 kgm
 $M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot F_y$
 $= 222 \cdot 2500$
 $= 555000$ kgcm = 5550 kgm



Gambar 4.8 Hasil Perencanaan balok anak pada lantai

- Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1,0$$

$$\frac{15506,51}{24480} + \frac{0}{4995} = 0,633 \leq 1(OK)$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = 48,857$$

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

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ (Plastis)}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 F_y A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot 27,72 \\ &= 41580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$7952,055 \leq 0,9 \cdot 41580$$

$$7952,055 \leq 37422 \text{ (OK)}$$

- e. Kontrol lendutan

$$L = 780 \text{ cm}$$

$$F_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{780}{360} = 2,1667 \text{ cm}$$

$$F' = \frac{5}{384} \times \frac{(Qd + Ql) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(10,3 + 4,9) \cdot 780^4}{2000000 \cdot 20000}$$

$$= 1,85 \text{ cm}$$

$$F' \leq F_{ijin}$$

$$1,85 \leq 2,1667 \text{ (OK)}$$

Untuk perencanaan balok anak dengan bentang lainnya akan disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Rekapitulasi hasil perencanaan balok anak

No	Bentang Panjang (m)	Jarak Antar balok (m)	Profil (WF)
1	7,8	5,1	400 x 200 x 7 x 11
2	6,7	6,0	400 x 200 x 7 x 11
3	6,0	5,1	400 x 200 x 7 x 11

4.2.5 Perencanaan Balok *Lift*

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

1

4.2.5.1 Spesifikasi *lift*

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

Tipe lift = General type duplex (standard)

Merek = Sigma

Kapasitas = 17 orang (1150 kg)

Lebar pintu = 1000 mm

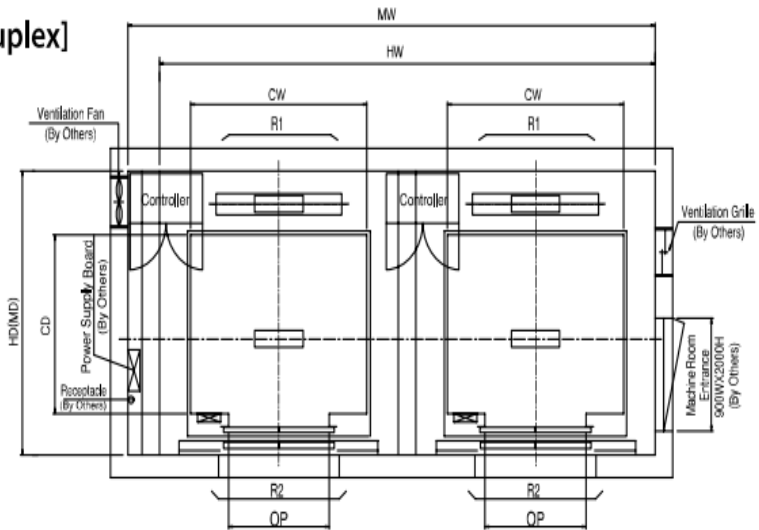
Car size = 1800x1500 mm²

Hostway size = 4850x2200 mm²

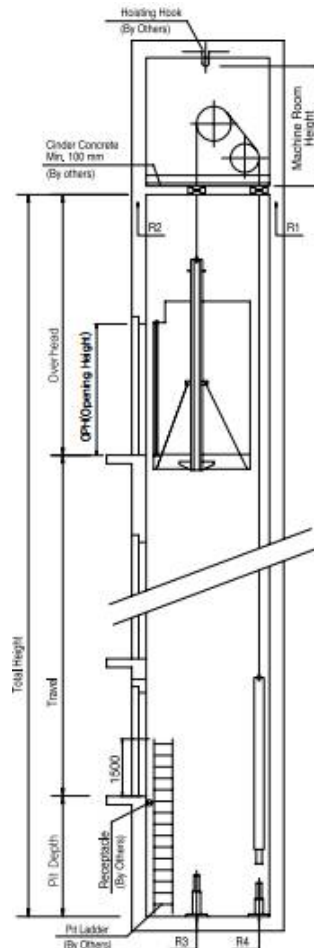
Beban reaksi ruang mesin =

R1 = 8000 kg

R2 = 5200 kg

[Duplex]

Gambar 4.9 Spesifikasi ukuran lift



Gambar 4.10 Potongan Lift

4.2.5.2 Perencanaan balok penggantung *lift*

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil WF 500x200x9x14, dengan data – data sebagai berikut:

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

a. Perhitungan pembebanan

- Beban merata

- Beban mati

Berat profil balok penggantung *lift* = $79,5 \text{ kg/m}$

Berat sambungan (10%) = $7,95 \text{ kg/m}$

Total (q_D) = $87,45 \text{ kg/m}$

- Beban berfaktor

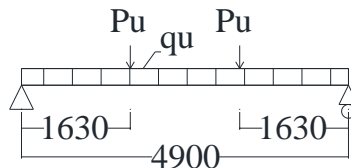
$q_U = 1,4q_D = 1,4 \times 87,45 = 122,43 \text{ kg/m}$

- Beban terpusat

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

$PU_1 = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 8000 (1 + 0,5) = 12000 \text{ kg}$

$PU_2 = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 5200 (1 + 0,5) = 7800 \text{ kg}$



Gambar 4.11 Pembebanan Balok Penggantung *Lift*

b. Gaya dalam pada balok penggantung

- Momen yang terjadi

$$Mu = \frac{1}{8} x q_U x L^2 + P x a =$$

$$Mu = \frac{1}{8} x 122,43 x 4,9^2 + 12000 x 1,63 = 19967,44 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$Vu = \frac{1}{2} x q_U x L + P =$$

$$Vu = \frac{1}{2} x 101,948 x 4,9 + 12000 = 12299,95 \text{ kg}$$

- c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{199}{28} = 7,107$$

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

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{9} = 47,5556$$

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

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

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

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1996744,30 \leq 0,9 \cdot 4590000$$

$$1996744,30 \text{ kgcm} \leq 4131000 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 490 \text{ cm}$$

$$L_p = 212,562 \text{ cm}$$

$$L_r = 611,376 \text{ cm}$$

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

$$M_{maks} = 19967,443 \text{ kgm}$$

$$M_A = 14975,582 \text{ kgm}$$

$$M_B = 19967,443 \text{ kgm}$$

$$M_C = 14975,582 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2.3$$

$$= \frac{12,5 \times 19967,443}{2,5 \times 19967,443 + 3 \times 14975,582 + 4 \times 19967,44 + 3 \times 14975,582}$$

$$= 1.13 \leq 2.3$$

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

$$= 1.13 \left[4590000 - (4590000 - 0,7 \times 2500 \times 1836) \left(\frac{490 - 212,562}{611,37 - 212,562} \right) \right] < 4590000$$

$$3925385,312 \text{ kgcm} < 4590000 \text{ kgcm (OK), maka}$$

$$M_n = 3925385,312 \text{ kg.cm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1996744,300 \leq 0.9 \times 3925385,312$$

$$1996744,300 \text{ kgcm} \leq 3532847 \text{ kgcm (OK)}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{9} = 47,556$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

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

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

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

$$= 57780 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 V_n$$

$$12299,95 \text{ kg} \leq 57780 \text{ kg (OK)}$$

- e. Kontrol lendutan

$$L = 490 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{800} = \frac{490}{800} = 0,6125 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[\frac{23 P L^3}{648 \cdot E \cdot I_x} \right] =$$

$$\begin{aligned}
 &= \left[\frac{5}{384} \times \frac{(0.8745) \cdot 490^4}{2000000 \cdot 41900} \right] + \left[\frac{23.1960000 \cdot 490^3}{648 \cdot 2000000 \cdot 41900} \right] \\
 &= 0,605 \text{ cm} \\
 f^0 &< f_{ijin} \rightarrow 0,605 \text{ cm} < 0,6125 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

4.2.6 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bertingkat sebagai elemen penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan yang ada di atasnya. Pada perencanaan Apartemen Amega Crown Residence, struktur tangga adalah tangga darurat menggunakan konstruksi dari baja dengan menggunakan bondek.

4.2.6.1 Tangga lantai apartemen

- Tinggi antar lantai (h) = 4000 mm
- Panjang bordes = 2175 mm
- Panjang tangga = 3900 mm
- Lebar tangga = 1350 mm
- Lebar injakan (i) = 300 mm
- Tinggi injakan (t) = 155 mm
- Perhitungan jumlah injakan tangga

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{h/2}{t} = \frac{4000/2}{155} = 12.9 \approx 13$$

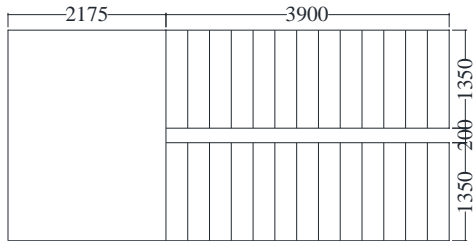
$$\text{Jumlah injakan} = \text{jumlah tanjakan} - 1 = 13 - 1 = 12$$

- $60 \text{ cm} \leq (2(15.5) + 30) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq 60.4 \leq 65 \text{ cm}$ (OK)
- $25^\circ < a < 40^\circ$

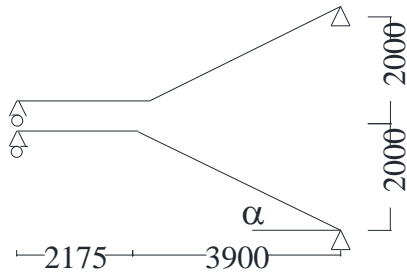
$$25^\circ < \arcsin \left(\frac{\frac{h}{2}}{\text{panjang tangga}} \right) < 40^\circ$$

$$25^\circ < \arcsin \left(\frac{\frac{4000}{2}}{3900} \right) < 40^\circ$$

$$25^{\circ} < 27.15^{\circ} < 40^{\circ} \text{ (OK)}$$



Gambar 4.12 Sketsa Denah Tangga



Gambar 4.13 Sketsa Potongan Tangga

4.2.6.2 Perencanaan pelat anak tangga

Berat jenis baja = 7850 kg/m^3

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

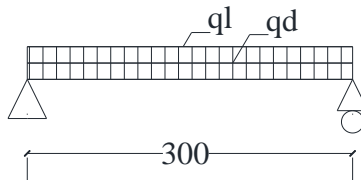


Gambar 4.14 Pelat Anak Tangga

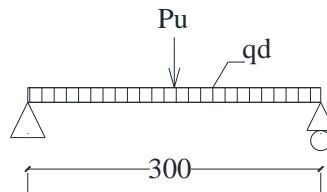
1. Perencanaan tebal pelat anak tangga

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

- **Beban mati =**
 Berat pelat = $0,004 \times 1,35 \times 7850 = 42,39 \text{ kg/m}^2$
 Sambungan = (10% Berat Pelat) = $4,239 \text{ kg/m}^2 +$
 Total (q_D) = $46,629 \text{ kg/m}^2$
- **Beban hidup**
 Tangga dan jalan keluar = $488,44 \text{ kg/m}^2$
 Beban hidup per meter = $488,44 \times 1,35 = 659,4 \text{ kg/m}$
 Beban hidup terpusat, $P = 1,33 \text{ kN} = 135,6 \text{ kg}$



Gambar 4.15 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4.16 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat

- **Perhitungan gaya dalam**

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 46,629 \times 0,3^2 = 0,524 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 659,4 \times 0,3^2 = 7,418 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,3 = 10,171 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan :

$$M_D = 0,524 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = 10,171 \text{ kg.m}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_{LP} = 1,2 \times 0,524 + 1,6 \times 10,171 = 16,904 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 135 \times 0,4^2 = 5,4 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z \times F_y = 5,4 \times 2500 = 13500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$16,904 \text{ kgm} \leq 0,9(135)$$

$$16,904 \text{ kgcm} \leq 121,5 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{30}{240} = 0,125 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 135 \times 0,4^3 = 0,72 \text{ cm}^4$$

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

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(0,504) \cdot 30^4}{2000000 \cdot 0,72} \right] + \left[\frac{1}{48} \times \frac{135,62 \cdot 30^3}{2000000 \cdot 0,72} \right] =$$

$$f^0 = 0,0034 + 0,053 = 0,056 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,0564 \text{ cm} < 0,125 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Perencanaan pengaku pelat anak tangga

Pengaku pelat anak tangga direncanakan dengan profil siku sama kaki L 50x50x7, dengan data sebagai berikut:

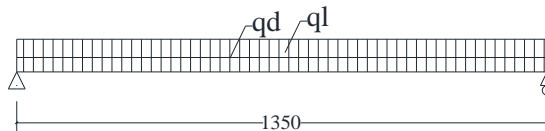
$$W = 5,15 \text{ kg/m} \quad r = 7 \text{ mm} \quad e = 1,49 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{lll}
 b = 50 \text{ mm} & A = 6,56 \text{ cm}^2 & f_y = 250 \text{ Mpa} \\
 d = 7 \text{ mm} & I_y = 14,6 \text{ cm}^4 & f_u = 410 \text{ Mpa} \\
 I_x = 14,6 \text{ cm}^4 & i_x = 1,49 \text{ cm} & E = 200000 \text{ Mpa} \\
 & i_y = 1,49 \text{ cm} &
 \end{array}$$

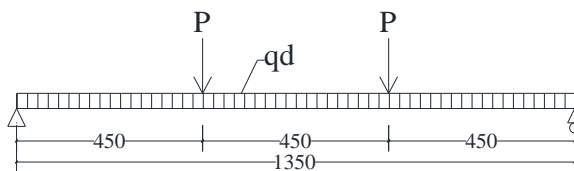
- Perhitungan pembebanan
- Beban mati (1/2 lebar injakan):

Berat pelat = $0,004 \times 0,15 \times 7850$	= 4,71 kg/m
Berat profil siku sendiri	= <u>5.15 kg/m</u> +
	= 9.86 kg/m
Berat sambungan (10%)	= 0.986 kg/m
Total	$q_D = 10.846 \text{ kg/m}$
- Beban hidup (1/2 lebar injakan):

Tangga dan jalan keluar ($488,444 \times 0.15$)	= 73.266 kg/m
Beban terpusat (SNI 1727:2013 4.5.4)	= 135,62 kg



Gambar 4.17 Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4.18 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam

$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 10,846 \times 1.35^2$	= 2,47 kgm
$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 73.266 \times 1.35^2$	= 16.691 kgm

$$M_{LP} = \frac{1}{3} \times P \times L = \frac{1}{3} \times 135.62 \times 1.35 = 61.03 \text{ kgm}$$

(Menentukan)

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 2.47 \times 1.35 = 7.32 \text{ kg}$$

$$V_L = P = 135.62 \text{ kg}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan

$$M_U = 1.2M_D + 1.6M_L = 1.2(2.47) + 1.6(61.03) = 100.611 \text{ kgm}$$

$$V_U = 1.2V_D + 1.6V_L = 1.2(7.32) + 1.6(135.62) = 225.777 \text{ kg}$$

- Kontrol kuat momen lentur

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{50}{7} = 7.142$$

$$\lambda_p = 0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15.273$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

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

$$Z_x = (50 - 14.9) \times 7 \times \frac{50 - 14.9}{2} + 14.9 \times 7 \times \frac{14.9}{2} + (50 - 7) \times 7 \times \left(14.9 - \frac{7}{2} \right)$$

$$Z_x = 8520.47 \text{ mm}^3 = 8.52047 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x F_y = 8.52047 \times 2500 = 21301.18 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 M_n$$

$$10061.15 \leq 0.9(21301.18)$$

$$10061.15 \text{ kgcm} \leq 19171.0575 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

Untuk profil siku tunggal, nilai $K_v = 1.2$ (SNI 1729:2015 Pasal G4)

$$b - d/d \leq 1.1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$50 - 7/7 \leq 1,1 \sqrt{1,2 \cdot 200000 / 250}$$

$$6.143 \leq 34.082$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 5 \times 0,7 \times 1 = 5250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 0,9 V_n$$

$$225,777 \leq 0,9(5250)$$

$$225,777 \text{ kg} \leq 4725 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 135 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{135}{240} = 0,5625 \text{ cm}$$

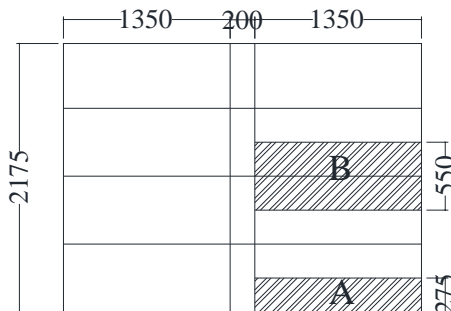
$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[\frac{23}{684} \times \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \right] =$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(0,108) \cdot 135^4}{2000000 \cdot 14,6} \right] + \left[\frac{23}{684} \times \frac{135,62 \cdot 135^3}{2000000 \cdot 14,6} \right] =$$

$$f^0 = 0,016 + 0,38425 = 0,4 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,4 < 0,5625 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

4.2.6.3 Perencanaan bordes

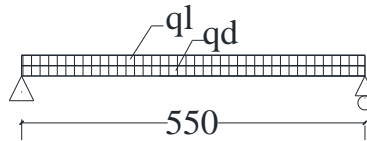


Gambar 4.19 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes

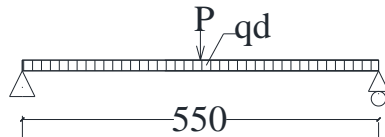
1. Perencanaan tebal pelat bordes

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

- Beban mati =
 Berat pelat = $0,006 \times 1,35 \times 7850 = 63,585 \text{ kg/m}^2$
 Sambungan = (10% Berat Pelat) = $6,358 \text{ kg/m}^2 +$
 Total (q_D) = $69,943 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup
 Tangga dan jalan keluar = $488,44 \text{ kg/m}^2$
 Beban hidup per meter = $488,44 \times 1,35 = 659,4 \text{ kg/m}$
 Beban hidup terpusat, $P = 1,33 \text{ kN} = 135,6 \text{ kg}$



Gambar 4.20 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4.21 Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 69,943 \times 0,55^2 = 2,644 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 659,4 \times 0,55^2 = 24,93 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,55 = 18,648 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan

$$M_D = 2,644 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = 24,93 \text{ kg.m}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_{LP} = 1,2 \times 2,644 + 1,6 \times 24,933 = 43,067 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 135 \times 0,6^2 = 12,15 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x F_y = 12,15 \times 2500 = 30375 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$43,067 \text{ kgm} \leq 0,9(303,75)$$

$$43,067 \text{ kgcm} \leq 273,375 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{55}{240} = 0,229 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 135 \times 0,6^3 = 2,43 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] = \left[\frac{5}{384} \times \frac{(7,293) \cdot 55^4}{2000000 \cdot 2,43} \right]$$

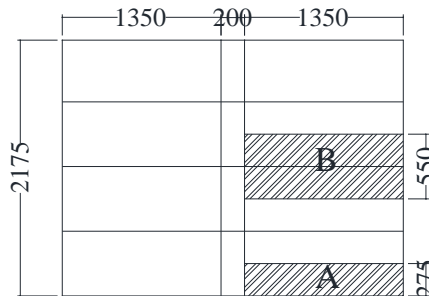
$$f^0 = 0,178 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,178 < 0,229 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Perencanaan balok bordes

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

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



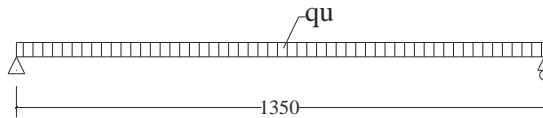
Gambar 4.22 Balok Bordes Tangga

- Perhitungan pembebanan
 - Beban Mati (A)

Berat pelat = 0.006×7850	$= 47,1 \text{ kg/m}^2$
Pelat x lebar pelat = $47.1 \times 0.55\text{m}$	$= 25,905 \text{ kg/m}$
Berat profil	$= 9,3 \text{ kg/m} +$
	$= 35,205 \text{ kg/m}$
Sambungan (10%)	$= 3,52 \text{ kg/m} +$
Total (q_{DA})	$= 38,7255 \text{ kg/m}$
 - Beban Mati (B)

Berat pelat = 0.006×7850	$= 47,1 \text{ kg/m}^2$
Pelat x lebar pelat = $47.1 \times 0.275\text{m}$	$= 12,9525 \text{ kg/m}$
Berat profil	$= 9,3 \text{ kg/m} +$
	$= 22,252 \text{ kg/m}$
Sambungan (10%)	$= 2,225 \text{ kg/m} +$

- Total (q_{DB}) $= 24,477 \text{ kg/m}$
- Beban hidup
Tangga dan jalan keluar ($488,4 \times 0,5$) = 268,644 kg/m
 - Beban Berfaktor
 $q_U = 1,2q_{DA} + 1,6q_L = 1,2 \times 38,7255 + 1,6 \times 268,644$
 $= 46,47 + 429,831 = 476,3 \text{ kg/m}$



Gambar 4.23 Pembebanan Pada Balok Bordes

- Gaya dalam pada balok anak lantai
- Momen yang terjadi
 $M_u = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 476,3 \times 1,35^2 = 108,507 \text{ kgm}$
- Gaya geser yang terjadi
 $V_u = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 476,3 \times 1,35 = 321,503 \text{ kg}$
- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Pelat sayap
 $\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,571$
 $\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$
 $\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)
- Pelat badan
 $\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{76}{5} = 15,2$
 $\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$
 $\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)
Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$
 $M_n = Z_x F_y = 42 \times 2500 = 105000 \text{ kgcm}$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 \times 105000$$

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

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 135 \text{ cm}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$= \frac{12,5 \times 108,507}{2,5 \times 108,507 + 3 \times 81,38 + 4 \times 108,507 + 3 \times 81,38}$$

$$= 1.14 \leq 2.3$$

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

$$= 1.14 \left[105000 - (105000 -$$

$$0,7 \times 2500 \times 37.5) \left(\frac{135 - 55.754}{286.927 - 55.754} \right) \right] < 105000$$

$$103979.85 < 105000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 \times 103979.85$$

$$10850,74 \leq 93581.864 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{76}{5} = 15.2$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

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

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 7,6 \times 0,5 \times 1$$

$$= 5700 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 \times 5700$$

$$321,503 \leq 5700 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 135 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{135}{240} = 0,375 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{3,0737 \times 135^4}{2000000 \times 187} = 0,0355 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,0355 \text{ cm} < 0,375 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

4.2.6.4 Perencanaan balok utama tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250x125x5x8 dengan data-data sebagai berikut:

$W = 25,7 \text{ kg/m}$	$r = 12 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 32,68 \text{ cm}^2$	$Z_x = 305 \text{ cm}^3$	$= 208 \text{ mm}$
$d = 248 \text{ mm}$	$Z_y = 63 \text{ cm}^3$	$S_x = 285 \text{ cm}^3$
$b_f = 124 \text{ mm}$	$i_x = 10,4 \text{ cm}$	$S_y = 41,1 \text{ cm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$	$i_y = 2,79 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 8 \text{ mm}$	$I_x = 3540 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 255 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

- Perhitungan pembebanan

- Bidang miring

- Beban mati

Berat pelat bondek

$$(0,004 \times 7850 \times 1,35 / 2)$$

$$= 21,195 \text{ kg/m}$$

Hand rail

$$= 20 \text{ kg/m}$$

Berat profil siku

$$\begin{aligned}
 (2 \times 5.15 / 0.3 \times 1.35 / 2) &= 23.175 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat profil balok utama} & \\
 (25.7 / \cos(27.15^\circ)) &= 28.88 \text{ kg/m} + \\
 &= 93.252 \text{ kg/m} \\
 \text{Sambungan (10\%)} &= 9.325 \text{ kg/m} + \\
 \text{Total (q}_{D1}\text{)} &= 102.577 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban hidup (q_{L1})
Tangga dan jalan keluar ($488,444 \times 1.35 / 2$) = 329.6997 kg/m

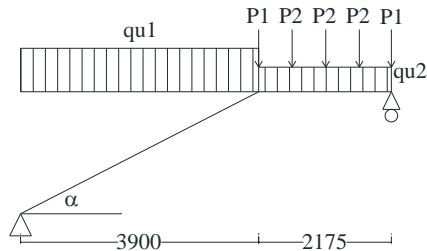
- Beban Berfaktor
 $q_{U1} = 1,2q_{D1} + 1,6q_{L1}$
 $= 123,093 + 527.5195$
 $= 650,613 \text{ kg/m}$

o Bidang horizontal

- Beban mati
Hand rail = 20 kg/m
 Berat profil balok utama (berat) = 25.7 kg/m +
 = 45.7 kg/m
 Sambungan (10%) = 4.57 kg/m +
 Total (q_{D2}) = 50.27 kg/m

- Beban hidup (q_{L2})
Tangga dan jalan keluar ($488,444 \times 1.35 / 2$) = 329.6997 kg/m

- Beban Berfaktor
 $q_{U2} = 1,2q_{D2} + 1,6q_{L2}$
 $= 60.324 + 527.5195$
 $= 587.8435 \text{ kg/m}$
 $P1 = 0.5 \times 1,2q_{DBX} \times 1.35$
 $= 0.5 \times 1,2 \times 24,477 \times 1.35 = 19,827 \text{ kg}$
 $P2 = 0.5 \times 1,2q_{DAX} \times 1.35$
 $= 0.5 \times 1,2 \times 38,725 \times 1.35 = 31,3677 \text{ kg}$



Gambar 4. 24 Pembebanan pada balok utama tangga

- Gaya dalam pada balok utama tangga

$$\Sigma Mb=0$$

$$Ra(6,075) - q_{u1}(3,9)((3,9/2)+2,175) - q_{u1}(2,175)((2,175/2) - P1(2,175) + P2(0,55+0,55+0,525) = 0$$

$$Ra = \frac{10466 + 1390,43 + 43,123 + 50,972 + 33,72 + 16,468}{6,075}$$

$$Ra = 1975,547 \text{ kg}$$

$$\Sigma Ma=0$$

$$Rb(6,075) - q_{u1}(3,9)((3,9/2)) - q_{u1}(2,175)((2,175/2)+3,9) - P1(3,9+6,075) + P2(4,45+5+5,55) = 0$$

$$Rb = \frac{4947,9 + 6376,8 + 77 + 139,6 + 156,8 + 174,1 + 120,4}{6,075}$$

$$Rb = 1974,158 \text{ kg}$$

$$\Sigma V = (Ra + Rb) - q_{u1} \times l_1 - q_{u2} \times l_2 - 2P1 - 3P2 = 0$$

$$\Sigma V = (1975,547 + 1974,158) - 650,613 \times 3,9 - 587,8435 \times 2,175 - 2 \times 19,827 - 3 \times 31,367 = 0$$

- Momen yang terjadi

$$\text{Letak } M_{\max} = Ra/q_{u1} = 1975,547 / 650,613 = 3,03 \text{ m}$$

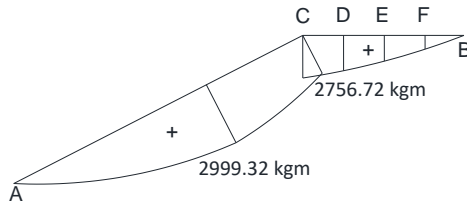
$$M_{\max} = Ra \cdot X - 0,5 \cdot q_{u1} \cdot X^2 = 1975,547 \times 3,03 - 0,5 \times 650,613 \times 3,03^2 = 2999,32 \text{ kgm}$$

$$Mc = Ra \cdot L - 0,5 \cdot q_{u1} \cdot L^2 = 1975,547 \times 3,9 - 0,5 \times 650,613 \times 3,9^2 = 2756,72 \text{ kgm}$$

$$M_D = R_b \cdot 1,625 - 0,5 \cdot q_{U2} \cdot 1,625^2 - P_1(1,625) - P_2(1,075+0,55) = 1974,158 \cdot 1,625 - 0,5 \cdot 587,8435 \cdot 1,625^2 - 19,827(1,625) - 31,367(1,075+0,55) = 2348,68 \text{ kgm}$$

$$M_E = R_b \cdot 1,075 - 0,5 \cdot q_{U2} \cdot 1,075^2 - P_1(1,075) - P_2(0,55) = 1974,158 \cdot 1,075 - 0,5 \cdot 587,8435 \cdot 1,075^2 - 19,827(1,075) - 31,367(0,55) = 1743,99 \text{ kgm}$$

$$M_F = R_b \cdot 0,525 - 0,5 \cdot q_{U2} \cdot 0,525^2 - P_1(0,525) = 1974,158 \cdot 0,525 - 0,5 \cdot 587,8435 \cdot 0,525^2 - 19,827(0,525) = 945,012 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 25 Bidang Momen Balok Tangga Utama

Momen max= 299932 kgcm

o Gaya geser yang terjadi

$$D_{A \text{ Ka}} = R_a \cdot \cos(27,15^\circ) = 1963,672 \cdot \cos(27,15^\circ) = 1757,88 \text{ kg}$$

$$D_{C \text{ Ki}} = D_{A \text{ Ka}} - q_{U1} \cdot \cos(27,15^\circ) \cdot 3,9 = 1757,88 - 650,613 \cdot \cos(27,15^\circ) \cdot 3,9 = -499,937 \text{ kg}$$

$$D_{C \text{ Ka}} = R_a - q_{U1} \cdot 3,9 - P_1 = 1963,672 - 650,613 \cdot 3,9 - 19,827 = -581,67 \text{ kg}$$

$$D_{D \text{ Ki}} = D_{C \text{ Ka}} - q_{U2} \cdot 0,55 = -581,67 - 587,8435 \cdot 0,55 = -904,98 \text{ kg}$$

$$D_{D \text{ Ka}} = D_{D \text{ Ki}} - P_2 = -904,98 - 31,367 = -936,35 \text{ kg}$$

$$D_{E \text{ Ki}} = D_{D \text{ Ka}} - q_{U2} \cdot 0,55 = 936,35 - 587,8435 \cdot 0,55 = -1259,664 \text{ kg}$$

$$D_{E \text{ Ka}} = D_{E \text{ Ki}} - P_2 = -1259,664 - 31,367 = -1291,032 \text{ kg}$$

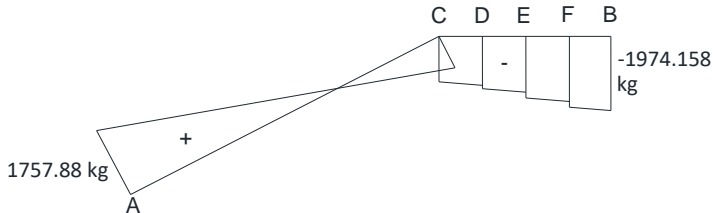
$$D_{F \text{ Ki}} = D_{E \text{ Ka}} - q_{U2} \cdot 0,55 = -1291,032 - 587,8435 \cdot 0,55 = -1614,346 \text{ kg}$$

$$D_{F \text{ Ka}} = D_{F \text{ Ki}} - P_2 = -1614,346 - 31,367 = -1645,713 \text{ kg}$$

$$D_{B \text{ Ki}} = D_{F \text{ Ka}} - q_{U2} \cdot 0,525 = -1645,713 - 587,8435 \cdot 0,525 =$$

$$-1954,332 \text{ kg}$$

$$D_{B Ka} = D_{B Ki} - P1 = -1954,332 - 19,827 = -1974,158 \text{ kg}$$



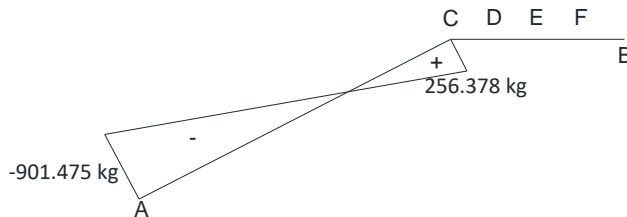
Gambar 4. 26 Bidang Geser Balok Tangga Utama

Geser max= 1974,158 kg

- Gaya Normal yang terjadi

$$N_A = R_A \cdot \sin(27,15^\circ) = -1963,672 \cdot \sin(27,15^\circ) = -901,475 \text{ kg}$$

$$N_C = N_A - q_{U1} \cdot \sin(27,15^\circ) \cdot 3,9 = -901,475 + 650,613 \cdot \sin(27,15^\circ) \cdot 3,9 = 256,378 \text{ kg}$$



Gambar 4. 27 Bidang Normal Balok Tangga Utama

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7.75$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 305 \times 2500 = 762500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$299932 \leq 0.9 \times 762500$$

$$299932 \leq 686250 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_p = \sqrt{30^2 + 15.5^2} = 33.767 \text{ cm}$$

$$L_r = 136.887 \text{ cm}$$

$$L_r = 404.55 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$ (Bentang pendek)

$$M_n = Z_x F_y = 305 \times 2500 = 762500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$299932 \leq 0.9 \times 762500$$

$$299932 \leq 686250 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.3567$$

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

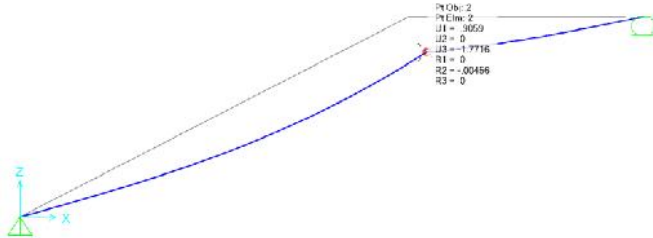
$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 20.8 \times 0.5 \times 1 = 15600 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$1974,158 \leq 15600 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan
 $L = 438.292 \text{ cm (Miring)} + 217.5 = 655.792 \text{ cm}$
 $f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{655.792}{360} = 1.821 \text{ cm}$
 $f^0 < f_{ijin} \rightarrow 1.77 \text{ cm} < 1.821 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$



Gambar 4. 28 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga

4.2.6.5 Perencanaan balok penumpu tangga

Balok penumpu tangga direncanakan menggunakan profil WF 250x125x5x8, dengan data – data sebagai berikut:

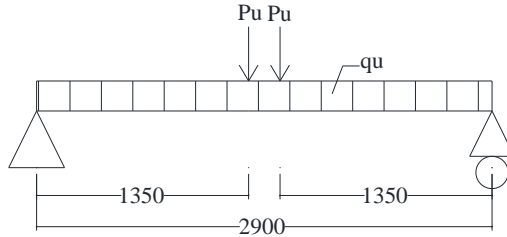
$W = 25.7 \text{ kg/m}$	$r = 12 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 32.68 \text{ cm}^2$	$Z_x = 305 \text{ cm}^3$	$= 208 \text{ mm}$
$d = 248 \text{ mm}$	$Z_y = 63 \text{ cm}^3$	$S_x = 285 \text{ cm}^3$
$b_f = 124 \text{ mm}$	$i_x = 10.4 \text{ cm}$	$S_y = 41.1 \text{ cm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$	$i_y = 2.79 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 8 \text{ mm}$	$I_x = 3540 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 255 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

- Perhitungan pembebanan
 - Beban Mati
 Berat profil balok utama (berat) $= \frac{25.7 \text{ kg/m} +}{25.7 \text{ kg/m}}$
 Sambungan (10%) $= \frac{2.57 \text{ kg/m} +}{2.57 \text{ kg/m}}$
 Total (q_D) $= \frac{28.27 \text{ kg/m}}{28.27 \text{ kg/m}}$
 - Beban Berfaktor
 $q_{U2} = 1,2q_{D2} + 1,6q_{L2}$

$$= 1,2 \times 28,27 + 1,6 \times 0$$

$$= 33,924 \text{ kg/m}$$

$P_u = 1974,158$ (Dari reaksi R_B balok utama)



Gambar 4. 29 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

- Gaya dalam pada balok penumpu

- Gaya geser yang terjadi

$$V_u = R_A = \frac{1}{2} x q_U x L + P_u = \frac{1}{2} x 33,924 x 2,9 + 1974,158$$

$$= 2023,348 \text{ kg}$$

- Momen yang terjadi

$$M_u = R_A x \frac{L}{2} - \frac{1}{8} x q_U x L^2 - P_u x L$$

$$= 2023,348 x \frac{2,9}{2} - \frac{1}{8} x 33,924 x 2,9^2 - 1974,158 x 0,1$$

$$= 2700,78 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

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

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 305 \times 2500 = 762500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$270078 \leq 0.9 \times 762500$$

$$270078 \leq 686250 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 135 \text{ cm}$$

$$L_p = 136.887 \text{ cm}$$

$$L_r = 404.55 \text{ cm}$$

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

$$M_n = Z_x F_y = 305 \times 2500 = 762500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$270078 \leq 0.9 \times 762500$$

$$270078 \leq 686250 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.3567$$

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

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 20.8 \times 0.5 \times 1$$

$$= 15600 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

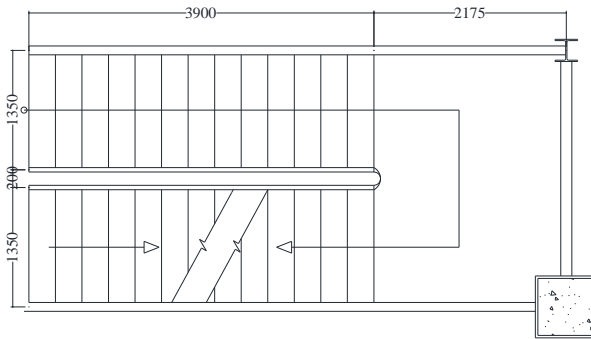
$$2023,348 \leq 15600 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

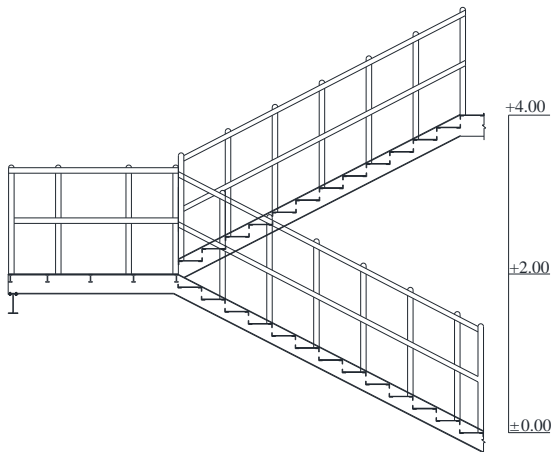
$$L = 290 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{290}{360} = 0.805 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L).L^4}{E.I_x} + \left[\frac{Pa}{24} \times \frac{(3L^2 - 4a^2)}{E.I_x} \right] \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{(28.27).290^4}{2000000 \times 3540} + \left[\frac{1974,158}{24} \times \frac{(3 \times 290^2 - 4 \times 135^2)}{2000000 \times 3540} \right] \\
 &= 0.3677 + 0.281 = 0.649 \text{ cm} \\
 f^0 &< f_{ijin} \rightarrow 0.649 \text{ cm} < 0.805 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.30 Denah Tangga



Gambar 4.31 Potongan Tangga

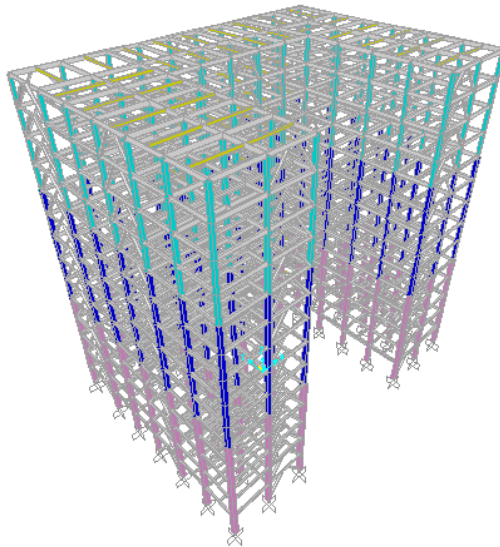
4.3 Pemodelan Struktur

4.3.1 Penjelasan umum

Pemodelan struktur atas pada tugas akhir ini menggunakan sistem eccentrically braced frames (EBF). Sistem struktur EBF ini berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat beban gempa. Struktur yang akan direncanakan merupakan bangunan apartemen 14 lantai dengan total tinggi struktur 56 meter. Denah rencana struktur dalam permodelan tugas akhir ini sebagai berikut:

Permodelan struktur apartemen dilakukan menggunakan program bantu SAP 14. Pada program SAP 14, struktur apartemen akan dimodelkan dengan kondisi sebenarnya, sehingga dapat dijadikan acuan dalam perencanaan agar memenuhi persyaratan yang berada di SNI-1729:2015 dan SNI-1726:2012.

Berikut adalah permodelan yang dilakukan dalam program SAP2000 14:



Gambar 4.32 Permodelan Struktur pada Aplikasi SAP 2000

4.3.2 Pembebanan struktur utama

Pembebanan struktur didasarkan pada acuan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Beban mati (*Dead Load*)

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 yaitu:

- Berat beton bertulang yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek $10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bresing dan sambungan memiliki berat jenis 7850 kg/m^3
- Berat dinding bata ringan sebesar 100 kg/m^2
- Berat spesi sebesar 22 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat *ducting* dan *plumbing* sebesar 10 kg/m^2
- Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/m^2
- Beban lift merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir.

Pembebanan beban mati pada struktur apartemen Amega Crown Residence adalah sebagai berikut:

a. Pelat Atap

Berat pelat bondek	= $10,1 \text{ kg/m}^2$
Berat beton $0,11 \times 2400$	= 264 kg/m^2
Berat spesi, $t= 2\text{cm}= 2 \times 21$	= 42 kg/m^2
Berat rangka dan plafond	= 18 kg/m^2
Berat <i>ducting</i> dan <i>plumbing</i>	= 10 kg/m^2
	= $344,1 \text{ kg/m}^2$

b. Pelat lantai gedung

Berat pelat bondek	= $10,1 \text{ kg/m}^2$
Berat beton $0,11 \times 2400$	= 264 kg/m^2
Beban Spesi, $t=2 \text{ cm}=2 \times 21$	= 42 kg/m^2
Beban keramik, $t= 1 \text{ cm}=1 \times 24$	= 24 kg/m^2
Beban rangka dan plafond= $(11+7)$	= 18 kg/m^2

$$\begin{aligned} \text{Berat ducting dan plumbing} &= 10 \text{ kg/m}^2 \\ &= 368,1 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan dinding pemisah ringan (dinding partisi) yang beratnya tidak melebihi 100 kg/m^2 . Beban hidup yang bekerja pada perkantoran dan *mall* ini menurut SNI adalah sebagai berikut:

- Lantai atap = $97,89 \text{ kg/m}^2$
- Lantai apartemen = $195,78 \text{ kg/m}^2$

3. Beban gempa (*Earthquake Load*)

Berdasarkan wilayah gempa, kota Surabaya termasuk wilayah zona gempa rendah. Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan diambil dari desai Spectra Indonesia yaitu pada website puskim.go.id.

4. Data Tabah

Salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan adalah mengetahui jenis tanah di lokasi dimana akan didirikan bangunan. Salah satu cara mengetahui jenis tanah lokasi adalah dengan test penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan N rata-rata untuk menentukan jenis tanah:

$$\begin{aligned} N \geq 50 &= \text{Tanah Keras} \\ 15 \geq N \geq 50 &= \text{Tanah Sedang} \\ N < 15 &= \text{Tanah Lunak} \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Nilai N-SPT pada setiap kedalaman tanah

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	Tebal/N
Lapisan 1	-2	0	4	0,0
Lapisan 2	-4	2	2	1,0
Lapisan 3	-6	2	4	0,5
Lapisan 4	-8	2	3,7	0,5
Lapisan 5	-10	2	1	2,0
Lapisan 6	-12	2	1,2	1,7
Lapisan 7	-14	2	4	0,5
Lapisan 8	-16	2	1,2	1,7
Lapisan 9	-18	2	2	1,0
Lapisan 10	-20	2	1	2,0
Lapisan 11	-22	2	1	2,0
Lapisan 12	-24	2	1	2,0
Lapisan 13	-26	2	1	2,0
Lapisan 14	-28	2	1	2,0
Lapisan 15	-30	2	8	0,3
Total	30			19,124

$$N_{rata-rata} = \frac{30}{19,124} = 1,569$$

Dari perhitungan nilai N rata-rata, diperoleh jenis tanah di daerah yang ditinjau adalah jenis tanah lunak (Kelas Situs E)

4.3.3 Pembebanan gempa dinamis

Perencanaan struktur Apartemen Amega Crown Residence ini terdiri dari 14 tingkat yang memiliki tinggian 56 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726:2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.3.3.1 Arah Pembebanan

Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah bebas, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat orthogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat yang ditinjau 100%, yang bekerja bersamaan dengan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus dengan peninjauan sebesar 30%.

4.3.3.2 Parameter respon spektrum rencana

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, ada beberapa metode perhitungan pengaruh gempa, satu di antaranya adalah *response spectrum*. Gempa merupakan getaran yang memiliki parameter-parameter sebuah getaran, seperti frekuensi, periode, spektrum dan parameter lainnya. Dalam hal ini informasi *response spectrum* merupakan fungsi spectra percepatan gempa (S) terhadap rentang waktu selama periode gempa berlangsung (T). Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 03-1726: 2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E).

Tabel 4.6 Nilai Parameter Respon Spektrum

PGA (g)	0.332
SS (g)	0.672
S1 (g)	0.254
CRS	0.991
CR1	0.928
FPGA	1.104
FA	1.356
FV	2.983
PSA (g)	0.367
SMS (g)	0.911
SM1 (g)	0.759

SDS (g)	0.607
SD1 (g)	0.506
T0 (detik)	0.166
TS (detik)	0.832



Gambar 4.33 Grafik Respon Spektrum

4.3.3.3 Faktor Reduksi gempa (R)

Pada tugas akhir ini, gedung perkantoran direncanakan menggunakan sistem rangka baja dengan pengaku eksentris. Berdasarkan tabel SNI 03-1726:2012 diperoleh nilai-nilai batasan yaitu:

Tabel 4.7 Faktor Reduksi Gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	R^a	Ω_0	C_d^b	B	C	D	E	F
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	$2^{1/2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB

4.3.3.4 Faktor keutamaan gempa (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keamanan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan apartemen. Pada tabel 1 SNI 03-1726:2012, bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I=1$.

4.3.4 Kombinasi Pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 1726:2012 sebagai berikut:

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L
- 1,2 D + 0,5 L ± Ex
- 1,2 D + 0,5 L ± Ey
- 0,9 D ± Ex
- 0,9 D ± Ey

Keterangan:

D: Beban mati

L: Beban hidup

E: Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Perencanaan struktur yang akan dianalisa pada bagian elemen struktur baja maupun komposit tidak diperkenankan mengalami plastis saat terjadi gempa kuat didasarkan pada nilai gaya maksimum yang terjadi pada elemen-elemen struktur tersebut setelah melalui analisis pembebanan gempa dengan koefisien beban gempa sebesar 1 dan beban hidup direduksi menjadi 0,5 kali berdasarkan syarat berat seismik efektif SNI 1726:2012

4.3.5 Berat Total Bangunan

Berat total bangunan menentukan seberapa besar beban gempa dinamis yang akan terjadi, berat total bangunan terdiri dari beban mati yaitu beban elemen struktur sekunder dan elemen-

elemen seperti balok, kolom dan bresing serta untuk beban hidup dari beban hunian atau penggunaan bangunan.

Pada perencanaan tugas akhir ini akan dilakukan perbandingan berat struktur dari program bantu yaitu SAP 2000 dengan perhitungan secara manual, hasil perbandingan yang didapatkan tidak boleh lebih dari 5%.

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup (1D+1L) dari permodelan SAP 2000 dan secara manual adalah pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Berat Struktur

SD (kN)	D (kN)	L (kN)	Total (kN)	SAP 2000	%
68659.53	98603.43	35378.25	202641.20	200580.9	1.017

4.3.6 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol waktu getar alami fundamental
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

4.3.6.1 Kontrol Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi

minimal 90% dari massa actual dari masing-masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau (SNI 1726:2012 pasal 7.6.1).

Pada perhitungan ini digunakan bantuan program SAP2000 untuk mendapatkan hasil partisipasi massa seperti pada tabel.

Tabel 4.9 Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.954665	4.865E-07	0.75961	1.284E-07	4.865E-07	0.75961
MODAL	Mode	2	1.883908	0.74017	6.483E-07	2.256E-12	0.74017	0.75961
MODAL	Mode	3	1.527314	0.01635	4.285E-07	2.071E-10	0.75652	0.75961
MODAL	Mode	4	0.645347	1.405E-07	0.11423	0.00000581	0.75652	0.87384
MODAL	Mode	5	0.621081	0.11746	1.775E-07	2.262E-11	0.87398	0.87384
MODAL	Mode	6	0.510573	0.00148	2.226E-07	2.747E-09	0.87546	0.87384
MODAL	Mode	7	0.359039	1.162E-08	0.0412	2.797E-07	0.87546	0.91504
MODAL	Mode	8	0.344662	0.03992	1.281E-08	2.325E-11	0.91538	0.91504
MODAL	Mode	9	0.293147	0.00007463	5.525E-08	1.896E-09	0.91546	0.91504
MODAL	Mode	10	0.286165	0.00166	1.137E-09	2.259E-10	0.91712	0.91504
MODAL	Mode	11	0.284452	0.00019	2.037E-11	6.433E-10	0.91731	0.91504
MODAL	Mode	12	0.284143	0.00007901	9.972E-13	9.128E-10	0.91739	0.91504
MODAL	Mode	13	0.284088	1.951E-09	1.055E-10	3.256E-09	0.91739	0.91504
MODAL	Mode	14	0.283915	0.00007822	1.674E-12	4.596E-11	0.91747	0.91504
MODAL	Mode	15	0.283817	2.525E-13	1.695E-11	9.004E-09	0.91747	0.91504
MODAL	Mode	16	0.283797	0.00001886	4.93E-13	3.88E-12	0.91748	0.91504
MODAL	Mode	17	0.283772	0.00002723	8.621E-13	1.015E-12	0.91751	0.91504
MODAL	Mode	18	0.283733	2.841E-14	2.963E-12	3.483E-08	0.91751	0.91504
MODAL	Mode	19	0.283663	1.115E-13	1.568E-11	4.592E-08	0.91751	0.91504
MODAL	Mode	20	0.283637	0.00008261	6.852E-13	1.093E-13	0.91759	0.91504

Dari tabel diatas didapatkan partisipasi massa untuk arah X sebesar 91,54% pada modal ke 8 dan partisipasi massa untuk arah Y sebesar 91,504% pada modal ke 7. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

4.3.6.2 Kontrol waktu getar alami fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang telalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari:

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

(Nilai C_t dan h_n^x diambil dari tabel 15 SNI 1726:2012)

$$C_t = 0,0731$$

$$X = 0,75$$

$$H_n = 56 \text{ m}$$

Maka:

$$T_a = 0,0731 \cdot 56^{0,75} = 1,496 \text{ detik}$$

Dengan nilai $S_{D1} = 0,506$, maka $C_u = 1,4$, sehingga periode struktur yang diijinkan adalah

$$T = T_a \cdot C_u = 1,496 \cdot 1,4 = 2,095$$

Tabel 4.10 Periode Getar Alami Fundamental

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.954663	4.865E-07	0.75961	1.284E-07	4.865E-07	0.75961
MODAL	Mode	2	1.883908	0.74017	6.483E-07	2.256E-12	0.74017	0.75961
MODAL	Mode	3	1.527314	0.01635	4.285E-07	2.071E-10	0.75652	0.75961
MODAL	Mode	4	0.645347	1.405E-07	0.11423	0.000000581	0.75652	0.87384
MODAL	Mode	5	0.621081	0.11746	1.775E-07	2.262E-11	0.87398	0.87384
MODAL	Mode	6	0.510573	0.00148	2.226E-07	2.747E-09	0.87546	0.87384
MODAL	Mode	7	0.359039	1.162E-08	0.0412	2.797E-07	0.87546	0.91504
MODAL	Mode	8	0.344662	0.03992	1.281E-08	2.325E-11	0.91538	0.91504
MODAL	Mode	9	0.293147	0.00007463	5.525E-08	1.896E-09	0.91546	0.91504
MODAL	Mode	10	0.286165	0.00166	1.137E-09	2.259E-10	0.91712	0.91504
MODAL	Mode	11	0.284452	0.00019	2.037E-11	6.433E-10	0.91731	0.91504
MODAL	Mode	12	0.284143	0.00007901	9.972E-13	9.128E-10	0.91739	0.91504
MODAL	Mode	13	0.284088	1.951E-09	1.055E-10	3.256E-09	0.91739	0.91504
MODAL	Mode	14	0.283915	0.00007822	1.674E-12	4.596E-11	0.91747	0.91504
MODAL	Mode	15	0.283817	2.525E-13	1.695E-11	9.004E-09	0.91747	0.91504
MODAL	Mode	16	0.283797	0.00001886	4.93E-13	3.88E-12	0.91748	0.91504
MODAL	Mode	17	0.283772	0.00002723	8.621E-13	1.015E-12	0.91751	0.91504
MODAL	Mode	18	0.283733	2.841E-14	2.963E-12	3.483E-08	0.91751	0.91504
MODAL	Mode	19	0.283663	1.115E-13	1.568E-11	4.592E-08	0.91751	0.91504
MODAL	Mode	20	0.283637	0.00008261	6.852E-13	1.093E-13	0.91759	0.91504

Didapatkan nilai $T_x = 1.884$ detik dan $T_y = 1,954$ detik, Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental, nilai T_x dan T_y masih lebih kecil dari Nilai $C_u \cdot T$. Jadi analisis struktur apartemen Amega Crown Residence masih memenuhi syarat SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.

4.3.6.3 Kontrol Nilai akhir respon spektrum

Jika kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam dinamik (V_t) lebih kecil dari gaya geser dasar statik (V)

menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya gempa harus dikalikan dengan V/V_t (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1).

Rumus Geser statik adalah:

$$V = C_s \cdot W \text{ (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1)}$$

Mencari Perioda T_a dan T :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0,0731 \cdot 56^{0,75} = 1,496 \text{ detik}$$

Karena $S_{D1} = 0,506$

Maka $C_u = 1,4$

$$T = C_u \cdot T_a = 1,496 \cdot 1,4 = 2,095$$

Mencari Nilai C_s

$$C_s = \frac{SDS}{R/I} = \frac{0,607}{8/1} = 0,0758$$

Nilai tidak boleh lebih dari

$$C_{sMax\ x} = \frac{SD1}{T \cdot \left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{SD1}{T \cdot \left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{0,506}{1,88 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0336$$

$$C_{sMax\ y} = \frac{SD1}{T \cdot \left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{SD1}{T \cdot \left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{0,506}{1,95 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0324$$

Dan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} C_{smin} &= 0,44 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0,01 \\ &= 0,44 \cdot 0,607 \cdot 1 > 0,01 \\ &= 0,0267 \end{aligned}$$

Maka: $C_{smin} < C_s < C_{smax}$

Maka diambil nilai $C_s = 0,0336$ untuk X dan $0,0324$ untuk Y.

Dari analisis struktur yang sudah dilakukan, diperoleh berat total struktur apartemen Amega Crown Residence adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 Reaksi Dasar

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	Case Type	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
L	LinStatic	9.912E-13	-9.556E-11	35190.144
SD	LinStatic	3.26E-12	-3.697E-10	119896.474
D	LinStatic	6.128E-13	-2.777E-11	46825.154
D+L+SD	Combination	4.864E-12	-4.93E-10	201911.772

Berat total struktur adalah sebesar 201911,772 kN

Maka:

$V_{\text{statik}} = C_s X \cdot W = 0.0336 \times 201911,772 = 6778,951 \text{ kN}$

$V_{\text{statik}} = C_s Y \cdot W = 0.00324 \times 201911,772 = 6533,559 \text{ kN}$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 4.12 Nilai Gaya geser dasar

Combo	Fx (kN)	Fy (kN)
Quake X Max	5368.261	1581,467
Quake Y Max	1610,48	5271,549

Kontrol nilai akhir respon:

- Arah-x:

$$V_{\text{Dinamik}} > V_{\text{statik}}$$

$$5368.261 \text{ kN} > 6778,951 \text{ kN (NOT OK)}$$

- Arah-y:

$$V_{\text{Dinamik}} > V_{\text{statik}}$$

$$5271,549 \text{ kN} > 6533,559 \text{ kN (NOT OK)}$$

Dari perhitungan kontrol diatas, diperoleh bahwa gaya dasar ragam (V_t) lebih kecil dari gaya geser dasar (V) sehingga perlu dikalikan factor skala pada perhitungan V_{dinamik} agar memenuhi syarat pada pasal 11.1.4 SNI 1726:2012.

a. Arah X

$$SF = \frac{V_{\text{STATIC}}}{V_{\text{DYANMIC}}}$$

$$= \frac{6778,951 \text{ kN}}{5368,261 \text{ kN}} \\ = 1,26$$

b. Arah Y

$$SF = \frac{V_{\text{STATIC}}}{V_{\text{DYNAMIC}}} \\ = \frac{6533,559 \text{ kN}}{5271,549 \text{ kN}} \\ = 1,24$$

Dari hasil peninggian SF tersebut dikalikan dengan SF yang telah dimasukkan sebelumnya yaitu :

$$SF \text{ pakai} = \frac{9,81 \frac{N}{m^2} \times I_e}{R} \times SF$$

Dari perhitungan diatas semua, hasil V_{DYNAMIC} dari program bantu analisa struktur SAP2000 terbaru sebagai berikut :

Tabel 4.13 Reaksi Geser Dasar Baru

Combo	Fx (kN)	Fy (kN)
Quake X Max	6792,494	1997,166
Quake Y Max	1996,119	6541,024

Kontrol nilai akhir respon:

- Arah-x:
 $V_{\text{Dinamik}} > V_{\text{statik}}$
 $6792,494 \text{ kN} > 6778,951 \text{ kN}$ (OK)
- Arah-y:
 $V_{\text{Dinamik}} > V_{\text{statik}}$
 $6541,024 \text{ kN} > 6533,559 \text{ kN}$ (OK)

4.3.6.4 Kontrol Simpangan antar lantai (drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana:

δ_{xe} = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

C_d = faktor pembesaran defleksi (4)

I_e = faktor keutamaan gedung (1,0)

Δ_a = 0,020hsx

Tinggi tingkat 4 m

Δ_a = 0,020hsx = 0,020 x 4 = 0.08 m = 80 mm

Tabel 4.14 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu X

Lantai	Rasio Drift	Elevasi	Δx_e	δx	Δa	Kontrol
Atap	57.314	4000	2.09	8.36	80	OK
13	55.224	4000	2.57	10.28	80	OK
12	52.654	4000	3.173	12.692	80	OK
11	49.481	4000	3.743	14.972	80	OK
10	45.738	4000	4.045	16.18	80	OK
9	41.693	4000	4.413	17.652	80	OK
8	37.28	4000	4.744	18.976	80	OK
7	32.536	4000	5.03	20.12	80	OK
6	27.506	4000	5.285	21.14	80	OK
5	22.221	4000	5.317	21.268	80	OK
4	16.904	4000	5.344	21.376	80	OK
3	11.56	4000	5.124	20.496	80	OK
2	6.436	4000	4.327	17.308	80	OK
1	2.109	4000	2.109	8.436	80	OK
Base	0	0	0	0	0	OK

Tabel 4.15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu Y

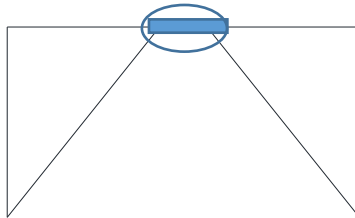
Lantai	Rasio Drift	Elevasi	Δx_e	δx	Δa	Kontrol
Atap	51.6	4000	1.438	5.752	80	OK
13	50.162	4000	2.067	8.268	80	OK
12	48.095	4000	2.661	10.644	80	OK
11	45.434	4000	3.233	12.932	80	OK
10	42.201	4000	3.537	14.148	80	OK
9	38.664	4000	3.917	15.668	80	OK
8	34.747	4000	4.276	17.104	80	OK
7	30.471	4000	4.598	18.392	80	OK
6	25.873	4000	4.904	19.616	80	OK
5	20.969	4000	4.97	19.88	80	OK
4	15.999	4000	5.037	20.148	80	OK
3	10.962	4000	4.858	19.432	80	OK
2	6.104	4000	4.11	16.44	80	OK
1	1.994	4000	1.994	7.976	80	OK
Base	0	0	0	0	0	OK

Dengan melihat tabel dan tabel dapat diketahui bahwa struktur memenuhi persyaratan SNI 1726:2012

4.4 Perencanaan Struktur Primer

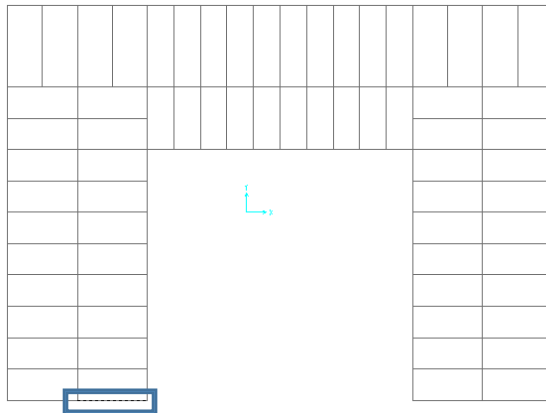
Setelah memodelkan struktur pada program bantu SAP2000 dan telah dikontrol terhadap partisipasi massa, waktu getar alami fundamental, kontrol nilai akhir respon spectrum dan kontrol batas simpangan (drift), akan dilanjutkan control pada struktur primer.

4.4.1 Perencanaan Link



Gambar 4.34 Elemen Link

4.4.1.1 Perencanaan link memanjang



Gambar 4.35 Link Memanjang yang Ditinjau

Balok link direncanakan menggunakan profil WF 600x200x11x17, dengan data – data sebagai berikut:

$$W = 106 \text{ kg/m}$$

$$A = 134,4 \text{ cm}^2$$

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

$$b_f = 200 \text{ mm}$$

$$t_w = 11 \text{ mm}$$

$$r = 22 \text{ mm}$$

$$Z_x = 2863 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 357 \text{ cm}^3$$

$$i_x = 24 \text{ cm}$$

$$i_y = 4,12 \text{ cm}$$

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$= 522 \text{ mm}$$

$$S_x = 2590 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 228 \text{ cm}^3$$

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

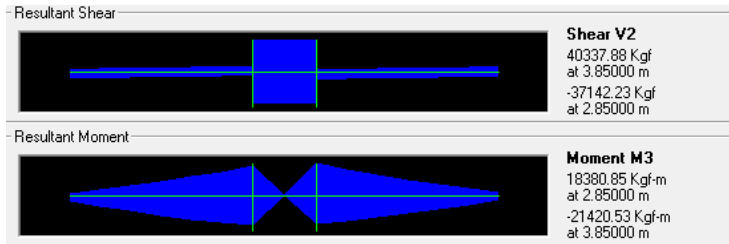
$$t_f = 17 \text{ mm}$$

$$I_x = 77600 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 2280 \text{ cm}^4$$

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



Gambar 4.36 Gaya Dalam Link Arah Memanjang

Didapatkan hasil dari SAP2000 adalah:

$$\delta_{xe} = 5,344 \text{ mm (drift antar lantai pada lantai ke-4)}$$

$$N_u = 0 \text{ kg}$$

$$V_u = 40337.88 \text{ kg}$$

$$M_u = 21420.53 \text{ kgm}$$

1. Penentuan jenis link

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 2863 \times 2500 = 7157500 \text{ kgcm}$$

$$V_p = 0.6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 0,6 \times 2500 \times 52,2 \times 1,1 = 86130 \text{ kg}$$

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p} = \frac{1,6 \times 7157500}{86130} = 132.962 \text{ cm}$$

$$e = \frac{2,6 \times M_p}{V_p} = \frac{2,6 \times 7157500}{86130} = 232.09 \text{ cm}$$

$$e = \frac{5 \times M_p}{V_p} = \frac{5 \times 7157500}{86130} = 446.33 \text{ cm}$$

Pada analisa yang dilakukan di aplikasi SAP2000 direncanakan panjang link adalah 100 cm sehingga link termasuk pada link geser.

2. Kontrol penampang

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 17} = 5,882$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{522}{11} = 47,455$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

Karena penampang kompak, maka:

$$N_y = A_g \times f_y = 134,4 \times 2500 = 336000 \text{ kg}$$

$$0,15 N_y = 0,15 \times 336000 = 50400 \text{ kg}$$

$$0,15 N_y > N_u$$

$$53562,5 > 0 \text{ kg}$$

Karena $0,15 N_y > N_u$, maka berdasarkan acuan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.2.5, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana *link* tidak diperhitungkan.

3. Kontrol kuat geser

Berdasarkan acuan peraturan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.4, kuat geser nominal *link* diambil yang terkecil dari V_p atau $2 M_p/e$.

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 86130 \text{ kg}$$

$$V_p = \frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 7157500}{100} = 143150 \text{ kg}$$

$$V_n = V_p = 86130 \text{ kg}$$

- Cek kapasitas penampang

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$40337,00 \leq 0,9 \times 86130$$

$$40337,00 \leq 77517 \text{ kg (OK)}$$

4. Kontrol sudut rotasi link

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7, untuk nilai e lebih kecil dari $\frac{1,6 \times Mp}{V_p}$ sudut rotasi link tidak boleh melebihi 0,08 radian.

$$\alpha \text{ maks} = 0,08 \text{ rad}$$

$$\delta x = \left(\frac{Cd \cdot \delta x e}{I_e} \right) = \left(\frac{4,5,344}{1} \right) = 21,376 \text{ mm} = 2,1376 \text{ cm}$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \phi = \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \frac{\delta x}{H \text{ lantai}} = \left(\frac{670}{100} \right) \cdot \frac{2,1376}{400} = 0,0358 \text{ rad}$$

$$\alpha < \alpha \text{ maks (OK)}$$

$$0,0358 < 0,08 \text{ radian (OK)}$$

4.4.1.2 Pengaku link arah memanjang

Untuk pengaku dengan panjang $link \leq 1,6 \cdot Mp / V_p$, harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak memiliki harga- harga berikut:

Untuk $\alpha = 0,08$ radian

$$S = 30 \text{ tw} - d/5 = 30 \times 1,1 - 60/5 = 21 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,02$ radian

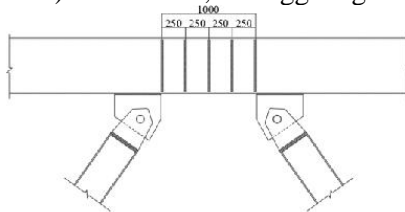
$$S = 52 \text{ tw} - d/5 = 52 \times 1,1 - 60/5 = 45,2 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,0358$ radian, maka harus diinterpolasi

$$S = 60 - \left(\frac{0,0358 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \cdot (45,2 - 21) = 38,825 \text{ cm}$$

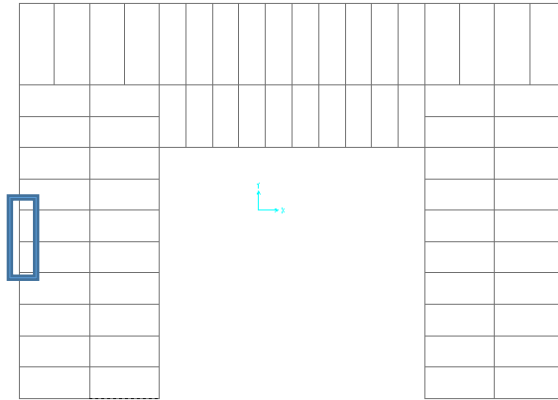
Dipasang pengaku antara dengan jarak 25 cm.

Tebal pengaku digunakan nilai terbesar antara 0,75 tw (0,75x11= 8,25 mm) dan 10 mm, sehingga digunakan 10 mm.



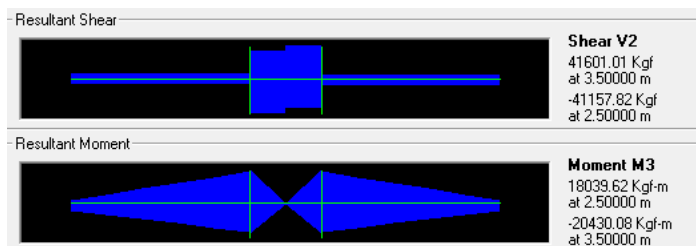
Gambar 4.37 Jarak Pengaku Link Memanjang

4.4.1.3 Perencanaan link arah melintang



Gambar 4.38 Link Melintang yang ditinjau
Balok link direncanakan menggunakan profil WF 600x200x111x17, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 106 \text{ kg/m}$	$r = 22 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 134,4 \text{ cm}^2$	$Z_x = 2863 \text{ cm}^3$	$= 522 \text{ mm}$
$d = 600 \text{ mm}$	$Z_y = 357 \text{ cm}^3$	$S_x = 2590 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 24 \text{ cm}$	$S_y = 228 \text{ cm}^3$
$t_w = 11 \text{ mm}$	$i_y = 4,12 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 17 \text{ mm}$	$I_x = 77600 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 2280 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$



Gambar 4. 39 Gaya Dalam Link Arah Melintang

Didapatkan hasil dari SAP adalah:

$\delta_{xe} = 5,037$ mm (drift antar lantai pada lantai ke-4)

$N_u = 0$ kg

$V_u = 41601,02$ kg

$M_u = 20430,08$ kgm

1. Penentuan jenis link

$M_p = Z_x \cdot f_y = 2863 \times 2500 = 7157500$ kgcm

$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 0,6 \times 2500 \times 52,2 \times 1,1$
 $= 86130$ kg

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p} = \frac{1,6 \times 7157500}{86130} = 132,962 \text{ cm}$$

$$e = \frac{2,6 \times M_p}{V_p} = \frac{2,6 \times 7157500}{86130} = 232,09 \text{ cm}$$

$$e = \frac{5 \times M_p}{V_p} = \frac{5 \times 7157500}{86130} = 446,33 \text{ cm}$$

Pada analisa yang dilakukan di aplikasi SAP direncanakan panjang link adalah 100 cm sehingga link termasuk pada link geser.

2. Kontrol penampang

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 17} = 5,882$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{522}{11} = 47,455$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

Karena penampang kompak, maka:

$$N_y = A_g \times f_y = 134,4 \times 2500 = 336000 \text{ kg}$$

$$0,15 N_y = 0,15 \times 336000 = 50400 \text{ kg}$$

$$0,15 N_y > N_u$$

$$53562,5 > 0 \text{ kg}$$

Karena $0,15 N_y > N_u$, maka berdasarkan acuan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.2.5, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana *link* tidak diperhitungkan.

3. Kontrol kuat geser

Berdasarkan acuan peraturan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.4, kuat geser nominal *link* diambil yang terkecil dari V_p atau $2 M_p/e$.

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2t_f) \cdot t_w = 86130 \text{ kg}$$

$$V_p = \frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 7157500}{100} = 143150 \text{ kg}$$

$$V_n = V_p = 86130 \text{ kg}$$

- Cek kapasitas penampang

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$41601,02 \leq 0,9 \times 86130$$

$$41601,02 \leq 77517 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol sudut rotasi link

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7, untuk nilai e lebih kecil dari $\frac{1,6 \times M_p}{V_p}$ sudut rotasi link tidak boleh melebihi 0,08 radian.

$$\alpha_{\text{maks}} = 0,08 \text{ rad}$$

$$\delta x = \left(\frac{C_d \cdot \delta x e}{I_e} \right) = \left(\frac{4 \times 5,037}{1} \right) = 20,148 \text{ mm} = 2,015 \text{ cm}$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \phi = \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \frac{\delta x}{H_{\text{lantai}}} = \left(\frac{670}{100} \right) \cdot \frac{2,015}{400} = 0,0337 \text{ rad}$$

$$\alpha < \alpha_{\text{maks}} \text{ (OK)}$$

$$0,0337 \text{ rad} < 0,08 \text{ radian (OK)}$$

4.4.1.4 Pengaku link arah Melintang

Untuk pengaku dengan panjang *link* $\leq 1,6 \cdot M_p / V_p$, harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak memiliki harga- harga berikut:

Untuk $\alpha = 0,08$ radian

$$S = 30 \text{ tw} - d/5 = 30 \times 1.1 - 60/5 = 21 \text{ cm}$$

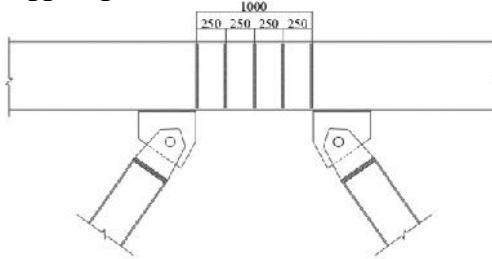
Untuk $\alpha = 0,02$ radian

$$S = 52 \text{ tw} - d/5 = 52 \times 1.1 - 48.2/5 = 45,2 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,0315$ radian, maka harus diinterpolasi

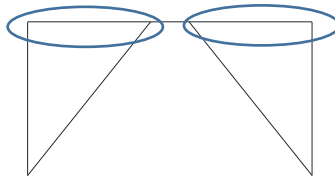
$$S = 45,2 - \left(\frac{0,0337 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \cdot (45,2 - 21) = 39,65 \text{ cm}$$

Dipasang pengaku antara dengan jarak 25 cm. Tebal pengaku digunakan nilai terbesar antara 0,75 tw (0,75x11= 8,25 mm) dan 10 mm, sehingga digunakan 10 mm.



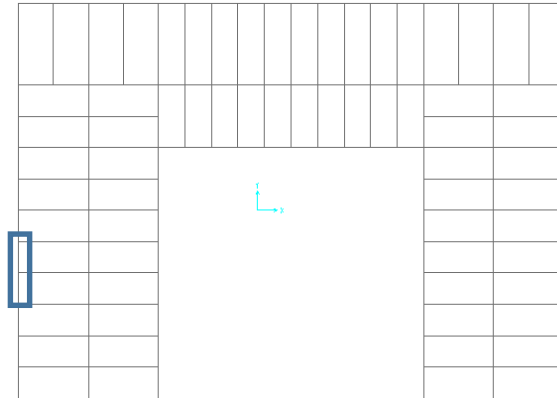
Gambar 4.40 Jarak Pengaku Link Melintang

4.4.2 Balok diluar link



Gambar 4.41 Elemen Balok diluar Link

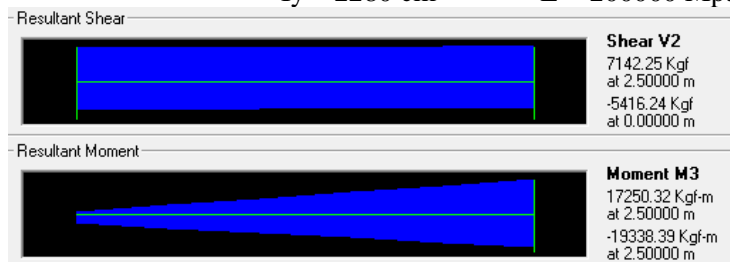
4.4.2.1 Balok diluar link arah melintang



Gambar 4.42 Balok Luar Link Melintang yang ditinjau

Balok diluar link direncanakan menggunakan profil WF 600x200x11x17, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 106 \text{ kg/m}$	$r = 22 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 134,4 \text{ cm}^2$	$Z_x = 2863 \text{ cm}^3$	$= 522 \text{ mm}$
$d = 600 \text{ mm}$	$Z_y = 357 \text{ cm}^3$	$S_x = 2590 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 24 \text{ cm}$	$S_y = 228 \text{ cm}^3$
$t_w = 11 \text{ mm}$	$i_y = 4,12 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 17 \text{ mm}$	$I_x = 77600 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 2280 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$



Gambar 4. 43 Gaya Dalam Balok Luar Link

Didapatkan hasil dari SAP adalah:

$$Mu = 19338,39 \text{ kgm}$$

$$Vu = 7142,25 \text{ kg}$$

Berdasarkan peraturan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok diluar *link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *link* sebesar $R_y \cdot V_n$ dan kuat rencana balok diluar *link* dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan butir 8 dan mengalikannya dengan faktor R_y .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

V_n = Kuat geser nominal *link*, diambil yang terkecil dari V_p atau $2Mp/e$

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 0,6 \times 2500 \times (60 - 2 \times 1,7) \times 1,1 = 86130 \text{ kg}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 2863 \times 2500 = 7157500 \text{ kgcm}$$

$$V_p = \frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 7157500}{100} = 143150 \text{ cm}$$

sehingga V_p diambil = 86130 kg

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n = 1,1 \times 1,5 \times 86130 = 142114,5 \text{ kg}$$

Maka, $V_u = 142114,5 \text{ kg}$

1. Kontrol penampang

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 17} = 5,88$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{522}{11} = 47,455$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y = 7157500 \text{ kgcm}$$

2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{522}{11} = 47,455$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,35$$

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

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times 57,42 \times 1,1 \times 1 = 86130 \text{ kg}$$

3. Kontrol interaksi geser dan lentur

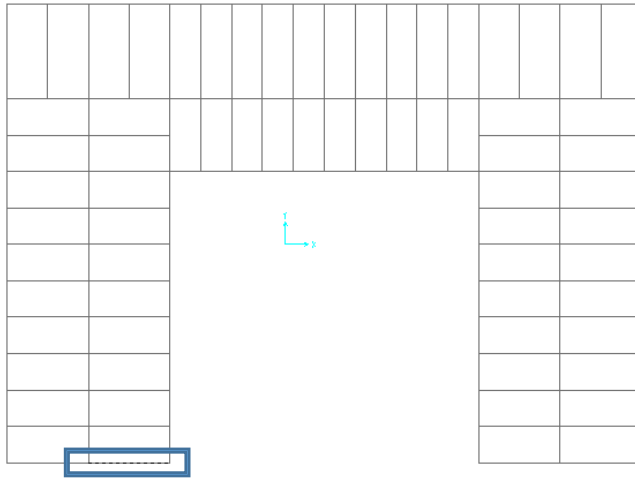
$$\frac{M_u}{0,9M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{1933839}{6441750} + 0,625 \frac{142114,5}{86130} \leq 1,375$$

$$0,300 + 1,30125 \leq 1,375$$

$$1,33 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

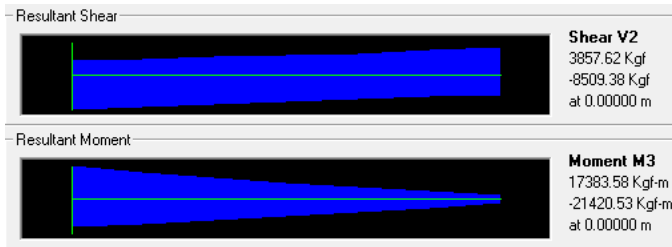
4.4.2.2 Balok diluar link arah memanjang



Gambar 4.44 Balok Luar Link Memanjang yang ditinjau

Balok diluar link direncanakan menggunakan profil WF 600x200x11x17, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 106 \text{ kg/m}$	$r = 22 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 134,4 \text{ cm}^2$	$Z_x = 2863 \text{ cm}^3$	$= 522 \text{ mm}$
$d = 600 \text{ mm}$	$Z_y = 357 \text{ cm}^3$	$S_x = 2590 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 24 \text{ cm}$	$S_y = 228 \text{ cm}^3$
$t_w = 11 \text{ mm}$	$i_y = 4,12 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 17 \text{ mm}$	$I_x = 77600 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 2280 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$



Gambar 4.45 Gaya dalam Balok Luar Link Memanjang

Didapatkan hasil dari SAP adalah:

$$M_u = 21420,53 \text{ kgm}$$

$$V_u = 8509,38 \text{ kg}$$

Berdasarkan peraturan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok diluar *link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *link* sebesar $R_y \cdot V_n$ dan kuat rencana balok diluar link dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan butir 8 dan mengalikannya dengan faktor R_y .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

V_n = Kuat geser nominal *link*, diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 0,6 \times 2500 \times (60 - 2 \times 1,7) \times 1,1 = 86130 \text{ kg}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 2863 \times 2500 = 7157500 \text{ kgcm}$$

$$V_p = \frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 7157500}{100} = 143150 \text{ cm}$$

sehingga V_p diambil = 86130 kg

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n = 1,1 \times 1,5 \times 86130 = 142114,5 \text{ kg}$$

Maka, $V_u = 142114,5 \text{ kg}$

1. Kontrol penampang

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \times 17} = 5,882$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 47,46$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times f_y = 7157500 \text{ kgcm}$$

2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{522}{11} = 47,46$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,35$$

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

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times 57,42 \times 1,1 \times 1 = 86130 \text{ kg}$$

3. Kontrol interaksi geser dan lentur

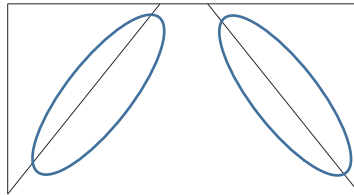
$$\frac{M_u}{\phi \cdot M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{2142053}{6441750} + 0,625 \frac{142114,5}{66000} \leq 1,375$$

$$0,3325 + 1,031 \leq 1,375$$

$$1,364 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

4.4.3 Perencanaan bresing



Gambar 4.46 Elemen Bresing

4.4.3.1 Perencanaan bresing arah memanjang

Bresing direncanakan menggunakan profil WF 350x250x8x12, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 69.2 \text{ kg/m}$	$r = 20 \text{ mm}$	$h = d-2(t_f+r)$
$A = 88.15 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1163 \text{ cm}^3$	$= 272 \text{ mm}$
$d = 336 \text{ mm}$	$Z_y = 377 \text{ cm}^3$	$S_x = 1100 \text{ cm}^3$
$b_f = 249 \text{ mm}$	$i_x = 14.5 \text{ cm}$	$S_y = 248 \text{ cm}^3$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$i_y = 4.92 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 12 \text{ mm}$	$I_x = 18500 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 3090 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

$\alpha = 54.53^\circ$ (Sudut Bresing)

$L = 491,146 \text{ cm}$

Berdasarkan peraturan SNI03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi aksial dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar 1,25 $R_y V_n$. Kuat rencana batang bresing harus lebih besar dari pada kuat perlu element *link*.

$$V_u = 1,25 \cdot R_y \cdot V_n = 1,25 \times 1.5 \times 86130 = 161493,75 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{161493,75}{\sin 54,53} = 198292,8 \text{ kg}$$

$$P_{u \text{ tarik}} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{161493,75}{\sin 54,53} = 198292,8 \text{ kg}$$

1. Kontrol penampang profil

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{249}{2 \times 12} = 10,375$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

- Pelat badan

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

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,058$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

2. Kontrol kuat bresing

$$\text{Arah X} \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{491,15}{14,5} = 33,87$$

$$\text{Arah Y} \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{491,15}{4,92} = 82,96$$

λ pakai = 82,96

$$f_e = \frac{\pi^2 x E}{(\lambda)^2} = \frac{\pi^2 x 2000000}{(82,96)^2} = 2867,813 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{L_{ky}}{i_y} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$82,96 \leq 4.71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

$82,96 \leq 133.219$ maka,

$$F_{cr} = \left[0.685 \frac{fy}{f_e} \right] x fy = \left[0.685 \frac{2500}{2867,813} \right] x 2500 = 1797,65$$

- Bresing tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot Ag = 1.5 \times 2500 \times 88.15 = 330562.5 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0.9 \times 330562.5 = 297506.3 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu$$

$$297506.3 > 198292,8 \text{ kg (OK)}$$

- Bresing tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot Ag \cdot F_{cr} = 1.1 \times 1.5 \times 88.15 \times 1797,65 = 261463,12 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0.85 \times 261463,12 = 222243,6546$$

$$\phi_c P_n > Pu$$

$$222243,6546 > 198292,8 \text{ kg (OK)}$$

4.4.3.2 Perencanaan bresing arah melintang

Bresing direncanakan menggunakan profil WF 350x250x8x12, dengan data – data sebagai berikut:

W = 69.2 kg/m	r = 20 mm	h = d-2(t _r +r)
A = 88.15 cm ²	Z _x = 1163 cm ³	= 272 mm
d = 336 mm	Z _y = 377 cm ³	S _x = 1100 cm ³
b _f = 249 mm	i _x = 14.5 cm	S _y = 248 cm ³
t _w = 8 mm	i _y = 4.92 cm	f _y = 250 Mpa
t _f = 12 mm	I _x = 18500 cm ⁴	f _u = 410 Mpa
	I _y = 3090 cm ⁴	E = 200000 Mpa

$$\alpha = 57.99^\circ \text{ (Sudut Bresing)}$$

$$L = 471,699 \text{ cm}$$

Berdasarkan peraturan SNI03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi aksial dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar 1,25 R_y V_n. Kuat rencana batang bresing harus lebih besar dari pada kuat perlu element *link*.

$$V_u = 1,25 \cdot R_y \cdot V_n = 1,25 \times 1.5 \times 86130 = 161493,75 \text{ kg}$$

$$P_{u \text{ tekan}} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{161493,75}{\sin 57,99^\circ} = 190441,12 \text{ kg}$$

$$P_{u \text{ tarik}} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{161493,75}{\sin 57,99^\circ} = 190441,12 \text{ kg}$$

1. Kontrol penampang profil

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{249}{2 \times 12} = 10,375$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

- Pelat badan

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

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 41,058$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

2. Kontrol kuat bresing

$$\text{Arah X} \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{471,699}{14,5} = 32,53$$

$$\text{Arah Y} \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{471,699}{4,92} = 79,678$$

λ pakai = 79,678

$$f_e = \frac{\pi^2 x E}{(\lambda)^2} = \frac{\pi^2 x 2000000}{(79,678)^2} = 3109,16 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{L_{ky}}{i_y} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$79,678 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

79,678 \leq 133,219 maka,

$$F_{cr} = \left[0,685 \sqrt{\frac{fy}{f_e}} \right] x fy = \left[0,685 \sqrt{\frac{2500}{3109,16}} \right] x 2500 = 1844,26$$

- Bresing tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot Ag = 1.5 \times 2500 \times 88.15 = 330562.5 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0.9 \times 330562.5 = 297506,3 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u$$

$$297506.3 > 190441,1 \text{ kg (OK)}$$

- Bresing tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot Ag \cdot F_{cr} = 1.1 \times 1.5 \times 88.15 \times 1844,26 = 268243.4 \text{ kg}$$

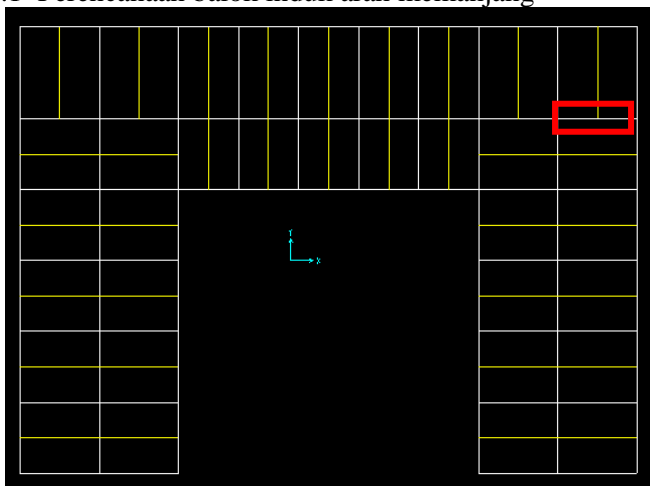
$$\phi_c P_n = 0.85 \times 268243,42 = 228006,9038 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u$$

$$228006,9038 \text{ kg} > 190441,1 \text{ kg (OK)}$$

4.4.4 Perencanaan balok induk

4.4.4.1 Perencanaan balok induk arah memanjang



Gambar 4. 47 Balok Induk Memanjang yang ditinjau

Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 600x200x11x17, dengan data – data sebagai berikut:

$$W = 106 \text{ kg/m}$$

$$A = 134,4 \text{ cm}^2$$

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

$$r = 22 \text{ mm}$$

$$Z_x = 2863 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 357 \text{ cm}^3$$

$$h = d - 2(t_f + r)$$

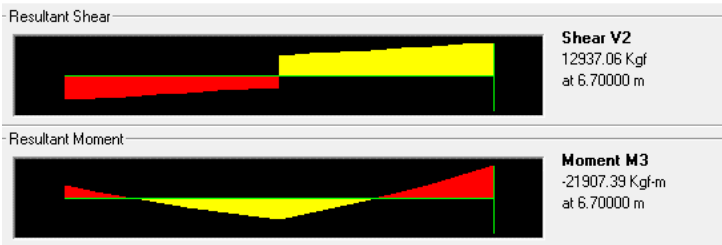
$$= 522 \text{ mm}$$

$$S_x = 2590 \text{ cm}^3$$

$$\begin{array}{lll}
 b_f = 200 \text{ mm} & i_x = 24 \text{ cm} & S_y = 228 \text{ cm}^3 \\
 t_w = 11 \text{ mm} & i_y = 4,12 \text{ cm} & f_y = 250 \text{ Mpa} \\
 t_f = 17 \text{ mm} & I_x = 77600 \text{ cm}^4 & f_u = 410 \text{ Mpa} \\
 & I_y = 2280 \text{ cm}^4 & E = 200000 \text{ Mpa}
 \end{array}$$

a. Sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton. Berdasarkan hasil analisa SAP didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4. 48 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sebelum Komposit

$$\begin{array}{ll}
 M_{\max} & : 21907,39 \text{ kgm} \\
 V_{\max} & : 12937,03 \text{ kg}
 \end{array}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 17} = 5,882$$

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

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{522}{11} = 47,45$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 2863 \times 2500 = 7157500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2190739 \leq 0.9 \times 7157500$$

$$2190739 \leq 6441750 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 335 \text{ cm}$$

$$L_p = 339.5018 \text{ cm}$$

$$L_r = 980.6543 \text{ cm}$$

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

Bentang Pendek, sehingga:

$$M_n = Z_x F_y = 2863 \times 2500 = 7157500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$25670,25 \leq 0.9 \times 7157500$$

$$25670,25 \leq 6441750 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{522}{11} = 47,45$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63.35$$

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

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times 57,42 \times 1.1 \times 1 = 86130 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$12937,03 \text{ kg} \leq 86130 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 670 \text{ cm}$$

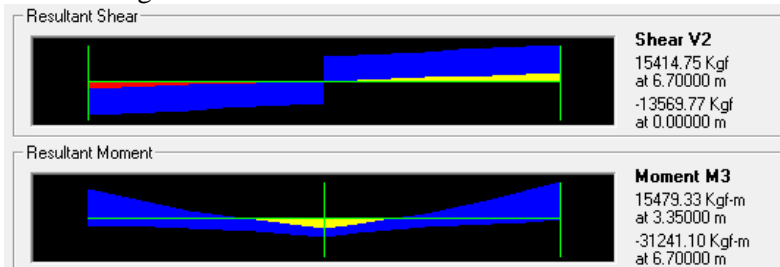
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{670}{360} = 1,8611 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.3 \text{ (Hasil dari program SAP)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.3 \text{ cm} < 1,8611 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

b. Setelah komposit

Pada kondisi setelah komposit, gaya servis telah terjadi. Berdasarkan hasil analisa SAP didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4. 49 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Setelah Komposit

$$M_{max} : 31241,10 \text{ kgm}$$

$$M_{min} : 15479,33 \text{ kgm}$$

$$V_{max} : 15414,75 \text{ kg}$$

1. Zona Momen Positif

Direncanakan balok mengalami komposit penuh. Dengan dipasang 2 stud di tiap titik dengan spesifikasi sebagai berikut:

Pelat Beton:

Tebal beton : 110 mm

$$w_r = 168 \text{ mm}$$

$$h_r = 53 \text{ mm}$$

$$h_c = 110 - 53 = 57 \text{ mm}$$

Menghitung momen nominal

- Lebar efektif (SNI 1729:2015 Pasal I3.1.a)

$$B_{eff} \leq \frac{1}{8} L = \frac{670}{8} = 83,75 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq S = 300 = 300 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai $B_{eff} = 83,75 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{522}{11} = 47,45$$

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

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Kontrol Momen

$$C1 = 0,85 f'c' h_c b_{eff} = 0,85 \times 400 \times 5,7 \times 83,75 = 162307,5 \text{ kg}$$

$$C2 = A_s f_y = 134,4 \times 2500 = 336000 \text{ kg}$$

Karena $C1 < C2$, maka garis netral terletak pada baja

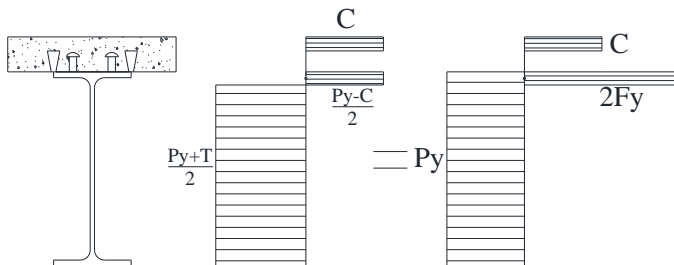
$$a = \frac{A_s F_y}{0,85 \cdot 400 \cdot 83,75} = \frac{336000}{0,85 \cdot 400 \cdot 83,75} = 11,799 \text{ cm} > 11 \text{ cm}$$

$a >$ tebal pelat beton, maka PNA pada baja

$$d_1 = h_r + h_c - a/2 = 53 + 57 - 117,99/2 = 51,0 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0$$

$$d_3 = D/2 = 600/2 = 300 \text{ mm}$$



Gambar 4.50 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang

$$C = 162307,5 \text{ kg}$$

$$T = 336000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C(d_1 + d_2) + T(d_3 - d_2) \\ &= 162307,5(5,1 + 0) + 336000(30 - 0) \\ &= 11049835,03 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$3124110 \leq 0.9 \times 11049835.03$$

$$3124110 \text{ kgcm} \leq 9944852 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{522}{11} = 47,45$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,3567$$

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

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

$$= 0.6 \times 2500 \times 57,42 \times 1 = 86130 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$15414,75 \text{ kg} \leq 86130 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 670 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{670}{360} = 1,8611 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,3 \text{ (Hasil dari program SAP2000)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,30 \text{ cm} < 1,86 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Zona Momen negatif

Data tulangan negatif pelat:

$$\text{Diameter} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (Ar)} = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \text{Beff/Jarak tulangan} = 83,75/30 = 2,79 = 3 \text{ buah}$$

$$\text{selimut beton (c)} = 20 \text{ mm}$$

- Menghitung momen nominal

$$T = n \cdot A_r \cdot f_y = 3 \times 0.785 \times 5000 = 11780,97 \text{ kg}$$

$$P_{yc} = A_s f_y = 145.5 \times 2500 = 336000 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 20 \times 1.7 \times 2500 = 85000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{336000 - 11780,975}{2} - P_f = 77109,51 \text{ kg}$$

$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = 28,04 \text{ cm}$$

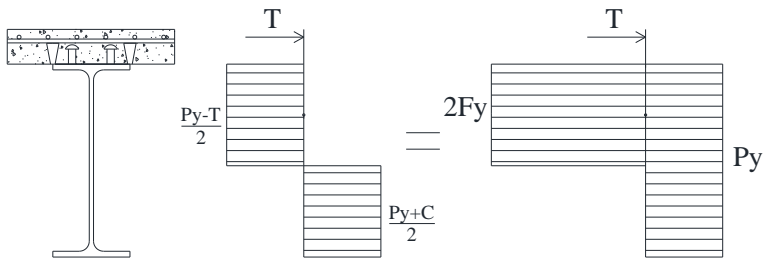
$$d_2 = \frac{(P_f \cdot x_{0,5tf}) + (P_w(t_f + 0,5a_w))}{P_f + P_w}$$

$$= \frac{(85000 \cdot 0,5 \cdot 1,7) + (77109,51(1,7 + 0,5 \cdot 28,04))}{85000 + 77109,51}$$

$$= 16,1656 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{D}{2} = 30 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + h_c - c = 5,4 + 5,7 - 2 = 9 \text{ cm}$$



Gambar 4.51 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang

$$M_n = T(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2)$$

$$= 11780,97(9 + 16,1656) + 336000(30 - 16,1656)$$

$$= 4944834,301 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1547933 \text{ kgcm} \leq 0,9 \times 4944834,301 \text{ kgcm}$$

$$1547933 \text{ kgcm} \leq 4450350,87 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

3. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_s = 2,83 \text{ cm}^2$$

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

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c} = 0,043 \times 2400^{1,5} \sqrt{40} = 31975,35 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (f_c' \cdot E_c)^{0,5} = 0,5 \cdot 2,83 \cdot (400 \cdot 31975,35)^{0,5} = 160326,29 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0,75 \times 2,83 \times 4100 = 8718,51 \text{ kg}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{162307,5}{2 \times 160326,29} = 9,3 = 10 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 11 = 88 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{670}{10} = 67 = 70 \text{ cm}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

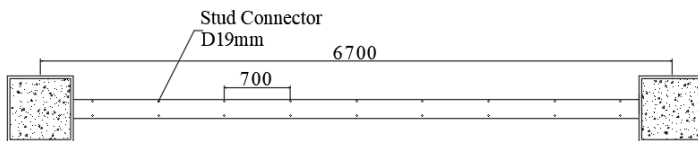
$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{11780,79}{2 \times 8718,51} = 0,67 = 2 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

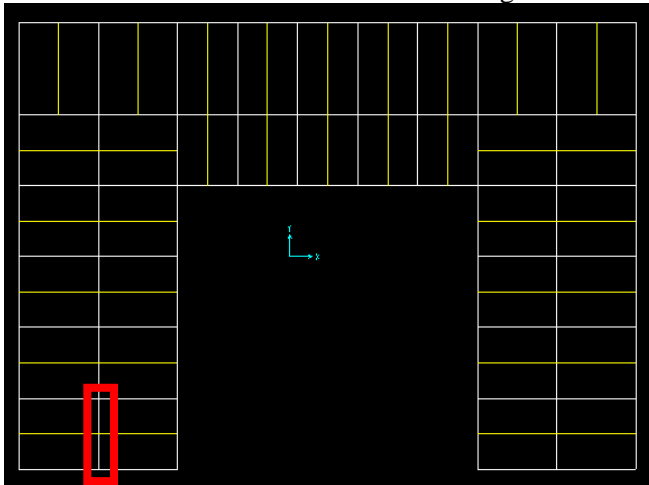
$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 11 = 88 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{670}{2} = 335 \text{ cm} = 70 \text{ cm}$$



Gambar 4.52 Shear Connector Balok Memanjang

4.4.4.2 Perencanaan balok induk arah melintang



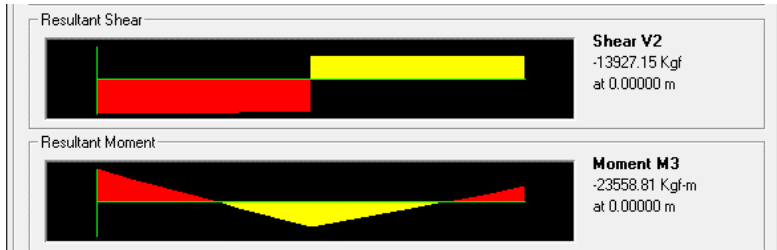
Gambar 4.53 Balok Induk Melintang yang ditinjau

Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 600x200x11x17, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 106 \text{ kg/m}$	$r = 22 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 134,4 \text{ cm}^2$	$Z_x = 2863 \text{ cm}^3$	$= 522 \text{ mm}$
$d = 600 \text{ mm}$	$Z_y = 357 \text{ cm}^3$	$S_x = 2590 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 24 \text{ cm}$	$S_y = 228 \text{ cm}^3$
$t_w = 11 \text{ mm}$	$i_y = 4,12 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 17 \text{ mm}$	$I_x = 77600 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 2280 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

c. Sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton. Berdasarkan hasil analisa SAP didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.54 Gaya Dalam Balok Induk Melintang Sebelum Komposit

$$M_{\max} : 23558,81 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} : 13927,15 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 17} = 5,882$$

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

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{522}{11} = 47,45$$

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

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 2863 \times 2500 = 7157500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$23558,81 \leq 0,9 \times 7157500$$

$$23558,81 \leq 6441750 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

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

$$L_p = 339.5018 \text{ cm}$$

$$L_r = 980.6543 \text{ cm}$$

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

Bentang Pendek, sehingga:

$$M_n = Z_x F_y = 2863 \times 2500 = 7157500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$23558,81 \leq 0,9 \times 7157500$$

$$23558,81 \leq 6441750 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{522}{11} = 47,45$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,35$$

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

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times 57,42 \times 1,1 \times 1 = 86130 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$13927,15 \text{ kg} \leq 86130 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 670 \text{ cm}$$

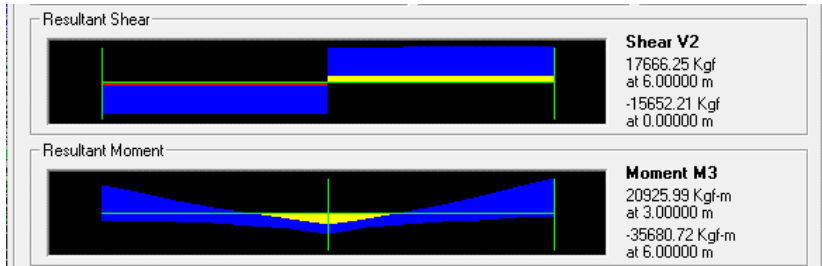
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{670}{360} = 1,8611 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,3 \text{ (Hasil dari program SAP)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,3 \text{ cm} < 1,8611 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

- d. Setelah komposit

Pada kondisi setelah komposit, gaya servis telah terjadi. Berdasarkan hasil analisa SAP didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.55 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Setelah Komposit

M_{max} : 35680,72 kgm

M_{min} : 20925,99 kgm

V_{max} : 17668,25 kg

4. Zona Momen Positif

Direncanakan balok mengalami komposit penuh. Dengan dipasang 2 stud di tiap titik dengan spesifikasi sebagai berikut:

Pelat Beton:

Tebal beton = 110 mm

w_r = 168 mm

h_r = 53 mm

h_c = 110-53= 57 mm

Menghitung momen nominal

- Lebar efektif (SNI 1729:2015 Pasal I3.1.a)

$$B_{eff} \leq \frac{1}{8} L = 670/8 = 83,75 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq S = 300 = 300 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai $B_{eff} = 83,75 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{522}{11} = 47,45$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.348$$

$\lambda < \lambda_p$ (Penampang kompak)

- Kontrol Momen

$$C1 = 0.85 f'c h c b e f f = 0.85 \times 400 \times 5,7 \times 75 = 145350 \text{ kg}$$

$$C2 = A_s f_y = 134,4 \times 2500 = 336000 \text{ kg}$$

Karena $C1 < C2$, maka garis netral terletak pada baja

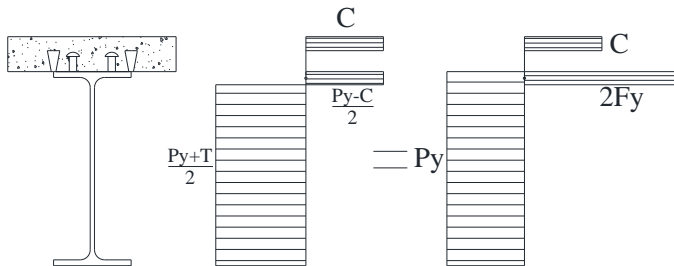
$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot 400 \cdot 75} = \frac{336000}{0,85 \cdot 400 \cdot 75} = 13,176 \text{ cm} > 11 \text{ cm}$$

$a >$ tebal pelat beton, maka PNA pada baja

$$d_1 = h_r + h_c - a/2 = 53 + 57 - 131,76/2 = 44,118 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0$$

$$d_3 = D/2 = 600/2 = 300 \text{ mm}$$



Gambar 4.56 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang

$$C = 145350 \text{ kg}$$

$$T = 336000 \text{ kg}$$

$$M_n = C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2)$$

$$= 145350 (4,4 + 0) + 336000 (30 - 0)$$

$$= 10887734.02 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$3124110 \leq 0.9 \times 10887734.02$$

$$3124110 \text{ kgcm} \leq 9798961 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{522}{11} = 47,45$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,3567$$

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

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

$$= 0,6 \times 2500 \times 57,42 \times 1 = 860130 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$17666,25 \text{ kg} \leq 86130 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

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

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,6670 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,3 \text{ (Hasil dari program SAP2000)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,30 \text{ cm} < 1,6670 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

5. Zona Momen negatif

Data tulangan negatif pelat:

$$\text{Diameter} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (Ar)} = 0,785 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \text{Beff/Jarak tulangan} = 83,75/30 = 2,79 = 3 \text{ buah}$$

$$\text{selimut beton (c)} = 20 \text{ mm}$$

- Menghitung momen nominal

$$T = n \cdot A_r \cdot f_y = 3 \times 0,785 \times 5000 = 11780,97 \text{ kg}$$

$$P_{yc} = A_s f_y = 145,5 \times 2500 = 336000 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil P_f

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 20 \times 1,7 \times 2500 = 85000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{336000 - 11780,97}{2} - P_f = 77109,51 \text{ kg}$$

$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = 28,04 \text{ cm}$$

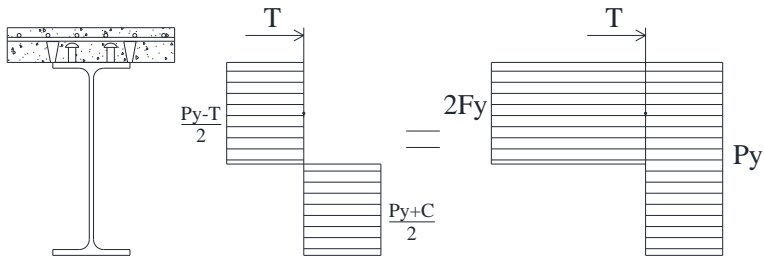
$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$= \frac{(85000 \times 0,5,1,7) + (77109,51(1,7 + 0,5,28,04))}{85000 + 77109,51}$$

$$= 16,1656 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{D}{2} = 30 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + h_c - c = 5,4 + 5,7 - 2 = 9 \text{ cm}$$



Gambar 4.57 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang

$$M_n = T(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2)$$

$$= 11780,97(9 + 16,1656) + 336000(30 - 16,1656)$$

$$= 4944834,301 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1547933 \text{ kgcm} \leq 0,9 \times 4944834,301 \text{ kgcm}$$

$$1547933 \text{ kgcm} \leq 4450350,87 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

6. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 2,83 \text{ cm}^2$$

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

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c} = 0,043 \times 2400^{1,5} \sqrt{40} = 31975,35 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (f_c' \cdot E_c)^{0,5} = 0,5 \cdot 2,83 \cdot (400 \cdot 31975,35)^{0,5} = 160326,29 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0,75 \times 2,83 \times 4100 = 8718,51 \text{ kg}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{162307,5}{2 \times 160326,29} = 9,3 = 10 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times ds = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 11 = 88 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{600}{10} = 60 = 70 \text{ cm}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

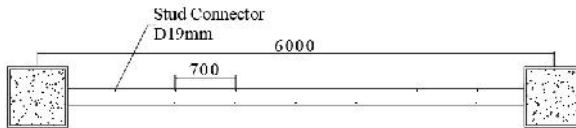
$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{11780,79}{2 \times 87185,1} = 0,67 = 2 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times ds = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

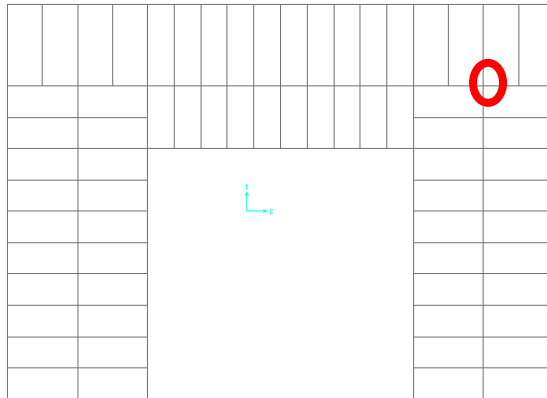
$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 11 = 88 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{670}{2} = 335 \text{ cm} = 70 \text{ cm}$$



Gambar 4.58 Shear Connector Balok Memanjang

4.4.5 Perencanaan Kolom



Gambar 4.59 Kolom yang Ditinjau

Direncanakan dengan menggunakan kolom komposit CFT (Concrete Filled Tube) 700x700x28 dengan memakai profil square hollow section dari brosur Continental Steel

H = 700 mm	$I_x = 556600 \text{ cm}^4$	$A_s = 744 \text{ cm}^2$
B = 700 mm	$I_y = 556600 \text{ cm}^4$	$A_c = 4156 \text{ cm}^2$
t = 28 mm	$Z_x = 15900 \text{ cm}^3$	$E_s = 200000 \text{ Mpa}$
$i_y = 27,35 \text{ cm}$	$Z_y = 15900 \text{ cm}^3$	$E_c = 0,043 \times W_c 1,5 \sqrt{f_c}$
$i_x = 27,35 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$	$E_c = 31975,35 \text{ kg/cm}^2$
$f_c' = 40 \text{ Mpa}$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$	

Dari hasil analisa SAP2000 didapatkan gaya dalam yang terjadi adalah sebagai berikut:

- Gaya akibat beban gravitasi

P_u	: 792955,65 kg
M_{ux}	: 12904,35 kgm
M_{uy}	: 14279,77 kgm

- Gaya akibat beban gempa

P_u	: 675007,49 kg
M_{ux}	: 56307,29 kgm
M_{uy}	: 54313,06 kgm

- Kontrol luas penampang minimum profil baja (SNI 1729:2015 Pasal I2.2)

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 1\%$$

$$\frac{744}{4156 + 744} \times 100\% \geq 1\%$$

$$15,18\% \geq 1\%$$

- Kuat nominal tekan

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{644}{2 \times 28} = 11,5$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 63,922$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut:

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c})$$

$$P_p = 2500 \times 744 + 0,85 \times 400 (4156 + 0)$$

$$P_p = P_n = 3273040 \text{ kg}$$

- Momen nominal kolom

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{644}{2 \times 28} = 11,5$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 31,678$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Penampang kompak sehingga, $M_n = M_p$

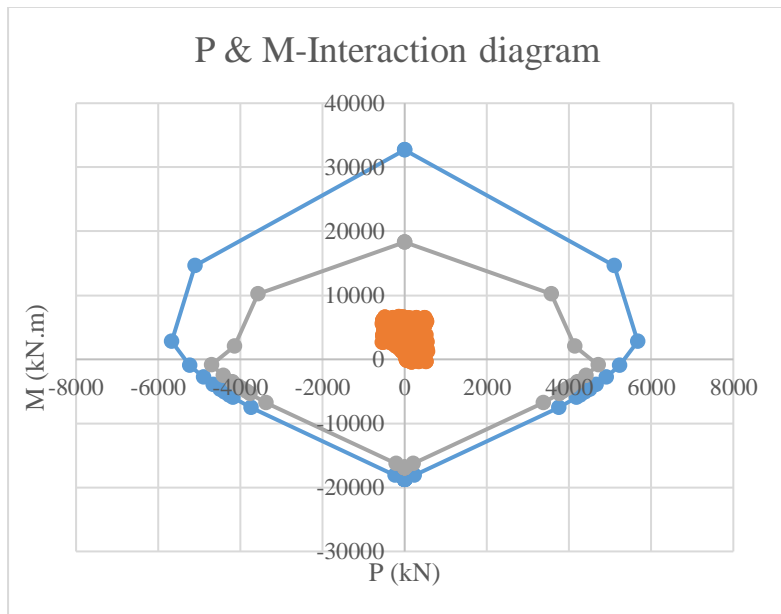
$$M_n = Z_x F_y = 15900 \times 2500 = 39750000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$5630729 \leq 0,9 \times 39750000$$

$5630729 \text{ kgcm} \leq 35775000 \text{ kgcm}$ (OK)

- Kontrol Kolom terhadap interaksi Aksial dan Momen
Perhitungan kolom terhadap interaksi aksial dan momen menggunakan program bantu XTRACT. Beban yang akan di input didapatkan akan dikontrol berdasarkan kapasitas kolom, sehingga didapatkan diagram interaksi sebagai berikut:



Gambar 4.60 Diagram Interaksi Aksial dan Momen

Tabel 4.16 Kapasitas kolom untuk Interaksi Aksial dan Momen

P (kN)	Mx (kN.m)	Preduction (kN)	Mreduction (kN.m)
3.27E+04	1.36E-13	1.83E+04	9.51E-14
1.46E+04	5106	1.02E+04	3574

P (kN)	Mx (kN.m)	Preduction (kN)	Mreduction (kN.m)
-1.88E+04	-1.36E-13	-1.69E+04	-1.22E-13
-1.81E+04	-233.7	-1.63E+04	-210.3
-7516	-3747	-6764	-3372
-5947	-4182	-5352	-3764
-5585	-4274	-5027	-3847
-5142	-4384	-4628	-3946
-4668	-4499	-4201	-4049
-3926	-4665	-3533	-4199
-2794	-4901	-2515	-4411
-926.9	-5229	-834.2	-4706
2775	-5672	2026	-4142
1.46E+04	-5106	1.02E+04	-3574
3.27E+04	1.36E-13	1.83E+04	9.51E-14

Tabel 4.17 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Lantai	Kolom CFT
1-5	CFT 700 x 700 x 28
6-10	CFT 600 x 600 x 25
11-15	CFT 500 x 500 x 25

4.5 Perencanaan Sambungan

Perencanaan sambungan pada tugas akhir ini menggunakan peraturan SNI 1729:2015 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural dengan metode DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan). Sambungan direncanakan dengan sambungan tipe *simple connection* dan *rigid connection* yang mana pada sambungan *simple connection* hanya menerima geser tidak menerima momen sementara pada *rigid connection* menerima

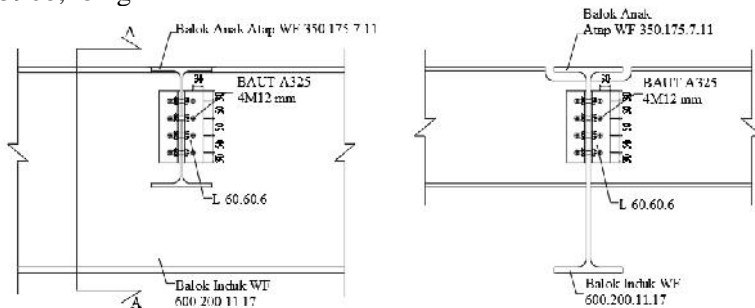
geser dan momen. Gaya geser dan momen yang digunakan untuk menghitung sambungan didapatkan dari kapasitas elemen elemen yang tersambung.

4.5.1 Sambungan balok induk dengan balok anak

Sambungan balok induk dengan balok anak menggunakan tipe sambungan *simple connection*. Sambungan ini di desain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

4.5.1.1 Sambungan atap apartemen

Dimensi balok anak yaitu WF 350x175x7x11 dan balok induk WF 600x200x11x17. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60x60x6 dengan baut ukuran M12; $A_s=1,13 \text{ cm}^2$. Gaya yang ada pada balok anak adalah gaya geser yang didapatkan pada perhitungan perencanaan balok anak yaitu sebesar 5908,18 kg



Gambar 4.61 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

- Sambungan pada badan balok anak

Mutu baut A325 ($F_{nv}=4750 \text{ kg/cm}^2$) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7752,822 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 30 - 0,5 (12+1,5) = 23,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \cdot 2,325 \cdot 0,7 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 4100 \\
 &= 8007,3 \text{ kg} \leq 8265,6 \text{ kg (OK)} \\
 \emptyset \cdot R_n &= 0,75 \cdot 8007,3 = 6005,475 \text{ kg (Menentukan)} \\
 n &= V_u / \emptyset V_n = 5908,18 / 6005,475 = 0,983 \approx 4 \text{ buah} \\
 &\text{Dipasang 4 buah baut M12.}
 \end{aligned}$$

- Sambungan pada badan balok induk

Mutu baut A325 ($F_{nv}=4750\text{kg/cm}^2$) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned}
 \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\
 &= 7752,822 \text{ kg (Menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 30 - 0,5 (12+1,5) = 23,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \cdot 2,325 \cdot 1,1 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\
 &= 12582,9 \text{ kg} \leq 12988,8 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 12582,9 = 9437,18 \text{ kg}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 5908,177 / 7752,822 = 0,76 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5 \text{ db atau Tabel J3.4 s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 18 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi : (S2)} &= 1,5 \text{ db atau Tabel J3.4 s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 18 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3 \text{ db s/d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} = 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 50 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60x60x6

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}
 \emptyset \text{ lubang} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\
 &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.62 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{siku} = 21 \times 0,6 = 12,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (21 - 4 \times 1,35) \times 0,6 = 9,36 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\phi P_u = \phi A_g f_y = 0,9 \cdot 12,6 \cdot 2500 = 28350 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\phi P_u = \phi A_n f_u = 0,75 \cdot 9,36 \cdot 4100 = 28782 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku sehingga

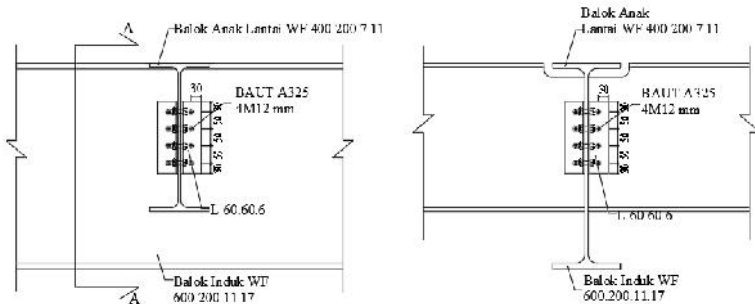
$$2\phi P_u = 2 \cdot 28350 = 56700 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2 \phi P_u \rightarrow 5908,177 \text{ kg} < 56700 \text{ kg (OK)}$$

4.5.1.2 Sambungan lantai apartemen

Dimensi balok anak yaitu WF 400x200x7x11 dan balok induk WF 600x200x11x17. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60x60x6 dengan baut ukuran M12; $A_s=1,13 \text{ cm}^2$. Gaya yang ada pada balok anak adalah gaya geser yang didapat dari perencanaan balok anak lantai sebesar 7952,055 kg



Gambar 4.63 Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk

- Sambungan pada badan balok anak

Mutu baut A325 ($F_{nv}=4750\text{kg/cm}^2$) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset. F_{nv}.Ab.m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7752,822 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 30 - 0,5 (12+1,5) = 23,25 \text{ mm}$$

$$Rn = 1,2 \ell_c t Fu \leq 2,4 d t Fu$$

$$\begin{aligned}&= 1,2 \cdot 2,325 \cdot 0,7 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 4100 \\ &= 8007,3 \text{ kg} \leq 8265,6 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

$$\emptyset.Rn = 0,75 \cdot 8007,3 = 6005,475 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = Vu / \emptyset Vn = 7952,055 / 6005,475 = 1,324 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Sambungan pada badan balok induk

Mutu baut A325 ($F_{nv}=4750\text{kg/cm}^2$) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset. F_{nv}.Ab.m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7752,822 \text{ kg (Menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 30 - 0,5 (12+1,5) = 23,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 23,25 \cdot 1,1 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\ &= 12582,9 \text{ kg} \leq 12988,8 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 12582,9 = 9437,18 \text{ kg}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 7952,055 / 7752,822 = 1,025 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5 \text{ db atau Tabel J3.4 s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pakai S1 = 30 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= 1,5 \text{ db atau Tabel J3.4 s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pakai S2 = 30 mm

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3 \text{ db s/d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} = 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm}$$

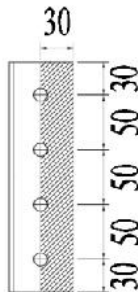
Pakai S = 50 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60x60x6

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ lubang} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.64 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{siku} = 21 \times 0,6 = 12,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (21 - 4 \times 1,35) \times 0,6 = 9,36 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g f_y = 0,9 \cdot 12,6 \cdot 2500 = 28350 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n f_u = 0,75 \cdot 9,36 \cdot 4100 = 28782 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku sehingga

$$2\emptyset P_u = 2 \cdot 28350 = 56700 \text{ kg}$$

Syarat:

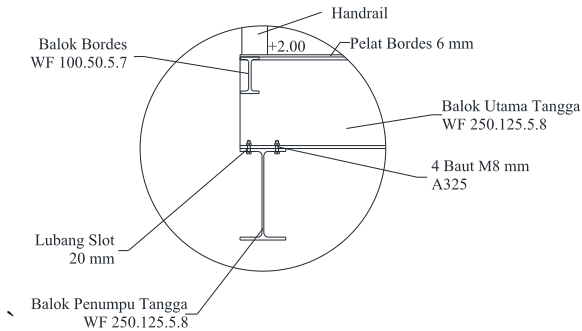
$$V_u \leq 2 \emptyset P_u \rightarrow 7952,055 \text{ kg} < 56700 \text{ kg (OK)}$$

4.5.2 Sambungan Balok Tangga

Sambungan balok tangga menggunakan tipe sambungan *simple connection* dan *riggid connection*.

4.5.2.1 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan antara balok tangga utama dengan balok penumpu tangga direncanakan sebagai perletakan rol. Sehingga, dimensi balok utama tangga WF 250x125x5x8 berada diatas balok penumpu tangga WF 250x125x5x8 dan dipasang baut ukuran M8 dengan lubang slot sepanjang $2,5d_b = 20 \text{ mm}$.



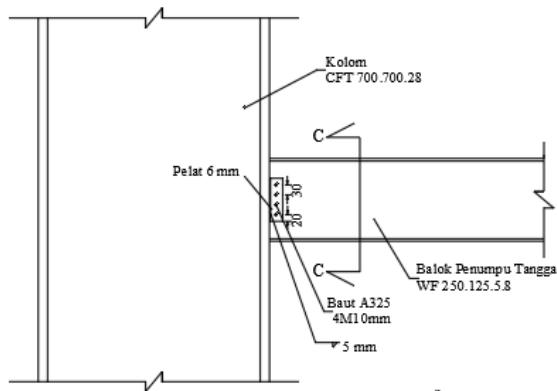
Gambar 4.65 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

4.5.2.2 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Dimensi balok penumpu tangga WF 250x125x5x8 dan dimensi kolom CFT 700x700x28. Balok penumpu tangga memiliki kapasitas balok sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} Mu^* &= 1,1 \times Ry \times Zx \times Fy \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 305 \times 2500 \\ &= 1258125 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu1 &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 1258125 / 290 = 8676,724 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.66 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- Sambungan badan balok penumpu tangga dengan pelat:

Profil pelat 6 mm

baut = M10; $A_s = 0,785 \text{ cm}^2$

Mutu baut A325 ($F_{nv}=4750\text{kg/cm}^2$) berdasarkan SNI 1729:2015
Tabel J3.2

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned}\emptyset.R_n &= \emptyset. F_{nv}.A_b.m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 0,785 \cdot 1 \\ &= 2691,952 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$l_c = 20 - 0,5 (10+1,5) = 14,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 l_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 14,25 \cdot 0,5 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 4100$$

$$= 3505,5 \leq 4920 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 3505,5 = 2629,125 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 8676,724 / 2629,125 = 3,3 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M10.

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5db \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 15 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

Pakai S1 = 20 mm

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S2)} &= 1,5 db \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 15 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

Pakai S2 = 20 mm

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} = 30 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm}$$

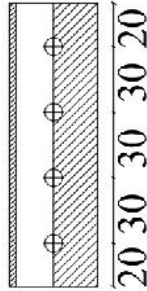
Pakai S = 30 mm

Kontrol kekuatan pelat penyambung

Tebal pelat penyambung 6 mm

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}\emptyset \text{ lubang} &= 10 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 11,5 \text{ mm} = 1,15 \text{ cm}\end{aligned}$$



Gambar 4.67 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Penumpu
Tangga dengan Kolom

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 13 \times 0,6 = 7,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (13 - 4 \times 1,15) \times 0,6 = 5,04 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g f_y = 0,9 \cdot 7,8 \cdot 2500 = 17550 \text{ kg}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n f_u = 0,75 \cdot 5,04 \cdot 4100 = 15498 \text{ kg (Menentukan)}$$

Syarat:

$$V_u \leq \emptyset P_u \rightarrow 8676,724 \text{ kg} < 15498 \text{ kg (OK)}$$

- Sambungan Pelat (6mm) dengan Kolom

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Panjang Pelat (d_{plat}) = 13 cm

Mutu las yang digunakan F_{E70xx}

$$A_{we} = t_e \cdot (d_{\text{plat}})$$

$$= 1 \times (13)$$

$$= 13 \text{ cm}^2$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{8676,724}{13} = 667,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi F_{nw} = \phi \times 0,6 \times F_{EXX} = 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{fv}{F_{nw}} = \frac{667,44}{2214,45} = 0,301 \text{ cm}$$

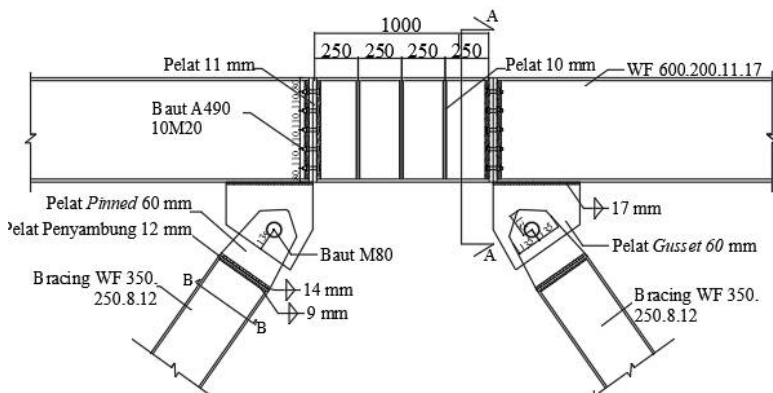
$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,301}{0,707} = 0,426 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\min} = 5 \text{ mm}$

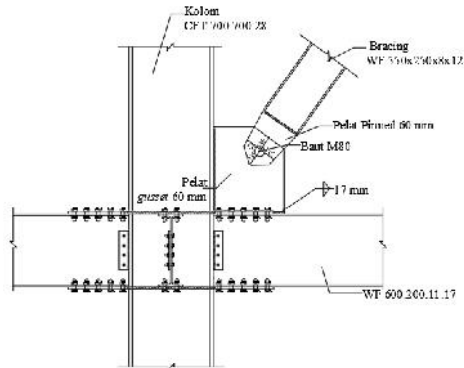
Maka dipakai las sudut dengan tebal 5 mm.

4.5.3 Sambungan *bresing*

Sesuai peraturan SNI 1729:2015, mengenai kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu 1,25. Ry.Vn. Perhitungan didasarkan pada kekuatan nominal tekan dan nominal tarik yang telah dihitung pada perencanaan bresing. Dimensi balok link adalah WF 600x200x11x17 sedangkan dimensi batang bresing adalah WF 350x250x8x12 dengan tebal pelat buhul (gusset) sebesar 60 mm. Desain sambungan bresing yaitu *pinned connection (simple connection)*. Ilustrasi desain sambungan bresing dapat dilihat pada gambar 4.65.



Gambar 4.68 Sambungan Bresing dengan Balok Link



Gambar 4.69 Sambungan Bresing dengan Balok dan Kolom

- Gaya pada bresing
 $P_u = 198282,8 \text{ kg}$

- Sambungan las pada sayap dan badan bresing dengan pelat penyambung

Direncanakan pelat dilas pada semua keliling profil bracing. Bahan las sudut yang digunakan adalah E90xx.

Tebal pelat penyambung = 12 mm

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi \cdot F_{nw} &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 90 \cdot 70,3 \\ &= 2847,15 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= t_e \cdot (2 \times (35 - 2,4) + (25 - 0,8)) \\ &= 1 \times 2 \times (32,6 + 24,2) \\ &= 112,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{198292,8}{112,6} = 1757,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{1757,91}{2847,15} = 0,617 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,617}{0,707} = 0,873 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\min} = 8 \text{ mm}$

Maka dipakai las sudut dengan tebal 9 mm

○ Sambungan las pada pelat penyambung dan pelat *pinned*

Direncanakan pelat dilas pada lebar pelat *pinned*. Bahan las sudut yang digunakan adalah E90xx.

Tebal pelat *pinned* = 60 mm

Lebar pelat *pinned* = 350 mm

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot F_{nw} &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 90 \cdot 70,3 \\ &= 2847,15 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= t_e \times (2 \times L) \\ &= 1 \times 2 \times 35 \\ &= 70 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{198292,8}{70} = 2832,753 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{2832,753}{2847,15} = 0,994 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,994}{0,707} = 1,407 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\min} = 8 \text{ mm}$

Maka dipakai las sudut dengan tebal 14 mm

○ Sambungan baut pada pelat *pinned* dengan pelat *gusset*

Tebal pelat *pinned* = 60 mm

Tebal pelat *gusset* = 60 mm

baut = M80; $A_s = 50,265 \text{ cm}^2$

Mutu baut A490 ($F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$) Berdasarkan Tabel J3.2

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 50,265 \cdot 2 \\ &= 436555,715 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 135 - 0,5 (80 + 1,5) = 94,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 9,425 \cdot 6 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 4100 \\ &= 278226 \text{ kg} \leq 472320 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 278226 = 208669,5 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 198292,772 / 208669,5 = 0,95 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipasang 1 buah baut M80.

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,25 \text{ db s/d } 12tp \\ &= 100 \text{ mm s/d } 720 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 135 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S2)} &= 1,25 \text{ db s/d } 12tp \\ &= 100 \text{ mm s/d } 720 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 135 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 80x80x8

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}\emptyset \text{ lubang} &= 80 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 81,5 \text{ mm} = 8,15 \text{ cm}\end{aligned}$$

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{pelat} = ((13,5 + 13,5/2)) \times 6 = 121,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{pelat} = (20,25 - 1 \times 8,15) \times 6 = 72,6 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g f_y = 0,9 \cdot 121,5 \cdot 2500 = 273375 \text{ kg}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n f_u = 0,75 \cdot 72,6 \cdot 4100 = 223245 \text{ kg (Menentukan)}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi P_u \rightarrow 198282,8 \text{ kg} < 223245,0 \text{ kg (OK)}$$

○ Sambungan las sudut pada plat *gusset* dan balok
Direnakan pelat dilas pada lebar pelat *gusset*. Bahan las sudut yang digunakan adalah E90xx.

Tebal pelat *gusset* = 60 mm

Tebal sayap balok = 17 mm

Lebar pelat *gusset* = 500 mm

Tebal efektif las sudut rencana $te = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi \cdot F_{nw} &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 90 \cdot 70,3 \\ &= 2847,15 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= te \times (2 \times L) \\ &= 1 \times 2 \times 50 \\ &= 100 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{198292,8}{100} = 1982,93 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{1982,93}{2847,15} = 0,696 \text{ cm}$$

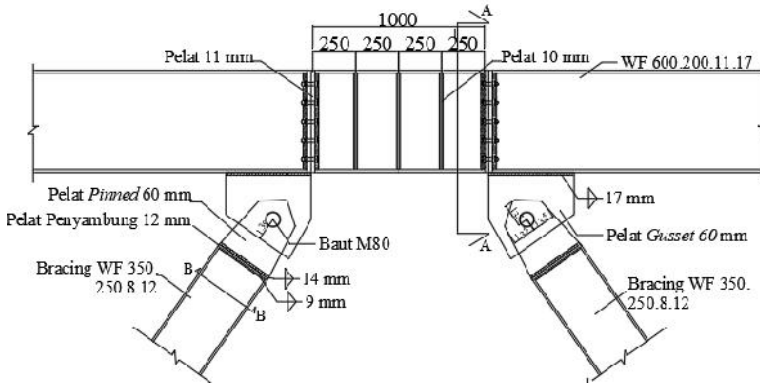
$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,696}{0,707} = 0,985 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\min} = 17 \text{ mm}$

Maka dipakai las sudut dengan tebal 17 mm

4.5.4 Sambungan link dengan balok diluar link

Balok *link* disambung menggunakan sambungan las dengan tebal 11 mm, begitu pula dengan balok diluar link. Profil *link* dengan balok diluar *link* sama yaitu WF 600 x 200 x 11 x17. *Link* dan balok diluar *link* disambung dengan baut A490 diameter M20.



Gambar 4.70 Sambungan Link

- Perhitungan gaya geser pada sambungan

- Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned} Mu &= 1,1 \times R_y \times Z_x \times F_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2863 \times 2500 \\ &= 11809875 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 11809875 / 100 = 118098,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan las balok diluar *link* dengan pelat

Direncanakan pelat dilas pada semua keliling profil balok diluar *link*. Bahan las sudut yang digunakan adalah F_{E90XX} .

Tebal pelat penyanggung = 11 mm

Tebal efektif las sudut rencana $te = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot F_{nw} &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{E90XX} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 90 \cdot 70,3 \\ &= 2847,15 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$A = te \cdot (2 \times (60 - 3,4) + (20 - 1,1))$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 \times 2 \times (56,6 + 18,9) \\
 &= 151 \text{ cm}^2 \\
 f_v &= \frac{Vu}{A} = \frac{35253,36}{151} = 233,465 \text{ kg/cm}^2 \\
 te &= \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{233,465}{2847,15} = 0,082 \text{ cm} \\
 a &= \frac{te}{0,707} = \frac{0,082}{0,707} = 0,1159 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\min} = 11 \text{ mm}$

Maka dipakai las sudut dengan tebal 11 mm

○ Sambungan las balok *link* dengan pelat
Direnkanan pelat dilas pada semua keliling profil balok diluar *link*. Bahan las sudut yang digunakan adalah F_{E90XX} .

Tebal pelat penyambung = 11 mm

Tebal efektif las sudut rencana $te = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 \emptyset \cdot F_{nw} &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{E90XX} \\
 &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 90 \cdot 70,3 \\
 &= 2847,15 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= te \cdot (2 \times (60 - 3,4) + (20 - 1,1)) \\
 &= 1 \times 2 \times (56,6 + 18,9) \\
 &= 151 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_v &= \frac{Vu}{A} = \frac{35253,36}{151} = 233,465 \text{ kg/cm}^2 \\
 te &= \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{233,465}{2847,15} = 0,082 \text{ cm} \\
 a &= \frac{te}{0,707} = \frac{0,082}{0,707} = 0,1159 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\min} = 11 \text{ mm}$

Maka dipakai las sudut dengan tebal 11 mm

○ Sambungan *link* dengan balok diluar *link*

Pelat tebal 11 mm

baut = M20; $A_s = 3,14 \text{ cm}^2$

Mutu baut A490 ($F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$) Berdasarkan Tabel J3.2

- Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 3,14 \cdot 1 \\ &= 13642,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 80 - 0,5(20 + 1,5) = 69,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 6,925 \cdot 1,1 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 4100$$

$$= 37478,1 \text{ kg} \leq 21648 \text{ kg}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 21648 = 16236 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 118098,75 / 16236 = 7,27 \approx 10 \text{ buah}$$

Dipasang 10 buah baut dengan ukuran M20.

Kontrol jarak baut

Jarak tepi : (S1) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm

$$= 25 \text{ mm s/d } 132 \text{ mm}$$

Pakai S1 = 80 mm

Jarak tepi : (S2) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm

$$= 25 \text{ mm s/d } 132 \text{ mm}$$

Pakai S2 = 80 mm

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm = 48 mm s/d 165 mm

Pakai S = 110 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung

\emptyset lubang = 20 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)

$$= 21,5 \text{ mm} = 2,15 \text{ cm}$$

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 60 \times 1,1 = 66 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (66 - 10 \times 2,15) \times 1,1 = 489,5 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g f_y = 0,9 \cdot 66 \cdot 2500 = 148500 \text{ kg}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n f_u = 0,75 \cdot 489,5 \cdot 4100 = 1505212,5 \text{ kg (Menentukan)}$$

Syarat:

$$V_u \leq \emptyset P_u \rightarrow 118098,75 \text{ kg} < 1505212,5 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol Momen

$$T_d \text{ Ulir} = 0,75 (0,75 \times 4100 \times 3,14) = 7241,625 \text{ kg}$$

$$M_u = V_u \times (t \text{ plat} + t_w) = 118098,75 \times (1,1 + 1,1) = 259817,25 \text{ kgcm}$$

Mencari garis netral (anggap dibawah baut paling bawah)

$$F_y a b = \Sigma T$$

$$a = \frac{\Sigma T}{b f_y} = \frac{10 \times 7241,625}{20 \times 4100} = 0,883 \text{ cm}$$

Momen rencana yang dapat dipikul sambungan

$$\emptyset M_n = \frac{0,9 f_y a^2 b}{2} + \Sigma T d$$

$$\emptyset M_n = \frac{0,9 \times 2500 \times 0,883^2 \times 20}{2} + 2 \times 7241,625 \times (7,117 + 8,217 + 9,317 + 10,417 + 11,517)$$

$$\emptyset M_n = 693012,82 \text{ kgcm} > M_u = 259817,25 \text{ kgcm (OK)}$$

4.5.5 Sambungan balok induk dengan kolom

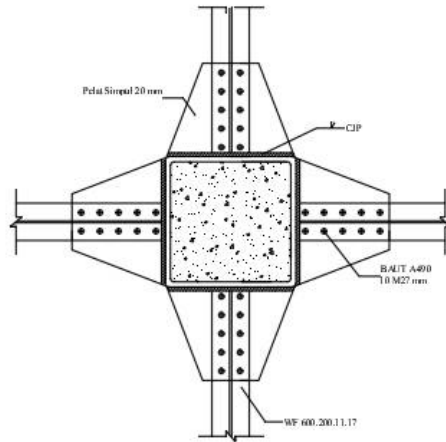
Sambungan antar balok induk – kolom direncanakan sebagai *rigid connection*, yang mana tumpuan pada balok induk terletak sebagai tumpuan yang diberi pelat pengaku.

Balok Induk = WF 600 x 200 x 11 x 17

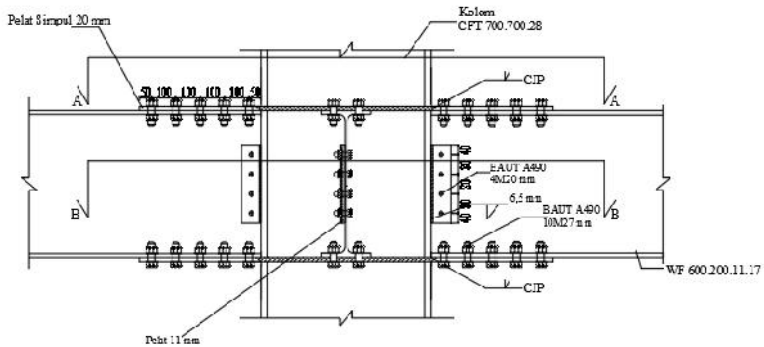
Kolom = CFT 700 x 700 x 28

Mutu Las = FE_{90xx}

Mutu baut A490 ($F_{nv}=5790 \text{ kg/cm}^2$) Berdasarkan Tabel J3.2



Gambar 4.71 Tampak Atas Sambungan Balok Induk dengan Kolom



Gambar 4.72 Tampak Samping Sambungan Balok Induk dengan Kolom

- Perhitungan gaya geser pada sambungan
- Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned}
 Mu^* &= 1,1 \times Ry \times Zx \times Fy \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times 2863 \times 2500 \\
 &= 11809875 \text{ kg cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu1 &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 11809875 / 670 = 35253,36\text{kg} \end{aligned}$$

- Akibat beban kombinasi

Dari program SAP2000, diperoleh Vu akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned} Vu2 &= 11932,98 \text{ kg} \\ Vu \text{ total} &= 35253,36 + 11932,98 \\ &= 47186,34 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan geser pada badan balok

Pelat tebal 11 mm

$$\text{baut} = M20; A_s = 3,14 \text{ cm}^2$$

Mutu baut A490 ($F_{nv}=5790 \text{ kg/cm}^2$) Berdasarkan Tabel J3.2

- Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset.F_{nv}.A_b.m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 3,14 \cdot 1 \\ &= 13642,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 40 - 0,5(20+1,5) = 29,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 2,925 \cdot 1,1 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 4100$$

$$= 15830,1 \text{ kg} \leq 21648 \text{ kg}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 15830,1 = 11872,6 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = Vu / \emptyset V_n = 47186,34 / 11872,6 = 3,97 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut dengan ukuran M20.

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 26 \text{ mm s/d 132 mm} \end{aligned}$$

Pakai S1 = 40 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 26 \text{ mm s/d 132 mm} \end{aligned}$$

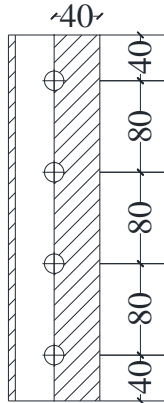
Pakai S2 = 40 mm

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3db \text{ s/d 15tp atau 200 mm} = 48 \text{ mm s/d 165 mm}$$

Pakai S = 80 mm

Kontrol kekuatan siku penyambung

$$\begin{aligned}\varnothing \text{ lubang} &= 20 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 21,5 \text{ mm} = 2,15 \text{ cm}\end{aligned}$$



Gambar 4.73 Detail Pelat Siku Sambungan Badan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 32 \times 1,1 = 35,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (32 - 4 \times 2,15) \times 1,1 = 25,74 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\varnothing P_u = \varnothing A_g f_y = 0,9 \cdot 35,2 \cdot 2500 = 79200 \text{ kg}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\varnothing P_u = \varnothing A_n f_u = 0,75 \cdot 25,74 \cdot 4100 = 79150,5 \text{ kg (Menentukan)}$$

Syarat:

$$V_u \leq \varnothing P_u \rightarrow 47186,34 \text{ kg} < 79150,5 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol Momen

$$T_d \text{ Ulir} = 0,75 (0,75 \times 4100 \times 3,14) = 7241,625 \text{ kg}$$

$$M_u = V_u \times (t_{\text{plat}} + t_w) = 47186,34 \times (1,1 + 1,1) = 103809,95$$

kgcm

Mencari garis netral (anggap dibawah baut paling bawah)

$$F_y a b = \Sigma T$$

$$a = \frac{\Sigma T}{b f_y} = \frac{4 \times 7241,625}{8 \times 4100} = 0,883 \text{ cm}$$

Momen rencana yang dapat dipikul sambungan

$$\begin{aligned} \emptyset Mn &= \frac{0,9 f_y a^2 b}{2} + \Sigma T d \\ \emptyset Mn &= \frac{0,9 \times 2500 \times 0,883^2 \times 8}{2} + 1 \times 7241,625 \times (3,117 + 11,117 \\ &\quad + 19,117 + 27,117) \end{aligned}$$

$$\emptyset Mn = 444903,7815 \text{ kgcm} > Mu = 103809,95 \text{ kgcm (OK)}$$

○ Sambungan geser pada kolom

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Panjang Pelat (d_{plat}) = 32 cm

Mutu las yang digunakan F_{E70xx}

$$A_{we} = t_e \cdot (d_{\text{plat}})$$

$$= 1 \times (32)$$

$$= 32 \text{ cm}^2$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{47186,34}{32} = 1474,573 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset F_{nw} = \emptyset \times 0,6 \times F_{EXX} = 0,75 \times 0,6 \times 90 \times 70,3 = 2847,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{1474,57}{2847,15} = 0,518 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,518}{0,707} = 0,732 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga $a_{\text{min}} = 5 \text{ mm}$ dan menurut pasal J2.2b.b ukuran maksimum las sudut didapatkan $a_{\text{max}} = 11 - 2 = 9 \text{ mm}$.

Maka dipakai las sudut dengan tebal 7,5 mm.

○ Sambungan pada pelat buhul (20mm) dengan kolom

$$Pu = \frac{Mu}{D_{balok}} = \frac{11809875}{60 - 2 \times 1,7} = 208655 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul

$$t_e = 2 \text{ cm}$$

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 90 \times 70,3 \times 2 = 5694,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_{plat}(\text{lebar plat}) = 70 \text{ cm}$$

Luas las tumpul

$$A_l = t_e \cdot d_{plat}$$

$$= 2 \times 70 = 140 \text{ cm}^2$$

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{208655}{140} = 1490,393 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{nw} \text{ (OK)}$$

○ Sambungan pada pelat buhul (20 mm) dengan sayap balok

Plate tebal 20 mm

$$\text{baut} = \text{M27}; A_s = 5,722 \text{ cm}^2$$

Mutu baut A490 ($F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$) Berdasarkan Tabel J3.2

Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 5,722 \cdot 1 \\ &= 24863,2 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$l_c = 50 - 0,5(27 + 1,5) = 35,75 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 l_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 3,575 \cdot 2 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2,7 \cdot 2 \cdot 4100$$

$$= 35178 \text{ kg} \leq 53136 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 35178 = 26383,5 \text{ kg}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 208655 / 24863,2 = 8,39 \approx 10 \text{ buah}$$

Dipasang 10 buah baut dengan ukuran M27.

Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak tepi : (S1)} = \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm}$$

$$= 34 \text{ mm s/d 150 mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi : (S2)} = \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm}$$

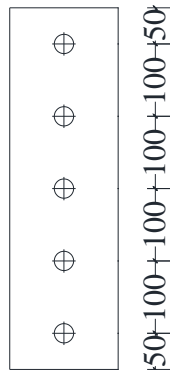
$$= 34 \text{ mm s/d 150 mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 50 \text{ mm}$$

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm = 81 mm s/d 200 mm
 Pakai S = 100 mm

Kontrol kekuatan siku penyambung

\emptyset lubang = 27 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)
 = 28,5 mm = 2,85 cm



Gambar 4.74 Detail Sambungan Plat buhul dengan Sayap Balok

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 50 \times 2 = 100 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (50 - 5 \times 2,85) \times 2 = 71,5 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g f_y = 0,9 \cdot 100 \cdot 2500 = 225000 \text{ kg}$$

Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n f_u = 0,75 \cdot 71,5 \cdot 4100 = 219863 \text{ kg (Menentukan)}$$

Terdapat 2 pelat sehingga

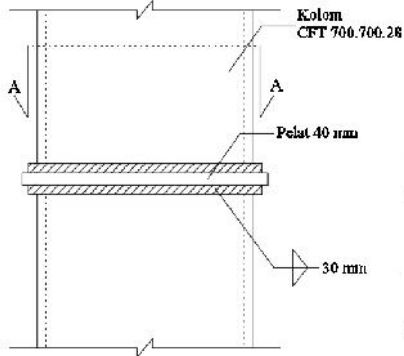
$$2\emptyset P_u = 2 \cdot 219863 = 439725 \text{ kg}$$

Syarat:

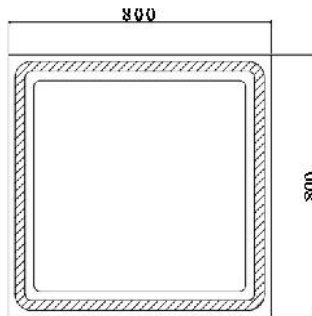
$$V_u \leq 2\emptyset P_u \rightarrow 208655 \text{ kg} < 439725 \text{ kg (OK)}$$

4.5.1 Sambungan antar kolom

Kolom disambung menggunakan sambungan las dengan pelat tambahan tebal 40 mm. Profil kolom yang digunakan yaitu CFT 700x700x28.



Gambar 4.75 Sambungan Antar Kolom Tampak Samping



Gambar 4.76 Sambungan Antar Kolom Tampak Atas

Mutu las yang digunakan F_{E90xx} .

- Hasil Output SAP 2000:

$$P_u = 792955,7 \text{ kg}$$

$$V_u = 6071,59 \text{ kg}$$

$$M_{u_x} = 81,8 \text{ kgm}$$

$$M_{u_y} = 586,7173 \text{ kgm}$$

Dimisalkan $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3}\right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3}\right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

- Akibat P_u

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_{ux}}{S_x} + \frac{M_{uy}}{S_y}$$

$$f_v = \frac{792955,7}{280} + \frac{8180}{6533,3} + \frac{58671,73}{6533,3}$$

$$f_v = 2842,217 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{6071,59}{280} = 21,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(2842,217)^2 + (21,68)^2} = 2842,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{nw}} = 0,75 \times 0,6 \times 90 \times 70,3 \times 1 = 2847,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{F_{\text{nw}}} = \frac{2842,3}{2847,15} = 0,998 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,998}{0,707} = 1,41 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{\text{plat}} = 40 \text{ mm}, a_{\text{min}} = 8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{eff}} = \frac{0,6 \times f_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E90xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 4}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 90 \times 70,3}$$

$$a_{\text{eff}} = 1,83 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan $a = 3 \text{ cm}$

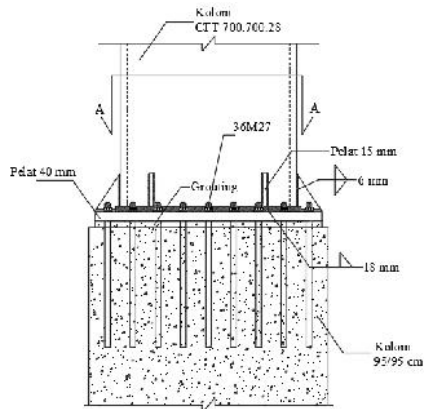
4.5.2 Sambungan kolom dengan *base plate*

Perencanaan *base plate* menggunakan *fixed plate* untuk profil CFT 700x700x28 dengan data sebagai berikut:

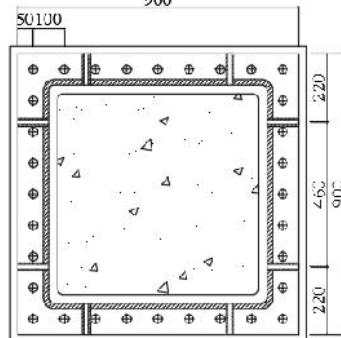
H= 900 mm

B= 900 mm

$t_p = 40$ mm



Gambar 4.77 Tampak Samping *Base Plate*



Gambar 4.78 Tampak Atas *Base Plate*

Dari hasil analisa program bantu didapat gaya- gaya yang bekerja adalah sebagai berikut:

$P_u = 675007,5$ kg

$M_{uX} = 47987840$ kg.cm

$$Mu_y = 47987840 \text{ kg.cm}$$

$$Vu = 6071,59 \text{ kg}$$

- Perencanaan sambungan pada *base plate*

Direncanakan las sudut pada daerah yang diarsir pada profil kolom.

Dimisalkan $te = 1 \text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$Ix = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$Iy = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$Sx = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3}\right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

$$Sy = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3}\right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

- Akibat P_u

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u x}{S_x} + \frac{M_u y}{S_y}$$

$$f_v = \frac{675007}{280} + \frac{47987840}{6533,3} + \frac{47987840}{6533,3}$$

$$f_v = 17100,91 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{6071,59}{280} = 21,68425 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(f_v)^2 + (f_h)^2}$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(17100,91)^2 + (21,68)^2} = 17100,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 90 \times 70,3 \times 1 = 2847,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{\text{total}}}{F_{nw}} = \frac{17100,91}{2847,25} = 6,0 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{6,0}{0,707} = 8,49551 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$t_{\text{plat}} = 40 \text{ mm}$, $a_{\text{min}} = 8 \text{ mm}$

$$a_{\text{eff}} = \frac{0,6 \times fu \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E90xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 4}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 90 \times 70,3}$$

$a_{\text{eff}} = 1,83 \text{ cm}$

Digunakan las sudut dengan $a = 1,8 \text{ cm}$

- Perhitungan *base plate*

Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{47987840}{675007,5} = 71,092 \text{ cm}$$

$1/6 h = 1/6 \cdot 90 = 15 \text{ cm} < e = 71,092 \text{ cm}$

Sehingga perlu Angkur

Karena $e > 1/6 h$ baseplate mengalami eksentrisitas besar, sehingga untuk perencanaan tebal plat perlu ditinjau terhadap gaya tarik dari baut angkur:

Direncanakan diameter baut : $20 \text{ mm} = 2,0 \text{ cm}$

$h' \geq we + c1$

$we = \text{jarak baut ke tepi} = 1,5 \cdot db = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ cm}$

diambil jarak ke tepi = 5 cm

$c1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \cdot 2,5 = 4,21 \text{ cm}$

$h' \geq 5 + 4,21 = 9,21 \text{ cm}$

$H = d + 2h' = 70 + 2 \times 9,21 = 88,42 \text{ cm} \approx 90 \text{ cm}$

$B = 90 \text{ cm}$

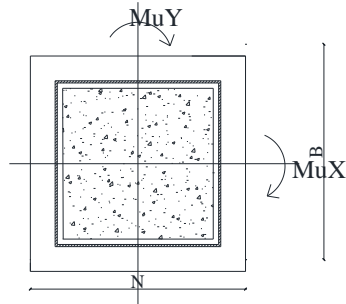
Dimensi beton :

Panjang : 95 mm

Lebar : 95 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{95,95}{90,90}} = 1,056$$

- Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 4. 79 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate

- Tekanan beton maksimal

$$\begin{aligned}
 f'_{cu} &= 0,85 \cdot f_c' \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \\
 &= 0,85 \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{95 \times 95}{90 \times 90}} \\
 &= 35,8889 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Menentukan garis netral

$$\begin{aligned}
 a &= h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu(2h-H) + 2Mu}{\phi_c \cdot f_c' \cdot u \cdot B}} \\
 a &= 850 - \sqrt{850^2 - \frac{675007,49(2 \times 850 - 900) + 2 \times 47987840}{0,6 \times 35,9 \times 900}}
 \end{aligned}$$

$$a = 46,81082 \text{ mm}$$

- Menentukan gaya tarik baut angkur

$$T_u = C - P_u$$

$$C = \phi_c \cdot f_c' \cdot B \cdot \beta_1 \cdot c$$

- Perencanaan baut angkur

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan $1/6 h < e$, maka dipasang angkur untuk pengaruh gaya tarik.

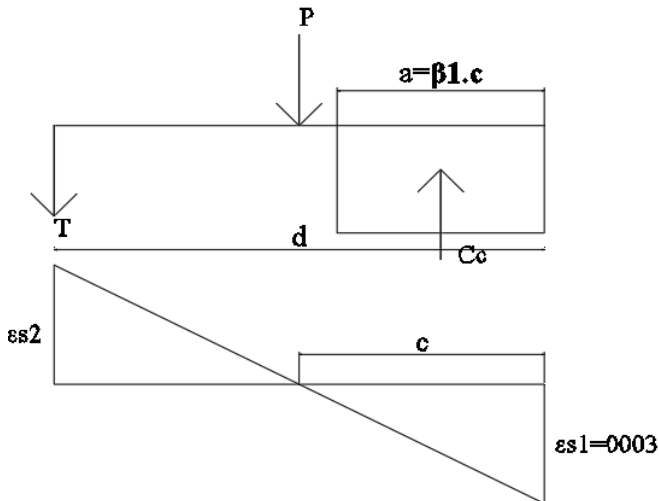
- Perhitungan baut angkur

Dipakai baut angkur M27 mm ($A_s=5,73 \text{ cm}^2$) mutu Grade A490 M, dengan kekuatan tarik nominal $F_{nt} = 7800 \text{ kg/cm}^2$

Kuat rencana Tarik baut:

$$\begin{aligned} T_d &= 0,75 \cdot F_{nt} \cdot A_b = 0,75 \times 2400 \times 5,73 \\ &= 92754 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat baut yang terjadi:



Gambar 4.80 Keseimbangan Gaya yang bekerja pada Baut

$$\emptyset Mn > Mu$$

Sehingga:

$$\emptyset Mn = Cc(c-a/2) - T(d-h/2)$$

$$T = \epsilon_{s2} \times E \times \text{luas baut} < T_d$$

$$\epsilon_{s2} = \left(\frac{d}{c}\right) \times 0,003 - 0,003$$

$$E = 200000 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk T pada jarak 900 mm ke pinggir beton

$$T = 0,00473 \times 2000000 \text{ kg/cm}^2 \times 2,7^2 = 54161 \text{ kg} < T_d = 92754 \text{ kg}$$

Perhitungan momen

$$\emptyset M_n = C_c(c-a/2) - T(d-h/2)$$

$$C_c = \emptyset c \cdot f'_c \cdot B \cdot \beta_1 \cdot c$$

c = jarak centroid beton

a = garis netral

d = jarak angkur ke pinggir

h = ukuran kolom CFT

$$T = 54161 \text{ kg}$$

$$c = 349 \text{ mm}$$

$$a = 46,81 \text{ mm}$$

d = 700 mm untuk baut terjauh

h = 700 mm

Direncanakan angkur pada ujung 9 buah

$$\emptyset M_n = 103032,3 (34,9 - 4,681/2) - 92754 (70 - 70/2)$$

$$\emptyset M_n = 141700395 \text{ kgcm} > M_u = 47987840 \text{ kgcm (OK)}$$

o Panjang baut angkur (panjang penyaluran struktur Tarik)

$$L = \frac{T}{\pi \cdot D \cdot \sqrt{f'_c}} = \frac{571975,2/18}{\pi \cdot 2,7 \sqrt{400}} = 187,31 \text{ cm}$$

$$L = 187,31 \text{ cm}$$

Maka panjang angkur yang dipakai 188 cm.

4.6 Perencanaan Struktur Bawah

4.6.1 Umum

Struktur bawah pada suatu bangunan ada berbagai macam salah satunya adalah pondasi. Pondasi memiliki tugas untuk menyalurkan beban dari struktur atas menuju ke tanah.

Secara umum terdapat dua jenis pondasi, yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Untuk perencanaan bangunan dengan beban yang relatif berat biasanya dipake pondasi dalam. Jenis pondasi dalam yang akan direncanakan pada tugas akhir ini adalah pondasi *borepile*.

4.6.2 Data tanah

Tanah untuk tempat perencanaan bangunan perlu diketahui karakteristiknya. Dengan adanya penyelidikan karakteristik tanah maka dapat diketahui dan direncanakan daya dukung tanah terhadap beban pondasi.

Penyelidikan karakteristik tanah dapat dilakukan dengan beberapa metode yang ada dilapangan, metodenya yaitu: *Standart Penetration Test* (SPT), Sondir dan Bor Dalam. Untuk perencanaan tugas akhir ini terdapat hasil metode SPT sehingga akan digunakan metode SPT dalam perhitungan daya dukung tanah. Untuk data SPT yang ada dilapangan dapat dilihat pada Lampiran

4.6.3 Beban Struktur

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban dengan metode ijin:

- D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75(0,7E) + 0,75L
- 0,6D + 0,7 E

Dari kombinasi diatas akan dipilih kombinasi paling maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan Pijin 1 tiang.

4.6.4 Perencanaan Pondasi

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi dan Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah
Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$
 - a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$
 - b. $N_1 = 0.6 N$
Kemudian pilih harga N_1 yang terkecil
2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah
Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N2 = \frac{4N1}{(1 + 0,4 Po)} \text{ untuk } Po < 7,5 \text{ ton}$$

$$N2 = \frac{4N1}{(3,25 + 0,1 Po)} \text{ untuk } Po < 7,5 \text{ ton}$$

3. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$Qu = Qp + Qs$$

$$Qp = Cn \times A \text{ ujung} = 20 \times \tilde{N} \times A \text{ ujung}$$

$$Qs = \sum Cli \times Asi$$

Dimana :

\tilde{N} = Harga rata – rata N2 4D dibawah ujung sampai dengan 8D diatas ujung tiang

Cli = N/2 untuk tanah lempung atau lanau dan N/5 untuk tanah pasir

Asi = Luas selimut tiang pada segmen $i = Oi \times hi$

Oi = Keliling tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P \text{ ijin } 1 \text{ tiang} = \frac{Qult}{SF}$$

Dimana :

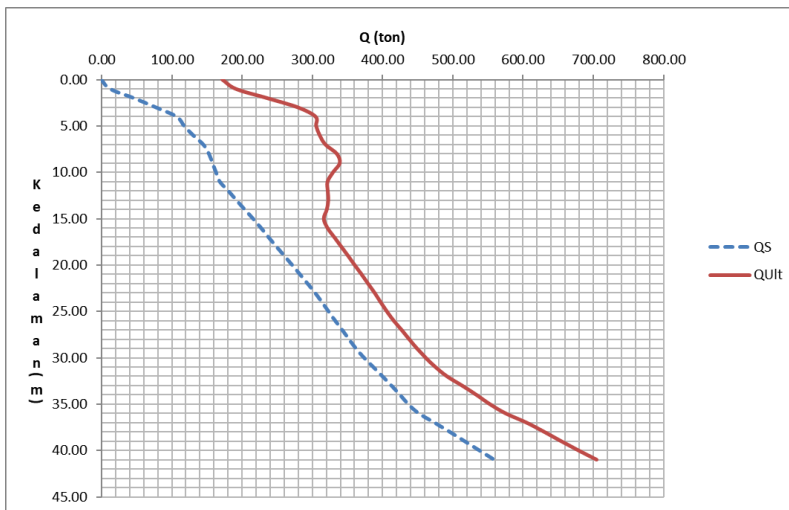
SF = safety factor = 3

Tabel 4.18 Nilai Daya Dukung Tanah

Kedalaman	N	Qp	Qs	ΣQs	QUlt ton	Qijin
(m)		ton	(ton)	(ton)		Qu/3
0.00	0.00	171.70	0.00	0.00	171.70	57.23
1.00	5.00	178.48	12.57	12.57	191.05	63.68
2.00	13.50	189.30	33.93	46.50	235.79	78.60
3.00	22.00	201.63	31.54	78.03	279.66	93.22
4.00	24.00	197.29	29.28	107.31	304.60	101.53
5.00	25.00	187.49	10.62	117.93	305.42	101.81
6.00	33.50	179.73	12.71	130.64	310.37	103.46
7.00	42.00	173.48	14.40	145.04	318.52	106.17
8.00	26.00	181.64	8.13	153.17	334.81	111.60
9.00	10.00	180.87	4.96	158.13	339.01	113.00
10.00	10.50	166.09	5.11	163.24	329.33	109.78
11.00	11.00	153.12	5.24	168.48	321.59	107.20
12.00	10.50	141.16	12.24	180.71	321.88	107.29
13.00	10.00	130.56	11.42	192.13	322.69	107.56
14.00	10.50	116.72	11.75	203.89	320.60	106.87
15.00	11.00	100.30	12.07	215.96	316.26	105.42
16.00	10.50	94.22	11.35	227.31	321.53	107.18
17.00	10.00	93.30	10.65	237.95	331.26	110.42

Tabel 4.19 Nilai Daya Dukung Tanah (lanjutan)

Kedalaman	N	Qp	Qs	ΣQs	QUlt ton	Qijin
(m)		Ton	(ton)	(ton)		Qu/3
18.00	10.50	92.05	11.01	248.97	341.01	113.67
19.00	11.00	90.47	11.37	260.33	350.80	116.93
20.00	11.00	88.71	11.20	271.54	360.25	120.08
21.00	11.00	87.42	11.04	282.57	369.99	123.33
22.00	11.00	85.82	10.88	293.45	379.27	126.42
23.00	11.00	84.53	10.72	304.17	388.71	129.57
24.00	10.00	83.34	9.61	313.79	397.13	132.38
25.00	10.00	82.84	9.48	323.26	406.10	135.37
26.00	10.00	83.19	9.35	332.61	415.81	138.60
27.00	11.00	84.38	10.15	342.76	427.14	142.38
28.00	10.50	85.57	9.56	352.33	437.90	145.97
29.00	11.00	86.76	9.89	362.22	448.98	149.66
30.00	13.00	87.68	11.54	373.76	461.43	153.81
31.00	15.00	88.32	13.15	386.90	475.23	158.41
32.00	15.00	91.82	12.99	399.89	491.71	163.90
33.00	15.00	100.50	12.83	412.72	513.22	171.07
34.00	14.50	108.78	12.25	424.97	533.75	177.92
35.00	14.00	116.03	11.69	436.66	552.69	184.23
36.00	30.00	123.68	14.85	451.51	575.19	191.73
37.00	46.00	131.12	22.51	474.01	605.13	201.71
38.00	45.00	134.64	21.76	495.78	630.42	210.14
39.00	44.00	137.59	21.04	516.81	654.40	218.13
40.00	44.50	141.33	21.04	537.85	679.18	226.39
41.00	45.00	146.17	21.04	558.89	705.06	235.02



Gambar 4.81 Grafik Daya dukung tanah terhadap kedalaman

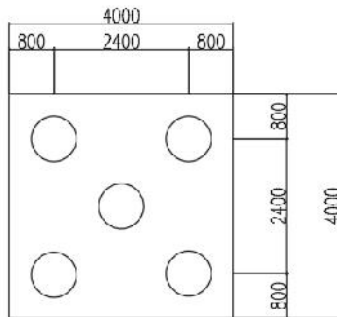
Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP, didapatkan reaksi kolom paling bawah struktur dengan kombinasi pembebanan $D + 0,75(0,7E) + 0,75L$, memiliki gaya gaya maksimum sebagai data perencanaan pondasi.

Tabel 4.20 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1

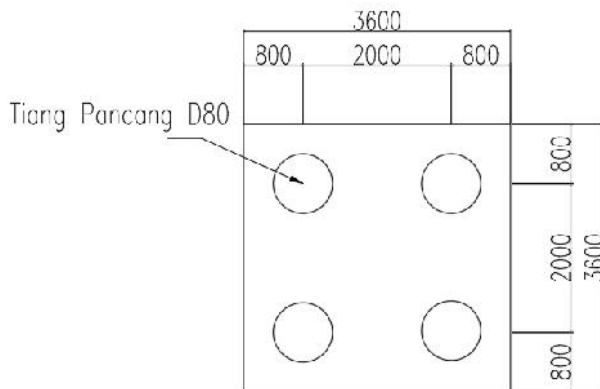
Beban Maksimum				
P (Aksial) Ton	H(x) Ton	H(y) Ton	M(x) Ton	M(y) Ton
627.7939	8.3744	8.5442	7.5666	28.12563

Tabel 4.21 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2

Beban Maksimum				
P (Aksial) Ton	H(x) Ton	H(y) Ton	M(x) Ton	M(y) Ton
459.3629	3.3341	0.6896	26.85836	11.94952



Gambar 4.82 Pondasi Tipe 1



Gambar 4. 83 Pondasi Tipe 2

4.6.4.1 Kontrol beban maksimum 1 tiang pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2} \leq P_{ijin tanah} (1 \text{ tiang})$$

Perhitungan jarak tiang

$2D \leq S \leq 3D$	dengan S = jarak antar tiang
$160 \leq S \leq 240$	dipakai S = 240 cm
$1D \leq S \leq 2D$	dengan S = jarak tepi
$80 \leq S \leq 160$	dipakai S = 80 cm

$$P = 627.7939 \text{ ton}$$

$$N = 5 \text{ tiang}$$

$$M_x = 7,566 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 28,12653 \text{ ton.m}$$

$$X_{max} = 1,2 \text{ m}$$

$$Y_{max} = 1,2 \text{ m}$$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$P_{max} = \frac{627,79}{5} \pm \frac{28,13 \times 1,2}{2,88^2} \pm \frac{7,57 \times 1,2}{2,88^2}$$

$$P_{max} = 140,23 \leq 171,07 (1 \text{ tiang}) \dots \text{OK}$$

$P_{ijin tanah}$ (1 tiang) dipilih berdasarkan perhitungan daya dukung tanah, didapatkan kedalaman tiang 33 m dengan daya dukung tanah 171,07 ton.

Tabel 4.23 Rekapitulasi Kontrol beban 1 tiang pancang pondasi tipe 1

Kombinasi beban	Hx	Hy	P	Mx	My	P/n	$\frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2}$	$\frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$	Pmax (ton)	Pijin (ton)	Pijin \geq Pmax
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m						
D	0.040	0.206	502.87	0.05	0.36	100.57	0.14	0.10	100.81	171.1	OK
D+L	0.052	0.263	621.31	0.06	0.46	124.26	0.17	0.13	124.56	171.1	OK
D+0,75L	0.049	0.249	591.70	0.06	0.43	118.34	0.16	0.12	118.62	171.1	OK
D+0,7Ex	7.207	2.313	505.66	34.57	12.78	101.13	7.14	12.45	120.72	171.1	OK
D+0,7Ey	2.147	7.227	511.51	10.12	37.25	102.30	13.28	6.27	121.84	171.1	OK
D+0,75(0,7Ex)+L	5.427	1.626	623.41	25.90	9.77	124.68	5.43	9.28	139.39	171.1	OK
D+0,75(0,7Ey)+L	1.632	5.311	627.79	7.57	28.13	125.56	10.03	4.65	140.23	171.1	OK
0,6D+0,7Ex	7.191	2.396	304.51	34.59	12.64	60.90	7.09	12.49	80.48	171.1	OK
0,6D+0,7Ey	2.131	7.309	310.36	10.14	37.11	62.07	13.22	6.30	81.60	171.1	OK

Tabel 4.22 Rekapitulasi Kontrol beban 1 tiang pancang pondasi tipe 2

Kombinasi beban	Hx	Hy	P	Mx	My	Qu ijin	P/n	$\frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2}$	$\frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$	Pmax (ton)	Pijin (ton)	Pijin \geq Pmax
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m	ton						
D	0.858	0.414	312.11	1.06	0.41	2478.15	78.03	0.72	0.78	79.52	171.1	OK
D+L	1.113	0.539	377.95	1.37	0.53	2478.15	94.49	0.93	1.01	96.43	171.1	OK
D+0,75L	1.0495	0.508	361.49	1.29	0.50	2478.15	90.37	0.88	0.95	92.20	171.1	OK
D+0,7Ex	5.320	0.371	432.61	34.73	14.27	2478.15	108.15	10.33	17.59	136.07	171.1	OK
D+0,7Ey	0.079	6.494	427.88	12.00	37.12	2478.15	106.97	18.61	9.89	135.47	171.1	OK
D+0,75(0,7Ex)+L	3.334	0.690	459.36	26.86	11.95	2478.15	114.84	7.98	13.84	136.66	171.1	OK
D+0,75(0,7Ey)+L	0.887	4.605	444.94	10.16	28.22	2478.15	111.24	14.64	7.84	133.72	171.1	OK
0,6D+0,7Ex	5.711	2.109	328.07	31.85	12.66	2478.15	82.02	9.76	17.19	108.97	171.1	OK
0,6D+0,7Ey	1.745	5.892	320.68	9.29	35.09	2478.15	80.17	18.59	8.18	106.95	171.1	OK

4.6.4.2 Daya dukung tanah tiang pancang kelompok

Daya dukung tanah tiang pancang kelompok didapatkan dari perhitungan dengan efisiensi tiang pancang dalam kelompok dan jumlah tiang pancang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1,2 meter. Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang didesain :

$$\bar{P}_{1 \text{ tiang}} = 415 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\overline{P}_{\text{tiang}} = 171,07 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 171,07ton.

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η), menurut Convera-Labare Formula:

$$Ef = 1 - \left[\frac{\arctan\left(\frac{D}{s}\right)}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right\} \right]$$

$$Ef = 1 - \left[\frac{\arctan\left(\frac{0,8}{2,4}\right)}{90} \left\{ \frac{(2,5-1)2,5 + (2,5-1)2,5}{2,5 \times 2,5} \right\} \right] = 0,754$$

Dimana :

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

D = Diameter tiang pancang

Sehingga perhitungan efisiensinya menjadi

$$\begin{aligned} \text{QL (group)} &= \text{QL (1 tiang)} \times ef \times \text{banyak tiang} \\ &= 171,07 \times 0,754 \times 5 = 645,12 \text{ ton} \end{aligned}$$

Ql (group) yang didapatkan harus lebih besar dari beban aksial yang terjadi

$$\text{QL(group)} > \text{Paksial}$$

$$645,12 \text{ ton} > 627,79 \text{ ton (OK)}$$

Tabel 4.25 Kontrol kekuatan tiang pancang group terhadap beban aksial pada pondasi tipe 1

Kombinasi beban	Pijin tanah (ton)	Jumlah tiang	m	n	s (m)	Ef	QI Group (ton)	Paksial (ton)	QI Group>
D	171.1	5	2.5	2.5	2.40	0.7542	645.12	502.87	OK
D+L	171.1	5	2.5	2.5	2.40	0.7542	645.12	621.31	OK
D+0,75L	171.1	5	2.5	2.5	2.40	0.7542	645.12	591.70	OK
D+0,7Ex	171.1	5	2.5	2.5	2.40	0.7542	645.12	505.66	OK
D+0,7Ey	171.1	5	2.5	2.5	2.40	0.7542	645.12	511.51	OK
D+0,75(0,7Ex)+L	171.1	5	2.5	2.5	2.40	0.7542	645.12	623.41	OK
D+0,75(0,7Ey)+L	171.1	5	2.5	2.5	2.40	0.7542	645.12	627.79	OK
0,6D+0,7Ex	171.1	5	2.5	2.5	2.40	0.7542	645.12	328.07	OK
0,6D+0,7Ey	171.1	5	2.5	2.5	2.40	0.7542	645.12	320.68	OK

Tabel 4.24 Kontrol kekuatan tiang pancang group terhadap beban aksial pada pondasi tipe 2

Kombinasi beban	Pijin tanah (ton)	Jumlah tiang	m	n	s (m)	Ef	QI Group (ton)	Paksial (ton)	QI Group>
D	171.1	4	2	2	2.00	0.7578	518.53	312.11	OK
D+L	171.1	4	2	2	2.00	0.7578	518.53	377.95	OK
D+0,75L	171.1	4	2	2	2.00	0.7578	518.53	361.49	OK
D+0,7Ex	171.1	4	2	2	2.00	0.7578	518.53	432.61	OK
D+0,7Ey	171.1	4	2	2	2.00	0.7578	518.53	427.88	OK
D+0,75(0,7Ex)+L	171.1	4	2	2	2.00	0.7578	518.53	459.36	OK
D+0,75(0,7Ey)+L	171.1	4	2	2	2.00	0.7578	518.53	444.94	OK
0,6D+0,7Ex	171.1	4	2	2	2.00	0.7578	518.53	328.07	OK
0,6D+0,7Ey	171.1	4	2	2	2.00	0.7578	518.53	320.68	OK

4.6.4.3 Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang

Pada brosur *Wika Prestressed Bored Pile* didapatkan spesifikai tiang pancang yang akan digunakan dalam perhitungan kekuatan terhadap beban yang terjadi, berikut merupakan spesifikasi tiang pancang dengan diameter 800mm kelas A1:

- D : 800 mm
- *Allowable Axial Load* : 415 ton
- *Momen Maximum* : 40 ton.m

a. Kontrol terhadap gaya aksial

Bored Pile yang didesain harus lebih kuat dari beban aksial yang diterima tanah (Pijin tanah)

Pijin tanah < Ptiang

171,1 ton < 415 ton

Spesifikasi bored pile memenuhi kebutuhan

b. Kontrol terhadap gaya momen

Bored pile harus kuat terhadap momen yang akan terjadi, perhitungan momen yang terjadi dengan perumusan sebagai berikut:

$M_{max} = H (e + 1,5 d + 0,5f)$

$$f = \frac{H}{9 C_u d}$$

Dimana:

$H = \text{Lateral Load (ton)}$

$e = \text{Jarak antara H dan muka tanah}$

$d = \text{Diameter Pondasi}$

$C_u = \text{kohesi tanah, tiang pancang sampai kedalaman 33 m yang mana pada kedalaman tersebut, jenis tanah sesuai hasil borlog adalah lempung sehingga memiliki nilai } C_u = 4,74 \text{ ton/m}^2$

Sehingga:

$$f = \frac{7,227}{9 \times 4,74 \times 0,8}$$

$f = 0,221$

$M_{max} = H (e + 1,5 d + 0,5f)$

$M_{max} = 9,437 \text{ ton.m}$

$M_{crack} = 40 \text{ ton.m}$

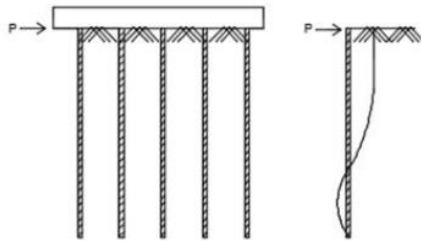
$M_{max} < M_{crack} \text{ (OK)}$

$9,437 \text{ ton.m} < 40 \text{ ton.m (OK)}$

Tabel 4.26 Rekapitulasi kontrol tiang pancang terhadap momen

Kombinasi beban	Hx	Hy	H	e	Cu (ton/m ²)	D (m)	f	M (ton.m)	M allow (ton.m)	M < Mallow
	ton	ton	ton							
D	0.040	0.206	0.206	0	4.74	0.8	0.006	0.248	40	OK
D+L	0.052	0.263	0.263	0	4.74	0.8	0.008	0.317	40	OK
D+0,75L	0.049	0.249	0.249	0	4.74	0.8	0.007	0.300	40	OK
D+0,7Ex	7.207	2.313	7.207	0	4.74	0.8	0.211	9.409	40	OK
D+0,7Ey	2.147	7.227	7.227	0	4.74	0.8	0.212	9.437	40	OK
D+0,75(0,7Ex)+L	5.427	1.626	5.427	0	4.74	0.8	0.159	6.944	40	OK
D+0,75(0,7Ey)+L	1.632	5.311	5.311	0	4.74	0.8	0.156	6.787	40	OK
0,6D+0,7Ex	5.711	2.109	5.711	0	4.74	0.8	0.167	7.330	40	OK
0,6D+0,7Ey	1.745	5.892	5.892	0	4.74	0.8	0.173	7.578	40	OK

c. Kontrol Terhadap Defleksi



Gambar 4.84 Ilustari defleksi yang terjadi pada tiang pancang

Tiang pancang memiliki poer sehingga tipe defleksi yang digunakan yaitu, defleksi untuk jenis tiang *fixed-headed* pile perhitungannya sebagai berikut:

$$\Delta = \frac{H(e + zf)^3}{12 E I} \leq 2,5 \text{ cm}$$

Dimana:

Δ = defleksi pada tiang pancang (cm)

H = Gaya lateral (ton)

e = jarak antara gaya lateral dan muka tanah (m)

E = modulus elastisitas tiang (ton/m²)

I = momen inersia tiang (m⁴)

$$zf = 1,8 T$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

nh= berkisar antara 350 kN/m³ sampai 700 kN/m³ untuk tanah lempung, diambil nilai nh=350 kN/m³≈35 ton/m³

Sehingga:

$$E = 4700 \sqrt{fc}$$

$$Fc = 52 \text{ Mpa (brosur tiang pancang)}$$

$$E = 4700 \sqrt{52}$$

$$E = 33892.2 \text{ Mpa} = 3456042.6 \text{ ton/m}^2$$

$$I = 1527869.6 \text{ cm}^4 = 0.0153 \text{ m}^4 \text{ (brosur tiang pancang)}$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{3456042.6 \times 0.0153}{35}}$$

$$T = 4,3 \text{ m}$$

$$Zf = 1,8 T = 1,8 \times 3,3 = 7,78 \text{ m}$$

$$\Delta < 2,5 = \frac{H(e + zf)^3}{12 E I}$$

$$= \frac{7,227(0 + 7,78)^3}{12 \times 3456042,6 \times 0,0153}$$

$$= 0,005371 \text{ m} = 0,54 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm (OK)}$$

Tabel 4.27 Kontrol defleksi tiang pancang terhadap beban

Kombinasi beban	Jumlah tiang	H (ton)	E	I	e	Zf	Δ (cm)	$\Delta < 2,5$
D	5	0.206	3E+06	0.02	0	7.78	0.0153169	OK
D+L	5	0.263	3E+06	0.02	0	7.78	0.0195753	OK
D+0,75L	5	0.249	3E+06	0.02	0	7.78	0.0185125	OK
D+0,7Ex	5	7.207	3E+06	0.02	0	7.78	0.5356075	OK
D+0,7Ey	5	7.227	3E+06	0.02	0	7.78	0.5370567	OK
D+0,75(0,7Ex)+L	5	5.427	3E+06	0.02	0	7.78	0.4033295	OK
D+0,75(0,7Ey)+L	5	5.311	3E+06	0.02	0	7.78	0.3947087	OK
0,6D+0,7Ex	5	5.711	3E+06	0.02	0	7.78	0.4243911	OK
0,6D+0,7Ey	5	5.892	3E+06	0.02	0	7.78	0.4378426	OK

4.6.5 Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan kuat terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan momen lentur. Data perencanaan poer sebagai berikut:

Jumlah tiang pancang = 5 buah

Dimensi poer = 4,0 x 4,0 x 1,2 m

Dimensi kolom pedestal = 950 mm x 950 mm

Mutu beton (f_c') = 40 MPa

Mutu baja (f_y) = 420 MPa

Diameter tulangan = 25 mm

Selimut beton = 70 mm

$\lambda = 1$ (beton normal)

Tinggi efektif (d):

$$d_x = 1200 - 70 - \frac{1}{2} 25 = 1117,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 70 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 1092,5 \text{ mm}$$

Gaya yang diterima poer

$$P_{\text{kolom}} = 627,29 \text{ ton}$$

$$P_{\text{max}} = P_{\text{kolom}} + 1,2W_c$$

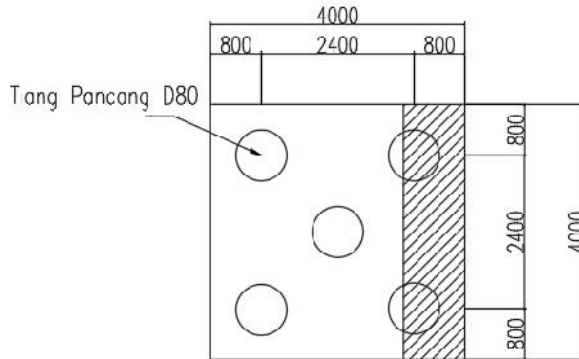
$$= 627,29 \text{ ton} + 1,2(4,0 \times 4,0 \times 1,2 \times 2,4)$$

$$P_{\text{max}} = 682,586 \text{ ton}$$

4.6.5.1 Kontrol Geser Ponds

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

a. Geser Pons 1 arah



Gambar 4.85 Area Kritis Geser Akibat Kolom

Jarak bidang kritis terhadap sisi luar:

$$C_x = (4 - 0,95 - 1,1175) / 2 = 0,96625 \text{ meter}$$

$$P_{pile} = \frac{P_{max}}{n} = \frac{682,586}{5} = 136,5172 \text{ ton}$$

$$P_{reduce} = \frac{a}{\phi} P_{pile} = \frac{600}{800} 136,5172 = 102,3879 \text{ ton}$$

$$V_u = 2 \times P_{reduce} - W_c$$

$$V_u = 2 \times 102,3879 - 1,2 \times 4 \times 4 \times 1,2 \times 2,4$$

$$V_u = 149,4798 \text{ ton}$$

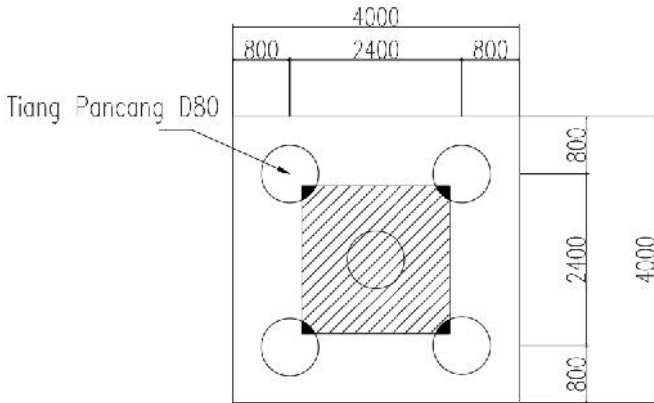
$$V_c = 0,75 \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0,75 \sqrt{4000} \times 4 \times 1,1175$$

$$V_c = 212,031 \text{ ton} > V_u = 149,4798 \text{ ton (OK)}$$

b. Geser pons 2 arah

SNI tidak memberikan prosedur secara eksplisit untuk menentukan *punching load* pada pile cap. Sehingga *punching load* dapat diasumsikan sama dengan beban kolom dikurangi berat dari bagian *pile* yang terletak pada $d/2$. Sehingga *punching load* dapat dihitung sebagai berikut:



Gambar 4.86 Area Kritis Untuk geser 2 arah

$$\lambda = \frac{\text{hatched area of pile}}{\text{gross area of pile}} = \frac{4190,9}{13086,9} = 0,32$$

$$P_{,punch} = P_{kolom} + W_c - \lambda n P_{,pile}$$

$$P_{,punch} = 627,29 + 1,2(4,0 \times 4,0 \times 1,2 \times 2,4) - 0,32 \times 5 \times 136,5172$$

$$P_{,punch} = 464,15848 \text{ ton}$$

Keliling bidang geser:

$$b_o = 2(b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d)$$

$$b_o = 2(950 + 1117,5) + 2(950 + 1117,5) = 8270 \text{ mm} = 8,27 \text{ m}$$

Luas bidang geser pons:

$$A_p = b_o \times d = 8,27 \text{ m} \times 1,1175 \text{ m} = 9,242 \text{ m}^2$$

$$\beta = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} = 950/950 = 1$$

Untuk pondasi tapak non-prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17(1+2/\beta)\lambda\sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times ((\alpha_s d)/b_o + 2)\lambda\sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333\lambda\sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

dimana :

$\alpha_s = 20$ untuk kolom sudut, $\alpha_s = 30$ untuk kolom tepi, $\alpha_s = 40$ untuk kolom interior

$$V_{c1} = 0,17(1+2/\beta)\lambda\sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17(1+2/1)1\sqrt{40} \times 8270 \times 1117,5 = 29809399 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times ((\alpha_s d)/b_o + 2)\lambda\sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2}=0,083 \times (40 \times 1117,5 / 8270 + 2) 1 \sqrt{40 \times 8270 \times 1117,5}$$

$$V_{c2}=359245058 \text{ N}$$

$$V_{c3}=0,333 \lambda \sqrt{(f_c) \times b_o \times d}$$

$$V_{c3}=0,333 \times 1 \times \sqrt{40 \times 8270 \times 1117,5} = 19463784 \text{ N (menentukan)}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P, \text{Punch}$$

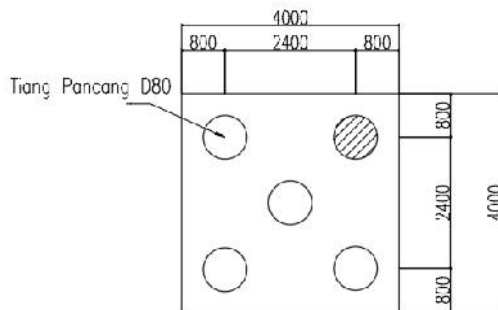
$$\phi V_c = 0,75 \times 19463784 \text{ N} = 14597838 \text{ N} = 1459,784 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 1459,784 \geq 464,1584 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 1459,784 \geq 464,1584 \text{ ton (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

c. Akibat Tiang Pancang



Gambar 4.87 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang

$$\beta = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} = 950 / 950 = 1$$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (600 + 1117,5)) = 1348,921 \text{ mm}$$

$$V_{c1}=0,17(1+2/\beta)\lambda\sqrt{(f_c)\times b_o\times d}$$

$$V_{c1}=0,17(1+2/1)1\sqrt{40\times 1348,921\times 1117,5}=4862217 \text{ N}$$

$$V_{c2}=0,083\times((\alpha_s d)/b_o+2)\lambda\sqrt{(f_c)\times b_o\times d}$$

$$V_{c2}=0,083\times(40\times 1117,5/1348,921+2)1\sqrt{40\times 1348,921\times 1117,5}$$

$$V_{c2}=278044427 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333\lambda\sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 1348,921 \times 1117,5 = 3174742 \text{ N (menentukan)}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_{pile}$$

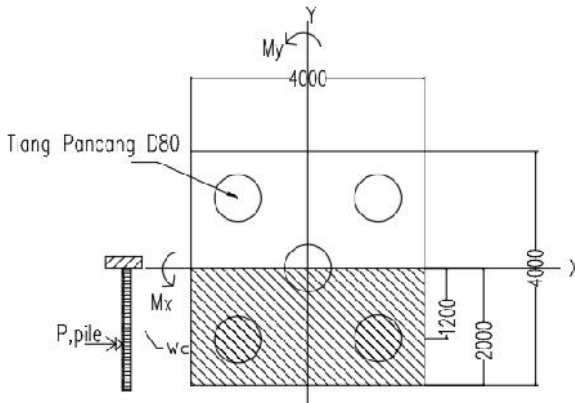
$$\phi V_c = 0,75 \times 3174742 \text{ N} = 2381056 \text{ N} = 238,1056 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 238,1056 \text{ ton} \geq 149,4798 \text{ ton (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

4.6.6 Perencanaan Penulangan pada Poer

a. Perencanaan penulangan arah X



Gambar 4.88 Daerah yang berpengaruh pada momen-x
Momen yang terjadi akan diakibatkan oleh gaya-gaya berikut:

$$P_{pile} = 136,5172 \text{ ton} = 1365,172 \text{ kN}$$

W_c = berat poer pada daerah arsiran

$$W_c = 1,2 \times 4 \times 2 \times 1,2 \times 2,4 = 27,648 \text{ ton} = 276,48 \text{ kN}$$

Perhitungan momen diasumsikan seperti perletakan jepit sederhana dengan gaya W_c dan P_{pile} . Perhitungan momen sebagai berikut:

$$M_x = 2 \times P_{pile} \times 1,2 - W_c \times (2/2)$$

$$M_x = 3001,9328 \text{ kNm}$$

$$Rn = \frac{Mux}{\phi b(dx)^2} = \frac{3001,9328 \times 10^6 N}{0,9 \times 4000 \times (1117,5)^2} = 0,6677 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12,353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,6677}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,001605$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 400}{410} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0363$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0363 = 0,0273$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = 0,0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{fy} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

$$\rho_{min} \text{ dipakai } 0,0038$$

Jadi:

$$\rho_{perlu} = 0,0038$$

$$A_{Sperlu} = \rho_{perlu} \times b \times d = 0,0038 \times 4000 \times 1117,5 = 16986 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 ($A_{st} = 491,07 \text{ mm}^2$)

$$n = A_s / A_{st} = 16986 / 491,07 = 34,6 \approx 35$$

$$s = b / n = 4000 / 34,6 = 115,641$$

Digunakan tulangan lentur **D25-100 mm** untuk bagian bawah struktur poer yang mengalami tarik.

Untuk poer bagian atas akan diberi tulangan dengan 0,5 A_s dari tulangan tarik, sehingga:

$$A_s' = 0,5 A_s$$

$$A_s' = 0,5 \times 16986 = 8493 \text{ mm}^2$$

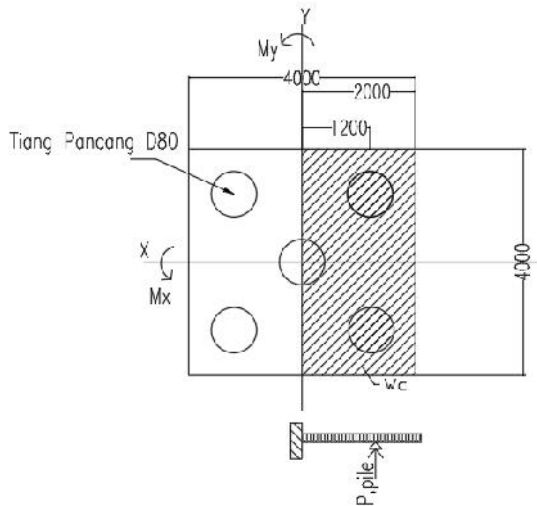
Digunakan tulangan D19 ($A_{st} = 283,52 \text{ mm}^2$)

$$n = A_s' / A_{st} = 8493 / 283,52 = 29,98 \approx 30$$

$$S = b / n = 4000 / 29,98 = 133,4$$

Digunakan tulangan lentur **D19-100 mm** untuk bagian atas struktur poer yang mengalami tekan.

b. Perencanaan penulangan arah Y



Gambar 4.89 Daerah yang berpengaruh pada momen-y
Momen yang terjadi akan diakibatkan oleh gaya-gaya berikut:

$$P_{,pile} = 136,5172 \text{ ton} = 1365,172 \text{ kN}$$

W_c = berat poer pada daerah arsiran

$$W_c = 1,2 \times 4 \times 2 \times 1,2 \times 2,4 = 27,648 \text{ ton} = 276,48 \text{ kN}$$

Perhitungan momen diasumsikan seperti perletakan jepit sederhana dengan gaya W_c dan $P_{,pile}$. Perhitungan momen sebagai berikut:

$$M_y = 2 \times P_{,pile} \times 1,2 - W_c \times (2/2)$$

$$M_y = 3001,9328 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_y}{\phi b(dx)^2} = \frac{3001,9328 \times 10^6 \text{ N}}{0,9 \times 4000 \times (1092,5)^2} = 0,699 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,699}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,00168$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25x\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25x\sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

ρ_{min} dipakai 0,0038

Jadi:

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0038$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho b d = 0,0038 \times 4000 \times 1092,5 = 16606 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 ($A_{\text{st}} = 491,07 \text{ mm}^2$)

$$n = A_{\text{S}} / A_{\text{st}} = 16606 / 491,07 = 33,8 \approx 34$$

$$s = b / n = 4000 / 33,8 = 118,287$$

Digunakan tulangan lentur **D25-100 mm** untuk bagian bawah struktur poer yang mengalami tarik.

Untuk poer bagian atas akan diberi tulangan dengan 0,5 A_{S} dari tulangan tarik, sehingga:

$$A_{\text{S}}' = 0,5 A_{\text{S}}$$

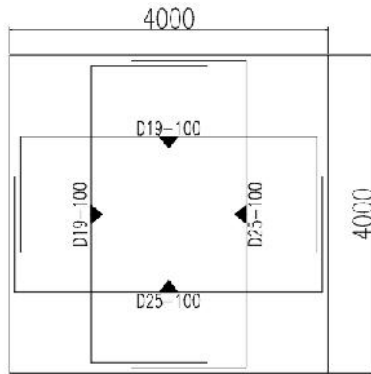
$$A_{\text{S}}' = 0,5 \times 16606 = 8303 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 ($A_{\text{st}} = 283,52 \text{ mm}^2$)

$$n = A_{\text{S}}' / A_{\text{st}} = 8303 / 283,52 = 29,28 \approx 30$$

$$S = b / n = 4000 / 29,98 = 136,587$$

Digunakan tulangan lentur **D19-100 mm** untuk bagian atas struktur poer yang mengalami tekan.



Gambar 4.90 Penulangan Poer pada pondasi tipe 1

4.6.7 Perencanaan Kolom Pedestal

4.6.7.1 Perencanaan Kolom Beton

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi.

Dimensi Kolom = 95/95 cm

Tebal decking (d') = 40 mm

Mutu tulangan (f_y) = 420 Mpa

Mutu beton (f'_c) = 40 Mpa

4.6.7.2 Kontrol dimensi kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $\geq A_g \times \frac{f'_c}{10}$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.
950 mm > 300 mm
- Rasio dimensi besar dari 0.4

$$\text{Rasio } b/h = 950/950 = 1 > 0.4$$

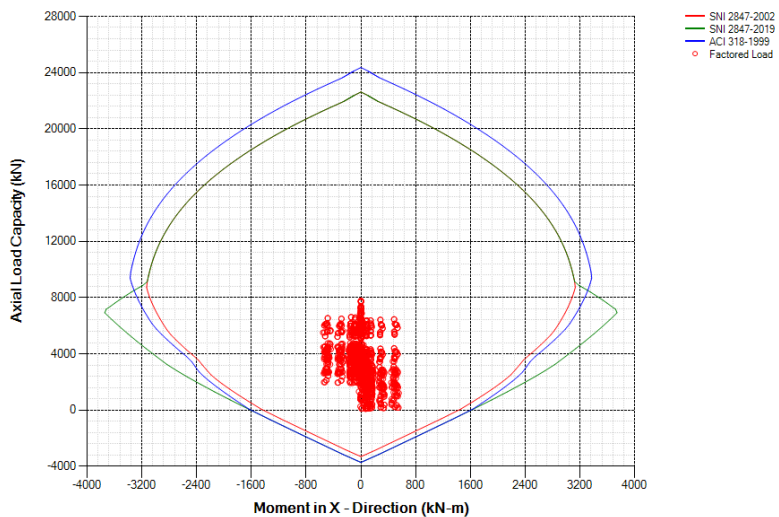
Dari hasil program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 7776,239 kN

$$7776,239 \text{ kN} \geq 950 \times 950 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$7776,239 \text{ kN} \geq 3610 \text{ kN (OK)}$$

4.6.7.3 Penulangan longitudinal kolom

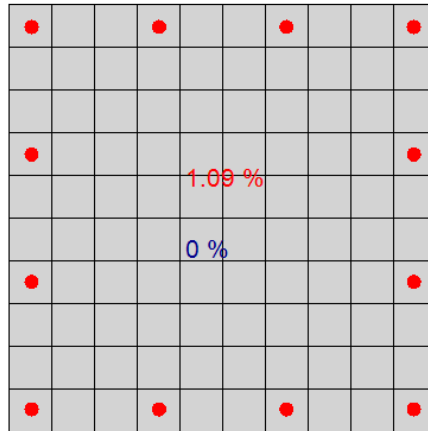
Dari beban aksial dan momen yang didapatkan dari program bantu SAP2000, kemudian dilakukan perhitungan penulangan longitudinal kolom menggunakan program bantu ITS Reinforced Concrete Column Analysis and Design, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4. 91 Diagram Interaksi Kolom 95/95 cm

Diagram interaksi antara axial dan momen menunjukkan kekuatan kolom masih memenuhi kebutuhan untuk menerima beban berfaktor. Dari hasil program bantu, didapatkan tulangan

longitudinal yang dapat dipakai adalah **12D32**. Rasio tulangan yang didapatkan 1,09%.



Gambar 4.92 Hasil Penulangan Aplikasi ITSRCCAD

4.6.7.4 Kontrol rasio tulangan longitudinal pada kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang, Ast, tidak boleh kurang dari 0.01 Ag atau lebih dari 0.06 Ag.

$$A_{st} = 7740 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 722500 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program ITS RCCAD diperoleh Tulangan longitudinal: 12D32, dengan rasio tulangan = 1,09 %.

$$0.01A_g < A_s < 0.06 A_g$$

$$7225\text{mm}^2 < 9828 \text{ mm}^2 < 54150 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

4.6.7.5 Kontrol kapasitas beban aksial kolom terhadap beban aksial terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2: kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

Dimana:

$$P = 6479,7435 \text{ kN}$$

$$\phi = 0.65$$

$$A_g = 950 \times 950 = 902500 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 12 \frac{1}{4} \pi 32^2 = 9828 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$\phi P_n = 0,8 \times 0,65 (0,85 \times 40 (902500 - 9828) + 420 (9828))$$

$$\phi P_n = 17928876 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 17928,88 \text{ kN} > P_u = 6479,7435 \text{ kN (OK)}$$

4.6.7.6 Persyaratan “*Strong Column Weak Beam*”

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2 tentang kekuatan lentur minimum kolom menyatakan persamaan:

$$\sum M_{nc} > 1,2 \sum M_{nb}$$

Di mana $\sum M_{nc}$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum M_{nb}$ merupakan momen kapasitas balok. M_{nc} dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur rendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah didapat jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. $\sum M_{nc}$ didapat dari diagram interaksi aksial dan momen kolom sebesar 1500,85 kN.m.

Nilai M_{nb} dicari dari jumlah balok yang menyatu dengan kolom 950x950, yang dapat dihitung dengan rumus

$$M_{nb} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \times 0,8, \text{ di mana nilai}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1963,495 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} = 60,637 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = A_{s,terpasang} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1963,495 \times 420 \times \left(534,3 - \frac{60,637}{2} \right) \times 0.8$$

$$M_{nb} = 332,625 \text{ kNm}$$

$$1,2 \sum M_{nb} = 1,2 (M_{nb}^+ + M_{nb}^-) = 1,2 (332,625 + 332,625) = 798,302 \text{ kNm}$$

Sehingga persyaratan untuk *strong column weak beam*:

$$\sum M_{nc} > 1,2 \sum M_{nb}$$

$$1500,85 \text{ kNm} > 798,302 \text{ kNm} \text{ (OK)}$$

4.6.7.7 Kontrol gaya tekan terhadap gaya geser rencana

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$F_s = 1,25 \times F_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$$

$$L_n = 4725 - 600 = 4125 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 1516980 \text{ kNmm}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 1516980}{4125} = 892,3412 \text{ kN}$$

$$V_{ex} = 892,3412 \text{ kN} > V_u = 231,227 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

4.6.7.8 Perhitungan tulangan geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang L_o harus dikekang oleh tulangan trasversal (A_{sh}) dengan spasi sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3.

Pemasangan Tulangan di Daerah Sendi Plastis

Jarak Tulangan Maksimum :

- $1/4 b_{kolom} = \frac{1}{4} \times 950 = 237,5 \text{ mm}$
- $6d_b = 6 \times 32 = 174 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$
- $S_o = 100 + \left(\frac{350 - (hx)}{3} \right) = 132,89 \text{ mm}$

Sehingga digunakan jarak tulangan di daerah sendi plastis 130 mm.

$A_{sh_{min}}$ sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut:

$$b_{cx} = 950 - 2 \times 40 - 2 \times 16 = 838 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (950 - 2 \times 40 - 2 \times 16)^2 = 702244 \text{ mm}^2$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{100 \times 838 \times 40}{420} \left[\frac{902500}{702244} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 682,768 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{100 \times 838 \times 40}{420} = 718,285 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

Sehingga digunakan 4D16-130

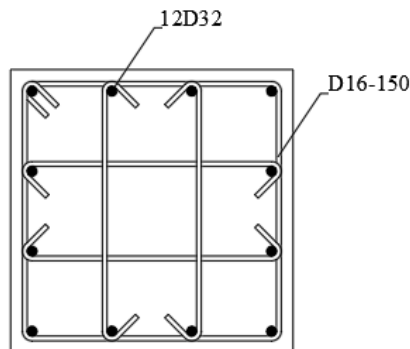
$$A_{sh} = 804,571 \text{ mm}^2 > 718,285 \text{ mm}^2$$

Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom di luar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

- $6 \times db = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka dipakai $s = 150 \text{ mm}$; sehingga menjadi D16-150



Gambar 4.93 Penulangan Kolom Pedestal

4.6.8 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (pilecap) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok sloof merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (pilecap). Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaannya sebagai berikut :

Dimensi sloof = 450×650 mm

Mutu beton (f_c) = 40 MPa

Mutu baja (f_y) = 420 Mpa

Tulangan utama = D22

Tulangan sengkang = $\emptyset 10$

Selimut beton = 40 mm

Bentang = 7,8 m

Gaya aksial kolom = 7776,239 kN

P_U sloof = $10\% \times 7776,239 = 777,6239$ kN = 777623,9 N

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diproposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{7800}{20} = 390 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 450 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

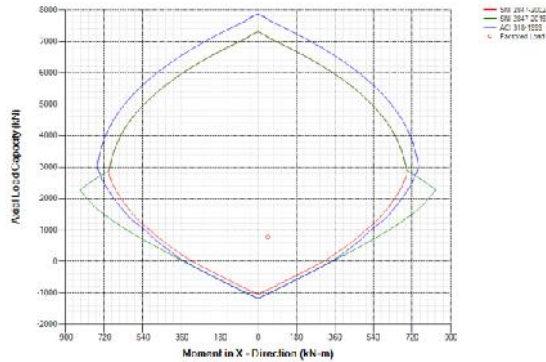
4.6.8.1 Penulangan lentur sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

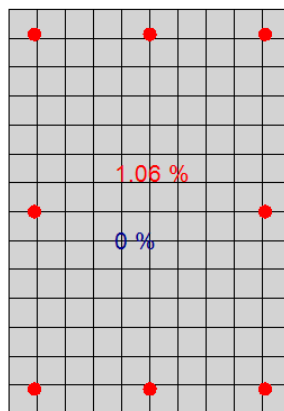
Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_d = 0,45 \times 0,65 \times 2400 = 702 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \times 702 = 842,4 \text{ kg/m} \\
 M_{u \text{ tumpuan}} &= \frac{1}{12} \times q_u \times l^2 \\
 &= \frac{1}{12} \times 842,4 \times 7,8^2 \\
 &= 4271 \text{ kgm} = 42,71 \text{ kNm} \\
 P_{u \text{ Sloof}} &= 777,6239 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.94 Diagram Interaksi Sloof



Gambar 4.95 Hasil Penulangan Aplikasi ITS RCCAD

Dari analisis spColumn didapat :
 $\rho = 0,0106$

Dipasang tulangan = 8D22 ($A_s = 3104 \text{ mm}^2$)

- Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

2 x selimut beton ($c = 40 \text{ mm}$)	$= 2 \times 40 = 100 \text{ mm}$
2 x sengkang ($\emptyset = 10 \text{ mm}$)	$= 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$
3 x D22	$= 3 \times 29 = 66 \text{ mm}$
2 kali jarak antara 25 mm	$= 2 \times 25 = 50 \text{ mm}$
Total	$= 216 \text{ mm}$

Total lebar < Lebar balok 450 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

4.6.8.2 Penulangan geser sloof

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$A_g = 450 \times 650 = 292500 \text{ mm}^2$$

$$d = 650 - 40 - 10 - 22/2 = 589 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{777623,9}{14 \cdot 292500} \right) 1 \sqrt{40} \times 450 \times 589$$

$$V_c = 339090,6 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 339090,6 = 254317,9 \text{ N} = 25431,8 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 842,4 \cdot 7,8 = 3650,4 \text{ kg}$$

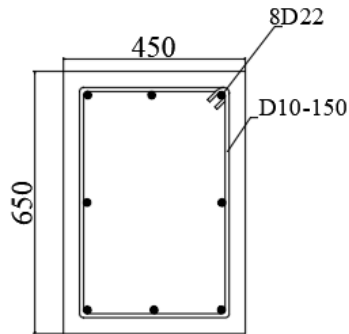
$$\phi V_c > V_u$$

$25431,8 \text{ kg} > 3650,4 \text{ kg}$ (tidak perlu tulangan geser)

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $\frac{d}{2} = \frac{589}{2} = 294,5 \text{ mm}$

- $s = 150 \text{ mm}$
Dipasang sengkang $\text{Ø}10 - 150 \text{ mm}$.



Gambar 4.96 Penulangan Sloof

4.6.9 Perencanaan Tulangan Tusuk Konde

Sambungan pada tiang pancang dengan poer didesain dengan memasang tulangan tusuk konde (*auxiliary steel bars*) yang dimasukkan ke dalam lubang tiang pancang, dengan kedalaman tertentu. Tulangan tersebut akan dicor secara monolit dengan poer.

Berikut merupakan spesifikasi dan pembebanan pada kolom:

Diameter tusuk konde : $800-2 \times 120 = 560 \text{ mm}$

Tebal decking : 40 mm

Mutu Tulangan : 420 Mpa

Mutu beton : 40 Mpa

P_u : $1677,623 \text{ kN}$

V_u : $70,80 \text{ kN}$

M_u : $92,57 \text{ kN.m}$

4.6.9.1 Kontrol Dimensi

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $\geq A_g \times \frac{f'_c}{10}$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut:

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$560 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi besar dari 0.4

$$\text{Rasio } b/h = 560/560 = 1 > 0.4$$

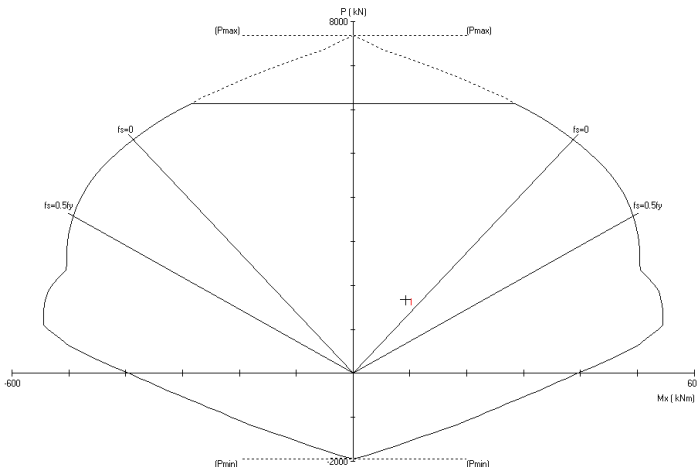
Dari hasil perhitungan didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 1677,623 kN

$$1677,623 \text{ kN} \geq \pi \times \frac{560}{2} \times \frac{560}{2} \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$1677,623 \text{ kN} \geq 984,71 \text{ kN (OK)}$$

4.6.9.2 Penulangan longitudinal

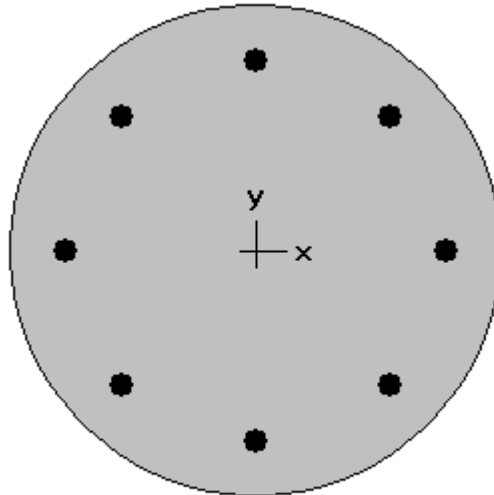
Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan longitudinal kolom menggunakan program bantu sPcolumn didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada tiang pancang, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4. 97 Diagram Interaksi tiang pancang

Diagram interaksi antara aksial dan momen menunjukkan kekuatan tiang pancang masih memenuhi kebutuhan untuk menerima beban berfaktor. Dari hasil program bantu, didapatkan

tulangan longitudinal yang dapat dipakai adalah **8D29**. Rasio tulangan yang didapatkan 2,09%.



560 mm diam.
2.09% reinf.

Gambar 4.98 Hasil Penulangan sPcolumn

4.6.9.3 Kontrol rasio tulangan longitudinal pada kolom
Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0.01 A_g$ atau lebih dari $0.06 A_g$.

$$A_g = 246301 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 2,09\% \times 246301 \text{ mm}^2 = 5147,7 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program sPColumn diperoleh Tulangan longitudinal: 8D29, dengan rasio tulangan = 2,09 %.

$$0.01 A_g < A_s < 0.06 A_g$$

$$2463,01 \text{ mm}^2 < 5147,7 \text{ mm}^2 < 14778,06 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

4.6.9.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0,85 \phi (0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

Dimana:

$$P_u =$$

$$\phi = 0,65$$

$$A_g = 246301 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 5147,7 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$\phi P_n = 0,85 \times 0,65 (0,85 \times 40 (246301 - 5147,7) + 420 (5147,7))$$

$$\phi P_n = 5724586,58 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 5724,58 \text{ kN} > P_u = 1677,623 \text{ kN (OK)}$$

4.6.9.5 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser

Gaya geser rencana, V_c . Untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$F_s = 1,25 \times f_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$$

$$L_n = 5 \times 560 = 2800 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 1133520,32 \text{ kNmm}$$

$$V_c = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 1133520,32}{2800} = 809,65 \text{ kN}$$

$$V_c = 809,65 \text{ kN} > V_u = 70,80 \text{ kN (OK)}$$

4.6.9.6 Perhitungan Tulangan Geser

Syarat Sengkang spiral $25 \text{ mm} \leq s \leq 75 \text{ mm}$

$$D_c = 560 - 2 \times 40 - 16 = 464 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = 0,25 \times \pi \times D_c^2 = 0,25 \times \pi \times 464^2 = 169093 \text{ mm}^2$$

ρ harus memenuhi persyaratan di SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4, pasal 10.9.3 dan diambil nilai yang terbesar dari rumus berikut:

$$\begin{aligned} \rho_s &= 0,12 \times f'_c / f_y \\ &= 0,12 \times 40 / 420 \\ &= 0,011 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_s &= 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f'c}{f_{yt}} \\
 &= 0,45 \times \left(\frac{246301}{169093} - 1 \right) \times \frac{40}{420} \\
 &= 0,019 \text{ (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As- perlu} &= \rho_s \times A_g \\
 &= 0,019 \times 246301 \\
 &= 4819,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\frac{\pi}{4} \times d^2 \times 1000}{A_{sperlu}} \\
 &= \frac{\frac{\pi}{4} \times 16^2 \times 1000}{4819,76} \\
 &= 41,69 \text{ mm (tidak memenuhi syarat minimum)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan spiral D16 - 40

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan struktur dan Analisa yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Perhitungan Struktur Sekunder:
 - a. Pelat Atap dan Pelat Lantai menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK dengan tebal 0,75 mm dengan tebal pelat beton 11 cm.
 - b. Dimensi balok anak pada atap menggunakan Baja BJ-41 menggunakan profil WF 350 x 175 x 7x 11
 - c. Dimensi balok anak pada lantai gedung menggunakan Baja BJ-41 menggunakan profil WF 400 x 200 x 7 x 11
 - d. Dimensi balok penggantung lift menggunakan profil WF 500x200x9x14
 - e. Tebal Pelat anak tangga menggunakan pelat baja dengan tebal 4mm pada anak tangga dan 6mm pada bordes. Balok bordes menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x7, balok utama tangga dan balok penumpu menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x8
2. Analisa SAP2000 untuk permodelan telah memenuhi kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, kontrol nilai akhir respon spektrum dan kontrol simpangan antar lantai (*drift*) di kota Surabaya telah memenuhi syarat.
3. Hasil Perhitungan Struktur Primer:
 - a. Link arah X dan Y merupakan link pendek dengan panjang link 100 cm menggunakan profil WF 500x300x11x15
 - b. Dimensi link dan balok diluar link pada lantai dengan mutu BJ-41 menggunakan profil WF 500x300x11x15
 - c. Bressing menggunakan WF 350x250x8x12
 - d. Balok induk menggunakan profil WF 500x300x11x15.
 - e. Kolom menggunakan tipe Concrete Filled Tube dengan dimensi Lantai 1-5 CFT 700 x 700 x28, Lantai 6-10 CFT 600 x 600 x 25, Lantai 11-14 CFT 500 x 500 x25.

4. Hasil Perhitungan Sambungan:
 - a. Sambungan balok anak atap dan balok induk menggunakan 4 buah dan 4 buah baut M12 mm A325 dan pelat siku 60x60x6.
 - b. Sambungan balok anak lantai dan balok induk menggunakan 2 buah dan 2 buah baut M12 mm A325 dan pelat siku 60x60x6.
 - c. Sambungan balok utama tangga dan balok tumpu tangga diberikan lubang slot 20 mm dan baut 4M8 mm A325.
 - d. Sambungan balok penumpu tangga dan kolom menggunakan baut 4M8 mm A325 dan pelat ketebalan 6 mm dan las sudut 5 mm.
 - e. Sambungan bresing menggunakan pelat *pinned* dengan ketebalan 60 mm yang disambung dengan baut M80 pada pelat *gusset* 60 mm, sambungan pelat *gusset* dengan balok menggunakan las sudut 17 mm.
 - f. Sambungan *link* dengan balok diluar *link* menggunakan sambungan baut 10M20 mm dengan las sudut 11 mm.
 - g. Sambungan Balok Induk dan Kolom menggunakan 4M20 mm dan 10 M27mm serta las tumpul pada pelat buhul setebal 20 mm.
 - h. Sambungan antar kolom menggunakan las sudut dan pelat dengan tebal 40 mm
 - i. Sambungan Base Plate menggunakan pelat dengan ukuran 900 x 900 mm dengan ketebalan 40 mm dan menggunakan baut angkur F1554 M27 36 buah.
5. Hasil Perhitungan struktur bawah
 - a. Pondasi menggunakan tiang pancang produk dari PT. Wika Beton Precast dengan diameter 800 mm dengan mencapai kedalaman -33 m.
 - b. Penulangan poer menggunakan D19-100 & D25-100 mm.
 - c. Dimensi Kolom sebesar 95/95 cm menggunakan jumlah tulangan 12D 32.
 - d. Dimensi sloof sebesar 45/65 cm menggunakan tulangan 8D22.

5.2 Saran

Saran untuk Tugas Akhir ini adalah:

1. Pemilihan profil untuk perencanaan pada struktur sekunder dan struktur primer dapat dilakukan berdasarkan berat profil yang akan mempengaruhi berat total struktur
2. Diharapkan perencanaan bangunan Gedung dengan system rangka bresing eksentris (SRBE) dapat diterapkan dengan luas pada perencanaan gedung di Indonesia
3. Kontrol terhadap permodelan struktur pada program bantu harus sangat diperhatikan karena akan mempengaruhi hasil desain
4. Diperlukan pengawasan yang baik dan benar dalam pelaksanaan dilapangan, diperlukan pemeriksaan detail-detail pada sambungan agar sambungan tidak *collapse* terlebih dahulu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- AISC, 2010. *Specification for Structural Steel Building*. Chicago: American Institute of Steel Construction.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 1729:2002)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)*. Bandung: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2015. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 1729:2015)*. Bandung: BSN.
- Chadwell, C. & Imbsen, R. A., 2004. *XTRACT: A Tool for Axial Force - Ultimate Curvature Interactions*, New York: ASCE.
- Computer And Structure, Inc., 2013. CSI Knowledge Base.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Lembaga Penelitian Masalah Bangunan.
- Engelhardt, M. D. & Popov, E. P., 1988. Seismic Eccentrically Braced Frames. *J. Construct. Steel Research*, Volume 10, pp. 321-354.
- Engelhardt, M. D. & Popov, E. P., 1989. Design of Eccentrically Braced Frame. *Earthquake Spectra*, Volume 5.
- Marwan & Isdarmanu, 2006. *Buku Ajar Struktur Baja 1*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil, ITS.
- Popov, E. P. & C.W, R., 1978. Design of an Eccentrically Braced Steel Frame. *AISC Engineering Journal*, Volume 15.

Salmon, C. & Johnson, J., 2009. *Steel Structures Design and Behavior*. 5 ed. United States of America: Pearson Education.

Sastrodarsono, Suyono & Nakazawa, K., 1994. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Setiawan, A., 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Erlangga.

Wahyudi, H., 1999. *Daya Dukung Pondasi Dangkal*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DRILLING LOG

KLIEN = PT. ESKAPINDO MATRA	TIBE BOR = ROTARY DRILLING	Remarks:
NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN SIMPANG SH/USUN TOL WARU - SIDOARJO	MULAI = 31 JANUARI 2019	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR = BH-1	SELESAI = 2 FEBRUARI 2019	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH = -1.00 METER	MASTER BOR = HARNO	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK = SIMPANG SUSUN TOL WARU - SIDOARJO		

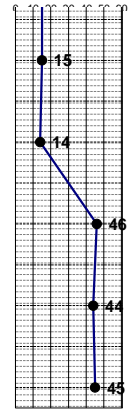
Scale in m	Elevation (LWL) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test			N - Value		
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm				
														15 cm	15 cm		15 cm	
START OF BORING																		
0.00	0.00	-1.00			PASIR KERIKIL BATU		VERY SOFT TO SOFT	SPT 0 s/d 5										
2.00	-2.00	-2.00			SIRTU	COKLAT					-2.00	SPT 1	5	1	2	3	5	
3.00	-3.00	-3.00			LEMPUNG PASIR KERIKIL		VERY STIFF	SPT = 22			-2.50							
4.00	-4.00	-4.00			LEMPUNG LANAU						-4.00	SPT 2	22	6	10	12	22	
5.00	-5.00	-5.00			PASIR	ABU - ABU	VERY STIFF	SPT = 25		-4.50	UD 01	-4.50						
6.00	-6.00	-6.00			PASIR KASAR	ABU - ABU	MEDIUM TO HARD	SPT 10 s/d 42		-5.00		-6.00	SPT 3	25	5	11	14	25
7.00	-7.00	-7.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-8.00		-8.00	SPT 4	42	11	16	26	42
8.00	-8.00	-8.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-8.50		-8.50	SPT 5	10	2	5	5	10
9.00	-9.00	-9.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-9.50	UD 02	-10.00	SPT 6	11	3	5	6	11
10.00	-10.00	-10.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-10.00		-10.50	SPT 7	10	2	4	6	10
11.00	-11.00	-11.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-12.00		-12.00	SPT 8	11	2	5	6	11
12.00	-12.00	-12.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-12.50		-12.50	SPT 9	10	2	4	6	10
13.00	-13.00	-13.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-14.00	UD 03	-14.00	SPT 10	11	2	5	6	11
14.00	-14.00	-14.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-14.50		-14.50	SPT 11	10	2	4	6	10
15.00	-15.00	-15.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-15.00		-15.00	SPT 12	11	2	5	6	11
16.00	-16.00	-16.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-16.00		-16.50	SPT 13	10	2	4	6	10
17.00	-17.00	-17.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-16.50		-16.50	SPT 14	11	3	5	6	11
18.00	-18.00	-18.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-18.00		-18.50	SPT 15	10	2	4	6	10
19.00	-19.00	-19.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-18.50		-18.50	SPT 16	11	3	5	6	11
20.00	-20.00	-20.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-19.50	UD 04	-20.00	SPT 17	10	2	4	6	10
21.00	-21.00	-21.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-20.00		-20.50	SPT 18	11	2	5	6	11
22.00	-22.00	-22.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-20.50		-20.50	SPT 19	10	2	4	6	10
23.00	-23.00	-23.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-21.00		-21.00	SPT 20	11	3	5	6	11
24.00	-24.00	-24.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-22.00		-22.00	SPT 21	10	2	4	6	10
25.00	-25.00	-25.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-22.50	UD 05	-24.00	SPT 22	11	3	5	6	11
26.00	-26.00	-26.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-24.00		-24.50	SPT 23	10	4	4	6	10
27.00	-27.00	-27.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-24.50		-24.50	SPT 24	10	4	4	6	10
28.00	-28.00	-28.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-25.00		-25.00	SPT 25	10	3	5	5	10
29.00	-29.00	-29.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-26.00		-26.50	SPT 26	10	3	5	5	10
30.00	-30.00	-30.00			LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-26.50		-26.50	SPT 27	10	3	5	5	10
					LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-27.00		-27.00	SPT 28	11	3	5	6	11
					LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-28.00		-28.50	SPT 29	10	3	5	6	10
					LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-28.50		-28.50	SPT 30	11	3	5	6	11
					LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-29.00		-29.00	SPT 31	10	3	5	6	10
					LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-30.00		-30.00	SPT 32	15	5	7	8	15
					LEMPUNG	ABU - ABU	MEDIUM	SPT 10 s/d 11		-30.50		-30.50	SPT 33	15	5	7	8	15



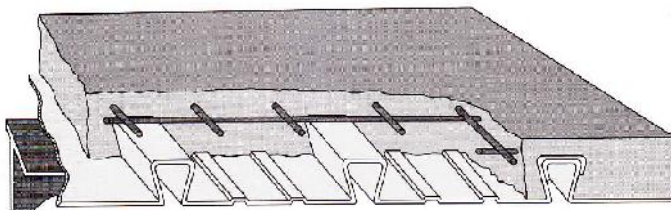
DRILLING LOG

KLIEN = PT. ESKAPINDO MATRA	TIBE BOR = ROTARY DRILLING	Remarks:
NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN SIMPANG SH/USUN TOL WARU - SIDOARJO	MULAI = 31 JANUARI 2019	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR = BH-1	SELESAI = 2 PEBRUARI 2019	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH = -1.00 METER	MASTER BOR = HARNO	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK = SIMPANG SUSUN TOL WARU - SIDOARJO		

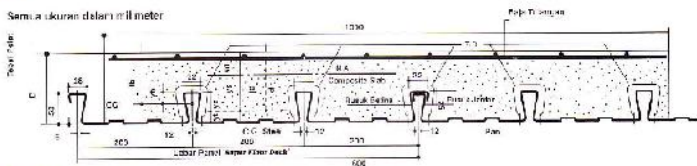
Scale in m	Elevation (LWL) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				N - Value	
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm				
														15 cm	15 cm	15 cm		
31.00	-31.00	-31.00																
32.00	-32.00	-32.00			LEMPUNG	ABU - ABU	VERY STIFF TO HARD	SPT 14 s/d 15			-32.00	SPT 16	15	5	6	9		
33.00	-33.00	-33.00									-34.00	SPT 17	14	4	6	8		
34.00	-34.00	-34.00									-34.50							
35.00	-35.00	-35.00									-36.00	SPT 18	46	9	20	26		
36.00	-36.00	-36.00			LEMPUNG LANAU PASIR HALUS KERIKIL	ABU - ABU GELAP	HARD	SPT = 46			-36.50							
37.00	-37.00	-37.00									-38.00	SPT 19	44	8	19	25		
38.00	-38.00	-38.00			LANAU PASIR HALUS	ABU - ABU GELAP	HARD	SPT 44 s/d 45			-38.50							
39.00	-39.00	-39.00									-40.00	SPT 20	45	9	20	25		
40.00	-40.00	-40.00									-40.50							
END OF BORING																		



Super Floor Deck®



PERENCANAAN Plat Lantai Komposit



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan Luangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Kotakan on plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tinggi penyengga sumpontara yang dibutuhkan untuk monadakan lendutan awal pada waktu beton dari **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PERENCANAAN **Super Floor Deck® PERLEBAR 1000 MM**

Tabel 1	Beban per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penub		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			h	Gaya reaksi aman untuk perhitungan lepu			Gaya reaksi aman untuk perhitungan langat				
			h ₁	h ₂	h ₁	h ₂	h ₃	h ₁	h ₂	h ₃		16 mm perletan	Penampang per 12 mm	h ₁	h ₂	h ₃	Penampang per 12 mm	h ₁	h ₂
mm	kg/m ²	mm ²	mm	mm	10 ³ kgm ²	10 ³ kgm ²	10 ³ kgm ²	10 ³ kgm ²	10 ³ kgm ²	10 ³ kgm ²	mm	kg	kg	kg	mm	kg	kg	kg	kg
3.75	10.1	104	37.5	15.4	99.1	12.10	20.14	20.19	15.51	10.72	3.425	3.19	3.09	6.1	10.0	1.14	1.10	1.10	1.10

Keterangan: h₁ = dimensi total, h₂ = dimensi efektif beton pada bentang positif, h₃ = dimensi efektif beton pada bentang negatif
 h₁ = dimensi total, h₂ = dimensi efektif beton pada bentang positif, h₃ = dimensi efektif beton pada bentang negatif
 16 mm perletan = dimensi total, 12 mm = dimensi efektif beton pada bentang positif, 12 mm = dimensi efektif beton pada bentang negatif

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

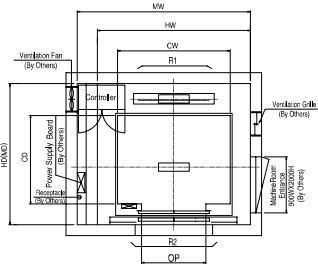
Super Floor Deck® 0.75 N/P	LEWAT GANDA DUA TIANG BERTUMBUK										UNTUK BEBAN SEMPURNA TITIK DUA BENTANG									
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
LEWAT PERLEBAR 1000 mm	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
LEWAT PERLEBAR 1500 mm	2.25	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	7.50	8.25	9.00	2.25	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	7.50	8.25	9.00
LEWAT PERLEBAR 2000 mm	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00
LEWAT PERLEBAR 2500 mm	3.75	5.00	6.25	7.50	8.75	10.00	11.25	12.50	13.75	15.00	3.75	5.00	6.25	7.50	8.75	10.00	11.25	12.50	13.75	15.00
LEWAT PERLEBAR 3000 mm	4.50	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00	16.50	18.00	4.50	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00	16.50	18.00
LEWAT PERLEBAR 3500 mm	5.25	7.00	8.75	10.50	12.25	14.00	15.75	17.50	19.25	21.00	5.25	7.00	8.75	10.50	12.25	14.00	15.75	17.50	19.25	21.00
LEWAT PERLEBAR 4000 mm	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00
LEWAT PERLEBAR 4500 mm	6.75	9.00	11.25	13.50	15.75	18.00	20.25	22.50	24.75	27.00	6.75	9.00	11.25	13.50	15.75	18.00	20.25	22.50	24.75	27.00
LEWAT PERLEBAR 5000 mm	7.50	10.00	12.50	15.00	17.50	20.00	22.50	25.00	27.50	30.00	7.50	10.00	12.50	15.00	17.50	20.00	22.50	25.00	27.50	30.00

Dalam hal ini, 3-BAN MATA DEBAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON, SUDAH DIPERHITUNGGAN
 SEBEN BERRIANG DAIKAT TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA
 - MUTU BAJA TULANGAN U 28

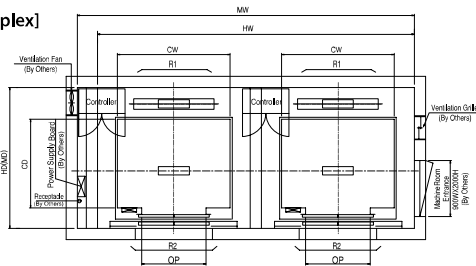
Technical Data

I Hoistway & Machine Room Plan

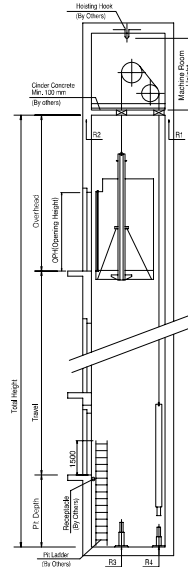
[Simplex]



[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	Travels:100	4200	1400	2300	3000
		1350	Travels:100	4300			4500
		1150/1600	Travels:80	4300			4500
		80<Travels:100	4650	3000			
	1.5	450-1000	Travels:100	4400	1450	2300	3000
		1350	Travels:100	4400			4500
		1150/1600	Travels:80	4400			4500
		80<Travels:100	4750	3000			
	1.75	450-1000	Travels:100	4500	1600	2300	3000
		1350	Travels:100	4500			4500
		1150/1600	Travels:80	4500			4500
		80<Travels:100	4850	4500			
MS2021	1	410-1025	Travels:100	4200	1400	2550	3000
		1365	Travels:100	4300			4500
		1160/1365	Travels:80	4300			4500
		80<Travels:100	4650	3000			
	1.5	410-1025	Travels:100	4400	1450	2550	3000
		1365	Travels:100	4400			4500
		1160/1365	Travels:80	4400			4500
		80<Travels:100	4750	4500			
	1.75	410-1025	Travels:100	4500	1600	2550	3000
		1365	Travels:100	4500			4500
		1160/1365	Travels:80	4500			4500
		80<Travels:100	4850	4500			
Standard / EN	2			5100	1900	2300	4500
	2.5	800-1600	Travels:130	5300	2200		

Technical Data

| Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	24	1600	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	2550	2450	2550	10200	7000	10950	8700
	2150		1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

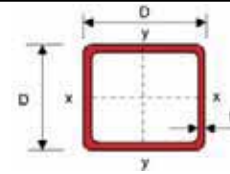
[EN Code]

1.0	6	450	700	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	21	1600	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	2550	2450	2550	10200	7000	10950	8700
	2150		1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[Malaysia]

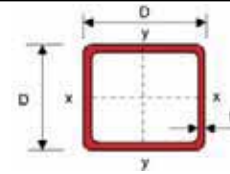
1.0	6	410	800	1400	830	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4100	2500	4700	3450
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	5450	4300	6600	4700
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450				
	20	1365	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	10200	7000	10950	8700

Square



Designation	Mass	Area	Second	Radius	Elastic	Plastic	Torsional		Surface	
Size	Per	Of	Moment	Of	Modulus	Modulus	Constants		Area	
DxD	Metre	Section	Of Area	Gyration	Z	S	J	C	Per Metre	
mm	t	A	I	r	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
200x200	5	30.50	38.7	2445	7.95	245	283	3756	362	0.787
	6	36.40	46.2	2883	7.90	288	335	4449	426	0.785
	6.3	38.20	48.4	3011	7.89	301	350	4653	444	0.784
	8	48.00	60.8	3709	7.81	371	436	5778	545	0.779
	10	59.30	74.9	4471	7.72	447	531	7031	655	0.774
	12.5	73.00	92.1	5336	7.61	534	643	8491	778	0.768
16	91.50	115	6394	7.46	639	785	10340	927	0.759	
220x220	5	33.50	42.7	3281	8.76	298	344	5028	442	0.867
	6	40.00	51.0	3875	8.72	352	408	5963	521	0.865
	8	52.70	67.2	5002	8.63	455	532	7765	669	0.859
	10	65.10	82.9	6050	8.54	550	650	9473	807	0.854
	12	77.20	98.3	7023	8.45	638	762	11090	933	0.849
14	88.90	113	7922	8.36	720	868	12620	1049	0.844	
250x250	6	45.80	58.2	5752	9.94	460	531	8825	681	0.985
	6.3	48.10	61.0	6014	9.93	481	556	9238	712	0.984
	8	60.50	76.8	7455	9.86	596	694	11530	880	0.979
	10	75.00	94.9	9055	9.77	724	851	14110	1065	0.974
	12.5	92.60	117	10920	9.66	873	1037	17160	1279	0.968
	16	117.00	147	13270	9.50	1061	1280	21140	1546	0.959
260x260	6	47.60	60.6	6491	10.4	499	576	9951	740	1.02
	6.3	49.90	63.5	6788	10.3	522	603	10420	773	1.02
	8	62.80	80.0	8423	10.3	648	753	13010	956	1.02
	10	77.70	98.9	10240	10.2	788	924	15930	1159	1.01
	12	92.20	117	11950	10.1	920	1087	18730	1348	1.01
	12.5	95.80	122	12370	10.1	951	1127	19410	1394	1.01
	14	106.00	136	13560	10.0	1043	1244	21400	1525	1.00
	14.2	108.00	137	13710	9.99	1055	1259	21660	1542	1.00
16	120.00	153	15060	9.91	1159	1394	23940	1689	1.00	
300x300	6	55.10	70	10080	12.0	672	772	15407	997	1.18
	6.3	57.95	73.6	10550	12.0	703	809	16140	1043	1.18
	8	73.10	92.8	13130	11.9	875	1013	20190	1294	1.18
	9	81.93	104	14600	11.9	973	1130	22520	1437	1.18
	10	90.70	115	16030	11.8	1068	1246	24810	1575	1.17
	12	107.97	137	18780	11.7	1252	1470	29250	1840	1.17
	12.5	112.00	142	19440	11.7	1296	1525	30330	1904	1.17
	16	142.00	179	23850	11.5	1590	1895	37620	2325	1.16
350x350	6	64.50	82.2	16170	14.0	924	1058	24650	1373	1.38
	8	85.70	109	21130	13.9	1207	1392	32380	1789	1.38
	10	106.00	135	25880	13.9	1479	1715	39890	2185	1.37
	12	127.00	161	30440	13.8	1739	2030	47150	2563	1.37
	12.5	132.00	167	31540	13.7	1802	2107	48930	2654	1.37
	14	146.00	186	34790	13.7	1988	2334	54190	2922	1.36
	14.2	148.00	189	35210	13.7	2012	2364	54880	2957	1.36
	16	167.00	211	38940	13.6	2225	2630	60990	3264	1.36
	19	190.00	248	44820	13.5	2561	3055	70760	3744	1.35
	22	217.00	283	50270	13.3	2873	3460	80010	4187	1.34
25	242.00	318	55320	13.2	3161	3845	88750	4595	1.34	

Square



Designation	Mass Per Metre	Area Of Section	Second Moment Of Area	Radius Of Gyration	Elastic Modulus	Plastic Modulus	Torsional Constants		Surface Area Per Metre	
DxD	t	A	I	r	Z	S	J	C		
mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
400x400	8	97.90	125	31860	16.0	1593	1830	48700	2363	1.58
	10	122.00	155	39130	15.9	1956	2260	60090	2895	1.57
	12	145.00	185	46130	15.8	2306	2679	71180	3405	1.57
	12.5	152.00	192	47840	15.8	2392	2782	73910	3530	1.57
	14	168.00	214	52870	15.7	2643	3087	81960	3894	1.56
	14.2	170.00	217	53530	15.7	2676	3127	83030	3942	1.56
	16	192.00	243	59340	15.6	2967	3484	92440	4362	1.56
	20 #	237.00	300	71540	15.4	3577	4247	112500	5237	1.55
	22	251.00	327	77260	15.4	3863	4612	122100	5646	1.54
25	282.00	368	85380	15.2	4269	5141	135900	6223	1.54	
450x450	12	162.00	209	66460	17.8	2954	3419	102200	4368	1.77
	16	213.00	275	85860	17.7	3816	4459	133200	5620	1.76
	19	250.00	324	99540	17.5	4424	5208	155400	6497	1.75
	22	286.00	371	112500	17.4	5000	5929	176700	7324	1.74
	25	321.00	418	124700	17.3	5544	6624	197200	8101	1.74
	28 △	355.00	464	136300	17.1	6058	7292	216800	8832	1.73
	32 △	399.00	524	150700	17.0	6696	8143	241700	9735	1.72
500x500	12	181.00	233	92030	19.89	3681	4248	141200	5451	1.97
	16	238.00	307	119300	19.71	4771	5554	184400	7038	1.96
	19	280.00	362	138600	19.58	5545	6498	215500	8159	1.95
	22	320.00	415	157100	19.44	6283	7411	245600	9222	1.94
	25	360.00	468	174600	19.31	6986	8295	274600	10230	1.94
	28 △	399.00	520	191300	19.18	7653	9149	302600	11180	1.93
	32 △	450.00	588	212300	19.00	8491	10242	338200	12370	1.92
	36 △	498.00	654	231700	18.82	9269	11283	372000	13470	1.91
550x550	16	263.00	339	160400	21.75	5833	6769	247300	8616	2.16
	19	309.00	400	186800	21.62	6793	7930	289500	10010	2.15
	22	355.00	459	212100	21.49	7714	9058	330400	11340	2.14
	25	399.00	518	236300	21.35	8594	10150	370100	12610	2.14
	28 △	443.00	576	259500	21.22	9436	11220	408400	13810	2.13
	32 △	500.00	652	288700	21.04	10500	12580	457500	15330	2.12
	36 △	555.00	726	316100	20.86	11500	13890	504400	16740	2.11
	40 △	608.00	799	341800	20.68	12430	15140	549000	18060	2.10
600x600	25 △	439.00	568	311100	23.40	10370	12200	485300	15230	2.34
	28 △	487.00	632	342100	23.26	11410	13490	536300	16720	2.33
	32 △	550.00	716	381600	23.08	12720	15160	601900	18600	2.32
	36 △	611.00	798	418800	22.91	13960	16770	664900	20370	2.31
	40 △	671.00	879	453900	22.73	15130	18310	725100	22030	2.30
700x700	25 △	517.00	668	504700	27.48	14420	16850	782900	21240	2.74
	28 △	575.00	744	556600	27.35	15900	18670	867000	23380	2.73
	32 △	651.00	844	623100	27.17	17800	21040	975800	26110	2.72
	36 △	724.00	942	686500	26.99	19610	23330	1081000	28700	2.71
	40 △	797.00	1039	746900	26.81	21340	25540	1182000	31160	2.70

Grade S355J2H only
 △ S.A.W process

HOT HOLLOW SECTIONS

ANCHOR BOLT

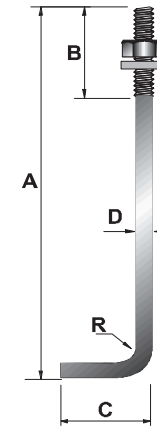


An additional downstream product under our range is the anchor bolt. These anchor bolts are usually used and embedded in concrete and used to support structural steel columns, light poles, highway sign structures, bridge rail, equipment, and many other applications. Our Anchor bolt comes with 16mm, 19mm and 22mm.

Standard & Specification : JIS G 3112, JIS G 3191

Available Size : \varnothing 12mm - \varnothing 25mm

Annual Capacity : 120.000 MT/Year



DIMENSION PROPERTIES

Part Number	Bar Diameter (D)	A	Tread Length (B)	C	Radius (r)	Vertical Embedment Length (Ld)	Total Length	Nut
	mm							
STD-00-IAB016	16	560	100	100	25	460	630	M-16
STD-00-IAB019	19	675	125	120	25	550	765	M-20
STD-00-IAB022	22	755	125	130	50	630	840	M-22

Tolerances :

- Diameter (D) = ± 0.5
- A = ± 5
- B = ± 2
- C = ± 2

PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

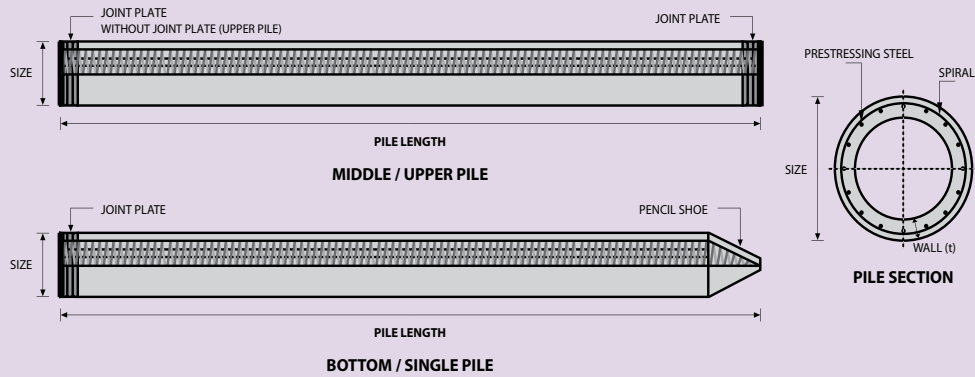
DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJT5 40 (Deformed) Steel Class : BJT24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

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

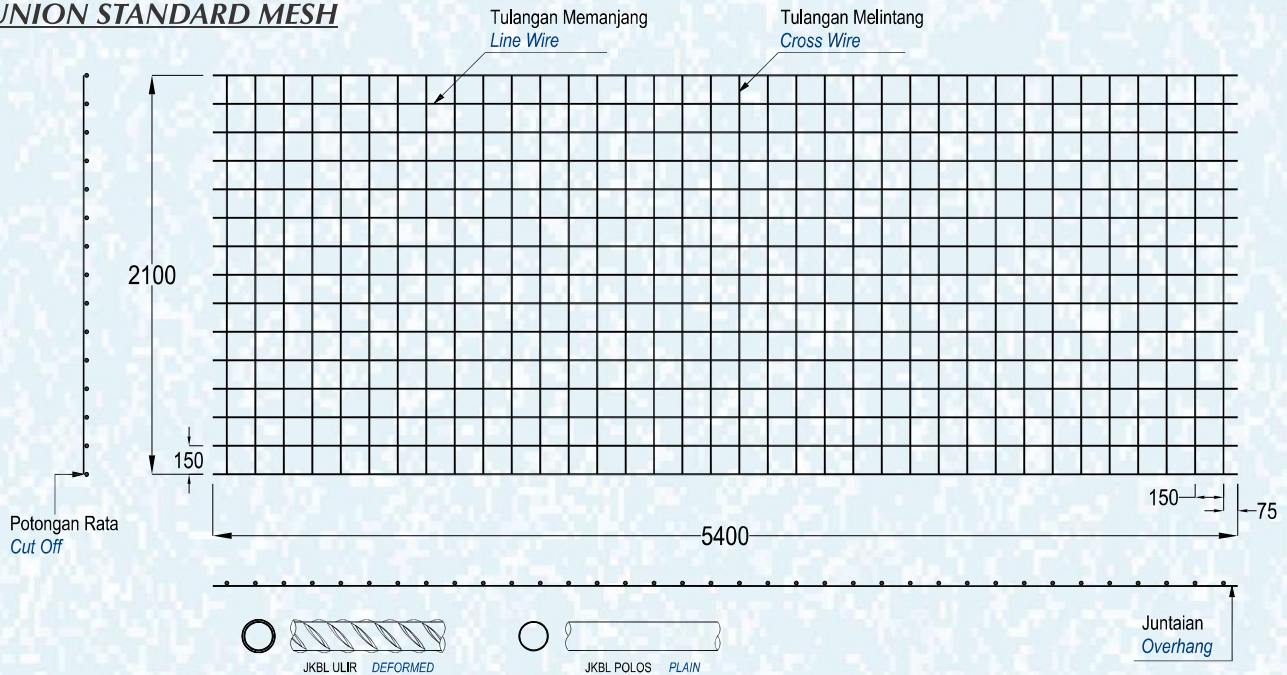
INFORMASI PRODUK

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

MASS PER SHEET

RWNC	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

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 - M10, M12, 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 - M10, M12, 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

1. Lantai beton : pabrik, gudang, gedung bertingkat, parkir, dll
2. Dinding beton : gedung bertingkat, perumahan, penyekat ruangan, dll
3. Jalan beton, konstruksi cakar ayam, landasan pesawat terbang
4. Saluran irigasi, saluran drainase, bronjong
5. Kerangka kolom dan balok praktis untuk perumahan
6. Dinding penahan, dinding pemikul beban di dalam gedung
7. Pagar, teralis, kandang hewan

Applications

1. Concrete floor : factory, warehouse, high rise building, car park, etc
2. Concrete wall : high rise building, houses, room divider, etc
3. Rigid pavement, strip footing construction, landing strip
4. Irrigation and drainage open channels, gabion basket
5. Non structural column and beam reinforcement for houses
6. Retaining wall, structural wall inside the building
7. Fence, railings, cages

PERENCANAAN & DESAIN

PLANNING & DESIGN

Perhitungan Konversi

Mengganti tulangan biasa (U-24)
dengan JKBL Union (U-50)

Rumus :

$$\text{Luas JKBL union (U-50)} = \text{Luas tulangan biasa (U-24)} \times \frac{\text{Tegangan leleh U-24}}{\text{Tegangan leleh U-50}}$$

Contoh :

Diketahui : Tulangan U-24
Diameter = 10 mm
Jarak spasi = 150 mm
Luas tulangan = 5,24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Luas JKBL union} &= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Dari Tabel diperoleh : JKBL Union
Diameter 7 mm dengan spasi 150 mm
Luas 2,57 cm²/m'

Conversion Calculation

Substituting union wire mesh (U-50)
for ordinary reinforcement (U-24)

Formula :

$$\text{Union Wire Mesh area (U-50)} = \text{Mild Steel bar area (U-24)} \times \frac{\text{Yield stress U-24}}{\text{Yield stress U-50}}$$

Example :

Given : Mild Steel bar U-24
Diameter = 10 mm
Spacing = 150 mm
Cross sectional area = 5.24 cm²/m'

$$\begin{aligned} \text{Union Wire Mesh area} &= 5.24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2.515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

From the Table is obtained : Union Wire Mesh
Diameter 7 mm with 150 mm spacing
Area 2.57 cm²/m'

TABEL LUAS PENAMPANG KAWAT

WIRE AREA TABLE

Diameter Kawat Ø Wire Diameter (mm)	Luas Kawat Ø Wire Area (cm ²)	Jumlah Luas Penampang Kawat (cm ² /m') 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

PEMASANGAN & KONSTRUKSI

INSTALLATION & CONSTRUCTION

Pemasangan dan penyambungan JKBL Union tidaklah susah, tetapi perlu diperhatikan beberapa hal, sehingga didapat hasil yang optimal dan benar.

Installation and joint of Union Wire Mesh is easy, just need to pay attention to the following matters in order to get an optimum and good result.

A. Sambungan JKBL Union

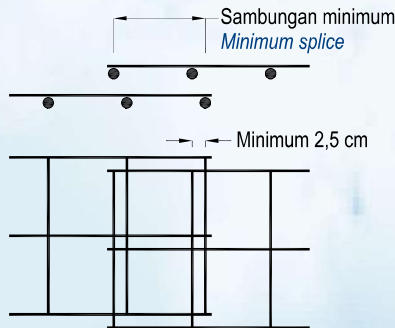
1. Sambungan Sekuat Tegangan Leleh

Suatu sambungan akan setara tegangan leleh penuh kalau lembaran itu berhimpitan sejauh satu kotak spasi (dua kampuh las), ditambah minimal 2,5 cm.

2. Sambungan Separuh Tegangan Leleh

Suatu sambungan akan setara dengan separuh tegangan leleh, kalau lembaran itu berhimpitan sejauh satu kampuh las ditambah minimal 2,5 cm.

* Sambungan dengan Tegangan Leleh Penuh Full Yield Strength Lap Splice



A. Union Wire Mesh Overlap

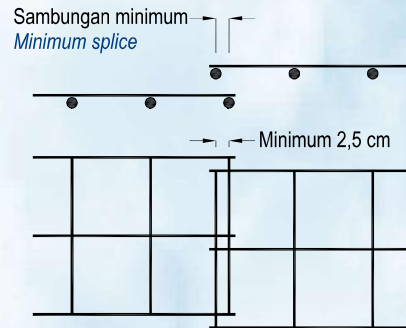
1. Full Yield Strength Lap Splice

A lap will have a full strength of yield stress when the mesh is placed overlap by one spacing (two welds) plus a minimum of 2.5 cm.

2. Half Yield Strength Lap Splice

A lap will be equal to a half strength of yield stress when the mesh is placed overlap by one weld plus a minimum of 2.5 cm.

* Sambungan dengan Setengah Tegangan Leleh Half Yield Strength Lap Splice



Catatan :

Tambahan sebesar 2,5 cm adalah jarak minimal agregat beton yang diijinkan oleh Peraturan Beton Indonesia (PBI 8.16.1), membantu agar beton tersebut dapat padat di sekitar kawat tersebut.

Persyaratan sambungan separuh tegangan leleh kadang-kadang diijinkan untuk sambungan di tepi plat satu arah (one way slab), tetapi sebaiknya sambungan tersebut ditentukan oleh insinyur bangunan.

Sebaiknya sambungan digunakan sekuat tegangan leleh dan ditempatkan di titik-titik yang bertegangan tarik tidak maksimum.

Note :

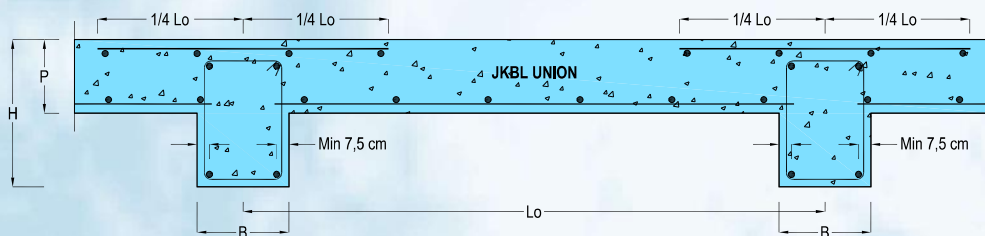
The addition of 2.5 cm referred to above is the minimum allowable spacing for concrete aggregate, which is required by the Indonesian Concrete Regulation (PBI 8.16.1), so as to make the concrete becomes dense around the bar.

In some cases, one weld overlap be allowed for the side laps of one way slab, the decision on this practice should be made by the structural engineer.

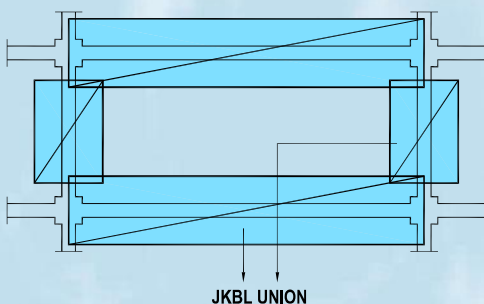
It is strongly recommended to apply the full yield strength lap splice and the laps should be in such places where the tension stress is not maximum.

B. Perletakan JKBL Union *Union Wire Mesh Position*

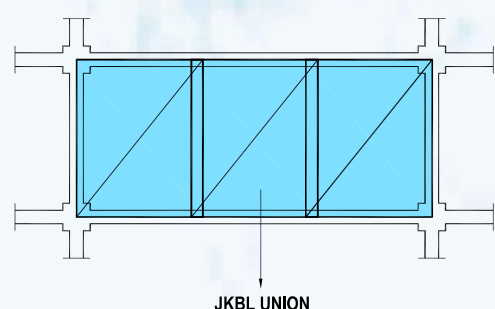
Plat Lantai Bangunan Bertingkat *Suspended Slab*



Lapis Atas *Top Layer*



Lapis Bawah *Bottom Layer*





TRANSLATE

Pilih Bahasa | ▼

SEARCH PRODUCTS

CONTACT ATLANTA ROD
(800) 633-6794

☰ [HOME](#)

PRODUCTS CONSTRUCTION FASTENERS ▼	EXOTIC MATERIALS SPECIALTY FASTENERS ▼	PROJECTS VIEW OUR WORK	BLOG NEWS	ASTM SPECIFICATIONS TO FIT YOUR NEEDS ▼	REFERENCES HELPFUL INFORMATION ▼	CAREERS OPENING S
---	--	----------------------------------	---------------------	---	--	-----------------------------

CONTACT
GET IN TOUCH

Home > Metric Hex Bolt Dimensions

METRIC HEX BOLT DIMENSIONS



All measurements in millimeters

NOMINAL SIZE (D)	BODY DIAMETER	HEAD THICKNESS		ACROSS THE FLATS		ACROSS CORNERS		
		D (MAX)	D (MIN)	H (MAX)	H (MIN)	F (MAX)	F (MIN)	C (MAX)
m10	10.00	9.78	6.63	6.17	17.00	15.73	18.48	17.77
m12	12.00	11.73	7.76	4.24	19.00	17.73	20.78	20.03
m14	14.00	13.73	9.09	8.51	22.00	20.67	24.25	23.35
m16	16.00	15.73	10.32	9.68	24.00	23.67	27.71	26.75
m20	20.00	19.67	12.88	12.12	30.00	29.16	34.64	32.95
m24	24.00	23.67	15.44	14.56	36.00	35.00	41.57	39.55
m30	30.00	29.67	19.48	17.92	46.00	45.00	53.12	50.85
m36	36.00	35.61	23.38	21.63	55.00	53.80	63.51	60.79
m42	42.00	41.38	26.97	25.03	65.00	62.90	75.06	71.71
m48	48.00	47.38	31.07	28.93	75.00	72.60	86.60	82.76
m56	56.00	55.26	36.2	33.80	85.00	82.20	98.15	93.71
m64	64.00	63.26	41.32	38.68	95.00	91.80	109.70	104.65
m72	72.00	71.26	46.45	43.55	105.00	101.40	121.24	115.60
m80	80.00	79.26	51.58	48.42	115.00	111.00	132.72	126.54
m90	90.00	89.13	57.74	54.26	130.00	125.50	150.11	143.07
m100	90.00	99.13	63.9	60.10	145.00	140.00	167.43	159.60



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

DENAH LANTAI P1

1:350

Kode

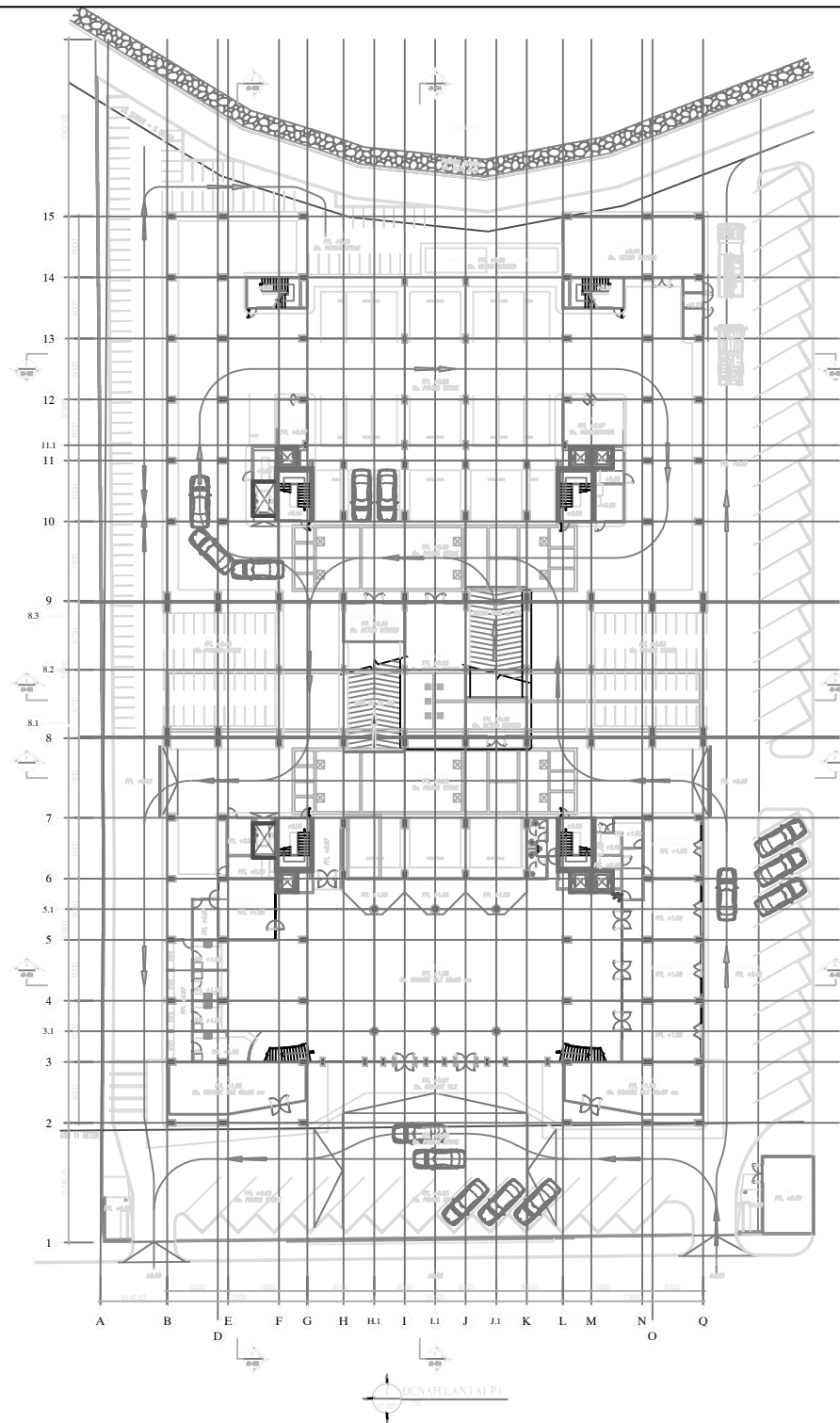
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

1

32





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSISTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

DENAH LANTAI P2

1:350

Kode

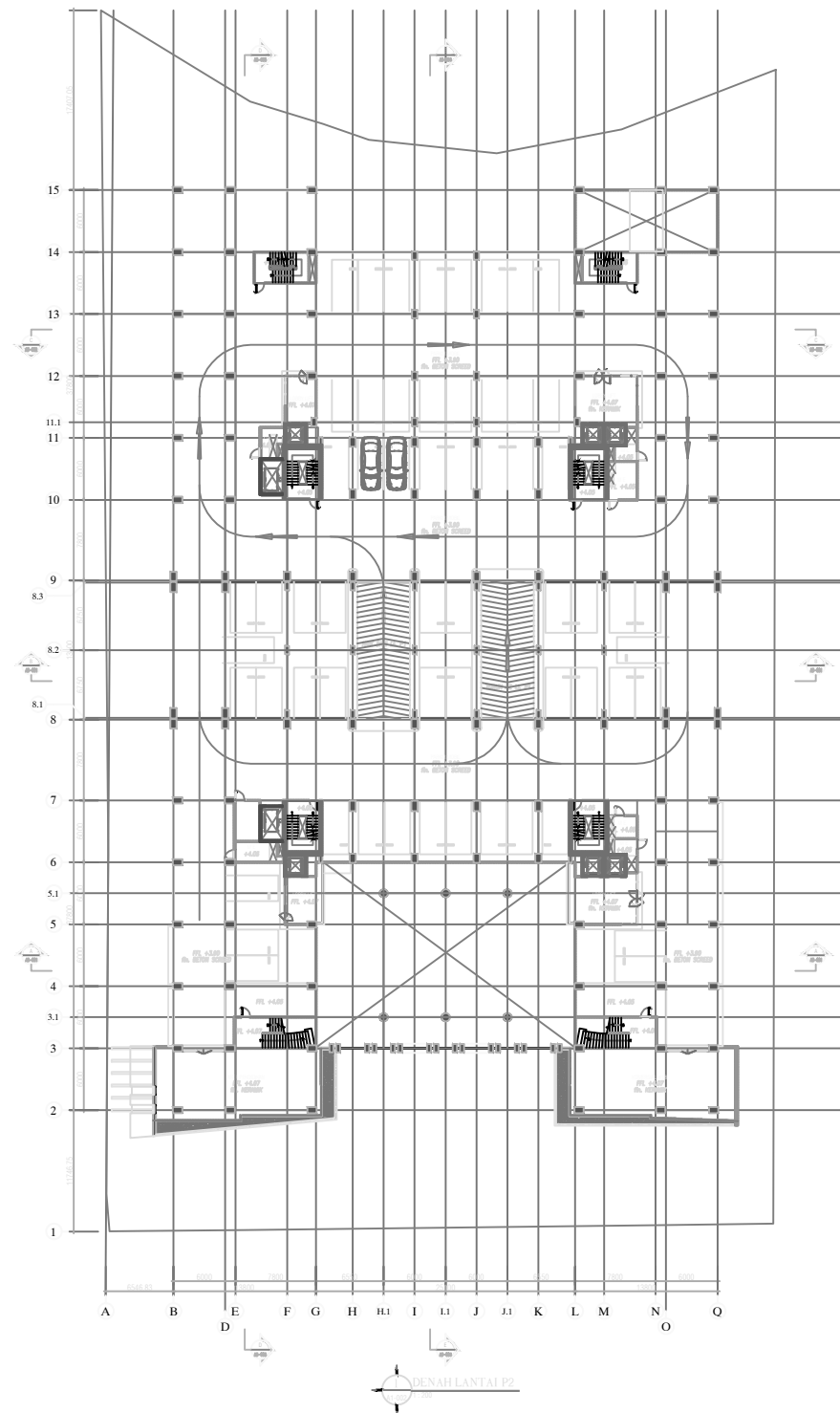
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

2

32





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

DENAH LANTAI 1

1:350

Kode

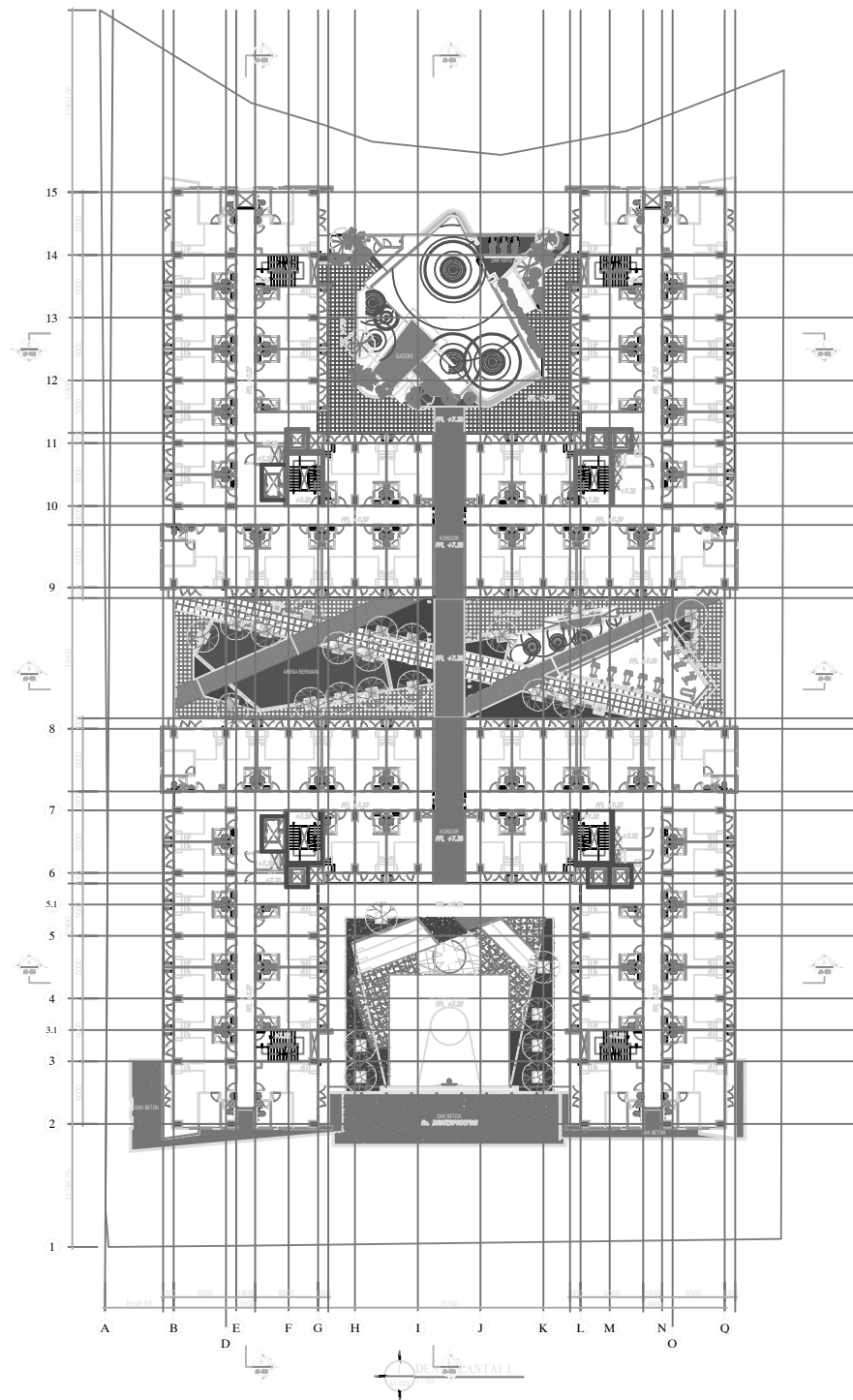
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

3

32





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSISTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

DENAH LANTAI 2
SAMPAI 5
(TIPIKAL)

1:350

Kode

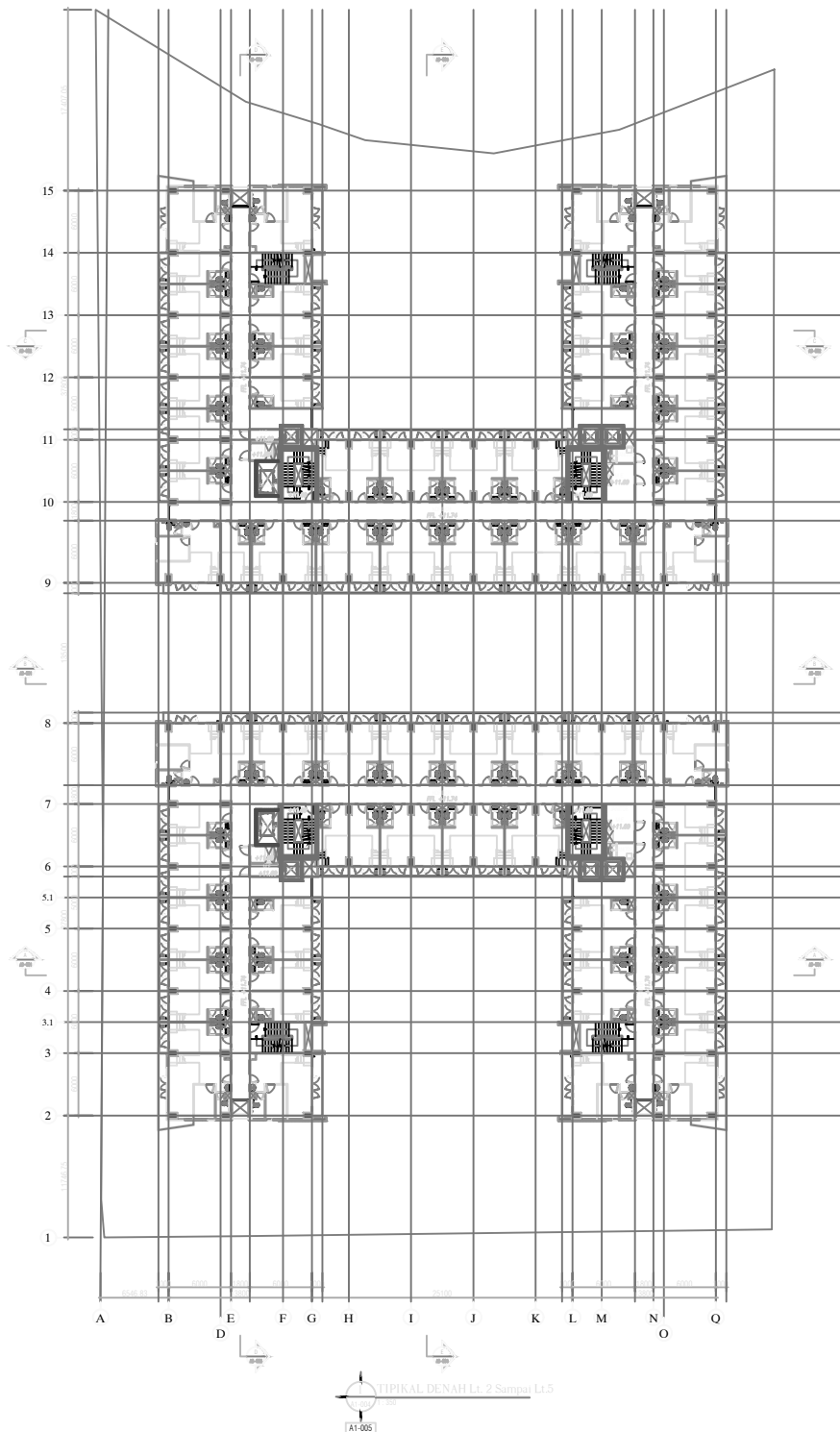
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

4

32





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

DENAH LANTAI 6
SAMPAI 12
(TIPIKAL)

1:350

Kode

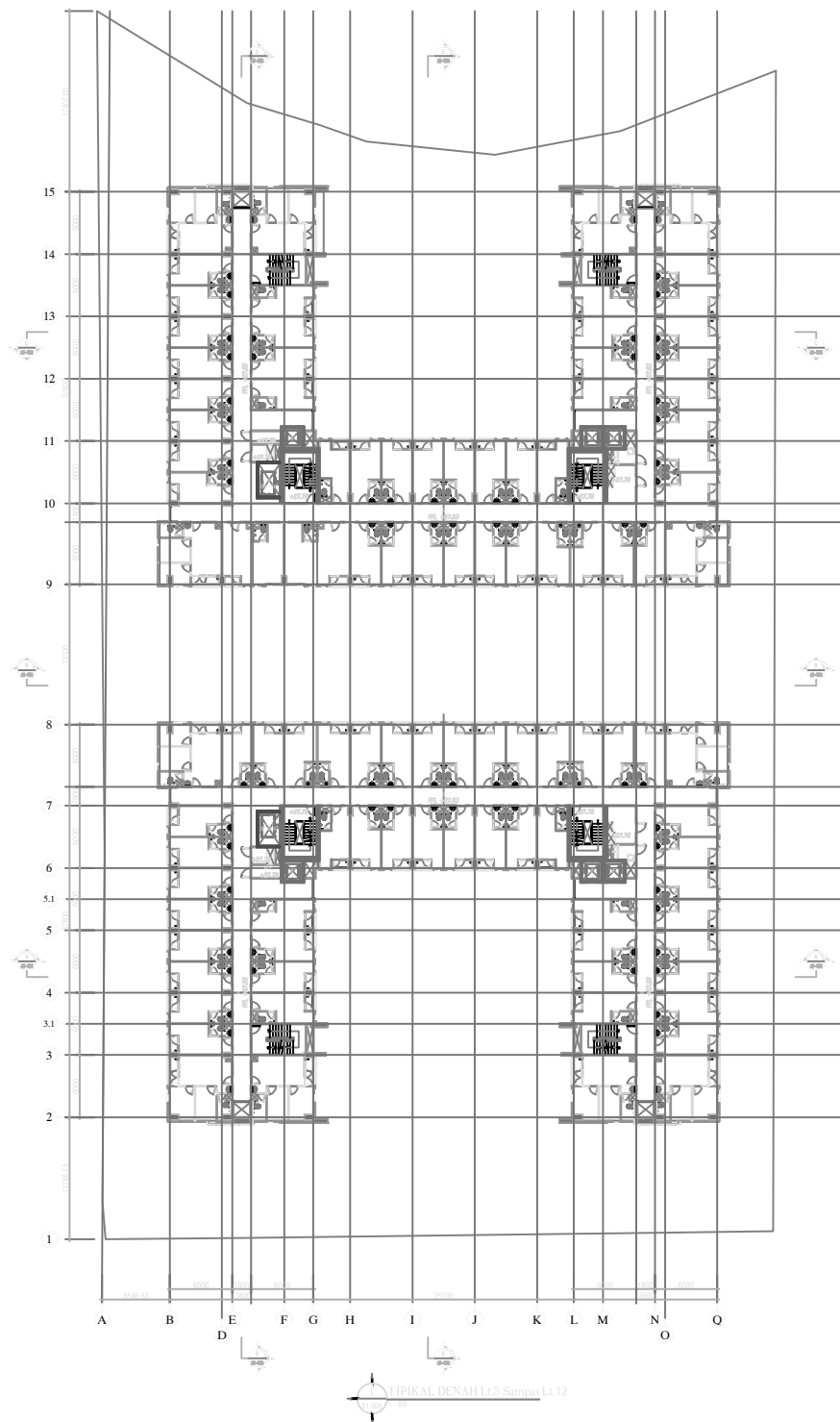
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

5

32



TIPIKAL DENAH L1.5 Sampai L1.12



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSISTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

DENAH ATAP

1:350

Kode

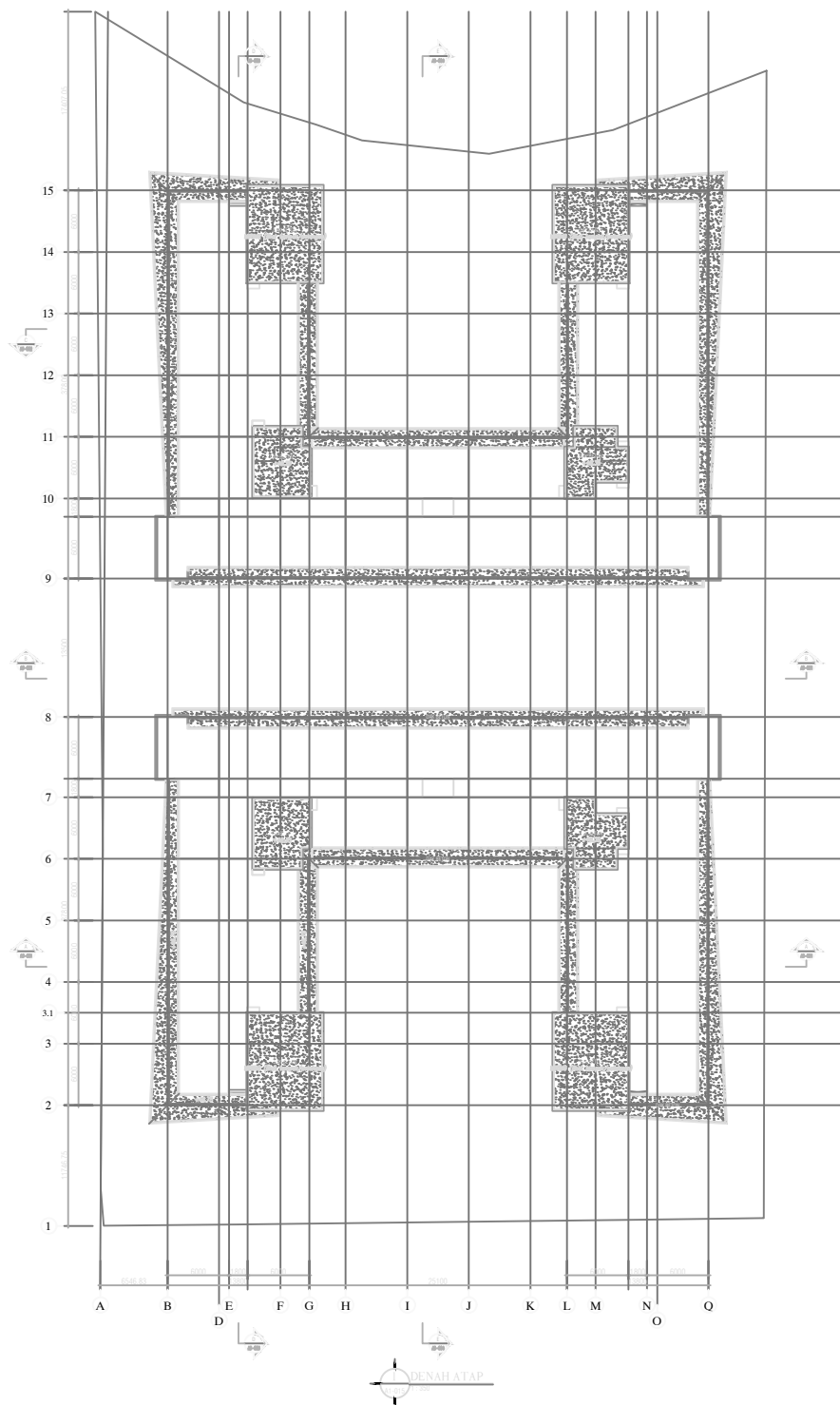
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

6

32





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

POTONGAN A-A

1:200

Kode

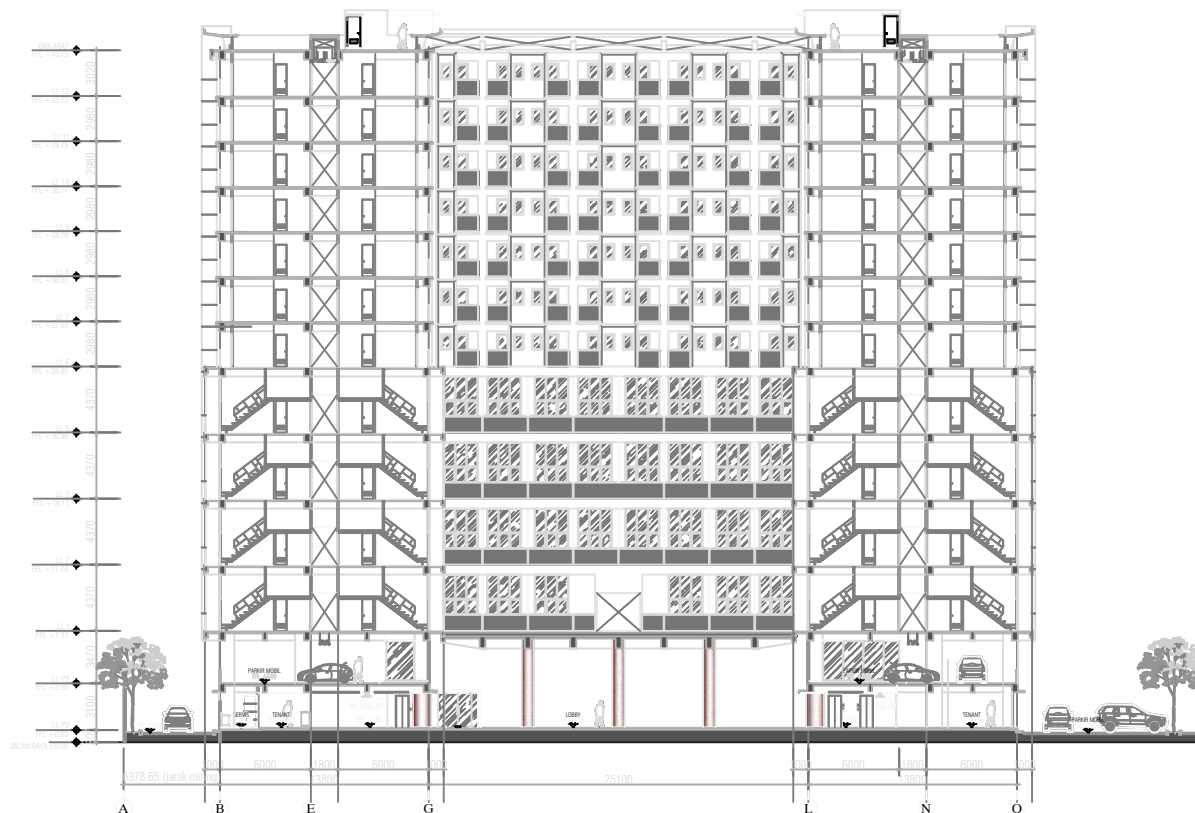
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

7

32





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

POTONGAN B-B

1:200

Kode

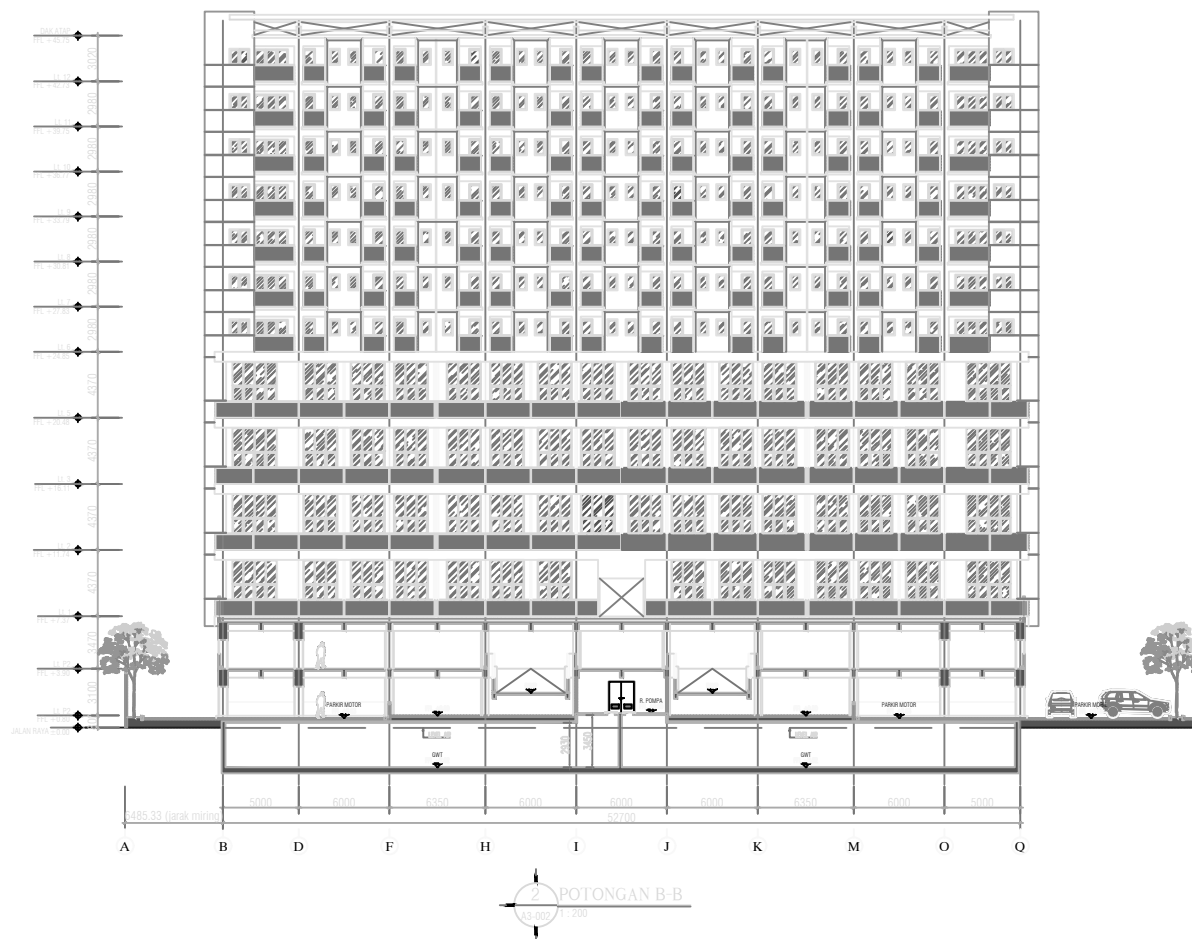
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

8

32





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSISTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

POTONGAN C-C

1:200

Kode

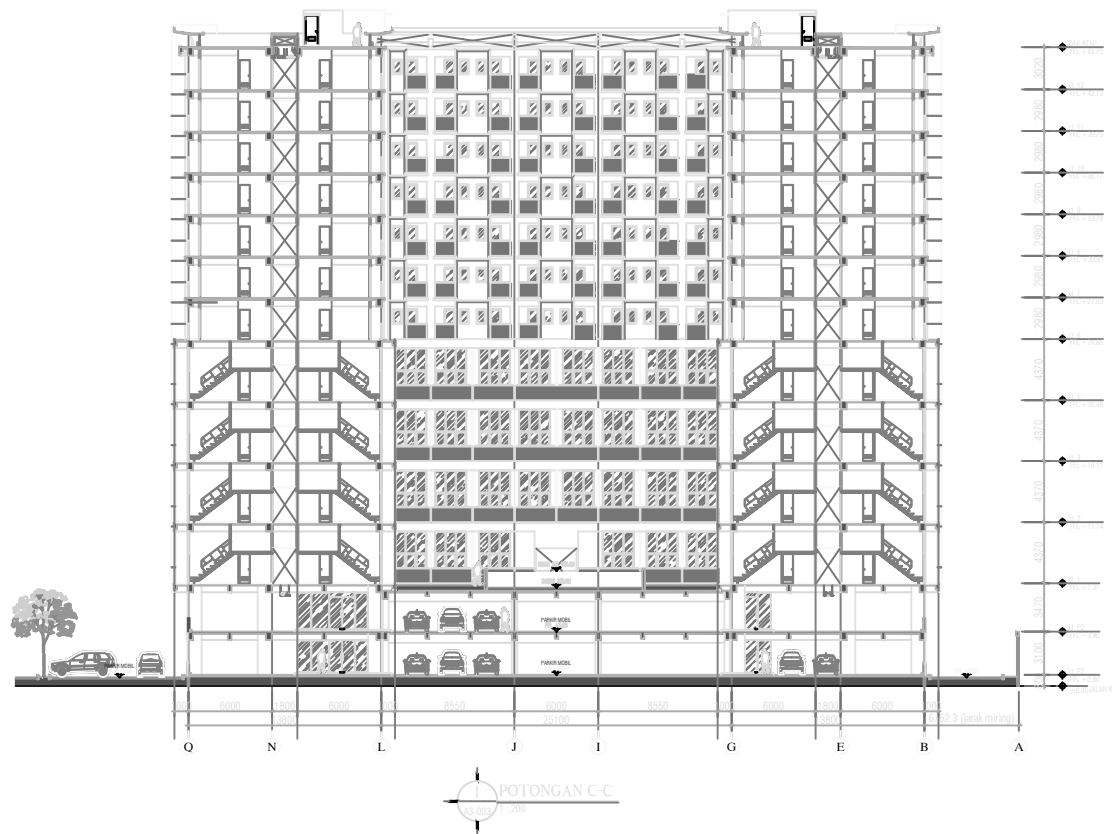
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

9

32





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

POTONGAN D-D

1:200

Kode

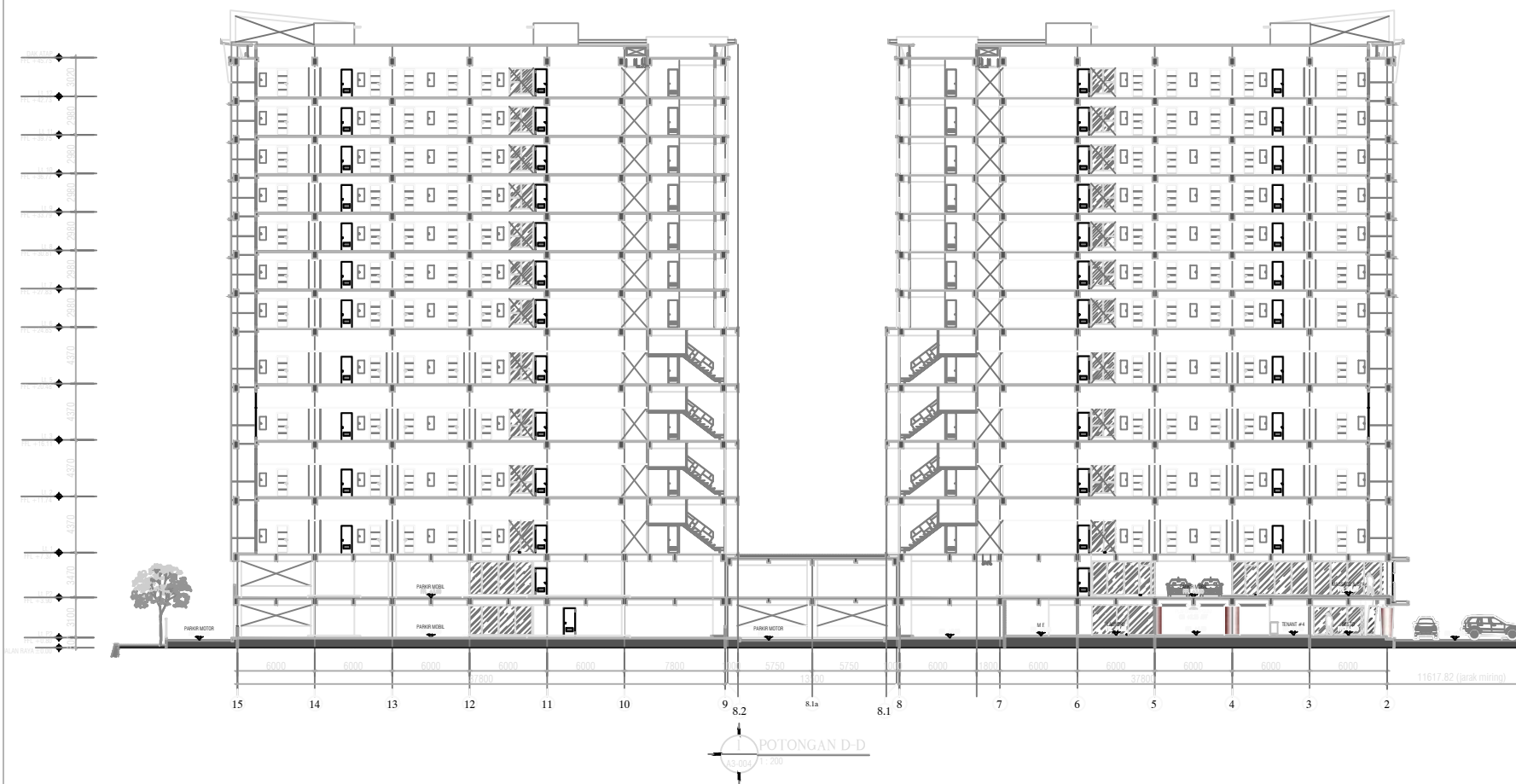
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

10

32





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

GAMBAR EKSTING DARI
PROYEK APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

DENAH PONDASI

1:350

Kode

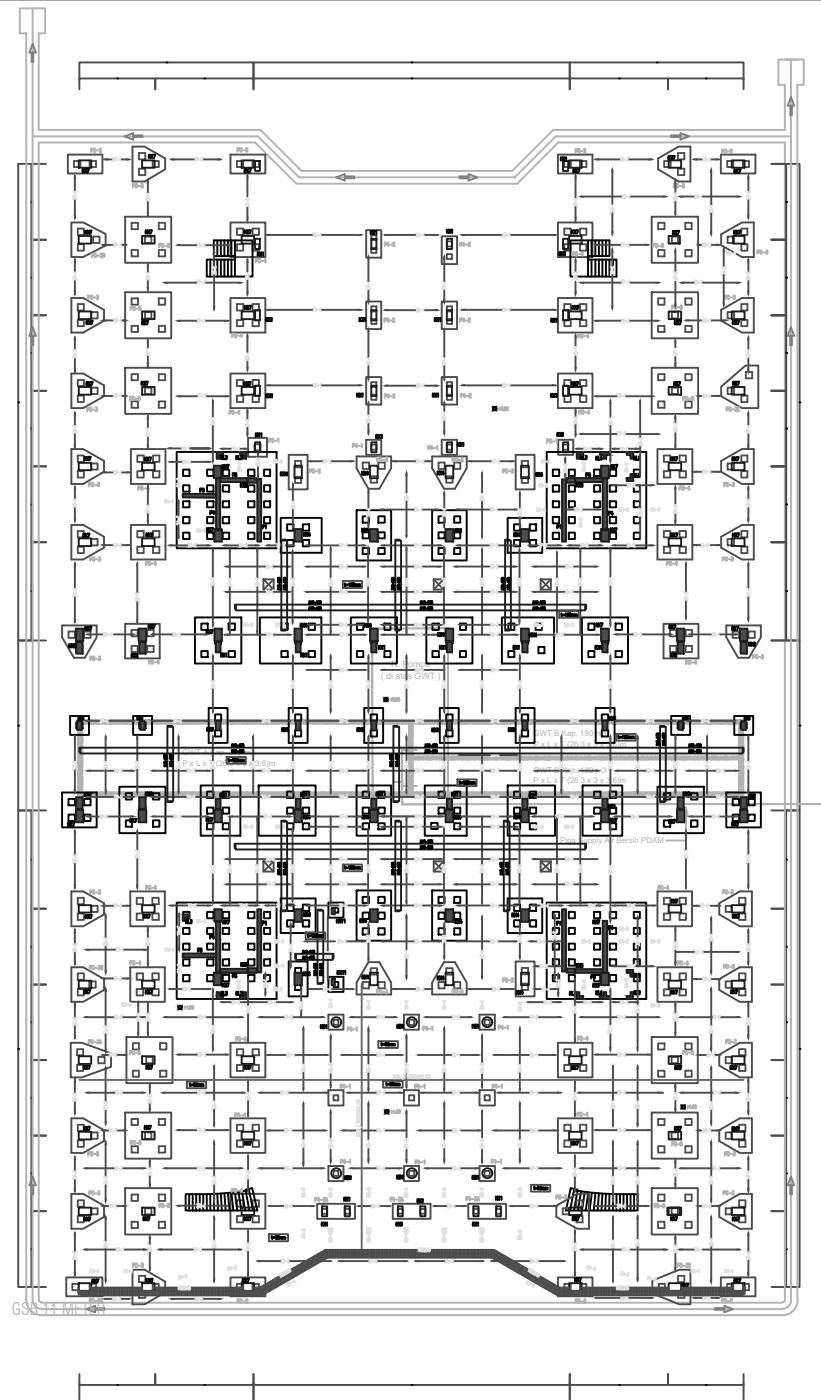
No
Gambar

Jumlah
Gambar

ARS

12

32



Keterangan:
• = Kolom Beton Bertulang
• = Balok Beton Bertulang
• = Dinding Beton Bertulang
• = Lantai Beton Bertulang
• = Lantai Beton Bertulang
• = Lantai Beton Bertulang

RENCANA PONDASI
1:350

Pipa Supply Air Bersih PDAM

NO	REVISI	ALASAN
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		



Departemen Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
 dan Kebumihan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG
 APARTEMEN AMEGA
 CROWN RESIDENCE
 MENGGUNAKAN STRUKTUR
 KOMPOSIT DENGAN
 SISTEM RANGKA
 BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
 Bambang Pisceca, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

BI = Balok Induk
 BA = Balok Anak
 CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)
 EBF = Eccentrically Braced Frame

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
 0311164000036

Nama Gambar

Skala

DENAH KOLOM
 BALOK LANTAI
 1-ATAP (TIPIKAL)

1:300

Kode

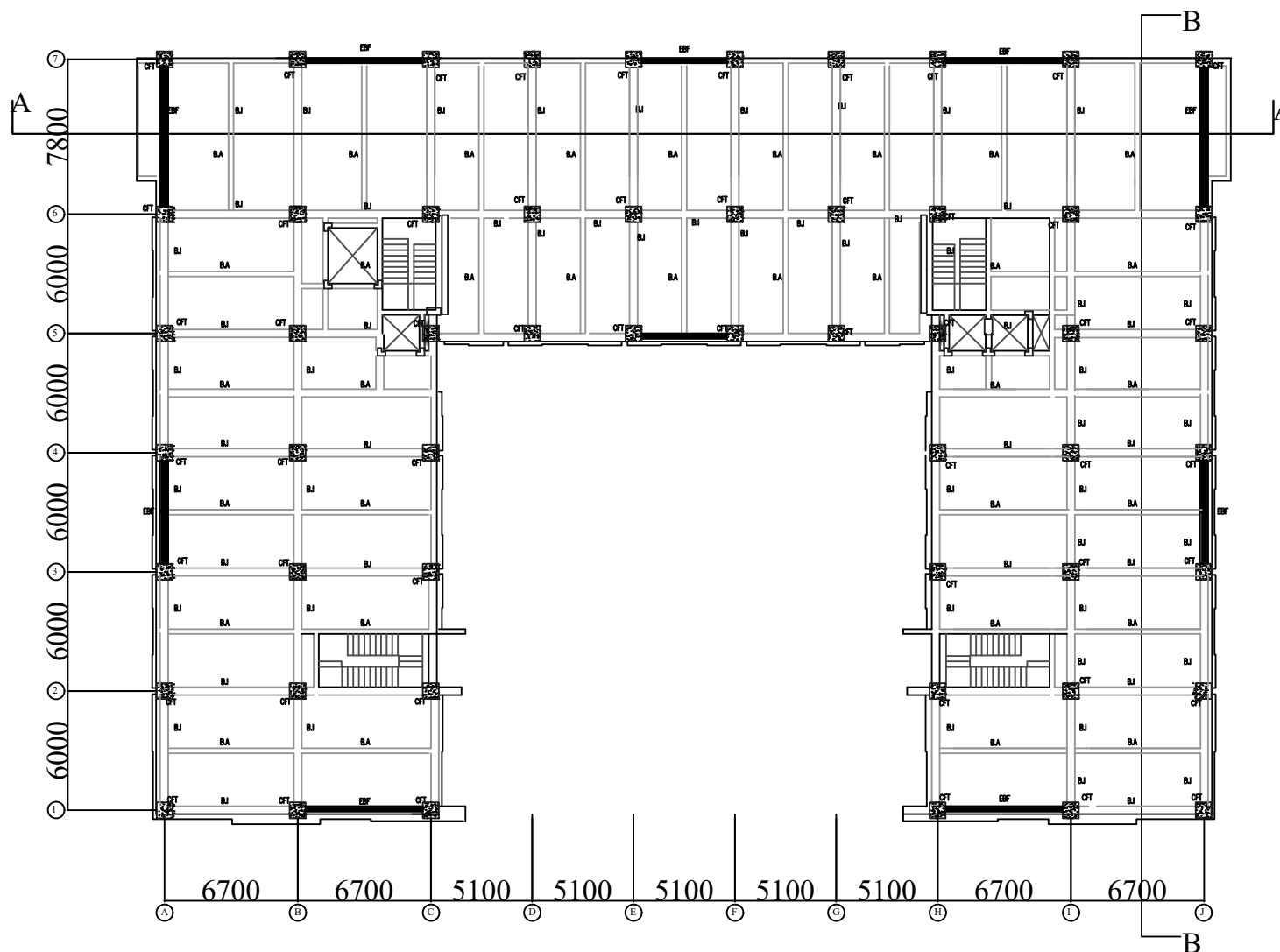
No
 Gambar

Jumlah
 Gambar

STR

13

32



DENAH STRUKTUR
 Skala 1:300



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

BI = Balok Induk
BA = Balok Anak
CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)
EBF = Eccentrically Braced Frame

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

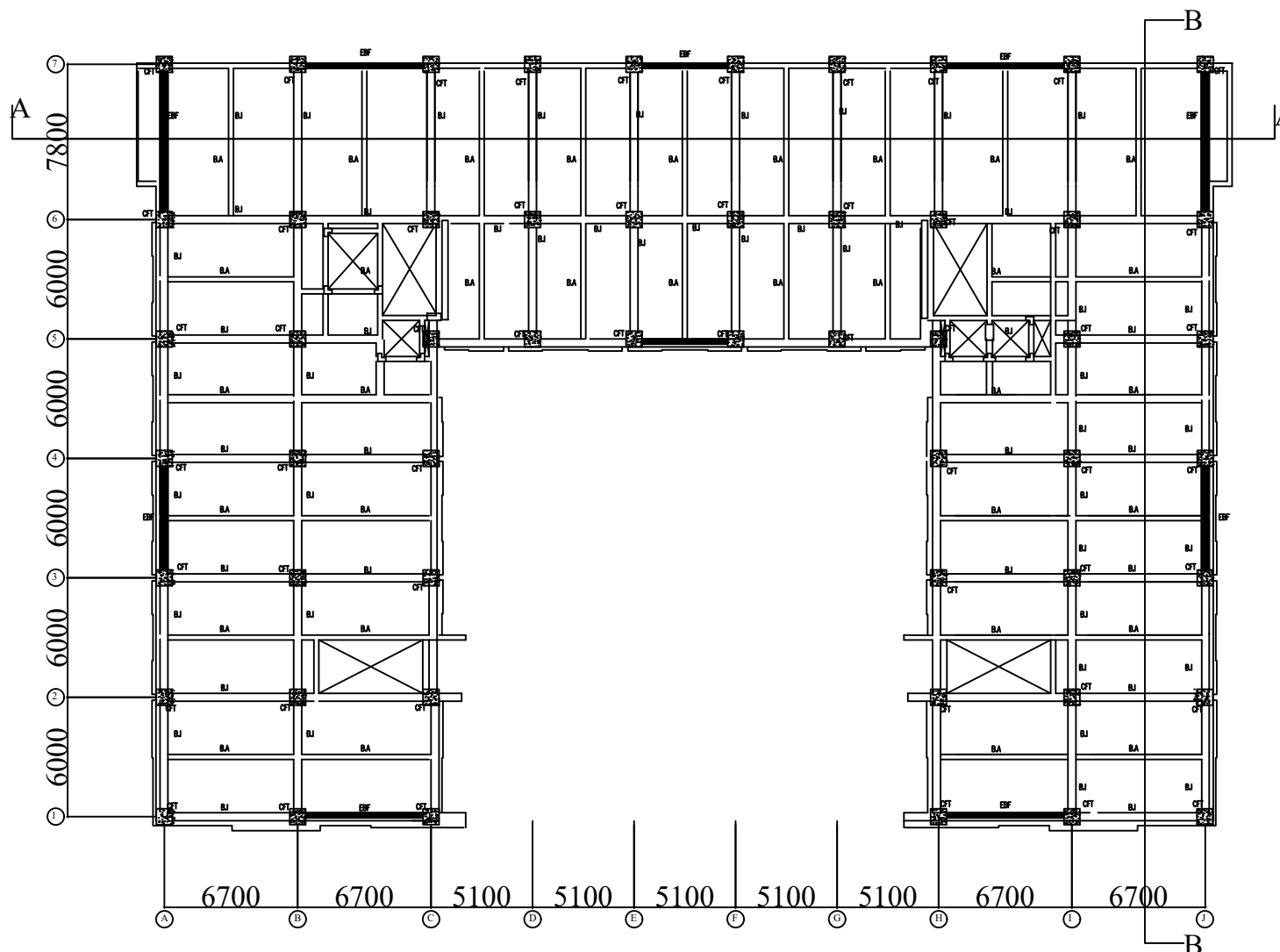
Nama Gambar
DENAH KOLOM DAN BALOK
BALOK LANTAI
1-ATAP (TIPIKAL)

Skala

1:300

Kode No Gambar Jumlah Gambar

STR 14 32



DENAH KOLOM DAN BALOK
Skala 1:300



Departemen Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
 dan Kebumihan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG
 APARTEMEN AMEGA
 CROWN RESIDENCE
 MENGGUNAKAN STRUKTUR
 KOMPOSIT DENGAN
 SISTEM RANGKA
 BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
 Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

BI = Balok Induk
 BA = Balok Anak
 CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)
 EBF = Eccentrically Braced Frame

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
 0311164000036

Nama Gambar

Skala

POTONGAN A-A

1:300

Kode

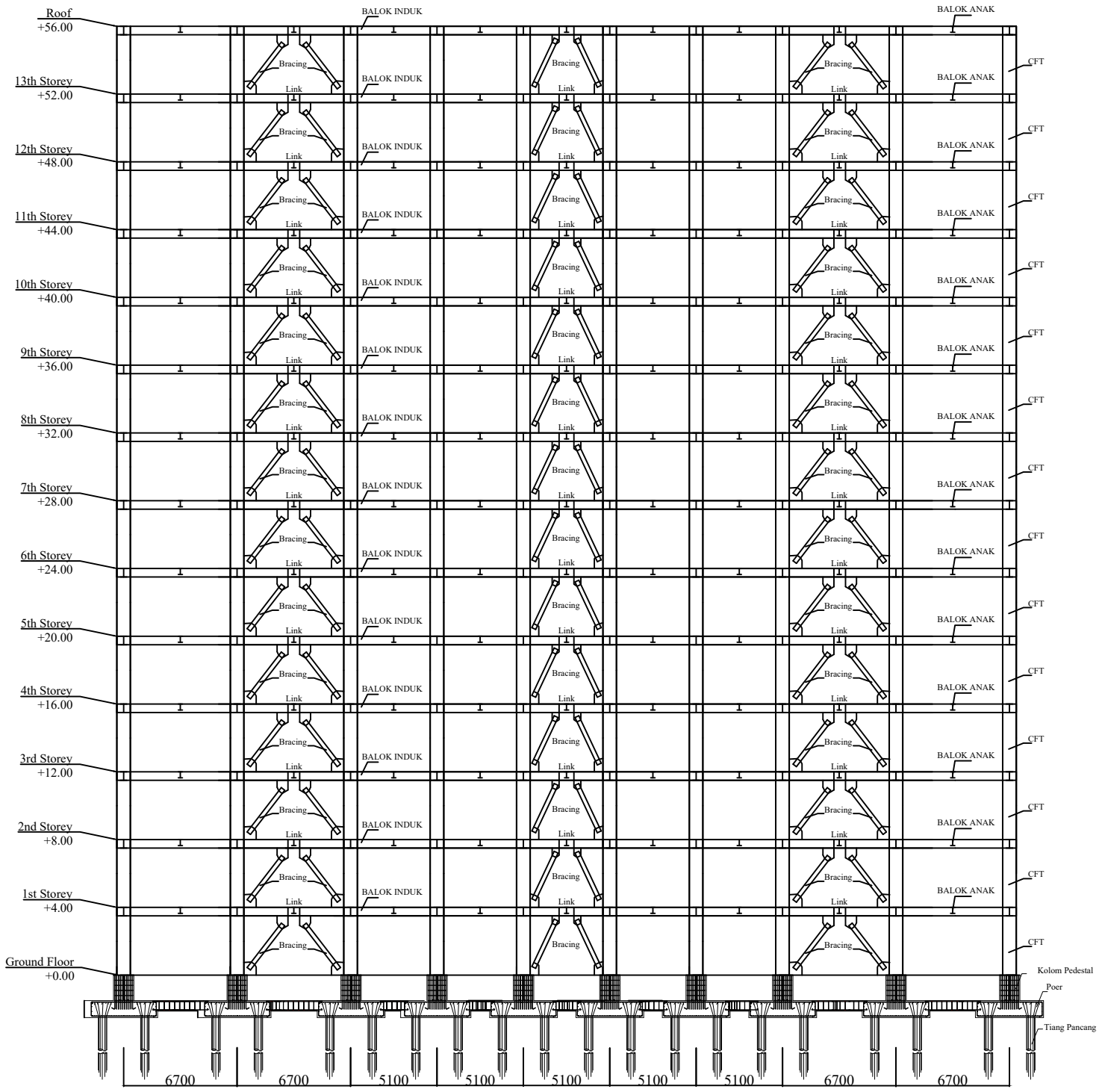
No Gambar

Jumlah Gambar

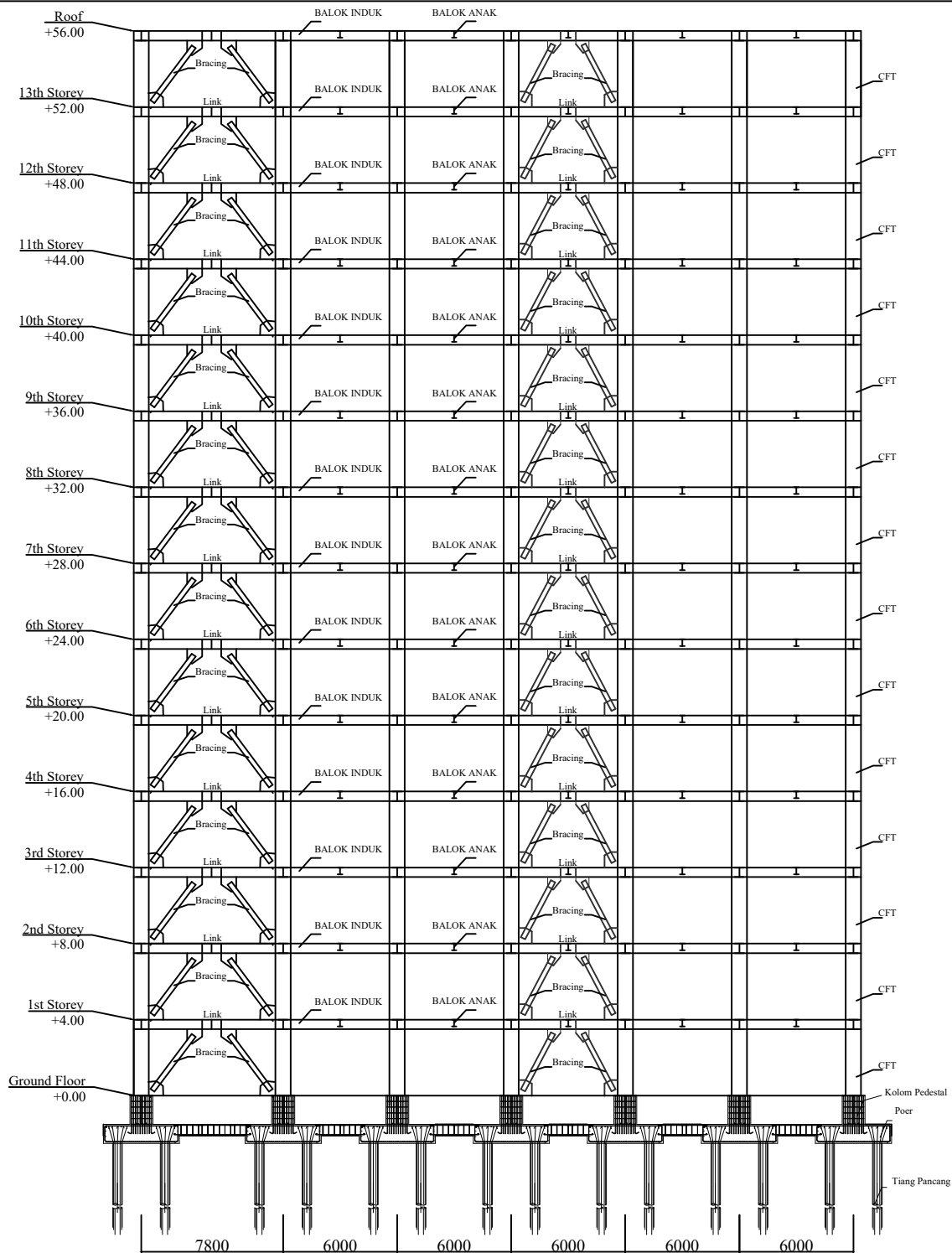
STR

15

32



Potongan A-A
 Skala 1:300



Potongan B-B
Skala 1:300



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

BI = Balok Induk
BA = Balok Anak
CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)
EBF = Eccentrically Braced Frame

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

POTONGAN
B-B

1:300

Kode

No
Gambar

Jumlah
Gambar

STR

16

32



Departemen Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
 dan Kebumihan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG
 APARTEMEN AMEGA CROWN
 RESIDENCE MENGGUNAKAN
 STRUKTUR KOMPOSIT
 DENGAN
 SISTEM RANGKA
 BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
 Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

P1 = Pondasi 1
 P2 = Pondasi Tipe 2
 S1 = Sloof

Nama Mahasiswa

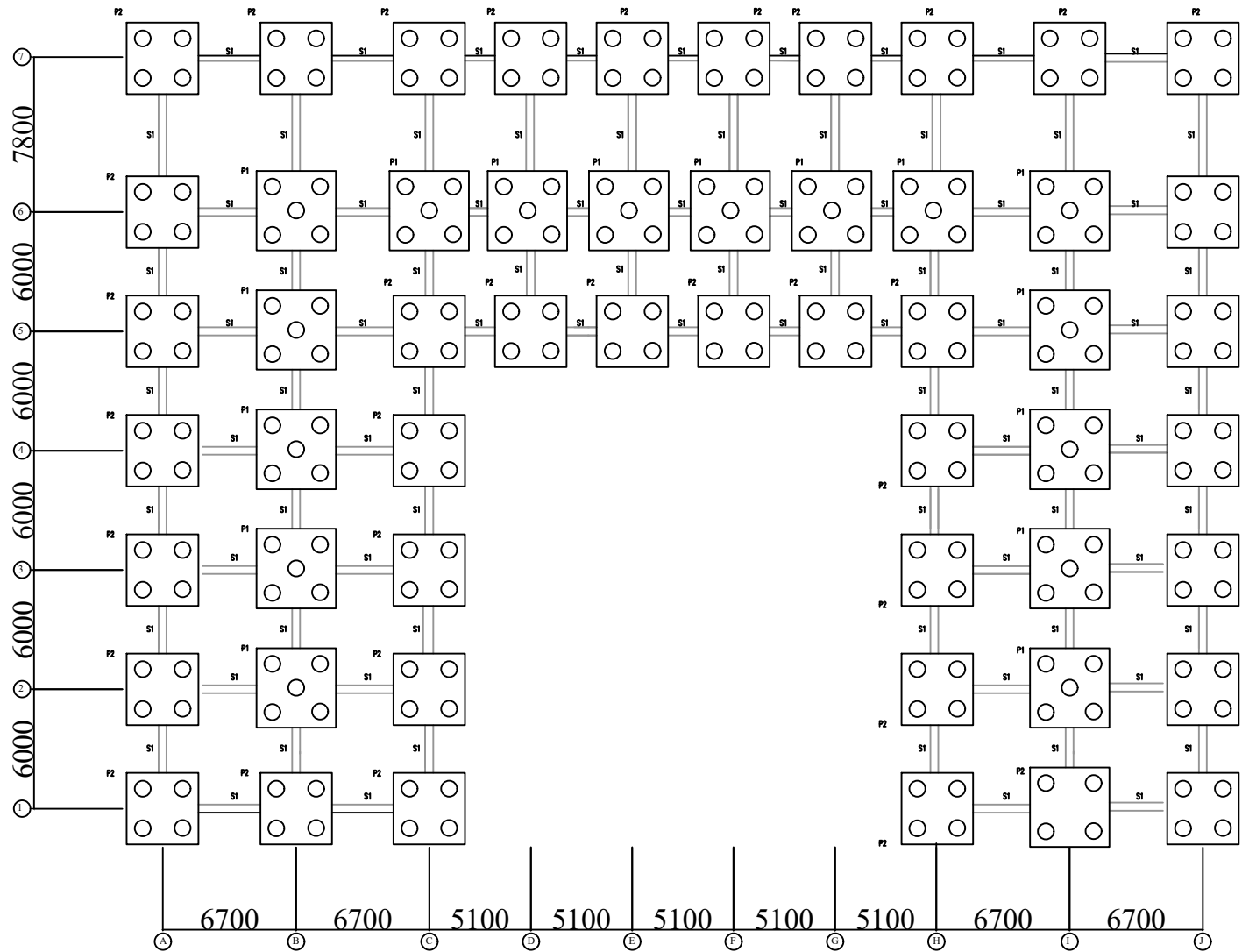
Ramadhan Akbar Perdana
 0311164000036

Nama Gambar Skala

DENAH PONDASI 1:300

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
------	-----------	---------------

STR	17	32
-----	----	----



DENAH PONDASI
 Skala 1:300



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

DETAIL TANGGA

1:50

Kode

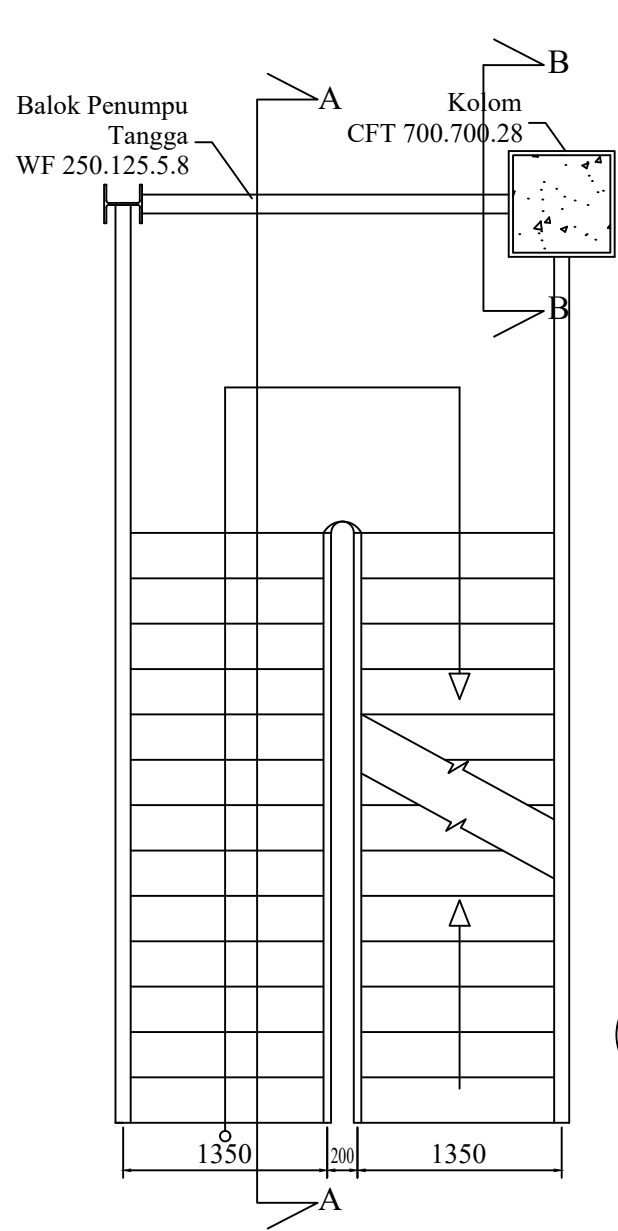
No Gambar

Jumlah Gambar

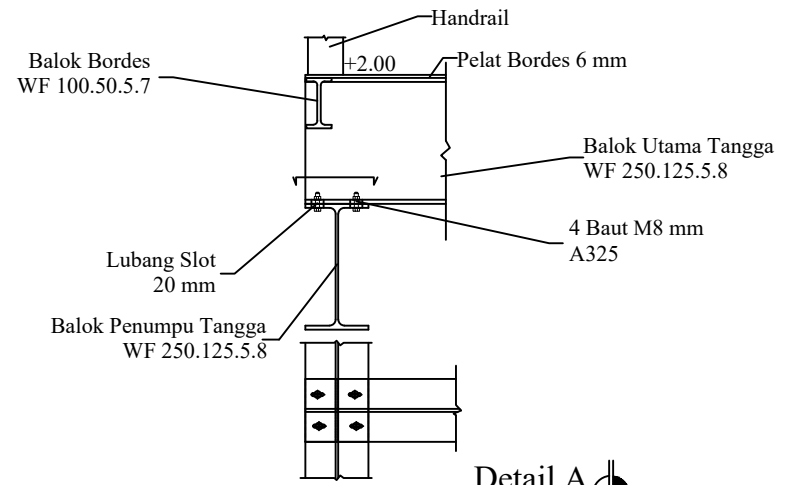
STR

18

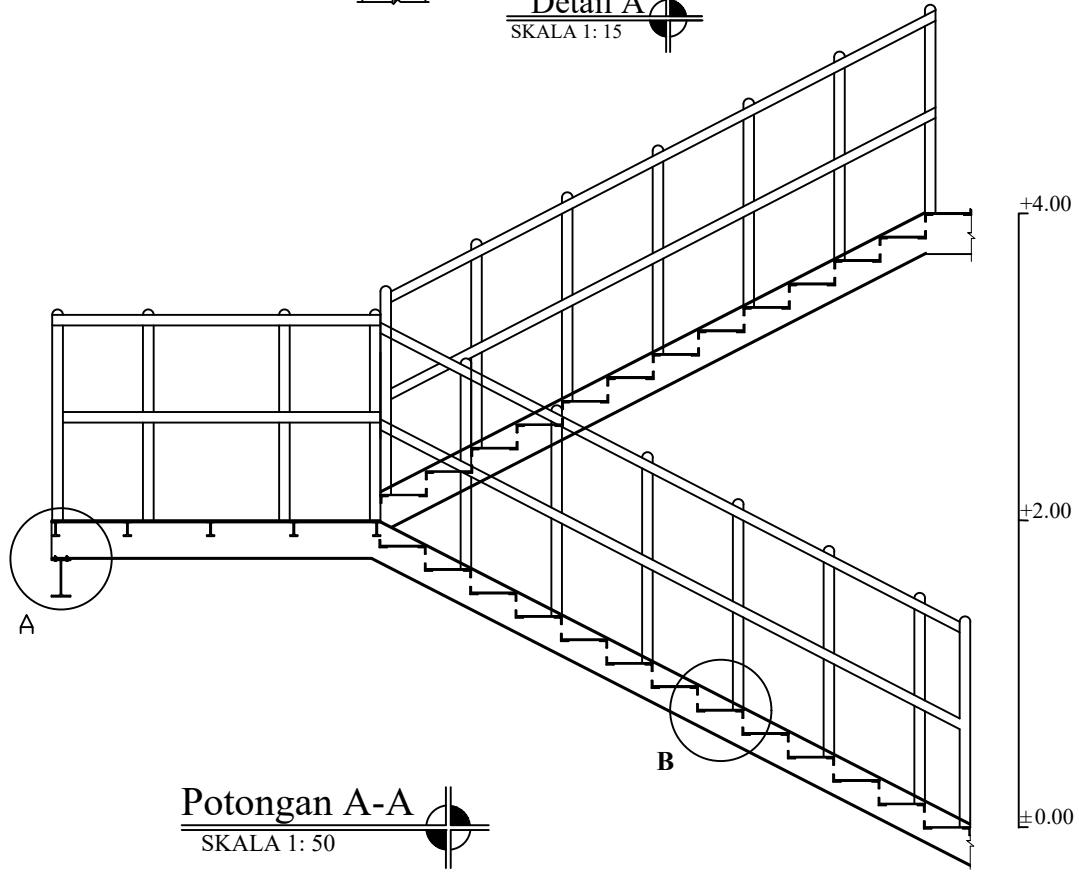
32



Pembalokan Tangga
SKALA 1: 50



Detail A
SKALA 1: 15



Potongan A-A
SKALA 1: 50



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

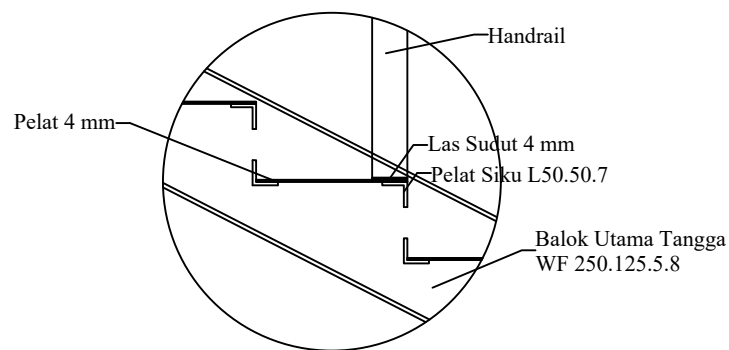
Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar Skala

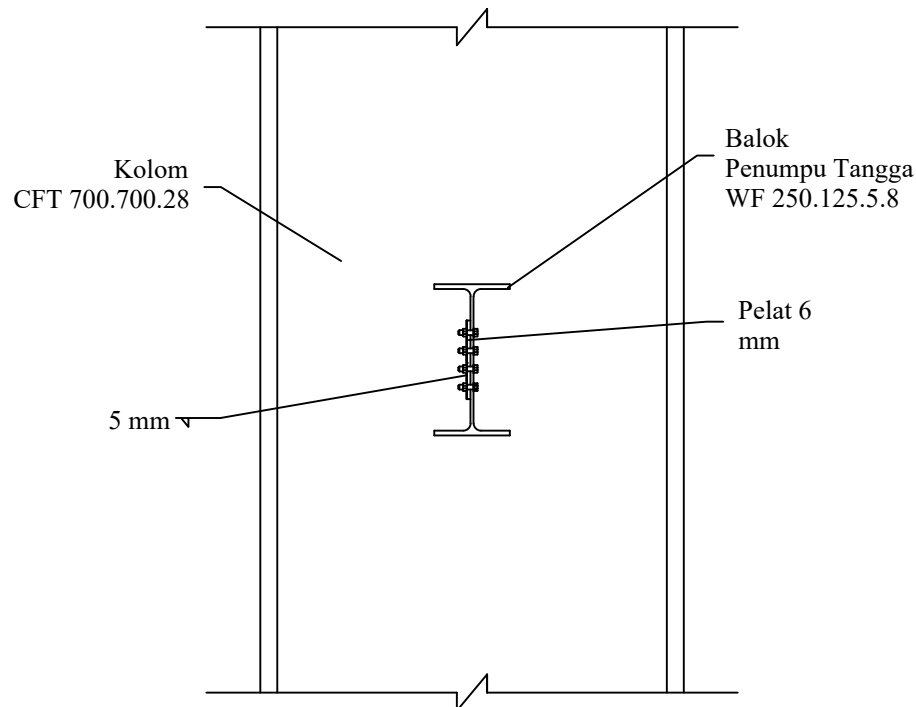
DETAIL TANGGA 1:50

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
------	-----------	---------------

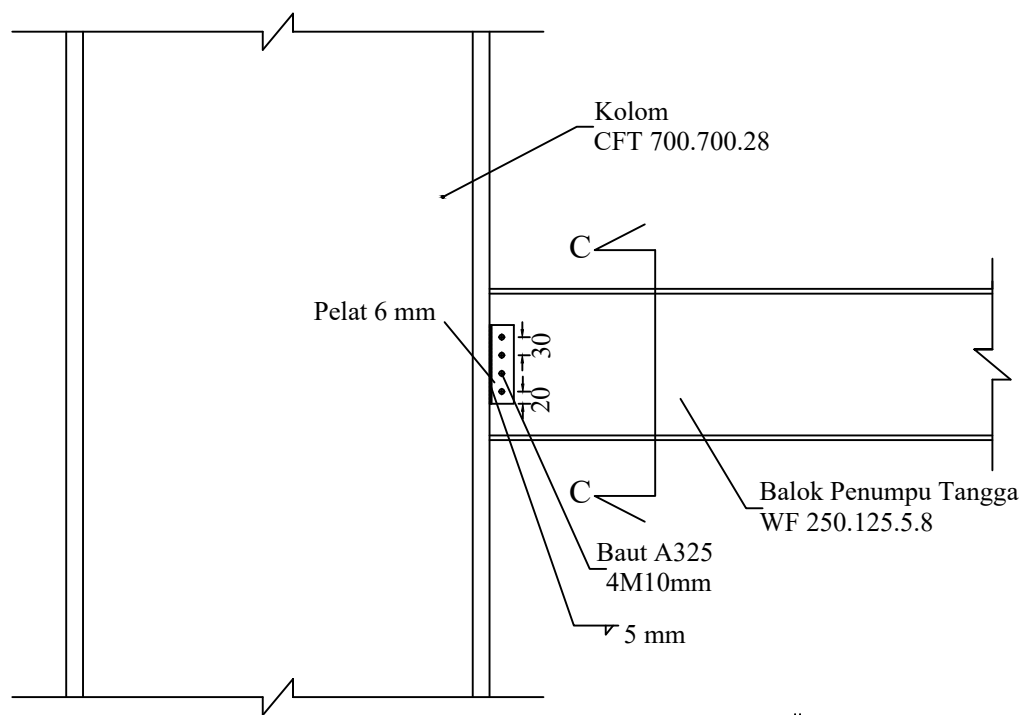
STR	19	32
-----	----	----



Detail B
SKALA 1 : 15



Potongan C-C
SKALA 1 : 50



Potongan B-B
SKALA 1 : 50



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

BALOK
MELINTANG

1:10

Kode

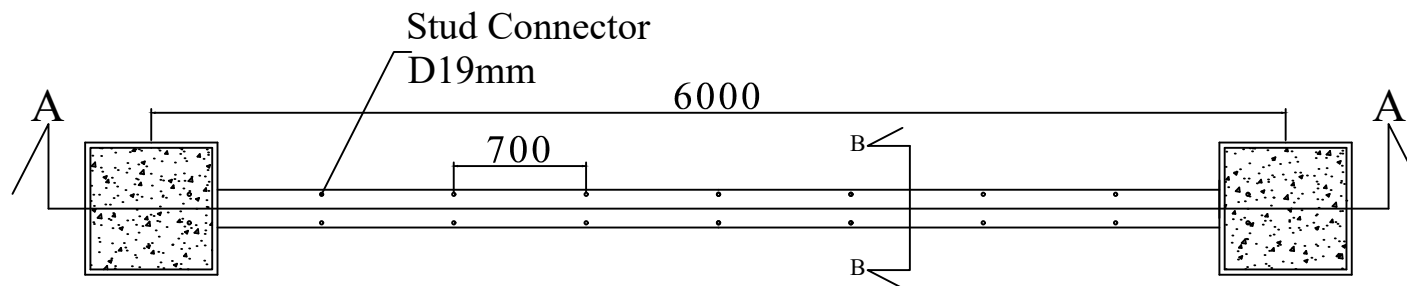
No
Gambar

Jumlah
Gambar

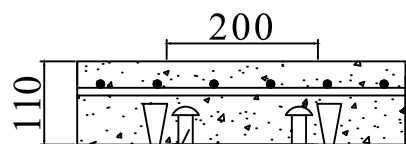
STR

20

32



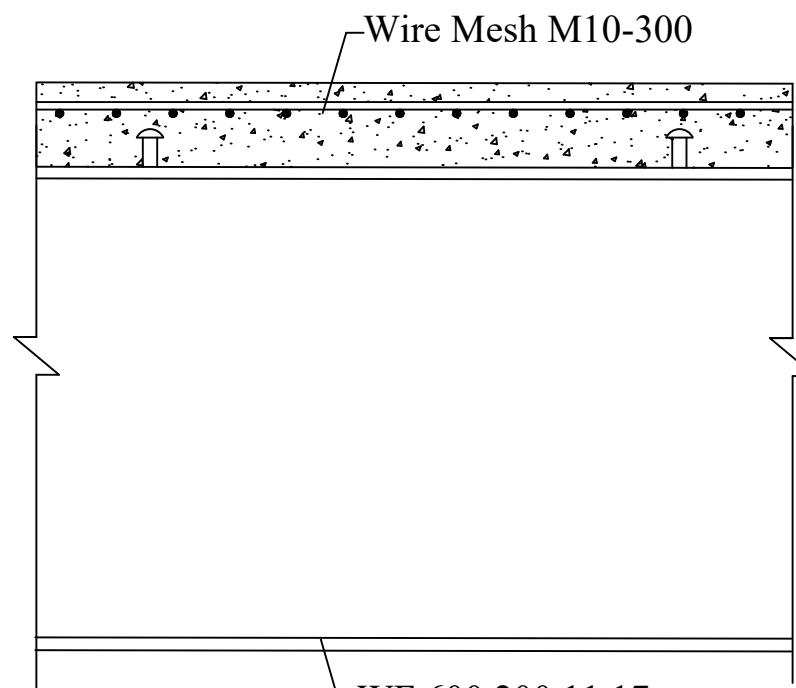
Balok Induk Melintang
SKALA 1 : 40



Stud Connector
D19mm

WF 600.200.11.17

Potongan B-B
SKALA 1 : 10



WF 600.200.11.17

Potongan A-A
SKALA 1 : 10



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

BALOK
MEMANJANG

1:10

Kode

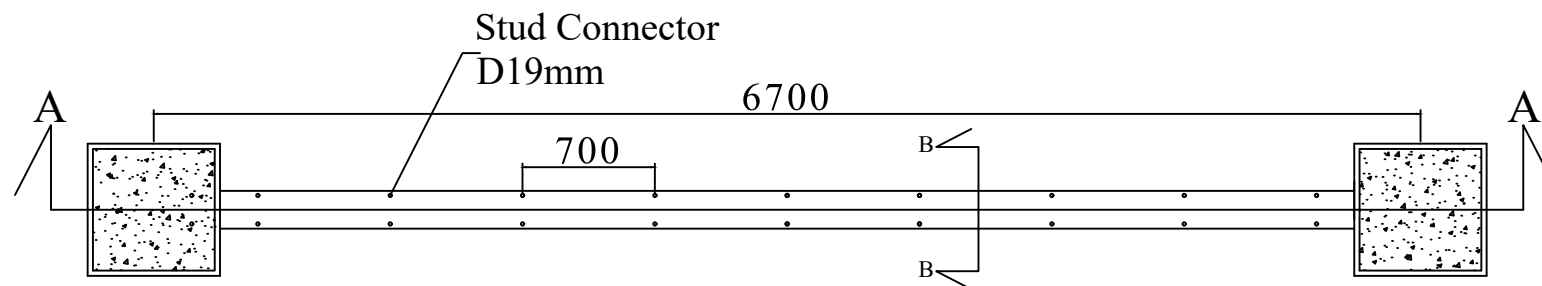
No
Gambar

Jumlah
Gambar

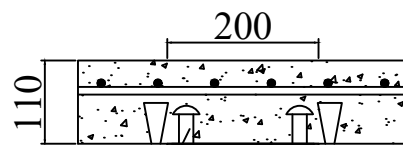
STR

21

32



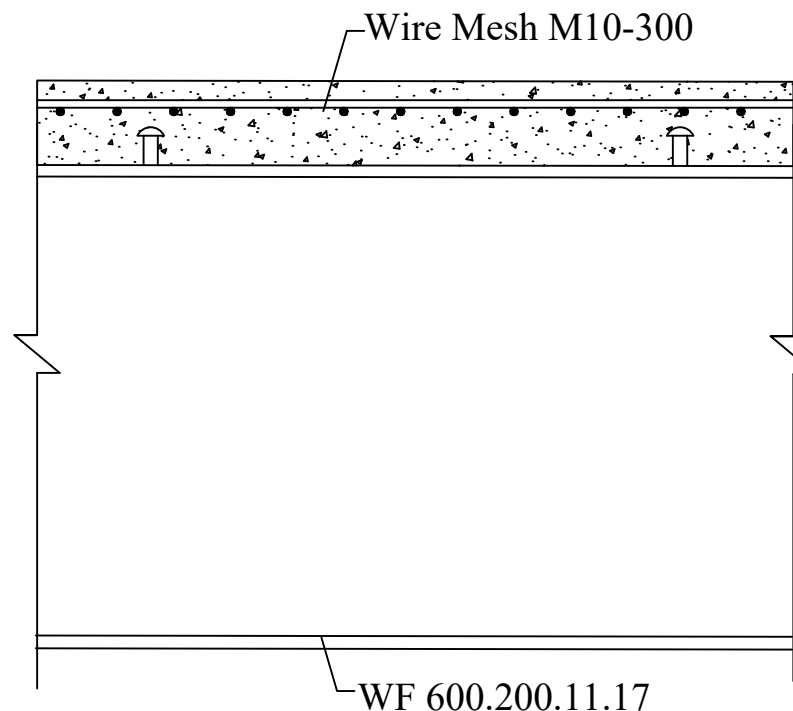
Balok Induk Memanjang
SKALA 1 : 40



Stud Connector
D19mm

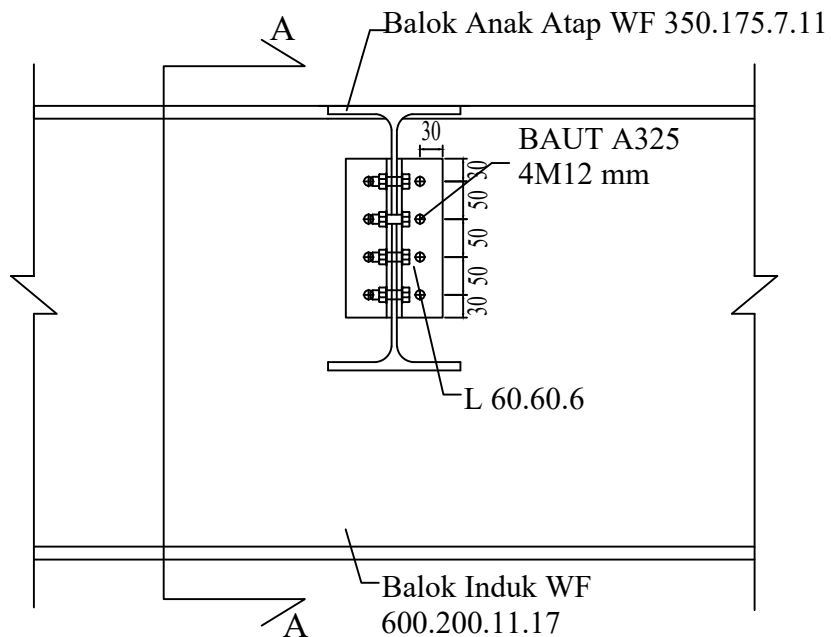
WF 600.200.11.17

Potongan B-B
SKALA 1 : 10



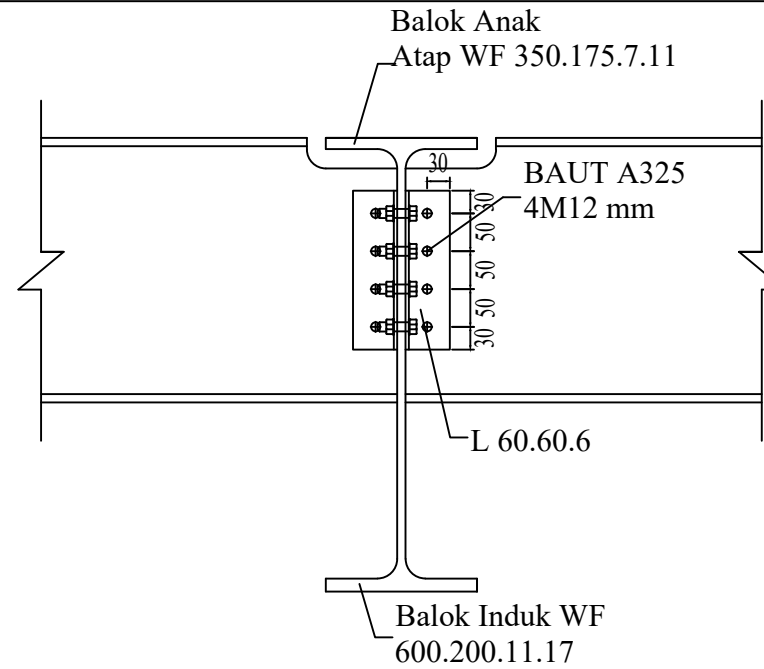
WF 600.200.11.17

Potongan A-A
SKALA 1 : 10



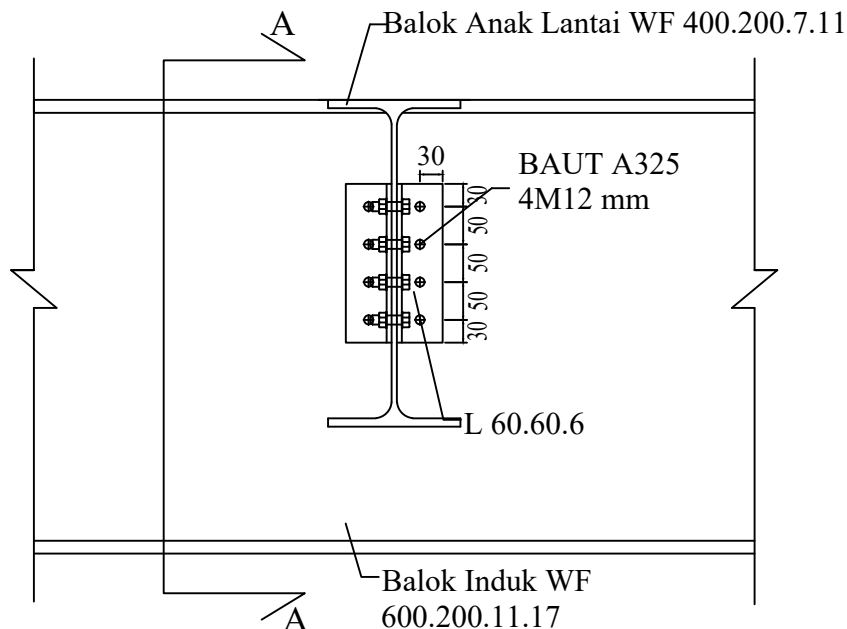
Sambungan Balok Anak Atap ke Balok Induk

SKALA 1 : 10



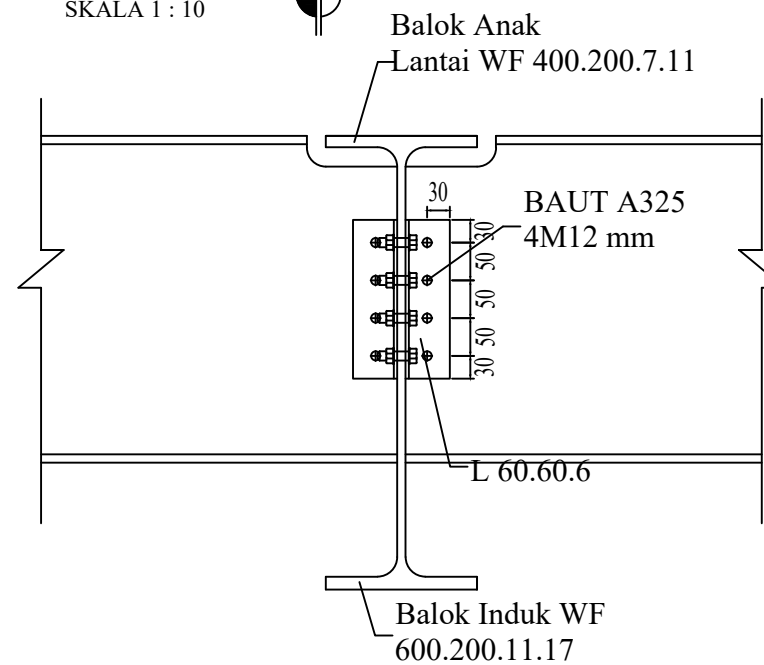
Potongan A-A

SKALA 1 : 10



Sambungan Balok Anak Lantai ke Balok Induk

SKALA 1 : 10



Potongan B-B

SKALA 1 : 10



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

SAMBUNGAN
BALOK ANAK DAN
BALOK INDUK

1:10

Kode

No
Gambar

Jumlah
Gambar

STR

22

32



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
03111640000036

Nama Gambar

Skala

SAMBUNGAN
BRACING
DENGAN LINK

1:20

Kode

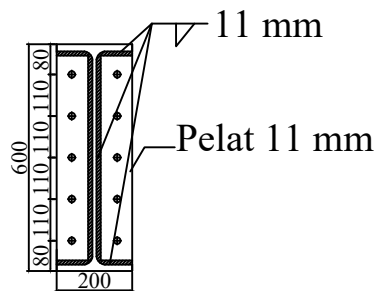
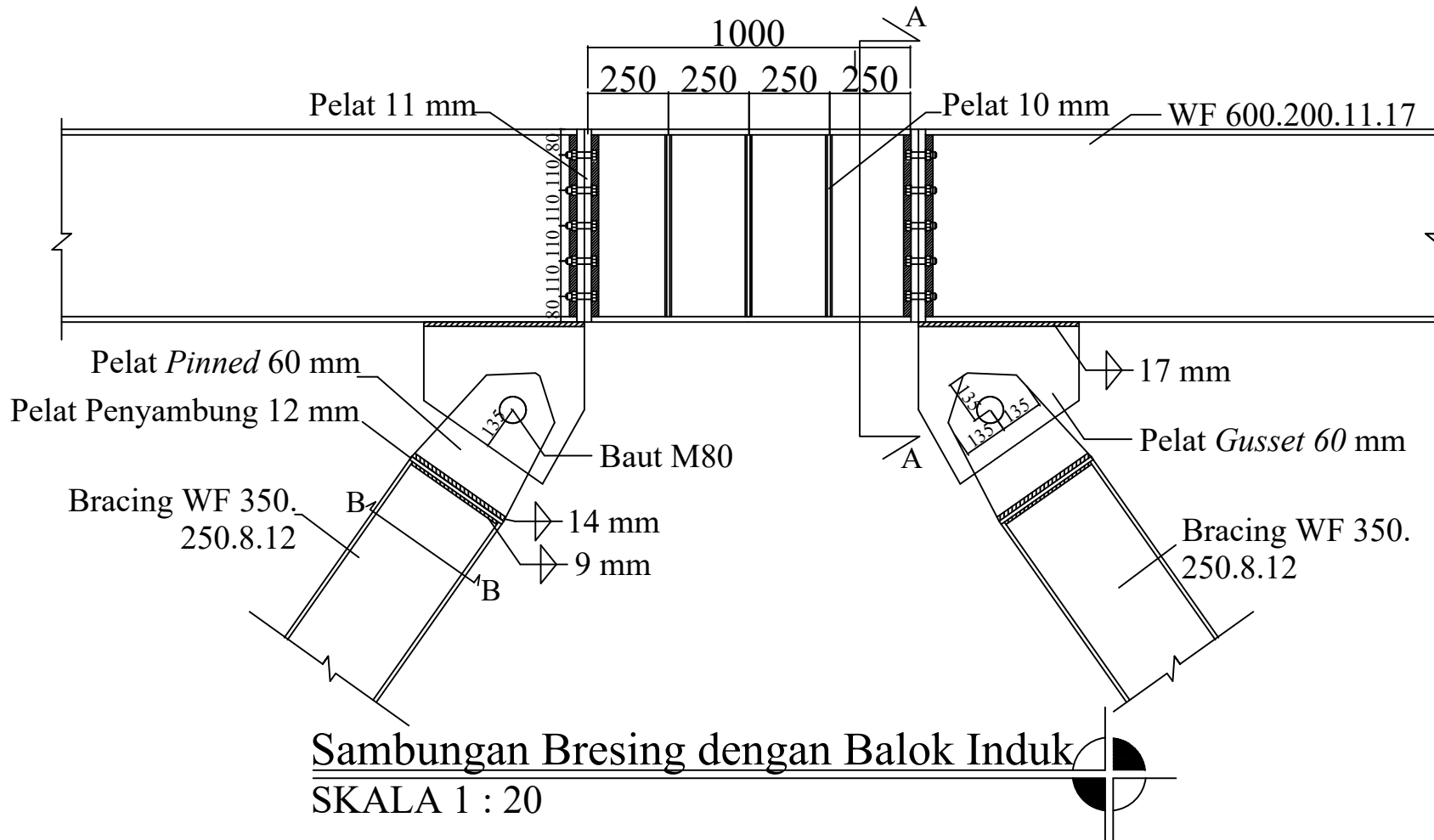
No
Gambar

Jumlah
Gambar

STR

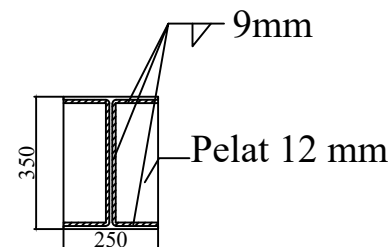
23

32



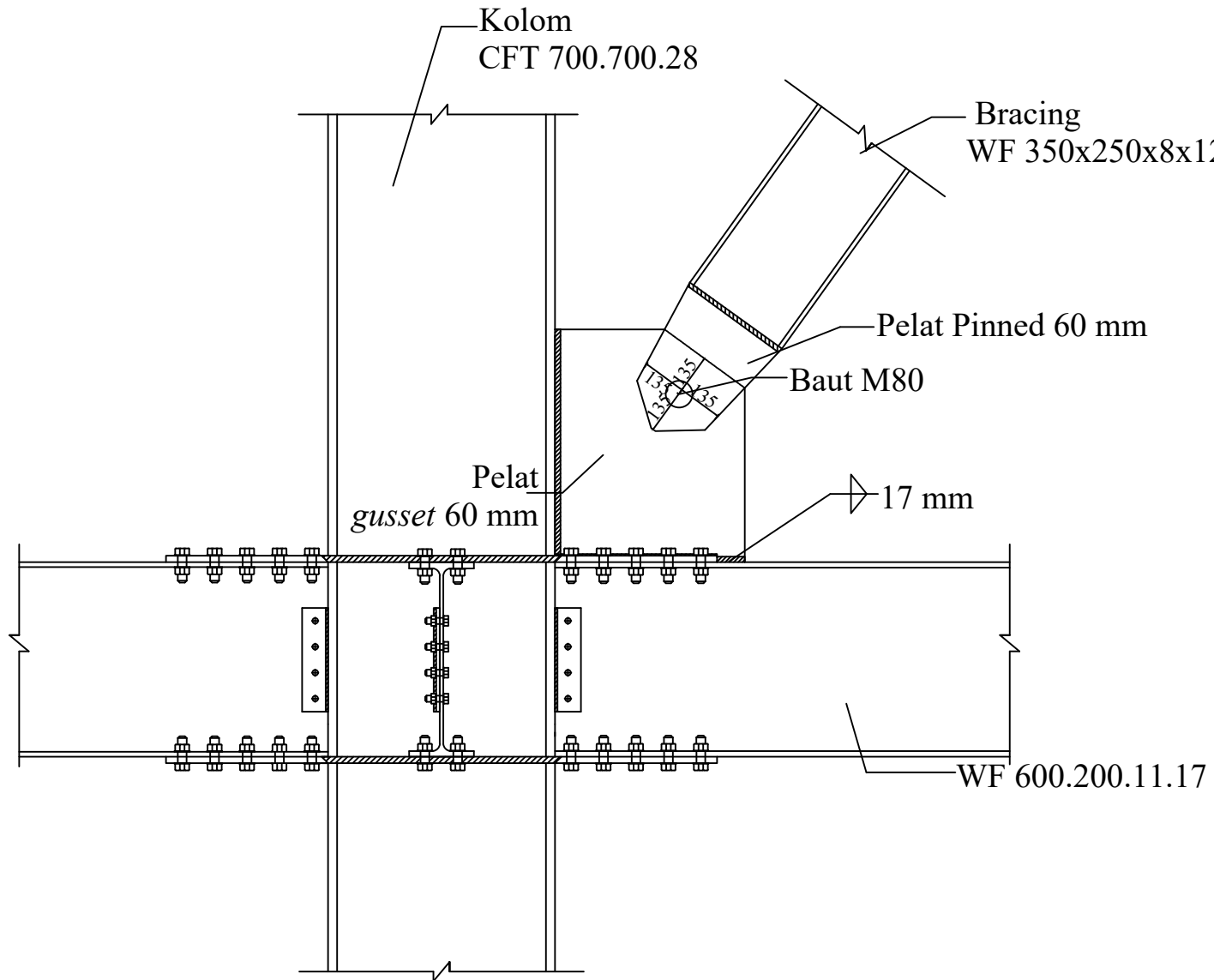
Potongan A-A

SKALA 1 : 20

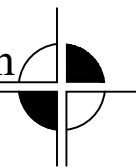


Potongan B-B

SKALA 1 : 20



Sambungan bresing dengan Balok Kolom
SKALA 1 : 20



Departemen Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
 dan Kebumihan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir
**MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG
 APARTEMEN AMEGA
 CROWN RESIDENCE
 MENGGUNAKAN STRUKTUR
 KOMPOSIT DENGAN
 SISTEM RANGKA
 BERPENGAKU EKSENTRIS**

Dosen Konsultasi
 Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
 Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan
 CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa
 Ramadhan Akbar Perdana
 0311164000036

Nama Gambar	Skala
SAMBUNGAN BRACING DENGAN KOLOM	1:20

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
STR	24	32



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
03111640000036

Nama Gambar

Skala

SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN
BALOK INDUK

1:20

Kode

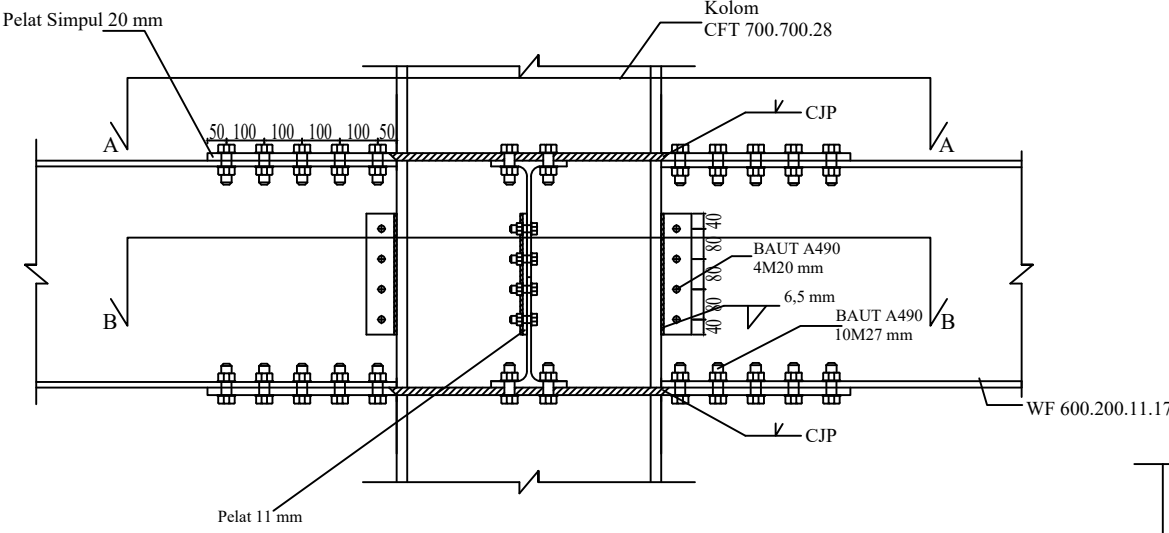
No
Gambar

Jumlah
Gambar

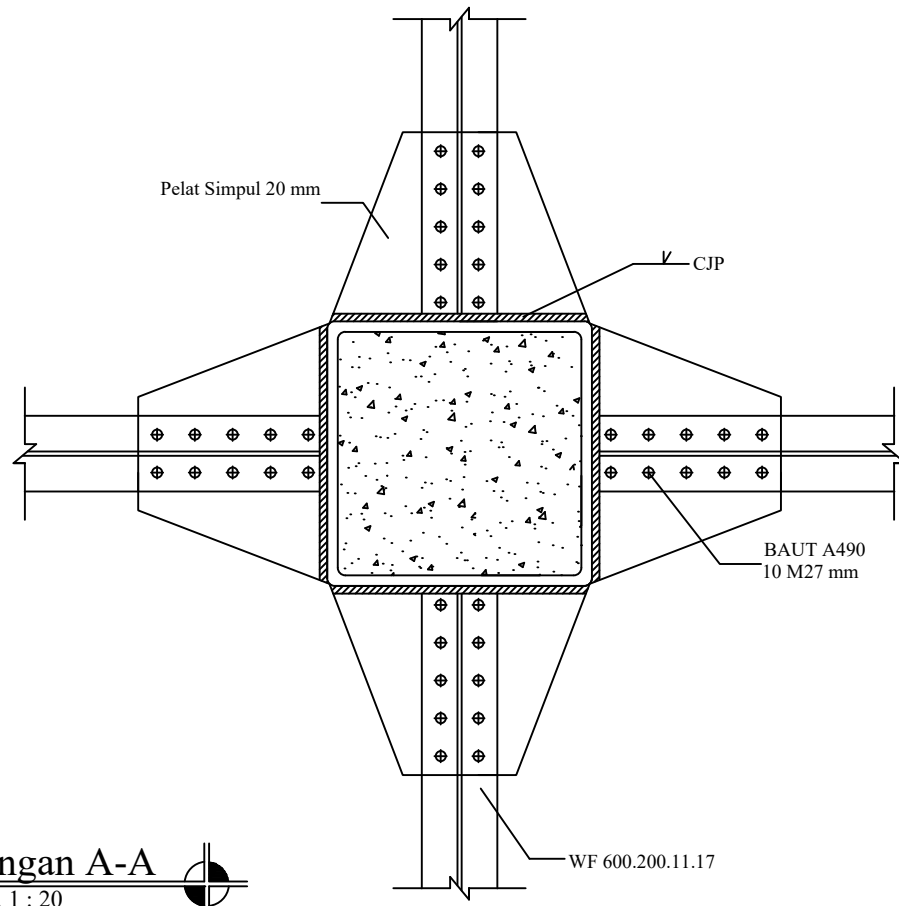
STR

25

32



Sambungan Balok Induk
SKALA 1 : 20



Potongan A-A
SKALA 1 : 20



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN
BALOK INDUK

1:20

Kode

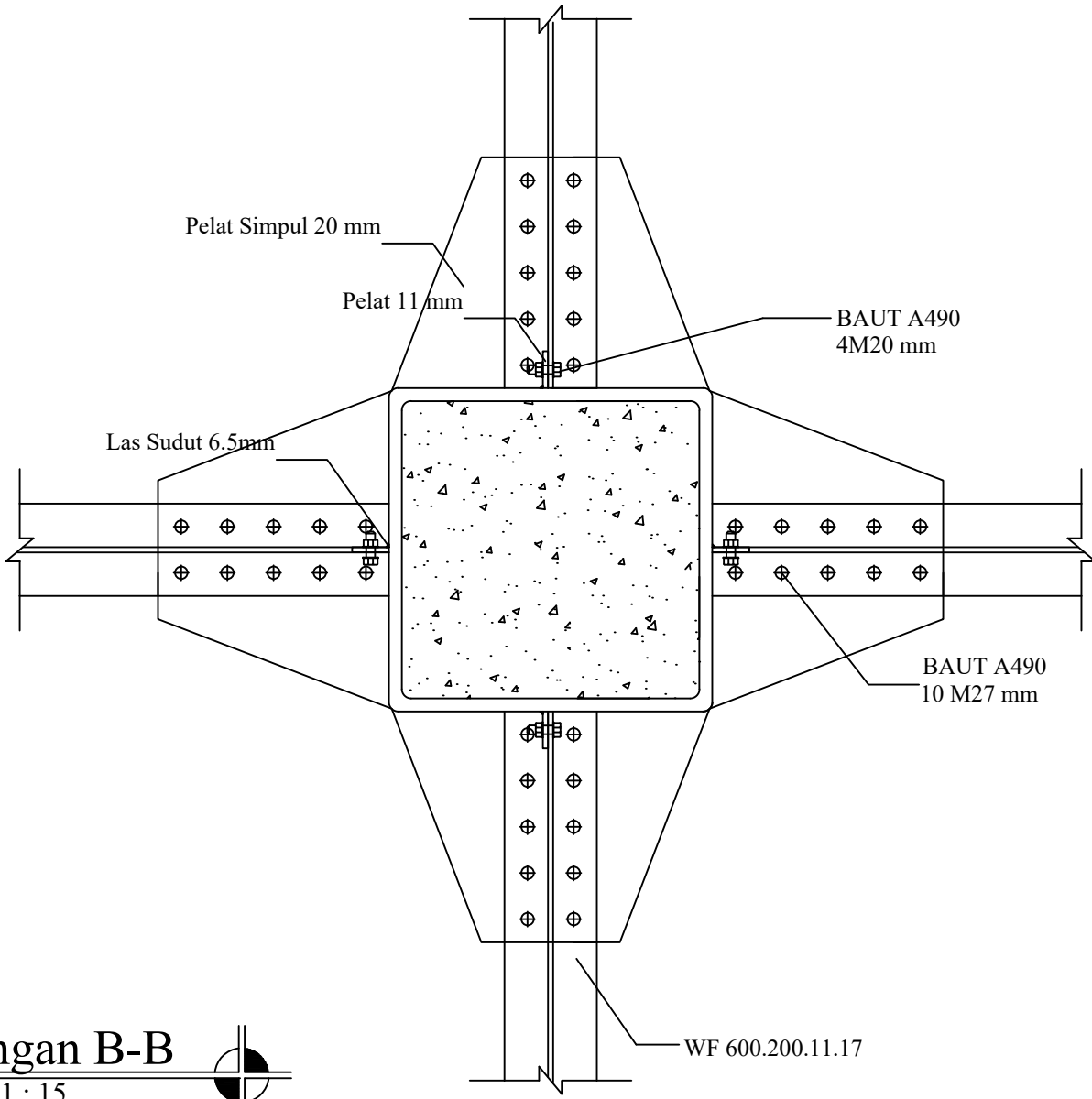
No
Gambar

Jumlah
Gambar

STR

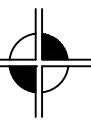
26

32



Potongan B-B

SKALA 1 : 15





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN
KOLOM

1:15

Kode

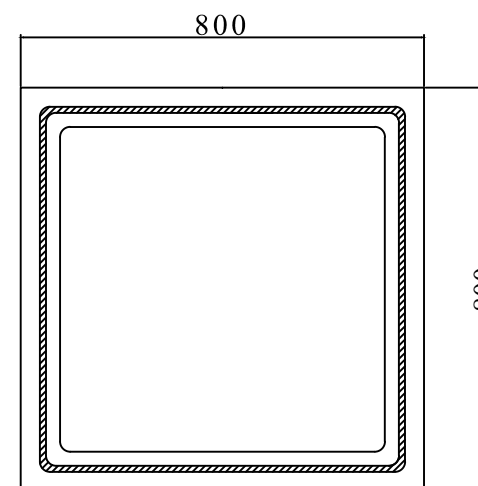
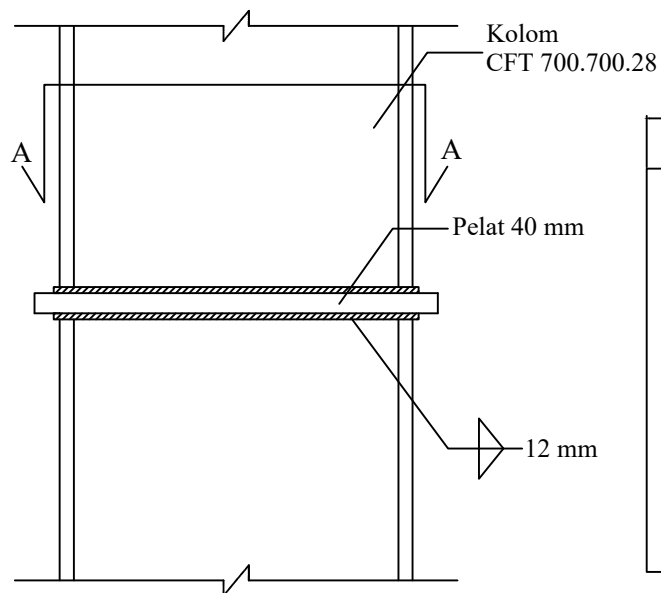
No
Gambar

Jumlah
Gambar

STR

27

32



Sambungan Antar Kolom
SKALA 1 : 15

Potongan A-A
SKALA 1 : 15



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN
KOLOM

1:15

Kode

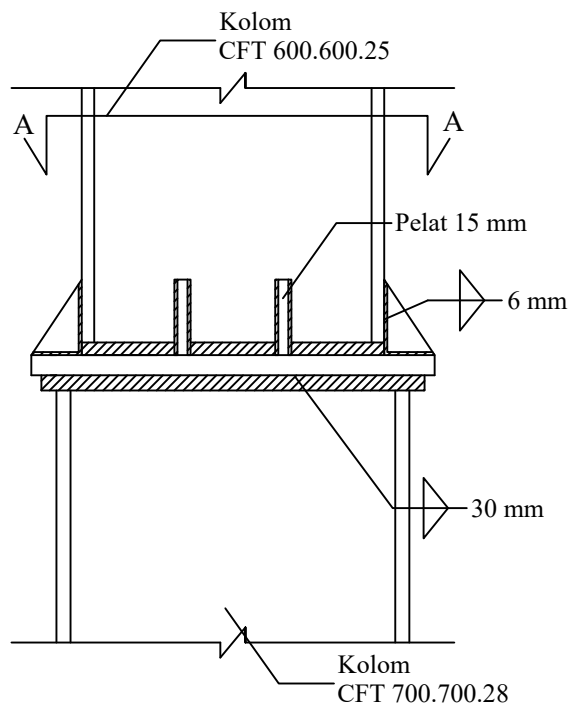
No
Gambar

Jumlah
Gambar

STR

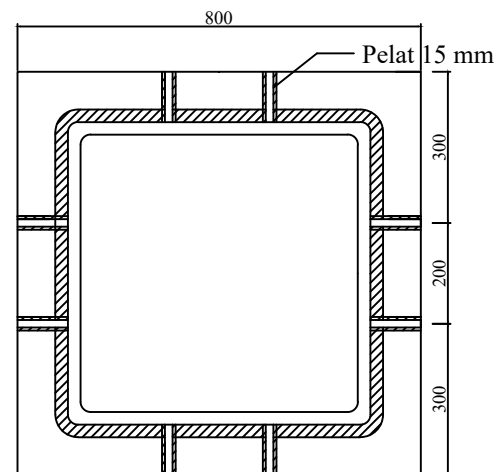
28

32



Sambungan Antar Kolom

SKALA 1 : 15



Potongan A-A

SKALA 1 : 15



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN
BASEPLATE

1:15

Kode

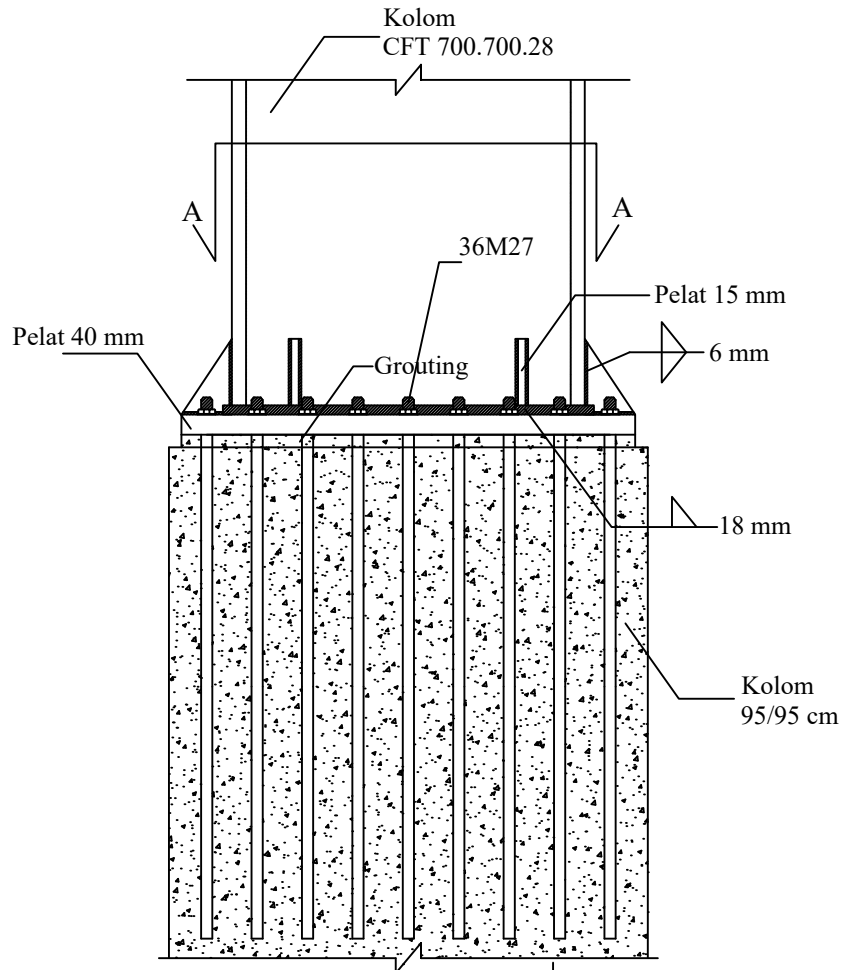
No
Gambar

Jumlah
Gambar

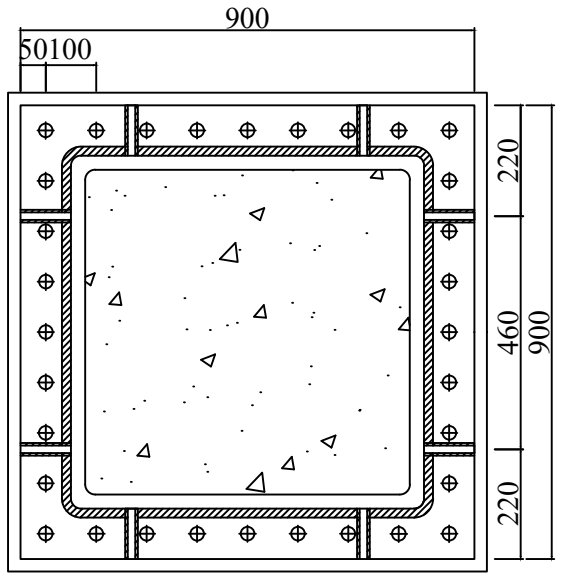
STR

29

32



Baseplate
SKALA 1 : 15



Potongan A-A
SKALA 1 : 15



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

PONDASI TIPE 1
(P1)

1:75

Kode

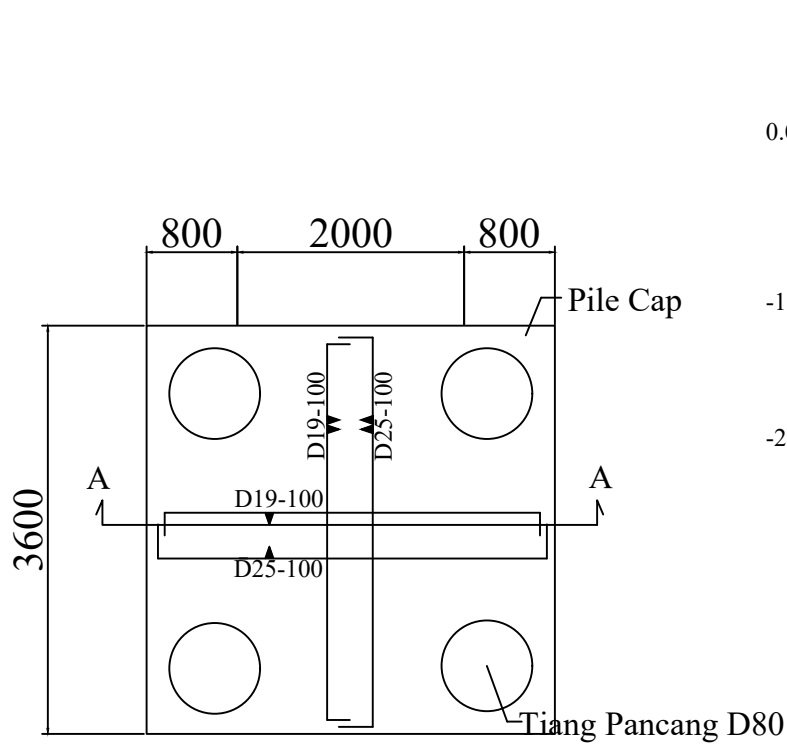
No
Gambar

Jumlah
Gambar

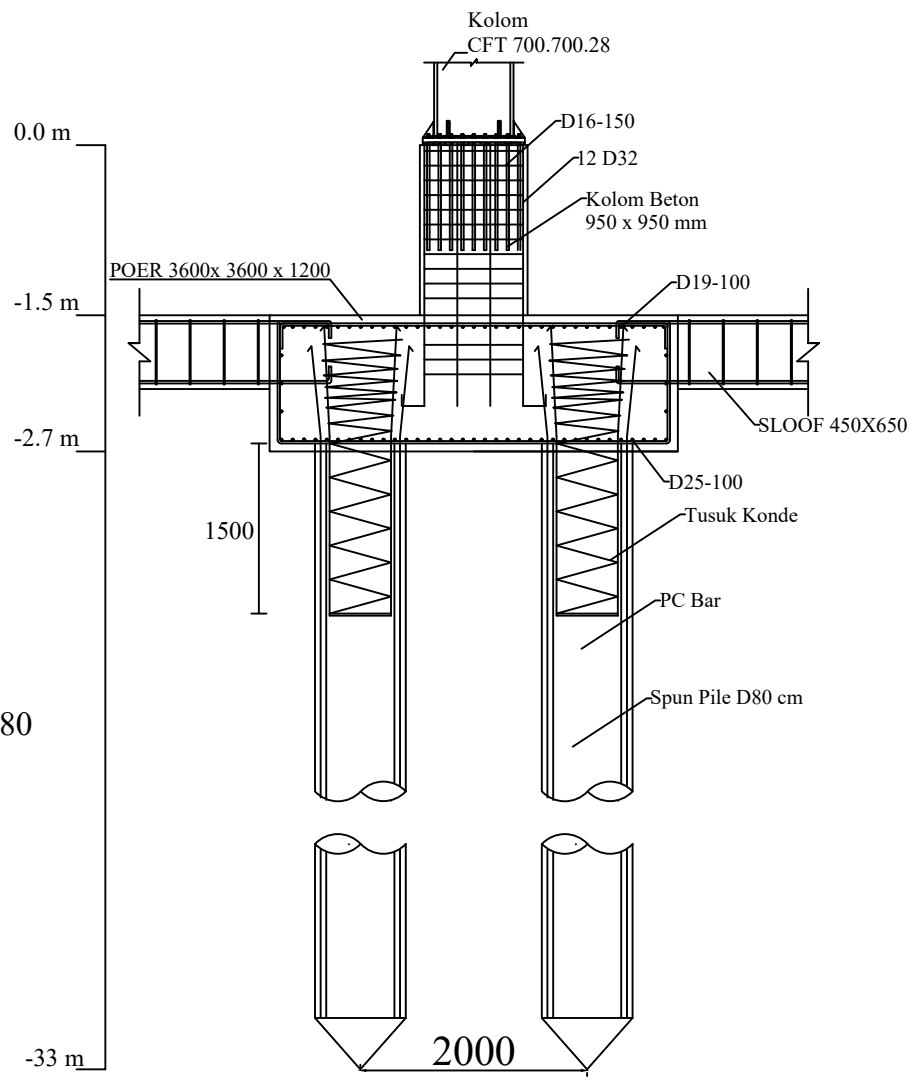
STR

30

32



Detail Pondasi 2
SKALA 1 : 75



Potongan A-A
SKALA 1 : 75



Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

CFT = Kolom (Concrete Filled Tube)

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

PONDASI TIPE 2
(P2)

1:75

Kode

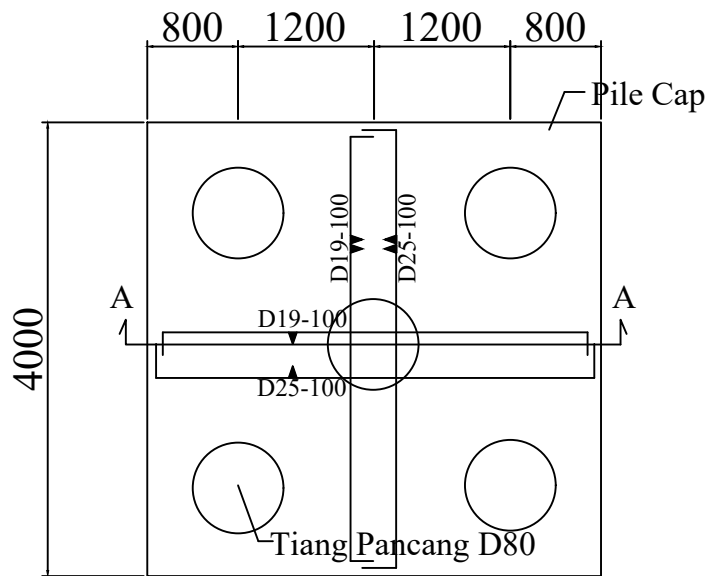
No
Gambar

Jumlah
Gambar

STR

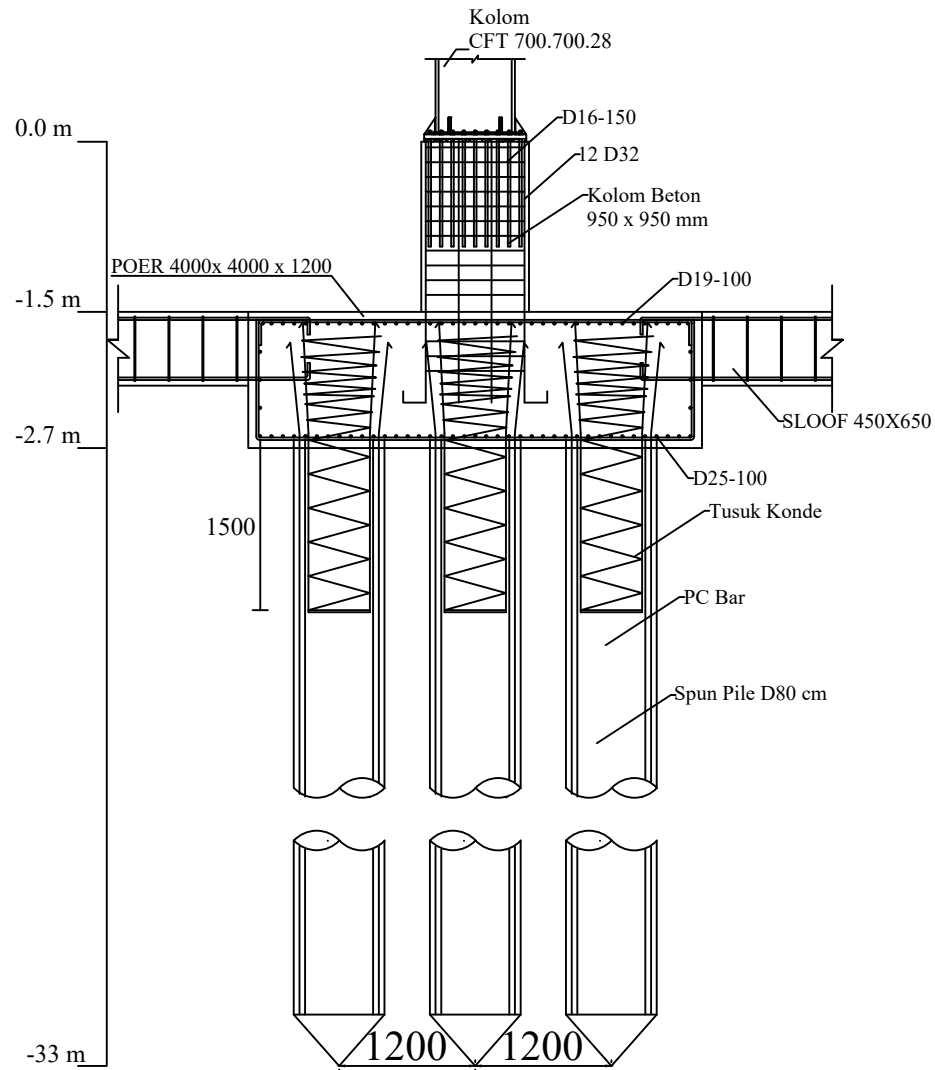
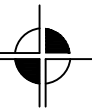
31

32



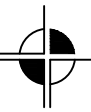
Detail Pondasi 1

SKALA 1 : 75



Potongan A-A

SKALA 1 : 75





Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN AMEGA
CROWN RESIDENCE
MENGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

Dosen Konsultasi

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D
Bambang Piscesa, ST.,MT.,Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Ramadhan Akbar Perdana
0311164000036

Nama Gambar

Skala

PENULANGAN
KOLOM
PEDESTAL
& SLOOF

1:15

Kode

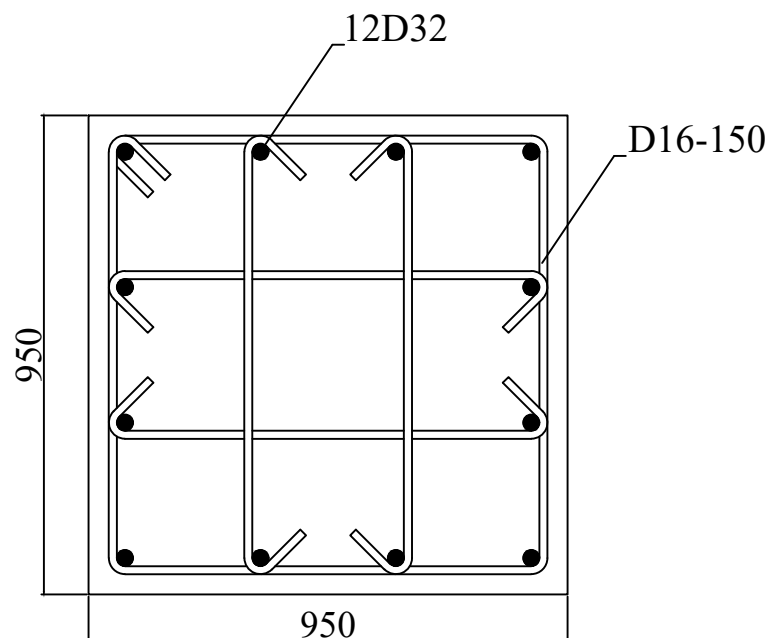
No
Gambar

Jumlah
Gambar

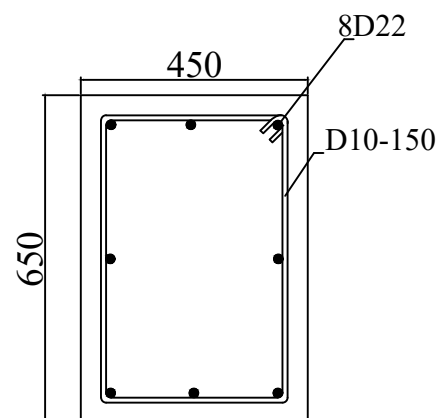
STR

32

32



PENULANGAN KOLOM PEDESTAL
SKALA 1 : 15



PENULANGAN SLOOF
SKALA 1 : 15

BIODATA PENULIS

Ramadhan Akbar Perdana



Lahir di Surabaya, pada tanggal 15 Januari 1998, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Mei Tugas Asmara Edy, S.T., dan Alm. Barut Yunia Sandra, S.Ss. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Lakarsantri 2 Surabaya, SMPN 22 Surabaya, dan SMAN 15 Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSLK-ITS) Surabaya melalui Program Sarjana dan terdaftar dengan NRP 03111640000036. Dalam kehidupan kampusnya, penulis aktif mengikuti kegiatan ekstra kampus, seperti Himpunan Mahasiswa Departemen Sipil Sosial Masyarakat. Penulis aktif dalam kegiatan perkuliahan sebagai mahasiswa program sarjana (S1) dengan bidang studi struktur dengan mengambil judul tugas akhir “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen *Amega Crown Residence* Menggunakan Struktur Komposit Dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris”.

Narahubung

Email : ramadhanakbar98@gmail.com

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
 SEMINAR DAN LISAN
 TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Rabu** tanggal **15 Januari 2020** jam **09:00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSPK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111640000036	Ramadhan Akbar Perdana	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Omega Crown Residence Menggunakan Struktur Komposit dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris

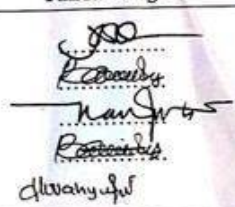
1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

f. Belajar kembali terkait dasar mettet /analisa struktur.

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

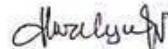
Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Budi Suswanto, ST. MT. PhD (Pembimbing 1) Bambang Piscesa, ST. MT. PhD (Pembimbing 2) Dr. Ir. Djoko Irawan, MS Bambang Piscesa, ST. MT. PhD Dr. Wahyuniarsh Sutrisno, ST. MT.	

Surabaya, 15 Januari 2020

Mengetahui,
 Sekretaris Departemen
 Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

Ketua Sidang


Data Iranata, ST. MT PhD
 NIP 19800430 200501 1 002


 (.....Wahyuniarsh Sutrisno.....)
 Nama terang



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Budi Suwanto S.T.,M.T., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ramadhan Akbar Perdana
NRP	: 03111640000036
JUDUL TUGAS AKHIR	:
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	26/09/19	-sekunder Ok Gambar diperbesar Asistensi menggunakan AS Soja	- pemodelan & kontrol	
2	31/10/19	pemodelan ok Tabel tidak boleh dari SAP → buat sendiri	- link & bracing	
3	31/10/19	-keterangan tidak boleh dipisah dengan gambar	- Balok induk & kolom	
4	29/11/19	gambar tumpuan balok & kolom digambar di autocad Momen kolom dipakai pada beban axial	Pondasi & pile head	
5	9/12/19	Sambungan kolom kolom base plate	Untuk data tanah mencari yang lebih baik daerah wuru	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt. 2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto S.T., M.T., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ramadhan Akbar Perdana
NRP	: 0311169000036
JUDUL TUGAS AKHIR	:
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6	13/12/19	Borepile tengah 4D80 pinggir 4D60 kedalaman sangat dalam tidak masalah	Gambar Poer	
7	17/12/19	Pondasi ditambah 2 jenis lagi → s bore pile - Jarak tulangan atas & bawah poer disamakan - Sloof menggunakan tulangan jarak 100	Gambar	
8	18/12/19	- Sloof diber kode - Denah struktur sendiri - Kolom & Balok sendiri - Kolom dibedakan 2 tipe	Selesaikan Gambar	
9	20/12/19	- Keterangan di tambah Skala kop & gambar di benarkan	Selesaikan gambar	



Form AK/TA 04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	Bambang Piscesas.T, M.T. Ph.D
NAMA MAHASISWA	Ramadhan Akbar Perdana
NRP	0311640000036
JUDUL TUGAS AKHIR	
TANGGAL PROPOSAL	
NO. SP-MMTA	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	03/10/19	-Balok Anak propil direcilkan -Balok Anak disesuaikan dengan berat	-plt rencana berat lift	<i>Ramadhan</i>
2	10/11/19	Tinjauan Pustaka ditambah Xtract Sumbangan menggunakan kapasitas	Sumbangan	<i>Ramadhan</i>
3	01/10/19	Permodelan SAP 2000 untuk pelat dihilangkan menjadi beban garis -Kontrol SAP harus mendaki	SAP	<i>Ramadhan</i>
4	31/10/19	-Partisipasi massa agar ok merbauat diaprogra	SAP	<i>Ramadhan</i>
5	29/11/19	Baseplate menggunakan kolom app. ekstrak untuk (P&M)	Kolom	<i>Ramadhan</i>
6	23/12/19	Sumbangan Pinned tanpa menerima momen Baseplate menggunakan kapasitas	Gambar	<i>Ramadhan</i>