



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN  
BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM  
*CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)***

ACHMAD NUR ALI  
NRP. 3114 106 004

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

Dosen Pembimbing II  
Ir. R. Soewardoyo, MSc.

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC14-1501

**MODIFICATION DESIGN STRUCTURE OF  
KEMENDAGRI JAKARTA PARKING BUILDING BY  
USING STEEL WITH EBF METHOD AND CONCRETE  
FILLED STEEL TUBE COLUMN (CFT)**

ACHMAD NUR ALI  
NRP. 3114 106 004

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

Mayor Supervisor II  
Ir. R. Soewardoyo, MSc.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN  
BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM *CONCRETE  
FILLED STEEL TUBE (CFT)***

**TUGAS AKHIR**

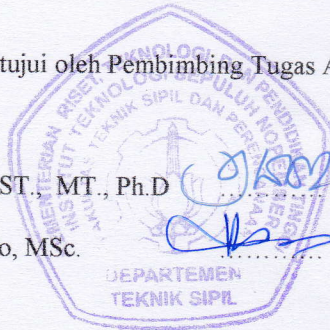
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ACHMAD NUR ALI**  
NRP. 3114 106 004

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D ..... (Pembimbing 1)
2. Ir. R. Soewardojo, MSc. .... (Pembimbing 2)



**SURABAYA  
JULI, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Parkir Kemendagri Jakarta Menggunakan Baja dengan Sistem EBF dan kolom *Concrete Filled steel Tube (CFT)*”.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini mengalami kesulitan, akan tetapi dengan bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Alm. Ibu Suirah dan Bapak Sudarso yang selalu memberikan dukungan dan doa serta dukungan baik moral ataupun materi
2. Kakakku tersayang, Susi Oktarina dan Sumiyati yang selalu memberikan dukungan, arahan, nasihat, dan bantuan dalam proses penyusunan tugas akhir ini
3. Bapak Budi Suswanto, ST., MT, Ph.D dan Bapak Ir. R. Soewardjo, MSc. yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, masukan, arahan dan ilmu yang bermanfaat dalam proses penyelesaian tugas akhir ini
4. Bapak Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT., selaku dosen wali yang selalu memberikan arahan mengenai akademik selama penulis kuliah di ITS
5. Seluruh dosen pengajar dan staf jurusan Teknik Sipil ITS yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis
6. Tegar F Hadi, Muhammad Rifanli, Rizky Nugraha, Rio Prasmono, Angga A Hermawan, Seno M Utomo, Ryan Topik, Muhammad Taufik, Farah Nasya, Ingky Samsya, Dilla NA Bayyinah, Rahmawati Cahyaningsih, Sarah Mayangsari, Mutiara NF dan Faizah yang selalu

memberikan dorongan motivasi, semangat dan doa untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini

7. Seluruh Teman-teman ITS khususnya Teknik Sipil ITS Lintas Jalur angkatan 2014 Genap yang selalu memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan, baik itu aspek kualitas maupun aspek kuantitas dalam Tugas Akhir ini. Sehingga penulis membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Dan semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Surabaya, Juli 2017

# **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM *CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)***

**Nama Mahasiswa** : Achmad Nur Ali  
**NRP** : 3114 106 004  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Budi Suswanto,S.T.,M.T.,Ph.D  
**Dosen Pembimbing II** : Ir. R. Soewardjo, MSc

## ***Abstrak***

*Gedung Parkir Kemendagri Jakarta merupakan gedung yang terletak di jln. Merdeka Utara no.7, Gambir, Jakarta Pusat, DKI Jakarta. Gedung parkir ini dibangun untuk memenuhi keterbatasan lahan untuk parkir kendaraan di dalam kawasan kementerian dalam negeri. Struktur awal gedung parkir ini menggunakan struktur beton bertulang, kemudian dilakukan modifikasi ulang menggunakan struktur baja menggunakan sistem Eccentrically Braced Frames (EBF) serta kolom Concrete filled steel tube (CFT).*

*Dalam Perencanaan ini, peraturan yang akan digunakan yaitu SNI 1729-2002 tentang persyaratan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 1726-2012 tentang perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung, PPIUG-1983 tentang pembebanan minimum pada struktur gedung, dan SNI 2847-2013 tentang persyaratan struktur beton untuk bangunan gedung. Dan dalam menganalisa strukturnya ditinjau dengan menggunakan metode beban gempa dinamis respon spectrum dengan menggunakan program bantu ETABS.*

*Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu : tebal pelat atap, pelat lantai, dan pelat ramp 13 cm. Dimensi balok induk lantai 1-5 WF500.200.9.14, Lantai 6-10 WF450.200.9.14, dan Lantai 11-Atap WF450.200.8.12. Dimensi kolom lantai 1-5 HSS700.700.22.22, lantai 6-10 HSS650.650.19.19, dan lantai 11-Atap HSS600.600.16.16, Dimensi link arah X WF500.300.11.18 dan link arah Y WF450.200.9.14 dengan panjang 100 cm. Dimensi bressing arah X WF250.250.9.14 dan bressing arah Y WF200.200.10.16. Sambungan struktur utama direncanakan menggunakan las dan baut A325. Pondasi menggunakan tiang pancang berdiamater 60 cm dengan kedalaman 20 meter. Dan*

*Sloof berukuran 40cm x 60cm dengan tulangan utama 8D22 dan tulangan geser Ø10-250.*

*Kata Kunci : Gedung Parkir Kemendagri Jakarta, Struktur Baja, EBF, Kolom Concrete Filled Steel Tube*



# **MODIFICATION DESIGN STRUCTURE OF KEMENDAGRI JAKARTA PARKING BUILDING BY USING STEEL WITH EBF METHOD AND CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN**

**Name** : Achmad Nur Ali  
**Student ID** : 3114 106 004  
**Department** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Supervisor I** : Budi Suswanto,S.T.,M.T.,Ph.D  
**Supervisor II** : Ir. R. Soewardoyo, MSc

## ***Abstract***

*Parking building of Kemendagri Jakarta located at Merdeka Utara street no.7, Gambir, Jakarta Pusat, DKI Jakarta. This building is constructed to supply the limited land for parking vehicles in kementerian dalam negeri area. The first structure of parking building using concrete structure and in this final project, modification this building using steel with Eccentrically Braced Frames (EBF) method and Concrete filled steel tube column.*

*In the planning, the regulation that used are SNI 1729-2002 about requirements of steel structural for building, SNI 1726-2012 about the procedures of planning seismic resistance for structure of building, PPIUG-1983 about minimum load for design building structure, and SNI 2847-2013 about requirements of concrete structural for building. And for analysis structure of earthquake load seismic using auxiliary program ETABS.*

*Based on the analysis and calculation obtained result for this building are: the plate thickness of roof, dormitory, and ramp 13 cm. The dimension of 1<sup>st</sup>-5<sup>th</sup> floor main beam using WF500.200.9.14, 6<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> floor using WF450.200.9.14., 10<sup>th</sup>-roof floor using WF450.200.8.12. The dimension of 1<sup>st</sup>-5<sup>th</sup> floor column using HSS700.700.22.22., 6<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> floor column using HSS650.650.19.19, and 10<sup>th</sup>-roof using HSS600.600.16.16. The dimension of link at the X using WF500.300.11.18 and link at the Y using WF450.200.9.14 with length 100 cm. Dimension bracing at the X using WF250.250.9.14 and at the Y using WF200.200.10.16. The main structure will connected with weld and bolt A325. The foundation is using spun pile with 60 cm diameters in depth 20 meters. And dimension of tie beam 40 x 60cm with the main*

*reinforcement and shear reinforcement of 8D22 and Ø10-250 respectively.*

*Keywords : Parking building of Kemendagri Jakarta, Steel Structure, EBF, Concrete Filled Steel Tube Column.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Perencanaan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Perencanaan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Umum .....	5
2.2 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.....	5
2.2.1 Konsep <i>Momen Resisting Frames</i> (MRF) .....	6
2.2.2 Konsep <i>Centrically Braced Frames</i> (CBF).....	6
2.2.3 Konsep <i>Eccentrically Braced Frames</i> (EBF) .....	7
2.2.4 Elemen <i>Link</i> pada konsep EBF .....	7
2.3 Sistem Rangka ( <i>Bracing</i> ) EBF .....	14
2.4 Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i> .....	15
2.4.1 Tipe Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i> .....	15
2.4.2 Kelebihan Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i> .....	16
2.5 <i>Steel Floor Deck</i> .....	16
2.6 Sambungan .....	17
2.6.1 Klasifikasi Sambungan .....	17
2.6.2 Mekanisme Sambungan.....	18
2.6 Pondasi.....	18

<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>21</b>
3.1 Diagram Alur Perencanaan .....	21
3.2 Studi Literatur .....	22
3.3 Variabel design .....	22
3.4 Preliminary Design .....	23
3.5 Pembebanan .....	24
3.6 Analisa Struktur dan Pemodelan.....	31
3.7 Kontrol Desain.....	31
3.7.1 Desain Elemen <i>Link</i> .....	31
3.7.2 Desain Balok WF.....	33
3.7.3 Desain Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube (CFT)</i> ..	36
3.8 Perencanaan Sambungan .....	39
3.8.1 Sambungan Baut.....	39
3.8.2 Sambungan Las.....	40
3.9 Perencanaan Pondasi.....	41
3.9.1 Kapasitas Tiang Pancang Tunggal.....	41
3.9.2 Perencanaan Tiang Pancang grup .....	42
3.10 Penggambaran Hasil Rencana .....	46
<b>BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER .....</b>	<b>47</b>
4.1 Perencanaan Pelat Lantai .....	47
4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Gedung Parkir.....	47
4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Atap Gedung Parkir .....	49
4.2 Perencanaan Balok Anak .....	52
4.2.1 Perencanaan Balok Anak Lantai Gedung .....	52
4.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai Atap Gedung .....	56
4.3 Perencanaan Tangga dan Bordes .....	60
4.3.1 Perencanaan Tangga .....	60
4.3.2 Perencanaan Bordes.....	67
4.3.3 Perencanaan Balok Utama Tangga.....	71
4.3.4 Perencanaan Balok Penumpu Tangga.....	78
4.4 Perencanaan Balok Lift.....	82
4.5 Perencanaan Ramp.....	89
4.5.1 Perencanaan Balok Ramp .....	91
4.3.2 Perencanaan Penumpu Ramp.....	95

<b>BAB V PEMODELAN STRUKTUR.....</b>	<b>99</b>
5.1 Pemodelan Struktur.....	99
5.2 Pembebanan Struktur Utama .....	101
5.2.1 Beban Mati ( <i>Dead Load</i> ).....	101
5.2.2 Beban Hidup ( <i>Live Load</i> ) .....	102
5.2.3 Beban Gempa ( <i>Earthquake Load</i> ) .....	102
5.2.2 Kombinasi Pembebanan .....	102
5.3 Pembebanan Gempa Dinamis .....	102
5.3.1 Klasifikasi Tanah .....	103
5.3.2 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma .....	103
5.3.3 Arah Pembebanan .....	103
5.3.4 Parameter Respon Spektrum Rencana .....	104
5.4 Kontrol Desain.....	109
5.4.1 Kontrol Partisipasi Massa .....	109
5.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental.....	110
5.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum .....	112
5.4.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai ( <i>Drift</i> ) .....	115
<b>BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER .....</b>	<b>117</b>
6.1 Analisis Struktur .....	117
6.2 Perencanaan <i>Link</i> .....	117
6.2.1 Perencanaan <i>Link</i> arah X .....	117
6.2.2 Perencanaan Pengaku <i>Link</i> arah X .....	119
6.2.3 Perencanaan <i>Link</i> arah Y .....	120
6.2.4 Perencanaan Pengaku <i>Link</i> arah Y .....	123
6.3 Perencanaan Balok di Luar <i>Link</i> .....	124
6.3.1 Perencanaan Balok di Luar <i>Link</i> arah X.....	124
6.3.2 Perencanaan Balok di Luar <i>Link</i> arah Y .....	126
6.4 Perencanaan <i>Bressing</i> .....	129
6.4.1 Perencanaan <i>Bressing</i> Atrah X .....	129
6.4.2 Perencanaan <i>Bressing</i> Arah Y .....	131
6.5 Perencanaan Balok Induk Lantai .....	133
6.5.1 Perencanaan Balok Induk Arah X .....	133
6.5.2 Perencanaan Balok Induk Arah Y .....	135
6.6 Perencanaan Kolom .....	139

<b>BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN.....</b>	<b>147</b>
7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk .....	147
7.1.1 Balok Anak dengan Balok Induk Lantai .....	147
7.1.2 Balok Anak dengan Balok Induk Lantai Atap.....	150
7.2 Sambungan Balok Tangga .....	154
7.2.1 Balok Tangga dan Balok Penumpu .....	154
7.2.2 Balok Balok Penumpu dan Kolom .....	157
7.3 Sambungan Balok Ramp .....	160
7.3.1 Balok Ramp dan Balok Penumpu.....	160
7.3.2 Balok Balok Penumpu dan Kolom .....	163
7.4 Sambungan Balok Induk dan Kolom.....	167
7.4.1 Balok Induk Lantai dan Kolom .....	167
7.4.2 Balok Induk Atap dan Kolom.....	172
7.5 Sambungan Batang Bressing .....	177
7.6 Sambungan Kolom dengan kolom.....	180
7.7 Sambungan Kolom Baseplate .....	182
<b>BAB VIII PERENCANAAN PONDASI .....</b>	<b>189</b>
8.1 Data Tanah.....	189
8.2 Desain Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.....	189
8.3 Daya Dukung Tanah .....	190
8.2.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal.....	190
8.2.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok ....	192
8.4 Perencanaan Poer Pada Kolom .....	195
8.4.1 Desain Geser Pons Akibat Kolom .....	195
8.4.2 Desain Geser Pons Akibat Tiang Pancang .....	198
8.5 Penulangan Poer .....	200
8.6 Perencanaan Kolom Pedestal.....	202
8.7 Perencanaan Sloof Pondasi .....	204
<b>BAB XI PENUTUP .....</b>	<b>207</b>
9.1 Rangkuman .....	207
9.2 Kesimpulan .....	209
9.3 Saran .....	209

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Portal Baja Tahan Gempa .....	6
Gambar 2.2	Konfigurasi <i>Link</i> pada portal .....	8
Gambar 2.3	Gaya Yang Bekerja Pada <i>Link</i> .....	9
Gambar 2.4	Kekakuan Elastik Terhadap Variasi e/L .....	10
Gambar 2.5	Sudut Rotasi <i>Link Beam</i> .....	12
Gambar 2.6	Detailing pada <i>Link Beam</i> .....	14
Gambar 2.7	Tipe sistem Rangka ( <i>Bracing</i> ) pada EBF .....	14
Gambar 2.8	Macam-macam Bentuk CFT.....	15
Gambar 2.9	<i>Steel Floor Deck</i> .....	17
Gambar 2.10	Jenis Pondasi Dangkal .....	19
Gambar 2.11	Jenis Pondasi Dalam.....	20
Gambar 3.1	Alir Perencanaan Pekerjaan .....	21
Gambar 3.2	Peta MCE-R Periode Pendek.....	25
Gambar 3.3	Peta MCE-R Periode Panjang.....	26
Gambar 3.4	Pondasi Tiang Pancang Grup.....	43
Gambar 3.5	Kontrol Geser Pons Poer akibat Kolom.....	44
Gambar 3.6	Kontrol Geser Pons Poer akibat Pancang .....	46
Gambar 4.1	Tinjauan Pelat Lantai Gedung Parkir .....	47
Gambar 4.2	Penulangan Bondek Pelat Lantai .....	49
Gambar 4.3	Tinjauan Pelat Lantai Atap .....	49
Gambar 4.4	Penulangan Bondek Pelat Atap .....	51
Gambar 4.5	Tinjauan Balok Anak Pelat Lantai.....	52
Gambar 4.6	Tinjauan Balok Anak Pelat Atap .....	56
Gambar 4.7a	Tampak Atas Tangga.....	60
Gambar 4.7b	Tampak Samping Tangga .....	60
Gambar 4.8	Pelat Anak Tangga.....	62
Gambar 4.9	Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga .....	64
Gambar 4.10	Perencanaan Denah Bordes .....	67
Gambar 4.11	Model Pembebanan Balok Tangga.....	72
Gambar 4.12	Gaya Dalam Tangga .....	75
Gambar 4.13	Pembebanan Balok Penumpu Tangga .....	79
Gambar 4.14	Bidang Momen Balok Penumpu Tangga.....	79
Gambar 4.15	Bidang Geser Balok Penumpu Tangga.....	79

Gambar 4.16	Layout Lift.....	83
Gambar 4.17	Tampak Samping Struktur Lift.....	83
Gambar 4.18	Sketsa Pelat Ramp .....	89
Gambar 4.19	Penulangan Bondek Pelat Ramp.....	90
Gambar 4.20	Pemodelan Pembebanan Ramp.....	91
Gambar 4.21	Bidang Momen Balok Ramp .....	92
Gambar 4.22	Bidang Geser Balok Ramp .....	92
Gambar 4.23	Bidang Aksial Balok Ramp .....	92
Gambar 4.24	Pembebanan Balok Penumpu Ramp.....	96
Gambar 4.25	Bidang Momen Balok Penumpu Ramp .....	96
Gambar 4.26	Bidang Geser Baik Penumpu Ramp .....	96
Gambar 5.1	Denah Struktur Modifikasi Gedung.....	99
Gambar 5.2	Model 3 Dimensi Struktur Gedung.....	100
Gambar 5.3	Grafik Spektrum Percepatan Gempa .....	108
Gambar 7.1	Letak Tinjauan Sambungan Balok Anak .....	147
Gambar 7.2	Sambungan Balok Anak dan Balok induk.....	150
Gambar 7.3	Letak Tinjauan Sambungan Balok Anak .....	150
Gambar 7.4	Sambungan Balok Anak dan Balok Atap .....	153
Gambar 7.5	Sambungan Balok Tangga dan Penumpu .....	156
Gambar 7.6	Sambungan Penumpu Tangga dan Kolom.....	159
Gambar 7.7	Sambungan Balok Ramp dan Penumpu .....	162
Gambar 7.8	Sambungan Penumpu Ramp dan Kolom.....	166
Gambar 7.9	Letak Tinjauan Sambungan Balok Induk .....	167
Gambar 7.10a	Sambungan Balok Induk Lantai dan Kolom.....	171
Gambar 7.10b	Sambungan Balok induk Lantai dan Kolom.....	171
Gambar 7.11	Letak Tinjauan Sambungan Balok Atap.....	172
Gambar 7.12a	Sambungan Balok Atap dan Kolom .....	176
Gambar 7.12b	Sambungan Balok Atap dan Kolom .....	176
Gambar 7.13	Sambungan Bressing .....	177
Gambar 7.14a	Tampak Atas Sambungan Antar Kolom.....	180
Gambar 7.14b	Tampak Samping Sambungan Antar Kolom.....	180
Gambar 7.15	Sambungan Las Pada <i>BasePlate</i> .....	182
Gambar 7.16a	Tampak Atas Sambungan <i>BasePlate</i> .....	186
Gambar 7.16b	Tampak Samping Sambungan <i>Baseplate</i> .....	187
Gambar 8.1	Denah Rencana Pondasi .....	189



Gambar 8.2	Pondasi Tiang Pancang.....	192
Gambar 8.3	Geser Pons Akibat Kolom .....	196
Gambar 8.4	Geser pons Akibat Pancang .....	198
Gambar 8.5	Analisa Poer sebagai Balok Kantilever .....	200
Gambar 8.6	Pembebanan Poer Kolom Type A .....	200
Gambar 8.7	Analisa Kolom <i>Pedestal</i> dengan Spcolom .....	202
Gambar 8.8	Penulangan Kolom <i>Pedestal</i> .....	203
Gambar 8.9	Analisa <i>Sloof</i> dengan Spcolom .....	205
Gambar 8.10	Penulangan <i>Sloof</i> .....	206

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan panjang <i>Link</i> .....	11
Tabel 2.2	Sudut rotasi <i>Link Beam</i> .....	12
Tabel 2.3	Jarak pengaku maksimum.....	13
Tabel 3.1	Kategori risiko bangunan gedung.....	24
Tabel 3.2	Faktor keutamaan gempa.....	25
Tabel 3.3	Koefisien situs $F_a$ .....	26
Tabel 3.4	Koefisien situs $F_v$ .....	27
Tabel 3.5	Kategori desain seismik pada periode pendek.....	28
Tabel 3.6	Kategori desain seismic pada periode 1 detik.....	29
Tabel 3.7	Nilai $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$ .....	30
Tabel 3.8	Panjang <i>Link</i> .....	32
Tabel 3.9	Ketentuan sudut rotasi <i>Link</i> .....	32
Tabel 4.1	Rekapitulasi Pelat.....	51
Tabel 4.2	Rekapitulasi profil balok anak lantai.....	55
Tabel 4.3	Rekapitulasi profil balok anak atap.....	59
Tabel 4.4	Rekapitulasi profil balok tangga.....	82
Tabel 5.1	Nilai ( $T$ ) dan ( $S_a$ ).....	107
Tabel 5.2	Rasio Partisipasi Massa.....	109
Tabel 5.3	Periode dan frekuensi struktur.....	111
Tabel 5.4	Gaya geser dasar akibat beban gempa.....	113
Tabel 5.5	Gaya geser dasar akibat beban gempa.....	114
Tabel 5.6	Kontrol simpangan akibat gempa arah-X.....	115
Tabel 5.7	Kontrol simpangan akibat gempa arah-Y.....	116
Tabel 6.1	Rekapitulasi <i>Link</i> .....	145
Tabel 6.2	Rekapitulasi balok diluar <i>Link</i> .....	145
Tabel 6.3	Rekapitulasi breeding.....	145
Tabel 6.4	Rekapitulasi balok induk arah-X.....	146
Tabel 6.5	Rekapitulasi balok induk arah-Y.....	146
Tabel 6.6	Rekapitulasi kolom CFT.....	146
Tabel 8.1	Rekapitulasi gaya dalam untuk pondasi.....	192

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Permasalahan utama dalam merencanakan bangunan tinggi adalah semakin rentannya untuk runtuh karena bangunan tersebut juga harus mempunyai sifat struktur yang fleksibel. Dalam merencanakan sebuah bangunan struktur gedung juga harus memperhatikan kekuatan, kekakuan, daktilitas dan kemampuan untuk mereduksi energi gempa dan baja merupakan salah satu material yang mempunyai sifat-sifat tersebut. Oleh karena itu, penulis melakukan modifikasi bangunan Gedung Parkir Kementerian Dalam Negeri yang berlokasi di Jakarta pusat, yang awalnya menggunakan struktur beton bertulang menjadi struktur baja.

Terdapat beberapa keuntungan dalam menggunakan struktur baja dalam merencanakan bangunan gedung. Baja mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibanding dengan bahan lainnya per volume. Baja mempunyai sifat daktil, yaitu sifat di mana baja dapat mengalami deformasi yang besar di bawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur dan putus (Amon dkk. 1999). Baja juga merupakan material yang mempunyai sifat daktil yang lebih tinggi dibandingkan dengan material lainnya. Dan adanya sifat daktil ini membuat baja menjadi lebih efektif untuk menahan beban gempa.

Dalam Konsep sistem struktur bangunan baja tahan gempa dibedakan menjadi 3 konsep sistem struktur, yaitu sistem rangka pemikul momen (MRF), sistem rangka bresing konsentrik (CBF) dan sistem rangka bresing eksentrik (EBF). Sistem yang digunakan untuk perencanaan gedung parkir ini adalah Sistem Rangka Bresing Eksentrik (*Eccentrically Braced Frames*). Sistem *Eccentrically Braced Frames* (EBF) mempunyai desain yang lebih baik dari sistem *Moment Resisting Frames* (MRF) dan *Concentrically Braced Frames* (CBF) karena EBF merupakan penggabungan dari kedua sistem tersebut. Sistem *Eccentrically*

*Braced Frames* (EBF) mempunyai karakteristik kekakuan yang sangat baik dibawah beban lateral dari desain *Concentrically Braced Frames* (CBF) serta mempunyai daktilitas dan disipasi yang baik dibawah beban gempa besar dari desain *Moment Resisting Frames* (MRF).

Dalam konsep desain EBF, hal yang paling penting adalah elemen *link*. *Link* merupakan bagian yang terletak antara joint pengaku diagonal dengan joint kolom-balok. *Link* merupakan elemen yang diharapkan dapat menyerap energi gempa dan mengalami proses plastifikasi pada elemen yang rusak tersebut.

Dalam tugas besar ini, penulis juga menggunakan kolom *Concrete Filled Steel Tube* sebagai pengganti kolom beton bertulang. Kolom *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) merupakan kolom dengan tabung baja berintikan beton. Kolom CFT tidak hanya meningkatkan kekuatan tapi juga nilai ekonomis pelaksanaan yang lebih cepat. Saat ini kolom tabung baja berintikan beton (CFT) semakin banyak digunakan dalam konstruksi bangunan karena memiliki sifat statis dan tahan gempa yang sangat baik seperti kekuatan tinggi, daktilitas tinggi, kapasitas penyerapan energi yang besar, kekakuan lentur, dan lain-lain. (Darshika, 2014).

Untuk Menyelesaikan perencanaan bangunan gedung Parkir Kementerian Dalam Negeri ini, penulis menggunakan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG-1983), perencanaan ketahanan gempa (SNI 1726:2012), peraturan perencanaan struktur baja (SNI 1729:2002) dan peraturan perencanaan struktur beton (SNI 2847:2013)

## **1.2. Rumusan Masalah**

### **1.2.1 Permasalahan Utama**

1. Bagaimana merencanakan bangunan gedung Parkir Kementerian Dalam Negeri Jakarta dengan menggunakan struktur baja dengan sistem *Eccentrically Braced Frames* (EBF)?

### 1.2.2 Detail Permasalahan

1. Beban-beban apa saja yang bekerja pada perencanaan gedung parkir kementerian dalam negeri?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder pada perencanaan gedung parkir kementerian dalam negeri Jakarta yang meliputi struktur pelat atap, pelat lantai, tangga, balok anak, dan *ramp* di dalam gedung?
3. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur bangunan tersebut menggunakan program bantu ETABS?
4. Bagaimana merencanakan struktur utama gedung?
5. Bagaimana merencanakan sambungan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur yang berlaku?
6. Bagaimana merencanakan struktur pondasi bangunan tersebut?
7. Bagaimana hasil desain gambar struktur gedung parkir kementerian dalam negeri?

## 1.3. Tujuan Perancangan

### 1.3.1 Tujuan Utama

1. Mendapatkan hasil perencanaan bangunan gedung Parkir Kementerian Dalam Negeri Jakarta dengan menggunakan struktur baja dengan sistem *Eccentrically Braced Frames* (EBF)

### 1.3.2 Tujuan detail

1. Dapat menentukan beban-beban apa saja yang bekerja pada perencanaan gedung parkir kementerian dalam negeri
2. Dapat merencanakan struktur sekunder bangunan gedung parkir kementerian dalam negeri meliputi struktur pelat atap, pelat lantai, tangga, balok anak, dan *ramp* di dalam gedung
3. Dapat memodelkan dan menganalisa struktur utama bangunan tersebut menggunakan program bantu ETABS
4. Dapat merencanakan struktur utama gedung
5. Dapat merencanakan sambungan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur yang berlaku
6. Dapat merencanakan struktur pondasi bangunan tersebut

7. Dapat menghasilkan desain gambar struktur gedung parkir kementerian dalam negeri.

#### **1.4. Batasan masalah**

1. Perencanaan ini berpedoman dari peraturan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung (SNI 1726:2012), Pembebanan untuk perencanaan bangunan gedung (PPIUG-1983), Peraturan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 1729:2002) dan Peraturan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013)
2. Perencanaan struktur utama meliputi balok induk dan kolom, struktur sekunder meliputi pelat lantai, balok anak, tangga, *lift, ramp* di dalam gedung, dan pondasi
3. Tidak memperhitungkan manajemen konstruksi dan metode pelaksanaan
4. Pemodelan dan analisa struktur dilakukan dengan program bantu ETABS.

#### **1.5. Manfaat Perencanaan**

1. Dapat merencanakan bangunan struktur baja gedung parkir dengan menggunakan sistem *Eccentrically Braced Frames* (EBF) sesuai dengan persyaratan keamanan struktur
2. Dapat mengetahui hal-hal yang harus diperhatikan dalam hal merencanakan gedung struktur baja terutama gedung parkir sehingga kegagalan struktur dapat diminimalisir.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

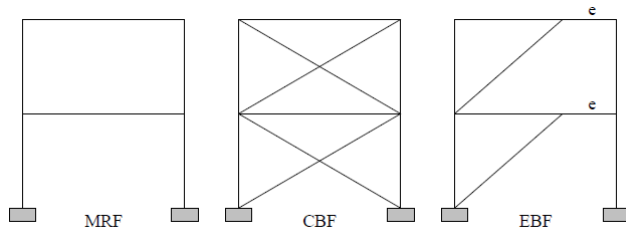
#### **2.1 Umum**

Baja merupakan material yang dapat dipilih untuk struktur bangunan tahan gempa karena baja mempunyai sifat daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton. Sifat daktilitas adalah sifat yang dapat mengalami deformasi yang besar di bawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur atau putus. Baja juga mempunyai rasio kuat dibanding berat-volume yang tinggi sehingga mempunyai beban yang lebih ringan.

Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur dalam berdeformasi inelastik tanpa kehilangan kekuatan yang berarti. Sedangkan struktur daktilitas adalah struktur yang mampu mengalami simpangan pasca elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan yang cukup, sehingga struktur tetap berdiri, walaupun sudah berada di ambang keruntuhan.

#### **2.2 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa**

Untuk menjamin struktur baja dapat menerima beban gempa secara baik, tidak hanya mengandalkan sifat daktilitas dari baja itu sendiri tetapi juga menggunakan sistem portal baja bangunan tahan gempa. Dalam Tata Cara Perencanaan struktur baja tahan gempa untuk bangunan gedung terdapat beberapa jenis portal baja tahan gempa yaitu *Momen Resisting Frames* (MRF), *Concentrically Braced Frames* (CBF) dan *Eccentrically Braced Frames* (EBF).



Gambar 2.1 Sistem portal baja struktur tahan gempa

### 2.2.1. Konsep *Momen Resisting Frames* (MRF)

Konsep *Momen Resisting Frames* (MRF) memiliki kapasitas energi disipasi yang baik terhadap daktilitas struktur namun penggunaan konsep ini tidak menggunakan sistem bracing yang biasa digunakan pada sistem struktur baja, hal ini membuat elemen struktur yang dipakai akan besar agar sistem *drift* (simpangan) pada struktur dapat terpenuhi dan membuat tidak terlalu efektif dalam hal biaya.

Berdasarkan daktilitasnya, sistem MRF dibagi 2 katagori, yaitu Sistem Rangka Batang Pemikul Momen Khusus (SRPMBK) dan Sistem Rangka Penahan Momen Biasa (SRPMB). SRBPMK adalah suatu struktur rangka batang pemikul momen yang dipasang secara horizontal dan sistem rangka ini direncanakan mengalami deformasi inelastik yang cukup besar pada segmen khusus saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana. SRPMB diharapkan dapat mengalami deformasi inelastik secara terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya akibat gaya gempa rencana.

### 2.2.2. Konsep *Centrically Braced Frames* (CBF)

*Centrically Braced Frames* (CBF) adalah sistem penahan gaya lateral dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi. Sistem ini berbeda dengan sistem MRF karena menggunakan rangka bracing sebagai penahan gaya lateral. Penggunaan rangka bracing ini membuat kekakuannya semakin

besar mengakibatkan deformasi yang terjadi pada struktur lebih terbatas sehingga daktilitas struktur CBF rendah. Dan Konsep *Concentrically Braced Frames* (CBF) pada konsep ini batasan *drift* dapat dipenuhi dengan lebih mudah namun tidak memberikan mekanisme yang stabil untuk memberikan energi disipasi yang baik.

Terdapat 2 sistem struktur CBF, yaitu Sistem Rangka Bressing Konsentrik Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Bressing Konsentrik Khusus (SRBKK). Pada SRBKB diharapkan dapat mengalami deformasi inelastik secara terbatas apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban rencana. Sedangkan pada SRBKK diharapkan dapat mengalami deformasi inelastik yang cukup besar akibat gaya gempa rencana. SRBKK memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi daripada tingkat daktilitas.

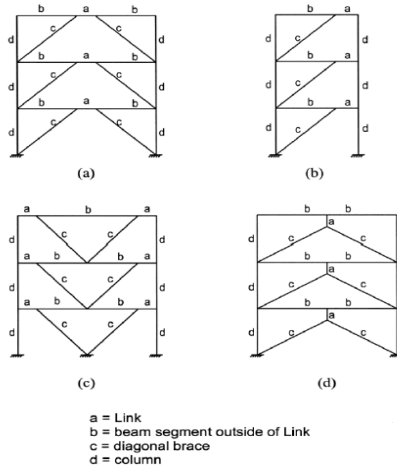
### **2.2.3. Konsep *Eccentrically Braced Frame* (EBF)**

Konsep EBF dipilih karena konsep ini merupakan kombinasi kekuatan dan kekakuan dalam kondisi inelastik dari sistem *Concentrically Braced Frames* (CBF) dengan konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari sistem *Momen-Resisting Frames* (MRF). Dalam konsep desain EBF, hal yang paling penting adalah elemen *link*. *Link* merupakan bagian yang terletak antara joint pengaku diagonal dengan joint kolom-balok. *Link* merupakan elemen yang diharapkan dapat menyerap energi gempa dan mengalami proses plastifikasi pada elemen yang rusak tersebut.

### **2.2.4. Element *Link* pada konsep EBF**

Dalam sistem EBF, kondisi inelastik dibawah pembebanan siklik dibatasi hanya terjadi pada *link*, dengan desain dan detailing yang menyebabkan *link* mampu menahan deformasi yang besar tanpa kehilangan kekuatan. Pada pembebanan siklik, terlihat kurva histeresis sistem EBF stabil dan melingkar dengan baik, indikatif dari banyak disipasi energi. *Link* berperan sebagai *ductile fuse*, mendisipasi energi

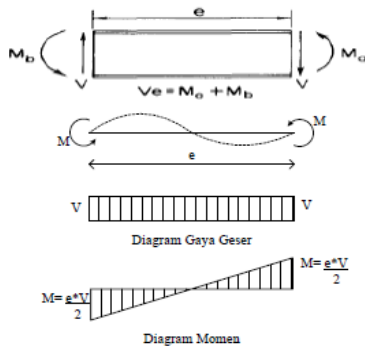
sepanjang perilaku histeresis yang stabil dan membatasi gaya terhadap bressing, kolom dan balok di luar *link*. Dengan membuat elemen *link* sebagai elemen yang terlemah pada struktur, maka dapat memastikan kelelahan muncul pada elemen *link* dan menjaga tidak terjadi kegagalan pada elemen *non-ductile* seperti tekuk pada brace (Engelhart dan Popov, 1989)



Gambar 2.2 konfigurasi link pada beberapa sistem portal

### 2.2.4.1 Kuat Elemen *Link Beam*

*Link Beam* merupakan elemen balok pendek yang direncanakan mengalami kelelahan lebih awal pada saat bekerjanya beban lateral pada struktur. Pada bagian *link* ini bekerja gaya geser (*Shear*) pada kedua ujung link dengan besar yang sama dan arah yang berlawanan. Gaya geser yang bekerja tersebut mengakibatkan momen pada ke dua ujung *link* besar dan arah yang sama.



Gambar 2.3 Gaya Yang Bekerja Pada Link  
(Sumber: Engelhart dan Popov, 1988; Becker dan M. Isler, 1996)

Pengecekan kapasitas geser plastis pada *link* dilakukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V_p = 0,6 f_y A_w \quad (2.1)$$

$$A_w = (h - 2t_f) t_w \quad (2.2)$$

Keterangan :

$V_p$  = Gaya geser plastis penampang

$f_y$  = Tegangan leleh penampang

$A_w$  = Luas efektif pelat badan

$t_w$  = Tebal pelat badan

$t_f$  = Tebal pelat sayap

$h$  = Tinggi Profil

Perumusan di atas berlaku langsung apabila nilai efek dari gaya aksial berfaktor ( $P_u$ )  $\leq 0,15 P_y$ , apabila nilai  $P_u$  lebih besar dari  $0,15 P_y$  maka terdapat persyaratan lain yang harus dipenuhi yaitu dengan membandingkan antara momen plastis ( $M_p$ ) dengan geser plastis ( $V_p$ ) untuk menentukan jenis *link* yang digunakan apakah itu jenis *link* geser atau *link* lentur. Berikut adalah persamaan dari momen plastis ( $M_p$ ) :

$$M_p = Z_x \times f_y \quad (2.3)$$

Keterangan :

$M_p$  = Momen plastis penampang

$Z_x$  = Modulus plastis penampang

$f_y$  = Tegangan leleh penampang

Kuat geser rencana *link*,  $\phi V_n$  harus lebih besar daripada  $V_u$  dan nilai  $V_n$  adalah nilai terkecil dari perbandingan  $V_p$  atau  $2M_p/e$

$$\phi M_n = M_u \quad (2.4)$$

$$\phi V_n = V_n \quad (2.5)$$

keterangan :

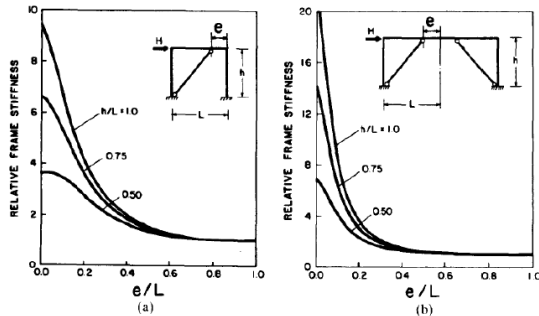
$\phi$  = Faktor reduksi lentur 0,9

$M_n$  = Momen lentur rencana *link*

$M_u$  = Momen Lentur Perlu

### 2.2.4.2 Panjang Elemen *Link Beam*

*Link* merupakan elemen kritis yang berpengaruh terhadap perilaku inelastik pada desain EBF. Perilaku inelastik pada *link* dipengaruhi oleh panjangnya. Mekanisme kelelahan *link*, kapasitas energi disipasi dan mode kegagalan sangat erat hubungannya dengan faktor panjang *link*. Untuk *link* pendek, perilaku inelastik dominan terhadap gaya geser, sebaiknya untuk *link* panjang perilaku inelastik didominasi oleh lentur. Untuk *link* antara (intermediate), kelelahan dipengaruhi oleh geser dan lentur. (R. Becker dan M. Ishler, 1996)



Gambar 2.4 Kekakuan Elastik terhadap variasi  $e/L$  pada dua konfigurasi EBF (Engelhart dan Popov, 1998)

kekakuan *link* sangat dipengaruhi oleh panjang *link*. Semakin panjang *link*, maka kekakuannya akan semakin rendah. Berdasarkan gambar di atas bahwa nilai rasio  $e/L = 0$ , memiliki nilai kekakuan yang tinggi dan ini sesuai dengan konsep CBF. Sedangkan untuk nilai  $e/L = 1$  maka nilai kekakuannya semakin rendah dan ini sesuai dengan konsep MRF. Untuk itu perlu batasan panjang link agar kekuan dan deformasi inelastik link tidak berlebihan. Berikut adalah tabel klasifikasi perbedaan panjang *link* :

Tabel 2.1 Perbedaan Panjang *Link*

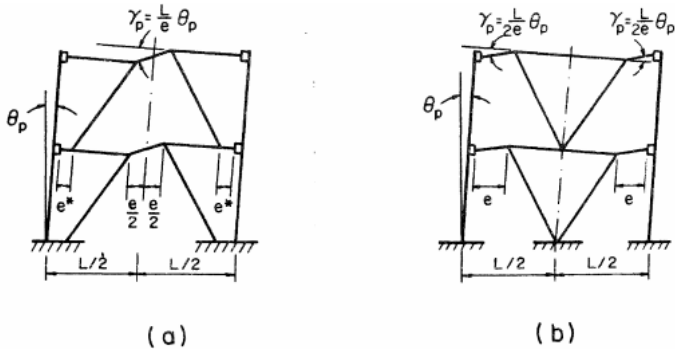
No	Panjang Link	Jenis Link	Keterangan
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni	Kelelahan pada jenis ini didominasi oleh geser
2	$1,6 M_p/V_p \leq e \leq 2,6 M_p/V_p$	Dominan geser	kelelahan pada link merupakan kombinasi antara geser dan lentur
3	$2,6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$	Dominan Lentur	kelelahan pada link merupakan kombinasi antara geser dan lentur
4	$e \geq 5 M_p/V_p$	Lentur Murni	Kelelahan pada jenis ini didominasi oleh lentur

### 2.2.4.3 Sudut Rotasi *Link Beam*

Sudut rotasi *link beam* adalah sudut inelastik antara *link beam* dan balok disamping *link* ketika besarnya *total story drift* sama dengan besarnya desain *story drift*,  $\Delta$ . Berikut adalah table rotasi *link beam* sesuai dengan jenis dan panjang *link*

Tabel 2.2 sudut rotasi *Link Beam*

No	Panjang Link	Jenis Link	Rotasi
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni	0.08 radian
			$< 0.02$ radian
2	$1,6 M_p/V_p \leq e \leq 2,6 M_p/V_p$	Dominan geser	Interpolasi antara 0.08 sampai 0.02
3	$2,6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$	Dominan Lentur	0.02 radian
4	$e \geq 5 M_p/V_p$	Lentur Murni	

Gambar 2.5 Sudut Rotasi *Link Beam*

(Sumber: Engelhart dan Popov, 1998)

Untuk menentukan sudut rotasi link beam dapat digunakan rumus :

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \theta_p \quad (2.6)$$

Keterangan :

$L$  = Lebar bentang

$h$  = Tinggi Lantai

$\Delta_p$  = Plastic story drift

$\Theta_p$  = Plastic story drift angle, radians ( $\Delta_p/h$ )

$\gamma_p$  = Sudut rotasi link beam



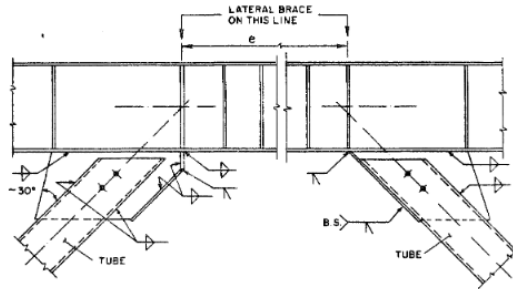
#### 2.2.4.4 Pendetailan *Link Beam*

Pendetailan pada *web link beam* yaitu berupa pemberian dapat memberikan perilaku *link beam* yang stabil, daktail serta terkontrol dibawah pembebanan *cyclic* (gempa). *Full depth stiffeners* dibutuhkan pada kedua ujung *link* untuk menstabilkan gaya geser pada elemen penahan, sehingga membutuhkan pengaku *web* untuk mencegah terjadinya tekuk (*Buckling*). Dan *full depth stiffeners* juga dibutuhkan ditengah-tengah *link* (*link intermediate web*) agar efektif dalam menahan tekuk geser pada *web link* dan dalam membatasi pengurangan kekuatan (*strength degradation*) akibat adanya *flange local buckling* dan lateral torsional buckling. Berikut adalah jarak pengaku maksimum berdasarkan panjang *link* :

Tabel 2.3 Jarak pengaku maksimum

No	Panjang Link	Jenis Link	Jarak Pengaku Maximum
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni	30.t <sub>w</sub> - d/5
			52.t <sub>w</sub> - d/5
2	$1,6 M_p/V_p \leq e \leq 2,6 M_p/V_p$	Dominan geser	
3	$2,6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$	Dominan Lentur	1,5 b <sub>f</sub> dari tiap ujung link
4	$e \geq 5 M_p/V_p$	Lentur Murni	Tidak memerlukan pengaku antara

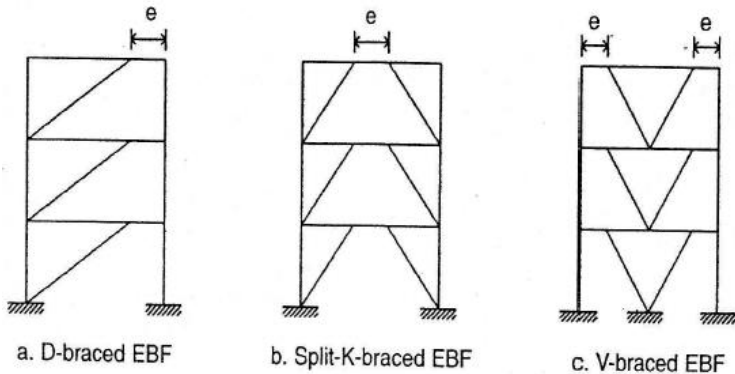
Untuk ketebalan *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam*, yaitu *intermediate web stiffeners* harus full depth untuk tinggi penampakan *link* yang kurang dari 25 inch (635 mm), maka pengaku hanya diperlukan pada satu sisi saja (sisi depan) pada *link web*. Ketebalan pengaku pada satu sisi tersebut tidak boleh kurang dari t<sub>w</sub> atau 3/8 inch (10 mm) dan lebarnya tidak kurang dari b<sub>f</sub>/2-t<sub>w</sub>



Gambar 2.6 Detailing pada Link Beam  
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)

### 2.3. Sistem Rangka (*Bracing*) EBF

Dalam sistem *Eccentrically Braced Frame* (EBF) terdapat 3 tipe sistem rangka (*bracing*) berdasarkan konfigurasinya yaitu tipe *D-Braced*, tipe *inverted V-braced* dan juga tipe *V-braced*. Secara spesifik EBF memiliki beberapa karakteristik yaitu memiliki kekakuan elastik yang tinggi, memiliki respon inelastik yang stabil dibawah pembebanan lateral siklik dan memiliki kemampuan daktilitas dan dissipasi energi yang baik. Dalam hal ini, penulis menggunakan sistem EBF dengan tipe konfigurasi *inverted V-braced* (*Split-K-braced*).



Gambar 2.7 Tipe Sistem Rangka (*Bracing*) pada EBF

## 2.4. Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

Kolom *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) merupakan kolom dengan tabung baja berintikan beton. Kolom CFT tidak hanya meningkatkan kekuatan tapi juga nilai ekonomis pelaksanaan yang lebih cepat. Saat ini kolom tabung baja berintikan beton (CFT) semakin banyak digunakan dalam konstruksi bangunan karena memiliki sifat statis dan tahan gempa yang sangat baik seperti kekuatan tinggi, daktilitas tinggi, kapasitas penyerapan energi yang besar, kekakuan lentur, dan lain-lain. (Darshika, 2014).

### 2.4.1. Tipe Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

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

Ada dua tipe komposit yaitu:

1. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja terbungkus beton/balok baja terbungkus beton (Gambar 1.a).
2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton), (Gambar 1.b/c).



Gambar 2.8 Macam-macam Struktur Komposit

Dalam hal ini, penulis menggunakan tipe kolom *Concrete Filled Steel Tube* yang berbentuk persegi (b) karena lebih mudah dalam pengerjaannya dan tidak memerlukan tulangan di dalam baja tersebut.

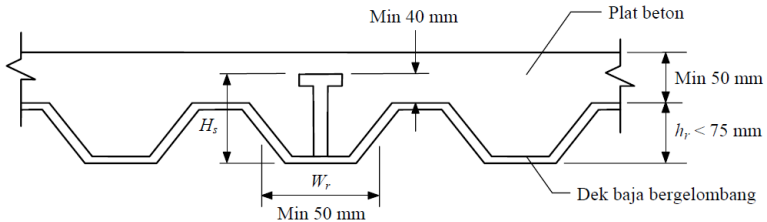
#### **2.4.2. Kelebihan Kolom *Concrete Filled Steel Tube***

Kolom CFT mempunyai beberapa keuntungan dari pada baja dan beton yang dipisah, berikut merupakan keuntungan utamanya:

1. Interaksi antara pipa baja dan beton (Morino et al, 2001):
  - a. Peristiwa tekuk lokal dari pipa baja akan lambat, dan pengurangan kekuatan akibat tekuk lokal akan ditahan oleh beton.
  - b. Kekuatan beton akan bertambah akibat penggabungan dengan pipa baja.
  - c. Penyusutan dan retak dari beton akan jauh lebih kecil dari beton bertulang.
2. Penampang (Morino et al, 2001):
  - a. Rasio baja CFT jauh lebih banyak dari beton bertulang.
  - b. Baja dari penampang *CFT* berperilaku plastis dengan baik saat tertekuk karena baja di penampang luar
3. Efisiensi Konstruksi (Morino et al, 2001):
  - a. Tidak memerlukan tulangan dan bekisting sehingga tidak memerlukan banyak tenaga manusia dan menghemat biaya konstruksi.
  - b. Tempat konstruksi tetap terjaga bersih.
4. Tahan Kebakaran (Morino et al, 2001):
  - a. Beton meningkatkan performa anti kebakaran yang dapat mengurangi jumlah bahan tahan api.

#### **2.5. *Steel Floor Deck***

*Steel Floor Deck* atau biasa disebut bondek merupakan material yang difungsikan sebagai pengganti fungsi bekisting pada saat melakukan pengecoran. *Steel floor deck* mempunyai bentuk bergelombang dan ukurannya selalu sama yaitu lima senti meter. Penggunaan *steel floor deck* lebih baik daripada bahan lainnya karena terbuat dari plat baja berjenis galvanis dan lebih praktis.



Gambar 2.9 *Steel Floor Deck* (Bondek)

(Sumber : SNI 03-1729-2002)

## 2.6. Sambungan

Sambungan adalah penyatuan dari beberapa bagian atau konstruksi dengan menggunakan suatu cara tertentu. Untuk sambungan terdapat klasifikasi dan juga mekanisme sambungan. Berikut adalah klasifikasi sambungan dan juga mekanisme sambungan :

### 2.6.1. Klasifikasi Sambungan

#### 2.6.1.1 Sambungan Kaku (*Rigid Connetion*)

Deformasi titik kumpul harus sedemikian rupa sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap distribusi gaya maupun terhadap deformasi keseluruhan struktur. sambungan dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut diantara elemen-elemen yang disambung.

#### 2.6.1.2 Sambungan Semi kaku (*Semi Rigid Connection*)

Sambungan tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antar elemen yang disambung. Dianggap mempunyai kapasitas yang cukup untuk memberikan tahanan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut tersebut.

#### 2.6.1.3 Sambungan Sendi (*Simple Connection*)

Sambungan sendi harus dapat berubah bentuk agar memberikan rotasi yang diperlukan pada sambungan. Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap komponen struktur yang disambung. Detail

sambungan harus dapat memikul gaya reaksi yang bekerja pada eksentrisitas yang sesuai dengan detail sambungan.

## **2.6.2. Terdapat 2 mekanisme sambungan**

### **2.6.2.1 Sambungan tipe tumpu**

Sambungan tipe tumpu adalah sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut yang dikencangkan dengan tangan atau baut mutu tinggi yang dikencangkan untuk menimbulkan gaya tarik minimum yang disyaratkan, yang kuat rencananya disalurkan oleh gaya geser pada baut dan tumpuan pada bagian-bagian yang disambungkan.

### **2.6.2.2 Sambungan tipe geser**

Sambungan tipe geser adalah sambungan yang didapat dengan menggunakan baut mutu tinggi yang dikencangkan menurut batas tarik minimum tertentu sedemikian hingga hasil aksi jepitan menyalurkan gaya geser rencana pada keadaan batas layan yang bekerja pada bidang kontak bersama akibat gesekan yang terjadi antara bidang-bidang kontak.

## **2.7 Pondasi**

Pondasi adalah suatu struktur bagian bawah yang berhubungan langsung dengan tanah. Dan pondasi berfungsi meneruskan beban bagian dari atas struktur bangunan (*upper structure*) tanpa mengakibatkan keruntuhan geser dan penurunan (*settlement*) tanah/pondasi yang berlebihan. Berdasarkan Letak dan posisinya, pondasi digolongkan menjadi 2 jenis yaitu pondasi dangkal dan juga pondasi dalam. Berikut adalah perbedaan antara kedua jenis pondasi tersebut :

### **2.7.1 Pondasi Dangkal**

Pondasi dangkal adalah pondasi yang tidak membutuhkan galian terlalu dalam karena lapisan tanah dangkal sudah cukup keras. Berikut adalah tipe-tipe pondasi yang termasuk ke dalam pondasi dangkal, yaitu :

### 2.7.1.1 Pondasi rakit

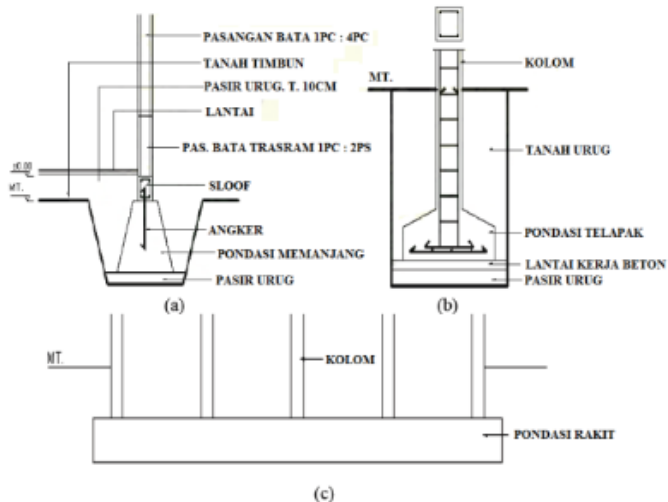
Pondasi rakit adalah pelat beton besar yang digunakan untuk menghubungkan permukaan (*interface*) antara satu kolom di dalam beberapa garis (jalur) dengan tanah dasar.

### 2.7.1.2 Pondasi menerus

Pondasi menerus adalah pondasi yang dibuat secara menerus dengan fungsi meratakan beban ke dalam tanah secara menerus pula dari beban yang ada di atasnya.

### 2.7.1.3 Pondasi setempat

Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung. Adapun ciri-ciri pondasi setempat yaitu pondasi hanya dibuat dibawah kolom, masih menggunakan pondasi menerus sebagai tumpuan men-cor *sloof*.



Gambar 2.10 Jenis Pondasi Dangkal

## 2.7.2 Pondasi Dalam (*Deep Footing*)

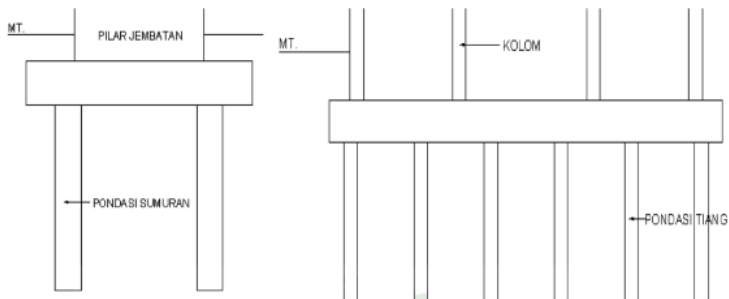
Pondasi dalam adalah pondasi yang menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah keras yang terletak jauh dari permukaan tanah, berikut adalah contoh dari pondasi dalam :

### 2.7.2.1 Pondasi sumuran

Pondasi sumuran merupakan suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang pancang. Biasanya pondasi sumuran terbuat dari beton bertulang atau pracetak. Dan pondasi sumuran biasa digunakan bila tanah keras lebih dari 3 meter dan bila air permukaan tanah terletak agak tinggi.

### 2.7.2.2 Pondasi tiang pancang

Pondasi tiang pancang merupakan bagian dari struktur yang digunakan untuk menyalurkan beban struktur atas ke tanah yang terletak lebih dari 8 meter. Dan dari bentuknya pondasi tiang pancang mempunyai diameter tiang yang lebih kecil dan mempunyai ukuran yang lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran.



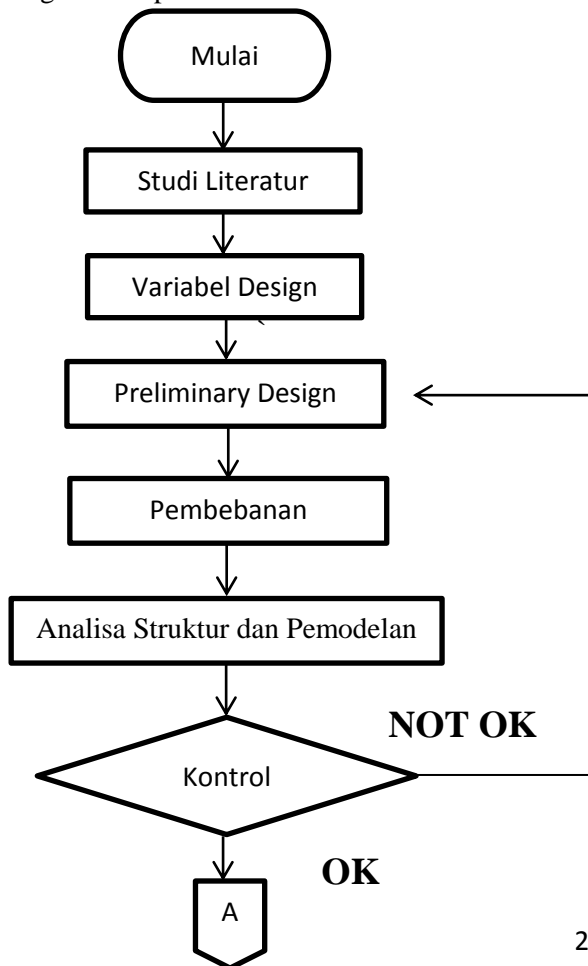
Gambar 2.11 Jenis Pondasi Dalam

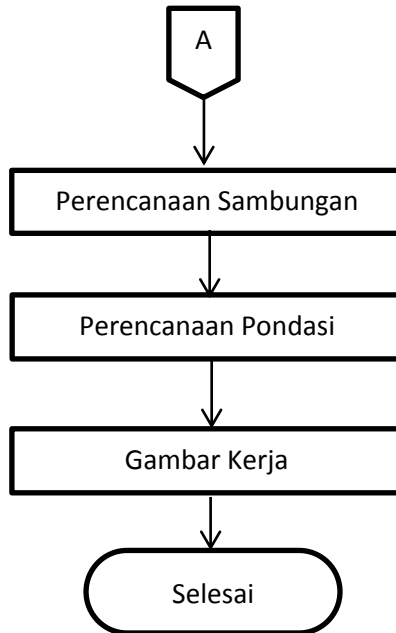


## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir Perencanaan

Dalam menyelesaikan perencanaan struktur bangunan baja ini dibuatlah diagram alir perencanaan. Diagram alir perencanaan ini buat untuk mengetahui langkah-langkah apa saja yang harus dilakukan dalam merencanakan struktur bangunan baja ini. Berikut adalah diagram alir perencanaan:





Gambar 3.1. Alir Perencanaan Struktur Baja

### 3.2. Studi Literatur

Dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa pedoman yaitu

1. SNI 1729:2002 dan SNI 1729:2015 tentang "*Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*".
2. SNI 1726:2012 tentang "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung*".
3. PPIUG-1983 tentang "*Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur lain*".
4. SNI 2847:2013 tentang "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*".

### 3.3. Variabel Design

Dalam Menyelesaikan tugas akhir ini, penulis merencanakan Struktur Baja dengan menggunakan sistem

*Eccentrically Braced Frane* (EBF) dan menggunakan tipe *inverted V-braced* dalam perencanaannya.

### 3.4. Preliminary Design

Struktur yang direncanakan dalam bangunan ini adalah struktur baja dengan menggunakan sistem *Eccentrically Braced Frame* (EBF) dan dalam menganalisa strukturnya menggunakan program bantu ETABS, berikut adalah data-data dari bangunan :

1. Data Awal Bangunan :
  - Nama Gedung : Gedung Parkir dan Ruang Rapat  
Kementerian Dalam Negeri Jakarta
  - Fungsi Bangunan : Gedung Parkir dan Ruang Rapat
  - Jumlah Lantai : 14
  - Lokasi Bangunan : Jakarta
  - Struktur Utama : Struktur Beton Bertulang
  - Struktur Bawah : *Bored pile*
  
2. Data Modifikasi Bangunan :
  - Nama Gedung : Gedung Parkir dan Ruang Rapat  
Kementerian Dalam Negeri Jakarta
  - Fungsi Bangunan : Gedung Parkir dan Ruang Rapat
  - Jumlah Lantai : 14
  - Lokasi Bangunan : Jakarta
  - Struktur Utama : Balok WF dan Kolom CFT
  - Sistem Struktur : *Sistem Eccentrically Braced Frame*
  - Struktur Bawah : Pondasi Tiang Pancang
  
3. Data Material
  - Baja : BJ-41 ( $f_y = 250$  MPa,  $f_u = 410$  MPa)
  - Beton :  $f'_c$  35 MPa
  - Data Tanah : Data tanah digunakan berdasarkan nilai SPT

### 3.5. Pembebanan

#### 3.5.1. Beban Mati

Beban mati merupakan berat seluruh beban yang berkaitan dengan konstruksi bangunan yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, finishing dan lain-lainnya.

#### 3.5.2. Beban Hidup

Beban hidup merupakan 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.

#### 3.5.3. Beban Angin

Beban angin merupakan beban yang bekerja pada struktur akibat pengaruh yang memblok aliran angin.

#### 3.5.4. Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang bekerja pada suatu struktur konstruksi akibat adanya pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi dan mempengaruhi struktur bangunan tersebut. Analisa perhitungan beban gempa yang terjadi pada struktur mengacu pada peraturan gempa SNI 03-1726-2012, dengan tahapan sebagai berikut :

1. Menentukan kategori resiko bangunan dan faktor keamanan gempa :

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

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan	I
Semua gedung dan struktur lain	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko	III

tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan	
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas penting	IV

(SNI Gempa 1726-2012)

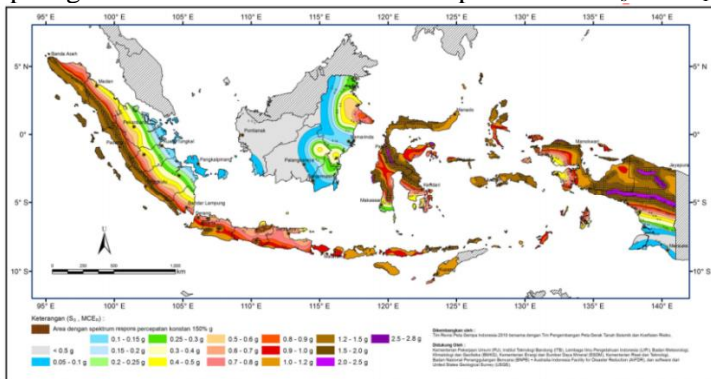
Tabel 3.2 Faktor keutamaan gempa

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

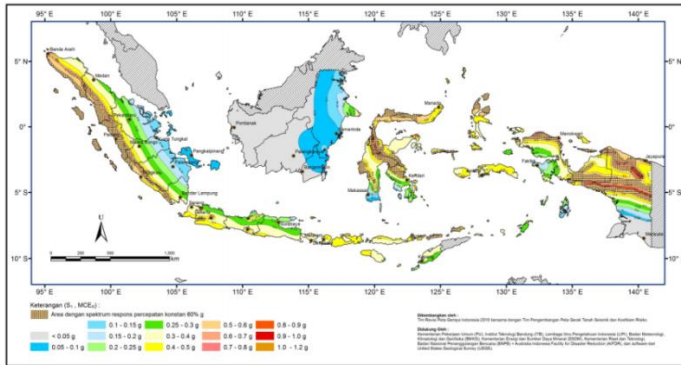
(SNI Gempa 1726-2012)

## 2. Menentukan parameter percepatan gempa ( $S_s$ dan $S_1$ )

Percepatan  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik yang terdapat di SNI 03-1726-2012, berikut adalah peta gerak tanah seismik untuk mendapatkan nilai  $S_s$  dan  $S_1$  :



Gambar 3.2 Peta MCE-R untuk periode pendek ( $T = 0,2$  detik)  
(Sumber : SNI Gempa 1726-2012)



Gambar 3.3 Peta MCE-R untuk periode panjang ( $T = 1$  detik)  
(Sumber : SNI Gempa 1726-2012)

### 3. Menentukan faktor koefisien situs ( $F_a$ , $F_v$ )

Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan faktor amplikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplikasi meliputi faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan pada getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). berikut adalah table dari koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  :

Tabel 3.3 Koefisien Situs  $F_a$

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS <sup>b</sup>				

(Sumber : SNI Gempa 1726-2012)

Tabel 3.4 Koefisien Situs  $F_v$ 

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	1	1	1	1
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS <sup>b</sup>				

(Sumber : SNI Gempa 1726-2012)

Catatan :

- a. Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier
- b. SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs-spesifik.

#### 4. Menghitung parameter-parameter respon spektral percepatan gempa

Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (3.1)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (3.2)$$

#### 5. Menghitung parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{D1}$ ), harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.4)$$

## 6. Menentukan Spektrum Respon Desain

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spectrum respons percepatan desain  $S_a$  harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.5)$$

- b. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spectrum respons percepatan desain,  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$
- c. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , spectrum respon percepatan desain  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan :

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

$$T_s = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.7)$$

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

## 7. Kategori Desain Seismik

Tabel 3.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek ( $T = 0,2$  detik)

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

(Sumber : SNI Gempa 1726-2012)



Tabel 3.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,167$	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

(Sumber : SNI Gempa 1726-2012)

8. Menentukan Koefisien respons gempa ( $C_s$ )
- a. Koefisien respon seismic,  $C_s$  harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.9)$$

- b. Nilai  $C_s$  yang dihitung di atas tidak boleh melebihi persamaan berikut ini :

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

- c.  $C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.11)$$

- d. Jika nilai  $S_1 \geq 0,6g$  maka nilai  $C_s$  didapat dengan menggunakan persamaan :

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.12)$$

- e. Memilih faktor koefisien modifikasi respons ( $R$ ), Faktor pembebasan defleksi ( $C_d$ ) dan faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_o$ ) untuk sistem penahan gaya gempa

Tabel 3.7 Nilai R, Cd dan  $\Omega_0$ 

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, (R)	Faktor kuat-lebih sistem, ( $\Omega_0$ )	Faktor Pembesaran defleksi, C
Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4

(Sumber : SNI Gempa 1726-2012)

## f. Perhitungan gaya geser dasar gempa (V)

Gaya geser dasar gempa dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \cdot W \quad (3.13)$$

g. Distribusi beban lateral gempa ( $F_x$ )

Gaya gempa pada tiap lantai dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (3.14)$$

Dimana :

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.15)$$

### 3.5.5. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan yang direncanakan untuk struktur baja ini sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 2.3.2, dimana baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini :

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5 (L<sub>a</sub> atau H)
- 1,2D + 1,6(L<sub>a</sub> atau H) + ( $\gamma_L$  L atau 0,8W)
- 1,2D + 1,3 W +  $\gamma_L$  L + 0,5 (L<sub>a</sub> atau H)
- 1,2D  $\pm$  1,0E +  $\gamma_L$  L
- 0,9D  $\pm$  (1,3W atau 1,0E)

Keterangan :

D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga dan peralatan tetap

- L = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
- L<sub>r</sub> = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- H = Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air
- E = Beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012
- W = Beban Angin

### 3.6. Analisa Struktur dan Pemodelan

Untuk mengetahui gaya yang bekerja pada struktur akibat beban yang bekerja digunakan program aplikasi bantu ETABS untuk membantu analisa struktur tersebut. Gaya yang didapat dari program aplikasi bantu ETABS ini adalah gaya geser, gaya aksial, dan momen. Dan dalam tugas akhir ini metode yang digunakan untuk melakukan analisa struktur dengan Analisa Ragam Spektrum Respons.

### 3.7. Kontrol Desain

Langkah selanjutnya setelah melakukan analisa struktur bangunan tersebut adalah kontrol desain. Kontrol desain dilakukan untuk mengetahui apakah elemen struktur awal yang kita digunakan sudah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan atau belum. Kontrol desain ini meliputi kontrol desain balok, desain kolom, desain balok-kolom dan juga desain elemen *link* pada struktur bangunan tersebut.

#### 3.7.1 Desain Elemen *Link*

##### 1. Kuat Elemen *Link*

$$\phi M_n = M_u \quad (3.16)$$

$$\phi V_n = V_u \quad (3.17)$$

keterangan :

$\phi$  = Faktor reduksi lentur 0,9

$M_n$  = Momen lentur rencana link

$M_u$  = Momen Lentur Perlu

$$V_p = 0,6 f_y A_w \quad (3.18)$$

$$M_p = Z_x \times f_y \quad (3.19)$$

Keterangan:

$V_p$  = Gaya geser plastis penampang

$f_y$  = Tegangan leleh penampang

$A_w$  = Luas efektif pelat badan

$M_p$  = Momen plastis penampang

$Z_x$  = Modulus plastis penampang

## 2. Panjang Elemen *Link Beam*

Tabel 3.8 Panjang *Link*

No	Panjang Link	Jenis Link
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni
2	$1,6 M_p/V_p \leq e \leq 2,6 M_p/V_p$	Dominan geser
3	$2,6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$	Dominan Lentur
4	$e \geq 5 M_p/V_p$	Lentur Murni

## 3. Sudut Rotasi *Link Beam*

Ketentuan sudut rotasi *link Beam* adalah sebagai berikut

Tabel 3.9 Ketentuan sudut rotasi *Link Beam*

No	Panjang Link	Jenis Link	Rotasi
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni	0.08 radian
			< 0.02 radian
2	$1,6 M_p/V_p \leq e \leq 2,6 M_p/V_p$	Dominan geser	Interpolasi antara 0.08 sampai 0.02
3	$2,6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$	Dominan Lentur	0.02 radian
4	$e \geq 5 M_p/V_p$	Lentur Murni	

Untuk menentukan sudut rotasi *link beam* dapat digunakan rumus :

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \theta_p \quad (3.20)$$

Keterangan :

$\gamma_p$  = Sudut rotasi link beam

L = Lebar bentang

h = Tinggi Lantai

$\Delta_p$  = Plastic story drift

$\Theta_p$  = Plastic story drift angle, radians ( $\Delta_p/h$ )

### 3.7.2. Desain Balok WF

#### 1. Kontrol Penampang (SNI 1729:2015 tabel 4 hal. 20) :

Pelat badan :

$$\lambda \leq \lambda_p < \lambda_r$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} < 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.21)$$

Pelat sayap :

$$\lambda \leq \lambda_p < \lambda_r$$

$$\frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} < 1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.22)$$

#### a. Penampang Kompak

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$M_n = M_p = Z_x f_y \quad (3.23)$$

Keterangan :

$M_n$  = Kuat lentur nominal

$M_p$  = Momen lentur penampang plastis

$Z_x$  = Modulus penampang plastis terhadap sumbu kuat ( $\text{mm}^3$ )

$F_y$  = Kuat leleh minimum baja (MPa)

#### b. Penampang Tidak Kompak

$$\lambda < \lambda_r \leq \lambda_p$$

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7S_x f_y) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad (3.24)$$

Keterangan :

$\lambda_p$  = batasan kelangsingan untuk sayap kompak

$\lambda_r$  = batasan kelangsingan untuk sayap nonkompak

$S_x$  = modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat ( $\text{mm}^3$ )

## 2. Cek Terhadap Tekuk Torsi Lateral (SNI 1729:2015)

### a. Bentang Pendek

Syarat bentang pendek:  $L_b < L_p$

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.25)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{i_y}{A}} \quad (3.26)$$

$$M_n = Z_x \times f_y \quad (3.27)$$

Keterangan :

$L_p$  = Jarak pertambahan lateral maksimum

$E$  = Modulus elastisitas baja (MPa)

$f_y$  = Kuat leleh minimum baja (MPa)

$r_y$  = Radius girasi balok terhadap sumbu lemah (cm)

$A$  = Luas penampang profil

### b. Bentang Menengah

Syarat bentang menengah:  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 \times M_{maks} + 3 \times M_a + 4 \times M_b + 3 \times M_c} \quad (3.29)$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - \left( M_p - 0,7 f_y S_x \right) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_b} \right) \right] \quad (3.30)$$

Keterangan :

$C_b$  = Koefisien momen lentur

$M_n$  = Momen nominal

$S_x$  = Modulus penampang elastis di sumbu x,  $\text{in.}^3$  ( $\text{mm}^3$ )

$M_{maks}$  = Momen terbesar sepanjang  $L_b$

$M_a$  = Momen pada  $\frac{1}{4} L_b$  (kg.m)

$M_b$  = Momen pada  $\frac{1}{2} L_b$  (kg.m)

$M_c$  = Momen pada  $\frac{3}{4} L_b$  (kg.m)

c. Bentang Panjang

Syarat bentang panjang:  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p \quad (3.31)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.32)$$

Keterangan :

$M_n$  = Kuat Momen nominal

$S_x$  = Modulus penampang elastis di sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$J$  = Konstanta torsi, (mm<sup>4</sup>)

$h_o$  = jarak antara titik berat sayap, (mm)

d. Kuat Lentur Balok

$$\phi M_n \geq M_u \quad (3.33)$$

3. Cek nominal Geser (SNI 1729:2015 hal. 72)

$$\phi \times V_n > V_u \quad (3.36)$$

Keterangan :

$\phi$  = faktor ketahanan geser (0,9)

$V_n$  = kuat geser nominal balok yang dapat dihitung

$V_u$  = gaya geser

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_w \quad (3.37)$$

Keterangan :

$$- \text{ Bila } \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{k_v E I f_y} \text{ maka } C_w = 1, \quad (3.38)$$

$$- \text{ Bila } 1,1 \sqrt{k_v E I f_y} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{k_v E I f_y} \\ \text{ maka } C_w = \frac{1,10 \sqrt{k_v E I f_y}}{h/t_w} \quad (3.39)$$

$$- \text{ Bila } \frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{k_v E I f_y} \text{ maka, } C_w = \frac{1,51 k_v E}{(h/t_w)^2 f_y} \quad (3.40)$$

### 3.7.3. Desain Kolom *Concrete Filled Steel Tube (CFT)*

#### 1. Kontrol Penampang (SNI 1729:2015 tabel II.1A hal.90)

Struktur akan efisien jika penampangnya tidak langsing  
 Karena tidak ada risiko tekuk lokal.

$$\text{Kompak} \Rightarrow h/t_w \leq 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.41)$$

$$\text{NonKompak} \Rightarrow h/t_w \leq 3,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.42)$$

#### 2. Kekuatan Kekakuan Portal

$$G = \frac{\sum \left( \frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left( \frac{I_b}{L_b} \right)} \quad (3.43)$$

Keterangan :

$I_c$  = Momen Inersia Kolom

$L_c$  = Panjang Kolom

$I_b$  = Momen Inersia Balok

$L_b$  = Panjang Balok

#### 3. Kontrol Gaya aksial dan Momen Lentur (SNI 1729:2015 pasal F2 hal.50)

Momen nominal kolom diperhitungkan sama dengan balok  
 dua arah sumbu penampang yaitu x dan y :

$$\phi M_n \geq M_u$$

Keterangan :

$\phi$  = faktor tahanan (0,9)

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

$M_u$  = momen lentur terfaktor

##### a. Bentang Pendek

Syarat bentang pendek:  $L_b < L_p$

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}, \quad r_y = \sqrt{\frac{i_y}{A}} \quad (3.26)$$

$$M_n = Z_x \times f_y \quad (3.27)$$



Keterangan :

$L_p$  = Jarak pertambahan lateral maksimum

$E$  = Modulus elastisitas baja (MPa)

$f_y$  = Kuat leleh minimum baja (MPa)

$r_y$  = Radius girasi balok terhadap sumbu lemah (cm)

$A$  = Luas penampang profil

### b. Bentang Menengah

Syarat bentang menengah:  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 \times M_{maks} + 3 \times M_a + 4 \times M_b + 3 \times M_c} \quad (3.29)$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - \left( M_p - 0,7 f_y S_x \right) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_b} \right) \right] \quad (3.30)$$

Keterangan :

$C_b$  = Koefisien momen lentur

$M_n$  = Momen nominal

$S_x$  = Modulus penampang elastis di sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$M_{maks}$  = Momen terbesar sepanjang  $L_b$

$M_a$  = Momen pada  $\frac{1}{4} L_b$  (kg.m)

$M_b$  = Momen pada  $\frac{1}{2} L_b$  (kg.m)

$M_c$  = Momen pada  $\frac{3}{4} L_b$  (kg.m)

### c. Bentang Panjang

Syarat bentang panjang:  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p \quad (3.31)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}$$

Keterangan :

$M_n$  = Kuat Momen nominal

$S_x$  = Modulus penampang elastis di sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$J$  = Konstanta torsi, (mm<sup>4</sup>)

$h_o$  = jarak antara titik berat sayap, (mm)

**4. Amplifikasi momen** (SNI 1729:2015 pasal 8.2. hal.240)

$$M_r = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \quad (3.52)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \quad (3.52)$$

Keterangan :

$M_r$  =  $M_u$  = Kuat lentur perlu elemen (global)

$B_1$  = faktor pengali untuk memperhitungkan efek P- $\delta$

$M_{nt}$  = Kuat lentur perlu elemen (rangka tidak bergoyang)

$B_2$  = faktor pengali untuk memperhitungkan efek P- $\Delta$  (bergoyang)

$M_{lt}$  = Kuat lentur perlu elemen (rangka bergoyang)

$P_r$  =  $P_u$  = Kuat aksial perlu elemen (global)

$P_{nt}$  = Kuat aksial perlu elemen (rangka tidak bergoyang)

$P_{lt}$  = Kuat aksial perlu elemen (rangka bergoyang)

**5. Kontrol Tekuk Lentur** (SNI 1729:2015 pasal E3 hal.35)

Kekuatan tekan nominal,  $P_n$  harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur yaitu :

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

Tegangan kritis,  $F_{cr}$  ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ atau } \frac{f_y}{F_e} \leq 2,25, \quad F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \quad (3.44)$$

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ atau } \frac{f_y}{F_e} > 2,25, \quad F_{cr} = 0,877 F_e \quad (3.44)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \quad (3.44)$$

Keterangan :

$F_e$  = Tegangan tekuk kritis elastis ditentukan melalui suatu analisis tekuk elastis yang sesuai (MPa)

$E$  = Modulus elastis (200000 MPa)

## 6. Persamaan interaksi antara gaya normal tekan dan lentur (SNI 1729:2015 pasal H1 hal.79)

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

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.54)$$

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

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.55)$$

Keterangan :

- $P_r$  = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban
- $M_r$  = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban
- $P_c$  =  $\phi_c P_n$  = kekuatan aksial desain
- $M_c$  =  $\phi_b M_n$  = kekuatan Lentur desain
- $\phi_c$  = faktor ketahanan untuk tekan (0,9)
- $\phi_b$  = faktor ketahanan untuk lentur (0,9)

### 3.8. Perencanaan Sambungan

Sambungan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah dengan menggunakan sambungan baut maupun sambungan las. Sambungan tipe geser tumpu adalah jenis sambungan yang membandingkan nilai kuat geser dan kuat tumpu. Dan menentukan jumlah banyaknya baut sambungan dengan nilai Vu (nilai terkecil diantara kuat geser dan kuat tumpu) dibagi dengan kekuatan baut.

#### 3.8.1 Sambungan Baut

1. Kekuatan tarik dan geser dari baut (SNI 1729:2015 pasal J3.6 hal.129)

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.56)$$

$$R_n = F_n \times A_b \quad (3.57)$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75$$

$F_n$  = tegangan tarik nominal ,  $F_{nt}$  atau tegangan geser,  $F_{nv}$  (MPa)

$A_b$  = luas baut tidak berulir nominal atau bagian berulir ( $\text{mm}^2$ )

2. Kombinasi Gaya Tarik Geser dalam Sambungan Tipe Tumpuan (SNI 1729:2015 pasal J3.7 hal.129)

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.56)$$

$$R_n = F'_{nt} \times A_b$$

Keterangan :

$$\phi = 0.75$$

$F'_{nt}$  = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa)

$$F'_{nt} = 1,3 \cdot F_{nt} - F_{nt} \cdot \phi F_{nv} \cdot F_{rv} \leq F_{nt} \quad (\text{DFBK}) \quad (\text{SNI 1729:2015 J3-3a hal.130})$$

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

$F_{nv}$  = tegangan geser dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

$F_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI, ksi (MPa)

3. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} \quad (3.60)$$

4. Ukuran jarak baut terdapat pada SNI 1729-2015 pada tabel J3.4M halaman 128.

### 3.8.2 Sambungan Las

$$R_n \leq \phi R_n$$

$$R_n = F_{nw} \times A_{we} \quad (\text{SNI 1729:2015 J2-4 hal.121}) \quad (3.61)$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75$$

$F_{nw}$  = tegangan nominal dari logam las,

$$= 0,6 \cdot F_{exx} \cdot (1,0 + 0,5 \cdot \text{Sin}^{1,5} \cdot \theta) \quad (\text{SNI 1729:2015 J2-5})$$

$F_{EXX}$  = Kekuatan klasifikasi logam pengisi (MPa).

$\theta$  = Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las.

$A_{we}$  = luas efektif las (mm)

### 3.9. Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah suatu struktur bagian bawah yang berhubungan langsung dengan tanah. Dan pondasi berfungsi meneruskan beban bagian dari atas struktur bangunan (*upper structure*) tanpa mengakibatkan keruntuhan geser dan penurunan (*settlement*) tanah/pondasi yang berlebihan. Berdasarkan Letak dan posisinya, pondasi digolongkan menjadi 2 jenis yaitu pondasi dangkal dan juga pondasi dalam. Pondasi dangkal biasanya digunakan untuk struktur yang mempunyai beban relatif kecil, sedangkan pondasi dalam digunakan untuk struktur bangunan yang mempunyai beban besar dan perbandingan antara kedalaman pondasi dengan diameternya adalah lebih besar sama dengan 10. Dalam tugas akhir ini, digunakan pondasi dalam dengan jenis pondasi tiang pancang.

#### 3.9.1. Kapasitas Tiang Pancang Tunggal

Kapasitas daya dukung tiang pancang dibedakan oleh daya dukung ujung dan daya dukung gesek dan apabila kedua daya dukung tersebut dimobilisasi maka akan didapat:

$$1. Q = Q_p + Q_s \quad (3.62)$$

Keterangan :

$Q$  = Kapasitas daya dukung tiang pancang maksimum

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung ujung yang didapat dari tanah di bawah ujung pondasi

$Q_s$  = Kapasitas daya dukung yang didapat dari gaya gesekan atau gaya adhesi antara tiang pancang dengan tanahnya

$$2. Q_p = qp \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.63)$$

Keterangan:

$qp$  = tegangan di ujung tiang =  $N_p \times K$

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi

$K$  = Koefisien karakteristik tanah  
 = 12 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lempung  
 = 20 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berlempung  
 = 25 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berpasir  
 = 40 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah pasir

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$$3. Q_s = q_s \cdot A_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_p \quad (3.64)$$

Keterangan :

$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m<sup>2</sup>

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

$A_s$  = Luas selimut tiang

#### 4. Kapasitas daya dukung 1 tiang pancang ijin ( $Q_{ijin}$ )

$$Q_{ijin} = \frac{Q}{SF} \quad (3.65)$$

Keterangan:

$Q$  = Kapasitas daya dukung tiang pancang maksimum

$SF$  = Faktor Keamanan (*Safety factor*)

### 3.9.2. Perencanaan Tiang Pancang Grup

#### 1. Jumlah Tiang Pancang

$$n = \frac{\sum V}{E_k \times Q_{ijin}} \quad (3.66)$$

Keterangan :

$n$  = Jumlah tiang pancang

$\sum V$  = Total beban vertikal

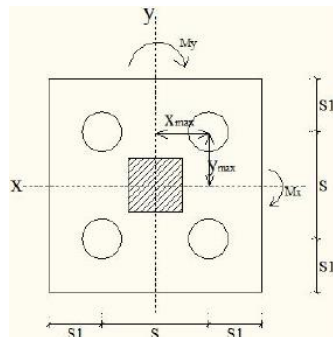
$E_k$  = Efisiensi grup tiang

$Q_{ijin}$  = kapasitas daya dukung 1 tiang pancang

## 2. Jarak Antar Tiang Pancang

Jarak Antar tiang pancang didalam grup tiang sangat mempengaruhi perhitungan kapasitas daya dukung dari grup tiang pancang. Untuk perhitungan jarak tiang ditentukan dengan persyaratan :

- jarak as ke as tiang pancang  $2,5D \leq S \leq 5D$
- jarak as ke tepi tiang pancang digunakan  $1D \leq S \leq 1,5D$



Gambar 3.4 Pondasi Tiang Pancang Grup

## 3. Efisiensi Grup Tiang (menurut persamaan Converse-Labbare)

$$E_k = 1 - \theta \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right] \quad (3.67)$$

Keterangan :

- $E_k$  = efisiensi grup tiang
- $\theta$  = arc tan  $d/s$  dalam derajat
- $d$  = diameter dari tiang
- $s$  = jarak antar pusat tiang pancang
- $m$  = Jumlah tiang dalam baris
- $n$  = Jumlah tiang dalam kolom

## 4. Distribusi Gaya Pada Grup Tiang

Dalam grup tiang gaya-gaya luar yang bekerja pada kepala tiang (kolom) didistribusikan pada grup tiang berdasarkan rumus elastisitas berikut :

$$P_{maks} = \frac{V}{n} \pm \frac{M_{x0} \times y_{maks}}{\sum y^2} \pm \frac{M_{y0} \times x_{maks}}{\sum x^2} \quad (3.68)$$

Keterangan :

$V$  = Beban vertikal total yang bekerja

$n$  = Jumlah tiang dalam grup

$M_x$  = Momen pada arah sumbu x

$M_y$  = Momen pada arah sumbu y

$X_{maks}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu x

$Y_{maks}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu y

$\sum x^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang sumbu x

$\sum y^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang sumbu y

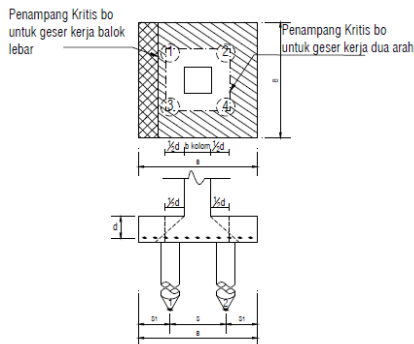
## 5. Perencanaan Poer

### a. Kontrol tebal minimum poer

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Tebal pondasi tapak di atas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi di atas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) di atas tiang pondasi.

### b. Kontrol geser pons 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 balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.



Gambar 3.5 Kontrol Geser Pons Pada Poer akibat Beban Kolom



c. Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.69)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.70)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.71)$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'c}b_w d \quad (3.72)$$

d. Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.73)$$

$$V_c = 0,17\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda\sqrt{f'c}b_o d \quad (3.74)$$

$$V_c = 0,083\left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda\sqrt{f'c}b_o d \quad (3.75)$$

$$V_c = 0,033\lambda\sqrt{f'c}b_o d \quad (3.76)$$

Keterangan:

$\beta$  = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

$\alpha$  = 40 untuk kolom dalam

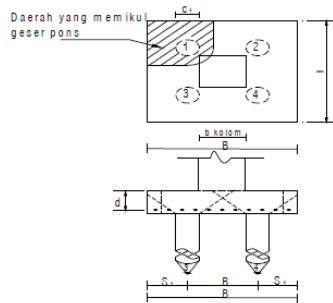
= 30 untuk kolom tepi

= 20 untuk kolom sudut

$B_o$  = Parameter penampang kritis

$d$  = Tinggi manfaat pelat

- e. Kontrol Geser pons pada poer akibat beban aksial tiang pancang



Gambar 3.6 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.73)$$

Dimana  $V_c$  diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (3.74)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (3.75)$$

$$V_c = 0,033 \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (3.76)$$

### 3.10. Gambar Kerja

Gambar merupakan hasil *output* dari analisi perhitungan. Dan untuk penggambaran yang dihasilkan adalah gambar denah, gambar tampak, gambar potongan, gambar struktur sekunder (gambar pelat, tangga, *ramp*, dan lain-lain), gambar struktur utama, sambungan, pondasi, dan lain-lain.

## BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

### 4.1 Perencanaan Pelat Lantai

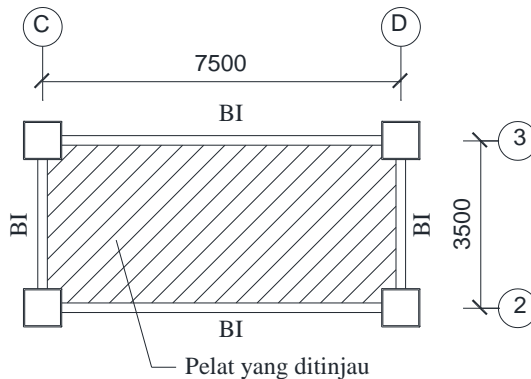
Perencanaan pelat lantai yang ada di gedung parkir kementerian dalam negeri Jakarta ini menggunakan Bondex dengan tabel perencanaan praktis yang terdapat pada brosur *Steel Floor Deck*. Berikut adalah spesifikasi yang terdapat pada brosur:

- Ketebalan bondex 0,75 mm
- Berat bondex 10,1 kg/m

Beban yang bekerja menggunakan PPIUG dan Tabel C3-1. ASCE 2002 :

- Berat lapisan *waterproofing* : 5 kg/m<sup>2</sup>
- Berat mekanikal : 19 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *Spesi* : 21 kg/m<sup>2</sup>
- Berat Beban Hidup Atap : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Berat Beban Hidup Lantai : 400 kg/m<sup>2</sup>

#### 4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Gedung Parkir



**Gambar 4.1** Pelat Lantai Gedung Parkir

1. Beban Mati ( $q_D$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Berat ducting mekanikal} &= 19 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat Spesi} &= 21 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{D\text{total}} &= 40 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

2. Beban Hidup ( $q_L$ )

Beban hidup ( $q_L$ ) lantai gedung parkir =  $400 \text{ kg/m}^2$

## 3. Beban Berguna

$$\begin{aligned} q &= q_D + q_L \\ &= 40 \text{ kg/m}^2 + 400 \text{ kg/m}^2 \\ &= 440 \text{ kg/m}^2 \approx 500 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

## 4. Data-data Perencanaan pelat bondek

Berdasarkan tabel perencanaan praktis yang terdapat pada brosur *Steel Floor Deck* untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut :

- Bentang pelat = 3,5 m
- Beban berguna =  $500 \text{ kg/m}^2$
- Tebal pelat = 130 mm
- Diameter tulangan =  $\text{Ø}10 \text{ mm}$  ( $A_s = 0,79 \text{ cm}^2$ )
- Tulangan Negatif =  $4,61 \text{ cm}^2/\text{m}$
- $f_y$  tulangan besi = 420 MPa

Maka, Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap 1 meter :

$$\text{-As Koreksi (} A_s) = \frac{480}{420} \times A_s = \frac{480}{420} \times 4,61 = 5,27$$

$$\text{-Jumlah tulangan (n)} = \frac{5,27}{0,79} = 6,7$$

$$\text{-Jarak antar tulangan (s)} = \frac{1000}{6,7} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan susut digunakan tul.  $\text{Ø}8$  ( $A_s=50,3 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} d &= t_p - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{tul.utama}}{2} \\ &= 130 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{8 \text{ mm}}{2} = 106 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan besi tulangan  $f_y$  420 MPa

$p_{\min} = 0,0020$  (SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3)

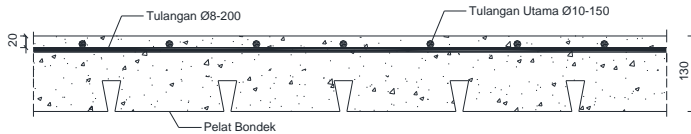
$$\begin{aligned} \text{Maka, } A_{s_{\min}} &= p_{\min} \times b \times d \\ &= 0,0020 \times 1000 \text{ mm} \times 106 \text{ mm} \\ &= 212 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$- n = \frac{A_{s_{\min}}}{A_{s_{1 \text{ tul.}}}} = \frac{212}{50,2} = 4,22$$

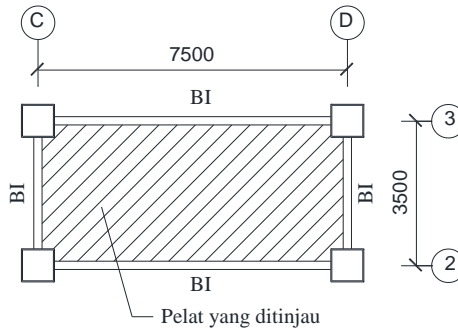
$$- s = \frac{1000}{4,22} = 237 \approx 200 \text{ mm}$$

Maka, pelat lantai gedung parkir menggunakan tulangan negatif Ø10-150 mm dan tulangan susut suhu Ø8-200 mm



**Gambar 4.2** Penulangan Bondek Pelat Lantai

#### 4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Atap Gedung Parkir



**Gambar 4.3** Pelat Lantai Atap

1. Beban Mati ( $q_D$ )
  - Berat *ducting mekanikal* =  $19 \text{ kg/m}^2$
  - Berat *Waterproofing* =  $5 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} \text{--Berat Spesi} &= 21 \text{ kg/m}^2 \\ \hline q_{D\text{total}} &= 45 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Beban Hidup ( $q_L$ )  
 Beban hidup ( $q_L$ ) Atap = 100 kg/m<sup>2</sup>

3. Beban Berguna

$$\begin{aligned} q &= q_D + q_L \\ &= 45 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 \\ &= 145 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4. Data-data Perencanaan pelat bondek  
 Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif, maka didapatkan data-data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{--Bentang pelat} &= 3,5 \text{ m} \\ \text{--Beban berguna} &= 200 \text{ kg/m}^2 \\ \text{--Tebal pelat} &= 110 \text{ mm} \\ \text{--Diameter tulangan} &= \text{Ø}10 \text{ mm } (A_s = 0,79 \text{ cm}^2) \\ \text{--Tulangan Negatif} &= 2,90 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \text{--}f_y \text{ tulangan besi} &= 420 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Maka, Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap 1 meter :

$$\text{--}A_s \text{ Koreksi } (A_s) = \frac{480}{420} \times A_s = \frac{480}{420} \times 2,90 = 3,31$$

$$\text{--Jumlah tulangan } (n) = \frac{3,31}{0,79} = 4,22$$

$$\text{--Jarak antar tulangan } (s) = \frac{1000}{4,22} = 237 \approx 200 \text{ mm}$$

Tulangan susut digunakan tul. Ø8 ( $A_s=50,3 \text{ mm}^2$ )

$$d = t_p - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{tul.utama}}{2}$$

$$= 110 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{8 \text{ mm}}{2} = 86 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan fy 420 MPa

$$P_{min} = 0,0020 \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3)}$$

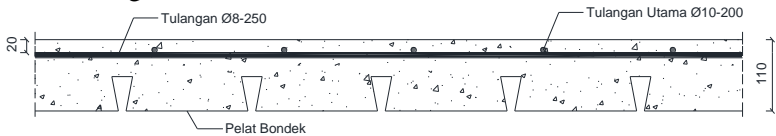
$$\begin{aligned} \text{Maka, } A_{s_{min}} &= P_{min} \times b \times d \\ &= 0,0020 \times 1000 \text{ mm} \times 86 \text{ mm} \\ &= 172 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$- n = \frac{A_{s_{min}}}{A_{s_{tul.}}} = \frac{172}{50,3} = 3,42$$

$$- s = \frac{1000}{3,42} = 292 \approx 250 \text{ mm}$$

Maka, pelat lantai atap gedung parkir kementerian dalam negeri menggunakan tulangan negatif Ø10-200 mm dan tulangan susut suhu Ø8-250 mm



**Gambar 4.4** Penulangan Bondek Pelat Atap

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Tulangan Pelat

Tipe Pelat	Tebal pelat (cm)	Tulangan Negatif (cm <sup>2</sup> /m)	Tulangan
Pelat Lantai Atap	11 cm	2,90	Ø10 – 200
Pelat Lantai Gedung	13 cm	4,61	Ø10 – 150

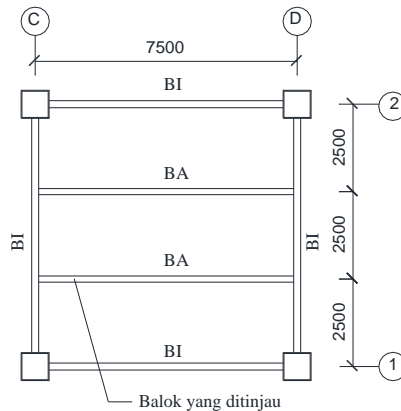
## 4.2 Perencanaan Balok Anak

Fungsi dari balok anak adalah menerima beban dari pelat lantai lalu meneruskan serta membagi beban tersebut ke balok induk. Balok anak didesain sebagai beban sekunder, sehingga didalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

### 4.2.1 Perencanaan Balok Anak Lantai Gedung Parkir

Balok anak lantai (BA) direncanakan menggunakan profil WF 400.200.7.11 dengan data-data sebagai berikut :

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



**Gambar 4.5** Pembebanan Balok Anak Lantai

#### 1. Beban – Beban Yang Bekerja

– Beban Mati ( $q_D$ )

$$\text{Berat pelat bondek} = 10,1 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat beton } 0,13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat Spesi} = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat ducting mekanikal} = 19 \text{ kg/m}^2$$

---


$$= 362,1 \text{ kg/m}^2$$



$$\begin{aligned}
 362,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} &= 905,25 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sendiri balok} &= 56,6 \text{ kg/m} \\
 \hline
 q_{\text{Dtotal}} &= 961,85 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

–Beban Hidup ( $q_L$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup lantai gedung parkir} &= 400 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat beban hidup } (q_L) \times 2,5 \text{ m} &= 1000 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

–Beban berfaktor

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_{\text{Dtotal}} + 1,6 q_L \\
 &= (1,2 \times 961,85) + (1,6 \times 1000) \\
 &= 1154,22 + 1600 \\
 &= 2754,22 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Dalam yang bekerja pada balok

Momen

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 2754,22 \times 7,5^2 \\
 &= 19365,61 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 2754,22 \times 7,5 \\
 &= 10328,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Kontrol Kuat Penampunan

–Pelat Sayap

$$\begin{aligned}
 \frac{b_f}{2t_f} &\leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 \frac{199}{2 \times 11} &\leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\
 9 &< 10,75 \\
 \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{kompak}
 \end{aligned}$$

–Pelat Badan

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &\leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 \frac{342}{7} &\leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\
 48,86 &< 106,35 \\
 \lambda &< \lambda_p \rightarrow \text{kompak}
 \end{aligned}$$

–Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1088 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2720000 \text{ kg.cm} \\ &= 27200 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 27200 = 24480 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 24480 \text{ kg.m} > 19365,61 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak Penahan Lateral ( $L_b$ ) = 50 cm

Nilai  $L_p$  dan  $L_r$  didapat dari tabel :

$$L_p = 223,02 \text{ cm}$$

$$L_r = 622,86 \text{ cm}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$  Bentang pendek, maka nilai  $M_{nx} = M_{px}$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1088 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2720000 \text{ kg.cm} = 27200 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 27200 = 24480 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 24480 \text{ kg.m} > 19365,51 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 5. Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{342}{7} = 48,86 < 260, \text{ maka } k_v = 5$$

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

$$48,86 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (39,6 \times 0,7) \times 1 = 41580 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 41580 \text{ kg} = 37422 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 37422 \text{ kg} > 10328,33 \text{ kg (OK)}$$

## 6. Persamaan Interaksi

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

$$\frac{19365,61}{0,9 \times 27200} + \frac{0}{0,9 \times 5500} \leq 1,0$$

$$0,79 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

## 7. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{750}{240} = 3,13 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_{ll}) \times L^4}{E \times I_x}$$

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(9,62 + 10) \times 750^4}{2000000 \times 20000} = 2,02 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 3,13 \text{ cm} > 2,02 \text{ cm (OK)}$$

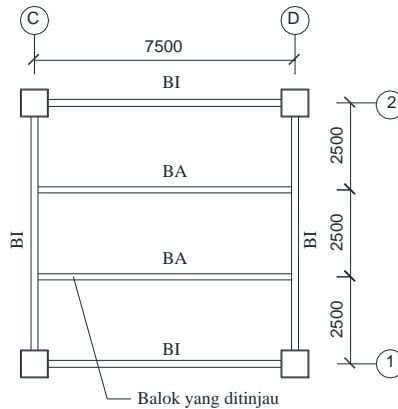
**Tabel 4.2** Rekapitulasi Profil Balok Anak Lantai

Kode	Profil	Bentang (m)
BA-1	WF 400.200.7.11	7,5
BA-2	WF 300.150.6,5.9	5,2
BA-3	WF 350.175.7.11	6,6

#### 4.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai Atap Gedung

Balok anak lantai atap (BA) direncanakan menggunakan profil WF 350.175.6.9 dengan data-data sebagai berikut :

$A = 52,68 \text{ cm}^2$	$t_w = 6 \text{ mm}$	$Z_x = 689 \text{ cm}^3$
$w = 41,4 \text{ kg/m}^2$	$t_f = 9 \text{ mm}$	$Z_y = 139 \text{ cm}^3$
$d = 346 \text{ mm}$	$I_x = 11100 \text{ cm}^4$	$S_x = 641 \text{ cm}^3$
$b_f = 174 \text{ mm}$	$I_y = 792 \text{ cm}^4$	$S_y = 91 \text{ cm}^3$
$i_x = 14,5 \text{ cm}$	$r = 14 \text{ mm}$	$h = 300 \text{ mm}$
$i_y = 3,88 \text{ cm}$		



Gambar 4.6 Pembebanan Balok Anak Atap

#### 1. Beban – Beban Yang Bekerja

–Beban Mati ( $q_D$ )

Berat pelat bondek	=	10,1	$\text{kg/m}^2$
Berat <i>water proofing</i>	=	5	$\text{kg/m}^2$
Berat <i>Spesi</i>	=	21	$\text{kg/m}^2$
Berat beton $0,11 \times 2400$	=	264	$\text{kg/m}^2$
Berat <i>ducting mekanikal</i>	=	19	$\text{kg/m}^2$
	=	319,1	$\text{kg/m}^2$
$319,1 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m}$	=	797,75	$\text{kg/m}$
Berat sendiri balok	=	41,4	$\text{kg/m}$
$q_{D\text{total}}$	=	839,15	$\text{kg/m}$

–Beban Hidup ( $q_L$ )

$$\text{Beban hidup Atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat beban hidup } (q_L) \times 2,5 \text{ m} = 250 \text{ kg/m}$$

–Beban berfaktor

$$q_u = 1,2 q_{D\text{total}} + 1,6 q_L$$

$$= (1,2 \times 839,15) + (1,6 \times 250)$$

$$= 1006,98 + 400$$

$$= 1406,98 \text{ kg/m}$$

### 2. Gaya Dalam Yang Bekerja pada balok

Momen

Gaya geser

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L$$

$$= \frac{1}{8} \times 1406,98 \times 7,5^2$$

$$= 9892,83 \text{ kg.m}$$

$$= \frac{1}{2} \times 1406,98 \times 7,5$$

$$= 5276,18 \text{ kg}$$

### 3. Kontrol Kuat Penampang

–Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{174}{2 \times 9} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$10 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \textit{kompak}$$

–Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{6} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$50 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \textit{kompak}$$

–Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 689 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1722500 \text{ kg.cm} \\ &= 17225 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 17225 = 15502,5 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 15502,5 \text{ kg.m} > 9892,83 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak Penahan Lateral, *Shear Connector* ( $L_b$ ) = 50 cm

Nilai  $L_p$  dan  $L_r$  didapat dari tabel :

$$L_p = 193,15 \text{ cm}$$

$$L_r = 533,95 \text{ cm}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$  Bentang pendek, maka nilai  $M_{nx} = M_{px}$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 689 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1722500 \text{ kg.cm} \\ &= 17225 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 17225 = 15502,5 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 15502,5 \text{ kg.m} > 9892,83 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 5. Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{6} = 50 < 260, \text{ maka } k_v = 5$$

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

$$50 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (34,6 \times 0,6) \times 1 = 31140 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 31140 \text{ kg} = 28026 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 28026 \text{ kg} > 5276,18 \text{ kg (OK)}$$

6. Persamaan Interaksi

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

$$\frac{9892,83}{0,9 \times 17225} + \frac{0}{0,9 \times 2600} \leq 1,0$$

$$0,64 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

7. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{750}{240} = 3,13 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_{ll}) \times L^4}{E \times I_x}$$

$$f_x = \frac{5}{384} \times \frac{(2,5 + 8,39) \times 750^4}{2000000 \times 11100} = 2,02 \text{ cm}$$

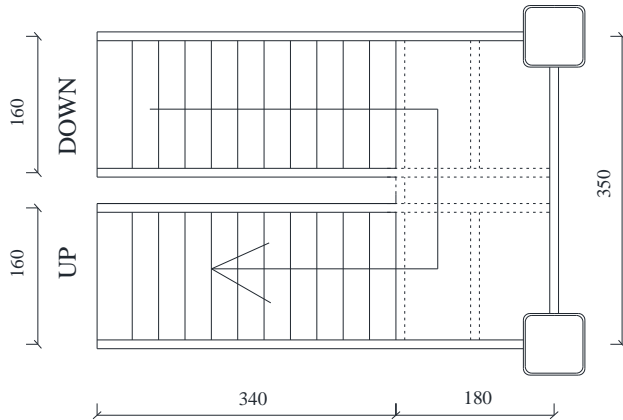
$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 3,13 \text{ cm} > 2,02 \text{ cm (OK)}$$

**Tabel 4.3** Rekapitulasi Profil Balok Anak Atap

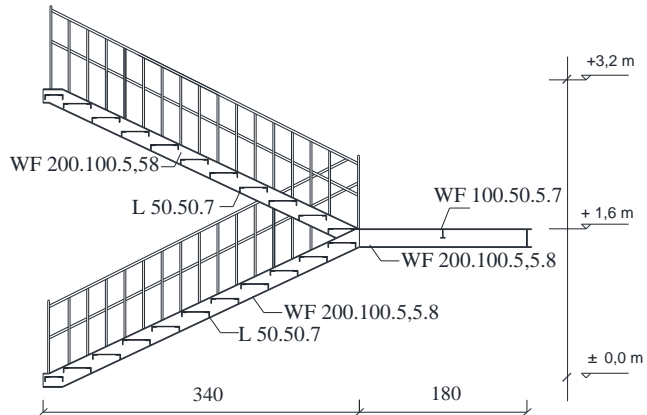
Kode	Profil	Bentang (m)
BA-1	WF 350.175.6.9	7,5
BA-2	WF 250.125.6.9	5,2
BA-3	WF 300.150.5,5.8	6,6

### 4.3 Perencanaan Tangga dan Bordes

#### 4.3.1 Perencanaan Tangga



**Gambar 4.7a** Tampak Atas Tangga



**Gambar 4.7b** Tampak Samping Tangga



## 1. Perencanaan Tangga

- Mutu baja = BJ 41
- Tinggi antar lantai = 320 cm
- Tinggi bordes = 160 cm
- Panjang tangga = 340 cm
- Lebar tangga = 160 cm
- Lebar bordes = 180 cm
- Lebar *antrede* = 30 cm

Dalam merencanakan tangga terdapat beberapa syarat perencanaan untuk kenyamanan pengguna tangga, berikut adalah persyaratannya :

- a. Syarat perencanaan *optrede* dan *antrede* tangga

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

dimana :

t = tinggi *optrede* (cm)

i = lebar *antrede* (cm)

Direncanakan tinggi *optrede* tangga 15 cm

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

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

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

$$\text{Jumlah } optrede = \frac{\text{Tinggi bordes}}{\text{Tinggi } optrede} = \frac{160 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 10 \approx 11 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah } antrede = \text{jumlah } optrede - 1 = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Tinggi } optrede = 15 \text{ cm}$$

- b. Syarat kemiringan tangga

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

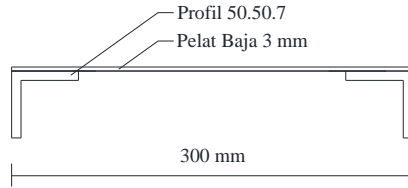
dimana :

$\alpha$  = kemiringan tangga

$$\text{maka, nilai } \alpha = \text{arctg} \frac{\text{Tinggi bordes}}{\text{Panjang tangga}} = \text{arctg} \frac{160 \text{ cm}}{340 \text{ cm}} = 25,20^\circ$$

Karena nilai  $\alpha = 25,20^\circ$ , maka memenuhi syarat kemiringan tangga.

## 2. Perencanaan Anak Tangga



**Gambar 4.8** Pelat Anak Tangga

### a. Perencanaan tebal anak tangga

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat tangga} &= 3 \text{ mm} \\ \text{Berat jenis baja} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Mutu baja } (f_y) &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

### b. Perencanaan pelat tangga

#### –Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat Pelat Tangga} &= \text{tebal pelat} \times \text{lebar tangga} \times \text{Bj baja} \\ &= 0,003 \text{ m} \times 1,6 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 37,68 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sambungan} &= 37,68 \text{ kg/m} \times 10\% \\ &= 3,77 \text{ kg/m} \\ \text{Jumlah beban mati} &= \text{Berat Pelat} + \text{berat sambungan} \\ &= 37,68 \text{ kg/m} + 3,77 \text{ kg/m} \\ q_D &= 41,45 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### –Beban Hidup

$$\begin{aligned} q_L &= 300 \text{ kg/m}^2 \times \text{lebar tangga} \\ &= 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,6 \text{ m} \\ &= 480 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### –Perhitungan Gaya dalam

diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Lebar } antrede &= 0,3 \text{ m} \\ \text{Beban terpusat } (P) &= 100 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$M_D = \frac{1}{12} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{12} \times 41,45 \times 0,3^2 = 0,47 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{12} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{12} \times 480 \times 0,3^2 = 5,40 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{4} \times P_L \times L^2 = \frac{1}{4} \times 100 \times 0,3^2 = 7,5 \text{ kg.m}$$

Maka, momen yang dipakai

$$M_D = 0,47 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 7,5 \text{ kg.m}$$

–Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_U$

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 \times M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2 \times 0,47 + 1,6 \times 7,5 \\ &= 12,56 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 160 \times 0,3^2 = 3,6 \text{ cm}^3$$

$$\phi M_n = \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 3,6 \times 2500 = 8100 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Syarat, } \phi M_n > M_U \rightarrow 81 \text{ kg.m} > 12,56 \text{ kg.m (OK)}$$

–Kontrol Lendutan

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

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 160 \times 0,3^3 = 0,36 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_u) \times L^4}{E \times I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(0,59 + 8,5) \times 30^4}{2 \times 10^6 \times 0,36} = 0,08 \text{ cm}$$

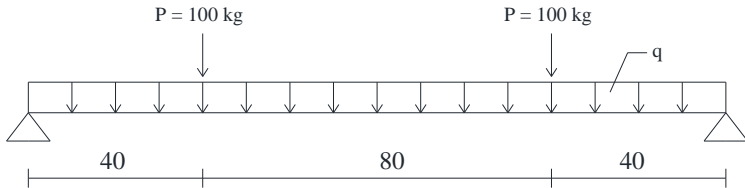
$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 0,125 \text{ cm} > 0,08 \text{ cm (OK)}$$

c. Perencanaan Pengaku Anak Tangga

Direncanakan untuk pengaku anak tangga menggunakan

Profil siku 50.50.7, dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} w & = 5,15 \text{ kg/m} & I_x & = 14,6 \text{ cm}^4 \\ A & = 6,56 \text{ cm}^2 & I_y & = 14,6 \text{ cm}^4 \\ b_f & = 50 \text{ mm} & i_x & = 1,49 \text{ cm} \\ t_w & = 7 \text{ mm} & i_y & = 1,49 \text{ cm} \\ Z_x & = 4,15 \text{ cm}^3 & & \end{array}$$



**Gambar 4.9** Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga

–Beban Mati (  $\frac{1}{2}$  lebar *antrede* )

$$\begin{aligned} \text{Berat Pelat} &= \text{tebal pelat} \times \frac{1}{2} \text{ lebar} \times \text{Bj baja} \\ &= 0,003 \text{ m} \times \frac{0,3}{2} \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3,53 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat baja siku} = 5,15 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan} &= (3,53 + 5,15) \text{ kg/m} \times 10\% \\ &= 0,87 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah beban mati} &= 8,7 \text{ kg/m} + 0,87 \text{ kg/m} \\ q_D &= 9,55 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

–Beban Hidup (  $\frac{1}{2}$  lebar *antrede* )

$$\begin{aligned} q_L &= 300 \text{ kg/m}^2 \times L/2 \\ &= 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,3/2 \text{ m} \\ &= 45 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

–Perhitungan Gaya dalam diketahui :

$$\text{Lebar Tangga (L)} = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Beban Terpusat (P)} = 100 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{12} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{12} \times 9,55 \times 1,6^2 = 3,06 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{12} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{12} \times 45 \times 1,6^2 = 14,4 \text{ kg.m}$$

$$M_L = P_L \times 0,5 = 100 \times 0,4 = 40 \text{ kg.m}$$

Maka, momen yang dipakai

$$M_D = 3,06 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 40 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 \left( \frac{1}{2} \times q_d \times L \right) + 1,6 \left( \frac{1}{2} \times P \times 2 \right) \\ &= 1,2 (0,5 \times 9,55 \times 1,6) + 1,6 (0,5 \times 100 \times 2) \\ &= 169,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

–Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_U$

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 \times M_D + 1,6 \times M_L \\ &= 1,2 \times 3,06 + 1,6 \times 40 \\ &= 67,67 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Kontrol Penampang Profil

Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{50}{7} = 7,14$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 15,27$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 7,14 < 15,27$  maka penampang kompak

Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$

$$M_p = Z_x \times F_y = 4,15 \times 2500 = 10375 \text{ kg.cm} = 103,75 \text{ kg.m}$$

– Cek Kekuatan Penampang

$$\phi \times M_n = 0,9 \times 103,75 = 93,38 \text{ kg.m}$$

$$\phi \times M_n \geq M_u \rightarrow 93,38 \text{ kg.m} > 67,67 \text{ kg.m (OK)}$$

– Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{50 - 7}{7} = 6,2 < 260, \text{ maka } k_v = 5$$

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

$$6,2 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (5,0 \times 0,7) \times 1 = 5250 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 5250 \text{ kg} = 4725 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 4725 \text{ kg} > 169,17 \text{ kg (OK)}$$

– Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{160}{240} = 0,67 \text{ cm}$$

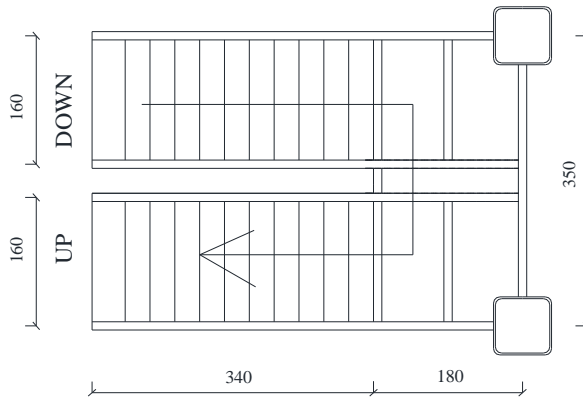
$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_{ll}) \times L^4}{E \times I_x} + \left( \frac{pa}{24EI} \times (3l^2 - 4a^2) \right)$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(0,09 + 0,45) \times 160^4}{2 \times 10^6 \times 14,6} + \left( \frac{100 \times 40}{24EI} \times (3l^2 - 4a^2) \right)$$

$$= 0,56 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f^0 \rightarrow 0,67 \text{ cm} > 0,56 \text{ cm (OK)}$$

### 4.3.2 Perencanaan Bordes



**Gambar 4.10** Denah Bordes

#### 1. Pelat Bordes

##### a. Data Pelat Bordes

Tebal pelat bordes	= 8	mm
Berat jenis baja	= 7850	kg/m <sup>3</sup>
Mutu baja 41 ( $f_y$ )	= 2500	kg/cm <sup>2</sup>
Lebar tangga	= 1,6	m
Lebar bordes	= 1,8	m
½ lebar bordes	= 0,9	m

##### b. Perencanaan Pelat

###### –Beban Mati

Berat Pelat	= tebal pelat × lebar × B <sub>j</sub> baja
	= 0,08 m × 1,6 m × 7850 kg/m <sup>3</sup>
	= 100,48 kg/m
Berat sambungan	= 100,48 kg/m × 10% = 10,05 kg/m
Jumlah beban mati	= 100,58 kg/m + 10,05 kg/m
$q_D$	= 110,53 kg/m

–Beban Hidup

$$\begin{aligned} q_L &= 300 \text{ kg/m}^2 \times L \\ &= 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,6 \text{ m} \\ &= 480 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

–Perhitungan Momen ( $M_D$  dan  $M_L$ )

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 110,5 \times 0,9^2 = 11,19 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 480 \times 0,9^2 = 48,60 \text{ kg.m}$$

–Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_U$

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 \times M_D + 1,6 \times M_L \\ &= 1,2 \times 11,19 + 1,6 \times 48,60 = 91,19 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 160 \times 0,8^2 = 25,6 \text{ cm}^3$$

$$\phi M_n = \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 25,6 \times 2500 = 57600 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Syarat, } \phi M_n > M_u \rightarrow 576 \text{ kg.m} > 91,19 \text{ kg.m (OK)}$$

–Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{90}{240} = 0,38 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 160 \times 0,8^3 = 6,8 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_{ll}) \times L^4}{E \times I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(1,1 + 4,8) \times 90^4}{2 \times 10^6 \times 6,8} = 0,35 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f^0 \rightarrow 0,38 \text{ cm} > 0,35 \text{ cm (OK)}$$



## 2. Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan untuk balok bordes tangga menggunakan profil WF 100.50.5.7, dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll}
 A = 11,85 \text{ cm}^2 & t_w = 5 \text{ mm} & Z_x = 42 \text{ cm}^3 \\
 w = 9,3 \text{ kg/m}^2 & t_f = 7 \text{ mm} & Z_y = 9 \text{ cm}^3 \\
 d = 100 \text{ mm} & I_x = 187 \text{ cm}^4 & S_x = 37,5 \text{ cm}^3 \\
 b_f = 50 \text{ mm} & I_y = 14,8 \text{ cm}^4 & S_y = 5,91 \text{ cm}^3 \\
 i_x = 3,98 \text{ cm} & r = 8 \text{ mm} & h = 70 \text{ mm} \\
 i_y = 1,12 \text{ cm} & & & 
 \end{array}$$

–Beban Mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Pelat} &= \text{tebal pelat} \times \text{lebar} \times \text{Bj baja} \\
 &= 0,008 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 56,52 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat baja WF} = 9,3 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sambungan} &= (56,52 + 9,3) \text{ kg/m} \times 10\% \\
 &= 6,58 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Total beban mati} = 65,82 \text{ kg/m} + 6,58 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 72,40 \text{ kg/m}$$

–Beban Hidup ( $\frac{1}{2}$  Lebar *Antrede*)

$$\begin{aligned}
 q_L &= 300 \text{ kg/m}^2 \times L \\
 &= 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,9 \text{ m} \\
 &= 270 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

–Perhitungan Gaya dalam

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 72,4 \times 1,6 = 57,92 \text{ kg.m}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 72,4 \times 1,6^2 = 23,17 \text{ kg.m}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 270 \times 1,6 = 216 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 270 \times 1,6^2 = 86,40 \text{ kg.m}$$

–Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_U$

$$\begin{aligned}
 V_U &= 1,2 \times V_D + 1,6 \times V_L \\
 &= 1,2 \times 57,92 + 1,6 \times 216 = 415,11 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 \times M_D + 1,6 \times M_L \\
 &= 1,2 \times 23,17 + 1,6 \times 86,40 \\
 &= 166,04 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

–Kontrol Penampang Profil

Pelat Sayap

$$\begin{aligned}
 \frac{b_f}{2t_f} &\leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 \frac{50}{2 \times 7} &\leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}
 \end{aligned}$$

$$4 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{~~kompak~~}$$

Pelat Badan

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &\leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 \frac{70}{5} &\leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}
 \end{aligned}$$

$$14 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{~~kompak~~}$$

–Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \times F_y = 42 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 = 105000 \text{ kg.cm} \\
 &= 1050 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi \times M_n = 0,9 \times 1050 = 945 \text{ kg.m}$$

$$\phi \times M_n \geq M_u \rightarrow 945 \text{ kg.m} > 166,04 \text{ kg.m} \text{ (OK)}$$

–Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 17,59 < 260, \text{ maka } k_v = 5$$

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

$$17,59 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (10 \times 0,5) \times 1 = 7500 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 7500 \text{ kg} = 6750 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 6750 \text{ kg} > 415,11 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

–Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{160}{240} = 0,67 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{dl} + q_{ll}) \times L^4}{E \times I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(0,724 + 2,7) \times 160^4}{2 \times 10^6 \times 187} = 0,1 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f^0 \rightarrow 0,67 \text{ cm} > 0,1 \text{ cm (OK)}$$

### 4.3.3 Perencanaan Balok Tangga

Balok tangga direncanakan akan menggunakan profil WF 200.100.5,5.8, dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} A = 27,16 \text{ cm}^2 & t_w = 5,5 \text{ mm} & Z_x = 200 \text{ cm}^3 \\ w = 21,3 \text{ kg/m}^2 & t_f = 8 \text{ mm} & Z_y = 41 \text{ cm}^3 \\ d = 200 \text{ mm} & I_x = 1840 \text{ cm}^4 & S_x = 184 \text{ cm}^3 \\ b_f = 100 \text{ mm} & I_y = 134 \text{ cm}^4 & S_y = 26,8 \text{ cm}^3 \\ i_x = 8,24 \text{ cm} & r = 11 \text{ mm} & h = 162 \text{ mm} \\ i_y = 2,22 \text{ cm} & & \end{array}$$

#### 1. Perencanaan Pembebanan Anak Tangga

–Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat Pelat} &= \text{tebal pelat} \times \text{lebar} \times \text{Bj baja} \\ &= 0,003 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 18,84 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat baja siku} = 10,3 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan} = (18,84 + 10,3) \times 10\% = 2,91 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jumlah beban mati} = 29,1 \text{ kg/m} + 2,91 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 32,05 \text{ kg/m}$$

–Beban Hidup

$$q_{L1} = 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,8 \text{ m} = 240 \text{ kg/m}$$

–Beban Kombinasi

$$q_{U1} = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 32,05 + 1,6 \times 240 = 422,46 \text{ kg/m}$$

## 2. Perencanaan Pembebanan dan gaya dalam bordes

### –Beban Mati

$$\begin{aligned}\text{Berat Pelat} &= \text{tebal pelat} \times \text{lebar} \times B_j \text{ baja} \\ &= 0,008 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 50,24 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Balok Bordes} &= 9,3 \text{ kg/m} \times 0,8 \text{ m} \times 3 / 1,8 \text{ m} \\ &= 12,4 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\text{Berat sambungan} = (50,24 + 12,4) \times 10\% = 6,26 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban mati} = 62,64 \text{ kg/m} + 6,26 \text{ kg/m}$$

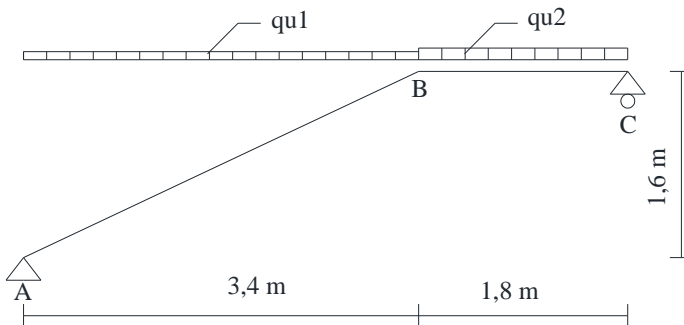
$$q_D = 68,90 \text{ kg/m}$$

### –Beban Hidup

$$q_{L2} = 300 \text{ kg/m}^2 \times \text{lebar} = 300 \times 0,8 = 240 \text{ kg/m}$$

### –Beban Kombinasi

$$\begin{aligned}q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 68,90 + 1,6 \times 240 \\ &= 466,68 \text{ kg/m}\end{aligned}$$



**Gambar 4.11** Model Pembebanan Balok Tangga

## 3. Reaksi Pada Tangga

$$- \alpha = \tan^{-1} \left( \frac{1,6}{3,4} \right) = 25,2^{\circ}$$

$$- L_{AB} = \sqrt{3,4^2 + 1,6^2} = 3,76 \text{ m}$$

$$- \Sigma M_c = 0$$

$$-5,2 \times R_A + q_{u1} \times L_{AB} \times \left( \frac{3,4}{2} + 1,8 \right) + \frac{1}{2} \times q_{u2} \times L^2 = 0$$

$$-5,2 \times R_A + 422,46 \times 3,76 \times \left( \frac{3,4}{2} + 1,8 \right) + \frac{1}{2} \times 466,68 \times 1,8^2 = 0$$

$$R_A = \frac{422,46 \times 3,76 \times 3,5 + 0,5 \times 466,68 \times 1,8^2}{5,2}$$

$$R_A = 1213,89 \text{ kg}$$

$$- \Sigma M_A = 0$$

$$5,2 \times R_c - q_{u1} \times L_{AB} \times \left( \frac{3,4}{2} \right) - q_{u2} \times 1,8 \times \left( \frac{1,8}{2} + 3,4 \right) = 0$$

$$5,2 \times R_c - 422,46 \times 3,76 \times \left( \frac{3,4}{2} \right) - 466,68 \times 1,8 \times 4,3 = 0$$

$$R_c = \frac{422,46 \times 3,76 \times 1,7 + 466,68 \times 1,8 \times 4,3}{5,2}$$

$$R_c = 1213,63 \text{ kg}$$

## 4 Gaya Dalam pada Tangga

## a. Bentang BC

- Bidang N

$$N_{bc} = 0$$

- Bidang L

$$L_c = R_c = 1213,63 \text{ kg}$$

$$L_b = R_c - (q_{u2} \times L_{BC})$$

$$= 1213,63 \text{ kg} - (466,68 \text{ kg/m} \times 1,8 \text{ m})$$

$$= 373,59 \text{ kg}$$

- Bidang M

$$M_C = 0$$

$$\begin{aligned} M_B &= (R_C \times L_{BC}) - (\frac{1}{2} \times q_{u2} \times L^2) \\ &= 1213,63 \text{ kg} \times 1,8 \text{ m} - (\frac{1}{2} \times 466,68 \text{ kg/m} \times 1,8^2) \\ &= 1428,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b. Bentang AB

- Bidang N

$$R_{AH} + N_A = 0$$

$$\begin{aligned} N_A &= -R_{AH} \\ &= -(1213,89 \text{ kg} \times \sin(25,2)) \\ &= -516,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_B &= N_A + (q_{u1} \times \sin(25,2) \times L) \\ &= -516,87 \text{ kg} + (422,46 \text{ kg} \times \sin 25,2 \times 3,76) \\ &= 159,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Bidang L

$$\begin{aligned} L_A &= R_{AV} \\ &= 1213,89 \text{ kg} \times \cos(25,2) \\ &= 1098,35 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_B &= L_A - (q_{u1} \times \cos(25,2) \times L_{AB}) \\ &= 1098,35 \text{ kg} - (422,46 \text{ kg/m} \times \cos(25,2) \times 3,76 \text{ m}) \\ &= -338,03 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Bidang M

$$M_A = 0$$

$$\begin{aligned} M_B &= (R_A \times L) - (q_{u1} \times L_{AB} \times 1,7) \\ &= 1213,89 \times 3,4 - (422,46 \times 3,76 \times 1,7) \\ &= 1428,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{maks}} \Rightarrow L_{x1} = 0$$

$$R_A - (q_{u1} \times x_1)$$

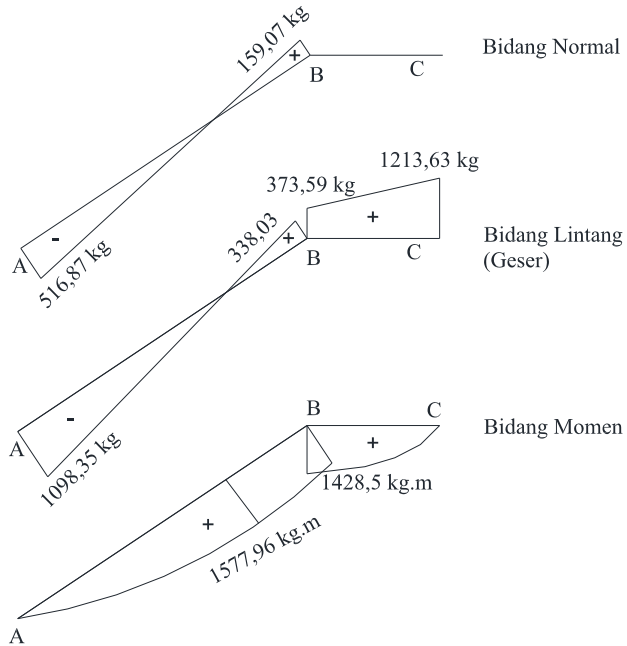
$$x_1 = \frac{R_A}{q_{u1}} = \frac{1213,89 \text{ kg}}{422,46 \text{ kg/m}} = 2,87 \text{ m}$$

$$x = 2,87 \times \cos(25,2) = 2,6 \text{ m}$$

$$M_{\text{maks}} = R_A \times 2,6 - (q_{u1} \times 2,87 \times \frac{2,6}{2})$$

$$\begin{aligned}
 &= 1213,89 \times 2,6 - (422,46 \times 2,87 \times \frac{2,6}{2}) \\
 &= 1577,96 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c. Diagram Gaya Dalam Tangga



**Gambar 4.12** Gaya Dalam Tangga

## 5. Kontrol Kuat Penampang

–Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{100}{2 \times 8} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$6 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

–Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{162}{5,5} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$29,5 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

–Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$ 

$$M_p = Z_x \times F_y = 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 = 500000 \text{ kg.cm}$$

$$= 5000 \text{ kg.m}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 5000 = 4500 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 4500 \text{ kg.m} > 1577,96 \text{ kg.m (OK)}$$

## 6. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{t^2 + l^2} = \sqrt{15^2 + 30^2} = 33,3 \text{ cm (pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 2,22 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 110,51 \text{ cm}$$

 $L_b < L_p \rightarrow$  Bentang pendek, maka nilai  $M_{nx} = M_{px}$ 

$$M_p = Z_x \times F_y = 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 = 500000 \text{ kg.cm}$$

$$= 5000 \text{ kg.m}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 5000 = 4500 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 4500 \text{ kg.m} > 1577,96 \text{ kg.m (OK)}$$



## 7. Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,6 < 260, \text{ maka } k_v = 5$$

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

$$41,6 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (20 \times 0,55) \times 1 = 16500 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 16500 \text{ kg} = 14850 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 14850 \text{ kg} > 1213,63 \text{ kg (OK)}$$

## 8. Persamaan Interaksi Tekan Lentur

$$L = \sqrt{340^2 + 160^2} = 375,77 \text{ cm}$$

$$K_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}} = \frac{4}{\sqrt{162/5,5}} = 0,74$$

$$\lambda = K_c \times L = 0,74 \times 375,77 = 276,95$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi \times i_y} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{276,95}{\pi \times 2,72} \times \sqrt{\frac{250}{2 \times 10^5}} = 1,4$$

$$\omega = 1,25 \times \lambda_c^2 = 2,47$$

$$P_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 32,68 \times \frac{2500}{2,47} = 27530,41 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \times 27530,41 \text{ kg} = 23400,85 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{516,87}{23400,85} = 0,02 < 0,2$$

(maka digunakan persamaan interaksi 2)

$$\frac{P_n}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{516,87}{2 \times 46801,7} + \left( \frac{1577,96}{4500} + \frac{0}{24750} \right) \leq 1,0$$

$$0,01 + 0,35 \leq 1,00$$

$$0,36 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

#### 9. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{\sqrt{340^2 + 180^2}}{240} = 1,6 \text{ cm}$$

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

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

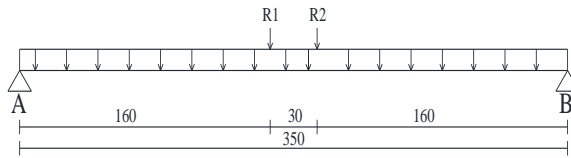
#### 4.3.4 Perencanaan Balok Penumpu Tangga

Balok utama tangga direncanakan akan menggunakan profil WF 200.100.5,5.8, dengan data-data sebagai berikut :

$A = 27,16 \text{ cm}^2$	$t_w = 5,5 \text{ mm}$	$Z_x = 200 \text{ cm}^3$
$w = 21,3 \text{ kg/m}^2$	$t_f = 8 \text{ mm}$	$Z_y = 41 \text{ cm}^3$
$d = 200 \text{ mm}$	$I_x = 1840 \text{ cm}^4$	$S_x = 184 \text{ cm}^3$
$b_f = 100 \text{ mm}$	$I_y = 134 \text{ cm}^4$	$S_y = 26,8 \text{ cm}^3$
$i_x = 8,24 \text{ cm}$	$r = 11 \text{ mm}$	$h = 162 \text{ mm}$
$i_y = 2,22 \text{ cm}$		

##### 1. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga didapat dari gaya reaksi yang terjadi pada balok utama tangga dan gaya reaksi tersebut menjadi beban terpusat. Dan terdapat juga beban merata dari dinding.



**Gambar 4.13** Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_1 = 1213,63 \text{ kg}$$

$$R_2 = 1213,89 \text{ kg}$$

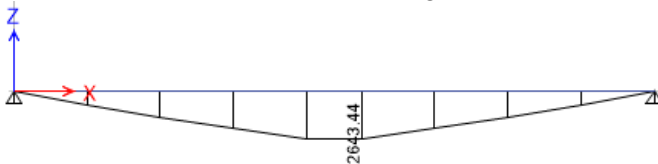
$$\begin{aligned} \text{Berat dinding} &= \text{tinggi} \times 250 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1,6 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = 400 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat Sambungan} = 400 \text{ kg/m} \times 10\% = 40 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total (q)} &= 400 \text{ kg/m} + 40 \text{ kg/m} \\ &= 440 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

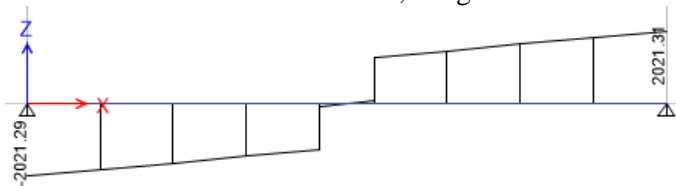
## 2. Output Gaya Dalam

$$\text{–Momen Maksimum} = 2643,4 \text{ kg.m}$$



**Gambar 4.14** Bidang Momen Balok Penumpu Tangga

$$\text{–Geser maksimum} = 2021,31 \text{ kg}$$



**Gambar 4.15** Bidang Geser Balok Penumpu Tangga

## 3. Kontrol Kuat Penampang

–Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{100}{2 \times 8} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$6 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{~~kompak~~}$$

–Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{162}{5,5} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$29,45 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{~~kompak~~}$$

–Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$ 

$$M_p = Z_x \times F_y = 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 = 500000 \text{ kg.cm}$$

$$= 5000 \text{ kg.m}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 5000 = 4500 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 4500 \text{ kg.m} > 2643,4 \text{ kg.m (OK)}$$

## 4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak Penahan Lateral ( $L_b$ ) = 160 cmNilai  $L_p$  dan  $L_r$  dari tabel,

$$L_p = 110,512 \text{ cm}$$

$$L_r = 361,127 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

Karena bentang menengah, maka :

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

Momen :

$$M_a = 771,6 \text{ kg.m}$$

$$M_b = 1469,37 \text{ kg.m}$$

$$M_c = 2093,3 \text{ kg.m}$$

$$M_{maks} = 2643,4 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 \times M_{maks} + 3 \times M_a + 4 \times M_b + 3 \times M_c}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 2643,4}{2,5 \times 2643,3 + 3 \times 771,6 + 4 \times 1469,37 + 3 \times 2093,3}$$

$$C_b = 1,57 < 2,3$$

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

$$M_n = 728621,6 \text{ kg.cm} = 7286,2 \text{ kg.m}$$

Maka  $M_n$  yang digunakan adalah 5000 kg.m

– Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 5000 = 4500 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 4500 \text{ kg.m} > 2643,4 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 5. Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41,6 < 260, \text{ maka } kv = 5$$

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

$$41,6 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (20 \times 0,55) \times 1 = 16500 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 16500 \text{ kg} = 14850 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 114950 \text{ kg} > 2021,31 \text{ kg (OK)}$$

#### 6. Kontrol Lentutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{350}{240} = 0,97 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,79 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,79 \text{ cm} < 0,97 \text{ cm (OK)}$$

**Tabel 4.4** Rekapitulasi Tangga

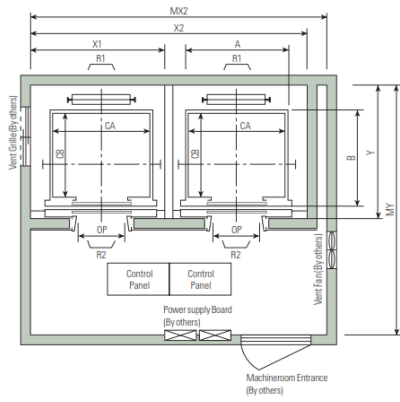
No	Nama	Profil
1	Pengaku Tangga	L 50.50.7
2	Balok Bordes	WF 100.50.5.7
3	Balok Tangga	WF 200.100.5,5.8
4	Balok Penumpu	WF 200.100.5,5.8

## 4.4 Perencanaan Balok Lift

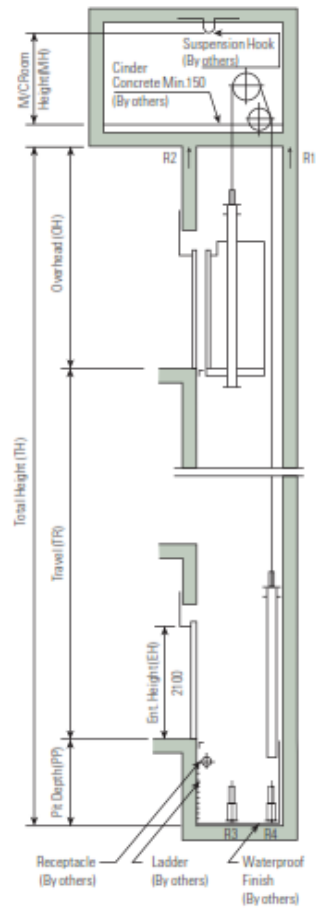
### 4.4.1 Spesifikasi Lift

Pada perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut :

- Tipe Lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 9 orang / 600 kg
- Lebar Pintu (opening width) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur  
(*hoistway inside*) 2 Car : 3700 x 1800 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (Car size)
  - Internal : 1400 x 1100 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal : 1460 x 1292 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (2 car) : 4000 x 3600 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
  - $R_1 = 4100 \text{ kg}$
  - $R_2 = 2450 \text{ kg}$



**Gambar 4.16** Layout Lift



**Gambar 4.17** Tampak Samping Struktur Lift

#### 4.4.2 Pembebanan Balok Penggantung Lift

Balok penggantung Lift direncanakan akan menggunakan profil WF 300.150.6,5.9, dengan data-data sebagai berikut:

$$\begin{array}{lll}
 A = 46,78 \text{ cm}^2 & t_w = 6,5 \text{ mm} & Z_x = 522 \text{ cm}^3 \\
 w = 36,7 \text{ kg/m}^2 & t_f = 9 \text{ mm} & Z_y = 104 \text{ cm}^3 \\
 d = 300 \text{ mm} & I_x = 7210 \text{ cm}^4 & S_x = 481 \text{ cm}^3 \\
 b_f = 150 \text{ mm} & I_y = 508 \text{ cm}^4 & S_y = 68 \text{ cm}^3 \\
 i_x = 12,4 \text{ cm} & r = 13 \text{ mm} & h = 256 \text{ mm} \\
 i_y = 3,29 \text{ cm} & & 
 \end{array}$$

##### 1. Pembebanan Balok Penggantung Lift

–Beban Mati

$$\text{Berat baja WF} = 36,70 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan} = 36,70 \times 10\% = 3,67 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jumlah beban mati} = 36,70 \text{ kg/m} + 3,67 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 40,37 \text{ kg/m}$$

–Beban hidup = 100 kg/m

–Beban Kombinasi

$$q_U = 1,4 q_D$$

$$= 1,4 \times 40,37$$

$$= 56,52 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 40,37 + 1,6 \times 100$$

$$= 208,44 \text{ kg/m}$$

–Beban terpusat lift

Pada pasal 4.6 Impact Load SNI 1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-*driven*, Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

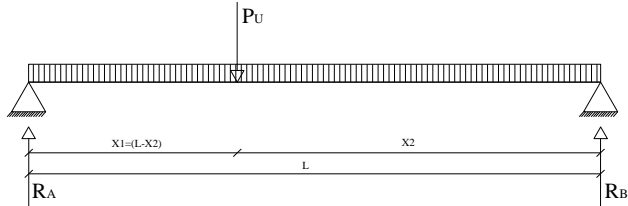
Pada tabel perencanaan lift diperoleh :

$$\begin{aligned}
 R_A &= R_1 \times (1 + 50\%) \\
 &= 4100 \times (1 + 50\%) \\
 &= 6150 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_B &= 2450 \times (1 + 50\%) \\
 &= 2450 \times (1 + 50\%) \\
 &= 3675 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



## 2. Perhitungan Gaya Dalam Balok Penggantung Lift



– Reaksi Perletakan

$$M_B = 0$$

$$R_A \times L - P_u \times X_2 = 0$$

$$6150 \times 1,85 = P_u \times X_2$$

$$P_u = \frac{11377,5}{X^2} \dots \dots \text{persamaan 1}$$

$$M_A = 0$$

$$-R_B \times L + P_u \times (L - X_2) = 0$$

$$-3675 \times 1,85 + \frac{11377,5}{X^2} \times (1,85 - X_2) = 0$$

$$-6798,75 + \frac{21048,38}{X_2} - 11377,5 = 0$$

$$-18176,25 = -\frac{21048,38}{X_2}$$

$$X_2 = 1,16 \text{ m}$$

$$X_1 = L - X_2$$

$$X_1 = 1,85 - 1,16$$

$$X_1 = 0,69 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{11377,5}{X_2} = \frac{11377,5}{1,16} = 9825 \text{ kg}$$

– Momen Maksimum

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{P_u \times x_1 \times x_2}{L} + \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{9825 \times 0,69 \times 1,16}{1,85} + \frac{1}{8} \times 208,44 \times 1,85^2 \\ &= 4344,88 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

– Gaya Geser

$$\begin{aligned} V_u &= R_A + 0,5 \times q_u \times L \\ &= 6150 + 0,5 \times 208,44 \times 1,85 \\ &= 6342,81 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 3. Kontrol Kuat Momen Lentur

– Pelat Sayap

$$\begin{aligned} \frac{b_f}{2t_f} &\leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{150}{2 \times 9} &\leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ 8,3 &< 10,75 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \textit{kompak} \end{aligned}$$

– Pelat Badan

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &\leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{256}{6,5} &\leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ 39,38 &< 106,35 \\ \lambda &< \lambda_p \rightarrow \textit{kompak} \end{aligned}$$

– Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y = 522 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 = 1305000 \text{ kg.cm} \\ &= 13050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

– Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 13050 = 11745 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 11745 \text{ kg.m} > 4344,88 \text{ kg.m (OK)}$$

## 4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak Penahan Lateral ( $L_b$ ) = 185 cm

Nilai  $L_p$  dan  $L_r$  dari tabel :

$$L_p = 163,78 \text{ cm}$$

$$L_r = 478,20 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

Karena bentang menengah, maka :

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

$$\begin{aligned} M_a &= Ra \times x - \frac{1}{2} \times q \times x^2 \\ &= 6342,81 \times 0,46 - \frac{1}{2} \times 208,44 \times 0,46^2 \\ &= 2911,26 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= Ra \times x - \frac{1}{2} \times q \times x^2 - Pu \times x \\ &= 6342,81 \times 0,93 - \frac{1}{2} \times 208,44 \times 0,93^2 - 9825 \times (0,93 - 0,69) \\ &= 3481,32 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_c &= Ra \times x - \frac{1}{2} \times q \times x^2 - Pu \times x \\ &= 6342,81 \times 1,39 - \frac{1}{2} \times 208,44 \times 1,39^2 - 9825 \times (1,39 - 0,69) \\ &= 1822,6 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 \times M_{maks} + 3 \times M_a + 4 \times M_b + 3 \times M_c}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 4344,88}{2,5 \times 4344,88 + 3 \times 2911,26 + 4 \times 3481,32 + 3 \times 1822,6}$$

$$C_b = 1,39 < 2,3$$

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

$$M_n = 1774289,11 \text{ kg.cm} = 17742,89 \text{ kg.m}$$

Maka  $M_n$  yang digunakan adalah 13050 kg.m

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 13050 = 11745 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 11745 \text{ kg.m} > 4344,88 \text{ kg.m (OK)}$$

### 5. Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38 < 260, \text{ maka } kv = 5$$

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

$$39,38 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (30 \times 0,65) \times 1 = 29250 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 29250 \text{ kg} = 26325 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 26325 \text{ kg} > 6342,81 \text{ kg (OK)}$$

### 6. Kontrol Lendutan

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} + \frac{P_u \times x_1 \times (L^2 - x_1^2)^{3/2}}{9\sqrt{3} \times L \times E \times I}$$

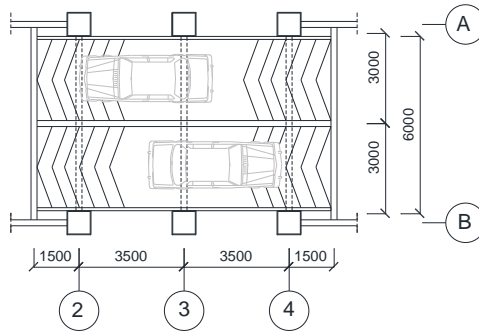
$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(0,4 + 1,0) \times 185^4}{2 \times 10^6 \times 7210} + \frac{9825 \times 69 \times (185^2 - 69^2)^{3/2}}{9\sqrt{3} \times 185 \times 2 \times 10^6 \times 7210}$$

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

$$f_{ijin} > f^0 \rightarrow 0,51 \text{ cm} > 0,1 \text{ cm (OK)}$$

## 4.5 Perencanaan Ramp

### 4.5.1 Perencanaan Pelat Ramp



**Gambar 4.18** Pelat Ramp

1. Beban Mati ( $q_D$ )

$$\begin{aligned} \text{Berat ducting mekanikal} &= 19 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat Spesi} &= 21 \text{ kg/m}^2 \\ \hline q_{D\text{total}} &= 40 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Beban Hidup ( $q_L$ )

$$\text{Beban hidup } (q_L) \text{ atap gedung parkir} = 400 \text{ kg/m}^2$$

3. Beban Berguna

$$\begin{aligned} q &= q_D + q_L \\ &= 40 \text{ kg/m}^2 + 400 \text{ kg/m}^2 \\ &= 440 \text{ kg/m}^2 \approx 500 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4. Data-data Perencanaan pelat bondek

Berdasarkan tabel perencanaan praktis dengan tulangan negatif, maka didapatkan data-data sebagai berikut :

- Bentang pelat = 3 m
- Beban berguna = 500 kg/m<sup>2</sup>
- Tebal pelat = 130 mm

– Diameter tulangan =  $\varnothing 10$  mm ( $A_s = 0,79$  cm<sup>2</sup>)

– Tulangan Negatif = 4,61 cm<sup>2</sup>/m

–  $f_y$  tulangan besi = 420 MPa

Maka, Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap 1 meter :

–  $A_s$  Koreksi ( $A_s$ ) =  $\frac{480}{420} \times A_s = \frac{480}{420} \times 4,61 = 5,27$

– Jumlah tulangan (n) =  $\frac{5,27}{0,79} = 6,7$

– Jarak antar tulangan (s) =  $\frac{1000}{6,7} = 150$  mm

Tulangan susut suhu digunakan tul.  $\varnothing 8$  ( $A_s = 50,3$  mm<sup>2</sup>)

$$d = tp - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{tul.utama}}{2}$$

$$= 130 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{8 \text{ mm}}{2} = 106 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan  $f_y$  420 MPa

$P_{min} = 0,0020$  (SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3)

Maka,  $A_{s,min} = P_{min} \times b \times d$

$$= 0,0020 \times 1000 \text{ mm} \times 106 \text{ mm}$$

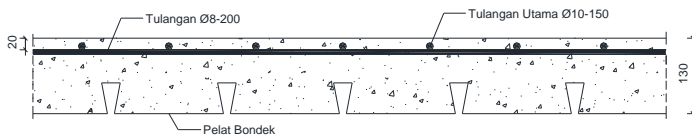
$$= 212 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

–  $n = \frac{A_{s,min}}{A_s \text{ tul.}} = \frac{212}{50,2} = 4,22$

–  $s = \frac{1000}{4,22} = 237 \approx 200$  mm

Maka, pelat lantai ramp gedung parkir kementerian dalam negeri Jakarta ini menggunakan tulangan negatif  $\varnothing 10$ -150 mm dan tulangan susut suhu  $\varnothing 8$ -200 mm



**Gambar 4.19** Penulangan Bondek Pelat Ramp

#### 4.5.2 Perencanaan Balok Ramp

Balok *Ramp* direncanakan akan menggunakan profil WF 300.150.6,5.9, dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll}
 A = 46,78 \text{ cm}^2 & t_w = 6,5 \text{ mm} & Z_x = 522 \text{ cm}^3 \\
 w = 36,7 \text{ kg/m}^2 & t_f = 9 \text{ mm} & Z_y = 104 \text{ cm}^3 \\
 d = 300 \text{ mm} & I_x = 7210 \text{ cm}^4 & S_x = 481 \text{ cm}^3 \\
 b_f = 150 \text{ mm} & I_y = 508 \text{ cm}^4 & S_y = 68 \text{ cm}^3 \\
 i_x = 12,4 \text{ cm} & r = 13 \text{ mm} & h = 256 \text{ mm} \\
 i_y = 3,29 \text{ cm} & & & 
 \end{array}$$

##### 1. Perencanaan Pembebanan

###### –Beban Mati

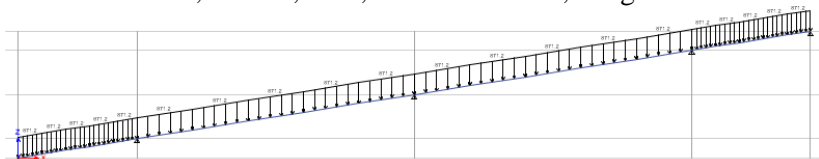
$$\begin{aligned}
 \text{Pelat} &= \text{tebal pelat} \times \text{lebar} \times \text{Bj beton} \\
 &= 0,13 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 468 \text{ kg/m} \\
 \text{Dinding} &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 250 \text{ kg/m} \\
 \text{Sambungan} &= 10\% \times 718 \text{ kg/m} = 71,8 \text{ kg/m} \\
 \text{Total} &= 468 \text{ kg/m} + 250 \text{ kg/m} + 71,8 \text{ kg/m} \\
 &= 789,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

###### –Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 q_L &= 400 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 400 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 600 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

###### –Beban Kombinasi

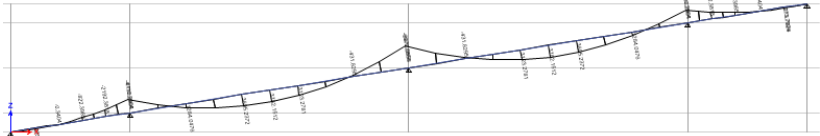
$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \times 789,8 + 1,6 \times 600 = 1907,76 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.20** Pemodelan Pembebanan Pada ETABS

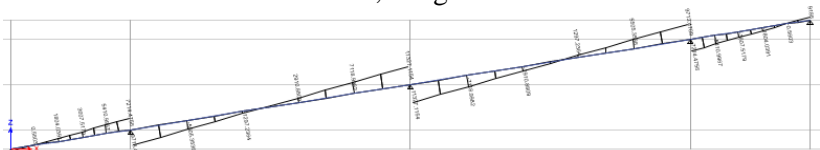
## 2. Output Gaya Dalam

– Momen Maksimum = 2285,18 kg.m



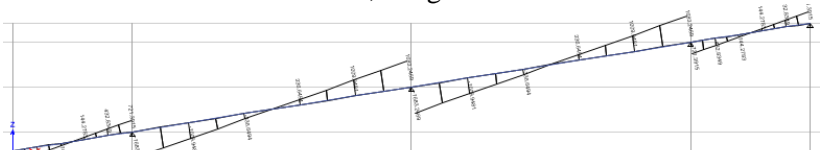
**Gambar 4.21** Bidang Momen Balok Ramp

– Geser maksimum = 3653,07 kg



**Gambar 4.22** Bidang Geser Balok Ramp

– Aksial maksimum = 546,57 kg



**Gambar 4.23** Bidang Aksial Balok Ramp

## 3. Kontrol Kuat Penampang

– Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{150}{2 \times 9} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$8,3 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \textit{kompak}$$

– Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{256}{6,5} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$39,38 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \textit{kompak}$$



–Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y = 522 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 = 1305000 \text{ kg.cm} \\ &= 13050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 13050 = 11745 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 11745 \text{ kg.m} > 2285,18 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak Penahan Lateral ( $L_b$ ) = 350 cm

Nilai  $L_p$  dan  $L_r$  dari tabel :

$$L_p = 163,78 \text{ cm}$$

$$L_r = 478,20 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

Karena bentang menengah, maka :

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

$$M_a = 561,64 \text{ kg.m}$$

$$M_b = 1161,19 \text{ kg.m}$$

$$M_c = 141,62 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 \times M_{maks} + 3 \times M_a + 4 \times M_b + 3 \times M_c}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 2285,18}{2,5 \times 2285,18 + 3 \times 561,64 + 4 \times 1161,9 + 3 \times 141,62}$$

$$C_b = 2,29 < 2,3$$

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

$$M_n = 2360785,9 \text{ kg.cm} = 23607,86 \text{ kg.m}$$

Maka  $M_n$  yang digunakan adalah 13050 kg.m

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 13050 = 11745 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 11745 \text{ kg.m} > 2285,18 \text{ kg.m (OK)}$$

### 5. Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38 < 260, \text{ maka } kv = 5$$

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

$$39,38 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (30 \times 0,65) \times 1 = 29250 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 29250 \text{ kg} = 26325 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 26325 \text{ kg} > 3653,07 \text{ kg (OK)}$$

### 6. Persamaan Interaksi Tekan Lentur

$$L = \sqrt{350^2 + 56^2} = 354,45 \text{ cm}$$

$$K_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}} = \frac{4}{\sqrt{256/6,5}} = 0,64$$

$$\lambda = K_c \times L = 0,64 \times 354,45 = 225,92$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi \times i_y} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{225,92}{\pi \times 3,29} \times \sqrt{\frac{250}{2 \times 10^5}} = 0,77$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,77} = 1,32$$

$$P_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 46,78 \times \frac{2500}{1,32} = 88486,69 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \times 88486,69 \text{ kg} = 75213,68 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi \times P_n} = \frac{546,57}{75213,68} = 0,01 < 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama, sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{2 \times \phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\frac{546,57}{15047,37} + \left( \frac{2285,18}{13050} + \frac{0}{2600} \right) \leq 1$$

$$0,18 < 1,0(\text{OK})$$

#### 7. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{\sqrt{350^2 + 56^2}}{360} = 0,97 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,15 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,15 \text{ cm} < 0,97 \text{ cm} (\text{OK})$$

### 5.3.4 Perencanaan Balok Penumpu Ramp

Balok Penumpu *Ramp* direncanakan akan menggunakan profil WF 450.200.9.14, dengan data-data sebagai berikut :

A = 96,76 cm <sup>2</sup>	t <sub>w</sub> = 9 mm	Z <sub>x</sub> = 1621 cm <sup>3</sup>
w = 76 kg/m <sup>2</sup>	t <sub>f</sub> = 14 mm	Z <sub>y</sub> = 289 cm <sup>3</sup>
d = 450 mm	I <sub>x</sub> = 33500 cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> = 1490 cm <sup>3</sup>
b <sub>f</sub> = 200 mm	I <sub>y</sub> = 1870 cm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> = 187 cm <sup>3</sup>
i <sub>x</sub> = 18,6 cm	r = 18 mm	h = 386 mm
i <sub>y</sub> = 4,4 cm		

#### 1. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu ramp didapat dari beban terpusat balok ramp dan beban merata dari pelat.

–Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Pelat} &= \text{tebal pelat} \times \text{lebar} \times \text{Bj beton} \\ &= 0,13 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1092 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10\% \times 1092 \text{ kg/m} \\ &= 109,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 1092 \text{ kg/m} + 109,2 \text{ kg/m} \\ &= 1201,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

-Beban Hidup

$$\begin{aligned} q_L &= 400 \text{ kg/m}^2 = 400 \text{ kg/m}^2 \times 3,5 \text{ m} \\ &= 1400 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

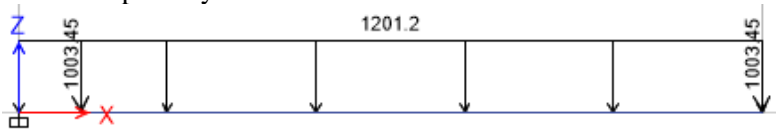
-Beban Kombinasi

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 1016,4 + 1,6 \times 1400 \\ &= 3459,68 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

-Beban terpusat dari balok ramp

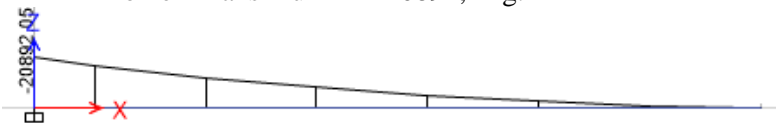
$$\begin{aligned} P &= \text{Berat balok ramp} + \text{Berat dinding} \\ &= 3,5 \text{ m} \times 36,7 \text{ kg/m} + 250 \text{ kg/m}^2 \times 3,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 128,45 \text{ kg} + 875 \text{ kg} = 1003,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 2. Output Gaya Dalam



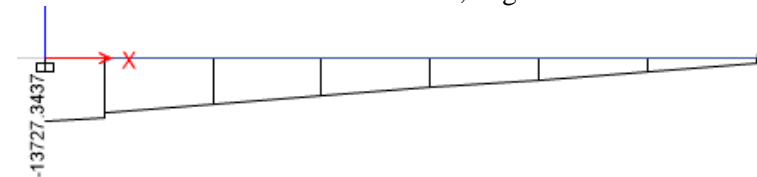
**Gambar 4.24** Pembebanan Balok Penumpu Tangga

-Momen Maksimum = 20892,1 kg.m



**Gambar 4.25** Bidang Momen Balok Penumpu Tangga

-Geser maksimum = 13727,4 kg



**Gambar 4.28** Bidang Geser Balok Penumpu Tangga

### 3. Kontrol Kuat Momen Lentur

–Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

–Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{386}{9} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$42,89 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

–Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y = 1621 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 = 4052500 \text{ kg.cm} \\ &= 40525 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 40525 = 36472,5 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 36472,5 \text{ kg.m} > 20892,1 \text{ kg.m (OK)}$$

### 4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak Penahan Lateral ( $L_b$ ) = 300 cm

Nilai  $L_p$  dan  $L_r$  dari tabel :

$$L_p = 219,03 \text{ cm}$$

$$L_r = 641,82 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

Karena bentang menengah, maka :

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

$$M_a = 12292,53 \text{ kg.m}$$

$$M_b = 6129,47 \text{ kg.m}$$

$$M_c = 2055,98 \text{ kg.m}$$

$$M_{maks} = 20892,1 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 \times M_{maks} + 3 \times M_a + 4 \times M_b + 3 \times M_c}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 20892,1}{2,5 \times 20892,1 + 3 \times 12292,53 + 4 \times 6129,47 + 3 \times 2055,98}$$

$$C_b = 2,18 < 2,3$$

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

$$M_n = 8231212,3 \text{ kg.cm} = 82312,12 \text{ kg.m}$$

Maka  $M_n$  yang digunakan adalah 40525 kg.m

– Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 40525 = 36472,5 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 36472,5 \text{ kg.m} > 20892,1 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 5. Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,89 < 260, \text{ maka } kv = 5$$

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

$$42,89 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (38,6 \times 0,9) \times 1 = 56970 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 56970 \text{ kg} = 51273 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 51273 \text{ kg} > 13727,4 \text{ kg (OK)}$$

#### 6. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{300}{240} = 1,25 \text{ cm}$$

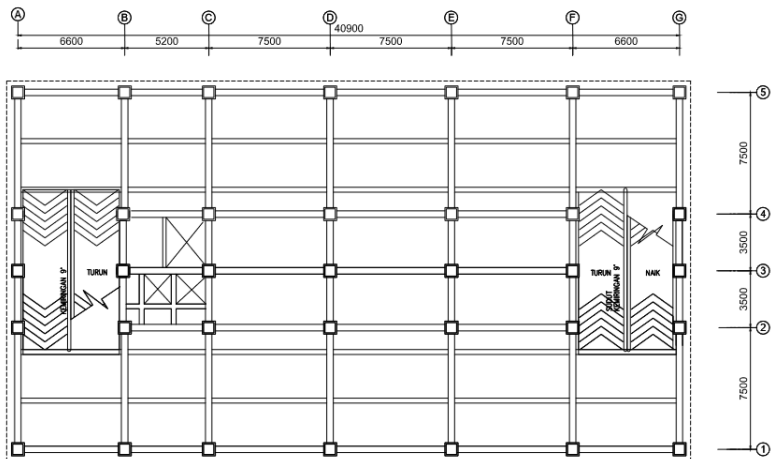
$$f^0 = 0,83 \text{ cm}, f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,83 \text{ cm} < 1,25 \text{ cm (OK)}$$

## BAB V PEMODELAN STRUKTUR

### 5.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur pada modifikasi struktur gedung parkir kementerian dalam negeri Jakarta ini menggunakan sistem *eccentrically braced frames* (EBF). Fungsi dari sistem *eccentrically braced frames* adalah sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa.

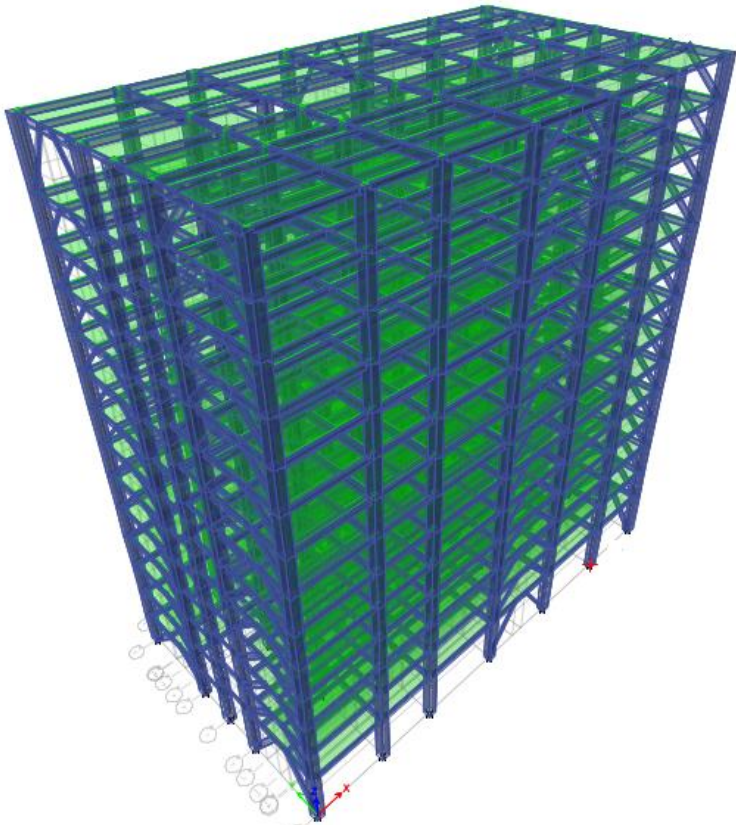
Gedung ini terdiri dari 13 lantai parkir, 1 lantai atap, terdapat ruang rapat yang berada pada lantai bawah, dan tinggi dari bangunan ini adalah 46,5 meter. Berikut adalah denah struktur bangunan yang dimodifikasi :



Gambar 5.1 Denah Struktur Modifikasi Gedung Parkir  
Kementerian Dalam Negeri

Pada gambar 5.1 arah horizontal mengikuti arah sumbu X dan arah sumbu Y adalah arah vertikal. Sistem rangka penahan gempa untuk struktur bangunan parkir ini direncanakan menggunakan Sistem *Eccentrically Brace Frame* dengan tipe *inverted U* yang diletakkan pada sekeliling bangunan tersebut.

Pemodelan struktur bangunan gedung parkir ini menggunakan program bantu ETABS sesuai dengan kondisi sebenarnya, sehingga dapat membantu dalam perencanaan agar memenuhi persyaratan SNI 1729-2012 (Baja), SNI 1729-2015 (Baja) dan SNI 1726-2012 (Gempa). Berikut adalah pemodelan dari gedung parkir kementerian dalam negeri :



Gambar 5.2 Model 3 Dimensi Struktur Gedung Parkir  
Kementerian Dalam Negeri



## 5.2 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur berdasarkan pada peraturan pembebanan PPIUG 1983 dan ASCE 7-2002 dengan rincian sebagai berikut :

### 5.2.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati merupakan berat seluruh beban yang berkaitan dengan konstruksi bangunan yang terpasang, Berikut adalah beban mati yang terdapat pada struktur modifikasi bangunan gedung kementerian dalam negeri :

#### 1. Pelat Atap

- Berat <i>waterproofing</i>	= 5,0 kg/m <sup>2</sup>
- Berat Spesi	= 21,0 kg/m <sup>2</sup>
- Berat <i>ducting mekanikal</i>	= 19,0 kg/m <sup>2</sup>
Beban Total	<u>= 45,0 kg/m<sup>2</sup></u>

#### 2. Pelat Lantai 1

- Berat <i>ducting mekanikal</i>	= 19,0 kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafon	= 5,0 kg/m <sup>2</sup>
- Peggantung	= 10 kg/m <sup>2</sup>
- Berat Spesi	= 21,0 kg/m <sup>2</sup>
Beban Total	<u>= 55,0 kg/m<sup>2</sup></u>

#### 3. Pelat Lantai 2-13

- Berat <i>ducting mekanikal</i>	= 19,0 kg/m <sup>2</sup>
- Berat Spesi	= 21,0 kg/m <sup>2</sup>
Beban Total	<u>= 40,0 kg/m<sup>2</sup></u>

#### 4. Berat Sendiri Profil Baja

Berat sendiri profil baja sudah dihitung otomatis oleh program bantu ETABS pada perencanaan struktur utama.

### 5.2.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan 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. Berikut adalah beban hidup parkir :

1. Lantai atap =  $100 \text{ kg/m}^2$
2. Lantai Parkir =  $400 \text{ kg/m}^2$

### 5.2.3 Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Kota Jakarta merupakan wilayah gempa zona sedang sesuai zona wilayah gempa. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini menggunakan analisa beban gempa dinamik, dengan parameter sesuai SNI 03-1726-2012.

### 5.2.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung mengacu SNI-1726-2012 sebagai berikut :

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5RL$
- $1,2D + 1,0L + 1,6RL$
- $1,2D + 1,0L + 0,5RL + 1,0W$
- $1,2D \pm 1,0E + 1,0L$
- $0,9D \pm 1,0E$

Keterangan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012

## 5.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Modifikasi perencanaan struktur gedung parkir kementerian dalam negeri ini terdiri dari 14 lantai yang memiliki ketinggian 46,5 meter. Perhitungan beban gempa pada struktur gedung parkir ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai dengan SNI

03-1726-2012. Analisa dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan

### **5.3.1 Klasifikasi Tanah**

Untuk Mengetahui klasifikasi tanah ada pada kategori tertentu maka dilakukan tes penetrasi tanah (SPT). Dalam tugas akhir ini, penulis tidak mendapatkan data tanah untuk proyek gedung parkir kemendagri Jakarta ini, namun data tanah yang digunakan masih daerah Jakarta. Data tanah yang didapatkan berdasarkan klasifikasi tanahnya adalah tanah lunak.

### **5.3.2 Lantai Tingkat sebagai Diafragma**

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.1.2. bahwa diafragma pelat beton atau dek metal yang diberi penutup (*topping*) beton, pada saat menerima beban gempa dapat berfungsi sebagai penyalur beban gempa pada struktur atau dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku.

### **5.3.3 Arah Pembebanan**

Dalam Kenyataannya arah pembebanan gempa adalah sembarang, sehingga terdapat 2 komponen pembebanan pada masing-masing arah koordinat yang bekerja pada struktur gedung. Dengan kondisi ini, dapat disimulasikan bahwa pembebanan gempa arah yang sesuai dengan sumbu koordinat ditinjau 100% dan arah tegak lurus dari sumbu koordinat pembebanan gempa ditinjau 30%. Maka dapat disimpulkan bahwa pembebanan gempa arah sebagai berikut :

- Gempa Respon Spektrum arah sumbu X  
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum arah sumbu Y  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektivitas arah X

### 5.3.4 Parameter Respon Spektrum Rencana

Penentuan Respon Spektrum Rencana sesuai dengan SNI 1726-2012. Berikut ini adalah ketentuan parameter respon spektrum rencana yang terdapat pada SNI 1726-2002 :

1. Kategori Risiko Bangunan Gedung  
Berdasarkan tabel 1 SNI 1726-2012, untuk gedung ini termasuk dalam kategori II.
2. Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )  
Berdasarkan tabel 2 SNI 1726-2012, faktor keutamaan gempa gedung ini adalah 1,0 karena kategori risiko bangunan dalam katagori II.
3. Kategori Desain Seismik  
Berdasarkan klasifikasi tanah yang telah ditentukan sebelumnya, maka klasifikasi tanah yang digunakan adalah jenis tanah lunak (SE).
4. Parameter Percepatan Gempa  
Berdasarkan gambar 9 dan 10 mengenai peta zona gempa yang terdapat pada SNI 1726-2012, kota Jakarta memiliki nilai parameter percepatan gempa sebagai berikut :  
 $S_s = 0,65 g$   
 $S_1 = 0,27 g$
5. Faktor Koefisien Situs  
Berdasarkan tabel 4 ( $F_a$ ) dan tabel 5 ( $F_v$ ) pada SNI 1726-2012 dengan melakukan interpolasi linier, didapatkan nilai faktor koefisien situs sebagai berikut :  
 $F_a = 1,4$   
 $F_v = 2,92$

## 6. Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{D1}$ ), sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} & S_{D1} &= \frac{2}{3} S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times (F_a \times S_S) & &= \frac{2}{3} \times (F_v \times S_1) \\ &= \frac{2}{3} \times (1,4 \times 0,65) & &= \frac{2}{3} \times (2,92 \times 0,27) \\ &= 0,61 & &= 0,53 \end{aligned}$$

## 7. Parameter Struktur

Berdasarkan tabel 9 SNI 1726-2012 untuk sistem rangka baja dengan sistem eksentris, maka didapatkan nilai parameter struktur sebagai berikut :

$$R^a = 8$$

$$\Omega_0 = 2$$

$$C_d^b = 4$$

## 8. Model Respon Spektrum

Untuk mengetahui grafik respon spektrum rencana sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 6.4 sebagai berikut :

### a. Batasan Periode

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} & T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \times \frac{0,53}{0,61} & &= \frac{0,53}{0,61} \\ &= 0,17 \text{ detik} & &= 0,87 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Untuk periode yang lebih kecil dari nilai  $T_0$  ( $T < T_0$ ), spektrum respons kecepatan desain harus diambil dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \times \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right), \text{ diasumsikan nilai } T = 0 \text{ detik} \\ &= 0,61 \times \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,17}\right) \\ &= 0,24 \text{ g} \end{aligned}$$

- c. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$  ( $T_0 \leq T \leq T_s$ ), spektrum respons kecepatan desain harus diambil dari persamaan berikut :

$$S_a = S_{DS} = 0,61 \text{ g}$$

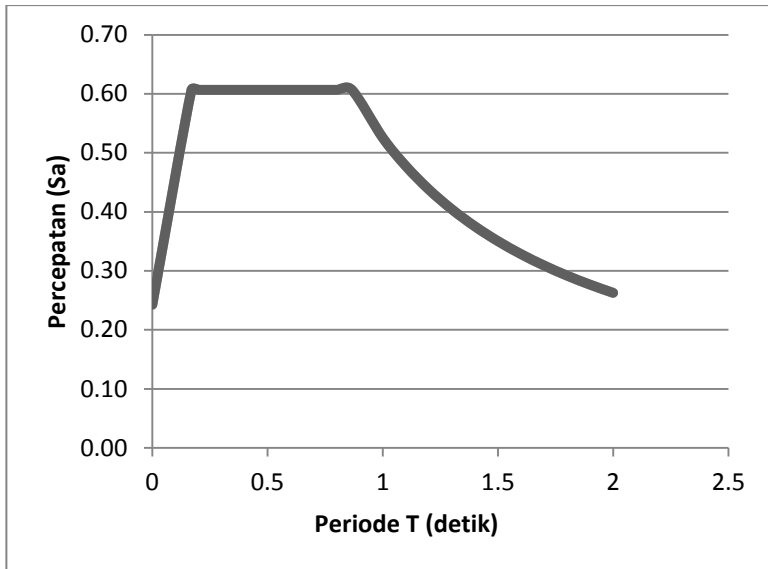
- d. Untuk Periode lebih besar dari  $T_s$  ( $T > T_s$ ), karena nilai  $T_s$  adalah 0,87 detik maka dicoba  $T = 1$  detik. Dan nilai Spektrum respons kecepatan desain harus diambil dari persamaan berikut :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,53}{1} = 0,53 \text{ detik}$$

Untuk selanjutnya nilai periode fundamental ( $T$ ) dan Nilai ( $S_a$ ) akan ditabelkan pada tabel 5.3

Tabel 5.2 ( $T$ ) dan ( $S_a$ )

T (detik)	$S_a$
0	0.24
0.10	0.24
0.17	0.61
0.2	0.61
0.3	0.61
0.4	0.61
0.5	0.61
0.6	0.61
0.7	0.61
0.8	0.61
0.87	0.61
1	0.53
1.1	0.48
1.2	0.44
1.3	0.40
1.4	0.38
1.5	0.35
1.6	0.33
1.7	0.31
1.8	0.29
1.9	0.28
2	0.26



Gambar 5.3 Grafik Spektrum Percepatan Gempa Wilayah Jakarta

Untuk mendistribusikan beban gempa pada struktur bangunan harus terhadap dua arah yaitu arah X dan arah Y. Untuk pembebanan gempa ke arah sumbu koordinat X maka pembebanan arah X ditinjau 100% dan arah Y ditinjau 30%, begitupun sebaliknya. Dan nilai tersebut harus dikalikan dengan nilai faktor skala (*Scala Factor*). Nilai dari faktor skala tersebut adalah  $g \times I_e/R$ , dimana  $g = 9,81$  m/dt. Berikut adalah nilai faktor skala dari nilai respon spektrum :

$$\text{- Faktor Skala} = g \times \frac{I_e}{R} = 9,81 \times \frac{1}{8} = 1,22625$$

Maka, nilai faktor skala dari pembebanan gempa arah x dan y

$$\text{- Faktor skala arah X} = 100\% \times 1,22625 = 1,22625$$

$$\text{- Faktor skala arah Y} = 30\% \times 1,22625 = 0,36787$$

Untuk nilai redaman struktur baja (*Damping*) diambil 0,05



## 5.4 Kontrol Desain

Setelah melakukan pemodelan 3 dimensi pada program bantu ETABS, selanjutnya melakukan pengendalian desain struktur sesuai dengan persyaratan yang terdapat pada SNI 03-1726-2012 untuk mendapatkan sistem struktur yang sesuai. Adapun hal-hal yang harus dikontrol sesuai dengan persyaratan, yaitu :

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

Dari hasil analisis struktur yang telah dilakukan, kemudian pengecekan dan pemilihan gaya dalam yang maksimum dari masing-masing elemen struktur untuk pengendalian kapasitas penampang.

### 5.4.1 Kontrol Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan analisis struktur yang baik, maka dilakukan analisis dengan mendapatkan nilai partisipasi massa minimal 90% dari massa aktual dari masing-masing arah. Berikut adalah nilai partisipasi massa yang didapat dengan menggunakan program bantu ETABS :

Tabel 5.3 Rasio Partisipasi Massa

<b>Table : Model Participating Mass Ratios</b>			
<b>Output Case</b>	<b>StepNum</b>	<b>Sum Ux</b>	<b>Sum Uy</b>
Text	Unitless	Unitless	Unitless
Modal	1	0.74	0.00
Modal	2	0.74	0.74
Modal	3	0.74	0.74
Modal	4	0.87	0.74
Modal	5	0.87	0.87

Modal	6	0.87	0.87
Modal	7	0.87	0.87
Modal	8	0.91	0.87
Modal	9	0.91	0.91
Modal	10	0.91	0.91
Modal	11	0.91	0.91
Modal	12	0.91	0.91
Modal	13	0.91	0.94
Modal	14	0.94	0.94

Dari tabel di atas didapatkan nilai dari partisipasi massa untuk arah X sebesar 91% pada modal ke 8 dan untuk arah Y sebesar 91% pada modal 9. Dari nilai partisipasi massa tersebut memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam kombinasi paling sedikit sebesar 90%.

#### 5.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Perkiraan periode struktur harus mempunyai nilai diantara Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) dalam detik dan periode struktur yang diijinkan ( $T$ ), berikut persamaan :

- $T_a = C_t \times h_n^x$
- $T = T_a \times C_u$

Catatan :

- nilai  $C_t$  dan  $x$  diambil dari tabel 15 SNI 03-1726-2012
- $h_n$  adalah tinggi bangunan
- $C_u$  diambil dari tabel 14 SNI 03-1726-2012

Maka nilai yang didapat

- $C_t = 0,0731$
- $h_n = 46,5$  meter
- $x = 0,75$
- $C_u = 1,4$

- $T_a = 0,0731 \times 46,5^{0,75} = 1,302$  detik
- $T = 1,302 \times 1,4 = 1,823$  detik

Berikut adalah tabel periode dan frekuensi struktur yang didapat pada program bantu ETABS:

Tabel 5.4 Periode dan Frekuensi Struktur

<b>Table : Model Participating Mass Ratios</b>		
<b>Output Case</b>	<b>StepNum</b>	<b>Period</b>
Text	Unitless	Sec
Modal	1	1.347
Modal	2	1.232
Modal	3	0.483
Modal	4	0.441
Modal	5	0.413
Modal	6	0.305
Modal	7	0.301
Modal	8	0.236
Modal	9	0.231
Modal	10	0.208
Modal	11	0.186
Modal	12	0.186
Modal	13	0.155
Modal	14	0.152

Dari tabel diatas didapat bahwa nilai periode dari struktur gedung parkir kementerian dalam negeri yaitu 1,347 detik dan mempunyai nilai diantara  $T_a$  dan  $C_u \times T_a$ . Jadi analisis tersebut memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2

### 5.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

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

$$V = C_s \times W \text{ (SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1)}$$

Keterangan :

- $C_s$  adalah koefisien respons seismik
- $W$  adalah berat seismik efektif

Perhitungan  $C_s$  mempunyai nilai dengan beberapa syarat yaitu :

$$- C_s \text{ perlu} = \frac{S_{DS}}{R/I_e} = \frac{0,61}{8/1} = 0,0758$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$- C_{s1} = \frac{S_{D1}}{T(R/I_e)} = \frac{0,53}{1,347(8/1)} = 0,0488$$

Nilai  $C_s$  harus tidak kurang dari:

$$- C_{s2} = 0,044 S_{DS} I_e = 0,044 \times 0,61 \times 1 = 0,027 \geq 1$$

Kontrol :

- $C_s \text{ perlu} \leq C_{s1} = 0,0758 \geq 0,0488 \rightarrow$  digunakan  $C_s = 0,0488$
- $C_s \text{ perlu} \geq C_{s2} = 0,0758 \geq 0,027 \rightarrow$  digunakan  $C_s = 0,0758$

Dari perhitungan di atas, apabila digunakan  $C_s = 0,0758$  maka kontrol 1 tidak OK. Sehingga digunakan  $C_s = \mathbf{0,0488}$

Pada analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung adalah 8686266 kg, maka :

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W \\ &= 0,0488 \times 8686266 \text{ kg} \\ &= 423673,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada analisis ETABS didapatkan nilai geser (*base shear*) sesuai dengan Tabel berikut :

Tabel 5.5 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Output Case	Global FX	Global FY
Text	Kgf	Kgf
Respon X	188690.3	61607.8
Respon Y	56606.4	205361.7

Selanjutnya dilakukan kontrol untuk arah X dan Y :

1. Untuk gempa arah X

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$188690,3 \text{ kg} \geq 85\% \times 423673,1 \text{ kg}$$

$$188690,3 \text{ kg} < 360122,1 \text{ kg (Not OK)}$$

2. Untuk gempa arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$205361,7 \text{ kg} \geq 85\% \times 423673,1 \text{ kg}$$

$$205361,7 \text{ kg} < 360122,1 \text{ kg (Not OK)}$$

Dari hasil kontrol gempa arah X dan Y, diketahui bahwa untuk gempa arah X belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Maka faktor analisis untuk faktor skala arah X harus diperbesar, yaitu :

1. Arah X

$$\text{Faktor} = \frac{85\% V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik arah-X}}} = \frac{360122,1}{188690,3} = 1,91$$

$$U1 = \left(g \times \frac{I_e}{R}\right) \times 1,91 = \left(9,81 \times \frac{1}{8}\right) \times 1,91 = 2,3403$$

$$U2 = 30\% \left(g \times \frac{I_e}{R}\right) \times 1,91 = 30\% \left(9,81 \times \frac{1}{8}\right) \times 1,91 = 0,702$$

2. Arah Y

$$\text{Faktor} = \frac{85\% V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik arah-X}}} = \frac{360122,1}{205361,7} = 1,8$$

$$U1 = 30\% \left(g \times \frac{I_e}{R}\right) \times 1,8 = 30\% \left(9,81 \times \frac{1}{8}\right) \times 1,8 = 0,662$$

$$U2 = \left(g \times \frac{I_e}{R}\right) \times 1,8 = \left(9,81 \times \frac{1}{8}\right) \times 1,8 = 2,2073$$

Setelah mendapatkan nilai faktor skala, maka dimasukkan kembali faktor U1 dan U2 arah X dan Y, lalu dirunning ulang. Berikut adalah tabel gaya dasar akibat beban gempa :

Tabel 5.6 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

<b>Output Case</b>	<b>Global FX</b>	<b>Global FY</b>
<b>Text</b>	<b>Kgf</b>	<b>Kgf</b>
Respon X	360131.1	117615,3
Respon Y	101912.2	369676.2

Dilakukan pengontrolan ulang terhadap gempa arah X dan arah Y sebagai berikut :

1. Untuk gempa arah X

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$360131,1 \text{ kg} \geq 85\% \times 423673,1 \text{ kg}$$

$$360131,1 \text{ kg} > 360122,1 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

2. Untuk gempa arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$369676,2 \text{ kg} \geq 85\% \times 423673,1 \text{ kg}$$

$$369676,2 \text{ kg} < 360122,1 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

#### 5.4.5 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai

Perhitungan simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.

$\Delta_s$  dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik diatas dan dibawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. Defleksi pusat massa di tingkat x ( $\delta_x$ ) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana:

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi (4)

$I_e$  = faktor keutamaan gedung (1,0)

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx}$

$\rho$  = Faktor redudansi (1,0)

Tabel 5.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah-X

Lantai	hi	$\delta_{xe}$	$\delta_x$	$\Delta$	$\Delta_a$	$\Delta_a/\rho$	$\Delta \leq$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta_a/\rho$
Lantai Atap	4600	58.8	270.48	90.00	92	92	OK
Lantai 13	3200	56.1	179.52	8.32	64	64	OK
Lantai 12	3200	53.5	171.2	10.56	64	64	OK
Lantai 11	3200	50.2	160.64	13.44	64	64	OK
Lantai 10	3200	46	147.2	14.72	64	64	OK
Lantai 9	3200	41.4	132.48	16.32	64	64	OK
Lantai 8	3200	36.3	116.16	17.28	64	64	OK
Lantai 7	3200	30.9	98.88	17.92	64	64	OK

Lantai 6	3200	25.3	80.96	17.6	64	64	OK
Lantai 5	3200	19.8	63.36	16.32	64	64	OK
Lantai 4	3200	14.7	47.04	15.36	64	64	OK
Lantai 3	3200	9.9	31.68	14.08	64	64	OK
Lantai 2	3200	5.5	17.6	10.95	64	64	OK
Lantai 1	3500	1.9	6.65	6.65	70	70	OK

Tabel 5.8 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah-Y

Lantai	hi	$\delta x_e$	$\delta x$	$\Delta$	$\Delta a$	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lantai Atap	4600	50.5	232.3	79.66	92	92	OK
Lantai 13	3200	47.7	152.64	8.32	64	64	OK
Lantai 12	3200	45.1	144.32	9.92	64	64	OK
Lantai 11	3200	42	134.4	11.2	64	64	OK
Lantai 10	3200	38.5	123.2	12.48	64	64	OK
Lantai 9	3200	34.6	110.72	13.12	64	64	OK
Lantai 8	3200	30.5	97.6	13.76	64	64	OK
Lantai 7	3200	26.2	83.84	14.4	64	64	OK
Lantai 6	3200	21.7	69.44	14.08	64	64	OK
Lantai 5	3200	17.3	55.36	13.44	64	64	OK
Lantai 4	3200	13.1	41.92	12.8	64	64	OK
Lantai 3	3200	9.1	29.12	12.48	64	64	OK
Lantai 2	3200	5.2	16.64	10.34	64	64	OK
Lantai 1	3500	1.8	6.3	6.3	70	70	OK



## BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

### 6.1 Analisa Struktur

Setelah melakukan analisa struktur 3 dimensi menggunakan program bantu ETABS 2013, maka dilakukan analisa struktur primer dengan melihat gaya dalam dan sesuai dengan ketentuan perencanaan struktur.

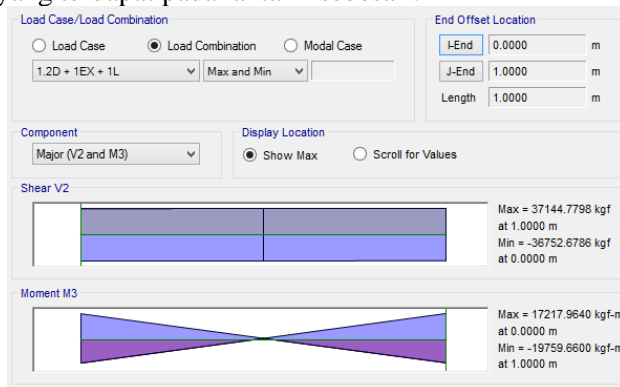
### 6.2 Perencanaan *Link*

#### 6.2.1 Perencanaan *Link* lantai 1-5 Arah X

Pada perencanaan *link* arah X lantai 1-5 ini direncanakan menggunakan profil WF 500.300.11.18 , dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} A = 163,5 & \text{cm}^2 & t_w = 11 & \text{mm} & Z_x = 3100 & \text{cm}^3 \\ w = 128 & \text{kg/m}^2 & t_f = 18 & \text{mm} & Z_y = 824 & \text{cm}^3 \\ d = 488 & \text{mm} & I_x = 71000 & \text{mm} & S_x = 2910 & \text{cm}^3 \\ b = 300 & \text{mm} & I_y = 8110 & \text{mm} & S_y = 541 & \text{cm}^3 \\ i_x = 20,8 & \text{cm} & r = 26 & \text{mm} & h = 400 & \text{mm} \\ i_y = 7,04 & \text{cm} & & & & \end{array}$$

Berikut adalah hasil output gaya dari ETABS 2013 untuk *link* arah X yang terdapat pada lantai 4 sebesar :



$$-V_u = 37144,78 \text{ kg}$$

$$-M_u = 19759,67 \text{ kg.m}$$

$$-N_u = 821,12 \text{ kg}$$

$$-\Delta_p = 14,7 \text{ mm}$$

### 1. Kontrol Penampang

–Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 18} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$8,3 \leq 10,75 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

–Pelat Badan

$$\frac{N_u}{\phi \times N_y} = \frac{821,12}{0,9 \times 408750} = 0,0022 < 0,125$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \times \left( 1 - 1,54 \times \frac{N_u}{0,9 \times N_y} \right)$$

$$\frac{400}{10} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \times (1 - 1,54 \times 0,0022)$$

$$36,36 < 86,03 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka :

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times F_y \\ &= 163,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 408750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,15 N_y &= 0,15 \times N_y \\ &= 0,15 \times 408750 \text{ kg} \\ &= 61312,5 \text{ kg} > 821,12 \text{ kg} (N_u) \end{aligned}$$

Karena nilai  $0,15 N_y$  lebih besar daripada nilai  $N_u$ , maka pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana *Link* tidak perlu diperhitungkan.

## 2. Kontrol Kuat Geser

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \times f_y \times ((d - 2t_f) \times t_w) \\ &= 0,6 \times 2500 \times ((48,8 - 2 \times 1,8) \times 1,1) \\ &= 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 3100 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7750000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$e = 100 \text{ cm}$$

$$2 \times \frac{M_p}{e} = 2 \times \frac{7750000}{100} = 155000 \text{ kg}$$

$V_n$  yang digunakan adalah 74580 kg

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 74580 \text{ kg} = 67122 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 67122 \text{ kg} > 37144,78 \text{ kg (OK)}$$

3. Kontrol Panjang *Link*

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p} = \frac{1,6 \times 7750000}{74580} = 166,27 \text{ cm}$$

$e < 1,6 M_p/V_p$ , maka termasuk jenis link dengan geser murni

4. Kontrol Sudut Rotasi *Link*

Karena nilai  $e < 1,6 M_p/V_p$ , maka sudut rotasi *link* mempunyai nilai  $\alpha_{maks} = 0,08$  radians

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \times \theta_p = \frac{750}{100} \times \frac{1,47}{320} = 0,034 \text{ radians}$$

$\alpha < \alpha_{maks}$  (OK)

### 6.2.2 Perencanaan Pengaku *Link* Lantai 1-5 Arah X

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.3.1, bahwa pada link harus dipasang pengaku setinggi badan *Link* dan berada di kedua sisi pelat badan *Link*. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang ( $b_f - 2 t_w$ ) dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar dari  $0,75t_w$  atau 10 mm, dengan  $b_f$  dan  $t_w$  adalah lebar pelat sayap dan tebal pelat badan *Link*.

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.3.2, bahwa *Link* dengan panjang  $\leq 1,6M_p/V_p$  harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak melebihi harga-harga sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} -\alpha = 0,08 \text{ radian} & -\alpha = 0,02 \text{ radian} \\ S = 30 t_w - d/5 & S = 52 t_w - d/5 \\ = 23,24 \text{ cm} & = 47,44 \text{ cm} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} -\alpha = 0,05 \text{ radians} \\ S = 41,61 \text{ cm (interpolasi)} \end{array}$$

Maka dipasang pengaku antara dengan jarak 25 cm

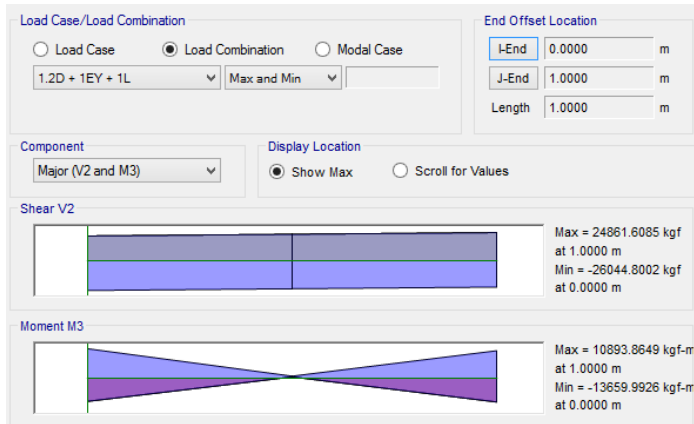
Untuk perhitungan profil *Link* IWF arah X yang lain menggunakan cara yang sama seperti perhitungan di atas.

### 6.2.3 Perencanaan *Link* Lantai 1-5 Arah Y

Pada perhitungan *Link* lantai 1-5 arah Y direncanakan menggunakan profil WF 450.200.9.14, dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} A = 96,76 \text{ cm}^2 & t_w = 9 \text{ mm} & Z_x = 1621 \text{ cm}^3 \\ w = 76 \text{ kg/m}^2 & t_f = 14 \text{ mm} & Z_y = 289 \text{ cm}^3 \\ d = 450 \text{ mm} & I_x = 33500 \text{ mm}^4 & S_x = 1490 \text{ cm}^3 \\ b = 200 \text{ mm} & I_y = 1870 \text{ mm}^4 & S_y = 187 \text{ cm}^3 \\ i_x = 18,6 \text{ cm} & r = 18 \text{ mm} & h = 386 \text{ mm} \\ i_y = 4,4 \text{ cm} & & \end{array}$$

Berikut adalah hasil output gaya dari ETABS 2013 untuk *link* arah Y yang terdapat pada lantai 5A sebesar :



- $V_u = 24861,61 \text{ kg}$
- $M_u = 13659,99 \text{ kg.m}$
- $N_u = 1741,26 \text{ kg}$
- $\Delta_p = 19,5 \text{ mm}$

### 1. Kontrol Penampang

-Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$7,1 \leq 10,75 \rightarrow$  Penampang kompak

-Pelat Badan

$$\frac{N_u}{\phi \times N_y} = \frac{1741,26}{0,9 \times 241900} = 0,008 < 0,125$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \times \left( 1 - 1,54 \times \frac{N_u}{0,9 \times N_y} \right)$$

$$\frac{386}{9} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \times (1 - 1,54 \times 0,008)$$

$42,89 < 85,27 \rightarrow$  Penampang kompak

Karena penampang kompak, maka :

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times F_y \\ &= 96,76 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 241900 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,15 N_y &= 0,15 \times N_y \\ &= 0,15 \times 241900 \text{ kg} \\ &= 36285 \text{ kg} > 1541,79 \text{ kg} (N_u) \end{aligned}$$

Karena nilai  $0,15 N_y$  lebih besar daripada nilai  $N_u$ , maka pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana *Link* tidak perlu diperhitungkan.

## 2. Kontrol Kuat Geser

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \times f_y \times ((d - 2t_f) \times t_w) \\ &= 0,6 \times 2500 \times ((45 - 2 \times 1,4) \times 0,9) \\ &= 56970 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 1621 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4052500 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$e = 100 \text{ cm}$$

$$2 \times \frac{M_p}{e} = 2 \times \frac{4052500}{100} = 810500 \text{ kg}$$

$V_n$  yang digunakan adalah 56970 kg

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 56970 \text{ kg} = 51273 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 51273 \text{ kg} > 25729,24 \text{ kg} (OK)$$

## 3. Kontrol Panjang Link

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p} = \frac{1,6 \times 4052500}{56970} = 133,81 \text{ cm}$$

$e < 1,6 M_p/V_p$ , maka termasuk jenis *link* dengan geser murni

## 4. Kontrol Sudut Rotasi *Link*

Karena nilai  $e < 1,6 M_p/V_p$ , maka sudut rotasi link mempunyai nilai  $\alpha_{maks} = 0,08$  radians

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \times \theta_p = \frac{750}{100} \times \frac{1,95}{320} = 0,046 \text{ radians}$$

$\alpha < \alpha_{maks}$  (OK)

#### 6.2.4 Pengaku *Link* Arah Y

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.3.1, bahwa pada link harus dipasang pengaku setinggi badan *Link* dan berada di kedua sisi pelat badan *Link*. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang ( $b_f - 2 t_w$ ) dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar dari  $0,75t_w$  atau 10 mm, dengan  $b_f$  dan  $t_w$  adalah lebar pelat sayap dan tebal pelat badan *Link*.

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.3.2, bahwa *Link* dengan panjang  $\leq 1,6M_p/V_p$  harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak melebihi harga-harga sebagai berikut

$-\alpha = 0,08 \text{ radian}$ $S = 30 t_w - d/5$ $= 18 \text{ cm}$	$-\alpha = 0,02 \text{ radian}$ $S = 52 t_w - d/5$ $= 37,8 \text{ cm}$
$-\alpha = 0,052 \text{ radians}$ $S = 29 \text{ cm (interpolasi)}$	

Maka dipasang pengaku antara dengan jarak 25 cm

Untuk perhitungan profil *Link* WF arah Y yang lain menggunakan cara yang sama seperti perhitungan di atas.

### 6.3 Perencanaan Balok di Luar *Link*

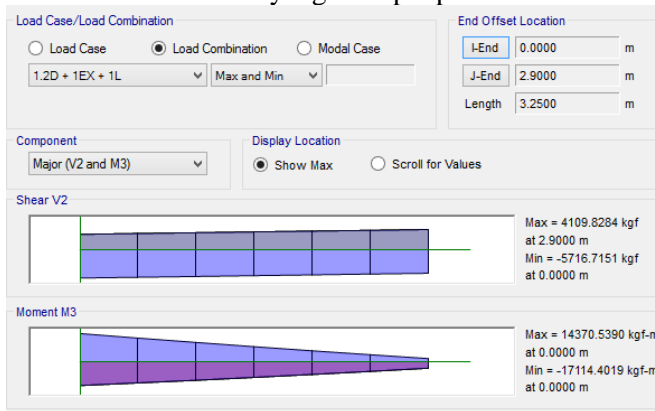
Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.6.2, bahwa perencanaan balok di luar *Link* direncanakan dapat menahan gaya aksial dan momen lentur sebesar 1,1 kali kuat geser nominal *link* ( $1,1 R_y V_n$ ), dimana nilai  $V_n$  adalah kuat geser nominal *link* yang diambil dari nilai terkecil antara  $V_p$  dan  $2M_p/e$ .

#### 6.3.1 Perencanaan Balok di luar *Link* arah X

Pada balok di luar *link* arah X ini direncanakan menggunakan profil WF 500.300.11.18, dengan data-data sebagai berikut :

$A = 163,5$	$\text{cm}^2$	$t_w = 11$	$\text{mm}$	$Z_x = 3100$	$\text{cm}^3$
$w = 128$	$\text{kg/m}^2$	$t_f = 18$	$\text{mm}$	$Z_y = 824$	$\text{cm}^3$
$d = 488$	$\text{mm}$	$I_x = 71000$	$\text{mm}$	$S_x = 2910$	$\text{cm}^3$
$b_f = 300$	$\text{mm}$	$I_y = 8110$	$\text{mm}$	$S_y = 541$	$\text{cm}^3$
$i_x = 20,8$	$\text{cm}$	$r = 26$	$\text{mm}$	$h = 400$	$\text{mm}$
$i_y = 7,04$	$\text{cm}$				

Berikut adalah hasil output gaya dari ETABS 2013 untuk balok di luar *link* arah X yang terdapat pada lantai 4 sebesar :



$$-M_u = 15655,73 \text{ kg.m}$$

$$-V_u = 5465,26 \text{ kg}$$



Kuat Perencanaan balok di luar Link

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 \times R_y \times V_n \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 74580 \text{ kg} \\ &= 123057 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 1. Kontrol Penampang

–Pelat Sayap

$$\begin{aligned} \frac{b_f}{2t_f} &\leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{300}{2 \times 18} &\leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} \end{aligned}$$

$$8,3 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

–Pelat Badan

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &\leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{400}{11} &\leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} \end{aligned}$$

$$36,36 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

### 2. Kapasitas Momen Penampang

Karena penampang kompak, maka :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 3100 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7750000 \text{ kg.cm} \\ &= 77500 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 77500 \text{ kg.m}$$

$$= 69750 \text{ kg.m} > 17114,41 \text{ kg.m (OK)}$$

### 3. Kapasitas Geser Penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a-h)^2} = 5 + \frac{5}{(325/40)^2} = 5,08$$

$$1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} = 1,1 \times \sqrt{\frac{5,08 \times 200000}{250}} = 70,1,$$

$$36,36 < 70,1 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \times f_y \times ((d - 2t_f) \times t_w) \times R_y \\ &= 0,6 \times 2500 \times ((48,8 - 2 \times 1,8) \times 1,1) \times 1,5 \\ &= 111870 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\theta \times V_n = 0,9 \times 111870 \text{ kg} = 100683 \text{ kg}$$

#### 4. Kontrol Interaksi Geser Lentur

$$\frac{M_u}{\phi \times M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi \times V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{17114,41}{69750} + 0,625 \frac{123057}{100683} \leq 1,375$$

$$1,009 < 1,375 \text{ (OK)}$$

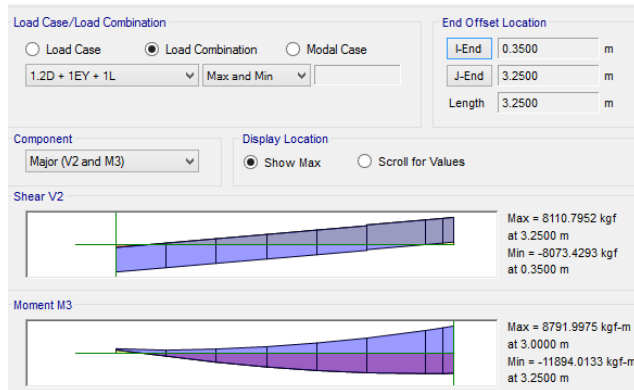
Untuk perhitungan balok diluar link arah X yang lain dapat dikerjakan dengan cara yang sama seperti di atas.

### 6.3.2 Perencanaan Balok di luar *Link* arah Y

Pada balok di luar *link* arah Y ini direncanakan menggunakan profil WF 450.200.9.14, dengan data-data sebagai berikut :

A = 96,76	cm <sup>2</sup>	t <sub>w</sub> = 9	mm	Z <sub>x</sub> = 1621	cm <sup>3</sup>
w = 76	kg/m <sup>2</sup>	t <sub>f</sub> = 14	mm	Z <sub>y</sub> = 289	cm <sup>3</sup>
d = 450	mm	I <sub>x</sub> = 33500	mm	S <sub>x</sub> = 1490	cm <sup>3</sup>
b <sub>f</sub> = 200	mm	I <sub>y</sub> = 1870	mm	S <sub>y</sub> = 187	cm <sup>3</sup>
i <sub>x</sub> = 18,6	cm	r = 18	mm	h = 386	mm
i <sub>y</sub> = 4,4	cm				

Berikut adalah hasil output gaya dari ETABS 2013 untuk balok di luar *link* arah Y yang terdapat pada lantai 4A sebesar:



$$-M_u = 11894,01 \text{ kg.m}$$

$$-V_u = 8110,8 \text{ kg}$$

Kuat Perencanaan balok di luar *Link*

$$\begin{aligned} V_u &= 1,1 \times R_y \times V_n \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 56970 \text{ kg} \\ &= 94000,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 1. Kontrol Penampang

–Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,1 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \textit{kompak}$$

–Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{386}{9} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$42,9 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \textit{kompak}$$

## 2. Kapasitas Momen Penampang

Karena penampang kompak, maka :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1621 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4052500 \text{ kg.cm} \\ &= 40525 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 40525 \text{ kg.m} \\ &= 36472,5 \text{ kg.m} > 11938,57 \text{ kg.m} \quad (\mathbf{OK}) \end{aligned}$$

## 3. Kapasitas Geser Penampang

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

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a-h)^2} = 5 + \frac{5}{(325/38,6)^2} = 5,07$$

$$1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} = 1,1 \times \sqrt{\frac{5,07 \times 200000}{250}} = 70,06$$

$$42,89 < 70,1 \rightarrow \textit{plastis}$$

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \times f_y \times ((d - 2t_f) \times t_w) \times R_y \\ &= 0,6 \times 2500 \times ((45 - 2 \times 1,4) \times 0,9) \times 1,5 \\ &= 85455 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 85455 \text{ kg} = 76909,5 \text{ kg}$$

## 4. Kontrol Interaksi Geser Lentur

$$\frac{M_u}{\phi \times M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi \times V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{11894,01}{36472,5} + 0,625 \frac{94000,5}{76909,5} \leq 1,375$$

$$1,090 < 1,375 \quad (\mathbf{OK})$$

Untuk perhitungan balok diluar link arah Y yang lain dapat dikerjakan dengan cara yang sama seperti di atas.

## 6.4 Perencanaan Bressing

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.6.1, bahwa bracing direncanakan dapat menahan gaya aksial dan momen lentur sebesar 1,25 kali kuat geser nominal *link* ( $1,25 R_y V_n$ ), dimana nilai  $V_n$  adalah kuat geser nominal *link* yang diambil dari nilai terkecil antara  $V_p$  dan  $2M_p/e$  pada *link*.

### 6.4.1 Perencanaan Bressing Arah X

Perencanaan bracing arah X direncanakan menggunakan profil WF 250.250.9.14, dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} A = 92,18 \text{ cm}^2 & t_w = 9 \text{ mm} & Z_x = 1577 \text{ cm}^3 \\ w = 72,4 \text{ kg/m}^2 & t_f = 14 \text{ mm} & Z_y = 713 \text{ cm}^3 \\ d = 250 \text{ mm} & I_x = 10800 \text{ mm}^4 & S_x = 1440 \text{ cm}^3 \\ b_f = 250 \text{ mm} & I_y = 3650 \text{ mm}^4 & S_y = 466 \text{ cm}^3 \\ i_x = 10,8 \text{ cm} & r = 16 \text{ mm} & h = 190 \text{ mm} \\ i_y = 6,29 \text{ cm} & & \end{array}$$

Kuat Rencana Bressing :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \times R_y \times V_n \\ &= 1,25 \times 1,5 \times 74580 \text{ kg} \\ &= 139837,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Pu_{tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{139837,5}{\sin(44,56)} = 199311,08 \text{ kg}$$

$$Pu_{tarik} = \frac{V_u}{\cos \alpha} = \frac{139837,5}{\cos(44,56)} = 196244,75 \text{ kg}$$

#### 1. Kontrol Penampang

–Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{250}{2 \times 14} = 8,9$$

$$\lambda_p = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$  penampang tidak langsing

–Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{190}{9} = 21,11$$

$$\lambda_p = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$  penampang tidak langsing

## 2. Kontrol Kekuatan Bressing

$$L = \sqrt{(320)^2 + \left(\frac{750}{2} - \frac{100}{2}\right)^2} = 456,1 \text{ cm}$$

$$\text{Arah } X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{456,1 \times 1}{10,8} = 42,23$$

$$\text{Arah } Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{456,1 \times 1}{6,29} = 72,15$$

$\lambda_y \rightarrow \lambda = 72,15$  (diambil nilai terbesar antara  $\lambda_x$  dan  $\lambda_y$ )

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{72,51}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,82$$

$0,25 < \lambda < 1,2$ , maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,82} = 1,36$$

–Bressing Tarik

$$P_{\max} = R_y \times f_y \times A_g = 1,5 \times 2500 \times 92,18 = 345675 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,90 \times 345675 = 311107,5 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P u_{tarik} \rightarrow 311107,5 \text{ kg} > 196244,75 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

–Bressing Tekan

$$P_{\max} = 1,1 \times R_y \times F_{cr} \times A_g = 1,1 \times 1,5 \times \frac{2500}{1,36} \times 92,18 = 279990,1 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \times 279990,1 \text{ kg} = 237991,56 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_{u_{tekan}} \rightarrow 237991,56 \text{ kg} > 199311,08 \text{ kg (OK)}$$

Untuk perhitungan bresing arah X yang lain dapat dikerjakan dengan cara yang sama seperti di atas.

#### 6.4.2 Perencanaan Bresing Arah Y

Perencanaan bresing arah Y direncanakan menggunakan profil WF 200.200.10.16, dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} A = 83,69 \text{ cm}^2 & t_w = 10 \text{ mm} & Z_x = 698 \text{ cm}^3 \\ w = 65,7 \text{ kg/m}^2 & t_f = 16 \text{ mm} & Z_y = 331 \text{ cm}^3 \\ d = 208 \text{ mm} & I_x = 6530 \text{ mm} & S_x = 628 \text{ cm}^3 \\ b_f = 202 \text{ mm} & I_y = 2200 \text{ mm} & S_y = 218 \text{ cm}^3 \\ i_x = 8,83 \text{ cm} & r = 13 \text{ mm} & h = 150 \text{ mm} \\ i_y = 5,13 \text{ cm} & & \end{array}$$

Kuat Rencana Bresing :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \times R_y \times V_n \\ &= 1,25 \times 1,5 \times 56970 \text{ kg} \\ &= 106818,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{u_{tekan}} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{106818,75}{\sin(44,56)} = 152249,29 \text{ kg}$$

$$P_{u_{tarik}} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{106818,75}{\cos(44,56)} = 149906,99 \text{ kg}$$

##### 1. Kontrol Penampang

–Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,3$$

$$\lambda_p = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$  penampang tidak langsing

–Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{150}{10} = 15$$

$$\lambda_p = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$  penampang tidak langsing

## 2. Kontrol Kekuatan Bressing

$$L = \sqrt{(320)^2 + \left(\frac{750}{2} - \frac{100}{2}\right)^2} = 456,1 \text{ cm}$$

$$\text{Arah X} \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{456,1 \times 1}{8,83} = 51,65$$

$$\text{Arah Y} \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{456,1 \times 1}{5,13} = 88,91$$

$\lambda_y \rightarrow \lambda = 88,91$  (diambil nilai terbesar antara  $\lambda_x$  dan  $\lambda_y$ )

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{88,91}{\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,0$$

$0,25 < \lambda < 1,2$ , maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 1,0} = 1,54$$

–Bressing Tarik

$$P_{\max} = R_y \times f_y \times A_g = 1,5 \times 2500 \times 83,69 = 313837,5 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,90 \times 313837,5 = 282453,75 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu_{tarik} \rightarrow 282453,75 \text{ kg} > 149907 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

–Bressing Tekan

$$P_{\max} = 1,1 \times R_y \times F_{cr} \times A_g = 1,1 \times 1,5 \times \frac{2500}{1,54} \times 83,69 = 224341 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \times 224341 \text{ kg} = 190689,82 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu_{tekan} \rightarrow 190689,82 \text{ kg} > 152249,9 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Untuk perhitungan bressing arah Y yang lain dapat dikerjakan dengan cara yang sama seperti di atas.



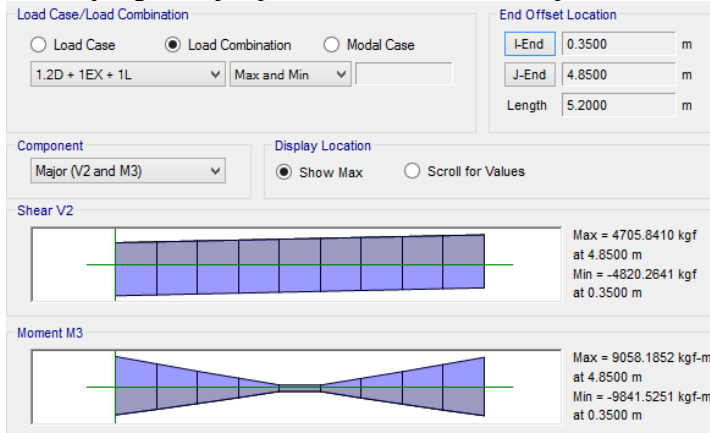
## 6.5 Perencanaan Balok Induk Lantai Gedung Parkir

### 6.5.1 Balok Induk Lantai Gedung Parkir Arah X Lt. 1-5

Perencanaan balok induk lantai gedung parkir kementerian dalam negeri arah X ini dibagi atas 3 profil yang berbeda, berikut ini merupakan contoh perhitungan balok induk untuk lantai 1-5 yang direncanakan menggunakan profil WF 500.200.9.14, dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 A = 101,3 \text{ cm}^2 & t_w = 9 \text{ mm} & Z_x = 1836 \text{ cm}^3 \\
 w = 79,5 \text{ kg/m}^2 & t_f = 14 \text{ mm} & Z_y = 287 \text{ cm}^3 \\
 d = 496 \text{ mm} & I_x = 41900 \text{ mm}^4 & S_x = 1690 \text{ cm}^3 \\
 b_f = 199 \text{ mm} & I_y = 1840 \text{ mm}^4 & S_y = 185 \text{ cm}^3 \\
 i_x = 20,3 \text{ cm} & r = 20 \text{ mm} & h = 428 \text{ mm} \\
 i_y = 4,27 \text{ cm} & & 
 \end{array}$$

Berikut adalah nilai kombinasi terbesar yang terdapat pada lantai 1-5 yang terdapat pada lantai 5A As 1 B-C pada ETABS:



$$M_u = 9841,53 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 4820,27 \text{ kg}$$

$$F^0 = 0,2 \text{ cm}$$

## 1. Kontrol Kuat Penampang

–Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{199}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

–Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{428}{9} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$47,56 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

–Penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$ 

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1836 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4590000 \text{ kg.cm} \\ &= 45900 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 45900 = 41310 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 41310 \text{ kg.m} > 9841,53 \text{ kg.m (OK)}$$

## 2. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak Penahan Lateral ( $L_b$ ) = 150 cmNilai  $L_p$  dan  $L_r$  dari tabel,

$$L_p = 220,527 \text{ cm}$$

$$L_r = 694,296 \text{ cm}$$

 $L_b < L_p < L_r \rightarrow$  Bentang pendek, maka nilai  $M_{nx} = M_{px}$ 

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1836 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4590000 \text{ kg.cm} \\ &= 45900 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 45900 = 41310 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 41310 \text{ kg.m} > 9841,53 \text{ kg.m (OK)}$$

## 3. Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{9} = 47,56 < 260, \text{ maka } k_v = 5$$

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

$$47,56 < 69,57 \rightarrow \text{ maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (49,6 \times 0,9) \times 1 = 66960 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 66960 \text{ kg} = 60264 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 60264 \text{ kg} > 4820,3 \text{ kg (OK)}$$

## 4. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{520}{360} = 1,44 \text{ cm}$$

$$f^o = 0,22 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f^o \rightarrow 1,44 \text{ cm} > 0,22 \text{ cm (OK)}$$

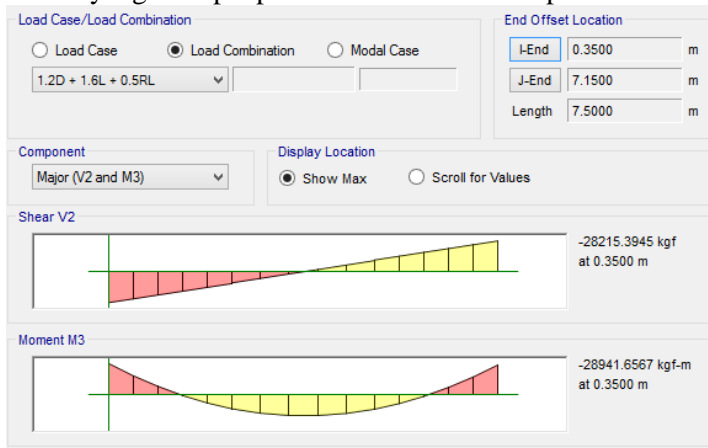
Untuk perhitungan balok induk lantai arah X yang lain dapat dikerjakan dengan cara yang sama seperti di atas.

### 6.5.2 Balok Induk Lantai Gedung Parkir Arah Y Lt. 1-5

Perencanaan balok induk lantai gedung parkir kementerian dalam negeri arah Y ini dibagi atas 3 profil yang berbeda, berikut ini merupakan contoh perhitungan balok induk untuk lantai 1-5 yang direncanakan menggunakan profil WF 500.200.9.14, dengan data-data sebagai berikut :

$A = 101,3 \text{ cm}^2$	$t_w = 9 \text{ mm}$	$Z_x = 1836 \text{ cm}^3$
$w = 79,5 \text{ kg/m}^2$	$t_f = 14 \text{ mm}$	$Z_y = 287 \text{ cm}^3$
$d = 496 \text{ mm}$	$I_x = 41900 \text{ mm}^4$	$S_x = 1690 \text{ cm}^3$
$b_f = 199 \text{ mm}$	$I_y = 1840 \text{ mm}^4$	$S_y = 185 \text{ cm}^3$
$i_x = 20,3 \text{ cm}$	$r = 20 \text{ mm}$	$h = 428 \text{ mm}$
$i_y = 4,27 \text{ cm}$		

Berikut adalah nilai kombinasi terbesar yang terdapat pada lantai 1-5 yang terdapat pada lantai 5A As E 4-5 pada ETABS:



$$M_u = 28941,66 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 28215,39 \text{ kg}$$

$$f^0 = 0,89 \text{ cm}$$

## 1. Kontrol Kuat Penampang

–Pelat Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{199}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7 < 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

–Pelat Badan

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{428}{9} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$47,56 < 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{kompak}$$

– Dari penampang kompak, maka nilai  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y \\ &= 1836 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4590000 \text{ kg.cm} \\ &= 45900 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

– Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 45900 = 41310 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 41310 \text{ kg.m} > 28941,66 \text{ kg.m (OK)}$$

## 2. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak Penahan Lateral ( $L_b$ ) = 250 cm

Nilai  $L_p$  dan  $L_r$  dari tabel,

$$L_p = 212,58 \text{ cm}$$

$$L_r = 611,38 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

Karena bentang menengah, maka :

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

Momen :

$$M_a = 4535,13 \text{ kg.m}$$

$$M_b = 19338,83 \text{ kg.m}$$

$$M_c = 5178,23 \text{ kg.m}$$

$$M_{maks} = 28941,66 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 \times M_{maks} + 3 \times M_a + 4 \times M_b + 3 \times M_c}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 28941,66}{2,5 \times 28941,66 + 3 \times 4535,13 + 4 \times 19338,83 + 3 \times 5178,23}$$

$$C_b = 2,03 < 2,3$$

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

$$M_n = 8974647,9 \text{ kg.cm} = 89746,5 \text{ kg.m}$$

Maka  $M_n$  yang digunakan adalah 45900 kg.m

–Cek Kekuatan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 45900 = 41310 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 41310 \text{ kg.m} > 28941,66 \text{ kg.m (OK)}$$

### 3. Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{9} = 47,56 < 260, \text{ maka } k_v = 5$$

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

$$47,56 < 69,57 \rightarrow \text{maka } c_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (49,6 \times 0,9) \times 1 = 66960 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n = 0,9 \times 66960 \text{ kg} = 60264 \text{ kg}$$

$$\phi \times V_n > V_u \rightarrow 60264 \text{ kg} > 28215,39 \text{ kg (OK)}$$

### 4. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{750}{360} = 2,08 \text{ cm}$$

$$f^o = 0,89 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f^o \rightarrow 2,08 \text{ cm} > 0,89 \text{ cm (OK)}$$

Untuk perhitungan balok induk lantai arah Y yang lain dapat dikerjakan dengan cara yang sama seperti di atas.

## 6.6 Perencanaan Kolom Lantai 1-5

Pada perencanaan struktur kolom lantai 1-5 direncanakan menggunakan CFT dengan profil HSS 700.700.22.22 dan panjang kolom 510 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

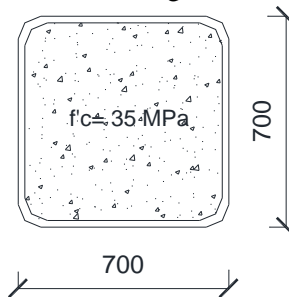
$$\begin{aligned}
 d &= 700 \text{ mm} & i_x &= 27,4 \text{ mm} \\
 b_f &= 700 \text{ mm} & i_y &= 27,4 \text{ mm} \\
 t_w &= 22 \text{ mm} & I_x &= 432500 \text{ cm}^4 \\
 t_f &= 23 \text{ mm} & I_y &= 432500 \text{ cm}^4 \\
 A &= 597 \text{ cm}^2 & Z_x &= 12360 \text{ cm}^3 \\
 h &= 656 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Material kolom komposit :

$$\text{Baja : } f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f'_c = 35 \text{ MPa} = 350 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar Penampang Kolom Komposit CFT dengan profil HSS 700.700.22.22

Dari hasil analisis ETABS 13 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

$$P_u = 681095,6 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 49375,78 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 14620,59 \text{ kg.m}$$

## 1. Kuat Nominal tekan kolom komposit

– Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% = \frac{596,6}{4851,7} \times 100\% = 12,3\% > 4\% \text{ (OK)}$$

– Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{250}{3E}} = 700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \times 10^5}} = 14,29 < 25 \text{ (OK)}$$

– Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 22} = 15,9$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,92$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampangkompak}$$

sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_a f'_c \left( A_c + A_{gr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 675 + 0,85 \times 350 \times (4255,1 + 0)$$

$$P_p = 2757484,7 \text{ kg}$$

## 2. Momen nominal Kolom

– Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 22} = 15,9$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31,68$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampangkompak}$$

karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$



$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \times f_y \\
 &= 12360 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 30900000 \text{ kg.cm} \\
 &= 309000 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 309000 = 278100 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 278100 \text{ kg.m} > 49376 \text{ kg.m (OK)}$$

– Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 350 - 50 = 300 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 27,4 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 1364 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 300 \text{ cm} < 1364 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \times f_y \\
 &= 12360 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 30900000 \text{ kg.cm} \\
 &= 309000 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\phi_b \times M_n = 0,9 \times 309000 = 278100 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \times M_n \geq M_u \rightarrow 278100 \text{ kg.m} > 49376 \text{ kg.m (OK)}$$

### 3. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor antar X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$M_r = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

dengan,

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

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{el}}} \geq 1,00$$

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{\alpha P_{el-story}}}$$

#### A. Arah sumbu X

– Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari nilai ETABS 13 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 19328 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 48614,4 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,44$$

$$P_{el} = 69620849 \text{ kg}$$

$$B_1 = 0,445$$

Karena nilai  $B_1 < 1$ , maka digunakan nilai  $B_1 = 1$

– Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari ETABS 13 diperoleh output sebagai berikut

$$P_{story} = 681095,6 \text{ kg}$$

$$P_{mf} = 125136,6 \text{ kg}$$

$$R_m = 1 - 0,15(P_{mf}/P_{story})$$

$$= 1 - 0,15(125136,6 \text{ kg} / 681095,6 \text{ kg})$$

$$= 0,97$$

$$\Delta H = 6,65 \text{ mm (simpangan lantai 1 arah X)}$$

$$H = 9844,5 \text{ kg (geser tingkat dari gaya lateral)}$$

$$L = 3500 \text{ mm}$$

$$P_{e-story} = R_m \times \frac{H \times L}{\Delta_H} = 0,97 \times \frac{9844,5 \times 3500}{6,65} = 5038502,1 \text{ kg}$$

$$B_2 = 1,156$$

Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned} M_{rx} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1 \times 14573,12 + 1,156 \times 48614 \\ &= 70786,32 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

B. Arah sumbu Y

– Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari nilai ETABS 13 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 5491,21 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 13859,7 \text{ kg.m}$$

$$C_m = 0,442$$

$$P_{el} = 69620849 \text{ kg}$$

$$B_1 = 0,446$$

Karena nilai  $B_1 < 1$ , maka digunakan nilai  $B_1 = 1$

– Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari ETABS 13 diperoleh output sebagai berikut

$$P_{story} = 483680,4 \text{ kg}$$

$$P_{mf} = 322551,8 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} R_m &= 1 - 0,15(P_{mf}/P_{story}) \\ &= 1 - 0,15(322551,8 \text{ kg} / 483680,4 \text{ kg}) \\ &= 0,9 \end{aligned}$$

$$\Delta H = 6,3 \text{ mm (simpangan lantai 1 arah Y)}$$

$$H = 2916,3 \text{ kg (geser tingkat dari gaya lateral)}$$

$$L = 3500 \text{ mm}$$

$$P_{e\ story} = R_m \times \frac{H \times L}{\Delta_H} = 0,97 \times \frac{2926,3 \times 3500}{6,3} = 1463095,5 \text{ kg}$$

$$B_2 = 1,494$$

Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned} M_{ry} &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1 \times 14573,12 + 1,494 \times 13859 \\ &= 35276,59 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

## C. Kuat aksial orde kedua

$$P_{nt} = 681095,6 \text{ kg}$$

$$P_{lt} = 89628,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 681095,6 \text{ kg} + 1,494 \times 89628,5 \text{ kg} \\ &= 814986,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 4. Kontrol interaksi aksial momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi \times P_n} = \frac{814986,75}{0,9 \times 2757484,7} = 0,33 > 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama, sebagai berikut :

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

$$\frac{814986,75}{2481736,2} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{70786,32}{278100} + \frac{35276,59}{278100} \right) = 0,67 \leq 1 \text{ (OK)}$$

Maka, profil HSS 700.700.22.22 dapat digunakan untuk sebagai profil kolom lantai 1-5

**Tabel 6.1** Rekapitulasi *Link*

Lantai	Arah	Profil Link (WF)	Panjang Link (cm)	Jarak Pengaku (cm)
Lt. 1-5	X	500.300.11.18	100	25
Lt. 1-5	Y	450.200.9.14	100	25
Lt. 6-10	X	500.200.10.16	100	25
Lt. 6-10	Y	450.200.8.12	100	25
Lt. 11- Atap	X	450.200.9.14	100	25
Lt. 11-Atap	Y	400.200.8.13	100	25

**Tabel 6.2** Rekapitulasi Balok diluar *Link*

Lantai	Arah	Profil (WF)	Panjang Balok (cm)
Lantai 1-5	X	500.300.11.18	325
Lantai 1-5	Y	450.200.9.14	325
Lantai 6-10	X	500.200.10.16	325
Lantai 6-10	Y	450.200.8.12	325
Lantai 11-Atap	X	450.200.9.14	325
Lantai 11-Atap	Y	400.200.8.13	325

**Tabel 6.3** Rekapitulasi Bressing

Lantai	Arah	Profil Bracing (WF)
Lantai 1-5	X	250.250.9.14
Lantai 1-5	Y	200.200.10.16
Lantai 6-10	X	200.200.10.16
Lantai 6-10	Y	200.200.10.16
Lantai 11-Atap	X	200.200.12.12
Lantai 11-Atap	Y	200.200.12.12

**Tabel 6.4** Rekapitulasi Balok Induk Arah X

Lantai	Arah	Profil Balok (WF)
Lantai 1-5	X	500.200.9.14
Lantai 6-10	X	450.200.09.14
Lantai 11-Atap	X	450.200.8.12

**Tabel 6.5** Rekapitulasi Balok Induk Arah Y

Lantai	Panjang (m)	Profil Balok (WF)
Lantai 1-5	3,5	400.200.8.12
Lantai 1-5	7,5	500.200.9.14
Lantai 6-10	3,5	350.175.7.11
Lantai 6-10	7,5	450.200.9.14
Lantai 11-Atap	3,5	300.200.8.12
Lantai 11-Atap	7,5	450.200.8.12

**Tabel 6.6** Rekapitulasi Kolom CFT

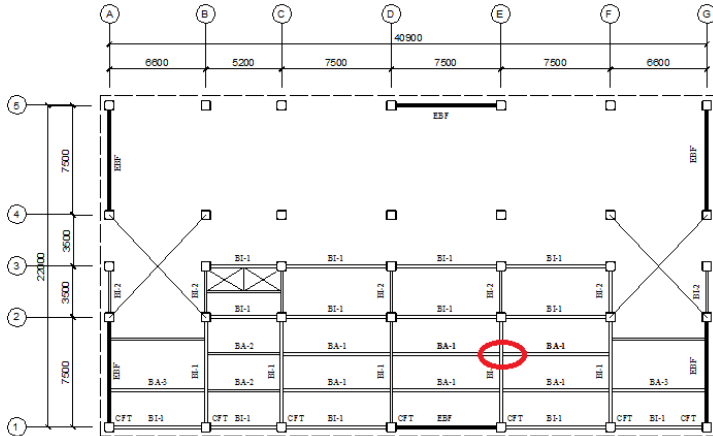
Lantai	Profil Kolom
Lantai 1-5	HSS 700.700.22.22
Lantai 6-10	HSS 650.650.19.19
Lantai 11-Atap	HSS 600.600.16.16

## BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN

### 7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Pada sambungan balok anak dengan balok induk ini direncanakan menggunakan sambungan sendi-sendi, karena itu hanya menerima beban geser.

#### 7.1.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Lantai



**Gambar 7.1** Letak sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Lantai yang ditinjau

Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan nilai gaya geser dari 1 balok anak yang ditinjau sebesar 10328,33 kg dan sedangkan untuk balok lantai menerima beban geser sebesar 20656,65 kg karena harus menerima beban geser geser dari kedua balok anak tersebut dan untuk sambungan balok anak dengan balok lantai ini digunakan profil siku 60.60.6 dengan perencanaan sebagai berikut :

Direncanakan :

- $d_b = 12 \text{ mm}$  ( $A_b = 2,01 \text{ cm}^2$ )
- $f_u^b = 5000 \text{ kg/cm}^2$  (Mutu Baut BJ50)
- $r_1 = 0,5$  (ulir tidak pada bidang geser)

## 1. Sambungan Siku dengan Balok Anak

## a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13 \\ &= 4239 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

## b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

## c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{10328,3}{4239} = 2,44 \rightarrow 3 \text{ buah}$$

## d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 60 \text{ mm}$$

## e. Kontrol Kuat Pelat Siku

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 30 + (3-1) \times 60 \\ &= 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}\end{aligned}$$

–Luas Bidang Geser

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \times t_L = (L - n \times d_1) \times t_{siku} \\ &= (18 - 3 \times 1,35) \times 0,6 = 8,37 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

–Kuat Rencana (terdapat 2 siku)

$$\begin{aligned}2 \times \phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 8,37) \\ &= 30885,3 \text{ kg} > 10328,3 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$



## 2. Sambungan Siku dengan Balok Induk

## a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13 \\ &= 4239 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

## b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

## c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{20656,7}{4239} = 4,9 \rightarrow 6 \text{ buah}$$

## d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 60 \text{ mm}$$

## e. Kontrol Kuat Pelat Siku

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

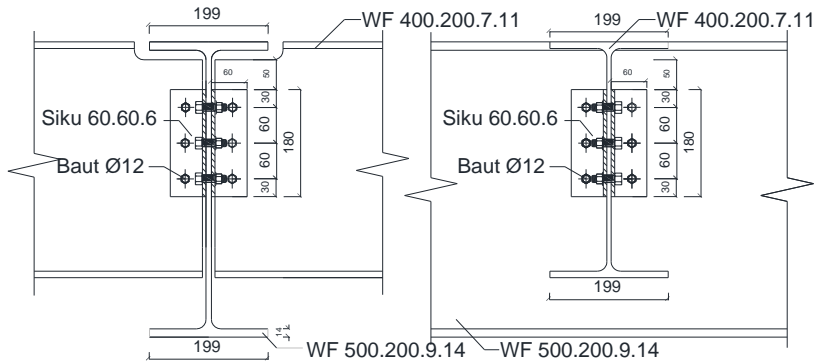
$$\begin{aligned}L &= 2 \times S_1 + ((n/2) - 1) \times S = 2 \times 30 + ((6/2) - 1) \times 60 \\ &= 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}\end{aligned}$$

–Luas Bidang Geser

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \times t_L = (L - n \times d_1) \times t_{siku} \\ &= (18 - 3 \times 1,35) \times 0,6 = 8,37 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

–Kuat Rencana (terdapat 2 siku)

$$\begin{aligned}2 \times \phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 8,37) \\ &= 30885,3 \text{ kg} > 20656,7 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$



**Gambar 7.2** Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Lantai

### 7.1.2 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Atap



**Gambar 7.3** Letak Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Atap yang ditinjau

Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan nilai gaya geser dari 1 balok anak yang ditinjau sebesar 5276,18 kg dan sedangkan untuk balok induk atap menerima beban geser sebesar 10552,35

kg karena harus menerima beban geser geser dari kedua balok anak tersebut dan untuk sambungan balok anak dengan balok lantai ini digunakan profil siku 60.60.6 dengan perencanaan sebagai berikut :

Direncanakan :

- $d_b = 12 \text{ mm}$  ( $A_b = 1,13 \text{ cm}^2$ )
- $f_u^b = 5000 \text{ kg/cm}^2$  (Mutu Baut BJ50)
- $r_1 = 0,5$  (ulir tidak pada bidang geser)

#### 1. Sambungan Siku dengan Balok Anak

##### a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13 \\ &= 4239 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

##### b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

##### c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{5276,18}{4239} = 1,25 \rightarrow 3 \text{ buah}$$

##### d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 60 \text{ mm}$$

##### e. Kontrol Kuat Pelat Siku

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 30 + (3-1) \times 60 \\ = 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}$$

– Luas Bidang Geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_L = (L - n \times d_1) \times t_{siku} \\ = (18 - 3 \times 1,35) \times 0,6 = 8,37 \text{ cm}^2$$

– Kuat Rencana (terdapat 2 siku)

$$2 \times \phi V_n = 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ = 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 8,37) \\ = 30885,3 \text{ kg} > 5276,18 \text{ kg (OK)}$$

## 2. Sambungan Siku dengan Balok Induk

a. Kuat Geser Baut

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ = 0,75 \times 0,5 \times 500 \times 2 \times 1,13 \\ = 4239 \text{ kg (menentukan)}$$

b. Kuat Tumpu Baut

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ = 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\ = 5313,6 \text{ kg}$$

c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{10552,4}{4239} = 2,5 \rightarrow 6 \text{ buah}$$

d. Kontrol Jarak baut

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Baut (S)} = 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai (S)} = 60 \text{ mm}$$

## e. Kontrol Kuat Pelat Siku

diameter kelemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

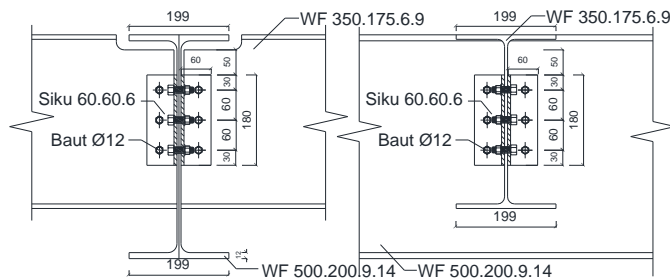
$$L = 2 \times S_1 + ((n/2) - 1) \times S = 2 \times 30 + ((6/2) - 1) \times 60 \\ = 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}$$

– Luas Bidang Geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_L = (L - n \times d_1) \times t_{siku} \\ = (18 - 3 \times 1,35) \times 0,6 = 8,37 \text{ cm}^2$$

– Kuat Rencana (terdapat 2 siku)

$$2 \times \phi V_n = 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ = 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 8,37) \\ = 30885,3 \text{ kg} > 10552,4 \text{ kg (OK)}$$



**Gambar 7.4** Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Atap

## 7.2 Sambungan Tangga

### 7.2.1 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu

Pada sambungan balok utama dengan balok penumpu ini direncanakan hanya menerima beban geser dari balok tangga. Dengan begitu sambungan ini merupakan sambungan sendi.

Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan nilai gaya geser sebesar 1213,63 kg, perencanaan sambungan ini menggunakan profil siku 60.60.5 dengan perencanaan sebagai berikut :

- $d_b = 12 \text{ mm}$  ( $A_b = 1,13 \text{ cm}^2$ )
- $f_u^b = 5000 \text{ kg/cm}^2$  (Mutu Baut BJ 50)
- $r_1 = 0,5$  (ulir tidak pada bidang geser)

#### 1. Sambungan Siku dengan Balok Anak

##### a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13 \\ &= 4239 \text{ kg}\end{aligned}$$

##### b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg}\end{aligned}$$

##### c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{1213,63}{4239} = 0,3 \rightarrow 2 \text{ buah}$$

##### d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 60 \text{ mm}$$

## e. Kontrol Kuat Pelat Siku

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 30 + (3-1) \times 60 \\ = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$$

–Luas Bidang Geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_L = (L - n \times d_1) \times t_{siku} \\ = (12 - 2 \times 1,35) \times 0,5 = 4,65 \text{ cm}^2$$

–Kuat Rencana (terdapat 2 siku)

$$2 \times \phi V_n = 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ = 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 4,65) \\ = 17158,5 \text{ kg} > 1213,6 \text{ kg (OK)}$$

## 2. Sambungan Siku dengan Balok Induk

## a. Kuat Geser Baut

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ = 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 1 \times 1,13 \\ = 2119,5 \text{ kg (menentukan)}$$

## b. Kuat Tumpu Baut

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ = 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ = 4428 \text{ kg}$$

## c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{1213,63}{2119,5} = 0,6 \rightarrow 2 \text{ buah}$$

## d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 60 \text{ mm}$$

## e. Kontrol Kuat Pelat Siku

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

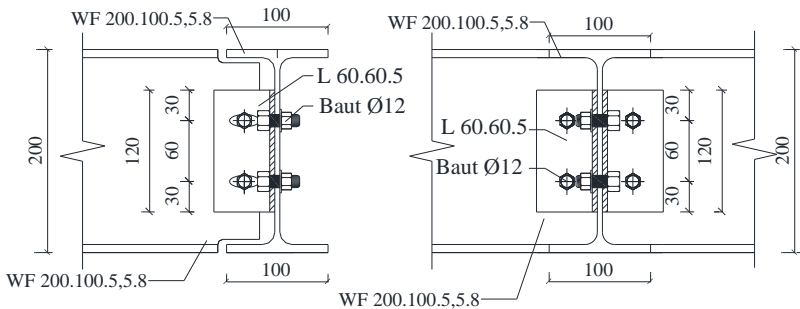
$$\begin{aligned} L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 30 + (2-1) \times 60 \\ &= 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

–Luas Bidang Geser

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times t_L = (L - n \times d_1) \times t_{siku} \\ &= (12 - 2 \times 1,35) \times 0,5 = 4,65 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

–Kuat Rencana (terdapat 2 siku)

$$\begin{aligned} 2 \times \phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 6,49) \\ &= 17158,5 \text{ kg} > 1213,63 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$



**Gambar 7.5** Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu



### 7.2.2 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Pada sambungan balok penumpu tangga dengan kolom ini direncanakan hanya untuk menerima beban geser dari balok penumpu tangga. Dengan begitu sambungan ini merupakan sambungan sendi.

Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan nilai gaya geser balok penumpu tangga sebesar 2021,31 kg, berikut perencanaan sambungan balok penumpu tangga dengan kolom :

1. Kontrol plat sambung yang digunakan

$$t_p \leq \frac{f_u}{f_{yp}} \times t$$

$$= \frac{4100}{2500} \times 2,2 = 3,6 \text{ cm}$$

$t_p$  yang dipakai = 0,8 cm

2. Sambungan plat sambungan dengan balok penumpu tangga  
Direncanakan :

- $d_b = 12 \text{ mm}$  ( $A_b = 1,13 \text{ cm}^2$ )
- $f_u^b = 5000 \text{ kg/cm}^2$  (Mutu Baut BJ 50)
- $r_1 = 0,5$  (ulir tidak pada bidang geser)

- a. Kuat Geser Baut

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 1 \times 1,13$$

$$= 2119,5 \text{ kg (menentukan)}$$

- b. Kuat Tumpu Baut

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,8 \times 4100$$

$$= 7084,8 \text{ kg}$$

- c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{2021,31}{2119,5} = 0,9 \rightarrow 2 \text{ buah}$$

## d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 60 \text{ mm}$$

## e. Kontrol Kuat Pelat Siku

$$\text{diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_b + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 30 + (2-1) \times 60 \\ &= 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

–Luas Bidang Geser

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times t_L = (L - n \times d_1) \times t_{siku} \\ &= (12 - 2 \times 1,35) \times 0,8 = 7,44 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

–Kuat Rencana (terdapat 1 pelat)

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 7,44) \\ &= 13726,8 \text{ kg} > 2021,31 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

## 3. Sambungan kolom dengan pelat sambung

Direncanakan menggunakan las  $F_{e70XX}$  :

Ketebalan tertipis material pada sambungan = 8 mm

Digunakan ketebalan las  $w = 4 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \times I_{we} \\ &= (0,707 \times 0,4) \times 12 \\ &= 3,39 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \times F_{EXX} \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) \\ &= 0,6 \times (70 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) \\ &= 2953,86 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

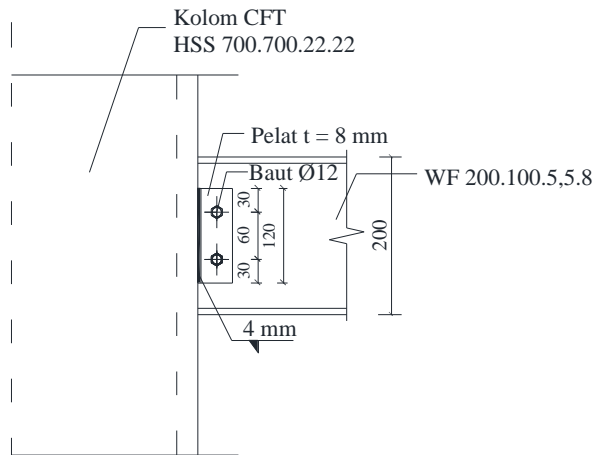
$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \times A_{we} \times F_{mw} \\
 &= 0,75 \times 3,39 \times 2953,86 \\
 &= 7518,2 \text{ kg} > 1305,99 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

4. Kontrol leleh pelat siku

$$A_g = L \times t_p = 12 \times 0,8 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$\phi f_y A_g = 0,9 \times 2500 \times 9,6 = 21600 \text{ kg}$$

$$\phi f_y A_g > V_u \rightarrow 21600 \text{ kg} > 2021,31 \text{ kg (OK)}$$



**Gambar 7.6** Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

### 7.3 Sambungan Ramp

#### 7.3.1 Sambungan Balok Ramp dengan Penumpu

Pada sambungan balok Ramp dengan balok penumpu Ramp menggunakan sambungan baut dan direncanakan menerima beban geser. Dengan begitu sambungan ini merupakan sambungan sendi.

Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan gaya geser sebesar 3653,07 kg, perencanaan sambungan ini menggunakan pforil siku 60.60.6 dengan perencanaan sebagai berikut :

- $d_b = 12 \text{ mm}$  ( $A_b = 2,01 \text{ cm}^2$ )
- $f_u^b = 5000 \text{ kg/cm}^2$  (Mutu Baut BJ50)
- $r_1 = 0,5$  (ulir tidak pada bidang geser)

#### 1. Sambungan Siku dengan Balok Ramp

##### a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13 \\ &= 4239 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

##### b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

##### c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{3653,07}{4239} = 0,9 \rightarrow 3 \text{ buah}$$

##### d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 60 \text{ mm}$$

## e. Kontrol Kuat Pelat Siku

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 30 + (3-1) \times 60 \\ = 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}$$

–Luas Bidang Geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_L = (L - n \times d_1) \times t_{siku} \\ = (18 - 3 \times 1,35) \times 0,6 = 8,37 \text{ cm}^2$$

–Kuat Rencana

$$\phi V_n = \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ = 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 8,37) \\ = 15442,65 \text{ kg} > 3653,07 \text{ kg (OK)}$$

## 2. Sambungan Siku dengan Balok Penumpu

## a. Kuat Geser Baut

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ = 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,13 \\ = 4239 \text{ kg (menentukan)}$$

## b. Kuat Tumpu Baut

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ = 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ = 3179,25 \text{ kg}$$

## c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{3663,07}{4239} = 0,9 \rightarrow 3 \text{ buah}$$

## d. Kontrol Jarak baut

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ = 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Baut (S)} = 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ = 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai (S)} = 60 \text{ mm}$$

## e. Kontrol Kuat Pelat Siku

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

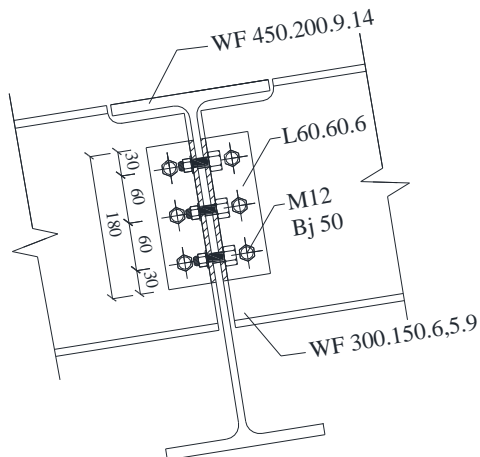
$$L = 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 30 + (3-1) \times 60 \\ = 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}$$

–Luas Bidang Geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_L = (L - n \times d_1) \times t_{siku} \\ = (18 - 3 \times 1,35) \times 0,6 = 8,37 \text{ cm}^2$$

–Kuat Rencana (terdapat 2 siku)

$$2 \times \phi V_n = 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ = 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 8,37) \\ = 30885,3 \text{ kg} > 3653,07 \text{ kg (OK)}$$



**Gambar 7.7** Sambungan Balok Ramp dengan Penumpu Ramp

### 7.3.2 Sambungan Penumpu dengan Kolom

Sambungan balok Ramp dengan kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser  $V_u$  dan Momen  $M_u$ .

$$V_u = 13727,4 \text{ kg}$$

$$M_u = 20892,1 \text{ kg.m}$$

1. Sambungan pada bagian sayap profil

$$- d_b = 20 \text{ mm (} A_b = 3,14 \text{ cm}^2\text{)}$$

$$- f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baut A325)}$$

$$- r_1 = 0,5 \text{ (Ulir tidak pada bidang geser)}$$

$$- t_p = 15 \text{ mm (Tebal pelat sambung)}$$

$$- f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Pelat sambung BJ41)}$$

Akibatnya adanya momen, sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u}{d} = \frac{2089210}{45} = 46426,9 \text{ kg}$$

- a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,14 \\ &= 9714,38 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1,5 \times 4100 \\ &= 22140 \text{ kg} \end{aligned}$$

- c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{46426,9}{9714,38} = 4,8 \rightarrow 6 \text{ buah}$$

- d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 35 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 70 \text{ mm}$$

e. Kontrol Kuat Pelat

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 20 + 1,5 = 21,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \times S_1 + (n - 1) \times S = 2 \times 35 + ((6/2) - 1) \times 70 \\ &= 210 \text{ mm} = 21 \text{ cm}\end{aligned}$$

– Luas Bidang Geser

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \times t_p = (L - n \times d_1) \times t_{pelat} \\ &= (21 - 3 \times 1,35) \times 1,5 = 21,8 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

– Kuat Rencana (terdapat 1 pelat)

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 21,8) \times 2 \\ &= 80534,3 \text{ kg} > 46426,89 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

f. Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 7 \text{ mm}$  (bagian paling tipis yaitu 15 mm) dan mutu bahan las tumpul Fe<sub>70XX</sub>

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0,707 \times w) \times I_{we} = (0,707 \times 0,7) \times 20 \\ &= 9,90 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \times F_{mw} \times A_{we} = 0,75 \times (70 \times 70,33) \times 9,9 \\ &= 36546,63 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$2\phi R_{nh} = 2 \times 36546,63 \text{ kg} = 73093,27 \text{ kg}$$

2. Sambungan pada bagian badan profil

$$V_u = 13727,4 \text{ kg}$$

$$- d_b = 20 \text{ mm (} A_b = 3,14 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$- f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baut A325)}$$

$$- r_1 = 0,5 \text{ (Ulir tidak pada bidang geser)}$$

$$- t_p = 10 \text{ mm (Tebal pelat sambung)}$$

$$- f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Pelat sambung BJ41)}$$



## a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,14 \\ &= 9714,38 \text{ kg}\end{aligned}$$

## b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \times 1,0 \times 4100 \\ &= 14760 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

## c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{13727,4}{9714,38} = 1,41 \rightarrow 3 \text{ buah}$$

## d. Direncanakan Jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 72 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 80 \text{ mm}$$

## e. Kontrol Kuat Pelat

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 20 + 1,5 = 21,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 40 + (3-1) \times 80 \\ &= 240 \text{ mm} = 24 \text{ cm}\end{aligned}$$

–Luas Bidang Geser

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \times t_p = (L - n \times d_1) \times t_{pelat} \\ &= (24 - 3 \times 2,15) \times 1 = 17,55 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

–Kuat Rencana (terdapat 1 pelat)

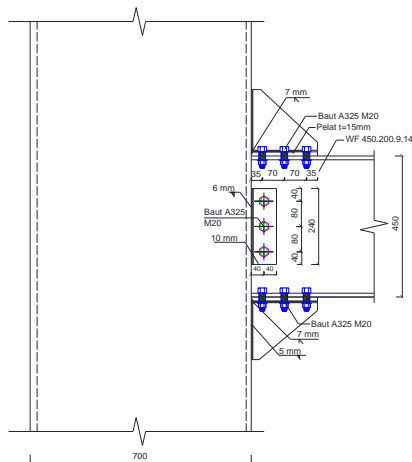
$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 17,55) \\ &= 32379,75 \text{ kg} > 13727,4 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

- f. Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 6 \text{ mm}$  ( bagian paling tipis yaitu  $10 \text{ mm}$ ) dan mutu bahan las  $\text{Fe}_{70\text{XX}}$

$$A_{we} = (0,707 \times w) \times I_{we} = (0,707 \times 0,6) \times 24 = 10,18 \text{ cm}^2$$

$$F_{mw} = 0,6 \times F_{EXX} \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) = 0,6 \times (70 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) = 2953,9 \text{ kg/cm}^2$$

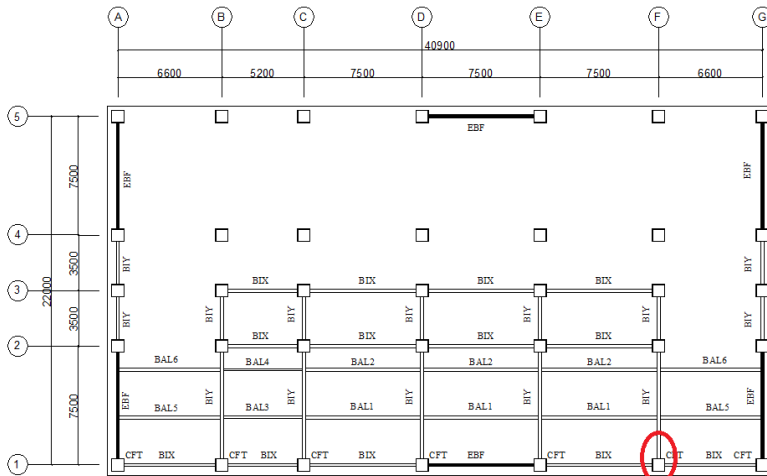
$$\phi R_n = 0,75 \times F_{mw} \times A_{we} = 0,75 \times 2953,9 \times 10,18 = 22554,5 \text{ kg} > 13727,4 \text{ kg (OK)}$$



**Gambar 7.8** Sambungan Balok Penumpu Ramp dengan Kolom

## 7.4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

### 7.4.1 Sambungan Balok Induk Lantai dengan Kolom



**Gambar 7.9** Letak Sambungan Balok Induk Lantai dengan Kolom yang ditinjau

Sambungan balok induk lantai dengan kolom komposit CFT direncanakan menggunakan las dengan ketentuan gaya dalam. Dan balok induk yang digunakan profil WF 500.200.9.14 dengan kolom komposit CFT dengan profil HS 700.700.22.22 dan mutu beton sebesar 35 MPa.

$$V_u = 28215,39 \text{ kg}$$

$$M_u = 28941,66 \text{ kg.m}$$

1. Sambungan pada bagian sayap profil

$$- d_b = 20 \text{ mm } (A_b = 3,14 \text{ cm}^2)$$

$$- f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baut A325)}$$

$$- r_1 = 0,5 \text{ (Ulir tidak pada bidang geser)}$$

$$- t_p = 15 \text{ mm (Tebal pelat sambung)}$$

$$- f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Pelat sambung BJ41)}$$

$$M_u = 28941,66 \text{ kg.m}$$

Akibatnya adanya momen, direncanakan sayap balok bagian atas yang akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u}{d} = \frac{28941,66}{49,6} = 58350,12 \text{ kg}$$

a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,14 \\ &= 9714,38 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1,5 \times 4100 \\ &= 22140 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{58350,12}{9714,38} = 6,1 \rightarrow 8 \text{ buah}$$

d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 35 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 70 \text{ mm}$$

e. Kontrol Kuat Pelat

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 20 + 1,5 = 21,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 35 + (3-1) \times 70 \\ &= 280 \text{ mm} = 28 \text{ cm} \end{aligned}$$

–Luas Bidang Geser

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times t_p = (L - n \times d_1) \times t_{pelat} \\ &= (28 - 4 \times 2,15) \times 1,5 = 29,1 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

–Kuat Rencana (terdapat 1 pelat)

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 29,1) \times 1 \\ &= 107379 \text{ kg} > 58350,12 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

f. Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 7$  mm (bagian paling tipis yaitu 15 mm) dan mutu bahan las tumpul Fe<sub>100XX</sub>

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0,707 \times w) \times I_{we} = (0,707 \times 0,7) \times 19,9 \\ &= 9,85 \text{ cm}^2 \\ \phi R_n &= 0,75 \times F_{mw} \times A_{we} = 0,75 \times (100 \times 70,33) \times 9,85 \\ &= 51948,43 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$2\phi R_{nh} = 2 \times 51948,43 \text{ kg} = 103896,86 \text{ kg}$$

2. Sambungan pada bagian badan profil

$$V_u = 28215,39 \text{ kg}$$

$$- d_b = 20 \text{ mm (} A_b = 3,14 \text{ cm}^2)$$

$$- f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baut A325)}$$

$$- r_1 = 0,5 \text{ (Ulir tidak pada bidang geser)}$$

$$- t_p = 10 \text{ mm (Tebal pelat sambung)}$$

$$- f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Pelat sambung BJ41)}$$

a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 3,14 \\ &= 19428,75 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \times 1,0 \times 4100 \\ &= 14760 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

c. Direncanakan Jarak baut

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 36 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{Pakai (S1)} &= 40 \text{ mm} \\
 \text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 72 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{Pakai (S)} &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{28215,39}{9714,38} = 2,9 \rightarrow 4 \text{ buah}$$

e. Kontrol Kuat Pelat

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 20 + 1,5 = 21,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times S_1 + (n - 1) \times S = 2 \times 40 + (4 - 1) \times 80 \\
 &= 320 \text{ mm} = 32 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

–Luas Bidang Geser

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_p = (L - n \times d_1) \times t_{\text{pelat}} \\
 &= (32 - 4 \times 2,15) \times 1 = 23,4 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

–Kuat Rencana (terdapat 1 pelat)

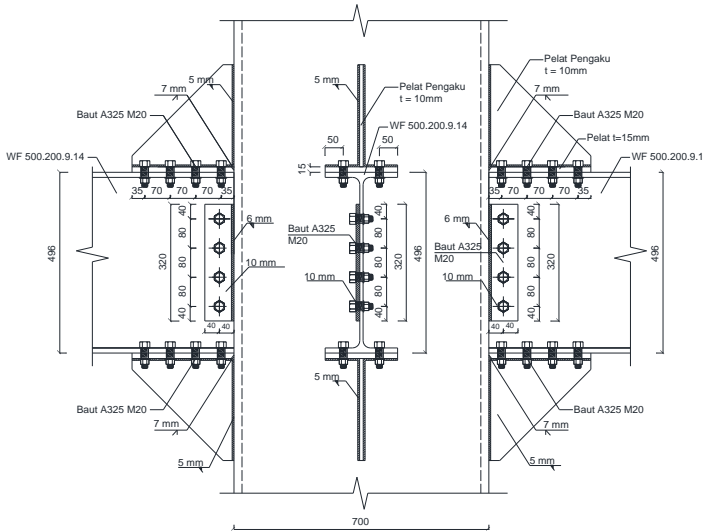
$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 23,4) \times 1 \\
 &= 43173 \text{ kg} > 28215,4 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 6 \text{ mm}$  ( bagian paling tipis yaitu 10 mm) dan mutu bahan las  $\text{Fe}_{100XX}$

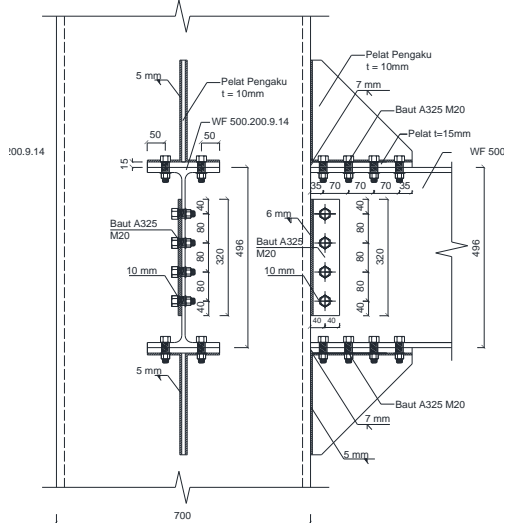
$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0,707 \times w) \times I_{we} = (0,707 \times 0,6) \times 32 \times 1 \\
 &= 13,57 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 \times F_{EXX} \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) \\
 &= 0,6 \times (100 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) \\
 &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \times F_{mw} \times A_{we} = 0,75 \times 4219,8 \times 13,57 \\
 &= 42960,94 \text{ kg} > 28215,4 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

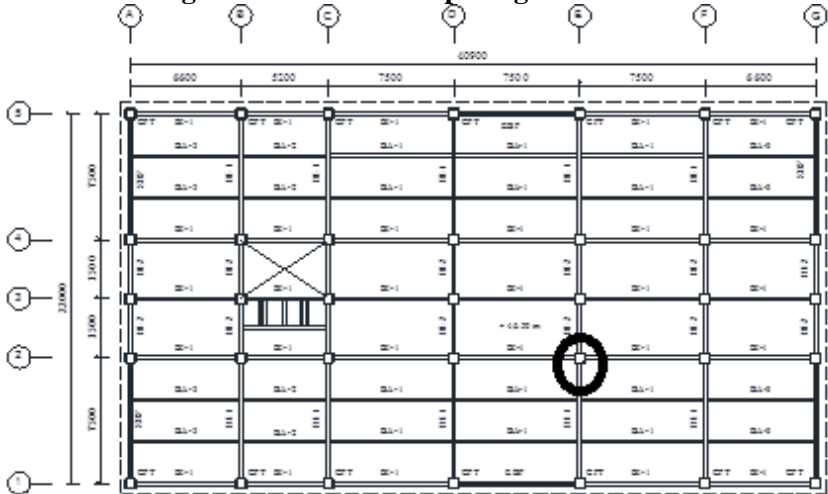


**Gambar 7.10a Sambungan Balok Induk Lantai dengan Kolom**



**Gambar 7.10b Sambungan Balok Induk Lantai dengan Kolom**

### 7.4.2 Sambungan Balok Induk Atap dengan Kolom



**Gambar 7.11** Letak Sambungan Balok Induk Lantai dengan Kolom yang ditinjau

Sambungan balok induk lantai dengan kolom komposit CFT direncanakan menggunakan las dengan ketentuan gaya dalam. Dan balok induk yang digunakan profil WF 450.200.8.12 dengan kolom komposit CFT dengan profil HS 600.600.16.16 dan mutu beton sebesar 35 MPa.

$$V_u = 14436,49 \text{ kg}$$

$$M_u = 15243,27 \text{ kg.m}$$

1. Sambungan pada bagian sayap profil

$$- d_b = 20 \text{ mm } (A_b = 3,14 \text{ cm}^2)$$

$$- f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baut A325)}$$

$$- r_1 = 0,5 \text{ (Ulir tidak pada bidang geser)}$$

$$- t_p = 13 \text{ mm (Tebal pelat sambung)}$$

$$- f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Pelat sambung BJ41)}$$



$$M_u = 15243,27 \text{ kg.m}$$

Akibatnya adanya momen, direncanakan sayap balok bagian atas akan menerima tarikan akibat momen sebesar :

$$T_u = \frac{M_u}{d} = \frac{15243,27}{44,6} = 34177,74 \text{ kg}$$

a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,14 \\ &= 9714,38 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1,3 \times 4100 \\ &= 19188 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{34177,74}{9714,38} = 3,52 \rightarrow 4 \text{ buah}$$

d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 35 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 70 \text{ mm}$$

e. Kontrol Kuat Pelat

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 20 + 1,5 = 21,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 35 + (2-1) \times 70 \\ &= 140 \text{ mm} = 14 \text{ cm} \end{aligned}$$

–Luas Bidang Geser

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times t_p = (L - n \times d_1) \times t_{pelat} \\ &= (14 - 2 \times 2,15) \times 1,3 = 12,6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

–Kuat Rencana (terdapat 2 pelat)

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 12,61) \times 2 \\ &= 46530,9 \text{ kg} > 27134,46 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

f. Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 6$  mm (bagian paling tipis yaitu 13 mm) dan mutu bahan las tumpul Fe<sub>70XX</sub>

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0,707 \times w) \times I_{we} = (0,707 \times 0,6) \times 19,9 \\ &= 8,44 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \times F_{mw} \times A_{we} = 0,75 \times (70 \times 70,33) \times 8,44 \\ &= 31169,06 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$2\phi R_{nh} = 2 \times 31169,06 \text{ kg} = 62338,11 \text{ kg}$$

2. Sambungan pada bagian badan profil

$$V_u = 14436,49 \text{ kg}$$

$$- d_b = 20 \text{ mm (} A_b = 3,14 \text{ cm}^2\text{)}$$

$$- f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baut A325)}$$

$$- r_1 = 0,5 \text{ (Ulir tidak pada bidang geser)}$$

$$- t_p = 10 \text{ mm (Tebal pelat sambung)}$$

$$- f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Pelat sambung BJ41)}$$

a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 3,14 \\ &= 19428,75 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \times 1,0 \times 4100 \\ &= 14760 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

c. Direncanakan Jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Pakai (S1) = 40 mm  
 Jarak Baut (S) =  $3d_b$  mm s/d  $15t_p$  mm atau 200 mm  
 = 72 mm s/d 150 mm atau 200 mm  
 Pakai (S) = 80 mm

d. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{14436,49}{9714,38} = 1,5 \rightarrow 3 \text{ buah}$$

e. Kontrol Kuat Pelat

diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5 mm

$$d_1 = d_b + 1,5 = 20 + 1,5 = 21,5 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times S_1 + (n - 1) \times S = 2 \times 40 + (3 - 1) \times 80 \\ = 240 \text{ mm} = 24 \text{ cm}$$

– Luas Bidang Geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_p = (L - n \times d_1) \times t_{pelat} \\ = (24 - 3 \times 2,15) \times 1 = 17,55 \text{ cm}^2$$

– Kuat Rencana (terdapat 1 pelat)

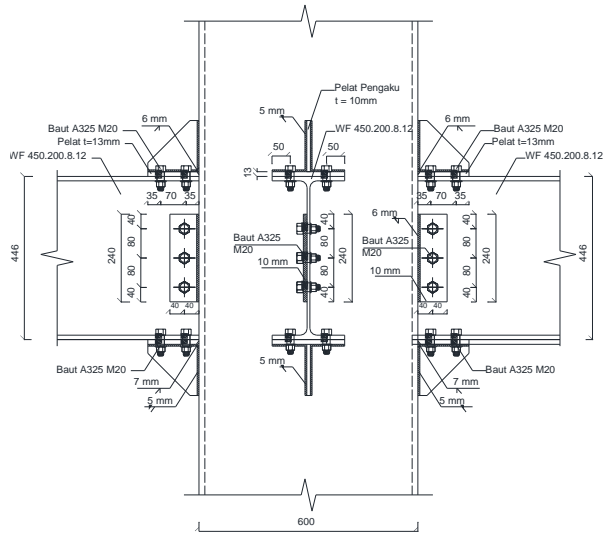
$$\phi V_n = \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ = 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 17,55) \times 1 \\ = 32379,75 \text{ kg} > 14436,5 \text{ kg (OK)}$$

f. Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 6$  mm ( bagian paling tipis yaitu 10 mm) dan mutu bahan las Fe<sub>70XX</sub>

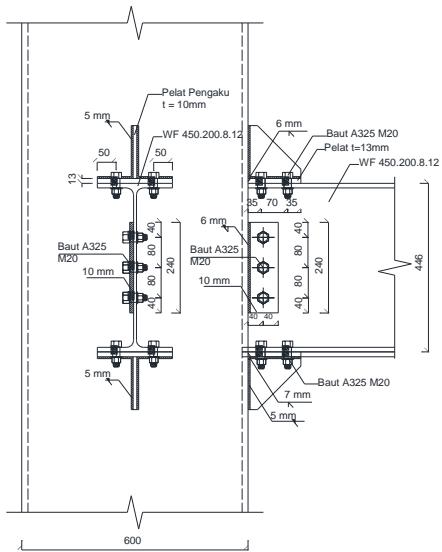
$$A_{we} = (0,707 \times w) \times I_{we} = (0,707 \times 0,5) \times 24 \times 1 \\ = 10,18 \text{ cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,6 \times F_{EXX} \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) \\ = 0,6 \times (70 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^0) \\ = 2953,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_n = 0,75 \times F_{mw} \times A_{we} = 0,75 \times 2953,9 \times 10,18 \\ = 22554,49 \text{ kg} > 14436,5 \text{ kg (OK)}$$



**Gambar 7.12a** Sambungan Balok Induk Atap dengan Kolom



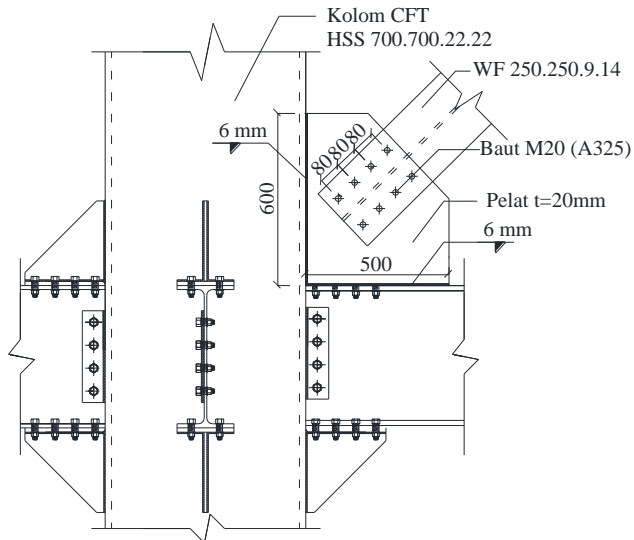
**Gambar 7.12b** Sambungan Balok Induk Atap dengan Kolom

## 7.5 Sambungan Batang Bressing

Perencanaan bressing direncanakan dapat menahan gaya aksial dan momen lentur sebesar 1,25 kali kuat geser nominal *link* ( $1,25 R_y V_n$ ), dimana nilai  $V_n$  adalah kuat geser nominal *link* yang diambil dari nilai terkecil antara  $V_p$  dan  $2M_p/e$ . Perencanaan bressing 1,25 kali kuat geser nominal *link*.

Kuat Rencana Bressing :

$$V_u = 1,25 \times R_y \times V_n = 1,25 \times 1,5 \times 74580 \text{ kg} \\ = 139837,5 \text{ kg}$$



**Gambar 7.13** Sambungan Bressing

1. Direncanakan sambungan menggunakan :

- $d_b = 20 \text{ mm}$  ( $A_b = 3,14 \text{ cm}^2$ )
- $f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2$  (Mutu Baut A325)
- $r_1 = 0,5$  (ulir tidak pada bidang geser)
- $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$  (Mutu Baja BJ41)
- $t_p = 20 \text{ mm}$  (tebal pelat buhul)

## a. Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,14 \\ &= 9714,38 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

## b. Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 2 \times 4100 \\ &= 29520 \text{ kg}\end{aligned}$$

## c. Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{139837,5}{9714,38} = 14,39 \rightarrow 16 \text{ buah}$$

Karena terdapat 2 pelat, maka jumlah baut tiap pelat sebanyak 8 buah

## d. Kontrol Jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S1)} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak Baut (S)} &= 3d_b \text{ mm s/d } 15t_p \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai (S)} = 80 \text{ mm}$$

## 2. Sambungan Las sudut pada plat buhul

Bahan las sudut yang digunakan adalah E<sub>70xx</sub>

Tebal efektif las sudut rencana  $t_e = 1 \text{ cm}$

## a. Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned}\phi R_{nw} &= 0,75 \times t_l \times (0,6 \times f_{uw}) \\ &= 0,75 \times 1 \times (0,6 \times 70,3) \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

## b. Luas las sudut

$$A_{las} = 2 \times (d + b) = 2 \times (60 + 50) = 220 \text{ cm}^2$$

c. Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$b = 325 \text{ cm}$$

$$h = 320 \text{ cm}$$

$$L = 456,10 \text{ cm}$$

$$\cos \alpha = 325/456,1 = 0,71$$

$$\sin \alpha = 320/456,1 = 0,70$$

$$\cos \alpha \times V_u = 0,71 \times 139837,5 = 99643,6 \text{ kg}$$

$$\sin \alpha \times V_u = 0,70 \times 139837,5 = 98111 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{99643,6}{A_{las}} = \frac{99643,6}{220} = 452,93 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{98111}{A_{las}} = \frac{98111}{220} = 445,96 \text{ kg}$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_v)^2 + (f_h)^2} = \sqrt{(452,93)^2 + (445,96)^2}$$

$$f_{total} = 653,63 \text{ kg}$$

d. Tebal efektif las sudut

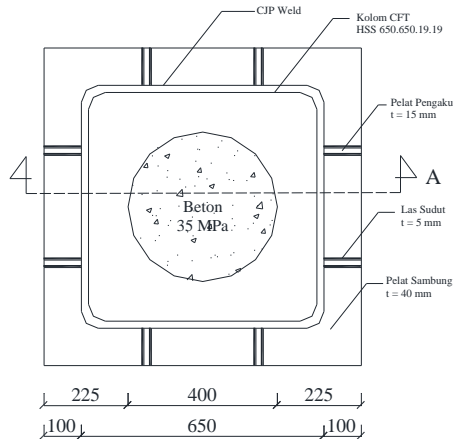
$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi R_{mw}} = \frac{635,63}{2214,45} = 0,29 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,29}{0,707} = 0,41 \text{ cm}$$

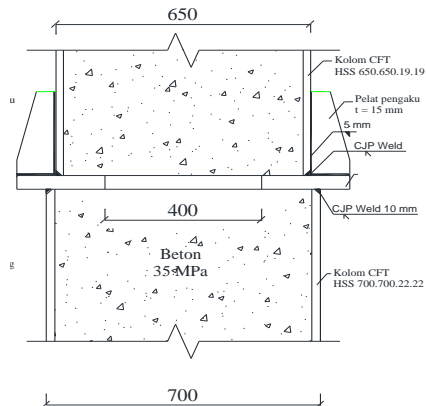
Dipakai ketebalan las sudut sebesar 0,6 cm

## 7.6 Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 4-5 menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu  $F_{e100XX}$ . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah hasil output dari ETABS. Sambungan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.



**Gambar 7.14a** Tampak Atas Sambungan Kolom dengan Kolom



**Gambar 7.14b** Tampak Samping Sambungan Kolom dengan Kolom



$$P_u = 446410,89 \text{ kg}$$

$$M_u = 433,78 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 3825,01 \text{ kg}$$

1. Sambungan las pada kolom

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil kolom HSS 700.700.22.22

a. Kontrol tegangan las akibat  $P_u$  dan  $M_u$  :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$T_u = \frac{4331,78}{70} \pm 446410,89$$

$$(+) = 446472,8 \text{ kg}$$

$$(-) = 446349,01$$

b. Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$F_{nw} = f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{we} = 0,707 \times w \times I_{we} = 0,707 \times 1 \times 70 \times 4$$

$$= 197,96 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_{nh} = 0,75 \times F_{nw} \times A_{we} = 0,75 \times 4100 \times 197,96$$

$$= 608727 \text{ kg}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1$$

$$\left( \frac{3825,01}{608727} \right)^2 + \left( \frac{446472,8}{608727} \right)^2 \leq 1$$

$$0,54 < 1 \text{ (OK)}$$

2. Perencanaan pelat pengaku :

Dimensi pelat minimum menurut SNI-1729-2002 Pasal 8.11

Tebal pelat pengaku minimum ( $t_s$ )

$$t_s \geq 0,5 \times t_f = 0,5 \times 2,2 = 1,1 \text{ cm}$$

Dimensi pelat yang dipakai  $t_s = 1,5 \text{ cm}$

Maka sambungan menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu  $F_{e100XX}$  dapat digunakan pada sambungan kolom ke kolom

### 7.7 Sambungan Kolom Base Plate

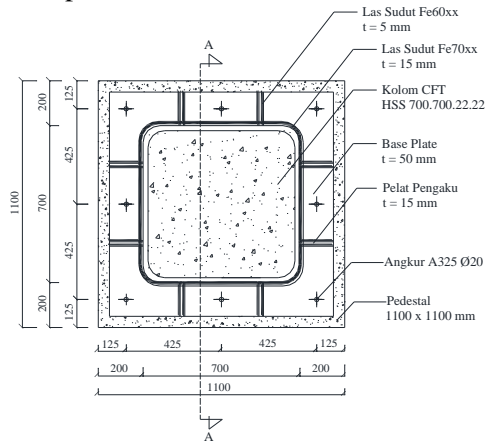
Perencanaan *base plate* menggunakan *fixed plate* hasil modifikasi dengan ukuran :

- H = 100 cm
- B = 100 cm
- $t_p = 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}$

Daris hasil analisa ETABS 13 didapatkan gaya yang bekerja pada kolom CFT 700.700.22.22

- $P_u = 681095,59 \text{ kg}$
- $V_u = 9844,46 \text{ kg}$
- $M_u = 49375,78 \text{ kg.m}$

Sambungan Las pada *BasePlate* :



**Gambar 7.15** Sambungan Las Pada *BasePlate*

Direncanakan las sudut pada daerah profil *hollow section* 700.700.22.22

Misal  $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{las} = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,33 \text{ cm}^4$$

$$S_x = S_y = b \times d + \left( \frac{d^2}{3} \right) = 70 \times 70 + \left( \frac{70^2}{3} \right) = 6533,33 \text{ cm}^3$$

$$f_{ulas} = \phi \times 0,6 \times F_{E100xx} \times t_e = 0,75 \times 06 \times (100 \times 70,33) \times 1 \\ = 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat Pu

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{681095,6}{280} + \frac{4937578}{6533,33} = 3188,24 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat Vu

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{9844,46}{280} + \frac{4937578}{6533,33} = 790,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(3188,24)^2 + (790,91)^2} = 3284,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{ulas}} = \frac{3284,87}{3164,85} = 1,04 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{1,04}{0,707} = 1,47 \text{ cm}$$

Syarat-syarat tebal kaki las

Tebal minimum =  $t_{plat} = 50 \text{ mm}$

$$a_{eff \max} = 1,41 \times \frac{f_u}{f_{E100xx}} \times t_p = 1,41 \times \frac{4100}{100 \times 70,33} \times 5 = 4,11 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan  $a = 1,47 \text{ cm}$

Perhitungan Base Plate :

Cek eksentrisitas gaya

$$e_x = \frac{Mu_x}{Pu} = \frac{49375,78}{681095,59} = 0,07 \text{ m} < \frac{N}{6} = \frac{100}{6} = 16,67 \text{ cm}$$

Dari perbandingan tersebut diketahui bahwa *baseplate* memikul gaya aksial, gaya geser dan momen lentur yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi

sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan *baseplate* terangkat dari beton penumpu.

Direncanakan dimensi beton 110 x 110 cm ( $A_2 = 12100\text{cm}^2$ )

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{110 \times 110}{100 \times 100}} = 1,10$$

Perencanaan akibat beban sumbu X

Akibat Pu

$$f_{pa} = \frac{Pu}{B \times N} = \frac{681095,59}{100 \times 100} = 68,11 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat Mux

$$f_{pb} = \frac{6 \times Mu_x}{B \times N^2} = \frac{6 \times 4937578}{100 \times 100^2} = 29,63 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p(\max)} = f_{pa} + f_{pb} = 68,11 + 29,63 = 97,74 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang dapat diterima kolom beton

$$f_{p\text{avail}} = \phi \times 0,85 \times f'_c = 0,9 \times 0,85 \times 35 = 26,78 \text{ MPa}$$

$$f_{p\text{avail}} > f_{p(\max)} = 267,8 \text{ kg/cm}^2 > 97,74 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

Menentukan  $M_{upl}$  pada jarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{(N - 0,95 \times D)}{2} = \frac{(100 - 0,95 \times 70)}{2} = 17$$

$$M_{upl} = \left( f_{p(\max)} - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left( \frac{m^3}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left( 97,74 - 2 \times 29,63 \times \frac{17}{100} \right) \times \left( \frac{17^2}{2} \right) + \left( 2 \times 29,63 \times \frac{17}{100} \right) \times \left( \frac{17^3}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 13246,32 \text{ kg/cm}$$

Menentukan tebal base plate :

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \times M_{upl}}{\phi \times f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 13246,23}{0,9 \times 2500}} = 4,85 \text{ cm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

Tebal baseplate yang dipakai yaitu 5 cm

Perencanaan pelat minimum menurut SNI 03-1729-2002

Pasal 8.11

Tebal pelat pengaku minimum

$$t_s \geq 0,5 \times t_f = 0,5 \times 2,2 = 1,10 \text{ cm}$$

Dimensi pelat yang dipakai  $t_s = 1,5 \text{ cm}$

Perhitungan Baut Angkur

Karena  $e \leq \frac{1}{6} N$ , maka tidak terjadi gaya tarik, jadi dipasang

angkur praktis

Direncanakan :

$$d_b = 20 \text{ mm} (A_b = 3,14 \text{ cm}^2)$$

$$f_{ub} = 8250 \text{ kg/cm}^2 (A325)$$

$$r_1 = 0,4 \text{ (baut dengan ulir pada bidang geser)}$$

Kuat rencana geser dan tumpu

$$\begin{aligned} V_d &= \phi_f \times V_n = \phi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 8250 \times (0,25 \times \pi \times 2,0^2) \times 1 \\ &= 7771,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_d &= \phi_f \times R_d = \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 5,0 \times 4100 \\ &= 73800 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi \times V_n} = \frac{9844,46}{7771,5} = 1,27 \rightarrow 8 \text{ buah}$$

dipakai 8 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi

### Kontrol Jarak Baut

Jarak tepi (S1) =  $1,5d_b$  mm s/d  $(4t_p+100)$  mm atau 200 mm  
 = 30 mm s/d 300 mm atau 200 mm

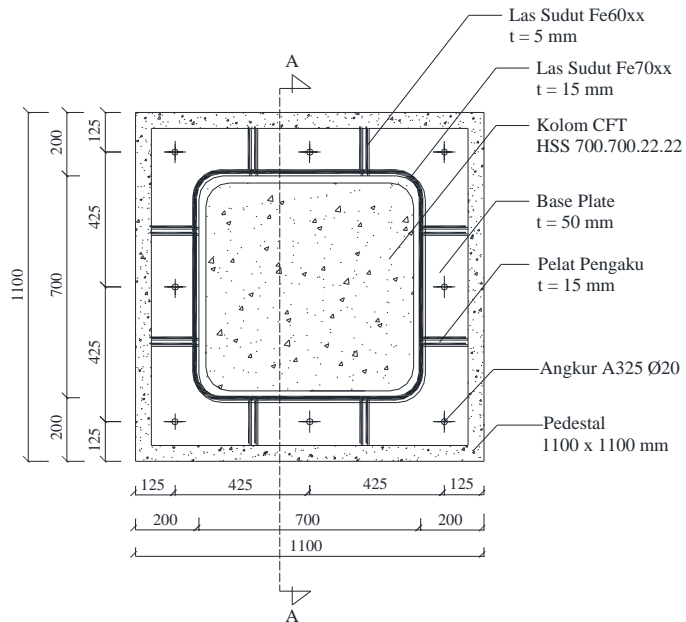
(S1) = 75 mm

(S2) =  $1,25d_b$  mm s/d  $12t_p$  mm atau 150 mm  
 = 25 mm s/d 300 mm atau 150 mm

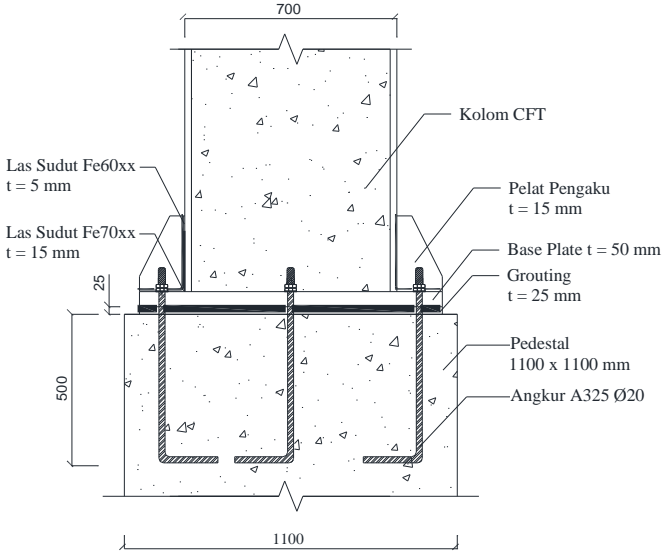
= 75 mm

Jarak Baut (S) =  $3d_b$  mm s/d  $15t_p$  mm atau 200 mm  
 = 60 mm s/d 750 mm atau 200 mm

(S) = 425 mm



**Gambar 7.16a** Tampak Atas Sambungan *Base Plate* dengan *Kolom Pedestal*



**Gambar 7.16b** Tampak Samping Sambungan *Base Plate* dengan Kolom *Pedestal*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



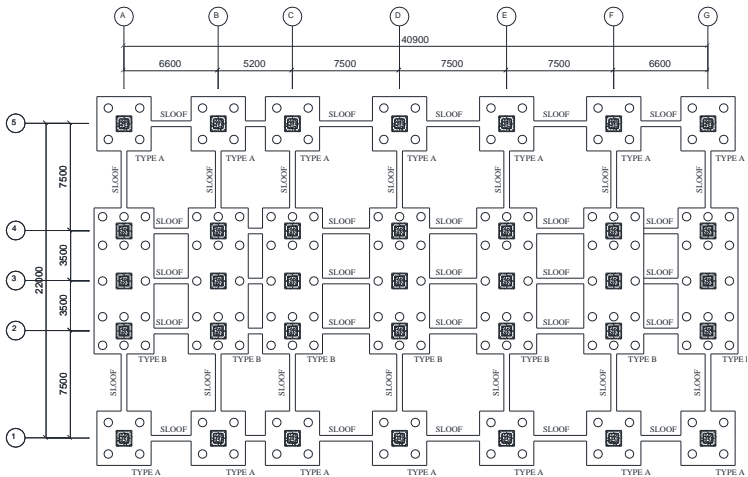
## BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

### 8.1 Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan struktur bawah ini menggunakan data tanah yang mewakili daerah perencanaan bangunan perkakiran ini yaitu kota Jakarta. Data tanah yang telah tersedia di lapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) yang dapat dilihat pada bagian lampiran.

### 8.2 Desain Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Rencana pondasi yang berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang berada di bawah berfungsi sebagai elemen yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ini terdapat 2 tipe pondasi. Type A dalam perencanaannya menggunakan tiang pancang ukuran diameter 600 mm sebanyak 4 tiang, sedangkan type B menggunakan tiang pancang berukuran diameter 600 mm sebanyak 15. Untuk perhitungan digunakan type A sedangkan untuk perhitungan pondasi type B dilampirkan.



**Gambar 8.1** Denah Rencana Pondasi

Pondasi type A pada gedung perkakiran ini direncanakan memakai pondai tiang pancang beton (*concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga dari produk dari PT. WIKA BETON. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

–Diameter tiang	: 600 mm
–Tebal tiang	: 100 mm
–Klasifikasi	: A1
– <i>Concrete Cros Section</i>	: 1570,8 cm <sup>2</sup>
–Berat	: 393 kg/m
– <i>Bending moment crack</i>	: 17 tm
– <i>Bending momen ultimate</i>	: 25,5 tm
– <i>Allowable axial load</i>	: 252,7 tm
– <i>Modulus section</i>	: 510508,81 cm <sup>3</sup>

### 8.3 Daya Dukung Tanah

#### 8.3.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q = Q_p + Q_s$$

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman

$$- Q_p = (N_p \times K) \times A_p = (34,67 \times 25) \times 0,283 = 245,04 \text{ ton}$$

Dimana :

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D dibawah dasar tiang pondasi

$$N_p = \frac{25 + 29 + 50}{3} = 34,67$$

$$\begin{aligned}
 K &= \text{Koefisien karakteristik tanah} \\
 &= 12 \text{ t/m}^2 \text{ untuk tanah lempung} \\
 &= 20 \text{ t/m}^2 \text{ untuk tanah lanau berlempung} \\
 &= 25 \text{ t/m}^2 \text{ untuk tanah lanau berpasir} \\
 &= 40 \text{ t/m}^2 \text{ untuk tanah pasir} \\
 &= 40 \text{ t/m}^2 \text{ untuk lempung sangat kaku} \\
 A_p &= \text{Luas Penampang dasar tiang} \\
 A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2 \\
 - Q_s &= \left( \frac{N_s}{3} \right) \times A_s = \left( \frac{12,7}{3} + 1 \right) \times 52,78 = 197,29 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 q_s &= \text{tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m}^2 \\
 N_s &= \text{harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam,} \\
 &\quad \text{dengan batasan : } 3 \leq N \leq 50 \\
 &= \text{mulai kedalaman 2 m} \\
 &= 6+4+6+8+4+13+17+15+25+29+50 = 127 \\
 N_s &= 127 / 10 = 12,7 \\
 A_s &= \text{keliling} \times \text{panjang tiang yang terbenam} \\
 &= \pi \times 0,6 \times 20 \\
 &= 37,7 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka kemanan.

$$Q_{ijin} = \frac{Q}{SF} = \frac{245,04 + 197,29}{2} = 221,17 \text{ ton}$$

– Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi WIKA), didapat :

$$\bar{P}_{1tp} = 252,7 \text{ ton}$$

– Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{1tp} = 221,17 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 221,17 ton

### 8.3.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

No	Gaya Dalam				
	P (Kg)	M <sub>x</sub> (Kg.m)	M <sub>y</sub> (Kg.m)	H <sub>x</sub> (Kg)	H <sub>y</sub> (Kg)
1D + 1L	-287744	-7799.20	700.05	-57.29	4190.53
1D + 1L + 1EX	-638714	-47926.91	-6148.22	3439.64	-9833.22
1D + 1L + 1EY	-441299	-32932.54	-13171.73	-2915.06	-1143.06

$$n = \frac{P}{E_k \times Q} = \frac{638,71}{0,8 \times 221,17} = 3,61 \rightarrow 4 \text{ buah}$$

Perhitungan Jarak Tiang

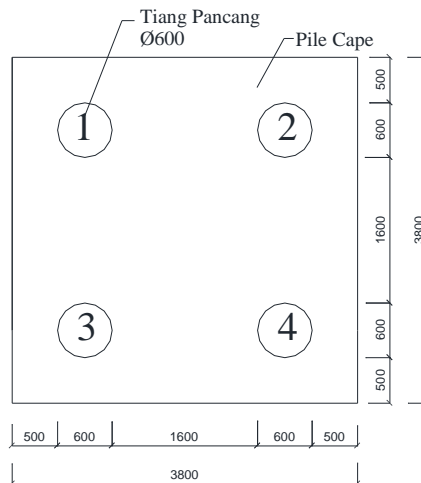
$$2,5D \leq S \leq 5D \rightarrow 150 \leq S \leq 300$$

Maka diambil jarak antar tiang (S) = 220 cm

$$1D \leq S \leq 1,5D \rightarrow 60 \leq S \leq 90$$

Maka diambil jarak tiang tepi (S) = 80 cm

Direncanakan pondasi tiang dengan 4 tiang pancang dari as ke as tiang adalah 2,2 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :



**Gambar 8.2** Pondasi Tiang Pancang

Untuk daya dukung group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien  $C_e$

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L(\text{tiang})} \times n \times C_e$$

$n$  = jumlah tiang dalam group

Dengan menggunakan perumusan Converse- Laberre :

$$E_k = 1 - \theta \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right]$$

Keterangan :

$E_k$  = efisiensi grup tiang

$\theta$  = arc tan  $d/s$  dalam derajat

$d$  = diameter dari tiang

$s$  = jarak antar pusat tiang pancang

$m$  = Jumlah tiang dalam baris

$n$  = Jumlah tiang dalam kolom

$$E_k = 1 - \left( \arctgn \frac{600}{2200} \right) \left[ \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \times 2 \times 2} \right]$$

$$= 0,83$$

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

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_{x_0} \times y_{maks}}{\sum y^2} \pm \frac{M_{y_0} \times x_{maks}}{\sum x^2}$$

Keterangan :

$V$  = Beban vertikal total yang bekerja

$n$  = Jumlah tiang dalam grup

$M_x$  = Momen pada arah sumbu x

$M_y$  = Momen pada arah sumbu y

$X_{maks}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu x

$Y_{maks}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu y

$\sum x^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang sumbu x

$\sum y^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang sumbu y

$$\begin{aligned}
 -M_{x_0} &= Mx + (Hy \times \text{tebal poer}) \\
 &= -47,93 \text{ ton.m} + (-9,83 \text{ ton} \times 1 \text{ m}) \\
 &= 57,76 \text{ ton.m (-)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 -M_{y_0} &= My + (Hx \times \text{tebal poer}) \\
 &= -13,17 \text{ ton.m} + (3,44 \text{ ton} \times 1 \text{ m}) \\
 &= 9,73 \text{ ton.m (-)}
 \end{aligned}$$

$$-\Sigma y^2 = 4 (1,1)^2 = 4,84 \text{ m}^2$$

$$-\Sigma x^2 = 4 (1,1)^2 = 4,84 \text{ m}^2$$

$$P_{maks} = \frac{638,71}{4} + \frac{57,75 \times 1,1}{4,84} + \frac{9,73 \times 1,1}{4,84}$$

$$P_{maks} = 175,02 \text{ ton}$$

–Kontrol beban 1 tiang dalam kelompok

$$P_{max} = 175,02 \text{ ton} < Q_{ijin} = 0,83 \times 221,17 \text{ ton}$$

$$P_{max} = 175,02 \text{ ton} < Q_{ijin} = 183,68 \text{ ton (OK)}$$

–Kontrol beban dalam kelompok

$$P_{max} = 638,71 \text{ ton} < Q_{ijin} = Ek \times Q \times n$$

$$P_{max} = 638,71 \text{ ton} < Q_{ijin} = 0,83 \times 221,17 \times 4$$

$$P_{max} = 638,71 \text{ ton} < Q_{ijin} = 734,72 \text{ ton (OK)}$$

## 8.4 Perencanaan Poer pada Kolom

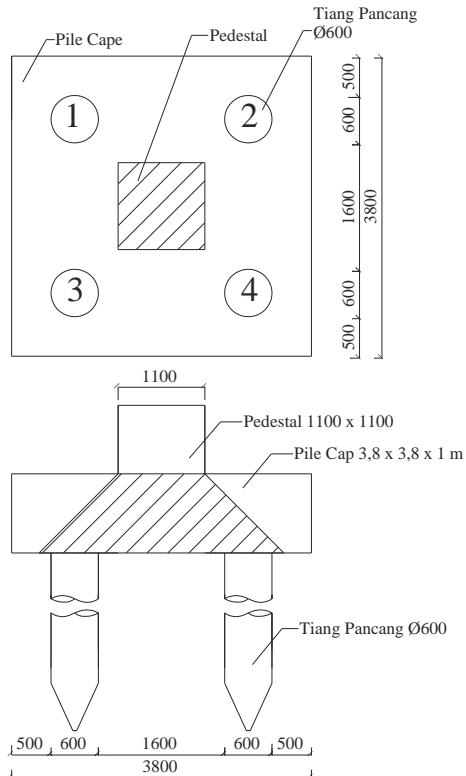
Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

- $P_{\max}$  (1 tiang) = 252,7 ton
- Jumlah tiang pancang = 4 buah
- Dimensi Poer =  $3,8 \times 3,8 \times 1,0$
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 35 MPa
- Mutu Baja ( $f_y'$ ) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 29 mm
- Selimut Beton = 70 mm
- $\lambda$  = 1 (beton normal)
- $\alpha_s$  = 30
- Tinggi efektif (d)
- $d_x = 1000 - 70 - \frac{1}{2} 29 = 915,5$  mm
- $d_y = 1000 - 70 - 29 - \frac{1}{2} 29 = 886,5$  mm

### 8.4.1 Kontrol Geser Pons Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1



**Gambar 8.3** Geser Ponds Akibat Kolom

Tebal efektif balok poer :

$$\text{Arah } x (d_x) = 1000 - 70 - (\frac{1}{2} \times 29) = 915,5 \text{ mm}$$

Keliling Penampang kritis

$$b_o = 2 \times (b_k + d) + 2 \times (h_k + d)$$

dimana :

$b_k$  = lebar penampang kolom

$h_k$  = tinggi penampang kolom

$d$  = tebal efektif poer

$$b_o = 2 (1100 + 915,5) + 2 (1100 + 915,5) = 8062 \text{ mm}$$



Untuk pondasi tapak non-prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai terkecil yang diambil dari persamaan berikut

$$\begin{aligned} V_{C1} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f' c} b_o d \\ &= 0,17 \times \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 8062 \times 915,5 \\ &= 22269237,18 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{C2} &= 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f' c} b_o d \\ &= 0,083 \times \left( \frac{30 \times 951,5}{8062} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 8062 \times 915,5 \\ &= 12346676,43 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{C3} &= 0,033 \lambda \sqrt{f' c} b_o d \\ &= 0,033 \times 1 \times \sqrt{35} \times 8062 \times 915,5 \\ &= 14540501,92 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  di atas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $12346676,43 \text{ N} = 1258580,67 \text{ kg} = 1258,6 \text{ ton}$

$$\phi V_c = 0,6 \times 1258,6 \text{ ton} = 755,15 \text{ ton}$$

$$P_u = 638,71 \text{ ton}$$

$$\phi V_c > P_u \rightarrow 755,1 \text{ ton} > 638,71 \text{ ton (OK)}$$

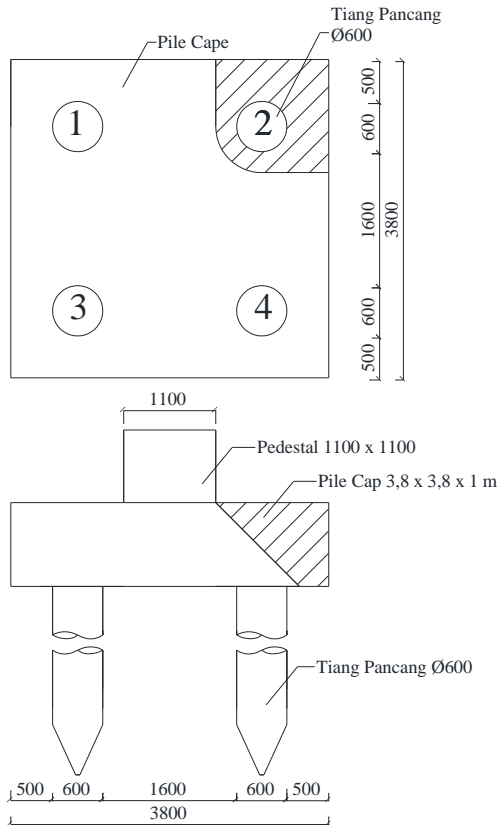
Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

### 8.4.2 Akibat Pancang

$\beta'$  = rasio sisi teranjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat)

Beban terpusat =  $1100/1100 = 1$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (1100 + 915,5)) + (2 \times 800) \\ = 3182,17 \text{ mm}$$



**Gambar 8.4** Geser Pons Akibat Tiang Pancang

$$\begin{aligned}
 V_{C1} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,17 \times \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 3182,17 \times 915,5 \\
 &= 8789933,37 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{C2} &= 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,083 \times \left( \frac{30 \times 951,5}{8062} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 3182,17 \times 915,5 \\
 &= 12346676,43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{C3} &= 0,033 \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,033 \times 1 \times \sqrt{35} \times 3182,17 \times 915,5 \\
 &= 5739309,43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  di atas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $5739309,43 \text{ N} = 585046,83 \text{ kg} = 585,05 \text{ ton}$

$$\phi V_c = 0,6 \times 585,05 \text{ ton} = 351,03 \text{ ton}$$

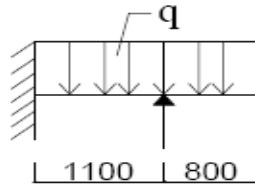
$$P = 287,74 \text{ ton}$$

$$\phi V_c > P \rightarrow 351,03 \text{ ton} > 287,74 \text{ ton} \text{ (OK)}$$

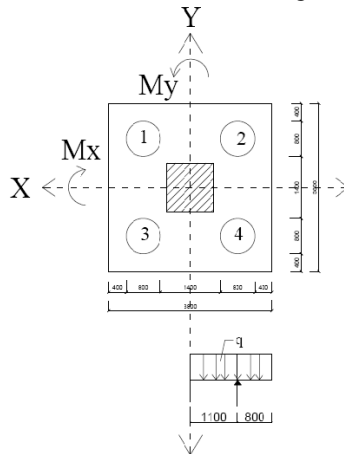
Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

### 8.5 Penulangan Poer

Untuk Penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakaan jepit pada kolom, sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



**Gambar 8.5** Analisa Poer sebagai Balok Kntilever



**Gambar 8.6** Pembebanan Poer Kolom Tipe A  
(Arah Sumbu X dan Y)

$$P_{tiang} = 252,7 \text{ ton}$$

$$P = 2 \times 252,7 = 505,4 \text{ ton}$$

$$Q = 3,8 \times 2,4 \times 1 = 9,12 \text{ ton/m}$$

$$qu = 9,12 \text{ ton/m} \times 1,2 = 10,94 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= 2P_{\max} a - \frac{1}{2} q_{ux} \cdot L^2 \\
 &= (505,4 \times 1,1) - (\frac{1}{2} \times 10,94 \times (1,1+0,8)^2) \\
 &= 536,19 \text{ ton.m} \\
 &= 5254623584 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$dx = 1000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 915,5 \text{ mm}$$

$$dy = 1000 - 70 - 29 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 886,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{fy} \times \left( \frac{600}{600 + fy} \right) = \frac{0,85 \times 35 \times 0,85}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_b = 0,038$$

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

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2} = \frac{5254623584}{0,9 \times 3800 \times 915,5} = 1,83$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{fy}} \right) = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,83}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,047$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d_x \\
 &= 0,0047 \times 3800 \times 915,5 = 16467,42 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660,18 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{16467,42}{660,19} = 24,94$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{3800}{25} = 152,34 \text{ cm} = 150 \text{ cm}$$

Digunakan tulangan lentur D29–150 mm

## 8.6 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya-gaya dalam kolom diperoleh dari hasil analisis ETABS 13 pada kolom lantai 1 adalah

$$\begin{aligned} -P_u &= 681095,6 \text{ kg} = 6810,96 \text{ kN} \\ -M_{ux} &= 49375,78 \text{ kg.m} = 493,76 \text{ kN.m} \\ -M_{uy} &= 14260,59 \text{ kg.m} = 142,61 \text{ kN.m} \\ -V_u &= 9844,46 \text{ kg} \end{aligned}$$

– Data Perencanaan Kolom:

$$\begin{aligned} b &= 1100 \text{ mm} \\ h &= 1100 \text{ mm} \\ A_g &= 1210000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

– Mutu Bahan :

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

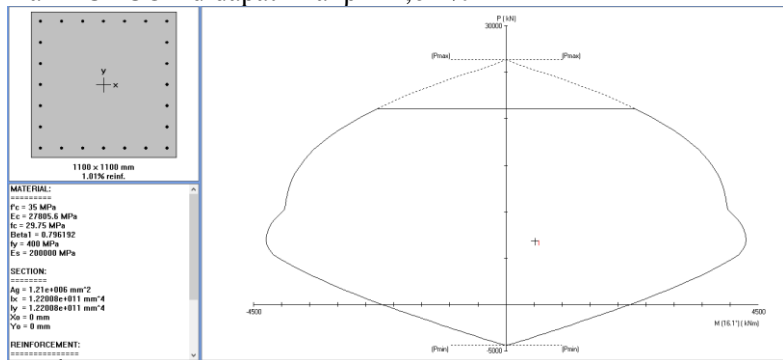
$$\text{Tulangan sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan Utama} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1100 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 1025,5 \text{ mm}$$

– Penulangan Lentur pada kolom

Dari PCACOL didapat nilai  $\rho = 1,01 \%$



**Gambar 8.7** Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA COL.

$$A_s = 0,0101 \times 1100 \times 1025,5 = 11393,31 \text{ mm}^2$$

Dipasang Tulangan 24D25,  $A_s = 12240 \text{ mm}^2$  dipasang merata 4 sisi.

– Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 9844,46 \text{ kg}$$

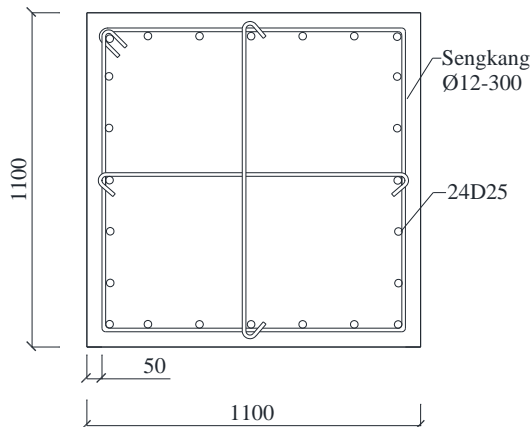
Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 2 \left( 1 + \frac{6810956}{14 \times 1210000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 1100 \times 1025,5 \\ &= 3118952,82 \text{ N} \end{aligned}$$

$$0,6V_c = 0,6 \times 3118952,82 \text{ N} = 1871371 \text{ N}$$

$$= 187137,1 \text{ kg} > V_u \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Jadi dipasang tulangan geser praktis  $\text{Ø}12 - 300$ ,



**Gambar 8.8** Penulangan Kolom Pedestal

### 8.7 Perhitungan *Sloof* Pondasi

Berdasarkan RSNI 03-2847-2012 Pasal 21.12.3.2 Balok *Sloof* yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diproporsikan 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

$$450. \quad \frac{l}{20} = \frac{7500}{20} = 375 \text{ mm}^2$$

Direncanakan dimensi *sloof* terkecil adalah 400 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan. Penulangan *sloof* didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Dalam Perancangan *sloof* ini diambil contoh perhitungan pada *sloof* tepi As 1 (E-F) :

- Gaya aksial kolom = 638714 kg
- $P_u = 10\% \times 638714 = 63871,4 \text{ kg}$
- Dimensi *sloof* = 400 × 600 mm
- Mutu Beton, ( $f'_c$ ) = 35 MPa
- Mutu Baja, ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Diameter Tulangan = D22 mm
- Diameter Sengkang = 10 mm
- Selimut Beton = 50 mm
- $d = 600 - 50 - 10 - (\frac{1}{2} \times 22) = 529 \text{ mm}$

Tegangan ijin tarik beton

$$f_{ijin} = 0,7 \times \sqrt{f'_c} = 0,7 \times \sqrt{35} = 4,14 \text{ MPa}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{638714}{0,8 \times 1100 \times 1100} = 3,26 \text{ MPa} < f_{ijin}$$

Beban yang diterima *sloof* :

- Berat sendiri =  $0,40 \times 0,60 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$
  - Berat dinding =  $3,5 \times 250 = 875 \text{ kg/m}$
- $$q_d = 1451 \text{ kg/m}$$

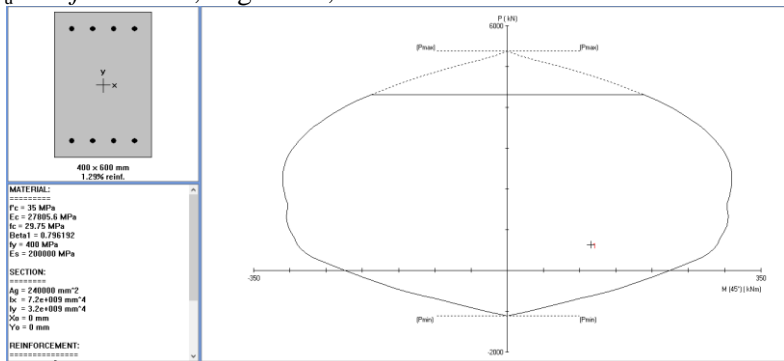


Konstruksi *Sloof* merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada RSNI 03-2847-2012 Pasal 8.3.3, sebagaimana dengan analisis berikut ini :

$$-q_u = 1,2 \times D_L = 1,2 \times 1451 \text{ kg/m} = 1741,2 \text{ kg/m}$$

$$-M_u = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2 = \frac{1}{12} \times 1741,2 \times 7,5^2 = 8161,9 \text{ kgm} = 81,62 \text{ kN}$$

$$-P_u \text{ Sloof} = 63871,4 \text{ kg} = 638,714 \text{ kN}$$



**Gambar 8.9** Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA COL

Dari analisa PCACOL didapat :

$$\rho = 0,0129$$

Dipasang tulangan 8D22 ( $A_s = 3041,1 \text{ mm}^2$ )

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar tie beam yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{penutup beton } (p = 50 \text{ mm}) : 2 \times 50 = 100 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{senggang, } \phi_{\text{senggang}} = 10 \text{ mm} : 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$4 \times \text{D22} : 4 \times 22 = 88 \text{ mm}$$

$$3 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} : \underline{3 \times 25 = 75 \text{ mm}}$$

$$\text{Total} = 283 \text{ mm}$$

Lebar balok 400 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

### 8.7.1 Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 1741,2 \times 7,5 = 6529,5 \text{ kg}$$

$$= 75014,1 \text{ N}$$

Berdasarkan RSNI 03-2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$= 0,17 \left( 1 + \frac{6810956}{14 \times 1210000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 400 \times 539$$

$$= 629027,5 \text{ N}$$

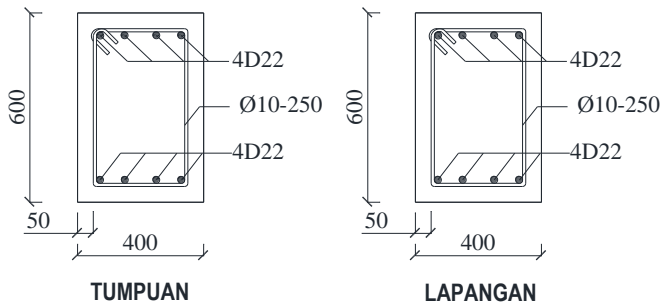
$$\phi V_c = 0,75 \times 629027,5 \text{ N} = 471170,62 \text{ N} > V_u \text{ (OK)}$$

Berdasarkan RSNI 03-2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada *sloof* tidak boleh kurang dari berikut ini :

$$\frac{d}{2} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

$$\frac{539}{2} = 269,5 \rightarrow s = 250 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang  $\emptyset 10 - 250 \text{ mm}$  ( $A_v = 523,8 \text{ mm}^2$ )



**Gambar 8.10** Penulangan Sloof

## **BAB IX**

### **PENUTUP**

#### **9.1 Ramkuman**

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh Ramkuman sebagai berikut :

1. Untuk perhitungan struktur sekunder dapat dilakukan terlebih dahulu, diantaranya adalah pelat, balok anak, tangga, lift dan Ramp terhadap beban-beban yang bekerja.
2. Setelah perhitungan struktur sekunder selesai, maka dilanjutkan dengan memodelkan dan menganalisa struktur bangunan menggunakan bantuan program, salah satunya adalah menggunakan program bantu ETABS 2013.
3. Kemudian dilakukan pengontrolan desain struktur utama sampai memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.
4. Hasil Perhitungan Sekunder
  - a. Pelat Lantai menggunakan bondek *Super Floor Deck* dengan ketebalan bondek 0,75 mm untuk Gedung Parkir Kementerian Dalam Negeri ini, dan tebal pelat beton dari masing-masing lantai sebagai berikut :
    - Tebal Pelat Lantai = 13 cm
    - Tebal Pelat Atap = 13 cm
  - b. Balok Anak
    - Balok Anak Lantai
      - Profil WF 400.200.7.11 bentang 7,5 meter
      - Profil WF 350.175.7.11 bentang 6,6 meter
      - Profil WF 300.150.6,5.9 bentang 5,2 meter
    - Balok Anak Atap
      - Profil WF 350.175.6.9 bentang 7,5 meter
      - Profil WF 300.150.5,5.8 bentang 6,6 meter
      - Profil WF 250.125.6.9 bentang 5,2 meter
  - c. Balok Tangga
    - Pengaku anak tangga Profil L 50.50.7
    - Profil Balok Bordes WF 100.50.5.7
    - Profil Balok Tangga WF 200.100.5,5.8

- Profil Balok Penumpu WF 200.100.5,5.8
- d. Balok Lift
  - Profil Penggantung WF 300.150.6,5.9
- e. Ramp
  - Tebal Pelat Ramp = 13 cm
  - Profil Ramp WF 300.150.6,5.9
  - Profil Penumpu Ramp WF 450.200.9.14
- 5. Hasil Perhitungan Struktur Primer, didapatkan :
  - a. Balok Induk
    - Profil WF 500.200.9.14 Lantai 1-5
    - Profil WF 450.200.9.14 Lantai 6-10
    - Profil WF 450.200.8.12 Lantai 11-Atap
  - b. Kolom
    - CFT 700.700.22.22 Lantai 1-5
    - CFT 650.650.19.19 Lantai 6-10
    - CFT 600.600.16.16 Lantai 11-Atap
  - c. Link
    - Link Arah X
      - Profil WF 500.300.11.18 Lantai 1-5
      - Profil WF 500.200.10.16 Lantai 6-10
      - Profil WF 450.200.9.14 Lantai 11-Atap
    - Link Arah Y
      - Profil WF 450.200.9.14 Lantai 1-5
      - Profil WF 450.200.8.12 Lantai 6-10
      - Profil WF 400.200.8.13 Lantai 11-Atap
  - d. Bressing
    - Bressing Arah X
      - Profil WF 250.250.9.14 Lantai 1-5
      - Profil WF 200.200.10.16 Lantai 6-10
      - Profil WF 200.200.12.12 Lantai 11-Atap
    - Bressing Arah Y
      - Profil WF 200.200.10.16 Lantai 1-5
      - Profil WF 200.200.10.16 Lantai 6-10
      - Profil WF 200.200.12.12 Lantai 11-Atap
  - e. Sambungan Terlampir

6. Hasil Perhitungan Struktur Bawah didapatkan :
  - a. Struktur Pondasi menggunakan tiang pancang PT. Wika Beton yaitu menggunakan tiang pancang berdiameter 600 mm dengan kedalam 20 meter untuk pondasi A1(P1) dan kedalam 16 meter untuk pondasi A2(P2) berdasarkan hasil penelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).
  - b. Dimensi Poer Direncanakan :
    - P1 Ukuran 3,8 m × 3,8m × 1m, dengan tulangan lentur D29-150
    - P2 Ukuran 4,2 m × 10 m × 1m, dengan tulangan lentur D29-100
  - c. Dimensi Kolom pedestal direncanakan 1100mm × 1100mm, dengan tulangan utama 24D25 dan tulangan geser Ø10-250
  - d. Dimensi *Sloof* direncanakan 40 × 60 cm, dengan tulangan lentur 8D22 dan tulangan geser Ø10-250.
7. Output gambar struktur gedung dengan program bantu AutoCAD 2012 terlampir.

## 9.2 Kesimpulan

Kesimpulan dari Tugas Akhir ini bahwa Gedung Parkir Kemendagri Jakarta dapat direncanakan menggunakan baja dengan profil yang terdapat pada rangkuman di atas dan gedung dapat menggunakan sistem *Eccentrically Braced Frame (EBF)* dan Kolom *Concrete Filled Steel Tube*.

## 9.3 Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan sistem struktur *Eccentrically Braced Frame (EBF)* dan kolom *Concrete filled Steel Tube (CFT)* lebh lanjut terhadap standar yang telah ditetapkan baik itu SNI maupun AISC. Sehingga diharapkan perncanaan dapat dimodelkan semirip mungn dengan kondisi sesungguhnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung* (PPIUG 1983), Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Engelhardt, Michael D., Popov, Egor P. 1989. *Behavior of Long Links in Eccentrically Braced Frames*, Earthquake Engineering Research Center UBC/EERC-89/01, College of Engineering University of California at Barkeley.
- Engelhardt, Michael D., Popov, Egor P. 1992. *Experimental Performance of Long Link in Eccentrically Braced Frames*. Journal of Strctural Engineering. Vol. 118,
- Morino., Shosuken., Thusada., dan Keigo. 2001. *Desain and Construction of Concrete Filled Steel Tube Column Sistem in Japan*. Department of Environmental Space Desain, University of Kitakyusu.
- Nidiasari. 2010, *Kajian Numerik Perilaku Link Panjang dengan Pengaku Diagonal Badan pada Sistem Rangka Baja Berpengaku Eksentris*, Tesis Magister Teknik Sipil, Pengutamaan Rekayasa Struktur, ITB.
- Salmon, Charies G., dan Johnson, John E. 1996. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*. Jilid 1 Edisi kedua. Diterjemahkan oleh: Ir. Wira M.S.CE. Jakarta: Erlangga.

Standar SNI 03-1729-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, 2002.

Standar SNI 03-1726-2012 . *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, 2012.

Standar SNI 03-1729-2015. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, 2015.

Standar SNI 03-2847-2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, 2013.

Yurisman. 2010. *Perilaku Link dengan Pengaku Diagonal Badan pada Sistem Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF)* Disertasi Doktorat Teknik Sipil, Pengutamaan Rekayasa Struktur, ITB.



# LAMPIRAN

# BORING LOG

HOLE No. : BH.-2

PROJECT : CIPUTRA WORLD-1	TOTAL DEPTH : 50.00 m	DRILLING METHOD : ROTARY DRILLING
LOCATION : Jl. Prof. DR. Satrio	COORDINATES N. - E. -	Ø OF CORE : 60 mm
STARTED : 12-12-2012	GROUND ELEVATION : + 13.51 m	Ø OF CASING : 89 mm
FINISHED : 12-20-2012	GROUND WATER LEVEL : - m	LOGGED BY : Syahrir

SCALE IN (m)	DEPTH (m)	ELEVATION (m)	SYMBOL	SOIL / ROCK DESCRIPTION	DEPTH (m)	SYMBOL	INSITU TEST						
							STANDARD PENETRATION TEST		ROD (%)	W (%)			
		N - VALUE											
		N VALUE (BLOWS PER 30 cm)											
0													
				CLAY trace Silt, redish brown, highly plastic, soft to firm	1.00								
					1.50	☒							
	2.05	+11.46			1.95	☒	N. 6	6					
					2.50								
					3.00	☒							
					3.45	☒	N. 4						
					4.00								
					4.50	☒							
				CLAY with some Silt, redish brown spotted grey, moderately plastic, soft to firm	4.95	☒	N. 1	1					
					5.50								
					6.00	☒							
					6.45	☒	N. 6	6					
					7.00								
					7.50	☒							
	8.15	+5.36			7.95	☒	N. 8	8					
					8.50								
				SILT with some Clay, brownish grey, non plastic, firm	9.00	☒							
					9.45	☒	N. 4	4					
	9.70	+3.81			10.00								
					10.50								
				SILT trace Clay with some fine grain Sand, brown, stiff	10.95	☒	N. 11	11					
	11.00	+2.51											
					12.00								
				Silty CLAY, grey, moderately plastic, stiff	12.45	☒	N. 13	13					
	12.90	+0.61											
					13.50								
				SILT, grey, friable, stiff	13.95	☒	N. 17	17					
	13.65	-0.14											
				Sandy GRAVEL with some Silt, friable, brown spotted grey, (Ø max 2cm, rounded), medium dense	15.00								
					15.25	☒	N. 15	15					
	15.25	-1.74											
					16.40								
				SILT, light grey, stiff	16.50	☒							
	16.40	-2.89			18.95	☒	N. 18	18					
				SILT with some fine grain Sand, grey, friable, medium dense (at some place weakly cemented)	18.00								
					18.45	☒	N. 26	26					
					19.50								
	19.60	-6.09			19.95	☒	N. 29	29					
					21.00								
				Silty SAND, fine grain, poorly graded, medium dense to very dense (at some place weakly cemented, brittle)	21.45	☒	N. >50	>50					
					22.50								
					22.95	☒	N. 29	29					
					24.00								
					24.45	☒	N. 20	20					
	25.10	-11.49											
					25.50								
				Clayey SILT, grey, non plastic, friable, hard soil	25.95	☒	N. 41	41					
	26.00	-12.49											
					27.00								
				Silty SAND, brownish grey, medium grain, poorly graded, dense to very dense, weakly cemented	27.45	☒	N. 50	50					
					28.50								
					28.95	☒	N. 37	37					
	29.00	-15.49											
				Clayey SILT, grey, friable, very stiff to hard soil									
	30.00	-16.49											

REMARKS:  
 MODIFICATION 0 to 10 % TRACE  
 10 to 20 % SOME  
 20 to 35 % ADJUSTIVE (CLAYEY/SILTY)  
 35 to 50 % AND

SAMPLES ☒ U.D. SAMPLE  
 ☒ SPT SAMPLE

**BORING LOG**

HOLE No. : BH.-2

PROJECT : CIPUTRA WORLD-1	TOTAL DEPTH : 50.00 m	DRILLING METHOD : ROTARY DRILLING
LOCATION : Jl. Prof. DR. Satrio	COORDINATES N. - E. -	Ø OF CORE : 60 mm
STARTED : 12-12-2012	GROUND ELEVATION : + 13.51 m	Ø OF CASING : 89 mm
FINISHED : 12-20-2012	GROUND WATER LEVEL : - m	LOGGED BY : Syahrir

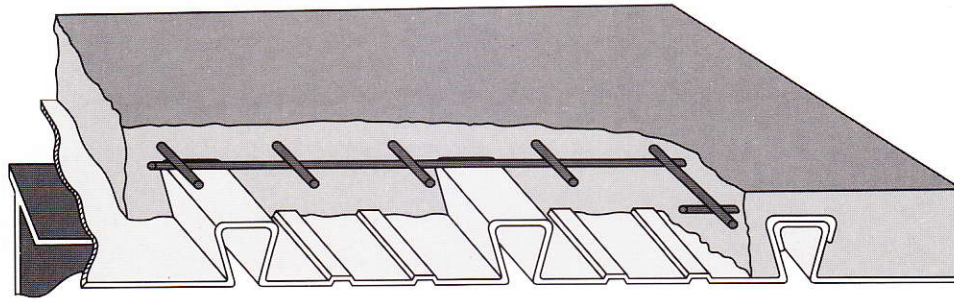
SCALE IN (m)	DEPTH (m)	ELEVATION (m)	SYMBOL	SOIL / ROCK DESCRIPTION	SAMPLING		INSITU TEST										
					DEPTH (m)	SYMBOL	STANDARD PENETRATION TEST										
					N VALUE (BLOWS PER 30 cm)	N - VALUE											
						0	10	20	30	40	50						
30	30.00	-16.49			30.45	⊗	N. 20	20									
32				CLAY some Silt to Silty Clay, grey spotted brown, friable, very stiff to hard soil	31.50												
					31.95	⊗	N. 18	18									
34					33.00												
					33.45	⊗	N. 20	20									
36	36.10	-22.59		SILT some Clay, grey, very stiff	34.50												
					34.95	⊗	N. 31	31									
38	37.00	-23.49		Silty CLAY friable, grey spotted brown, very stiff to hard soil	36.00												
					36.45	⊗	N. 25	25									
40	40.00	-26.49		CLAY trace Silt, brownish grey, friable, very stiff	37.50												
					37.95	⊗	N. 30	30									
42	42.30	-28.79		Sandy SILT, fine to medium grain, friable, grey, very stiff	39.00												
					39.45	⊗	N. 24	24									
44	43.70	-30.19		CLAY trace Silt, grey, very stiff to hard soil	40.50												
					40.95	⊗	N. 25	25									
46	45.30	-31.79		Clayey SILT, grey, friable, very stiff	42.00												
					42.45	⊗	N. 27	27									
48	47.60	-34.09		Sandy SILT, light grey, friable, at some place weakly cemented (Sand is fine grain), hard soil	43.50												
					43.95	⊗	N. 30	30									
50	50.00	-36.49		CLAY trace Silt, grey, friable, hard soil	45.00												
					45.45	⊗	N. 28	28									
52				End of Drilling	46.50												
					46.95	⊗	N. >50	>50									
54					48.00												
					48.45	⊗	N. 45	45									
56					49.55												
					50.00	⊗	N. 50	50									

REMARKS:  
 MODIFICATION 0 to 10 % TRACE  
 10 to 20 % SOME  
 20 to 35 % ADMETIVE (CLAYE/SILT)  
 35 to 50 % AND

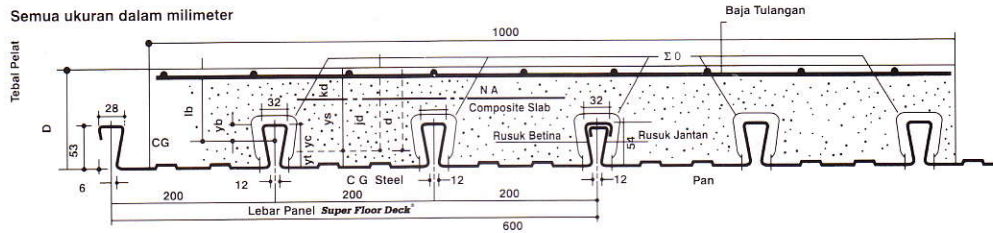
SAMPLES ⊗ U.D. SAMPLE  
 ⊗ SPT SAMPLE

SHEET 2 OF 2

# Super Floor Deck®



## PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit



### Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

**TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG Super Floor Deck® PERLEBAR 1000 MM**

Tebal Pelat mm	Berat per setuan luas kg / m <sup>2</sup>	Luas penampang mm <sup>2</sup>	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie 10 <sup>8</sup> x mm <sup>4</sup>	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc mm	Yt mm	I <sub>p</sub> 10 <sup>4</sup> x mm <sup>4</sup>	Z <sub>pc</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	Z <sub>pt</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	I <sub>n</sub> 10 <sup>4</sup> x mm <sup>4</sup>	Z <sub>nc</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	Z <sub>nt</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>		10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	max KN	10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	Max KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : I<sub>p</sub> = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Z<sub>nc</sub> = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

Notes

I<sub>n</sub> = idem untuk daerah momen negatif

Z<sub>pc</sub> = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

I<sub>p</sub> = I<sub>p</sub> (1.26 - 0.26 I<sub>p</sub>)

Z<sub>nt</sub> = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Z<sub>pt</sub> = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

**TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS**

Super Floor Deck® 0.75 MM	BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT																					
	BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M <sup>2</sup>	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	700	1000														
TIANG PENYANGGA PROPPING	TALAN SPAN M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM													
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65	
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65
	2.25	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.50	9	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33
	3.00	10	10	10	11	12	13		9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75		
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12		
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3.50	12	12	12	12	13	15		11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71			11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51		
	3.75	13	13	13	13	14			11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09					11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81				
	4.00	14	14	14	14	15			12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55					12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17				
4.50								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53								13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95						
5.00								15	6.20	15	7.27	15	8.90										15	4.90	15	5.73	15	6.58								

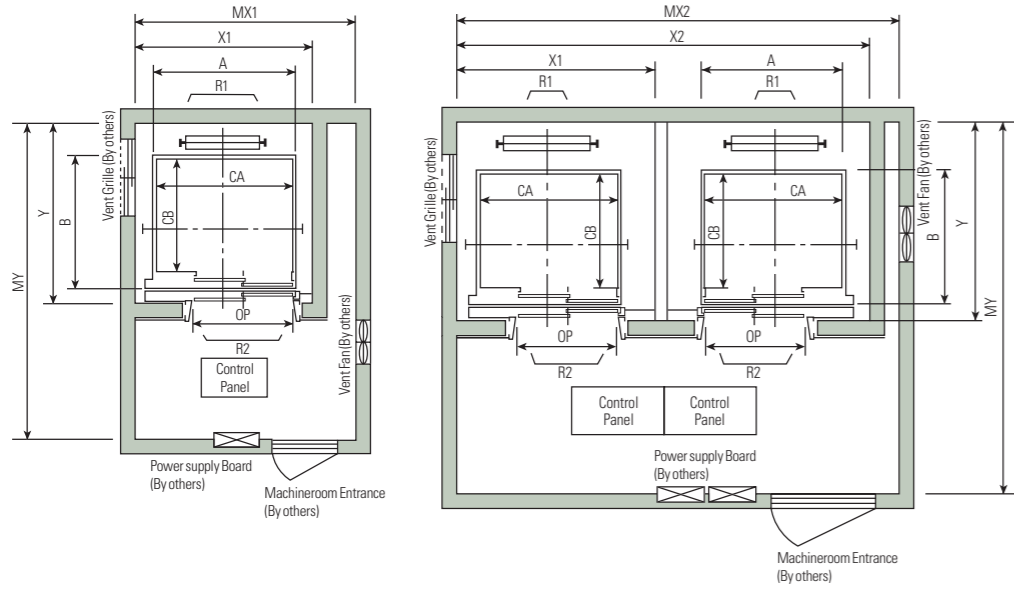
- Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGGAN  
 - BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA  
 - MUTU BAJA TULANGAN U - 48

Plan of Hoistway & Machine Room

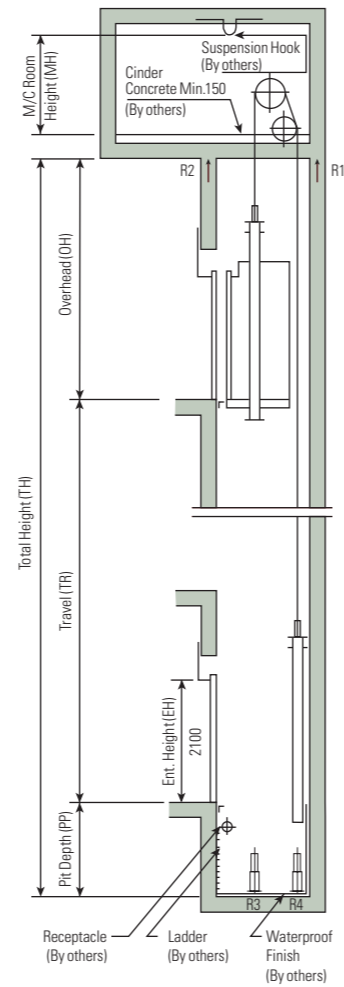
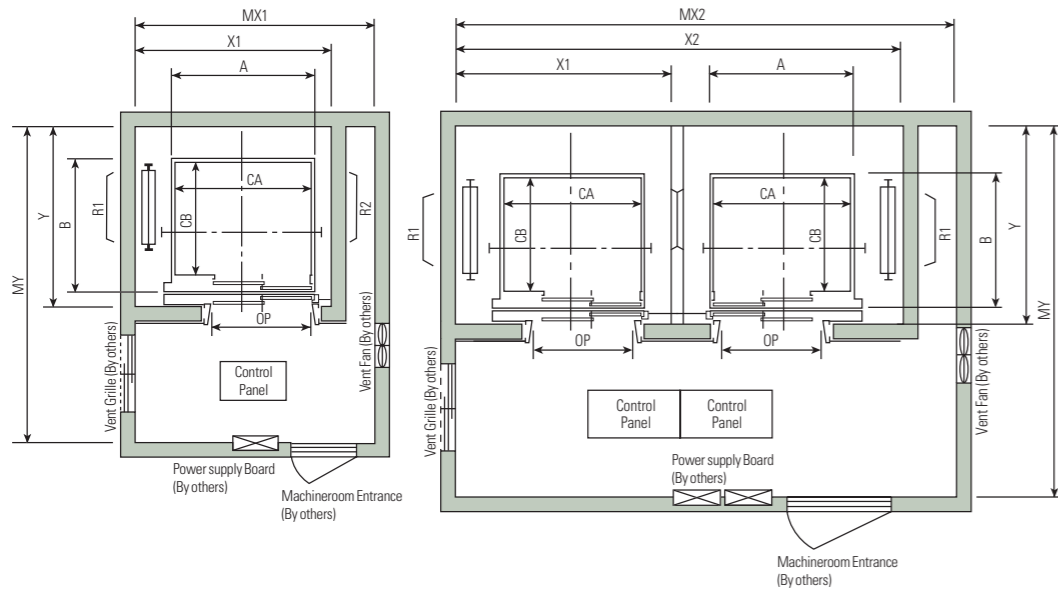
Section of Hoistway

Standard Dimensions & Reactions

Rear Drop



Side Drop



Manufacturer Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	C.WT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)		
						Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4	
						Persons	kg											
1.0	6	450	2 Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	3600	2000	5400	4500	
	8	550		800	Rear	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900	
	9	600		800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100	
	10	700		900	Rear	1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400	
	11	750		900	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2700	6800	5400	
1.5	11	750		900	Side	1100 x 1650	1160 x 1842	1850	3700	2100	2000	4000	3900	4550	2800	7100	5600	
	13	900		900	Side	1100 x 2000	1160 x 2192	1850	3700	2500	2000	4000	4300	5100	3750	8100	6300	
	1.75	15		1000	900	Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4350	5450	4300	8600	6600
		17		1150	1000	Rear	2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600	6600	5100	11000	8700
		20		1350	1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700
2.0	24	1600	1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500		
	13	900	900	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2450	5000	2750	2450	5000	4500	8500	6800	13600	10400		
		15	1000	900	Side	1200 x 1800	1300 x 2007	2200	4500	2250	2500	4500	4300	12030	6650	9000	7500	
	2.5	1350	15	1000	900	Side	1200 x 1900	1300 x 2107	2200	4500	2350	2500	4500	4400	12800	6950	9400	8000
			1000	Rear	1600 x 1500	1700 x 1707	2250	4600	2300	2550	4600	4400	12800	6950	9400	8000		
			1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2200	4500	2650	2500	4500	4700	13080	7150	11000	8700		
2.5	1350	1100	Rear	2000 x 1350	2100 x 1557	2650	5400	2150	2950	5400	4200	14350	7650	12200	9500			
		1000	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2300	4700	2750	2600	4700	4800	15100	8100	13600	10400			
		1100	Rear	2000 x 1500	2100 x 1707	2650	5400	2300	2950	5400	4400	15100	8100	13600	10400			
		1100	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2500	5100	2750	2800	5100	4800	15100	8100	13600	10400			
24	1600	1200	Rear	2100 x 1650	2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600	4500	15100	8100	13600	10400			

EN81 Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	C.WT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)		
						Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4	
						Persons	kg											
1.0	6	450	2 Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	3600	2000	5400	4500	
	7	550		800	Rear	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900	
	8	630		800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100	
	9	700		900	Rear	1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400	
	10	800		900	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2700	6800	5400	
1.5	10	800		900	Side	1100 x 1650	1160 x 1842	1850	3700	2100	2000	4000	3900	4550	2800	7100	5600	
	12	900		900	Side	1100 x 2000	1160 x 2192	1850	3700	2500	2000	4000	4300	5100	3750	8100	6300	
	1.75	13		1000	900	Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4350	5450	4300	8600	6600
		15		1150	1000	Rear	2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600	6600	5100	11000	8700
		18		1350	1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700
2.0	21	1600	1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500		
	12	900	900	Side	1400 x 2400	1500 x 2607	2350	5000	2850	2450	5000	4600	8500	6800	13600	10400		
		15	1000	900	Side	1200 x 1800	1300 x 2007	2200	4500	2250	2500	4500	4300	12030	6650	9000	7500	
	2.5	1350	13	1000	900	Side	1200 x 1900	1300 x 2107	2200	4500	2350	2500	4500	4400	12800	6950	9400	8000
			1000	Rear	1600 x 1400	1700 x 1607	2250	4600	2200	2550	4600	4300	12800	6950	9400	8000		
			1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2200	4500	2650	2500	4500	4700	13080	7150	11000	8700		
2.5	1350	1100	Rear	1800 x 1400	1900 x 1607	2450	5000	2200	2750	5000	4300	14350	7650	12200	9500			
		1000	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2300	4700	2750	2600	4700	4800	15100	8100	13600	10400			
		1100	Rear	2000 x 1500	2100 x 1707	2650	5400	2300	2950	5400	4400	15100	8100	13600	10400			
		1100	Side	1400 x 2400	1500 x 2607	2400	4900	2750	2700	4900	4800	15100	8100	13600	10400			
21	1600	1200	Rear	2100 x 1650	2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600	4500	15100	8100	13600	10400			

Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

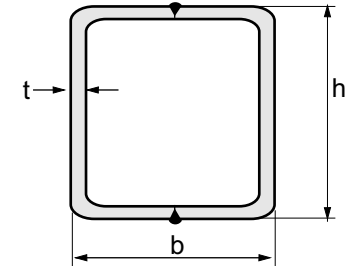
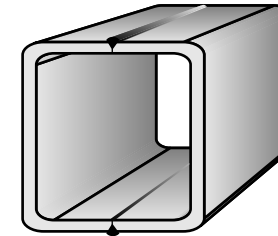
Speed (m/sec)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (MH)
	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4200	1400	2200
1.5	4400	1400	4400	1500	2400
1.75	4500	1500	4500	1600	
2.0	4700	1900	4700	2000	2600
2.5	5000	2200	5000	2200	

- Notes:
- Above dimensions are applied for car height of 2500mm, for other applicable dimensions, contact us.
  - In case of requested double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
  - Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.



METRIC SIZE

DIMENSION	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION	
					$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$	
H	B				$cm^4$	$cm^3$	cm	
mm	mm	mm	mm	kg/m	$cm^2$			
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20



CHEMICAL COMPOSITION

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm < t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

NOTE :

- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

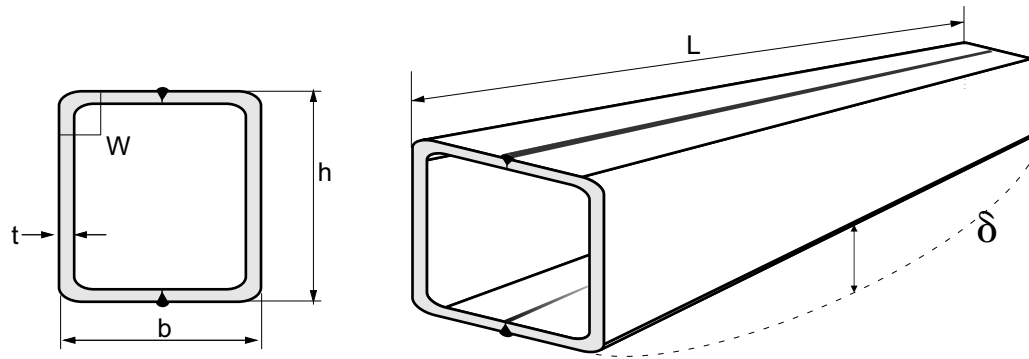
continue.....>>

HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,  
Sukadana, Cikarang Barat,  
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA  
Forming Department  
Phone DID : (62-21) 898 38 291 - 296  
Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158  
Fax : (62-21) 898 38 298  
e-mail : pji01@grdsteel.com  
pji02@grdsteel.com



## SHAPED AND TOLERANCE



DESCRIPTION	TOLERANCE
Length (L)	- 0 + 50 mm
Cross-Section (B)	JIS G 3466
Deplction ( $\delta$ )	1/1000 length max
Squareness (W)	$\pm 20$
Twisting	$\pm 4$ mm
Thickness	JIS G 3193

### Standard :

- Specification standard JIS & ASTM
- Material Standard SS 400, A36 & GR 50 A, B, C
- Bigger dimension will be produced, if there confirm before
- Semi Welding joint, partial penetration (AWS - D1.1 - 96)

# PC PILES

## DESCRIPTION

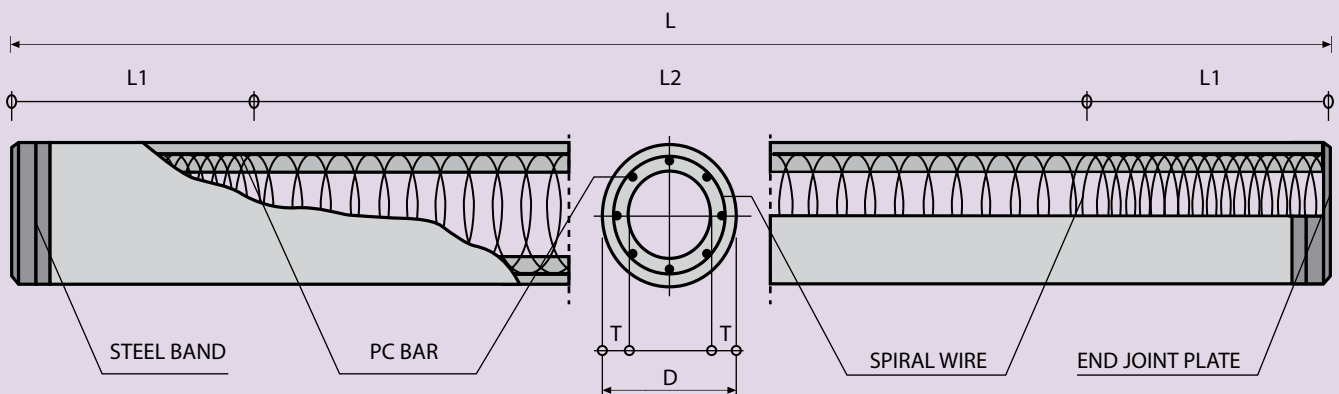
Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira 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 - 00 SNI 03 -2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

## SPUN PILE WITH TEKCON TECHNOLOGIES, WIKA CLT STANDARD

### UPPER / MIDDLE PILE (DOUBLE JOINT)



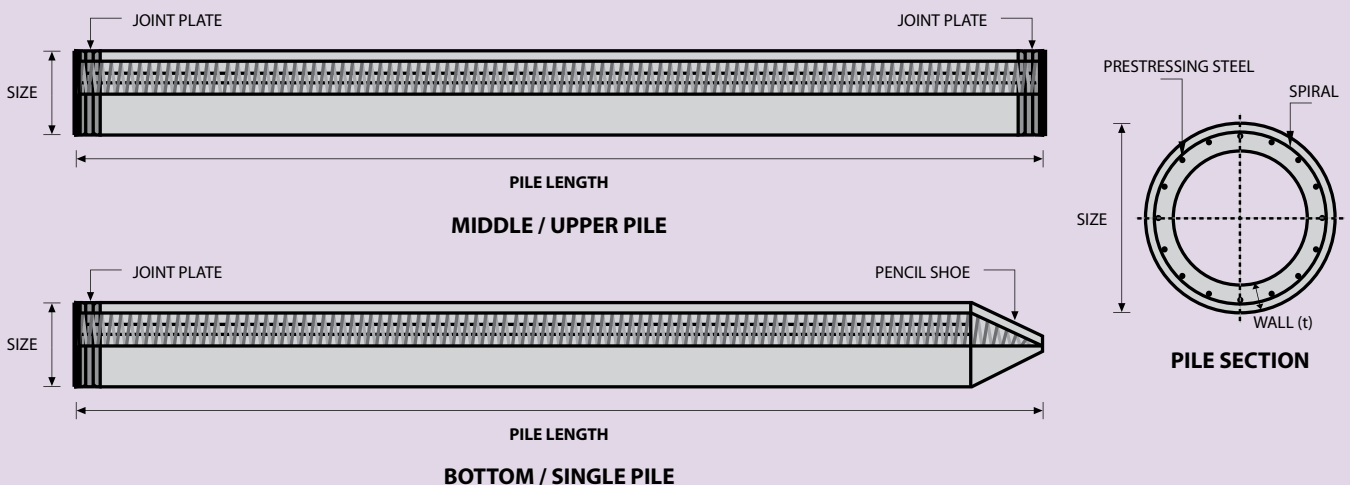
Outer Diameter of Piles D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Spiral Wire Diameter (mm)	Pitch		Length of Pitch	
			Zone L1 (mm)	Zone L2 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
300	60	3.2	50	100	900	L - 2 (L1)
350	70	3.2	50	100	1050	L - 2 (L1)
400	75	3.2	50	100	1200	L - 2 (L1)
450	80	4.0	50	100	1350	L - 2 (L1)
500	90	4.0	50	100	1500	L - 2 (L1)
600	100	4.0	50	100	1800	L - 2 (L1)



## MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	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 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	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 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	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/mm2) 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  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	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
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
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
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
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
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

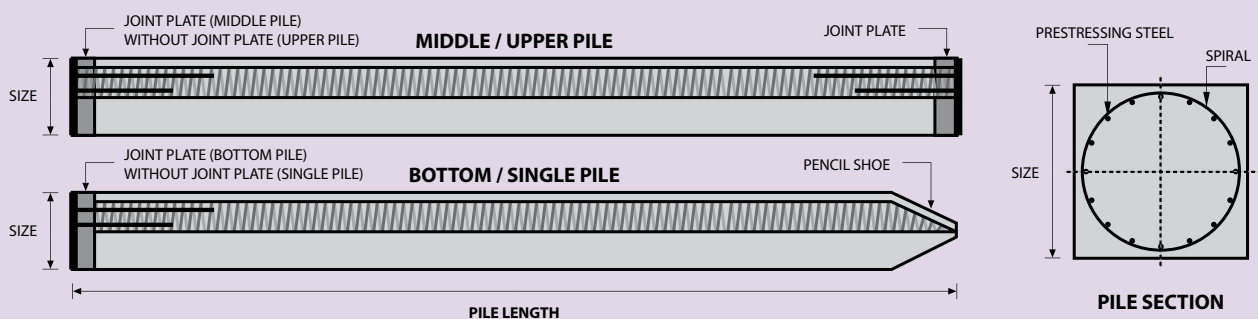
Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

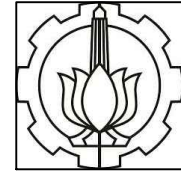
Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

\*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

\*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
KEMENDAGRI JAKARTA  
MENGUNAKAN BAJA  
DENGAN SISTEM EBF DAN  
KOLOM CONCRETE FILLED  
STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST. MT., PhD.  
Ir. R. Soewardoyo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

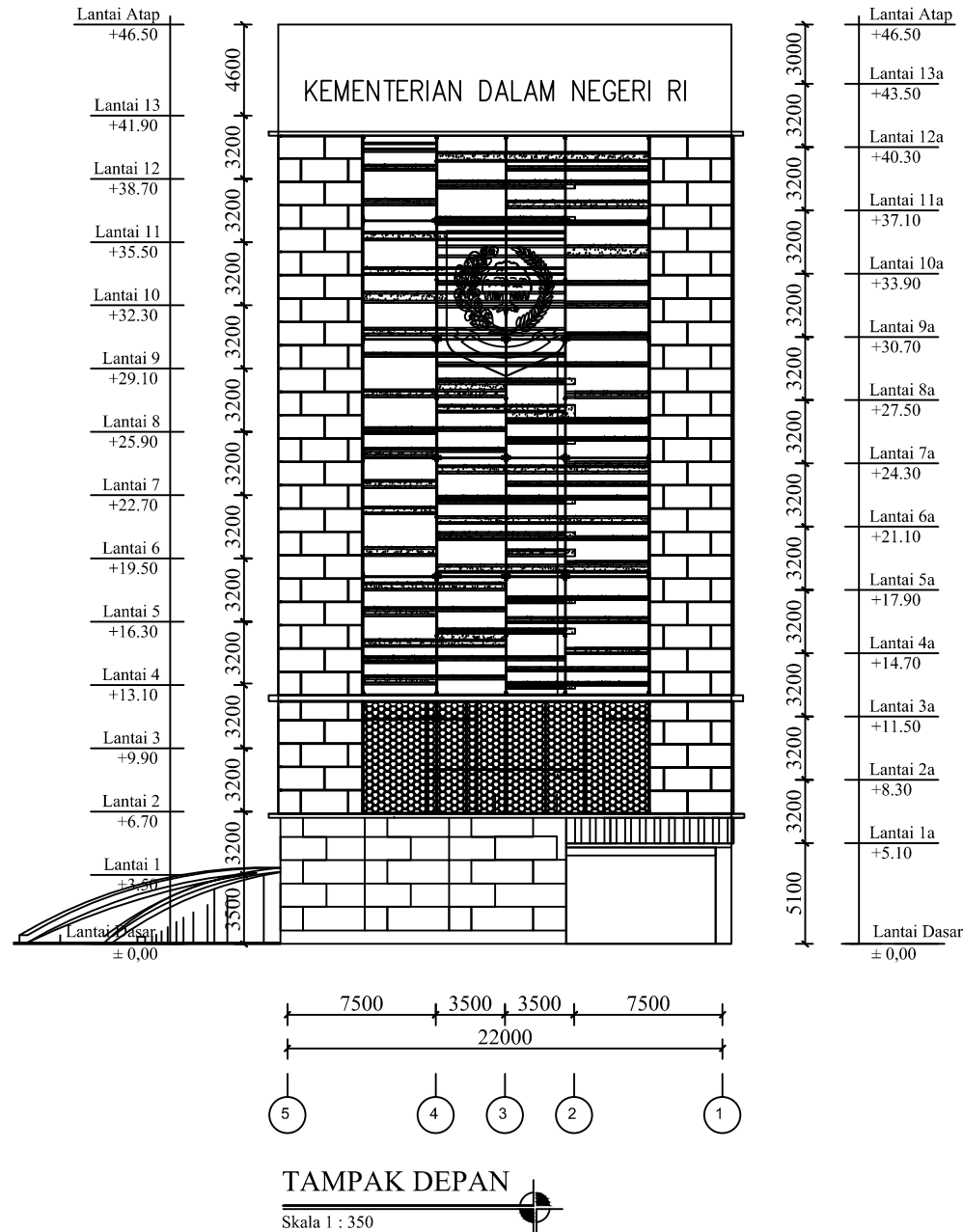
Revisi	Tanggal	Catatan

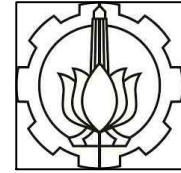
Nama Gambar

TAMPAK DEPAN

Skala 1:350

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	1	39





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
KEMENDAGRI JAKARTA  
MENGUNAKAN BAJA  
DENGAN SISTEM EBF DAN  
KOLOM CONCRETE FILLED  
STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST. MT., Ph.D.  
Ir. R. Soewardoyo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

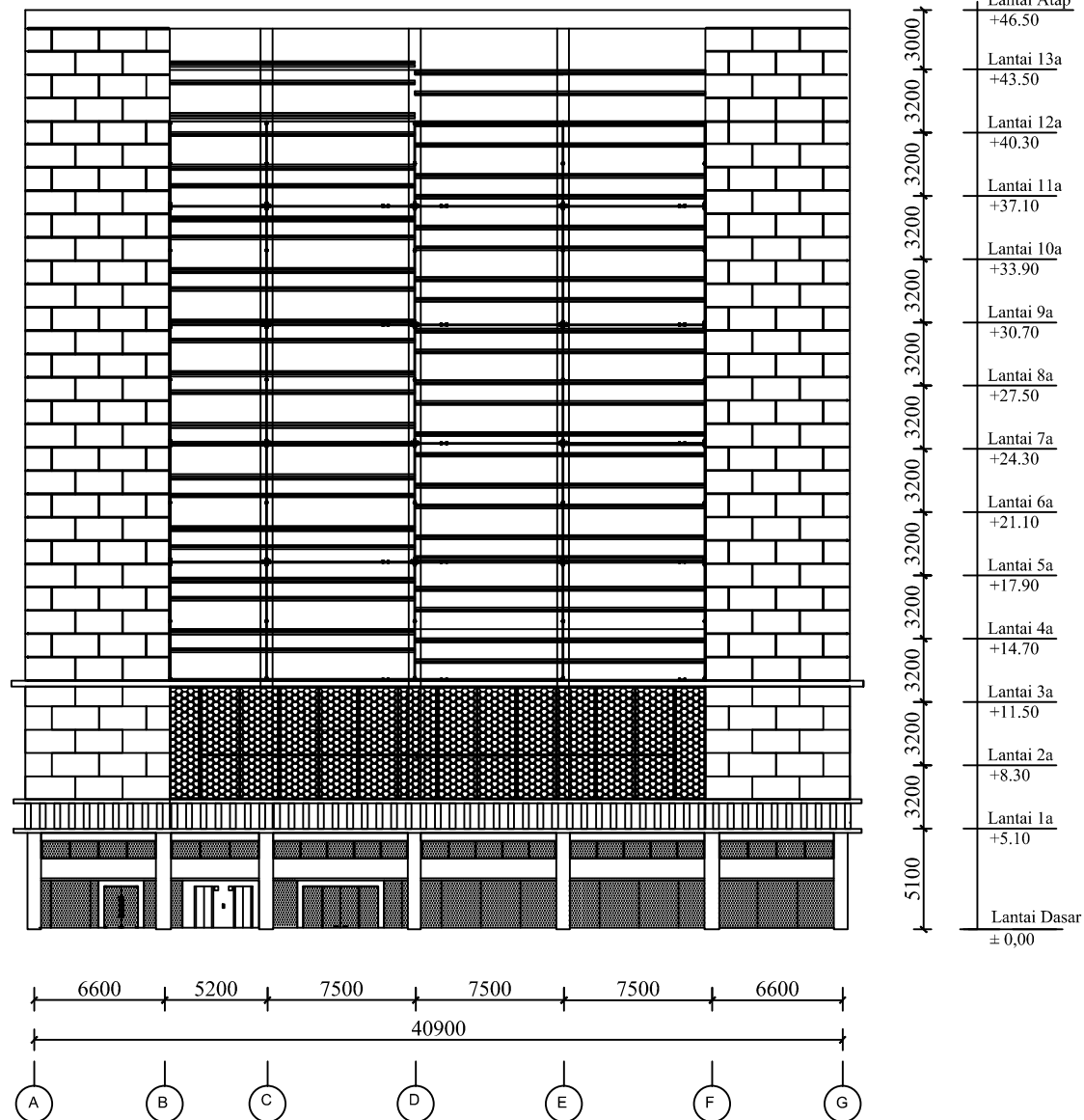
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

TAMPAK SAMPIING

Skala 1:350

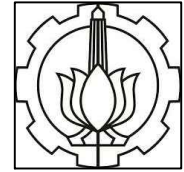
Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	2	39



TAMPAK SAMPIING

Skala 1 : 350





Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 400.200.7.11  
 BA-2 : WF 300.150.6,5.9  
 BA-3 : WF 350.175.7.11  
 BI-1 : WF 500.200.9.14  
 BI-2 : WF 400.200.8.12  
 K1 : HSS 700.700.22.22

Nama Mahasiswa

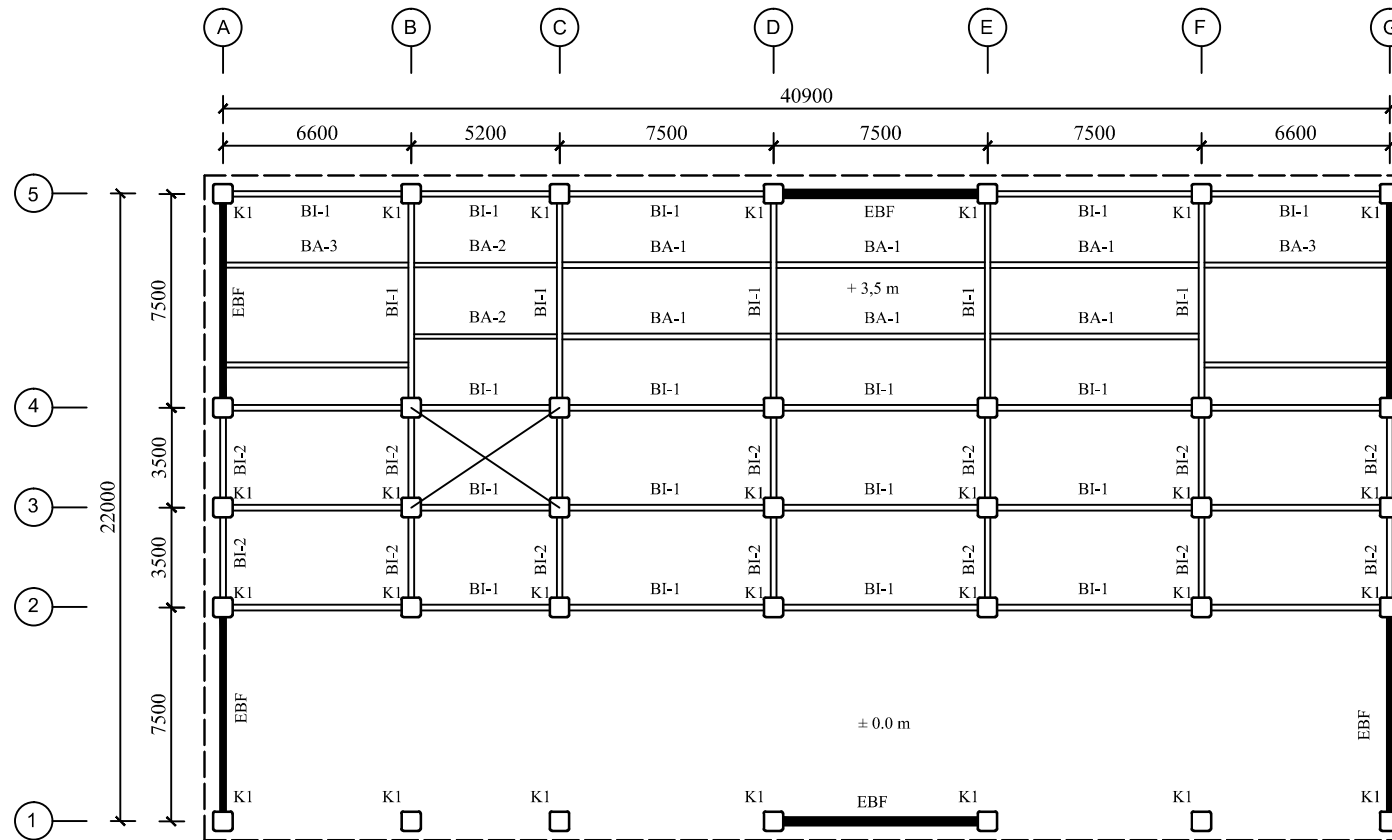
Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

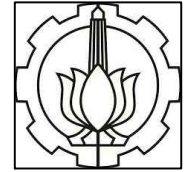
Nama Gambar

DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 1-5  
 Skala 1:250

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	3	39



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 1 +3,50  
 Skala 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 400.200.7.11  
 BA-2 : WF 300.150.6.5.9  
 BA-3 : WF 350.175.7.11  
 BI-1 : WF 500.200.9.14  
 BI-2 : WF 400.200.8.12  
 K1 : HSS 700.700.22.22

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

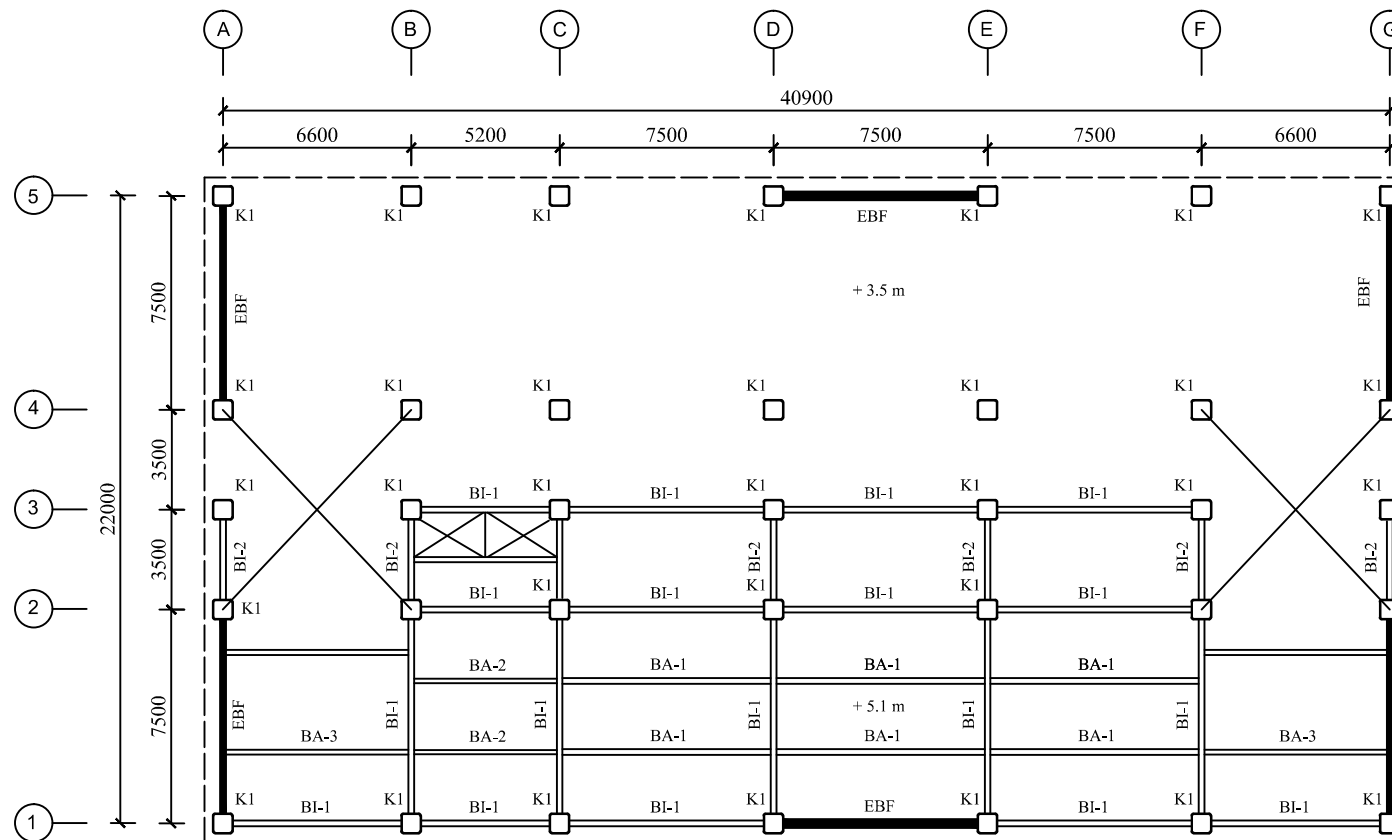
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 1A-5A

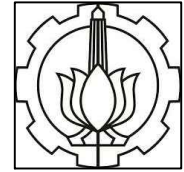
Skala 1:250

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	4	39



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 1A-5A  
 Skala 1 : 250

Lantai 1A ELV. +5.10 m  
 Lantai 2A ELV. +8.30 m  
 Lantai 3A ELV. +11.50 m  
 Lantai 4A ELV. +14.70 m  
 Lantai 5A ELV. +17.90 m



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardjo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 400.200.7.11  
 BA-2 : WF 300.150.6,5.9  
 BA-3 : WF 350.175.7.11  
 BI-1 : WF 500.200.9.14  
 BI-2 : WF 400.200.8.12  
 K1 : HSS 700.700.22.22

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

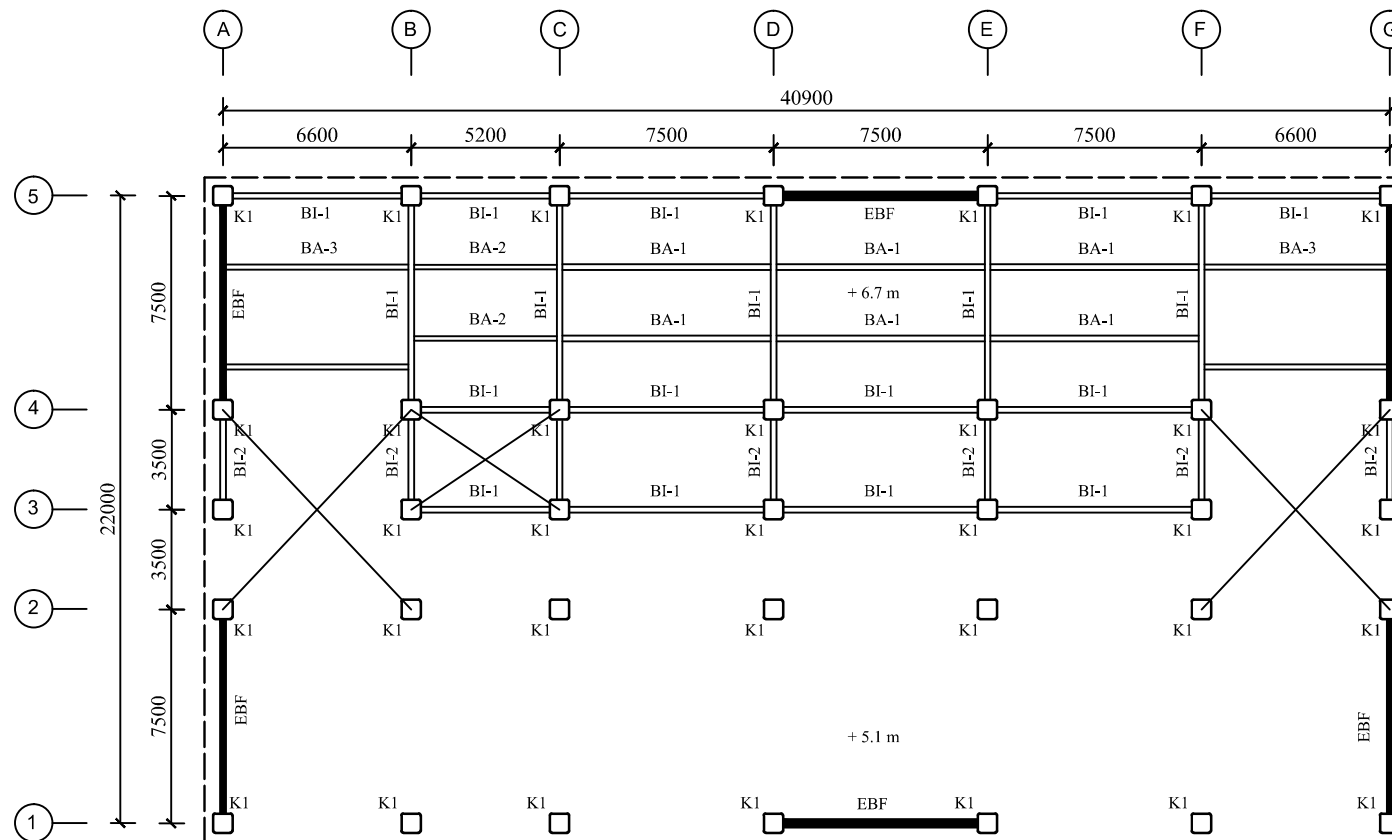
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 2-5

Skala 1:250

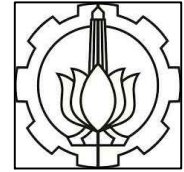
Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	5	39



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 2-5

Skala 1 : 250

Lantai 2 ELV. +6.70 m  
 Lantai 3 ELV. +9.90 m  
 Lantai 4 ELV. +13.10 m  
 Lantai 5 ELV. +16.30 m



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 400.200.7.11  
 BA-2 : WF 300.150.6,5.9  
 BA-3 : WF 350.175.7.11  
 BI-1 : WF 450.200.9.14  
 BI-2 : WF 350.175.7.11  
 K2 : HSS 650.650.19.19

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

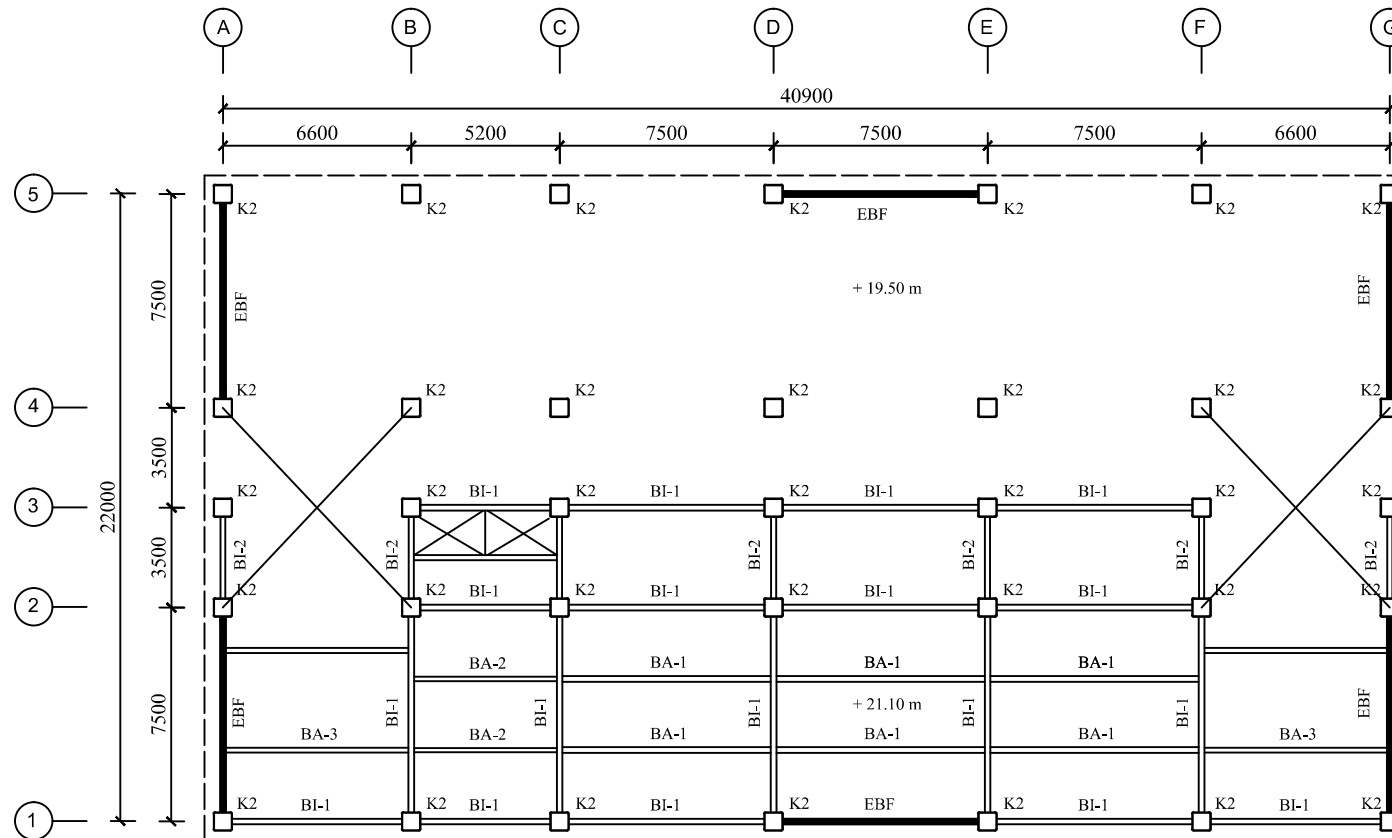
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 6A-10A

Skala 1:250

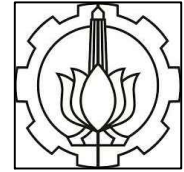
Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	6	39



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 6A-10A  
 Skala 1 : 250

Lantai 6A ELV. +21.10 m  
 Lantai 7A ELV. +24.30 m  
 Lantai 8A ELV. +27.50 m  
 Lantai 9A ELV. +30.70 m  
 Lantai 10A ELV. +33.90 m





Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 400.200.7.11  
 BA-2 : WF 300.150.6,5.9  
 BA-3 : WF 350.175.7.11  
 BI-1 : WF 450.200.9.14  
 BI-2 : WF 350.175.7.11  
 K2 : HSS 650.650.19.19

Nama Mahasiswa

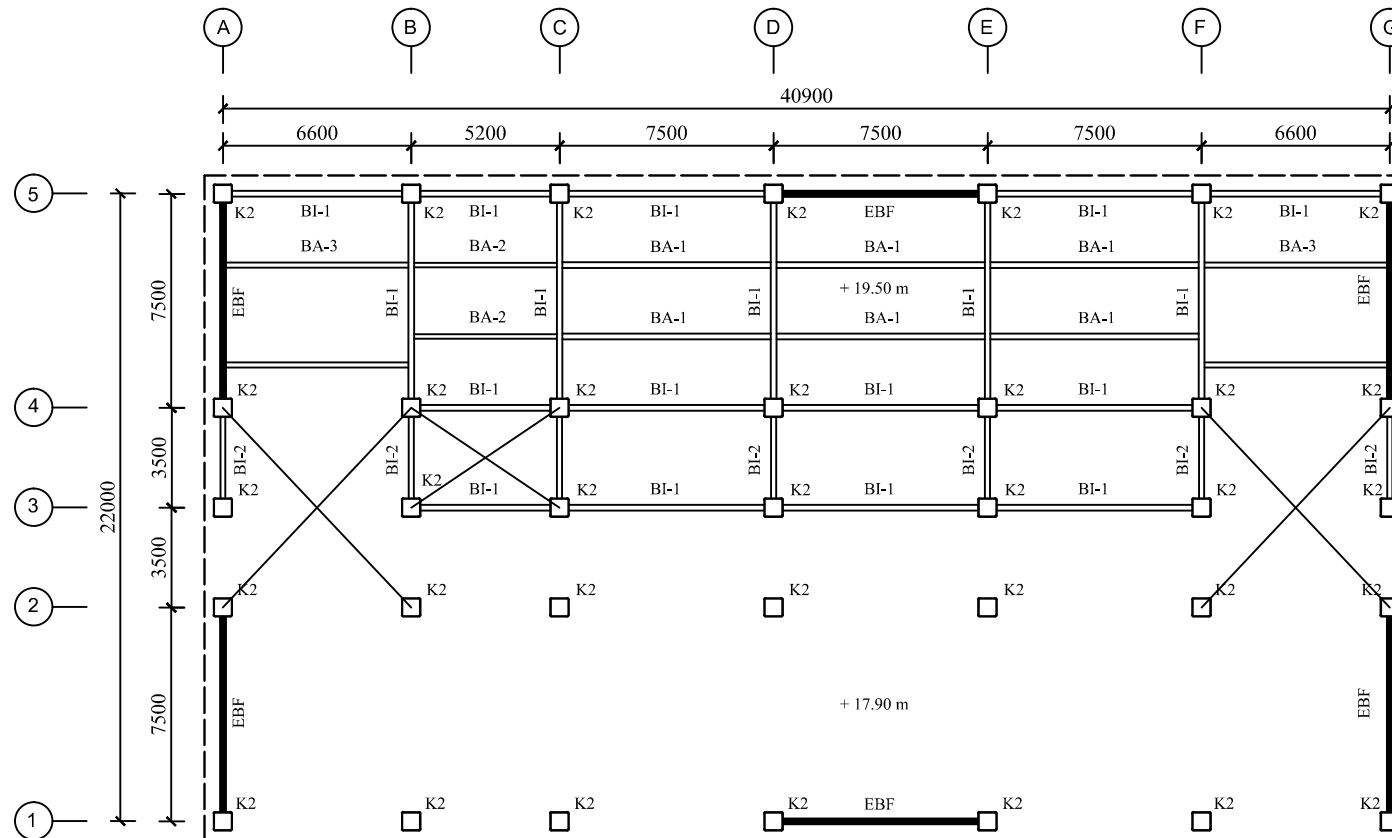
Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

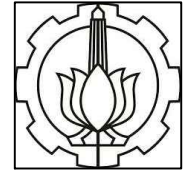
DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 6-10  
 Skala 1:250

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	7	39



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 6-10  
 Skala 1:250

Lantai 6 ELV. +19.50 m  
 Lantai 7 ELV. +22.70 m  
 Lantai 8 ELV. +25.90 m  
 Lantai 9 ELV. +29.10 m  
 Lantai 10 ELV. +32.30 m



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 400.200.7.11  
 BA-2 : WF 300.150.6.5.9  
 BA-3 : WF 350.175.7.11  
 BI-1 : WF 450.200.8.12  
 BI-2 : WF 300.200.8.12  
 K3 : HSS 600.600.16.16

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

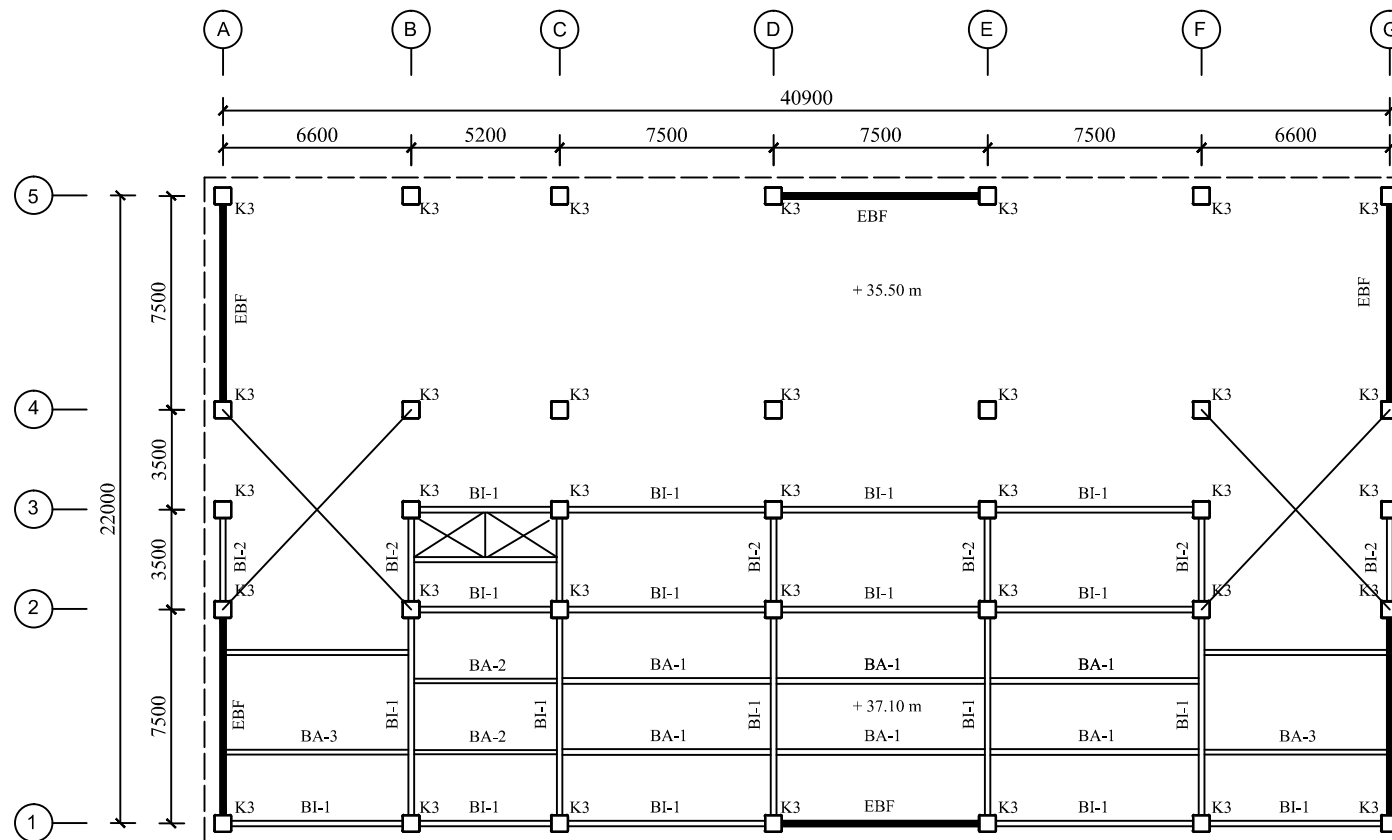
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 10A-12A

Skala 1:250

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	8	39

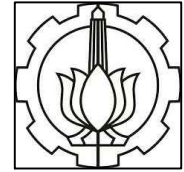


DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 11A-12A

Skala 1 : 250

Lantai 11A ELV. +37.10 m

Lantai 12A ELV. +40.30 m



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 400.200.7.11  
 BA-2 : WF 300.150.6.5.9  
 BA-3 : WF 350.175.7.11  
 BI-1 : WF 450.200.8.12  
 BI-2 : WF 300.200.8.12  
 K3 : HSS 600.600.16.16

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

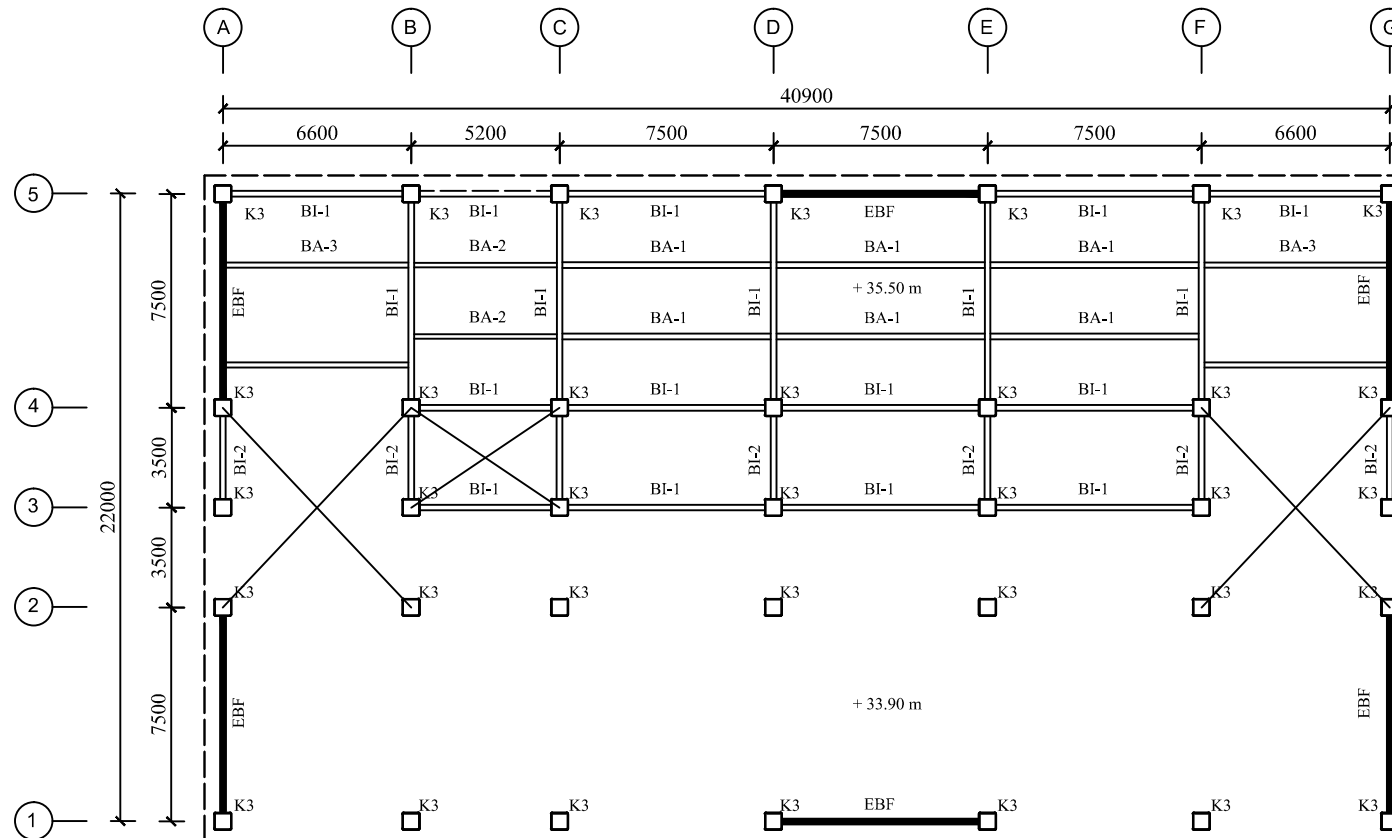
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 10-13

Skala 1:250

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	9	39



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 11-13

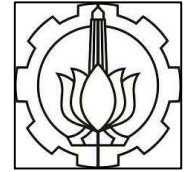
Skala 1 : 250



Lantai 11 ELV. +35.50 m

Lantai 12 ELV. +38.70 m

Lantai 13 ELV. +41.90 m



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 400.200.7.11  
 BA-2 : WF 300.150.6.5.9  
 BA-3 : WF 350.175.7.11  
 BI-1 : WF 450.200.8.12  
 BI-2 : WF 300.200.8.12  
 K3 : HSS 600.600.16.16

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

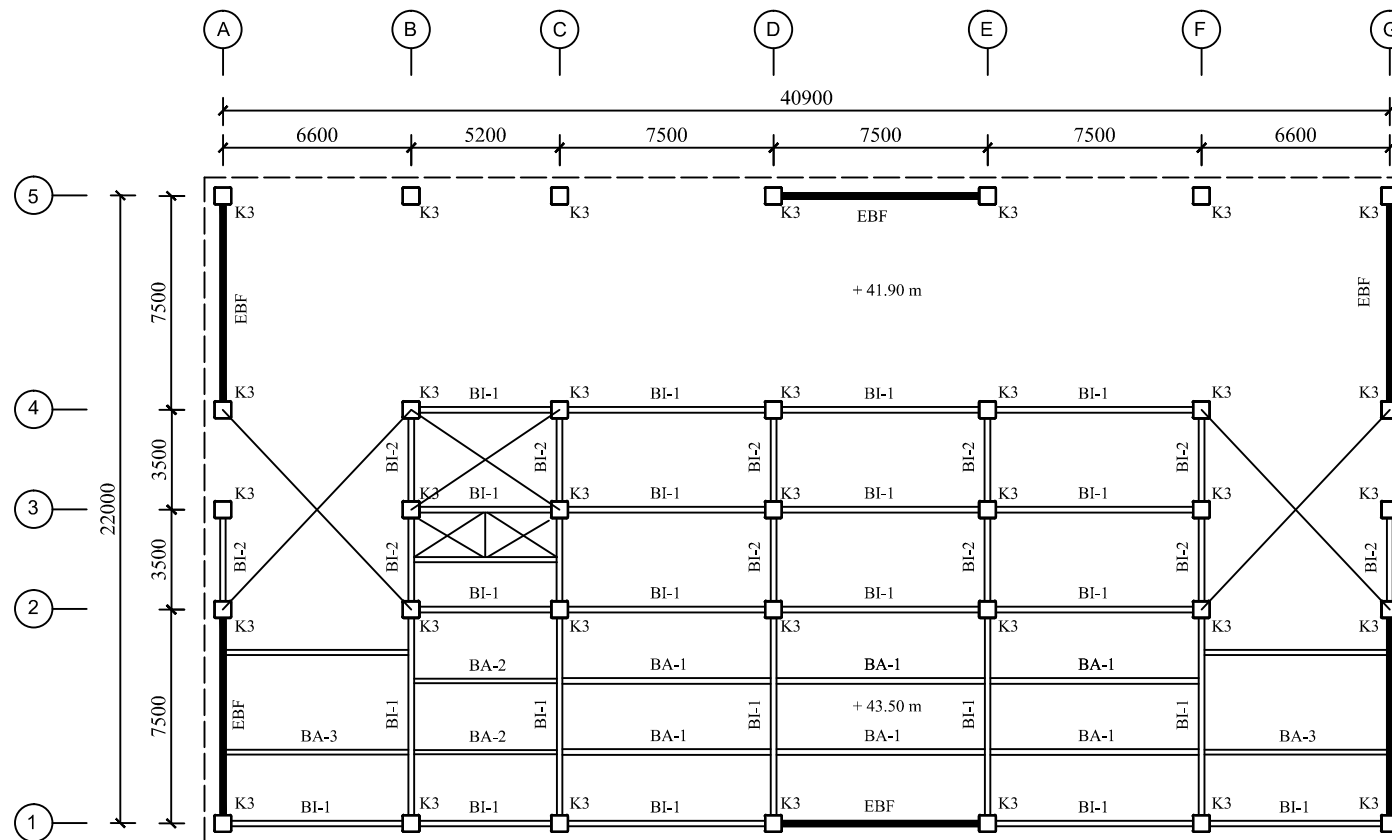
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

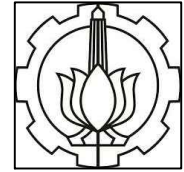
DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 13A

Skala 1:250

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	10	39



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. 13A +43.50  
 Skala 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 350.175.6.9  
BA-2 : WF 250.125.6.9  
BA-3 : WF 300.150.5.5.8  
BI-1 : WF 450.200.8.12  
BI-2 : WF 300.200.8.12  
K3 : HSS 600.600.16.16

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

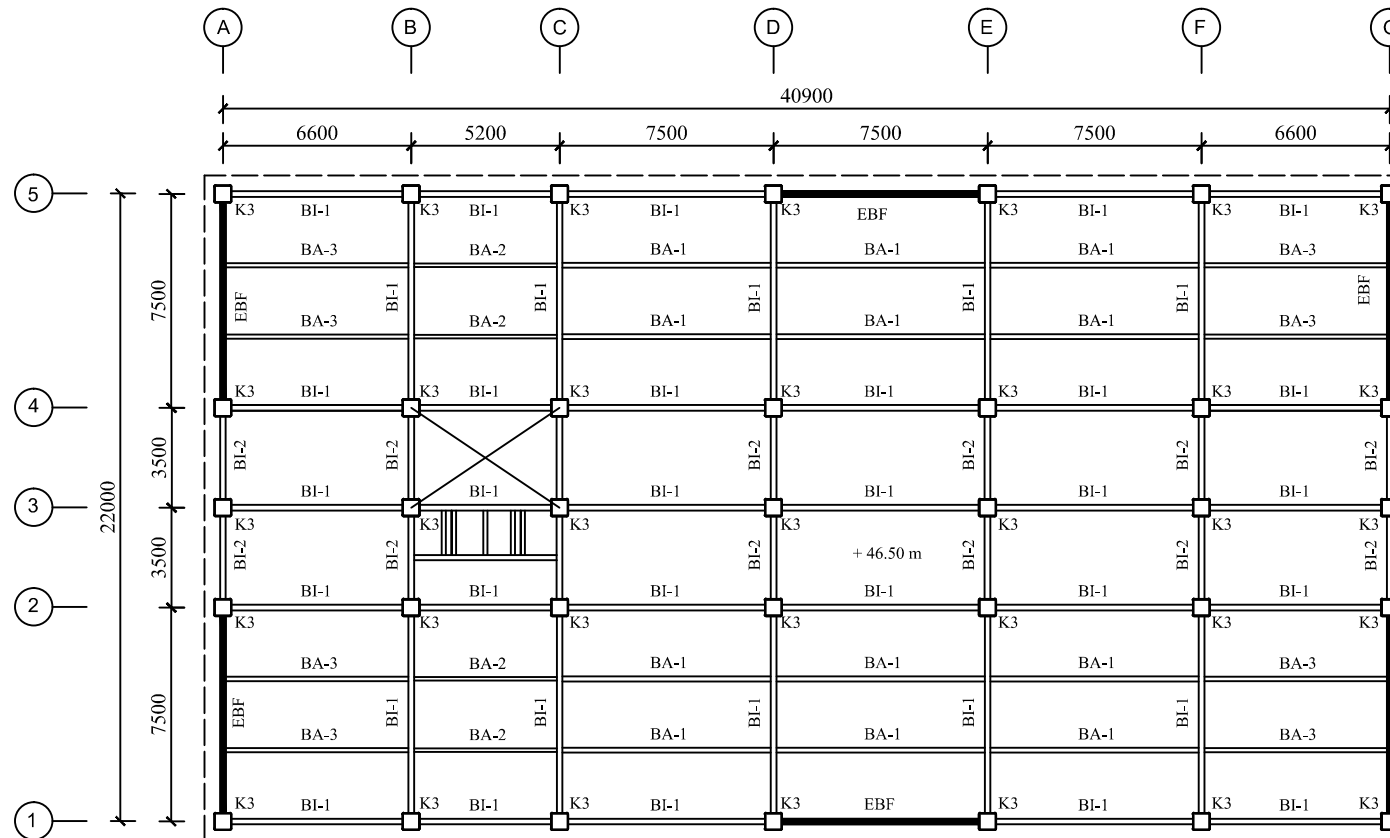
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. ATAP

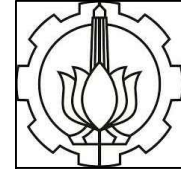
Skala 1:250

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	11	39



DENAH BALOK DAN KOLOM ATAP +46.50

Skala 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
KEMENDAGRI JAKARTA  
MENGUNAKAN BAJA  
DENGAN SISTEM EBF DAN  
KOLOM CONCRETE FILLED  
STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST. MT., PhD.  
Ir. R. Soewardjo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

POTONGAN MELINTANG

Skala 1:350

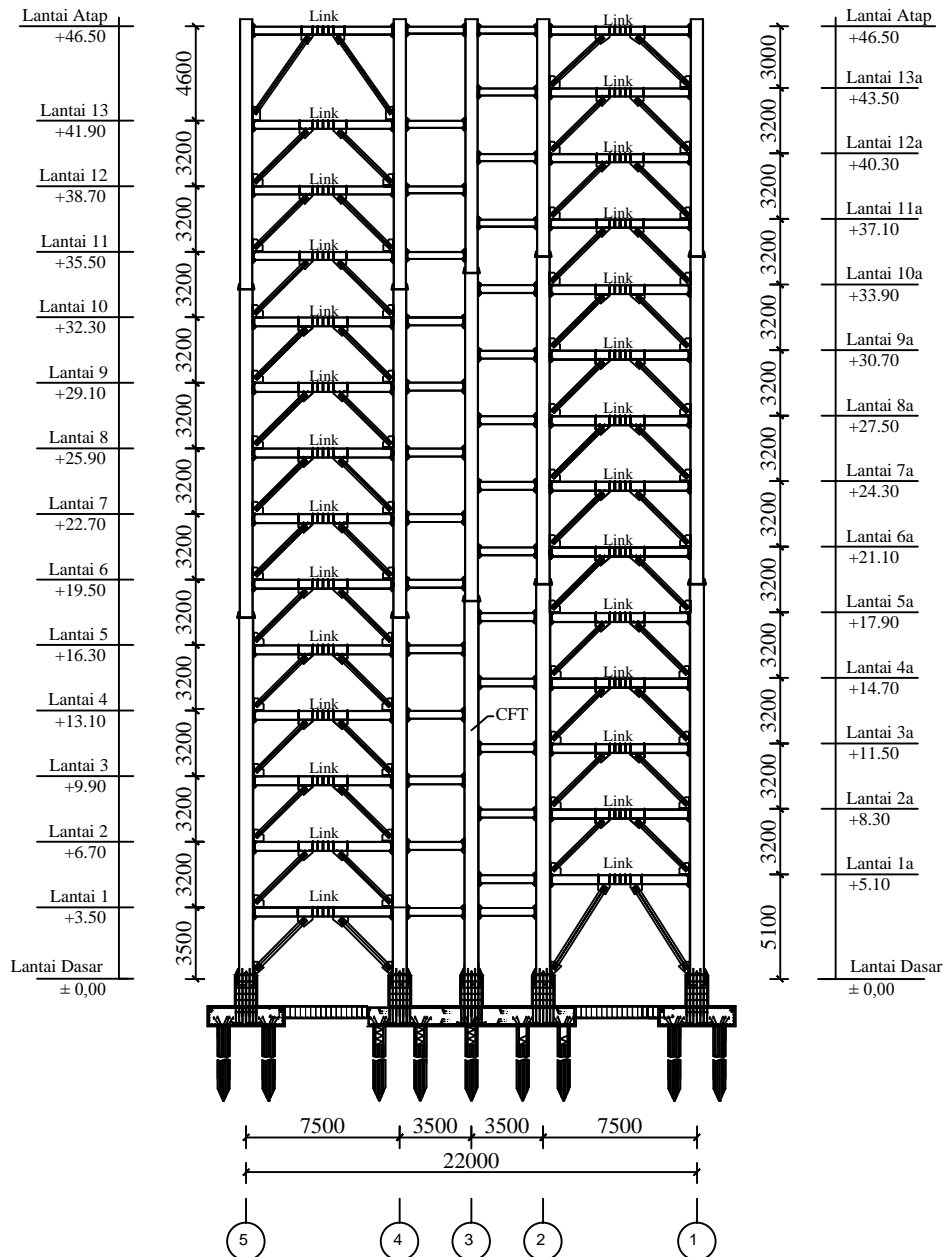
Kode

No Gambar

Jumlah Gambar

12

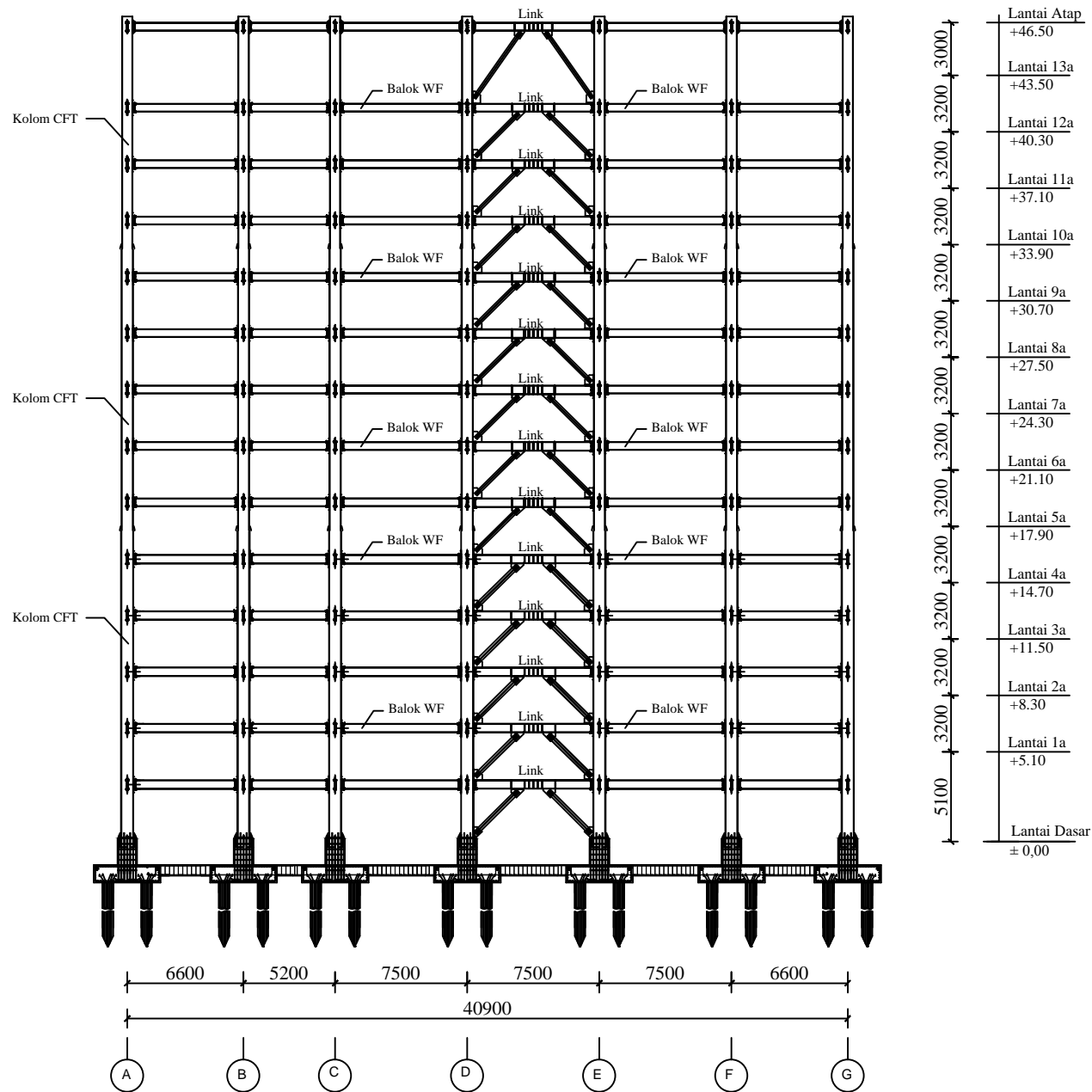
39



POTONGAN MELINTANG

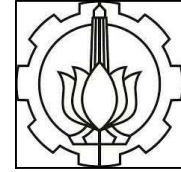
Skala 1 : 350





POTONGAN MEMANJANG

Skala 1 : 350



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
KEMENDAGRI JAKARTA  
MENGUNAKAN BAJA  
DENGAN SISTEM EBF DAN  
KOLOM CONCRETE FILLED  
STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST. MT., PhD.  
Ir. R. Soewardoyo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

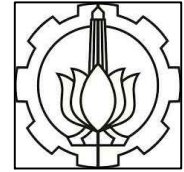
Nama Gambar

POTONGAN MEMANJANG

Skala 1:350

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	13	39

13 39



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardjo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 400.200.7.11  
BI-1 : WF 500.200.9.14  
CFT : HSS 700.700.22.22

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

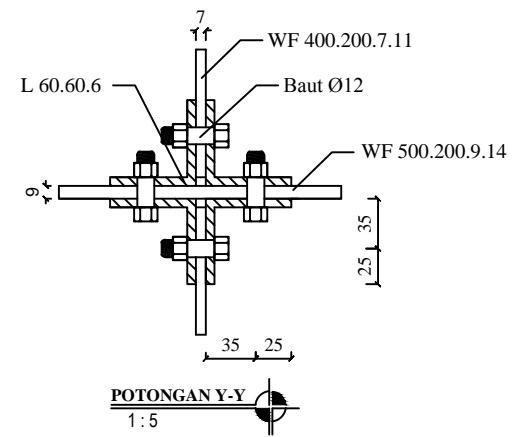
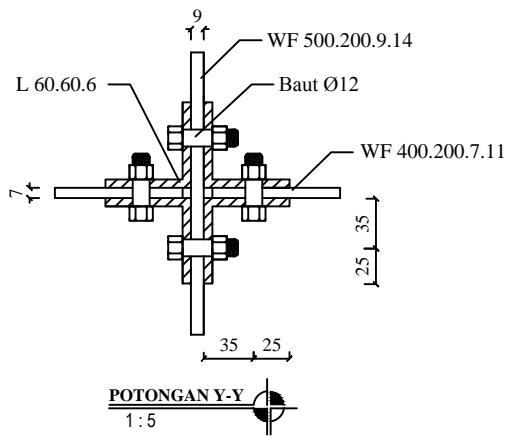
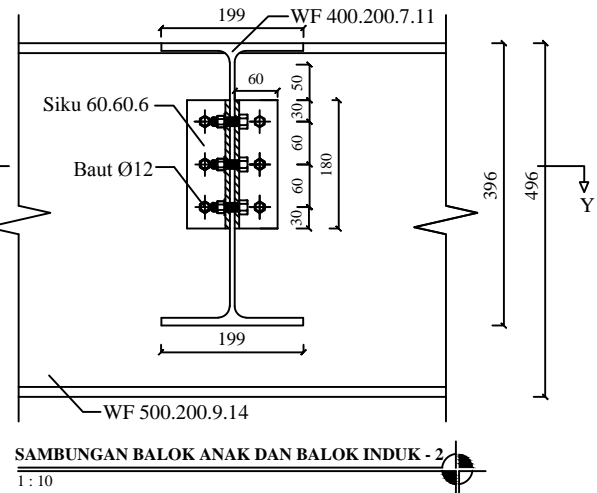
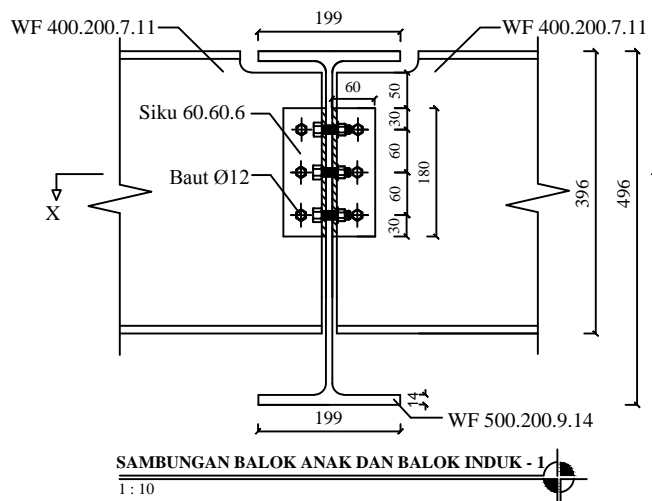
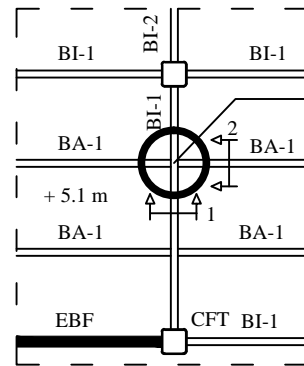
Nama Gambar

Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Lt. 1-5

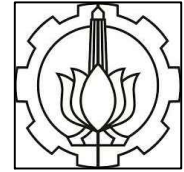
Skala 1:10

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	14	39

TINJAUAN SAMBUNGAN BALOK ANAK DENGAN DENGAN BALOK INDUK Lt. 1-5







Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardjo, MSc.

Keterangan

BA-1 : WF 350.175.6.9  
BI-1 : WF 450.200.8.12  
CFT : HSS 600.600.16.16

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

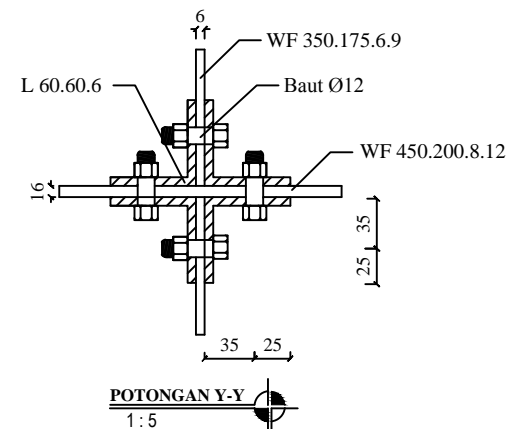
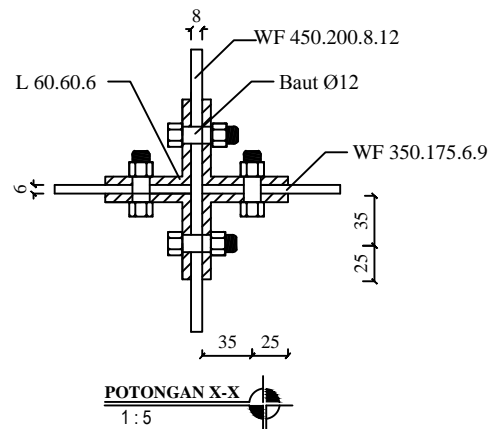
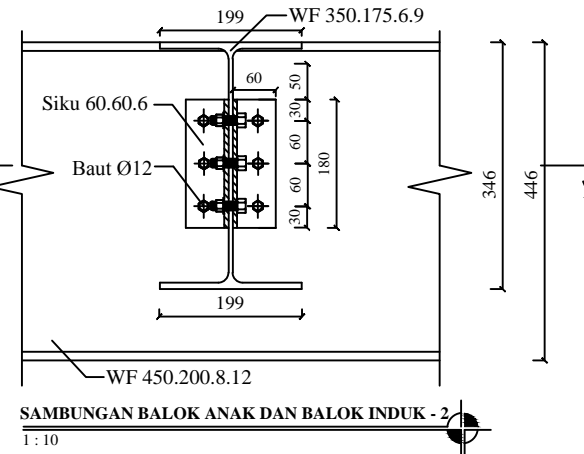
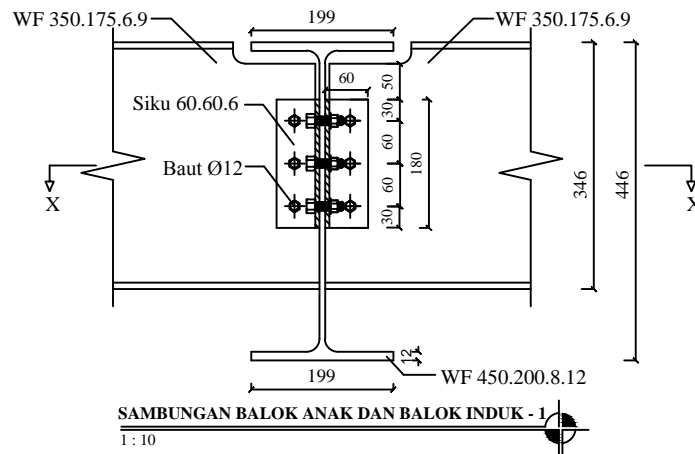
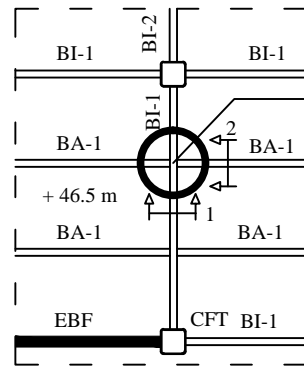
Revisi	Tanggal	Catatan

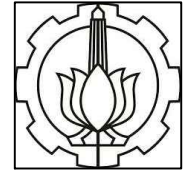
Nama Gambar

Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Atas  
Skala 1:10

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	15	39

TINJAUAN SAMBUNGAN BALOK ANAK DENGAN BALOK INDUK ATAP





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardjo, MSc.

Keterangan

BA-3 : WF 350.175.7.11  
EY-1 : WF 450.200.9.14  
CFT : HSS 700.700.22.22

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

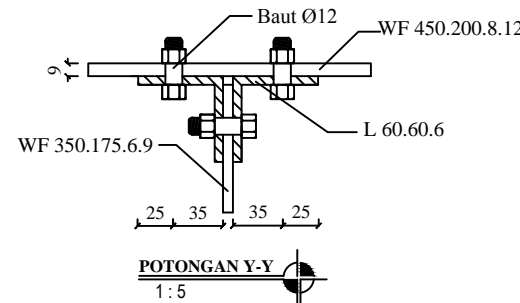
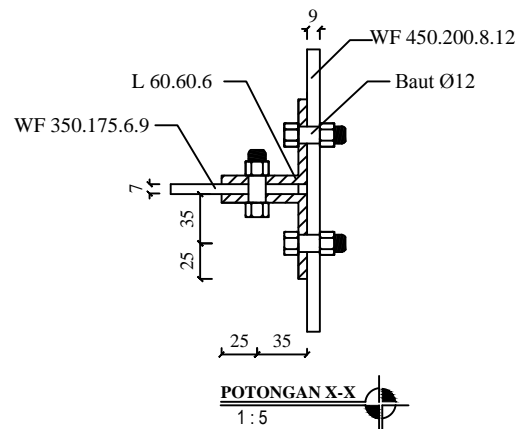
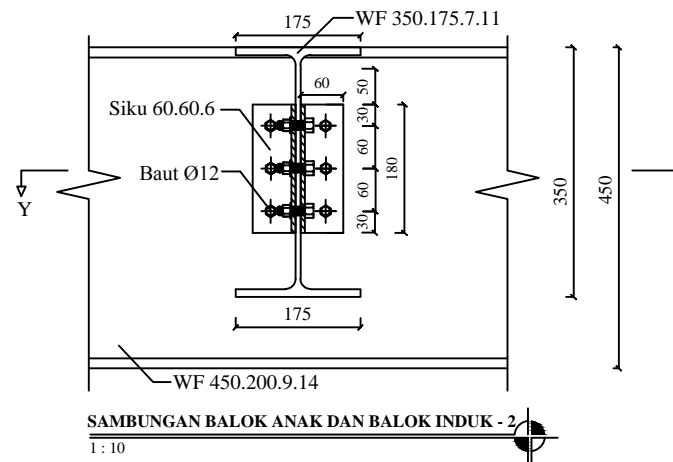
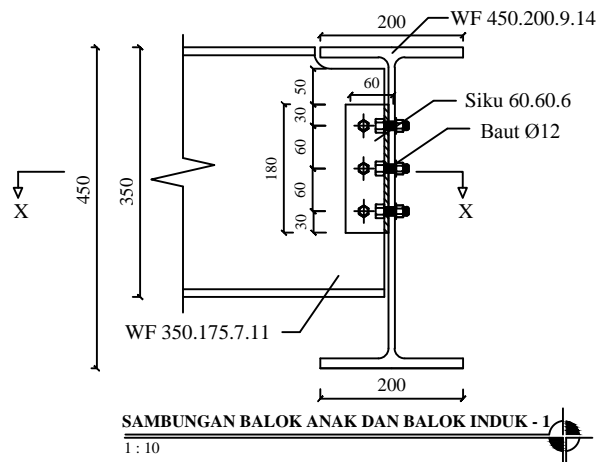
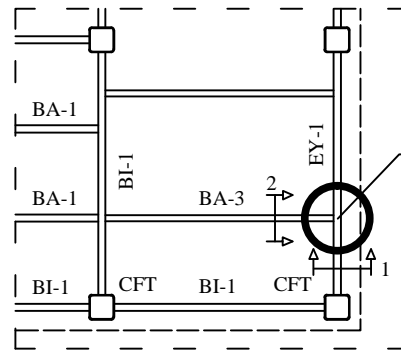
Nama Gambar

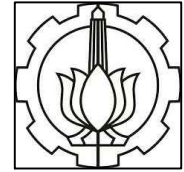
Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Lantai

Skala 1:10

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	16	39

TINJAUAN SAMBUNGAN BALOK ANAK DENGAN DENGAN BALOK INDUK LANTAI





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardjo, MSc.

Keterangan

BA-3 : WF 350.175.7.11  
EY-1 : WF 450.200.9.14  
CFT : HSS 700.700.22.22

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

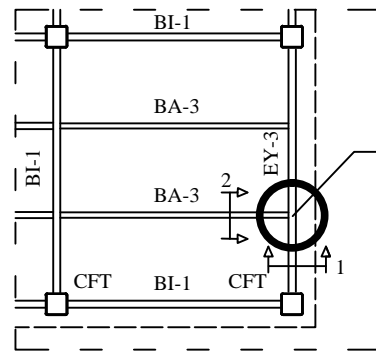
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

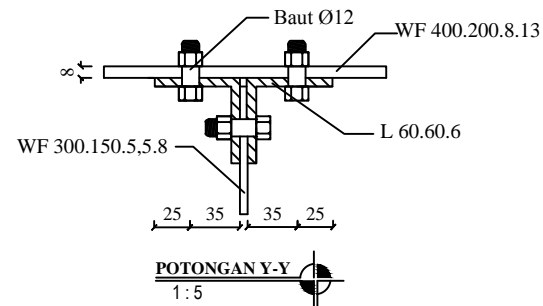
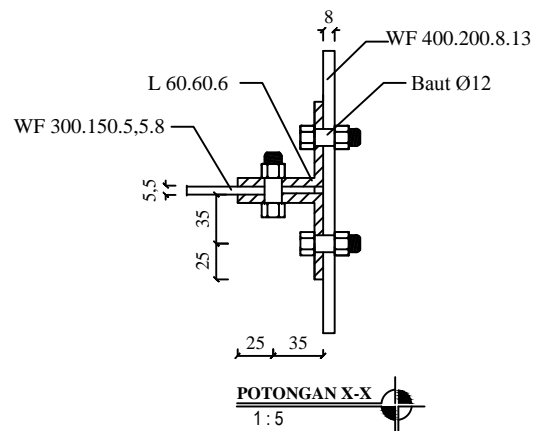
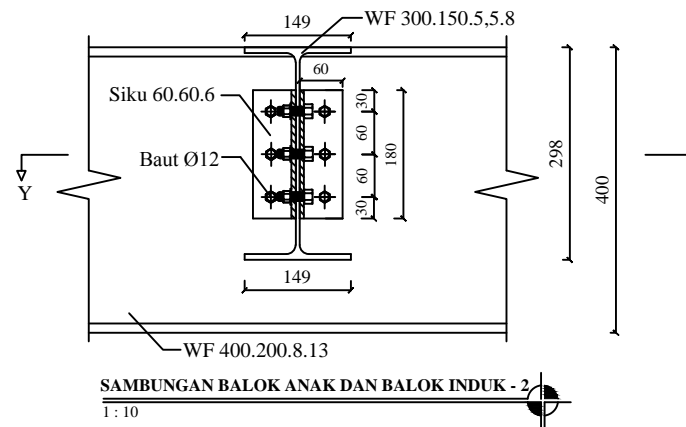
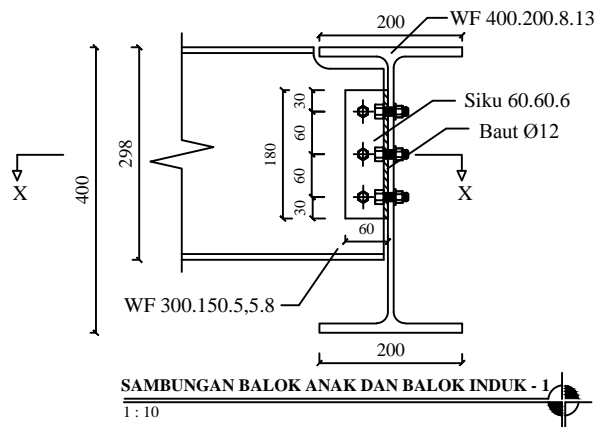
Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk Atap

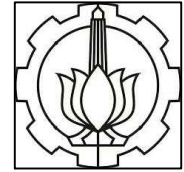
Skala 1:10

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	17	39



TINJAUAN SAMBUNGAN BALOK ANAK DENGAN BALOK INDUK ATAP





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

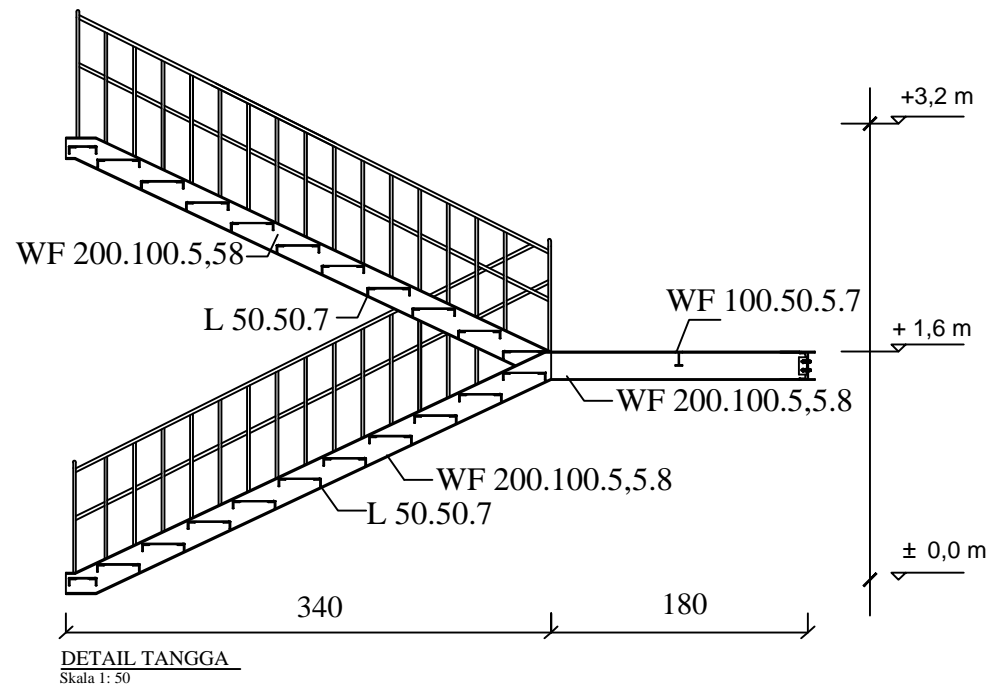
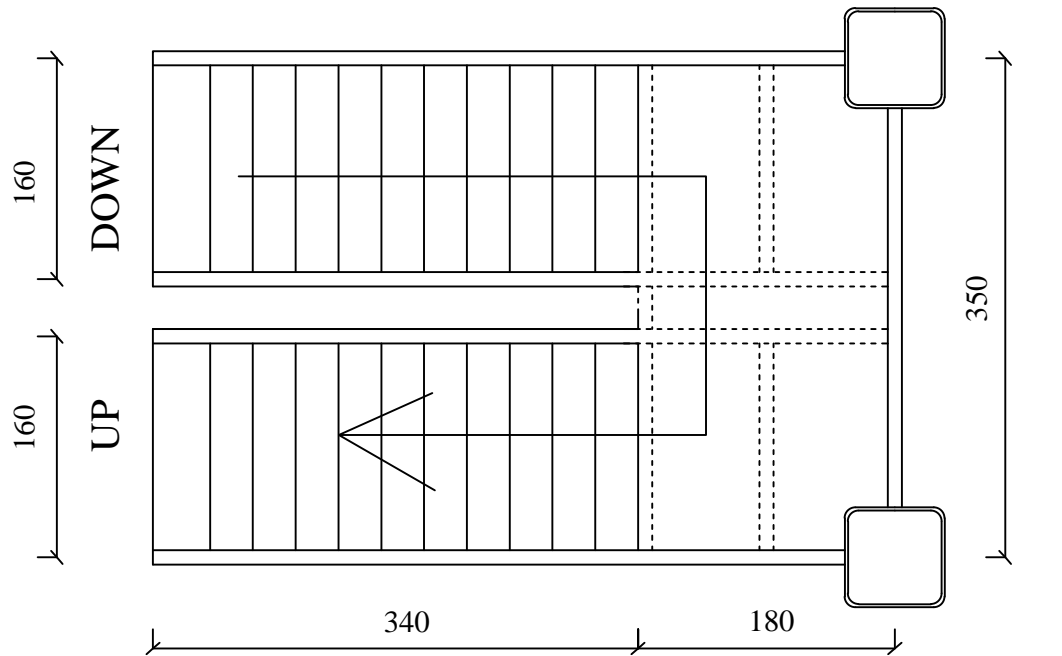
Achmad Nur Ali

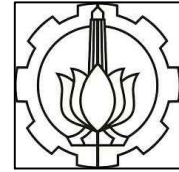
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DETAIL TANGGA  
Skala 1: 50

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	18	39





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardojo, MSc.

Keterangan

BT= Balok Tangga  
WF 200.100.5,5.8

BPT= Balok Penumpu Tangga  
WF 200.100.5,5.8

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Sambungan Balok Tangga  
Skala 1 : 5

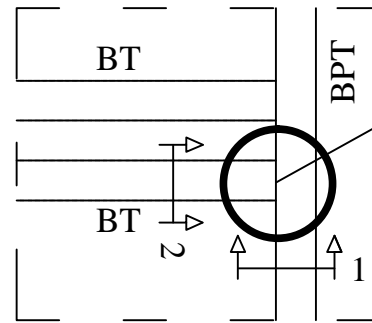
Kode

No Gambar

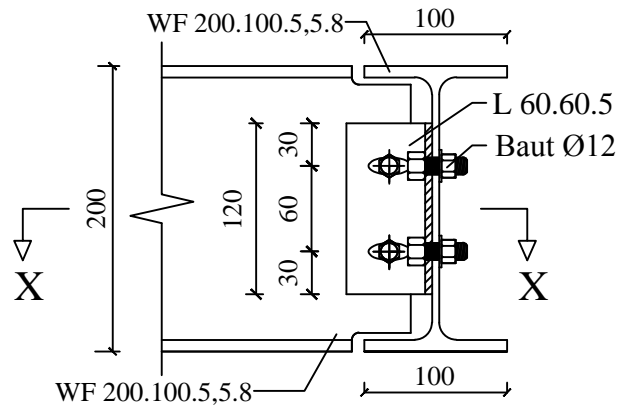
Jumlah Gambar

19

39

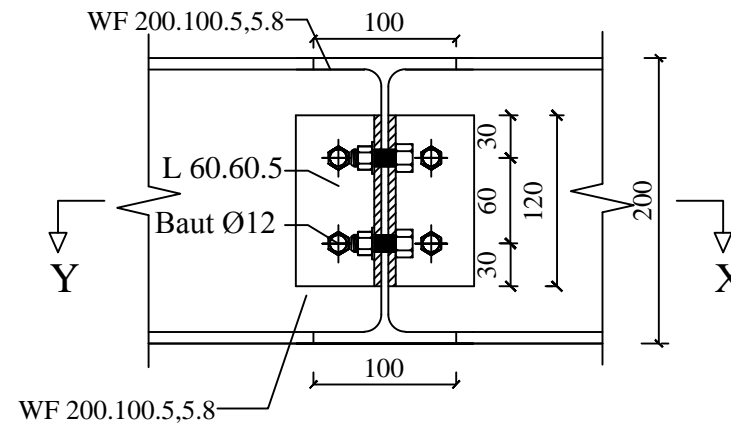


Sambungan Tangga  
Yang Ditinjau



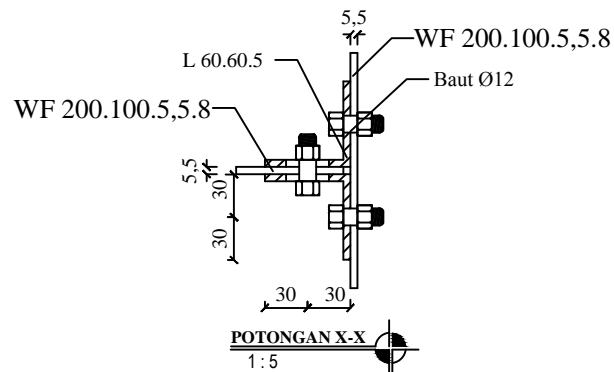
SAMBUNGAN BALOK TANGGA -1

1 : 5

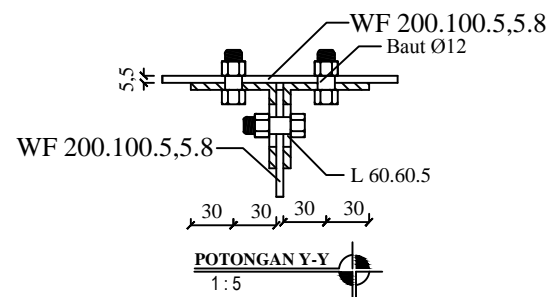


SAMBUNGAN BALOK TANGGA -2

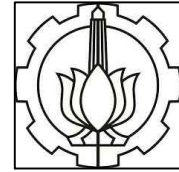
1 : 5



POTONGAN X-X  
1 : 5



POTONGAN Y-Y  
1 : 5



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
KEMENDAGRI JAKARTA  
MENGUNAKAN BAJA  
DENGAN SISTEM EBF DAN  
KOLOM CONCRETE FILLED  
STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

BT= Balok Tangga  
WF 250.125.5.8  
BT= Balok Penumpu Tangga  
WF 250.125.5.8  
CFT : HSS 700.700.22.22

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

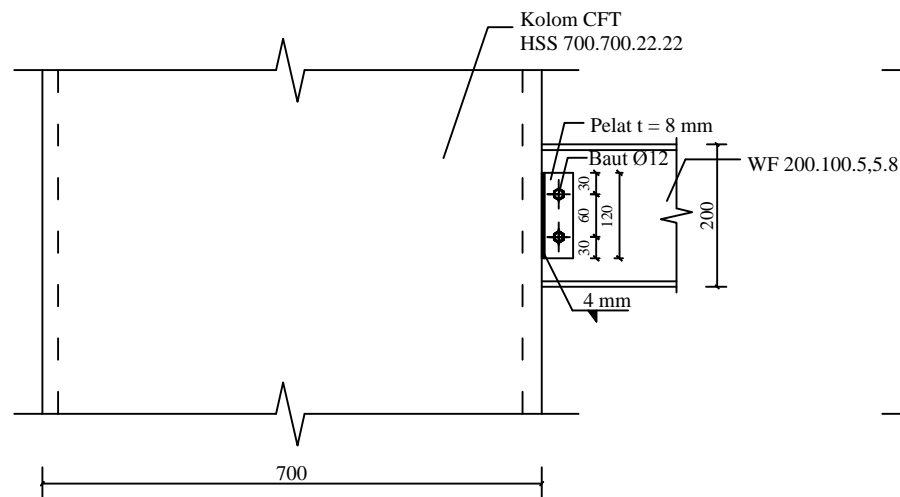
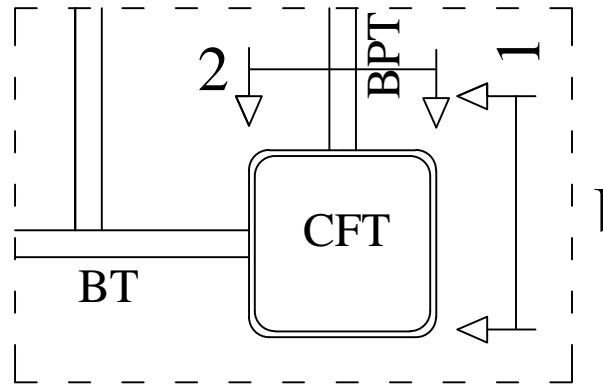
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Sambungan Balok Penumpu  
Tangga dan Kolom

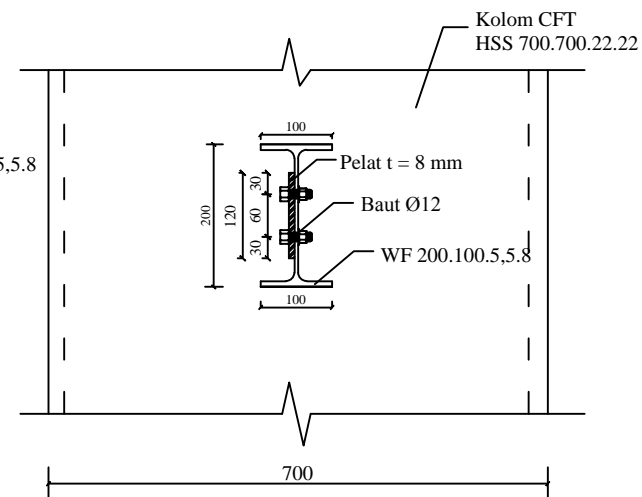
Skala 1:10

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	20	39



**SAMBUNGAN PENUMPU TANGGA KOLOM-1**

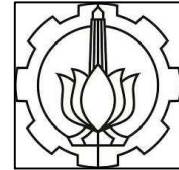
1 : 10



**SAMBUNGAN PENUMPU TANGGA KOLOM-2**

1 : 10





Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardjo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

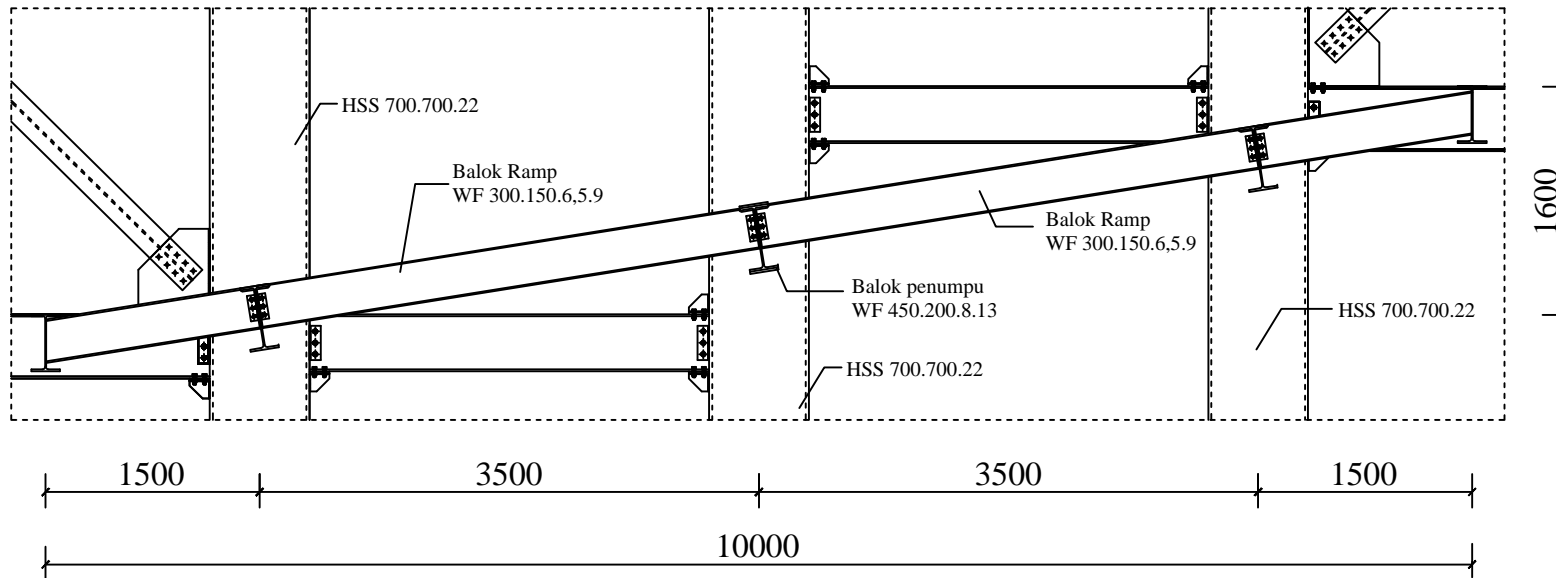
Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

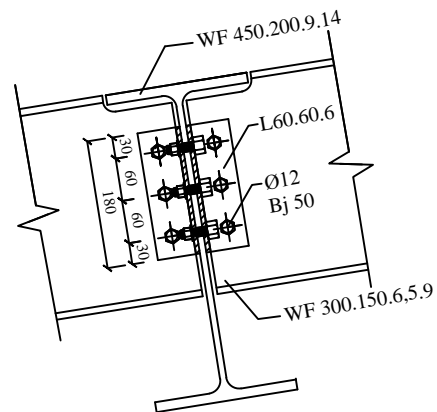
POTONGAN RAMP  
 1 : 50

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	21	39



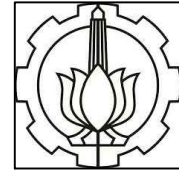
**POTONGAN RAMP**

1 : 50



**Balok Ramp dan Penumpu**

Skala 1:5



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
KEMENDAGRI JAKARTA  
MENGUNAKAN BAJA  
DENGAN SISTEM EBF DAN  
KOLOM CONCRETE FILLED  
STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

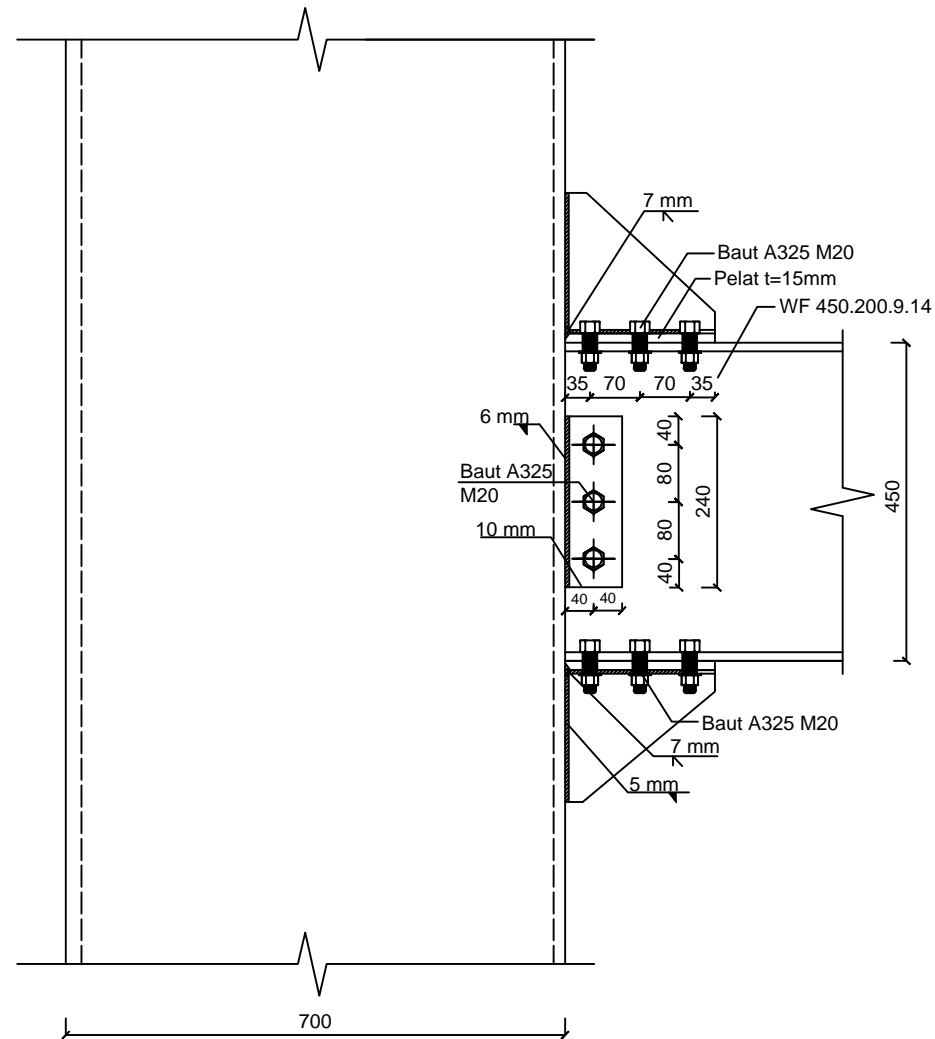
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Sambungan Balok  
Penumpu Ramp

Skala 1:10

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	22	39

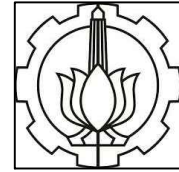


**SAMBUNGAN PENUMPU RAMP**

1 : 10







Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

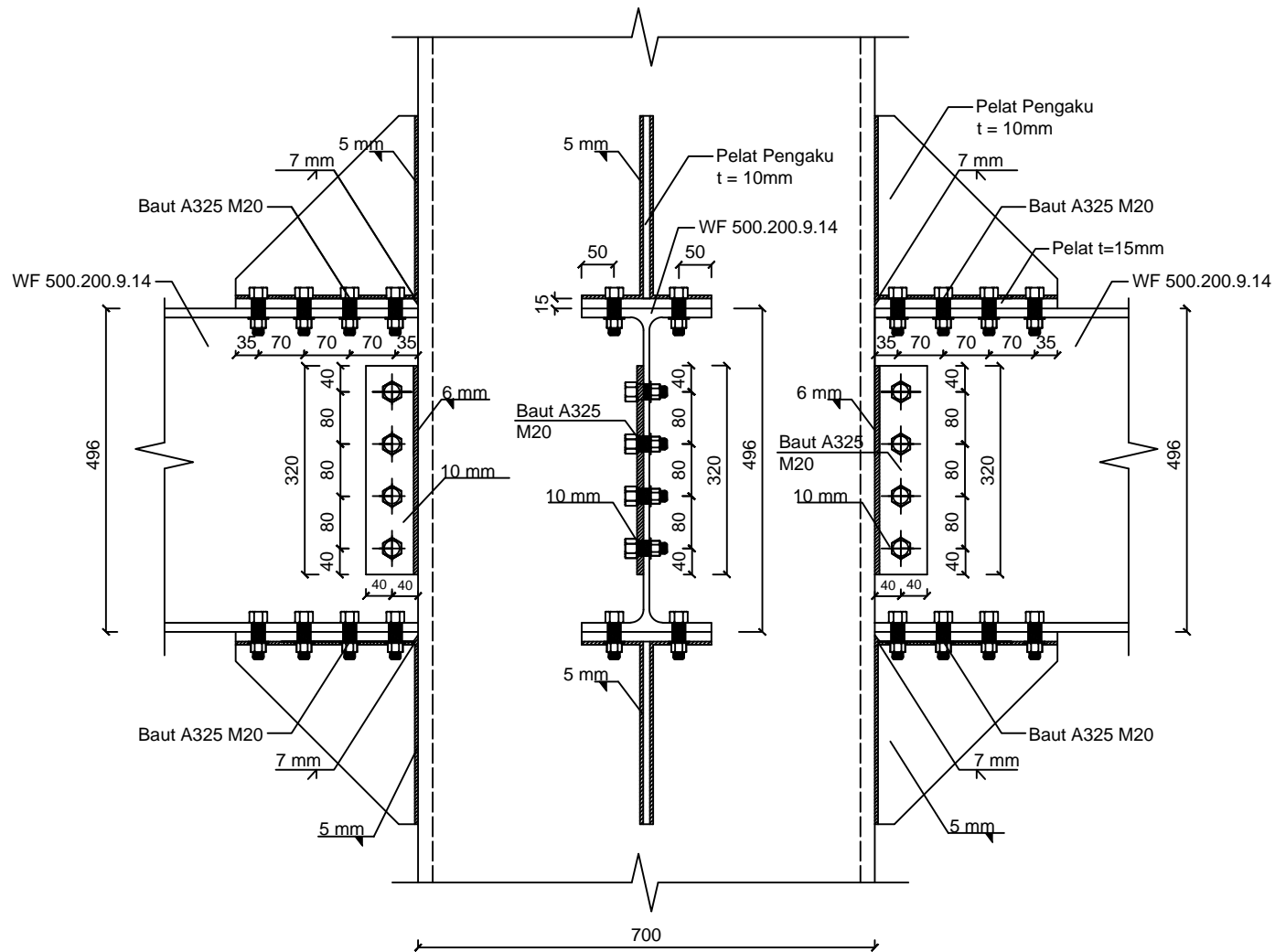
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Sambungan Balok Lantai dengan Kolom

Skala 1:10

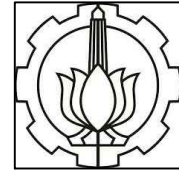
Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	23	39



**SAMBUNGAN BALOK - KOLOM**

1 : 10





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

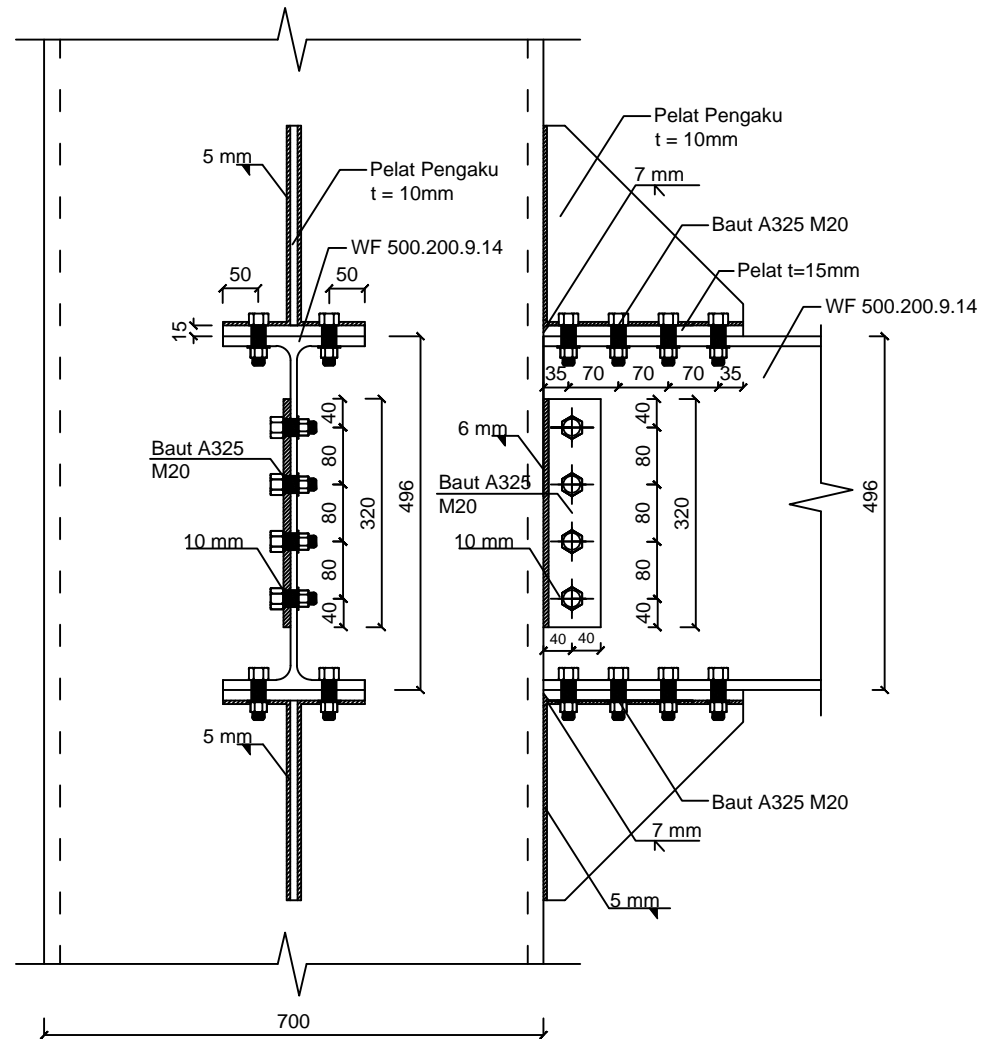
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Sambungan Balok Lantai dengan Kolom

Skala 1:10

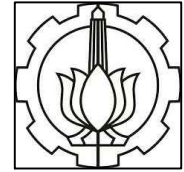
Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	24	39



**SAMBUNGAN BALOK - KOLOM**

1 : 10





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

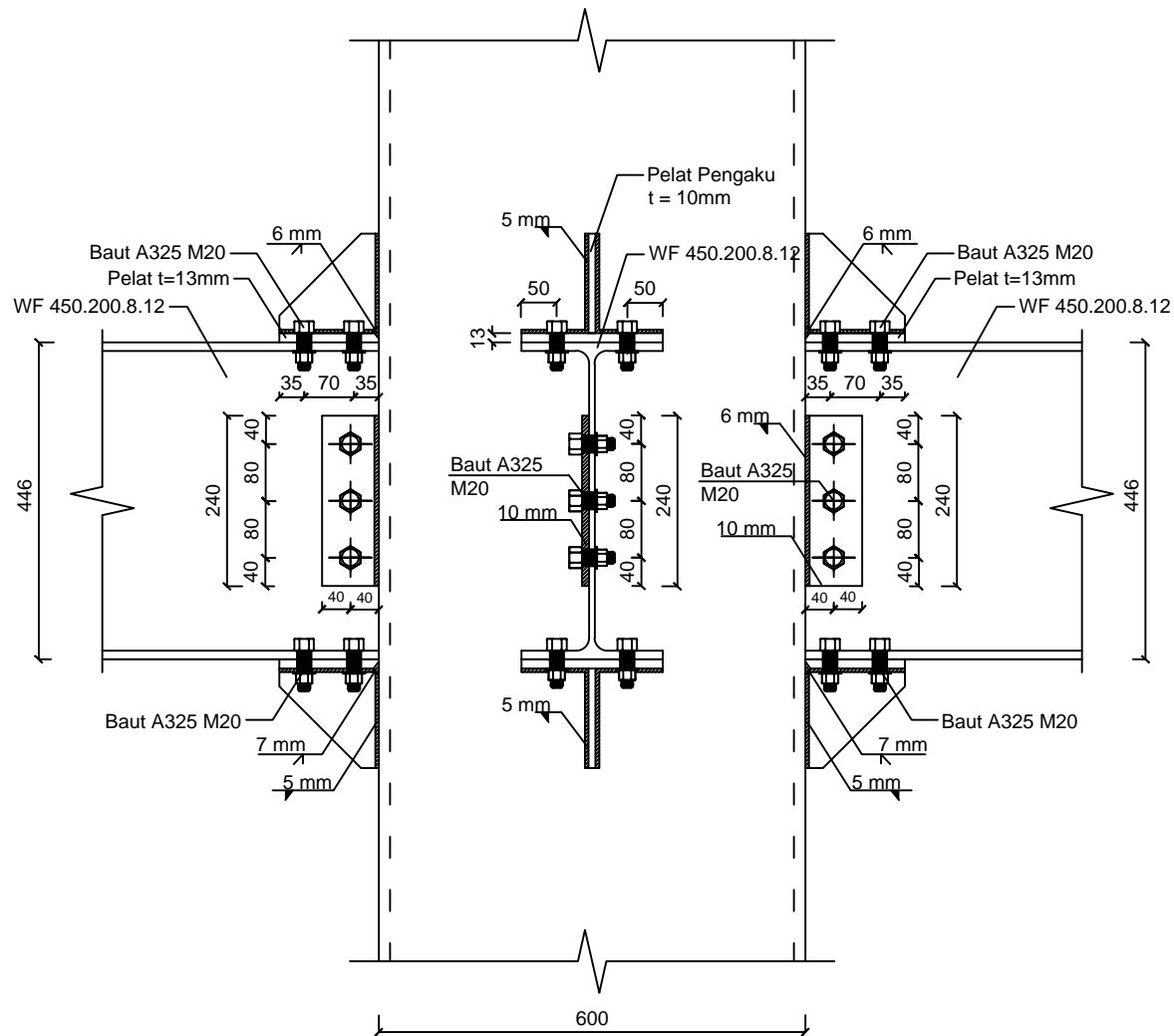
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Sambungan Balok Atap dengan Kolom

Skala 1:10

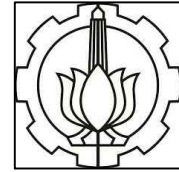
Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	25	39



**SAMBUNGAN BALOK - KOLOM**

1 : 10





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

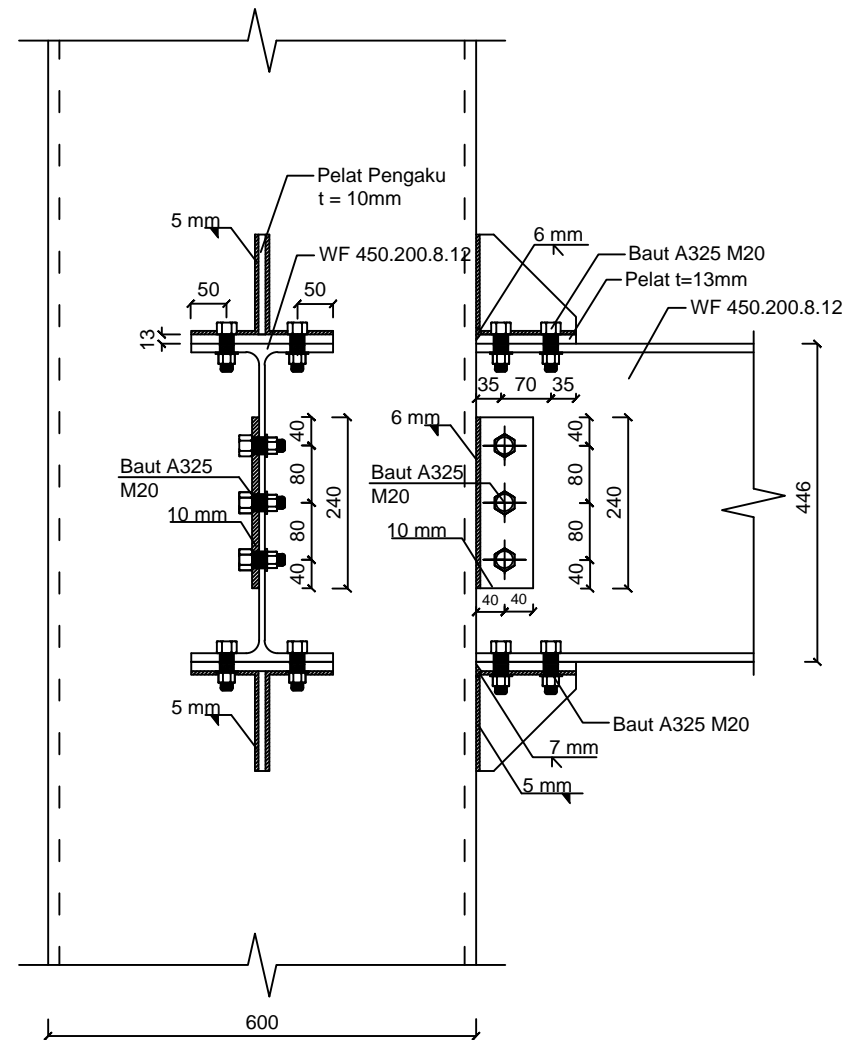
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Sambungan Balok Atap dengan Kolom

Skala 1:10

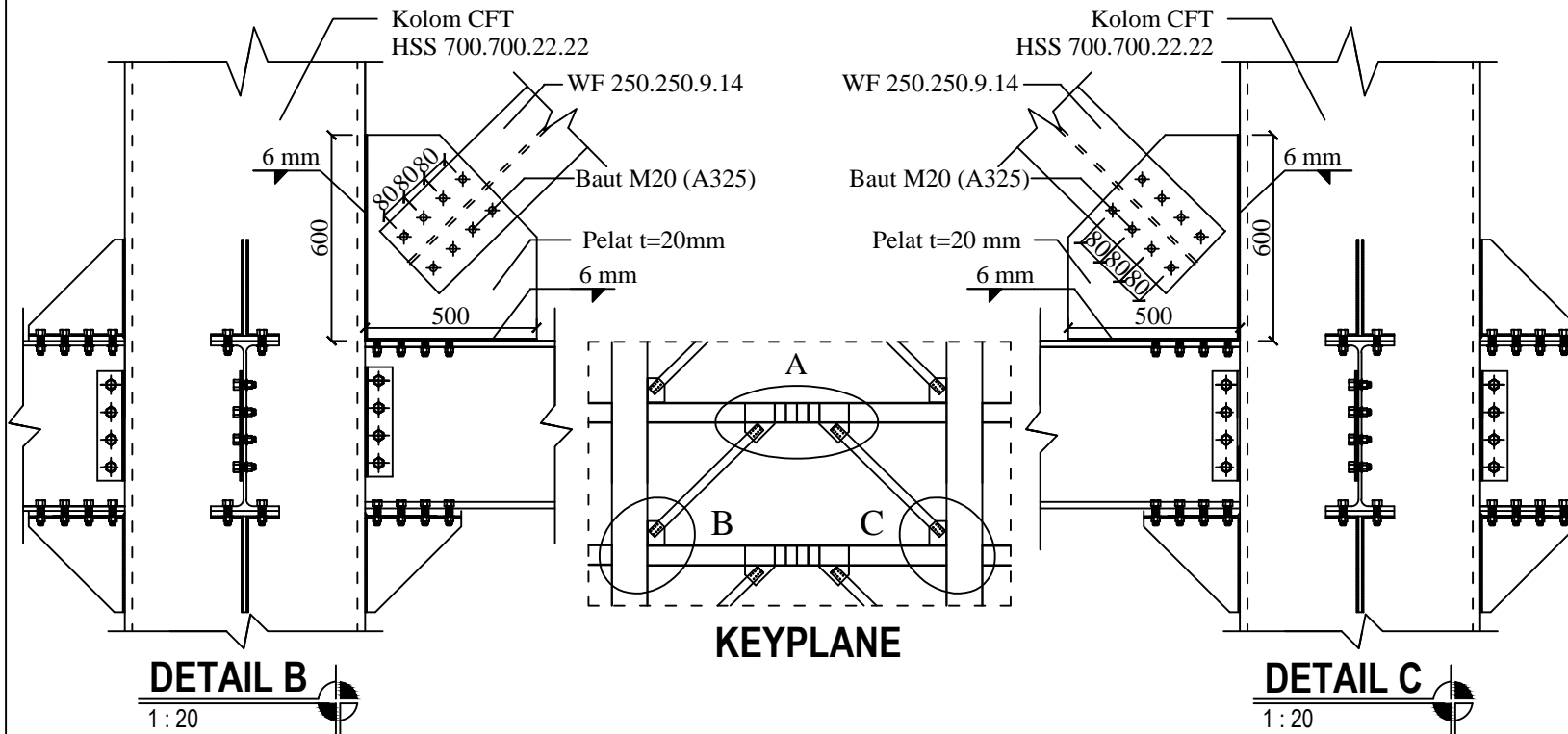
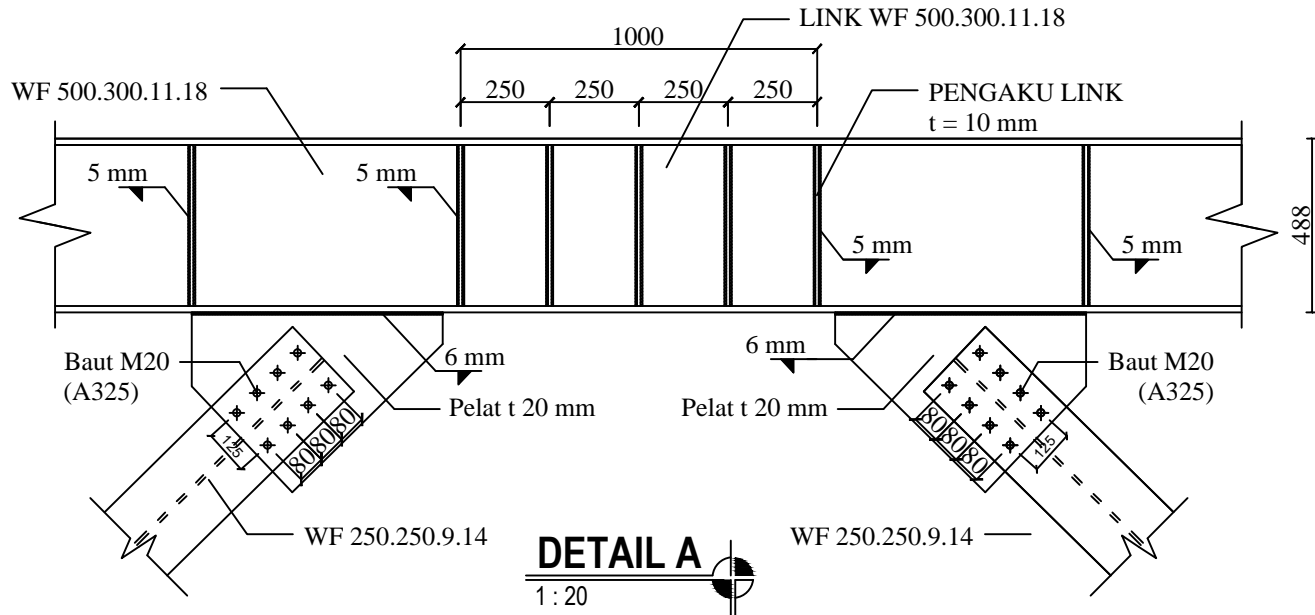
Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	26	39



**SAMBUNGAN BALOK - KOLOM**

1 : 10





Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
 KEMENDAGRI JAKARTA  
 MENGGUNAKAN BAJA DENGAN  
 SISTEM EBF DAN KOLOM  
 CONCRETE FILLED STEEL TUBE  
 (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

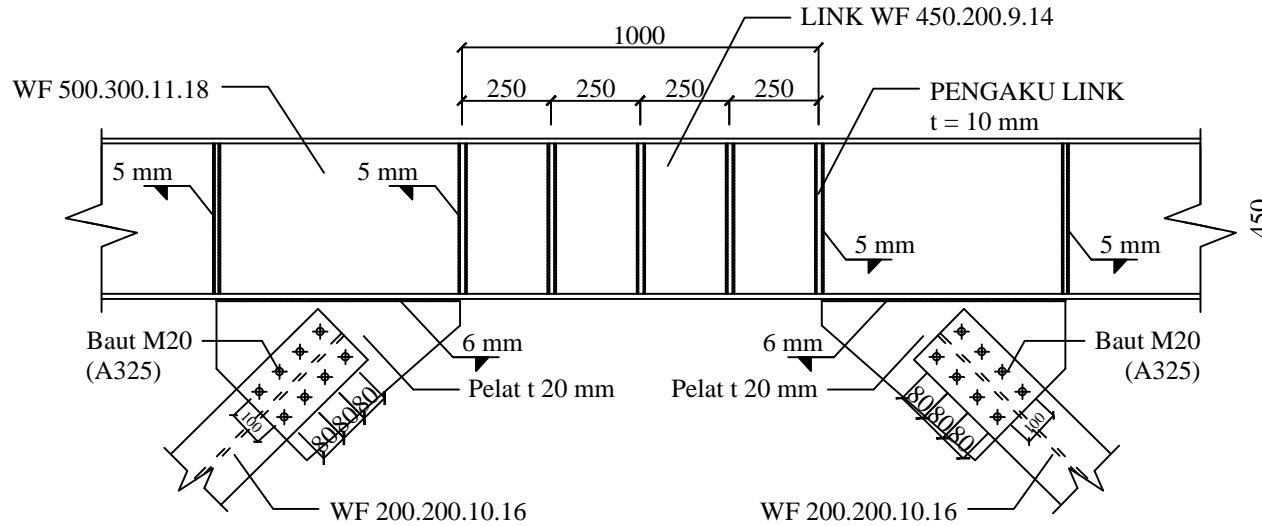
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

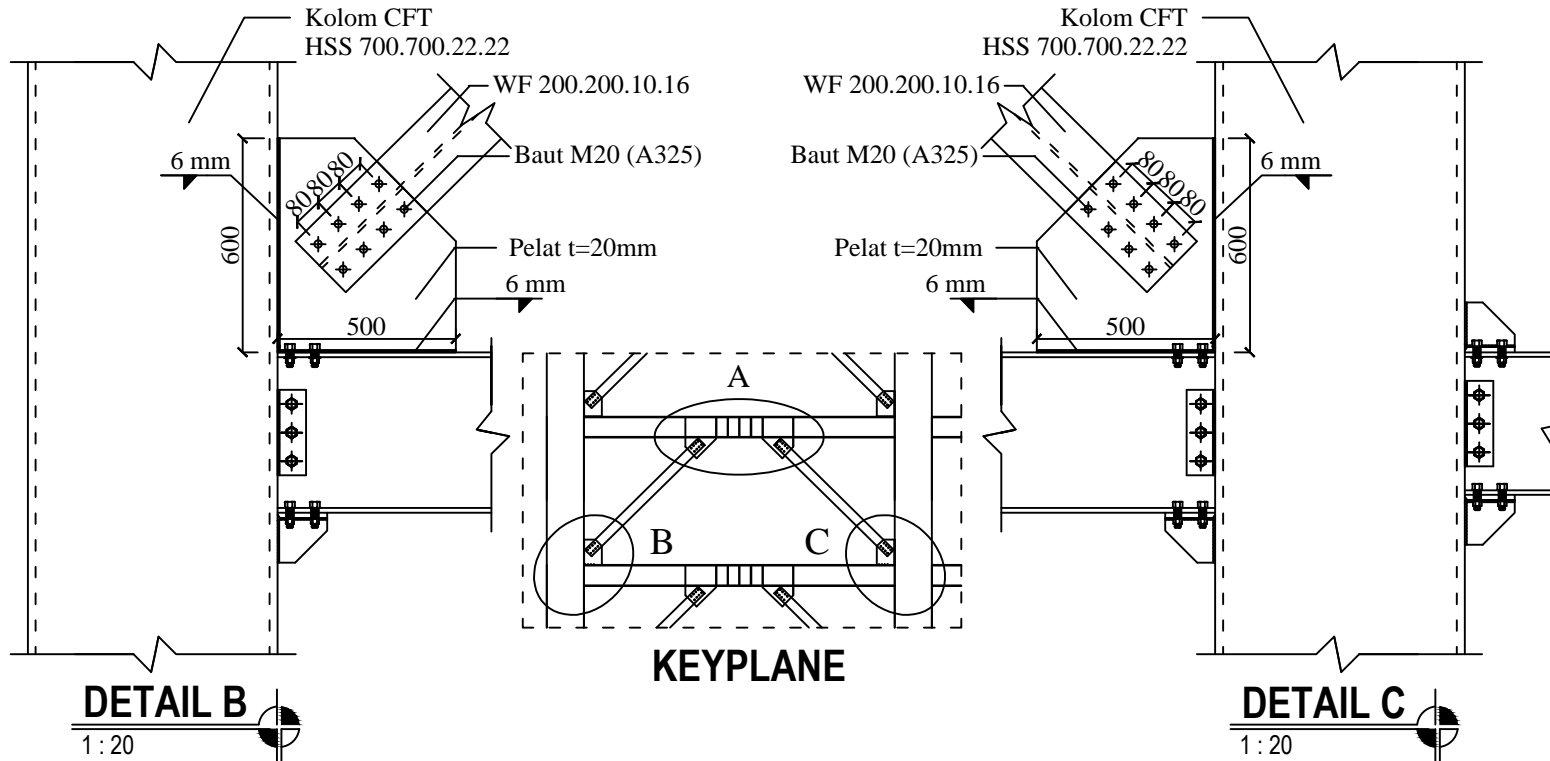
LINK Arah X  
 Skala 1 :20

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar

	27	39
--	----	----



**DETAIL A**  
1 : 20



**DETAIL B**  
1 : 20

**KEYPLANE**

**DETAIL C**  
1 : 20

Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
KEMENDAGRI JAKARTA  
MENGUNAKAN BAJA DENGAN  
SISTEM EBF DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE  
(CFT)

Dosen Pembimbing

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

Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

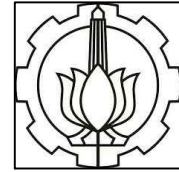
LINK Arah X

Skala 1 :20

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar

28

39



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

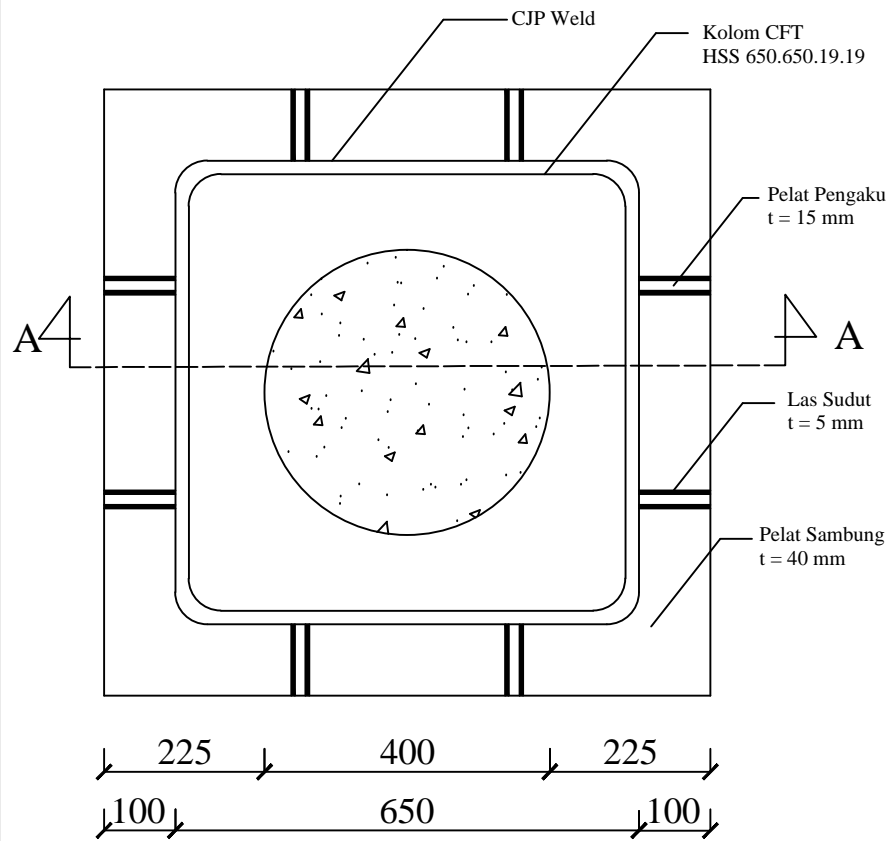
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Sambungan Kolom

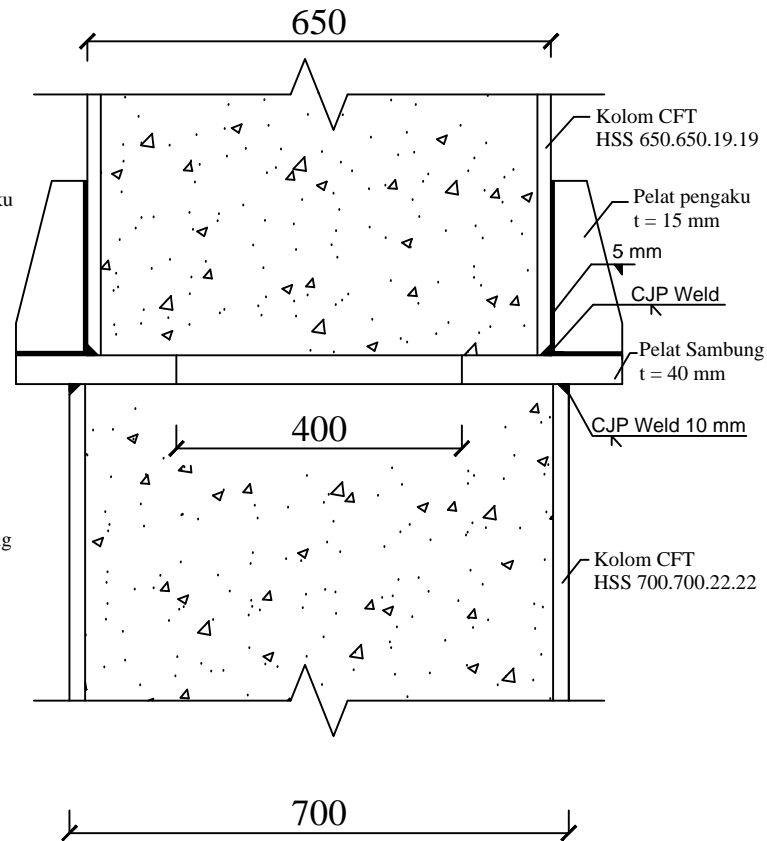
Skala 1:10

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	29	39



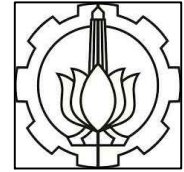
**TAMPAK ATAS SAMBUNGAN KOLOM**

1 : 10



**POTONGAN A-A**

1 : 10



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardojo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

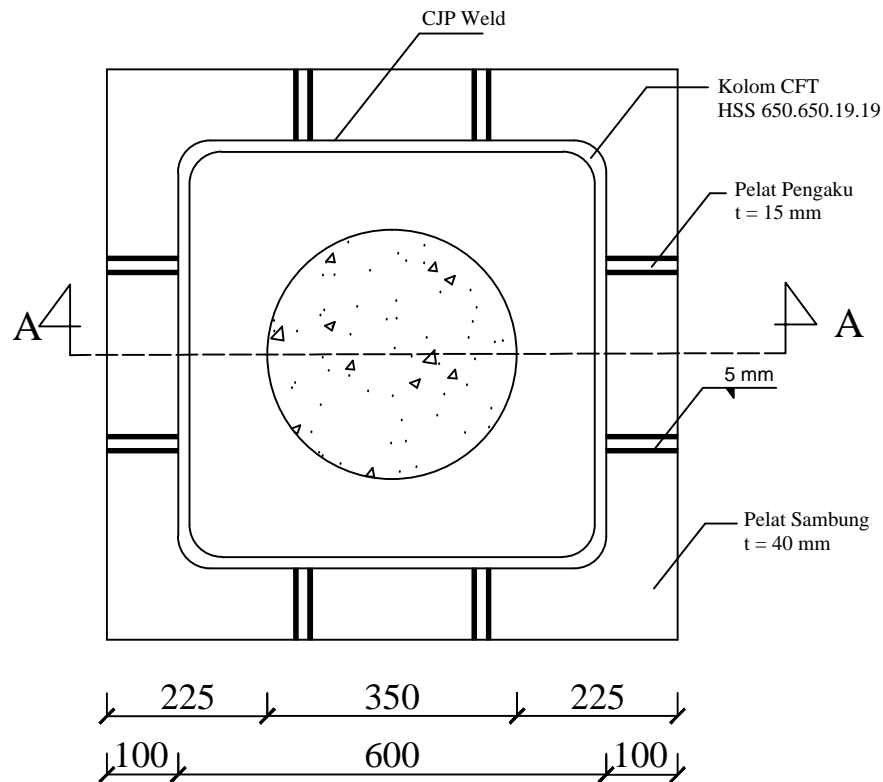
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Sambungan Kolom

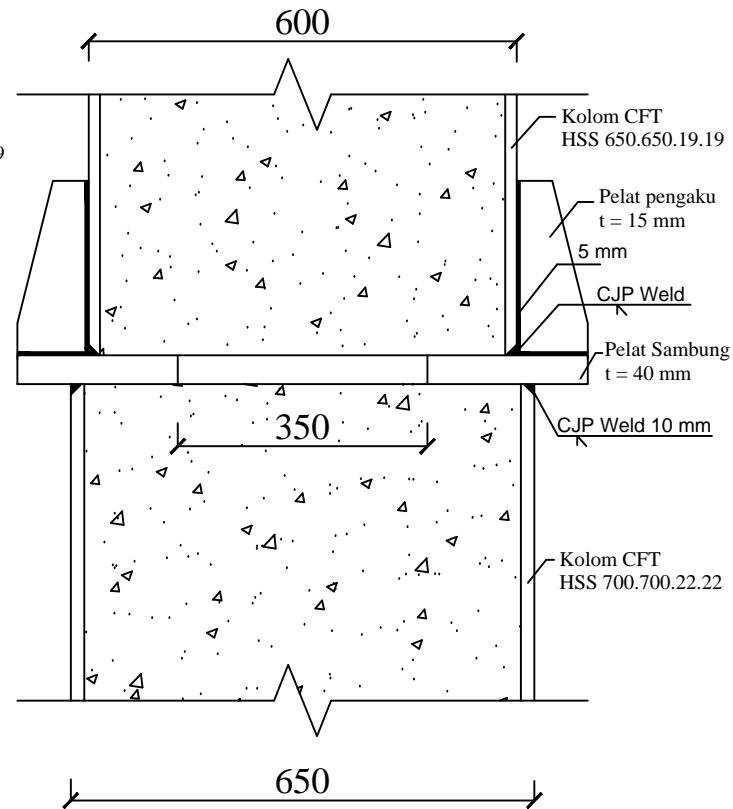
Skala 1:10

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	30	39



**TAMPAK ATAS SAMBUNGAN KOLOM**

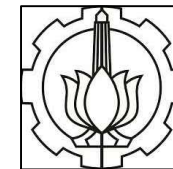
1:10



**POTONGAN A-A**

1:10





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TU BE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardoyo, MSc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

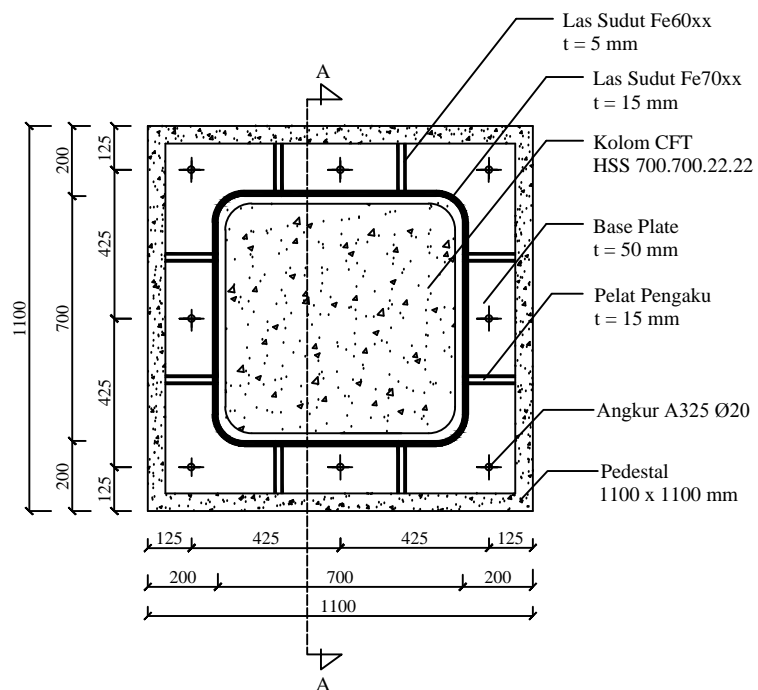
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

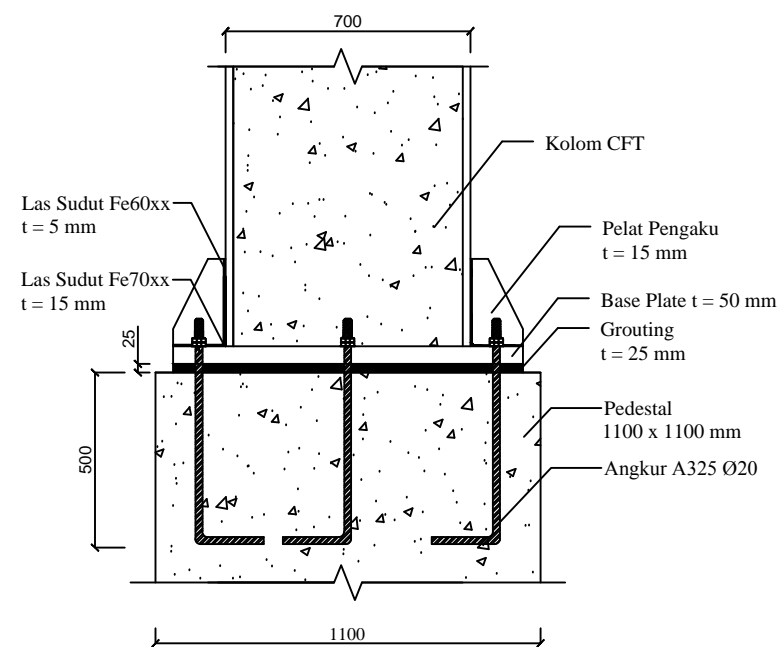
Sambungan Base Plate

Skala 1 : 20

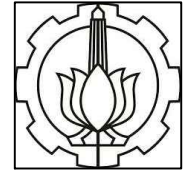
Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	31	39



TAMPAK ATAS BASE PLATE  
1 : 20



POTONGAN A-A  
1 : 20



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., PhD  
Ir. R. Soewardjo, MSc.

Keterangan

TYPE A  
4 TIANG PANCANG  
Ø 600 mm  
TYPE B  
15 TIANG PANCANG  
Ø 600 mm  
SLOOF  
400/600 mm

Nama Mahasiswa

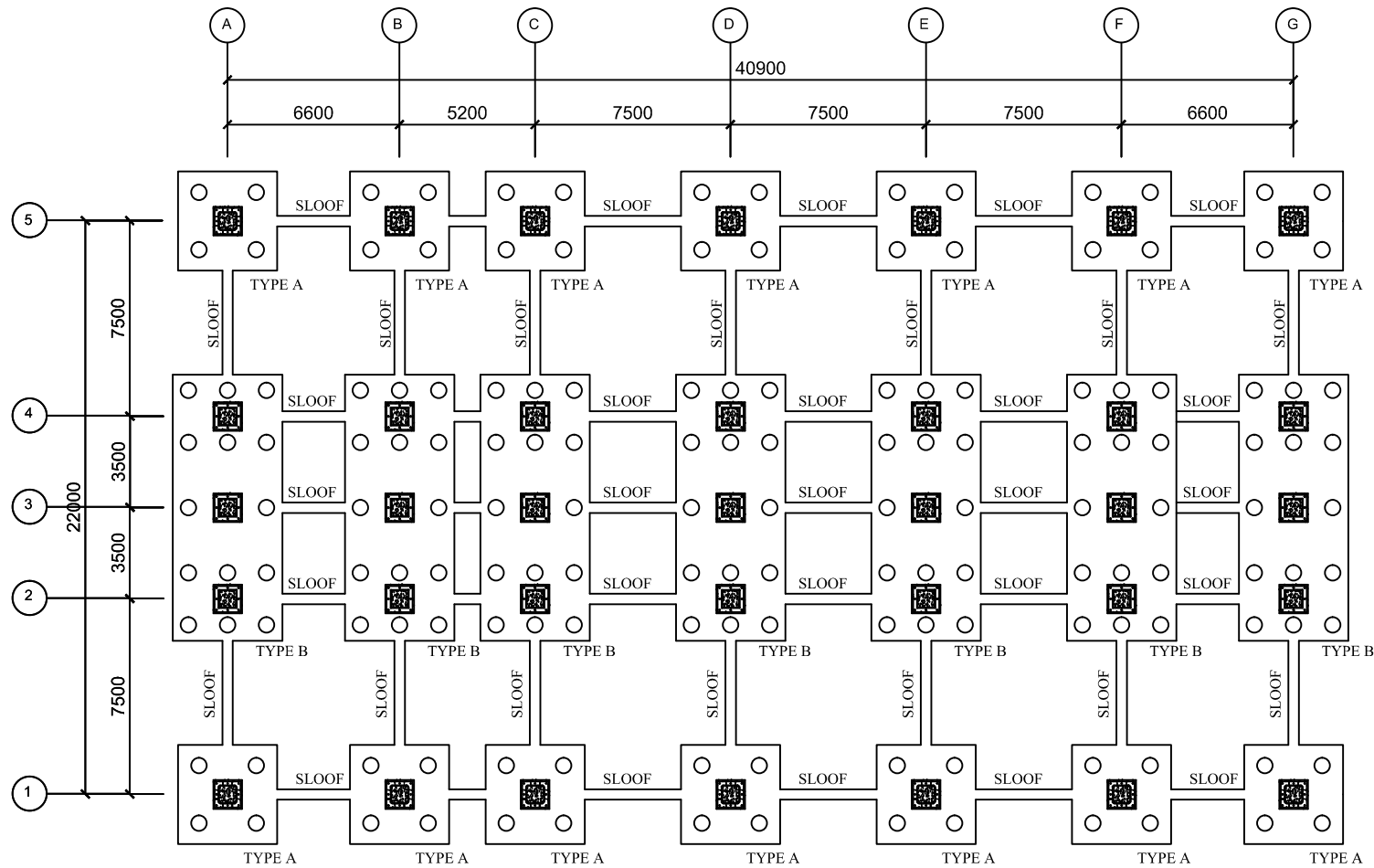
Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

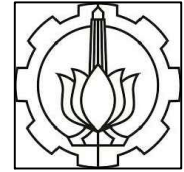
Nama Gambar

DENAH PONDASI DAN KOLOM  
Skala 1:250

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	32	39



**DENAH PONDASI DAN KOLOM**  
1:250



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardjo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

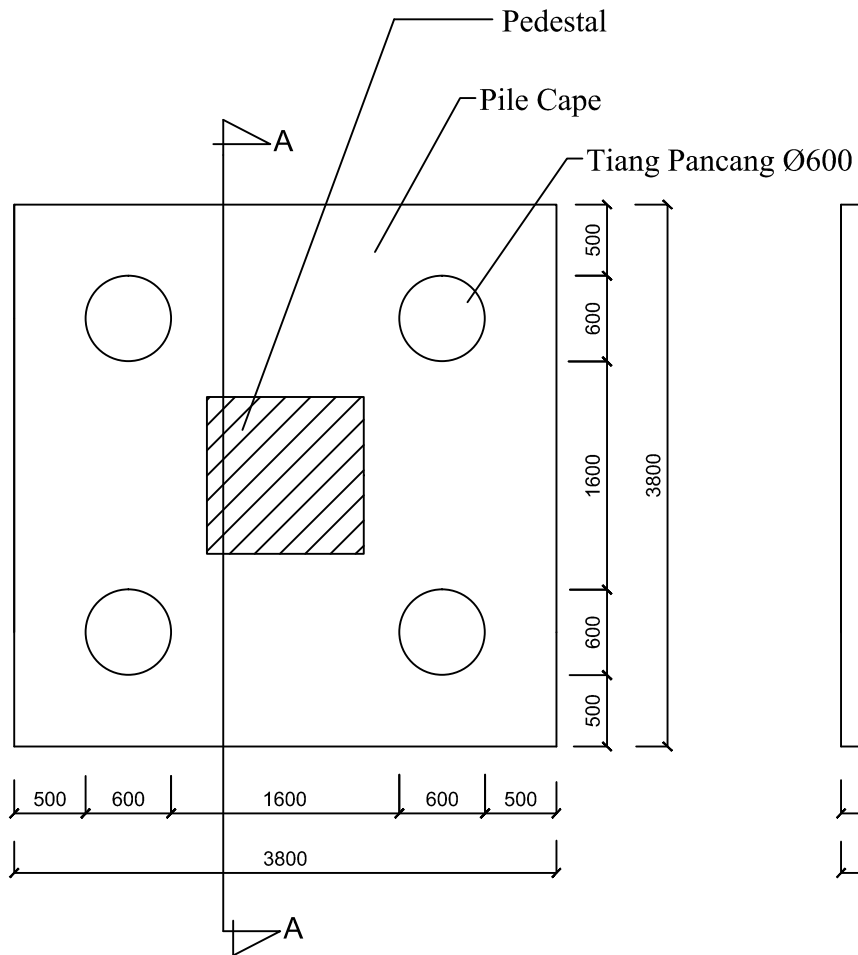
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DETAIL TULANGAN PONDASI TYPE A

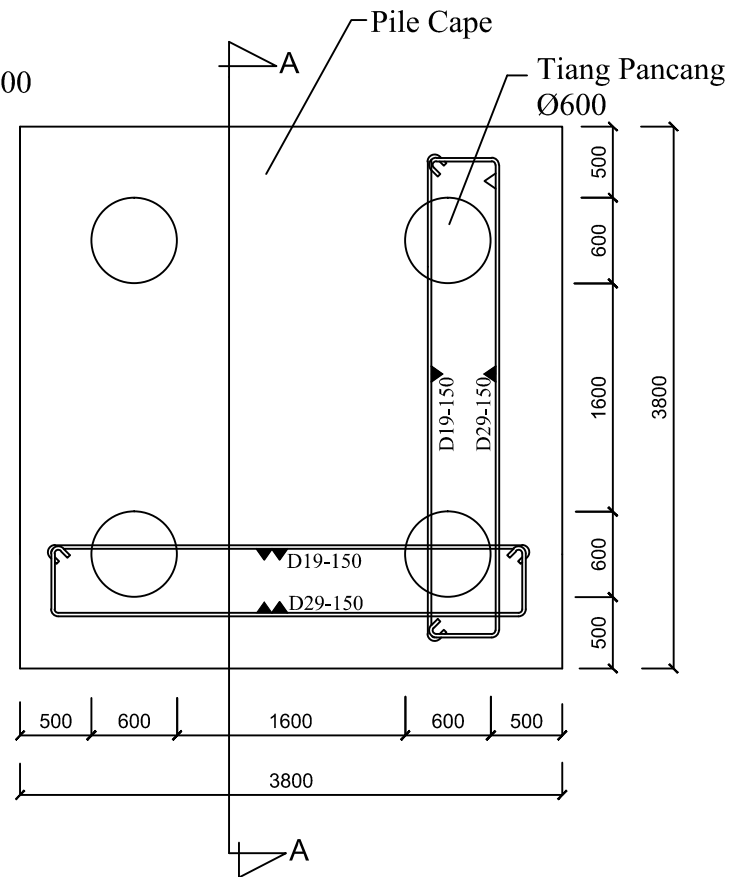
Skala 1:50

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	33	39



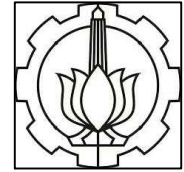
**DETAIL PONDASI**

1:50



**DET. TULANGAN PONDASI**

1:50



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardojo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

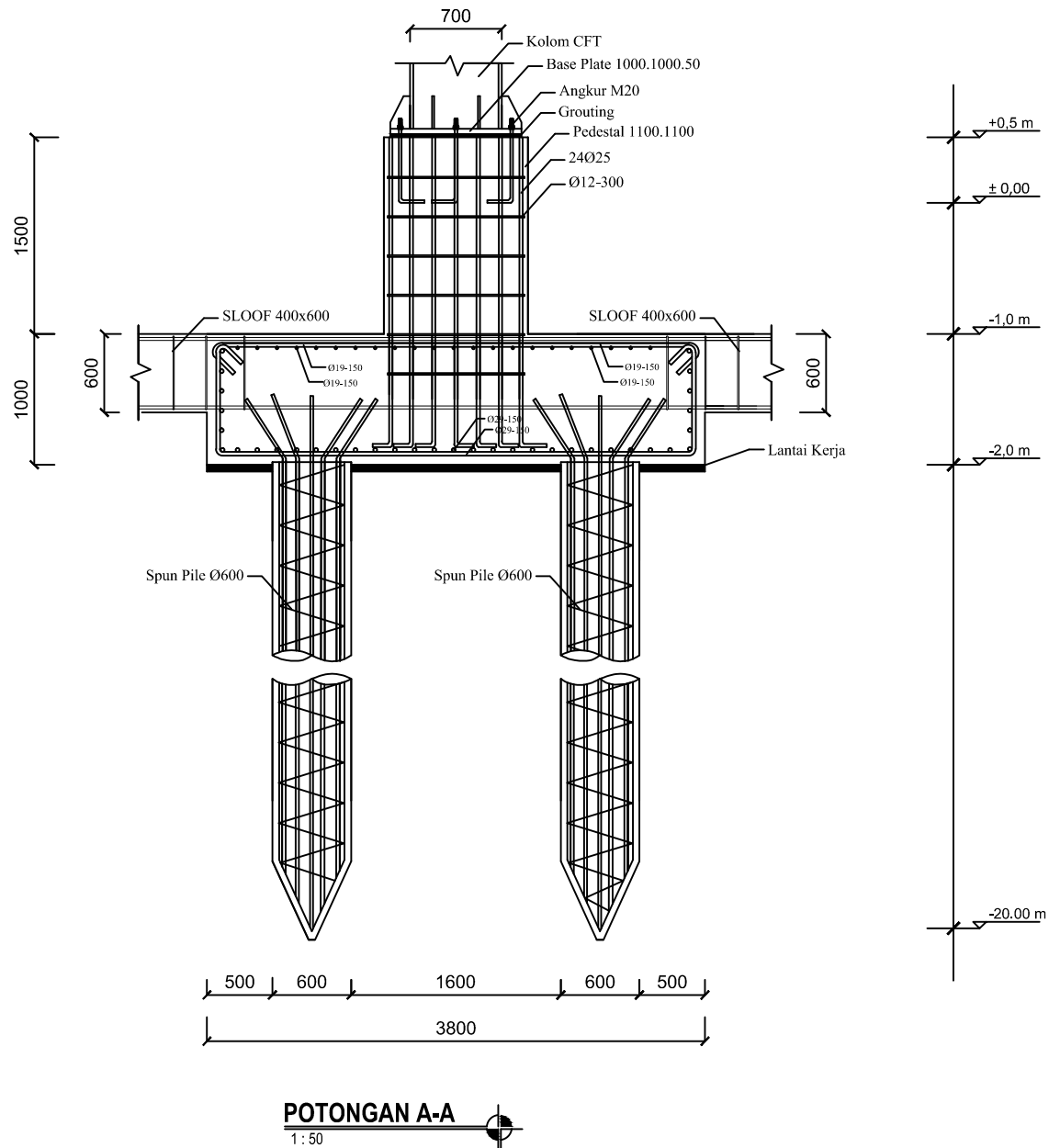
Achmad Nur Ali

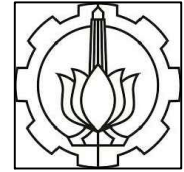
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

POTONGAN PONDASI  
 TYPE A  
 Skala 1:50

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	34	39





Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
 KEMENDAGRI JAKARTA  
 MENGGUNAKAN BAJA  
 DENGAN SISTEM EBF DAN  
 KOLOM CONCRETE FILLED  
 STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

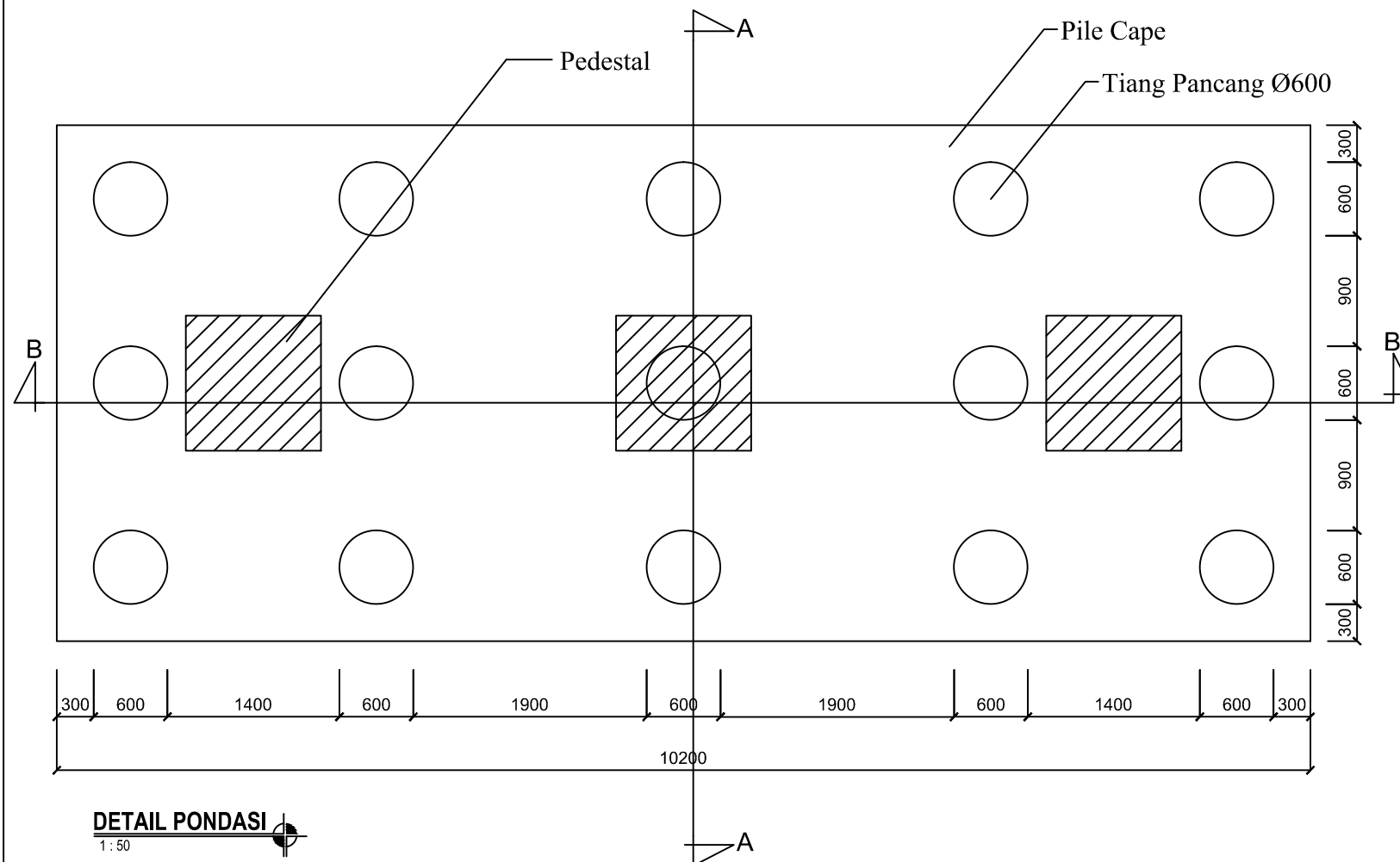
Revisi	Tanggal	Catatan

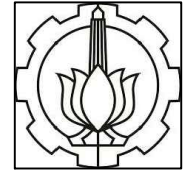
Nama Gambar

DETAIL PONDASI  
 TYPE B

Skala 1:50

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	35	39





Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardoyo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

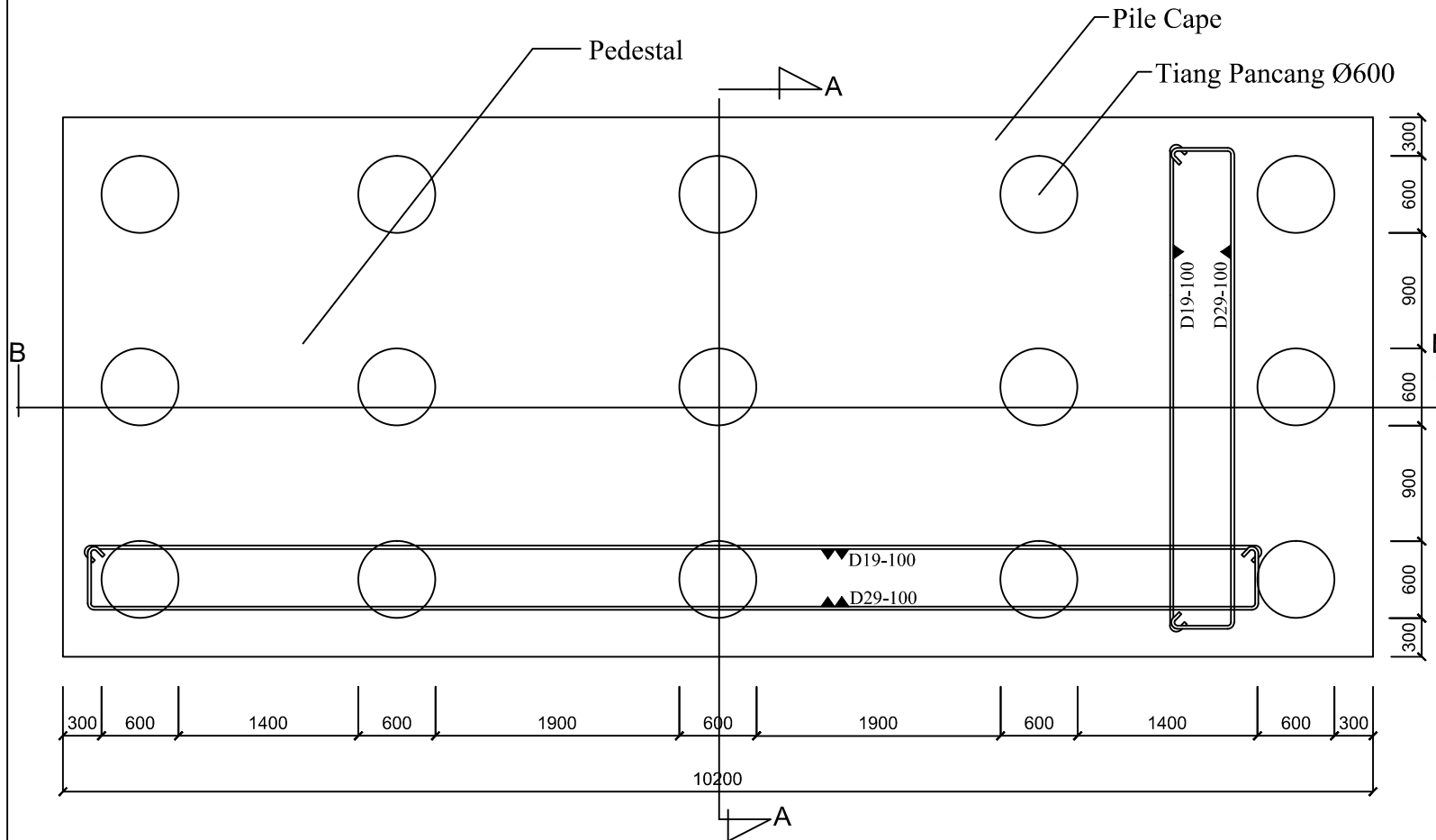
Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

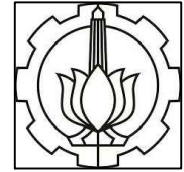
Nama Gambar

DETAIL TULANGAN PONDASI TYPE B  
 Skala 1:50

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	36	39



**DET. TULANGAN PONDASI**  
 1:50



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
 KEMENDAGRI JAKARTA  
 MENGGUNAKAN BAJA  
 DENGAN SISTEM EBF DAN  
 KOLOM *CONCRETE FILLED  
 STEEL TUBE (CFT)*

Dosen Pembimbing

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
 Ir. R. Soewardjo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

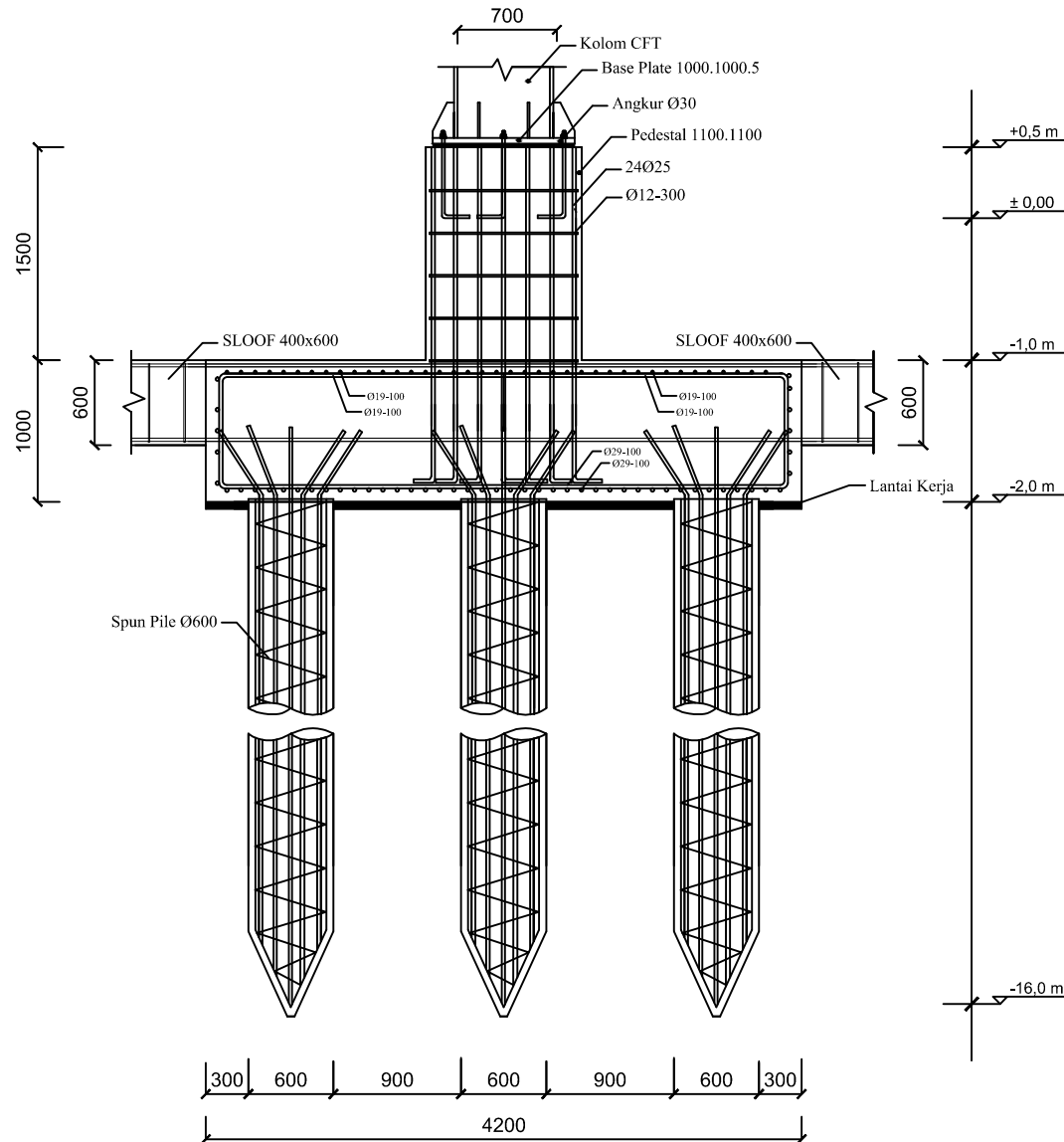
Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

POTONGAN PONDASI  
 TYPE B  
 Skala 1:50

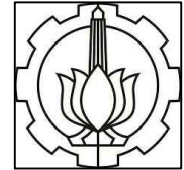
Kode	No Gambar	Jumlah Gambar

	37	39
--	----	----



POTONGAN A-A

1 : 50



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR KEMENDAGRI JAKARTA MENGGUNAKAN BAJA DENGAN SISTEM EBF DAN KOLOM CONCRETE FILLED STEEL TUBE (CFT)

Dosen Pembimbing

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

Ir. R. Soewardojo, MSc.

Keterangan

Nama Mahasiswa

Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

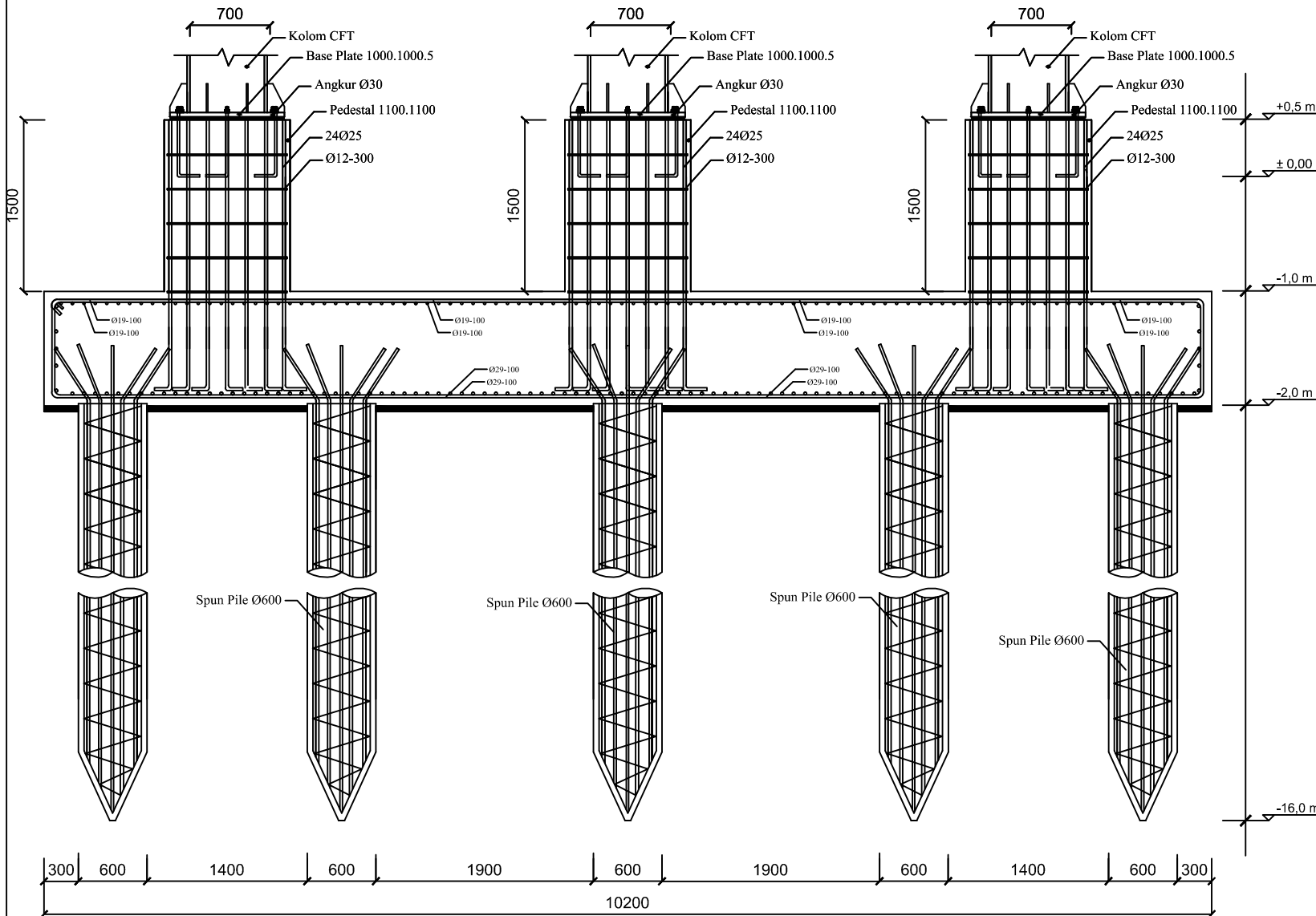
Nama Gambar

POTONGAN PONDASI  
 TYPE B  
 Skala 1:50

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar

38

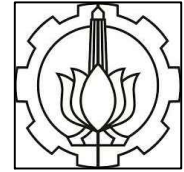
39



POTONGAN B-B

1:50





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Judul Tugas Akhir**

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG PARKIR  
KEMENDAGRI JAKARTA  
MENGUNAKAN BAJA DENGAN  
SISTEM EBF DAN KOLOM  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE  
(CFT)

**Dosen Pembimbing**

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
Ir. R. Soewardojo, MSc

**Keterangan**

**Nama Mahasiswa**

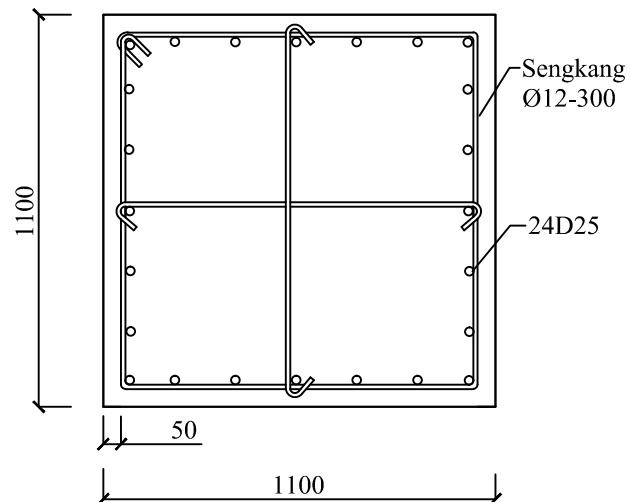
Achmad Nur Ali

Revisi	Tanggal	Catatan

**Nama Gambar**

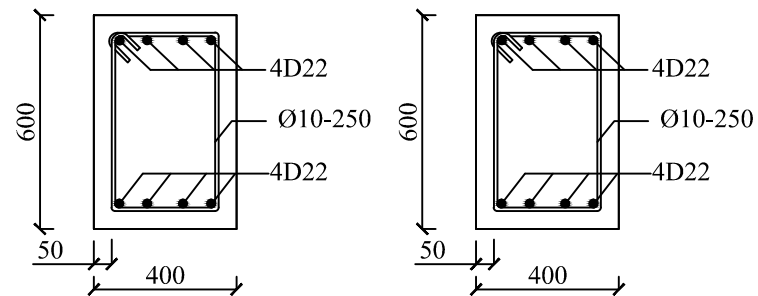
Detail Sloof dan  
Pedestal  
Skala 1:20

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
	39	39



**DETAIL PENULANGAN PEDESTAL**

1:20



**TUMPUAN**

**LAPANGAN**

**DETAIL PENULANGAN SLOOF**

1:20

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Achmad Nur Ali. Lahir di Brebes pada tanggal 22 Januari 1993, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Sudarso dan Suirah.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK dan MI Attahiriyyah Assa'adiyah VII Ciracas, MTsN 7 Jakarta (2005-2008), SMAN 105 Jakarta (2008-2011), dan Diploma 3 jurusan teknik sipil di Universitas Negeri Jakarta (2011-2014). Kemudian pada tahun 2015 penulis melanjutkan ke jenjang sarjana di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya dengan bidang studi struktur dengan judul tugas akhir “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Parkir Kemendagri Jakarta Menggunakan Baja dengan Sistem EBF dan Kolom *Concrete Filled Steel Tube* (CFT)”.

Email : [allynurachmad@gmail.com](mailto:allynurachmad@gmail.com)