



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMENT BALE
HINGGIL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN
CONCRETED FILLED STEEL TUBE DAN *ECCETRICALLY
BRACED FRAMES***

RYAN TOFIK
NRP 3114 106 056

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

Dosen Pembimbing II :
Endah Wahyuni , ST., MSc., Ph.D

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



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN BALE
HINGGIL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN
CONCRETED FILLED STEEL TUBE DAN *ECCETRICALLY
BRACED FRAMES***

RYAN TOFIK
NRP 3114 106 056

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

Dosen Pembimbing II :
Endah Wahyuni , ST., MSc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknol^ogi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC141501

**DESIGN MODIFICATION OF BALE HINGGIL
APARTMENT SURABAYA BY USING CONCRETE
FILLED STEEL TUBE AND ECCENTRICALLY
BRACED FRAMES**

**RYAN TOFIK
NRP 3114 106 056**

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

Major Supervisor II :
Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN BALE
HINGGIL DENGAN MENGGUNAKAN *CONCRETE
FILLED STEEL TUBE* DAN *ECCENTRICALLY BRACED
FRAMES***

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 :

RYAN TOFIK
NRP. 3114 106 056

Disetujui oleh Pembimbing I dan Pembimbing II

Budi Suswanto, ST., M.T., Ph.D.

NIP : 197301281998021002

Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D.

NIP : 19700201199512201

SURABAYA
JANUARI, 2017



REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

REVISI



REVISI

MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMENT BALE HINGGIL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE DAN ECCENTRICALLY BRACED FRAMES

Nama Mahasiswa : Ryan Tofik
NRP : 3114 106 056
Dosen Pembimbing : 1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
: 2. Endah Wahyuni, ST., M.Sc Ph.D

Abstrak

Struktur baja merupakan alternatif yang digunakan sebagai struktur tahan gempa, karena baja dinilai memiliki daktilitas yang lebih baik dibandingkan dengan struktur beton. Sistem struktur *Eccentrically Braced Frames* (EBF) memiliki kelebihan yaitu membatasi kelelahan geser yang terjadi dengan *link* pendek.

Pada modifikasi perencanaan struktur gedung apartement Bale Hinggil ini digunakan, *concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frames* (EBF). Perhitungan struktur yang dilakukan pada sistem struktur ini mengacu pada, SNI 03-1729-2002 “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional”, PPURG 1987, SNI 03-1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”. SNI 03-1726-2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung”, dan SNI 03-2847-2013 “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”. pemodelan dan analisa struktur menggunakan program ETABS.

Dari analisa yang telah dilakukan diperoleh, tebal plat atap 9 cm, lantai dan parkir 10 cm, dimensi balok induk lantai WF 450.300.10.16, dimensi balok induk parkir dan atap WF 400.300.9.14, dimensi kolom parkir P1-4 CFT 800.800.25.25, kolom Lantai 5-18 CFT 700.700.22.22, kolom Atap 19-20 CFT 600.600.16.16, dimensi bressing WF 300.300.12.12, base plate menggunakan fixed plate BMK-17 dari katalog PT.Gunung Garuda dan panjang element *link* yang direncanakan 100 cm. Sambungan struktur utama direncanakan dengan baut A325. Pondasi menggunakan *spun pile* diameter 60 cm dengan kedalaman 30 m. Sloof ukuran 45x70 cm dengan tulangan utama 10 D22 dan tulangan geser \emptyset 10-250.

Kata Kunci : *Apartement, Concrete Filled Steel Tube, Eccentrically Bracing Frames (EBF)*

DESIGN MODIFICATION OF BALE HINGGIL APARTMENT SURABAYA BY USING CONCRETE FILLED STEEL TUBE AND ECCENTRICALLY BRACED FRAMES

Name : Ryan Tofik
Student ID : 3114 106 056
Major Supervisor : 1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
: 2. Endah Wahyuni, ST., M.Sc Ph.D

Abstract

Steel structure is commonly used as alternative for earthquake resistance building, because it has better ductility than concrete structure. Eccentrically Braced Frames has the advantage to reduce shear yield mechanism that happened to short link.

This design modification structure of Bale Hinggil Apartment used concrete filled steel tube and Eccentrically Braced Frames (EBF). Structure calculations were referred to the SNI 03-1729-2002 "Planning Procedures for Building Steel Structure, National Standardization Agency", PPURG 1987, SNI 03-1727-2013 "Minimum load for Designing Buildings and Other structures", SNI 03-1726-2012 "Resisting Planning Standard from Earthquake for building structure", and SNI 03-2847-2013 "Planning Procedures for Building Concrete Structure, National Standardization Agency". Modelling and structural analysis were performed using ETABS.

From the analysis and calculation, the results obtained: the parking floor slab used thickness of 9 cm, the apartment floor and roof slab thickness of 10 cm; the dimensions of the apartement floor beam is WF 450.300.10.16; the dimensions of the parking floor and roof beam are WF 400.300.9.14; the column dimensions of CFT 800.800.25.25 floors for P1-4, the column dimensions of CFT 700.700.22.22 for floor 5-18, the column dimensions of CFT 600.600.16.16 for floor 19-20; the dimension of the bracing of WF 300.300.12.12; and the base plate using fixed plate BMK-17 from the catalogue of PT. Gunung Garuda. the main structure is planned as a rigid connection with bolt of A325. Foundation design used spun piles with diameter of 60 cm and a depth of 30m. It also has tie beam with size of 45 cm x 70 cm with the main reinforcement and shear reinforcement of 10D22 and Ø10-250 respectively

Keywords : ***Apartment, Concrete Filled Steel Tube, Eccentrically Bracing Frames***

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat Rahmat-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Modifikasi Perencanaan Apartemen Bale Hinggil Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Struktur *Concrete Filled Steel Tube* Dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*” tepat pada waktunya.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penyusun telah mendapat bimbingan dan arahan serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dari penulis yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Kepada Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D dan Ibu Endah Wahyuni ST., MSc., Ph.D sebagai dosen pembimbing yang memberikan arahan dan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., PhD selaku ketua jurusan teknik sipil.
4. Seluruh dosen pengajar jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS yang telah memberikan bimbingan dan ilmu yang bermanfaat.
5. Teman-teman seperjuangan ITS khususnya Sipil LJ 2015 ITS.
6. Teman-teman seperjuangan dari Politeknik Negeri Jakarta yang sudah banyak memberikan semangat, doa dan arahan kepada penulis.
7. Zalinda Dwiana Putri yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan dan juga pengertiannya kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan cepat.
8. Kakak-kakak kelas Lintas Jalur S-1 alumni Politeknik Negeri Jakarta yang sudah banyak memberikan ilmu dan pengalaman serta arahan kepada penulis.
9. Rekan-rekan sekalian yang tidak dapat disebutkan satu-persatu serta semua pihak yang telah banyak membantu

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Sehingga besar harapan adanya kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Demikianlah Tugas Akhir ini dibuat, semoga dapat memberikan manfaat bagi pembaca khususnya bagi mahasiswa/i Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Januari 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Perencanaan	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i>	7
2.2.1 Pengertian kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i>	7
2.2.2 Tipe kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i>	7
2.2.3 Kelebihan kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i>	8
2.3 Struktur Rangka Baja Tahan Gempa.....	9
2.3.1 <i>Moment Resisting Frame</i> (MRF)	9
2.3.2 <i>Centrically Braced Frames</i> (CBF)	11
2.3.3 <i>Eccentrically Braced Frames</i> (EBF)	13
2.3.4 Perilaku <i>Link Beam</i>	15

2.3.4.1 Kuat Elemen <i>Link Beam</i>	1
2.3.4.2 Panjang Elemen <i>Link Beam</i>	17
2.3.4.3 Sudut Rotasi <i>Link Beam</i>	19
2.3.4.4 Pendetailan <i>Link Beam</i>	20
2.4 Steel Floor Deck.....	22
2.5 Sambungan	23
2.6 Pondasi	24
BAB III METODOLOGI	27
3.1 Diagram Alur Perencanaan	27
3.2 Uraian Metodologi	28
3.2.1 Pengumpulan Data	28
3.2.2 Studi Literatur	29
3.2.3 Preliminary Design.....	29
3.2.4 Pembebanan Struktur	30
3.2.5 Pemodelan dan Analisa Struktur.....	45
3.2.6 Kontrol Design	46
3.2.6.1 Kontrol Design Penampang Balok.....	46
3.2.6.2 Kontrol Design Kolom <i>Steel Tube</i>	50
3.2.6.3 Kontrol Profil Bracing.....	59
3.2.6.4 Kontrol <i>Link</i>	60
3.2.7 Perencanaan Sambungan	61
3.2.8 Perencanaan Struktur Bawah.....	63
3.2.8.1 Perencanaan Pondasi	63
3.2.8.2 Perencanaan Poer.....	67
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER	71

4.1 Perencanaan Pelat Lantai.....	71
4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai 20.....	71
4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai 4-19.....	74
4.1.3 Perencanaan Pelat Lantai P1-P3	76
4.2 Perencanaan Balok Anak.....	78
4.2.1 Perencanaan Balok anak Lantai 20	79
4.2.2 Perencanaan Balok anak Lantai 4-19	83
4.2.3 Perencanaan Balok anak Lantai P1-P3	87
4.3 Perencanaan Tangga dan Bordes.....	91
4.3.1 Perencanaan Tangga.....	92
4.3.2 Perencanaan Bordes	98
4.3.3 Perencanaan Balok Utama Tangga.....	102
4.3.4 Balok Penumpu Tangga	109
4.4 Perencanaan Balok Lift	113
4.5 Perencanaan Ramp	120
4.5.1 Perencanaan Pelat Ramp	120
4.5.2 Perencanaan Bordes Ramp	122
4.5.3 Perencanaan Balok Utama Ramp	127
4.5.4 Balok Penumpu Ramp.....	133
BAB V PEMODELAN STRUKTUR.....	139
5.1 Pemodelan Struktur	139
5.2 Pembebanan Struktur Utama.....	140
5.2.1 Berat Total Bangunan.....	143
5.2.2 Kombinasi Pembebanan	144
5.3 Pembebanan Gempa Dinamis	145

5.3.1 Klasifikasi Tanah.....	145
5.3.2 Lantai Tingkat Satu sebagai diafragma	146
5.3.3 Arah Pembebanan.....	146
5.3.4 Parameter Respon Spektrm Rencana	147
5.4 Kontrol Desain	151
5.4.1 Kontrol Partisipasi Massa.....	151
5.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental	153
5.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum.....	154
5.4.4 Kontrol Akhir Base Reaction	154
5.4.5 Kontrol Batas Simpangan antar Lantai.....	157
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	161
6.1 Analisa Struktur Primer.....	161
6.2 Perencanaan Struktur Balok	161
6.2.1 Balok Induk P1-P3 bentang 8,825 m.....	161
6.2.2 Balok Induk 4-19 bentang 6,175 m	164
6.2.3 Balok Induk 4-19 bentang 6, m	167
6.3 Perencanaan Struktur Kolom.....	170
6.3.1 Kolom P1-4	170
6.4 Perencanaan Bressing.....	176
6.4.1 Bressing Arah X	176
6.4.2 Bressing Arah Y	179
6.5 Balok Link EBF	181
6.5.1 Balok Link Arah X.....	181
6.5.2 Pengaku Link Arah X.....	185
6.5.3 Balok Link Arah Y.....	186

6.5.4 Pengaku Link Arah Y.....	189
6.6 Balok Diluar Link EBF	190
6.6.1 Balok Diluar Link Arah X.....	190
6.6.2 Balok Diluar Link Arah Y.....	192
BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN.....	195
7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....	195
7.1.1 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. P1-P3	195
7.1.2 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. 4-19..	198
7.1.3 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. 20.....	202
7.2 Sambungan Balok Utama Tangga dan Penumpu Tangga	206
7.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom.....	209
7.4 Sambungan Balok Penumpu Ramp dan Balok Utama	212
7.5 Sambungan Balok Penumpu Ramp dan Kolom.....	216
7.6 Sambungan Antar Kolom Lantai 4 dan 5	220
7.7 Sambungan Batang Bressing WF 300x300x12x12.....	221
7.8 Sambungan Balok Utama dengan Kolom	224
7.9 Sambungan Kolom dan Base Plate.....	228
BAB VIII PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH.....	235
8.1 Umum.....	235
8.2 Desain Tiang Pancang Kolom.....	235
8.2.1 Data Perencanaan	235
8.2.2 Beban Pada Tiang Pancang	235
8.2.3 Daya dukung Ijin satu Tiang	237
8.2.4 Tiang Pancang Kelompok	238

8.3 Perencanaan Poer Pada kolom	240
8.3.1 Kontrol Geser Pons Akibat Kolom.....	241
8.3.2 Kontrol Geser Pons Akibat Kolom Pancang	243
8.4 Desain Penulangan Poer Kolom.....	244
8.5 Perencanaan Kolom Pedestal	246
8.6 Perencanaan Sloof Pondasi	248
8.6.1 Penulangan Geser Sloof	251
BAB IX PENUTUP	253
9.1 Kesimpulan.....	253
9.2 Saran.....	257
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Macam-macam Struktur Komposit.....	8
Gambar 2.2 <i>Momen Resisting Frame</i>	10
Gambar 2.3 Konfigurasi Sistem CBF.....	12
Gambar 2.4 Perilaku Konfigurasi Sistem CBF.....	12
Gambar 2.5 Eccentrically Braced Frames (EBF)	14
Gambar 2.6 Gaya yang bekerja pada <i>Link</i>	16
Gambar 2.7 Kekakuan Elastik terhadap variasi e/L pada dua konfigurasi EBF.	18
Gambar 2.8 Sudut Rotasi <i>Link Beam</i>	20
Gambar 2.9 <i>Detailing</i> pada <i>Link Beam</i>	22
Gambar 2.10 Penampang <i>Steel Floor Deck</i>	22
Gambar 2.11 Jenis Pondasi Dangkal	25
Gambar 2.12 Jenis Pondasi Dalam.	26
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Perencanaan.....	28
Gambar 3.2 Peta Untuk S1 ($T=1s$, probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun).....	35
Gambar 3.3 Peta Untuk SS ($T=0,2s$, probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun).....	35
Gambar 3.4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum.	44
Gambar 3.5 Pondasi Tiang Pancang Grup.....	65
Gambar 3.6 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Tiang Pancang.....	68
Gambar 4.1 Pelat Lantai 20	71
Gambar 4.2 Penulangan Bondek 20	73
Gambar 4.3 Pelat Lantai 4-19	74
Gambar 4.4 Penulangan Bondek Lantai 4-19	76
Gambar 4.5 Pelat Lantai P1-P3.....	76
Gambar 4.6 Penulangan Bondek Lantai P1-P3.....	78
Gambar 4.7 Denah Pembebanan Balok Lantai P1-P3	79

Gambar 4.8	Denah Pembebanan Balok Lantai 4-19.....	83
Gambar 4.9	Denah Pembebanan Balok Lantai P1-P3	88
Gambar 4.10	Denah Tangga	93
Gambar 4.11	Pelat Anak Tangga	93
Gambar 4.12	Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga	95
Gambar 4.13	Denah Bordes.....	98
Gambar 4.14	Model Pembebanan Balok Tangga	104
Gambar 4.15	Pemodelan Pembebanan Pada ETABS	104
Gambar 4.16	Bidang Momen Balok Tangga	105
Gambar 4.17	Bidang Geser Balok Tangga	105
Gambar 4.18	Bidang Aksial Balok Tangga	105
Gambar 4.19	Pembebanan Balok Penumpu Tangga.....	109
Gambar 4.20	Bidang Momen Balok Penumpu Tangga	110
Gambar 4.21	Bidang Geser Balok Penumpu Tangga	110
Gambar 4.22	Posisi M_a , M_b , M_c Balok Penumpu Tangga	111
Gambar 4.23	Denah <i>Lift</i>	114
Gambar 4.24	Potongan Melintang <i>Lift</i>	114
Gambar 4.25	Model Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i>	116
Gambar 4.26	Denah Ramp.....	120
Gambar 4.27	Penulangan Bondek Ramp	122
Gambar 4.28	Denah Bordes Ramp	122
Gambar 4.29	Model Pembebanan Balok Utama Ramp	128
Gambar 4.30	Bidang Momen Balok Ramp.....	128
Gambar 4.31	Bidang Geser Balok Ramp.....	128
Gambar 4.32	Bidang Aksial Balok Ramp.....	129
Gambar 4.33	Posisi M_a , M_b , M_c Balok Penumpu Ramp.....	131
Gambar 4.34	Pembebanan Balok Penumpu Ramp	134
Gambar 4.35	Bidang Momen Balok Penumpu Ramp	134
Gambar 4.36	Bidang Geser Balok Penumpu Ramp.....	135
Gambar 4.37	Bidang Aksial Balok Ramp.....	136
Gambar 5.1	Denah Struktur Apartement Bale Hinggil.....	139
Gambar 5.2	Model 3 Dimensi Apartement Bale Hinggil	140
Gambar 5.3	Grafik Spektrum Percepatan Gempa Wilayah Surabaya	150

Gambar 6.1 Hasil Gaya Dalam ETABS Balok Utama Lantai P1-P3.....	161
Gambar 6.2 Hasil Gaya Dalam ETABS Balok Utama Lantai 4-19 (BI2)	164
Gambar 6.3 Hasil Gaya Dalam ETABS Balok Utama Lantai 4-19 (BI3)	167
Gambar 6.4 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS $800 \times 800 \times 25 \times 25$	170
Gambar 6.5 Gambar gaya dalam gravitasi arah X pada kolom 17009.....	173
Gambar 6.6 Gambar gaya dalam axial pada kolom 17009	173
Gambar 6.7 Gambar gaya dalam gravitasi arah X pada kolom C142	174
Gambar 6.8 Gambar gaya dalam axial pada kolom C142	175
Gambar 6.9 P Element <i>Link</i> Arah X	182
Gambar 6.10 Hasil Gaya Dalam <i>Link</i> Arah X	183
Gambar 6.11 Jarak Pengaku <i>Link</i> Arah X	185
Gambar 6.12 Element <i>Link</i> Arah Y	186
Gambar 6.13 Hasil Gaya Dalam <i>Link</i> Arah Y	187
Gambar 6.14 Jarak Pengaku <i>Link</i> Arah Y	189
Gambar 6.15 Element balok diluar <i>Link</i> Arah X	190
Gambar 6.16 Element balok diluar <i>Link</i> Arah Y	192
Gambar 7.1 Sambungan Balok Anak Dengan Balok Induk Lantai P1-P3	195
Gambar 7.2 Detail plat siku pada gelagar	195
Gambar 7.3 Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lt. 4-19	199
Gambar 7.4 Detail plat siku pada gelagar	200
Gambar 7.5 Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lt. 20 203	
Gambar 7.6 Detail plat siku pada gelagar	204
Gambar 7.7 sambungan balok utama tangga dengan penumpu tangga	206
Gambar 7.8 Detail plat siku pada gelagar	207

Gambar 7.9 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom.....	209
Gambar 7.10 Detail plat siku pada gelagar.....	211
Gambar 7.11 sambungan balok utama Ramp dengan penumpu Ramp	212
Gambar 7.12 Detail plat siku pada gelagar.....	214
Gambar 7.13 sambungan balok Penumpu Ramp dengan Kolom.....	215
Gambar 7.14 Sambungan Kolom dengan Kolom.....	220
Gambar 7.15 Sambungan Bresing Dengan Balok	222
Gambar 7.16 sambungan balok Utama dengan Kolom	224
Gambar 7.17 Sambungan Las pada Baseplate.....	229
Gambar 7.18 Arah Beban Sumbu X pada Base Plate.....	231
Gambar 7.19 Tampak Samping Sambungan Base plate dengan Kolom dan Pedestal.....	233
Gambar 7.20 Tampak Atas Sambungan Baseplate dengan Kolom dan Pedestal.....	234
Gambar 8.1 Letak Pondasi Kolom Yang Ditinjau	236
Gambar 8.2 Posisi Tiang Pancang Kolom P1	239
Gambar 8.3 Geser Ponds Akibat Kolom.....	242
Gambar 8.4 Geser Ponds Akibat Pancang	243
Gambar 8.5 Mekanika Beban Poer Kolom Arah X	245
Gambar 8.6 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCAColumn	247
Gambar 8.7 Penulangan Kolom Pedestal.....	248
Gambar 8.8 Letak Sloof yang Ditinjau	249
Gambar 8.9 Diagram Interaksi Sloof 45/70.....	250
Gambar 8.10 Detail Sloof 450 x 700	252

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Panjang <i>Link</i>	19
Tabel 2.2 Sudut rotasi <i>Link</i> Beam.....	19
Tabel 2.3 Jarak pengaku maksimum.	21
Tabel 3.1 Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung.....	30
Tabel 3.2 Beban Hidup Pada Lantai Bangunan Gedung	31
Tabel 3.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	32
Tabel 3.4 Faktor Keutamaan Gempa	34
Tabel 3.5 Klasifikasi Situs	36
Tabel 3.6 Koefisien Situs F_a	37
Tabel 3.7 Koefisien Situs F_v	38
Tabel 3.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan 0,2s	38
Tabel 3.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan 1s	39
Tabel 3.10 Koefisien Dan Faktor Desain Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	39
Tabel 3.11 Prosedur Analisis Yang Diizinkan.....	40
Tabel 3.12 Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan C_t Dan x	41
Tabel 3.13 Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil Perhitungan.....	42
Tabel 3.14 Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.....	47
Tabel 4.1 Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai 20	82
Tabel 4.2 Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai 4-19	87
Tabel 4.3 Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai P1-P3.....	91
Tabel 4.4 Penulangan Bondek Lantai 4-19.....	76
Tabel 4.5 Pelat Lantai P1-P3	76
Tabel 4.6 Penulangan Bondek Lantai P1-P3	78
Tabel 4.7 Denah Pembebanan Balok Lantai 20.....	79

Tabel 4.8 Sudut Rotasi <i>Link Beam</i>	20
Tabel 4.9 <i>Detailing</i> pada <i>Link Beam</i>	22
Tabel 4.10 Penampang <i>Steel Floor Deck</i>	22
Tabel 4.11 Jenis Pondasi Dangkal	25
Tabel 4.12 Jenis Pondasi Dalam.	26
Tabel 5.1 Rekapitulasi Berat Bangunan	143
Tabel 5.2 Berat Bangunan Program ETABS	144
Tabel 5.3 Nilai N untuk Penentuan jenis Tanah	145
Tabel 5.4 Nilai T dan Sa	149
Tabel 5.5 Rasio Partisipasi Massa	152
Tabel 5.6 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa.....	155
Tabel 5.7 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Dikali Faktor Skala	156
Tabel 5.8 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -X	157
Tabel 5.9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -Y	158
Tabel 7.1 Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lt. P1-P3.....	195
Tabel 7.2 Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lt. 4-19	199
Tabel 7.3 Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lt. 20	202
Tabel 8.1 Reaksi Kolom yang terjadi pada Poer	236
Tabel 8.2 Jarak Tiang Pancang Kolom P1	239

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Semakin pesatnya perkembangan zaman dan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia maka diperlukan infrastruktur yang memadai, efisien dan efektif untuk memenuhi kebutuhan primer. Berbagai inovasi dalam desain bangunan bertingkat tinggi semakin berkembang di kota-kota besar. Salah satu keunggulan bangunan bertingkat tinggi yaitu dapat memiliki daya tampung yang cukup memadai namun tidak menghabiskan luas lahan yang besar. Bangunan bertingkat beresiko memiliki pergeseran atau perpindahan yang besar akibat beban gempa. Indonesia memiliki resiko gempa yang cukup tinggi karena terletak pada tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Australia-India, lempeng Eurasian dan lempeng pasifik. Letak geografis ini menjadikan Indonesia rawan terhadap gempa vulkanik dan tektonik.

Struktur baja merupakan salah satu system struktur yang baik pada daerah rawan gempa karena material baja mempunyai sifat daktilitas dan kekuatan yang tinggi. Secara garis besar ada tiga tipe sistem struktur baja, yaitu *Moment Resisting Frame (MRF)*, *Concentrically Braced Frame (CBF)* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*. Sistem struktur baja tahan gempa yang umum digunakan adalah Rangka Pemikul Momen (*Momen Resisting Frame*) dimana sistem MRF mempunyai daktilitas yang baik akan tetapi struktur ini masih terlalu fleksibel (Junaedidkk, 2013).

Selain kelebihan dari sistem yang telah disebutkan diatas, material baja dipilih dalam perencanaan bangunan tahan gempa karena memiliki beberapa keunggulan dari material konstruksi lain, yaitu:

1. Kekuatan yang tinggi dari baja per satuan berat mempunyai konsekuensi bahwa beban mati akan kecil. Hal ini sangat penting untuk jembatan bentang panjang, bangunan tinggi, dan bangunan dengan kondisi tanah yang buruk.
2. Sifat-sifat baja baik sebagai bahan bangunan maupun dalam bentuk struktur dapat terkendali dengan baik sekali, sehingga para ahli dapat mengharapkan elemen-elemen dari konstruksi baja ini akan berperilaku sesuai dengan yang diperkirakan dalam perencanaan.
3. Sifat dari baja yang dapat mengalami deformasi yang besar di bawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur atau putus disebut sifat daktilitas. Adanya sifat ini membuat struktur baja mampu mencegah terjadinya proses robohnya bangunan secara tiba-tiba. Sifat ini sangat menguntungkan ditinjau dari aspek keamanan penghuni bangunan bila terjadi suatu guncangan yang tiba-tiba seperti misalnya pada peristiwa gempa bumi. (Arrayan, 2012)
4. Kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan yang lainnya menggunakan alat sambung las atau baut. Pembuatan baja melalui proses panas menyebabkan baja mudah dibentuk sesuai penampang-penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja. (Setiawan, 2008)

Selain kelebihan yang disebutkan tersebut, material baja juga memiliki beberapa kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan. Kekurangan dari struktur komposit yaitu material baja sangat rentan terhadap korosi jika dibiarkan terjadi kontak dengan udara dan air sehingga perlu dicat secara periodik.

Sebagai bahan studi perencanaan, akan dilakukan modifikasi perencanaan pada struktur gedung apartemen Bale hinggil yang terletak di Jl. DR. Ir. Soekarno, Surabaya jawa timur. Penggunaan beton bertulang sebagai struktur pemikul utama konstruksi gedung ini dinilai masih kurang efektif dalam pemanfaatan penampang, sehingga struktur gedung ini dilakukan modifikasi dengan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.

Eccentrically Braced Frame (EBF) dapat dipasang pada bermacam-macam struktur: gedung bertingkat tinggi, menara, bentangan yang panjang, dan jembatan. Tujuan utama pemasangan *Eccentrically Braced Frame* pada gedung tinggi untuk mengurangi goyangan gedung akibat angin, pada menara untuk mengurangi goyangan akibat gempa bumi dan angin, pada struktur berbentuk panjang untuk mengurangi getaran akibat lalu lintas, dan pada jembatan untuk mengurangi goyangan akibat angin atau getaran akibat lalu lintas.

Eccentrically Braced Frame (EBF). EBF merupakan suatu sistem struktur rangka baja tahan gempa yang mempunyai kekakuan elastik yang sangat baik (*excellent elastic stiffness*) dibawah pembebanan lateral, mempunyai daktilitas yang bagus (*good ductility*) dibawah beban gempa besar, kemampuan menyerap energi dan konsisten tanpa terjadi pengurangan kekakuan sampai sejumlah putaran (*cycle*) yang cukup tinggi (Engelhardt dan Popov, 1989;1992).

Pada struktur kolom menggunakan struktur bangunan konstruksi *Concrete filled steel tube* menggunakan profil baja persegi. Sedangkan Balok menggunakan profil IWF yang sudah digunakan sejak awal era perkembangan struktur baja. Seiring dengan berkembangnya dan mulai ditemukannya konstruksi baja komposit penggunaan profil baja mulai beragam.

Dalam laporan tugas akhir ini akan dibahas tentang perencanaan gedung menggunakan system *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* untuk gedung 32 lantai yang akan dimodifikasi menjadi 20 lantai. Perencanaan ini diharapkan akan bermanfaat untuk menambah referensi bagi perencana yang berminat menggunakan material *Concrete steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam modifikasi “gedung perkantoran menggunakan system struktur *Concrete filled steel tube* dengan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* yaitu :

1. Bagaimana menentukan Preliminary Design perencanaan struktur gedung menggunakan *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*?
2. Bagaimana menghitung pembebanan struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*?
3. Bagaimana pemodelan pembebanan struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* dan analisa struktur dengan program ETABS?
4. Bagaimana kontrol struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*?
5. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak dan tangga?
6. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom baja?

7. Bagaimana merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perencanaan struktur?
8. Bagaimana merencanakan pondasi struktur bangunan gedung?
9. Bagaimana output gambar struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*?

1.3 Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan yang ditinjau modifikasi struktur gedung perkantoran menggunakan *Concrete filled steel tube* dengan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* antara lain:

1. Merancang Preliminary Design perencanaan struktur gedung menggunakan *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.
2. Menghitung pembebanan struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.
3. Membuat pemodelan dan analisa struktur menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* dan analisa struktur dengan program ETABS.
4. Kontrol Desain struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.
5. Menghitung struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak dan tangga.
6. Menghitung struktur utama yang meliputi balok dan kolom.

7. Merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perencanaan struktur.
8. Merencanakan pondasi struktur bangunan gedung.
9. Menuangkan hasil perencanaan ke dalam gambar teknik, meliputi struktur utama dan sekunder.

1.4 Batasan masalah

Pada perencanaan modifikasi ini penulis membatasi masalah meliputi :

1. Perencanaan gedung ditinjau pada segi teknik seperti: perencanaan balok anak, tangga, balok induk, kolom dan untuk analisa struktur menggunakan program ETABS.
2. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural, dan manajemen konstruksi.
3. Desain struktur baja berdasarkan pada SNI 1729-2015.
4. Desain struktur beton berdasarkan pada SNI 2847-2013
5. Pembebanan dihitung berdasarkan SNI 1727-2013, PPIUG 1987
6. Perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang bisa di dapatkan dari modifikasi ini adalah :

1. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan terhadap dunia teknik sipil dalam penggunaan *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Bracing Frames (EBF)* pada struktur bangunan baja yang mengalami beban gempa.
2. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus di perhatikan pada saat perencanaan sehingga kegagalan struktur bisa dihindari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada masa ini struktur baja komposit semakin banyak dijumpai dan dipakai dalam rekayasa struktur. Pada beton bertulang gaya-gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh besi tulangan tapi pada baja komposit gaya gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh profil baja. Struktur baja komposit ternyata lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pemikul beban, kekakuan, penghematan berat baja, dan panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar (Salmon dan Johnson 1996).

2.2 Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

2.2.1 Pengertian Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

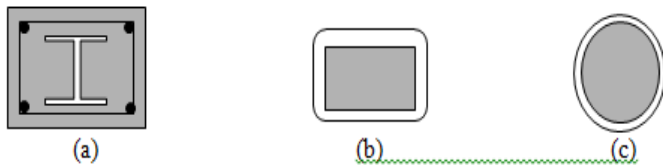
Kolom *concrete Filled Steel Tube* (CFT) merupakan kolom dengan tabung baja berintikan beton. Kolom CFT tidak hanya meningkatkan kekuatan tapi juga nilai ekonomis pelaksanaan yang lebih cepat (Zeghichea dan Chaoui 2005). Saat ini kolom tabung baja berintikan beton (CFT) semakin banyak digunakan dalam 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).

2.2.2 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).(Thusada, 2013)
2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton), (Gambar 1.b/c).(Thusada, 2013)



Gambar 2.1 *Macam-macam Struktur Komposit*
(Sumber : Thusada, 2013)

2.2.3 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.

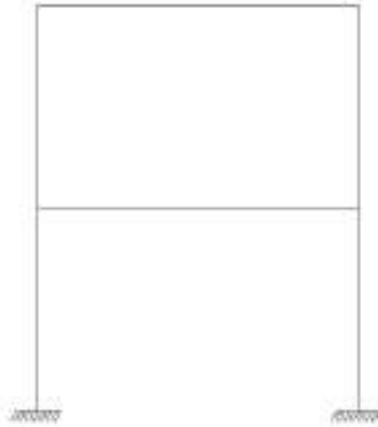
2.3 Struktur Rangka Baja Tahan Gempa

Terdapat beberapa jenis portal baja tahan gempa, secara umum terdapat dua jenis portal baja tahan gempa yaitu *Braced Frames* dan *Moment Resisting Frames*. Masing- masing jenis ini memiliki karakteristik yang berbeda.

2.3.1 *Moment Resisting Frames (MRF)*

Sistem rangka pemikul momen mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik, tetapi memerlukan adanya simpangan antar lantai yang cukup besar supaya timbul sendi- sendi plastis pada balok yang akan berfungsi untuk menyerap energi gempa. Pada sistem MRF, sambungan antara balok ke kolom harus didesain cukup kuat untuk memperkuat kekuatan balok dan mengurangi resiko *brittle* pada sambungan balok kolom. Dengan rentang balok yang cukup lebar (tanpa pengaku), sistem MRF dapat memberikan deformasi yang cukup besar dibandingkan dengan jenis portal baja tahan gempa lainnya. Tetapi sistem MRF memberikan simpangan yang terjadi begitu besar sehingga akan

menyebabkan struktur menjadi tidak kaku yang berakibat kerusakan non struktural yang besar sehingga membuat bertambahnya pengaruh $P-\Delta$ terutama pada bangunan yang tinggi. Dengan demikian, jika dibandingkan dengan struktur portal baja jenis lainnya, sistem struktur ini memiliki ukuran elemen struktur yang jauh lebih besar untuk menjaga deformasi strukturnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.2 *Momen Resisting Frames*
(Sumber: Bruneau, 1998)

Berdasarkan daktilitasnya, MRF terbagi dalam 2 kategori, yaitu *Special Moment Resisting Frames* atau sistem rangka batang pemikul momen khusus (SRBPMK) dan *Ordinary Moment Resisting Frames* atau sistem pemikul momen biasa (SRPMB)

1 Sistem rangka batang pemikul momen khusus (SRPMK)

SRPMK adalah suatu struktur rangka batang pemikul moment yang dipasang secara horizontal. SRPMK didesain memiliki daktilitas yang tinggi dan pada sistem ini ada suatu segmen khusus yang terdiri dari beberapa panel dengan batang-batangnya direncanakan mengalami deformasi inelastik yang cukup besar pada segmen khusus

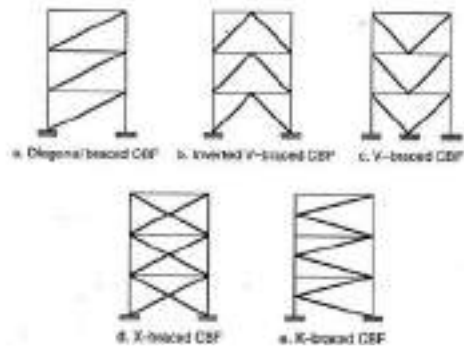
saat memikul gaya- gaya akibat beban gempa rencana. Deformasi inelastik akan meningkatkan damping dan mengurangi kekakuan (*stiffness*) dari struktur.

2 Sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB)

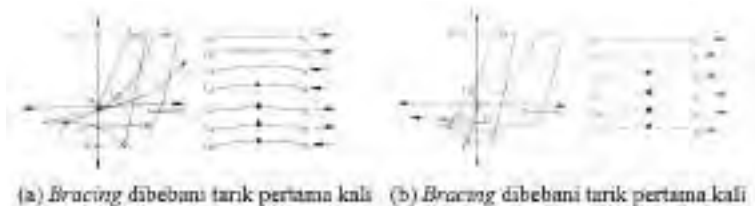
SRPMB dapat mengalami deformasi inelastis yang terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya akibat gaya gempa rencana. Pada SRPMB kekakuan (*stiffness*) lebih besar dibandingkan SRBPMK sehingga daktilitasnya lebih kecil.

2.3.2 *Concentrically Braced Frames (CBF)*

Tidak seperti *Momen Resistent Frames (MRF)*, concentrically braced frames (CBF) adalah sistem penahan gaya lateral dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi. Kekakuan yang tinggi diperoleh dari diagonal *brace* yang menahan gaya lateral pada struktur frame yang meningkatkan aksi gaya dalam aksial dan aksi lentur yang kecil. Perilaku tipikal dari bracing terhadap beban bolak-balik (*cyclic*) saat pertama kali dibebani dengan tarik dan tekan dapat dilihat pada Gambar 2.4(a) dan Gambar 2.4(b). C_r dan C_r' adalah masing-masing kapasitas tekuk pertama kali dan kapasitas tekuk setelah tekuk yang pertama kali. Rangka bracing pada umumnya dianalisa dan didesain dengan mengabaikan momen pada sistem tersebut (AISC,2005). Pada sistem ini elemen bracing diharapkan mampu berdeformasi inelastik yang besar tanpa terjadi kehilangan yang signifikan pada kekuatan dan kekakuan struktur.



Gambar 2.3 Konfigurasi Sistem CBF
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)



Gambar 2.4 Perilaku Konfigurasi Sistem CBF
(Sumber: Bruneau, 1998)

Distribusi beban lateral pada bidang bracing, batang-batang bracing harus dipasang dengan arah gaya lateral yang sejajar pada bidang bracing, minimal 25% tapi tidak lebih dari 75% gaya horizontal total harus dipikul oleh batang bracing tarik, kecuali jika kuat nominal tekan N_n untuk setiap batang bracing lebih besar daripada beban berfaktor N_u (SNI 1726-2012).

Kategori struktur pada sistem struktur CBF dibagi menjadi dua, yaitu Sistem Rangka Bracing Konsentrik Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Bracing Konsentrik Khusus (SRBKK).

1 Sistem Rangka Bracing Konsentrik Biasa (SRBKB)

Pada sistem SRBKB ini struktur dapat mengalami deformasi inelastis secara terbatas apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari gempa rencana.

2 Sistem Rangka Bressing Konsentrik Khusus (SRBKK)

Pada sistem SRBKK struktur dapat berdeformasi inelastik cukup besar yang diakibatkan gaya gempa rencana. Sistem SRBKK memiliki daktilitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan SRBKB, hal ini dikarenakan deformasi pada SRBKK lebih besar dari deformasi pada SRBKB dan penurunan kekuatan pada SRBKK lebih kecil pada saat terjadi tekuk pada bracing.

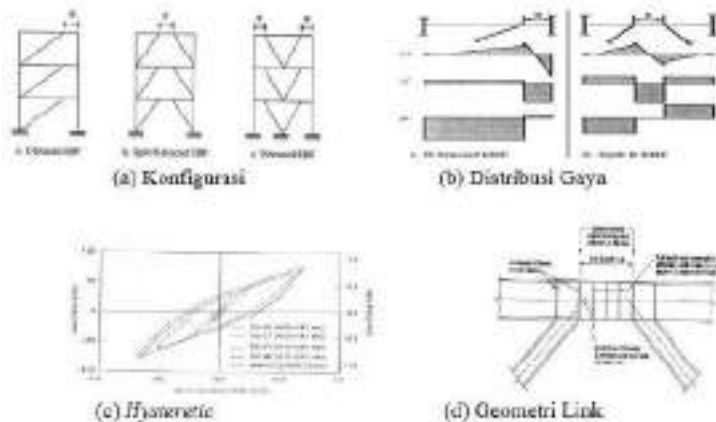
Jadi secara umum, sistem struktur CBF memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur MRF karena adanya elemen bracing pada struktur. Namun demikian, kekakuan yang besar pada CBF mengakibatkan deformasi yang terjadi pada struktur lebih terbatas sehingga daktilitas struktur CBF lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem struktur MRF.

2.3.3 *Eccentrically Braced Frames (EBF)*

Sistem struktur EBF merupakan struktur baja penahan gaya lateral yang merupakan gabungan antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain *Moment-Resisting Frames* (MRF) dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi dari desain *Concentrically Braced Frames* (CBF). EBF mengkombinasikan banyak keuntungan individu dari sistem kerangka konvensional, secara spesifik, EBF memiliki elastisitas tinggi, respons inelastis stabil pada muatan lateral siklis, daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang besar (*Bruneau, 1998*).

Konsep desain EBF adalah sederhana: membatasi aksi inelastis pada *link*, dan mendesain kerangka di sekitar *link* untuk mempertahankan tegangan maksimum yang dapat diberikan oleh *link*. Desain dengan menggunakan strategi ini harus memastikan

bahwa *link* bertindak sebagai sekering seismik *ductile* dan melindungi integritas dari kerangka seismik di sekitarnya (lihat Gambar 2.5(b)). Pada pembebanan *cyclic*, terlihat kurva *hysteresis* sistem EBF stabil dan melingkar dengan baik, indikatif dari banyak disipasi energi (lihat Gambar 2.5(c)). Sehingga yang menjadi konsep utama dalam struktur EBF adalah elemen link ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Kelelahan yang terjadi pada elemen link dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut. (Engelhardt dan Popov ,1989;1992).



Gambar 2.5 *Eccentrically Braced Frames (EBF)*
(Sumber: Seminar Nasional VI 2010 Teknik Sipil ITS, 2010)

Link beam merupakan elemen struktur yang direncanakan untuk berperilaku inelastis serta mampu untuk berdeformasi plastis yang besar pada saat terjadi beban lateral. Bagian *link* berfungsi untuk menyerap energi pada saat beban lateral (gempa). Mekanisme leleh pada elemen *link* terdiri dari 2 mekanisme leleh, yaitu kelelahan geser dan kelelahan lentur, tergantung dari panjang

link (e) yang digunakan. Pada sistem struktur EBF, kekakuan lateral merupakan fungsi dari perbandingan antara panjang *link* (e) dengan panjang elemen balok (L). Jika panjang elemen *link* lebih pendek, maka struktur portal menjadi lebih kaku mendekati kekakuan struktur CBF dan jika panjang *link* lebih panjang, maka kekakuan struktur portal EBF mendekati kekakuan struktur *Momen Resisting Frames* (MRF). Pada struktur EBF, elemen struktur diluar *link* direncanakan untuk berperilaku elastis sedangkan bagian *link* direncanakan untuk dapat berdeformasi inelastis pada saat terjadi beban lateral (gempa).

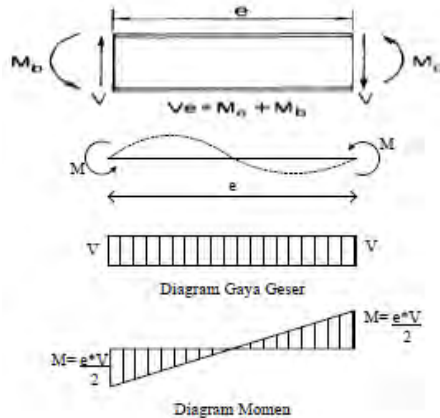
Meskipun sistem EBF bukan merupakan konsep yang baru, aplikasi sistem ini pada sistem konstruksi tahan gempa sangat dapat diterima. Ketahanan *bressing* eksentrik pada konstruksi tahan gempa sangat tergantung pada kestabilan sistem struktur dan sifat inelastik dibawah beban *cyclic* lateral. Pada desain struktur EBF yang baik, aktifitas inelastik dibawah beban siklik dibatasi terutama hanya terjadi pada elemen *link* yang didesain untuk dapat mengalami deformasi inelastik yang besar tanpa kehilangan kekuatan. Pada struktur EBF ini, elemen- elemen struktur diluar *link* (balok, kolom dan *bressing*) didesain berdasarkan kapasitas *link*. Dengan membuat elemen *link* lebih lemah dari elemen struktur lainnya, kehancuran daktail diharapkan terjadi pada elemen *link* dan mengantisipasi agar elemen-elemen diluar *link* mengalami kehancuran non daktail, seperti *buckling* pada elemen *bressing*.

2.3.4 Perilaku Link Beam

2.3.4.1 Kuat Elemen *Link Beam*

Link beam adalah 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 kedua ujung *link* dengan besar dan arah yang sama.



Gambar 2.6 Gaya Yang Bekerja Pada *Link*
(Sumber: Engelhart dan Popov, 1988; Becker dan M. Isler, 1996)

Mekanisme leleh yang terjadi pada elemen *link* ditentukan oleh gaya geser dan lentur yang terjadi pada *link*. Apabila *link* mengalami mengalami leleh karena lentur, *link* tersebut berupa lentur, hal ini dipengaruhi oleh panjang *link*. Kekuatan (geser dan lentur) batas pada elemen *link* ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M_p = Z_x \cdot F_y \quad (2.1)$$

$$V_p = 0,6F_y (h - 2t_f) \cdot t_w \quad (2.2)$$

Keterangan:

- M_p = Momen plastis penampang
- Z_x = Modulus plastis penampang
- f_y = Tegangan leleh penampang
- V_p = Gaya geser plastis penampang

h = Tinggi penampang

t_f = Tebal *flens*

t_w = Tebal *web*

Kuat geser rencana link, ϕV_n harus lebih besar daripada V_u dengan:

V_n = Kuat geser nominal *link*, diambil yang terkecil diantara V_p atau $2M_p/e$

ϕ_v = Faktor reduksi geser 0,9

e = Panjang *link*

$$\phi_v v_n = 0,6\phi F_y (h - 2t_f) \cdot t_w \quad (2.3)$$

$$M_n = M_p \quad (2.4)$$

$$\phi M_n = \phi M_u \quad (2.5)$$

$$\phi V_n = V_u \quad (2.6)$$

Keterangan:

M_n = Momen lentur rencana link

M_u = Momen lentur perlu

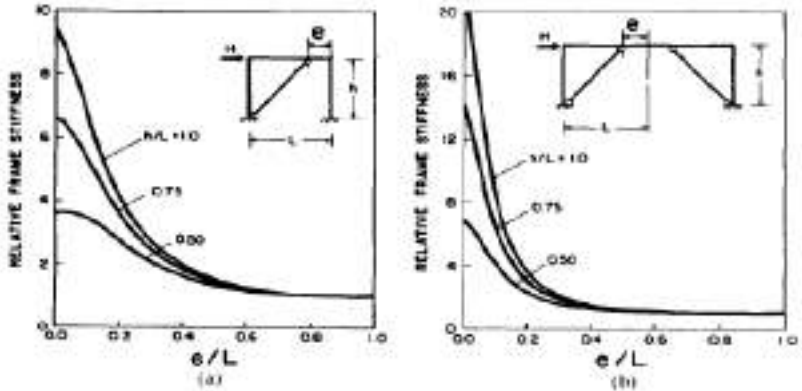
ϕ = faktor reduksi lentur 0,9

2.3.4.2 Panjang Elemen *Link Beam*

Link beam bekerja sebagai sekering gempa yang bersifat daktail, menyerap energi gempa yang masuk kedalam bangunan. Panjang dari elemen *link* akan menentukan mekanisme leleh dan kegagalan *ultimate* yang terjadi pada elemen *link*.

Secara umum terdapat 2 jenis *link* berdasarkan panjang *link*nya, yaitu *link* geser (*short link*) dan *link* lentur (*long link*). *Link* geser mengalami leleh disebabkan oleh gaya geser sedangkan *link* lentur mengalami leleh karena momen lentur. Panjang dari elemen *link* merupakan faktor penting untuk menentukan perilaku inelastik elemen *link*, panjang *link* berfungsi untuk mengontrol mekanisme

leleh yang terjadi pada *link*. Pada *link* geser, gaya geser yang mencapai keadaan plastis (V_p) terlebih dahulu sebelum momen lentur mencapai kapasitas momen plastisnya dan *link* mengalami leleh dalam geser. Sebaliknya, pada *link* lentur, momen plastis (M_p) tercapai terlebih dahulu sebelum kelelahan geser terjadi.



Gambar 2.7 Kekakuan Elastik terhadap variasi e/L pada dua konfigurasi EBF

(Sumber : Engelhart dan Popov, 1998)

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 berdasarkan AISC :

Tabel 2.1 Perbedaan Panjang Link

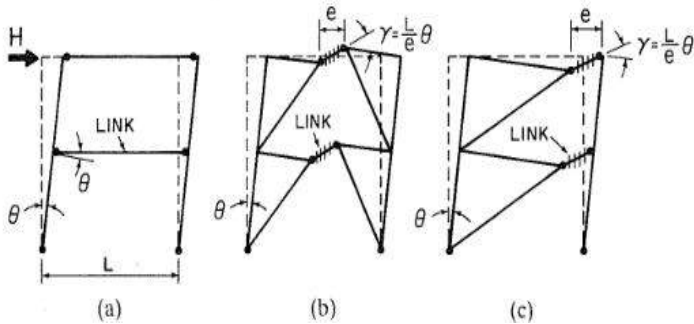
no	Panjang Link	Jenis Link	Keterangan
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni	Kelelahan pada jenis ini didominasi oleh geser
2	$1,6 M_p/V_p \leq e \leq 2,6 M_p/V_p$	Dominan geser	kelelahan pada link merupakan kombinasi antara geser dan lentur
3	$2,6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$	Dominan Lentur	kelelahan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

2.3.4.3 Sudut Rotasi *Link Beam*

Sudut rotasi link beam adalah sudut inelastis antara *link beam* dan balok di samping *link* ketika besarnya total *story drift* sama dengan besarnya desain *story drift*, Δ . Sudut rotasi *link beam* seharusnya tidak melebihi nilai berikut:

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 2.8 Sudut Rotasi *Link Beam*
(Sumber: Engelhart dan Popov, 1988)

Secara umum, sudut rotasi link beam dapat menggunakan persamaan :

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \cdot \theta_p \quad (2.7)$$

Keterangan:

L = Lebar bentang

h = Tinggi lantai

Δ_p = *Plastic story drift*

Θ_p = *Plastic story drift angle*, radians (Δ_p/h)

γ_p = Sudut rotasi *link beam*

2.3.4.4 Pendetailan *Link Beam*

Pendetailan pada *web link beam* yaitu berupa pemberian *web stiffeners* dapat memberikan perilaku *link beam* yang stabil, daktail serta terkontrol dibawah pembebanan *cyclic* (gempa). *Full depth stiffeners* dibutuhkan pada kedua ujung *link* untuk mentransfer gaya

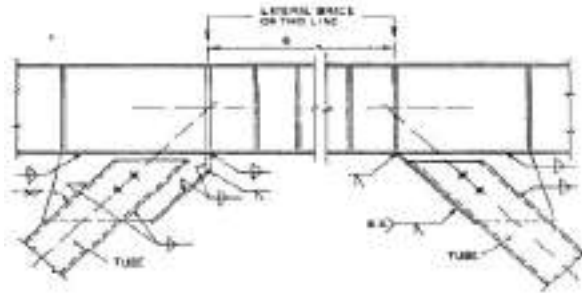
geser pada elemen penahan, sehingga membutuhkan pengaku *web* untuk mencegah terjadinya tekuk (*buckling*). Dan *full depth stiffeners* juga dibutuhkan ditengah-tengah *link* (*link intermediate web*) agar efektif dalam menahan tekuk geser pada *web link* dan dalam membatasi pengurangan kekuatan (*strength degradation*) akibat adanya *flange local buckling* dan lateral torsional *buckling*. Pengaku disambungkan ke *link web* dan *link flanges* dengan cara di las (*fillet welded*).

Adapun ketentuan jarak dan tebal *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam* antara lain:

Tabel 2.3 Jarak pengaku maksimum

No	Panjang Link	Jenis Link	Rotasi	Jarak Pengaku Maximum
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni	0.08	$30.t_w - d/5$
			< 0.02	$52.t_w - d/5$
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	1,5 bf dari tiap ujung link
4	$e \geq 5 M_p/V_p$	Lentur Murni		Tidak memerlukan pengaku antara

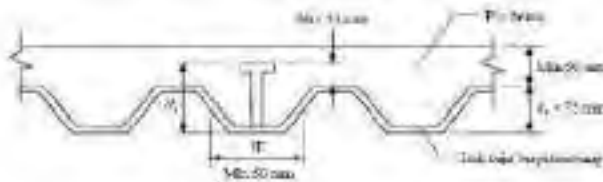
Untuk ketebalan *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam*, yaitu *intermediate web stiffeners* harus *full depth* untuk tinggi penampakan *link* yang kurang dari 25 inch (635 mm), maka pengaku hanya diperlukan pada satu sisi saja (sisi depan) pada *link web*. Ketebalan pengaku pada satu sisi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



Gambar 2.9 Detailing pada Link Beam
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)

2.4 Steel Floor Deck

Steel Floor Deck yaitu suatu material yang bisa difungsikan sebagai media pengganti konvensional berbentuk papan lembar yang terbuat dari bahan baja galvanis berkeuatan tinggi. Biasanya *steel floor deck* dipakai sebagai pengganti bekisting dalam proses pembuatan lantai atau atap dari beton dan juga berfungsi sebagai penulangan positif satu arah. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mulai mengeras. Arah dari gelombang dek baja biasanya diletakkan tegak lurus balok penopangnya.



Gambar 2.10 Penampang *Steel Floor Deck*
(Sumber: SNI 1729-2015)

2.5 Sambungan

Sambungan merupakan sesuatu hal yang tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan struktur baja. Hal ini dikarenakan bentuk struktur bangunan yang begitu kompleks. Contoh yang dapat kita jumpai di struktur bangunan adalah sambungan antara kolom dan balok. Kegagalan dalam sambungan tersebut dapat mengakibatkan perubahan fungsi struktur bangunan tersebut, dan yang paling berbahaya adalah keruntuhan pada struktur tersebut. Sehingga untuk mencegah hal tersebut maka kekakuan sambungan antara balok dan kolom tersebut harus baik.

Sambungan berdasarkan atas kemampuan tahanan terhadap perputaran yang dibagi 2 type yaitu:

1. *Type Fully Restrained* (FR) yaitu penahan penuh atau *rigid*/ kaku mempunyai tahanan yang kaku dan tidak dapat berputar
2. *Type partially Restrained* (PR) yaitu penahanan tidak penuh, tidak cukup *rigid* untuk mempertahankan sudut akibat beban.

Pada kenyataannya bahwa tidak ada sambungan yang benar - benar kaku / *rigid* sempurna atau *flexible* sempurna. Sehingga sambungan dapat diklasifikasikan:

1. *Simple connection* (sambungan sendi)
 - Sambungan dapat memberikan perputaran pada ujung balok secara bebas
 - Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap elemen struktur yang disambung
 - Detail sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi yang cukup
 - Dapat memikul gaya reaksi yang bekerja
2. *Semi-rigid connection* (antara *simple* dan *rigid*)

- Sambungan tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antara elemen yang disambung
- Dianggap mempunyai kapasitas yang cukup untuk memberikan tahanan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut tersebut
- Tingkat kapasitas tersebut terhadap beban yang bekerja ditetapkan berdasarkan percobaan

3. *Rigid Connection*

- Sambungan dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut diantara elemen-elemen yang disambung.

2.6 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya..

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

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

1. Pondasi dangkal (*shallow foundation*)

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan

permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

a. Pondasi telapak

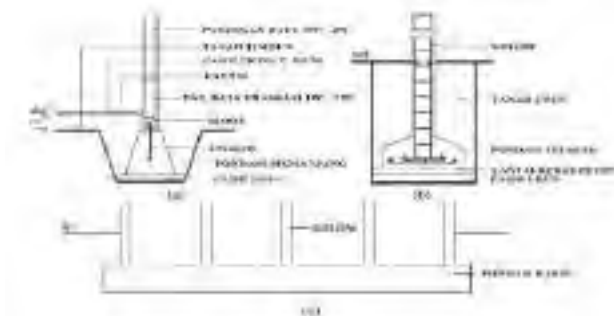
Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.11b)

b. Pondasi memanjang

Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya.(Gambar 2.11 a)

c. Pondasi rakit (raft foundation)

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom- kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi- sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.11c)



Gambar 2.11 Jenis Pondasi Dangkal
(Sumber: Sostrodarsono dan Nakazawa.1984)

2. Pondasi dalam (*deep foundation*)

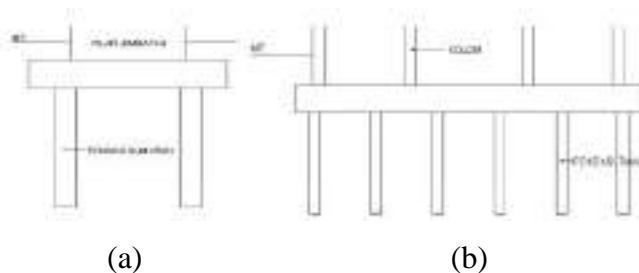
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti :

a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$. (Gambar 2.12a)

b. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.12b)



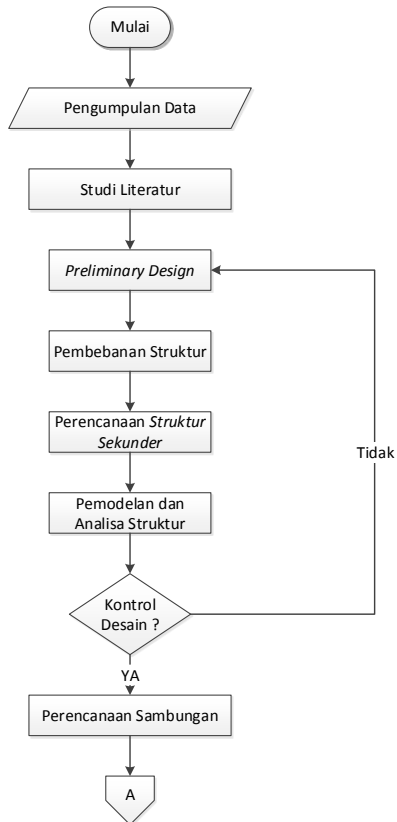
Gambar 2.12 Jenis Pondasi Dalam

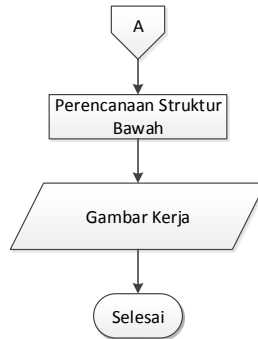
(Sumber: Suyono Sostrodarsono, Kazua Nakazawa, 1984)

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alur Perencanaan

Metodologi ini akan menguraikan serta menjelaskan secara rinci penyelesaian perencanaan struktur struktur baja dengan metode *Concrete Filled Steel Tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*. Adapun langkah-langkah dalam penyelesaian perencanaan ini dituangkan dalam diagram alir sebagai berikut :





Gambar 3.1 *Flowchart* Perencanaan

3.2 Uraian Metodologi

3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan informasi bangunan yang akan dimodifikasi adalah sebagai berikut:

1. Data Umum Bangunan
 - Nama Gedung : Bale Hinggil Apartment
 - Lokasi : Surabaya
 - Fungsi : apartement
 - Jumlah Lantai : 32 Lantai
 - Tinggi Bangunan : 107 m
 - Zona Gempa : Area Surabaya
 - Struktur Utama : Beton Bertulang
2. Data Perencanaan Modifikasi

Perencanaan bangunan yang akan dimodifikasi adalah sebagai berikut:

 - Nama Gedung : Bale Hinggil Apartment
 - Lokasi Rencana : Surabaya
 - Fungsi : apartement
 - Struktur Utama : Steel Beam dan Kolom
Concrete Filled Steel Tube
 - Sistem Struktur : *Eccentrically Braced Frame*

- Tipe Bracing : *Inverted V*
- Jumlah Lantai : 20 Lantai
- Tinggi Gedung : 73,55 m
- Faktor R : 8 (SRPMK)
- Jenis Pondasi : Tiang Pancang
- Data tanah : Data tanah yang digunakan berdasarkan nilai SPT, dipakai untuk merencanakan pondasi.

3.2.2 Studi Literatur

Melakukan studi referensi berupa buku pustaka, diktat pelajaran, penelitian terdahulu, jurnal konstruksi baja serta peraturan mengenai perencanaan struktur gedung dengan *Concrete Filled Steel Tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* yaitu :

- a. SNI 1727-2013
“*Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*”.
- b. PPURG 1987 Peraturan Pembebanan Untuk Gedung
- c. SNI 1726-2012
“*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*”.
- d. SNI 1729-2002
“*Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural*”.
- e. SNI 2847-2013
“*Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*”.

3.2.3 Preliminary Desain

Pada tahap *preliminary Desain* dilakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur pada gedung, penentuan bahan, dan material struktur, serta merencanakan *Concrete Filled Steel Tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* yang akan direncanakan.

Profil Kolom	: Profil Steel Tube (BJ 41) : $f_y = 250 \text{ Mpa}$; $f_u = 410 \text{ Mpa}$
Profil Balok	: Profil WF (BJ 41) : $f_y = 250 \text{ Mpa}$; $f_u = 410 \text{ Mpa}$
Profil Bracing	: Profil WF (BJ 41) : $f_y = 250 \text{ Mpa}$; $f_u = 410 \text{ Mpa}$
Link	: Profil WF (BJ 41) : $f_y = 250 \text{ Mpa}$; $f_u = 410 \text{ Mpa}$

3.2.4 Pembebanan Struktur

Perencanaan pembebanan pada pada struktur yang dihitung berdasarkan Peraturan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung PPIUG 1987, SNI 03-1727-2013. Pembebanan yang digunakan antara lain :

1. Beban Mati

Berat seluruh material elemen struktur pembangun gedung dan perlengkapan permanen di dalam gedung berdasarkan PPIUG 1987 dan SNI 1727-2013.

Tabel 3.1 Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung

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

(Sumber: PPURG 1987)

2. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban akibat fenomena alam. Beban hidup akan di input kedalam struktur berupa beban tributary yang langsung didistribusikan melalui balok yang berdasarkan PPURG 1987 dan SNI 1727-2013.

Tabel 3.2 Beban Hidup Pada Lantai Bangunan Gedung

No	Keterangan	Beban hidup (kg/m ²)
a.	Lantai dan tangga rumah tinggal	200
b.	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik, atau bengkel.	125
c.	Lantai ruang olah raga, perpustakaan, ruang arsip pabrik, bengkel, gudang, toko buku, toko besi, dan ruang mesin	400

(Sumber: PPURG 1987)

3. Beban Angin

Analisa beban angin pada gedung ini mengacu pada SNI 1727-2013 tabel 27.2-1, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain (Tabel 1.5-1).
- b. Menentukan faktor kepentingan (Tabel 1.5-2).
- c. Kecepatan angin dasar (V), pasal 26.5.1
- d. Menentukan faktor arah angin (K_d), pasal 26.7.
- e. Menentukan kategori eksposur Menentukan faktor topografi (K_{zt}), pasal 26.8.2 dan persamaan 26.8-1.
- f. Faktor efek tiupan angin (G), pasal 26.9.

- g. Menentukan koefisien tekanan internal (GC_{pi}), pasal 26.11
 - h. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas (K_{zt}), pasal 27.3.1.
 - i. Menentukan tekanan velositas (q_z), pasal 27.3.2.
 - j. Menentukan koefisien tekanan eksternal (C_p), pasal 27.4.1.
 - k. Menghitung tekanan angin (p), persamaan 27.4-1.
4. Beban Gempa (SNI-1726-2012).
Dihitung berdasarkan peraturan gempa yang terbaru yakni SNI-1726-2012. Langkah-langkah dalam menentukan beban gempa yaitu sebagai berikut:
- a. Menentukan kategori resiko bangunan gedung (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2)

Tabel 3.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar 	II

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

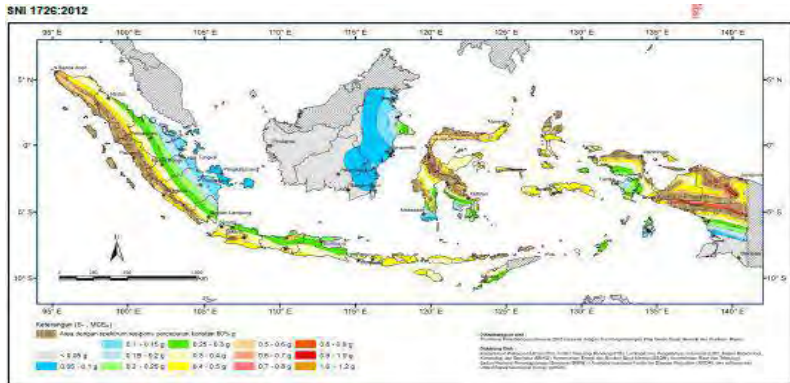
berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan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

- b. Menentukan faktor keutamaan gempa (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2)

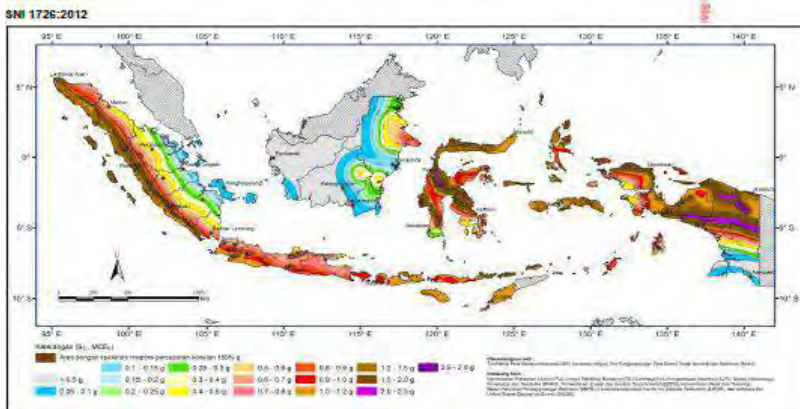
Tabel 3.4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

c. Menentukan parameter percepatan tanah (S_s, S_1) (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2)



Gambar 3.2 Peta Untuk S₁ (T=1s, probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun)



Gambar 3.3 Peta Untuk SS (T=0,2s, probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun)

(Sumber : SNI 1726-2012)

- d. Menentukan klasifikasi situs (SA-SF) (SNI-1726-2012 Pasal 5.3)

Tabel 3.5 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/s)	\bar{N} or \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (Kpa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15-50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, - Lempung sangat senditif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$ Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa		

- e. Menentukan faktor koefisien situs (F_a , F_v) (SNI-1726-2012 Pasal 6.2)

Faktor amplifikasi meliputi faktor implikasi getran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait (f_v). Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek (SMS) dan perioda 1 detik (SM1) ditentukan dengan perumusan :

$$\text{SMS} = F_a S_s \quad (3.1)$$

$$\text{SM1} = F_v S_1 \quad (3.2)$$

Keterangan :

S_s : parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda pendek

S_1 : parameter respons spectral percepatan gempa MCER

terpetakan untuk perioda 1,0 detik

Tabel 3.6 Koefisien Situs F_a (SNI 1726 - 2012)

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE_R pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				
Catatan :					
a. Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier					
b. S_s = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik. Lihat Pasal 6.9.1					

Tabel 3.7 Koefisien Situs F_v (SNI 1726-2012)

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE_R pada periode 1detik, S_I				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				
a. Untuk nilai-nilai antara S_I dapat dilakukan interpolasi linier b. S_I = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik. Lihat Pasal 6.9.1					

- f. Parameter percepatan desain spektral Persamaan (3.1) dan (3.2) (SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 dan pasal 6.3).

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

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.2)$$

dengan :

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3.3)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.4)$$

- g. Kategori desain seismik (SNI-1726-2012 Pasal 6.5)

Tabel 3.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek (SNI 1726-2012)

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

Tabel 3.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1s (SNI 1726-2012)

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

- h. Faktor Koefisien modifikasi respons (R), Faktor pembesaran defleksi (C_d) dan Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI-1726-2012 Pasal 7.2.2)

Tabel 3.10 Koefisien Dan Faktor Desain Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 1726-2012)

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respons Modifikasi, R	Faktor Kuat Lebih, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem Ganda Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Yang Mampu Menahan Paling Sedikit 25% Gaya Gempa Yang Ditetapkan								
1. Rangka Baja dengan bresing eksentris	8	$2^{1/2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka Baja dengan bresing konsentris khusus	7	$2^{1/2}$	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2^{1/2}$	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	$2^{1/2}$	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka Baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	$2^{1/2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka Baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	$2^{1/2}$	5	TB	TB	TB	TB	TB

Catatan : TB = tidak dibatasi; TI = tidak diizinkan

- i. Menentukan Gaya lateral Kosep SNI-1726-2012 memberikan petunjuk untuk tiga analisis, yaitu :
- Analisis gaya lateral equivalent (GLE atau ELF)
 - Analisis Super posisi Ragam (MSA)
 - Analisis Riwayat Waktu (RHA)

Tabel 3.11 Prosedur Analisis Yang Diizinkan (SNI-1726-2012)

Kategori Desain Seismik	Karakteristik Struktur	Analisis Gaya Lateral Ekuivalen	Analisis Spektrum Respons	Prosedur Riwayat Respons
B,C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I
	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II, dengan tinggi tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangkaringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_a$, dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan.	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_a$ dan hanya mempunyai ketidak beraturan horizontal Tipe 2, 3, 4, atau 5 atau ketidakberaturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b.	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I
Catatan : I : Diizinkan, TI : Tidak Diizinkan				

- j. Melakukan analisis statik ekuivalen
1. Analisa Periode fundamental perkiraan, T_a , dengan Persamaan (3.5) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.2.1).

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.5)$$

Keterangan :

C_t , dan x = koefisien parameter waktu getar perkiraan
(Tabel 3.12)

h_n = tinggi struktur

Dalam tugas akhir menggunakan yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis modal respon spektrum.

Tabel 3.12 Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan C_t Dan x
(SNI-1726-2012)

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

2. Menentukan batas periode struktur dengan Persamaan (3.6).

$$T \leq C_u \times T_a \quad (3.6)$$

Keterangan :

T_a = periode fundamental perkiraan
 C_u = koefisien untuk batas atas periode hasil
 perhitungan (Tabel 3.13)

Tabel 3.13 Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil Perhitungan
 (SNI-1726-2012)

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

3. Menghitung koefisien respon seismik dengan Persamaan (3.7) (SNI-1726-2012 Pasal 7.8.1.1).

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.7)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter akselerasi desain spektral periode pendek

R = koefisien modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan gempa

nilai C_s di atas tidak perlu melebihi nilai Persamaan :

$$C_s = \frac{S_{DI}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.8)$$

Dan nilai C_s tidak boleh kurang dari nilai Persamaan :

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \quad (3.9)$$

Untuk struktur dengan lokasi di mana $S_1 \geq 0,6 g$, nilai C_s tidak boleh kurang dari nilai Persamaan :

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.10)$$

Keterangan :

S_{DI} = parameter percepatan desain spektral periode 1s

T = periode fundamental struktur

S_I = parameter percepatan desain spektral maksimum

4. Menghitung gaya geser dasar seismik dengan Persamaan (3.11) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.1).

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

Keterangan :

C_s = koefisien respon seismik

W = berat efektif seismik

5. Menghitung distribusi vertikal gaya gempa dengan Persamaan (3-12) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.3)

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.12)$$

dengan :

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.13)$$

Keterangan :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

w_i dan w_x = bagian dari berat total seismik efektif struktur

(W) yang ditempatkan pada tingkat i atau x
 h_i dan h_x = tinggi dari dasar ke tingkat i atau x
 k = eksponen yang terkait dengan periode struktur yang nilainya sebagai berikut :

- untuk struktur dengan periode $\leq 0,5$ s, $k = 1$
- untuk struktur dengan periode $\geq 2,5$ s, $k = 2$
- untuk struktur dengan periode antara 0,5 s sampai 2,5 s, $k = 2$ atau ditetapkan dengan interpolasi antara 1 dan 2

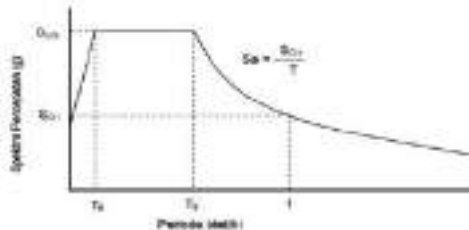
6. Menghitung distribusi horizontal gaya di tiap lantai dengan persamaan (3.14) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.4)

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.14)$$

Keterangan :

F_i = bagian dari gaya geser dasar seismik yang terjadi pada tingkat i

- k. Melakukan analisis modal respon spektrum
 Analisis respon spektrum dilakukan menggambar grafik respon spektrum rencana ke dalam program analisis struktur. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum
 (Sumber : SNI 1726-2012)

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

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.15)$$

Pada periode $T_0 \leq T \leq T_s$, respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \quad (3.16)$$

Pada $T > T_s$, respon spektra percepatan :

$$S_a = \frac{S_{DI}}{T} \quad (3.17)$$

Dengan :

$$T_0 = \frac{0,2S_{DI}}{S_{DS}} \quad (3.18)$$

$$T_s = \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \quad (3.19)$$

5. Pembebanan sesuai dengan SNI 1727-2013, dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:
 - a. 1,4D
 - b. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
 - c. 1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (LL atau 0,5 W)
 - d. 1,2D + 1,0W + LL + 0,5 (Lr atau R)
 - e. 1,2D + 1,0E + LL
 - f. 0,9D - 1,0W
 - g. 0,9D + LL

3.2.5 Pemodelan dan Analisa Struktur

Untuk mengetahui gaya dalam yang timbul pada elemen struktur akibat beban yang bekerja maka dilakukan analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS. Gaya-gaya dalam

tersebut adalah gaya geser, gaya aksial, momen lentur, dan momen puntir. Selain itu juga digunakan untuk mengetahui pergeseran antar tingkat (*interstory drift*).

3.2.6 Kontrol Desain

Dengan melakukan kontrol dimensi pada elemen struktur balok dan kolom dapat diketahui apakah desain yang direncanakan sudah memenuhi persyaratan yang berlaku. Adapun tahapan dalam kontrol desain sebagai berikut :

3.2.6.1. Kontrol Desain Penampang Balok

Pada perencanaan elemen balok direncanakan menggunakan profil IWF sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 Tabel B4.1b yaitu:

1. Kontrol penampang :

Untuk Sayap :

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

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.20)$$

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

$$\lambda_r = 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.21)$$

Untuk badan :

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

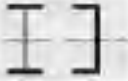




$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.22)$$

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

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.23)$$

Untuk melakukan perencanaan balok digunakan Tabel Pemilihan Profil menggunakan Bab Pasal F.

Tabel 3.14 Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

Tipe Balok Sub F	Penampang Melintang	Konegensi di Siku	Konegensi Balok	Kondisi Batas
F2		C	C	V, LTB
F3		NU-B	C	LFB, FLB
F4		C, NC, S	C, NC	V, LTB, FLB, TP
F5		C, NC, S	S	V, LTB, FLB, TP
F6		C, NC, S	WA	V, FLB

2. Kuat nominal lentur penampang

Sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor M_u harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.24)$$

Keterangan :

M_u = momen lentur terfaktor

ϕ = faktor tahanan = 0,9 (DFBK)

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

- Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal

Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan balok pada struktur baja tahan gempa, kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

- a. Penampang kompak:

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3.25)$$

- b. Penampang non kompak:

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad (3.26)$$

- c. Penampang langsing:

$$M_n = \frac{0,9Ek_c S_x}{\lambda^2} \quad (3.27)$$

- Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral

Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

- a. Bentang pendek: $L_b \leq L_p$

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.28)$$

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

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_p - L_b}{L_r - L_p} \right) \leq M_p \quad (3.29)$$

c. Bentang panjang : $L_b > L_r$

$$M_n = M_p = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \quad (3.30)$$

3. Kuat geser

Plat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser terfaktor perlu (V_n) harus memenuhi

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.31)$$

Keterangan :

ϕ = faktor tahanan = 0,90

V_n = tahanan geser nominal plat badan

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

$$V_n = 0.6f_y A_w C_v \quad (3.32)$$

Dengan ketentuan nilai C_v diambil sebagai berikut :

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

Maka,

$$C_v = 1.0 \quad (3.33)$$

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

Maka,

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v E / f_y}}{h / t_w} \quad (3.34)$$

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

Maka,

$$C_v = \frac{1.51 k_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 f_y} \quad (3.35)$$

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

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

Maka nilai $k_v = 5.0$

Keterangan :

A_w = Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

h = Jarak bersih antar sayap dikurangi jari-jari sudut

t_w = Ketebalan badan

3.2.6.2. Kontrol Desain Kolom *Steel Tube*

Pada perencanaan elemen kolom ini menggunakan batang tulangan persegi yang diisi dengan beton atau yang bisa disebut sebagai *Concrete Filled Steel Tube* dengan ketentuan SNI 1729-2015:

1. Kontrol Penampang

Untuk Badan :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.37)$$

Untuk Sayap :

$$\frac{b}{2t_f} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.38)$$

2. Kontrol kekakuan Portal

Perbandingan kekakuan kolom terhadap kekakuan penahan ujung ujungnya (kekakuan baloknya) ditentukan dengan ketentuan SNI 1729-2002 (Pasal 7.6.3.3) sebagai berikut:

$$G = \frac{\sum \left(\frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{I_b}{L_b} \right)} \quad (3.39)$$

Keterangan :

I_c = Momen inersia kolom

L_c = Panjang kolom

I_b = Momen inersia balok

L_b = panjang balok

Ketentuan :

- Kolom dengan perletakan sendi (tidak kaku) $G \geq 10$
- Kolom dengan perletakan jepit (kaku) $G \geq 1$
- Untuk batang tekan dalam struktur segitiga, L_k tidak boleh diambil kurang dari toritis batang.
- Angka kelangsingan untuk batang tekan dibatasi sebesar 200

3. Amplifikasi Momen Struktur Portal

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

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.40)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.41)$$

Keterangan :

B_1 = Pengali untuk menghitung efek $P - \delta$, ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur. B_1 harus diambil 1,0 untuk komponen struktur yang tidak menahan tekan

B_2 = Pengali untuk menghitung efek $P - \delta$, ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

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

M_{nt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK dengan struktur dikekang melawan translasi lateral.

M_r = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK.

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

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

P_r = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK.

- **Pengali B_1 untuk Efek $P-\delta$**

Pengali B_1 untuk setiap komponen strukturyang menahan tekan dan setiap arah dari lentur komponen struktur dihitung sebagai berikut :

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.42)$$

Keterangan,

$\alpha = 1.00$ (DFBK)

$C_m =$ koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan yaitu :

Untuk balok kolom yang tidak menahan beban transversal antara pendukung-pendukung dalam bidang lentur

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.43)$$

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

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

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.44)$$

Keterangan,

- EI^* = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis
- E = Modulus elastisitas baja 200000 MPa
- I = Momen inersia bidang lentur, mm⁴
- L = Panjang komponen struktur, mm
- K_1 = faktor panjang efektif bidang lentur,

- **Pengali B_2 untuk Efek $P-\Delta$**

Pengali B_2 untuk setiap tingkat dan arah dari translasi lateral dihitung sebagai berikut :

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}} \geq 1 \quad (3.45)$$

Keterangan,

α = 1.00 (DFBK)

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

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

$$P_{e_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.46)$$

Keterangan,

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

L = Tinggi tingkat, mm

P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen, jika ada, dalam translasi yang diperhitungkan

Δ_H = Simpangan tingkat dalam orde pertama, dalam arah translasi yang diperhitungkan akibat gaya lateral (mm), dihitung menggunakan kekakuan yang diperlukan untuk digunakan dalam analisis.

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

4. Kontrol Tekuk-Lentur

Kekuatan tekan nominal, P_n harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 (Pasal E3) yaitu:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad (3.47)$$

Tegangan kritis, F_{cr} ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25 \quad (3.48)$$

$$\text{Maka } F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \quad (3.49)$$

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} > 2,25 \quad (3.50)$$

$$\text{Maka } F_{cr} = 0,877 \cdot F_e \quad (3.51)$$

Keterangan :

F_e = tegangan tekuk kritis elastis ditentukan melalui suatu analisis tekuk elastis, yang sesuai, (Mpa)

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (3.52)$$

5. Kontrol Tekuk Puntir

Untuk tegangan tekuk *elastis torsi* atau torsi-lentur, F_e ditentukan sesuai dengan SNI 1729-2015 (Pasal E4) sebagai berikut:

- Untuk komponen struktur simetris ganda

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 \cdot EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \cdot \frac{1}{I_x + I_y} \quad (3.53)$$

Keterangan :

F_e = tegangan tekuk kritis elastis, (Mpa)

C_w = konstanta pilin, (mm^6)

E = modulus elastisitas baja = 200000 Mpa

G = modulus elastisitas geser dari baja = 77200 Mpa

J = konstanta torsi, (mm^4)

K_z = faktor panjang efektif untuk tekuk torsi

I_x, I_y = momen inersia disumbu utama, (mm^4)

6. Kontrol gaya aksial momen lentur

Momen nominal kolom diperhitungkan sama dengan balok dua arah sumbu penampang yaitu x dan y ditentukan sesuai dengan SNI 1729-2015 (Pasal E4) :

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.54)$$

Keterangan :

M_u = momen lentur terfaktor

ϕ = faktor tahanan = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

- Kekuatan lentur nominal, M_n harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) tekuk *torsi-lateral* :

- a. Bentang Pendek ($L_b < L_p$)

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y \quad (3.55)$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.56)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (3.57)$$

Keterangan :

M_p = momen lentur terfaktor

F_y = tegangan leleh minimum baja, (Mpa)

Z_x = modulus penampang elastis disumbu x, (mm^3)

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

r_y = jari-jari girasi terhadap sumbu lemah

- b. Bentang menengah ($L_p < L_b < L_r$)

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 \cdot F_y \cdot S_x) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.58)$$

Keterangan :

M_p = momen lentur terfaktor

F_y = tegangan leleh minimum baja, (Mpa)

S_x = modulus penampang elastis disumbu x, (mm³)

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

L_b = panjang antara titik-titik, baik yang dibresing melawan perpindahan lateral sayap tekan atau bresing melawantur penampang melintang

c. Bentang panjang ($L_b > L_r$)

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \quad (3.59)$$

Keterangan :

M_p = momen lentur terfaktor

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left[\frac{L_b}{r_{ts}} \right]^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{Jc}{S_x \cdot h_o} \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (3.60)$$

S_x = modulus penampang elastis disumbu x, (mm³)

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

J = konstanta torsi, (mm⁴)

h_o = jarak antara titik berat sayap, (mm)

$$r_{ts} = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x} \quad (3.61)$$

$$c = 1 = \frac{h_o}{2} \cdot \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \quad (3.62)$$

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4} \quad (3.63)$$

7. Persamaan interaksi aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simstris komponen struktur komposit ditentukan berdasarkan SNI 1729-2015 (Pasal H1) sebagai berikut:

- Untuk $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.64)$$

- Untuk $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.65)$$

Keterangan :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

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

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

3.2.6.3. Kontrol Profil *Bracing*

Nilai kelangsingan *bracing* sesuai SNI 1729-2015 :

$$\frac{K_c \cdot l}{r_y} \leq \frac{1900}{\sqrt{f_y}} \quad (3.66)$$

Kontrol kekuatan penampang (Tekuk lokal)

Sayap $\lambda \leq \lambda_p$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{135}{\sqrt{f_y}} \quad (3.67)$$

Kuat tarik rencana

$$N_n = R_y \cdot f_y \cdot A_g \quad (3.68)$$

$$\phi N_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g \quad (3.69)$$

Keterangan :

A_g = Luas Penampang Bruto Kolom, mm²

R_y = Faktor Modifikasi Respon (Lihat pada
SNI-1729-2002 Tabel 15.2-1)

R_y = Faktor Modifikasi Tegangan Leleh
Sesuai pasal 15.5.2 SNI-1729-2002

3.2.6.4. Kontrol *Link*

Kontrol kelangsingan penampang :

$$- \lambda = \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_r = \frac{135}{\sqrt{f_y}} \quad (3.70)$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$- M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3.71)$$

$$- V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2t_f) \cdot t_w \quad (3.72)$$

$$- e = \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (3.73)$$

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.4 kuat geser nominal *link* diambil nilai terkecil antara V_p atau $2M_p/e$.

Kontrol link :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.74)$$

3.2.7 Perencanaan Sambungan

Perencanaan sambungan dilakukan dengan menggunakan sambungan baut dan sambungan las yang meliputi sambungan antara balok anak ke balok induk, balok induk ke kolom, dan kolom ke plat lantai. Pada struktur bangunan, perencanaan sambungan meliputi:

1. Las Tumpul

Untuk menghitung kekuatan desain (ϕR_n) diperjelas pada tabel J2.5 SNI 1729-2015. Pada desain sambungan las sudut, untuk menghitung kekuatan desain (ϕR_n) menurut pasal J2.4

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we} \quad (3.75)$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75$$

$$F_{nw} = \text{tegangan nominal dari logam las,} \\ 0,6 \cdot F_{exx} \cdot (1,0 + 0,5 \cdot \text{Sin}^{1,5} \cdot \theta) \text{ (Mpa)}$$

$$F_{exx} = \text{kekuatan klasifikasi logam pengisi, (Mpa)}$$

$$\theta = \text{sudut pembebanan diukur dari sumbu} \\ \text{longitudional las.}$$

A_{we} = luas efektif las, (mm²)

2. Sambungan Baut

- a. Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama (ϕRn) menurut Pasal J3.6 :

$$Rn = F_n \cdot A_b \quad (3.76)$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75$$

F_n = tegangan tarik nominal F_{nt} atau
tegangan geser, F_{nw} (Mpa)

A_b = luas baut tidak berulir nominal, (mm²)

- b. Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut Pasal J3.7:

$$Rn = F'_{nt} \cdot A_b \quad (3.77)$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75$$

F'_{nt} = tegangan tarik nominal mencakup
tegangan geser, (Mpa)

$$F'_{nt} = 1,3 \cdot F_{nt} - F_{nt} \cdot \phi F_{nv} \cdot F_{rv} \leq F_{nt}, \text{ (Mpa)}$$

F_{nv} = tegangan geser, (Mpa)

F_{rv} = tegangan geser yang diperlukan
menggunakan kombinasi beban, (Mpa)
 A_b = luas baut tidak berulir nominal, (mm²)

3.2.8 Perencanaan StukturBawah

3.2.8.1. Perencanaan Pondasi

Pada umumnya tiang- tiang dalam fungsinya menahan beban lateral melalui sebuah poer. Poer ini sebagai penggabung dari tiang- tiang individu menjadi satu kelompok tiang dan sekaligus sebagai penyalur beban pada setiap tiang. Pada suatu perencanaan, poer dianggap kaku sehingga distribusi beban-beban luar yang melalui poer ke setiap tiang dapat dianggap linear.

1. Tiang Pancang Tunggal

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah hasil dari SPT. Daya dukung pada pondasi tiang pancang tunggal didapatkan dengan menjumlahkan dari tahanan ujung bawah ultimit (Q_p) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya. Daya dukung tiang dihitung menurut persamaan *Luciano Decourt*.

$$Q_L = Q_p + Q_s \quad (3.78)$$

Keterangan :

QL = daya dukung tnah maksimumpada pondasi

QP = Resistance Ultimate didasarpondasi

QS = Resistance Ultimate akibat lekatan lateral

Tahanan ujung ultimit (QP) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Q_p = qp \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.79)$$

Tahanan gesek dinding tiang (Q_s) dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_s = qs \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_p \quad (3.80)$$

Keterangan:

N_p = harga rata-rata SPT disekitar 4D atas sampai 4D
bawah dasar tiang pondasi (D=diameter pondasi)

K = Koefisien karakteristik tanah

tanah lempung = 12 t/m²,

tanah lanau berlempung = 20 t/m²,

tanah lanau berpasir = 25 t/m²,

tanah pasir = 40 t/m²,

A_p = luas penampang dasar tiang

N_s = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam

A_s = luas selimut tiang

2. Kekuatan Bahan Tiang

Kekuatan dari beban tiang berkaitan dengan mutu bahan dan luas penampang tiang yang dipakai. Untuk penulangan tiang dihitung berdasarkan suatu sistim struktur yang mungkin terjadi pada waktu pengangkatan dengan berat sendiri sebagai bebannya.

$$Q_b = \sigma_{\text{bahan}} \times A Q_b \quad (3.81)$$

Keterangan:

σ_{bahan} = Tegangan ijin bahan

A = Luas penampang

3. Perencanaan Pondasi Tiang Grup

Perhitungan jarak tiang untuk jarak as ke as tepi pancang

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

untuk jarak tepi ke as tiang pancang

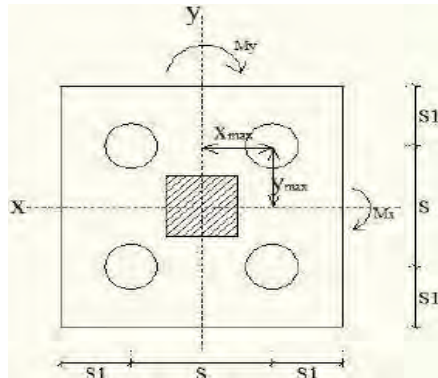
$$1,5 D < S1 < 2D$$

keterangan :

S = jarak antar tiang pancang

$S1$ = jarak as tiang pancang ke tepi

D = diameter tiang pancang



Gambar 3.5 Pondasi Tiang Pancang Grup

(Sumber: Suyono Sostrodarsono, Kazuo Nakazawa.1984)

- a. Perumusan efisiensi tiang menurut persamaan Converse-Labbare

$$E_g = 1 - \theta \cdot \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \quad (3.82)$$

Keterangan :

- E_g = Efisiensi kelompok tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah tiang dalam 1 baris
 θ = $\arctan d/s$, dalam derajat
 s = jarak antar pusat tiang
 d = diameter tiang

b. Perkiraan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \quad (3.83)$$

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

$$n = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum y^2} < P_{ijin} \quad (3.84)$$

$$n = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum x^2} - \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum y^2} < 0 \quad (3.85)$$

Keterangan :

- n = jumlah tiang pancang
 M_x = momen yang bekerja pada arah X
 M_y = momen yang bekerja pada arah Y
 V_{max} = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X
 Y_{max} = jarak terjauh as tiang pancang terhadap

- sumbu Y
- x^2 = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu X
- Σy^2 = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu y

3.2.8.2. Perencanaan Poer

1. Kontrol dimensi poer

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat, yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons, dimana nilai V_c diambil dari persamaan SNI 2847-2013 ps.13.12.2 :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{\sqrt{f'c \cdot b_o \cdot d}}{6} \quad (3.86)$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_2 \cdot d}{b_o} + 2\right) + \frac{\sqrt{f'c \cdot b_o \cdot d}}{12} \quad (3.87)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c \cdot b_o \cdot d} \quad (3.88)$$

Jika:

$V_u < \emptyset V_c \rightarrow$ Tidak perlu tul geser

$V_u > \emptyset V_c \rightarrow$ Tebal poer tidak mencukupi

B_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

α = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

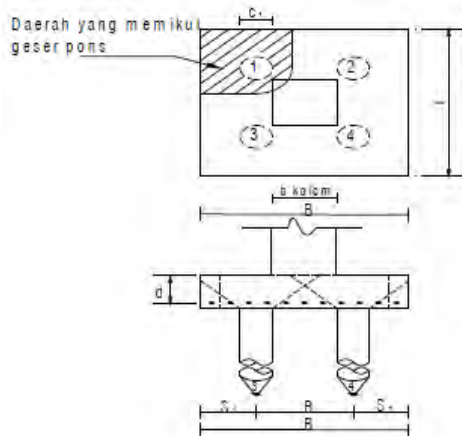
= 20 untuk kolom sudut

B_0 = parameter penampang kritis

d = tinggi manfaat pelat

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

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.5 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 3.6 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Tiang Pancang

(Sumber: Suyono Sostrodarsono, Kazuo Nakazawa, 1984)

3. Kontrol geser pons 2 arah
Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil

$$V_u \leq \phi V_c$$

Dimana V_c diambil nilai terkecil dari

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c \cdot b_o \cdot d}}{6}$$

Atau

$$V_c = \left(\frac{\alpha_2 \cdot d}{b_o} + 2\right) + \frac{\sqrt{f'_c \cdot b_o \cdot d}}{12}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c \cdot b_o \cdot d}$$

Jika:

$V_u < \phi V_c \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c \rightarrow$ tebal poer tidak mencukupi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

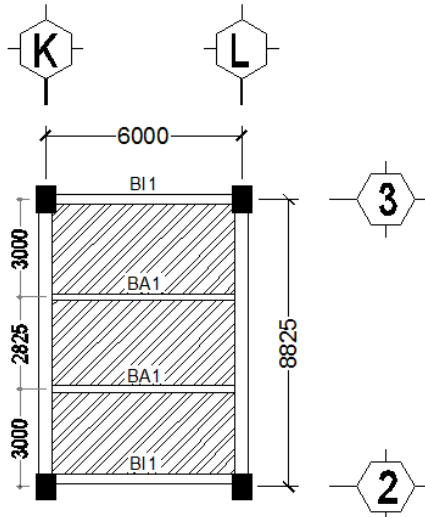
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Perencanaan Pelat Lantai

Pada perencanaan lantai gedung ini menggunakan tabel perencanaan praktis dari *Super Floor Deck*. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Direncanakan menggunakan satu baris penyangga selama pengerasan pelat beton
- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Bondek menggunakan tebal 0,75 mm

4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai 20



Gambar 4.1 Pelat Lantai 20

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai 20 menggunakan SNI 1727:2013 dan ASCE 2002.

1. Beban Mati (Tabel C3-1. ASCE 2002)
 - Berat *water proofing* = 5 kg/m²
 - Berat plafon = 5 kg/m²
 - Berat penggantung = 10 kg/m²
 - Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,1 kg/m² +
$$q_{Dtotal} = 39,1 \text{ kg/m}^2$$
2. Beban Hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
 - Lantai 20 $q_{L20} = 96 \text{ kg/m}^2$
3. Beban Berguna
 - $q = q_D + q_L$
 - = 39,1 + 96
 - = 135,1/m² $\approx 200 \text{ kg/m}^2$
 - (mengikuti brosur)
4. Data-data Perencanaan Pelat Bondek
 Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:
 - Bentang = 3 m
 - Beban berguna = 200 kg/m²
 - Tulangan negatif = 2,51 cm²/m
 - Tebal pelat beton = 0,09 m
 - Digunakan tulangan = Ø10

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $n = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
 - $n = \frac{2,51}{\frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{2,51}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1^2} = 3,197 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$
 - Jarak antar tulangan = $\frac{1000}{4+1} = 200 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
 - Tulangan susut digunakan tulangan Ø8 ($A_s = 0,503 \text{ cm}^2$)
- $$d = t_p - \text{se lim ut beton} - \frac{\phi_{tul. utama}}{2}$$

$$d = 90 - 20 - \frac{8}{2} = 66 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan fy 480 Mpa

$$\rho_{\min} = 0,002 \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 (a))}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } A_{s\min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0020 \times 1000 \times 66 \\ &= 132 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

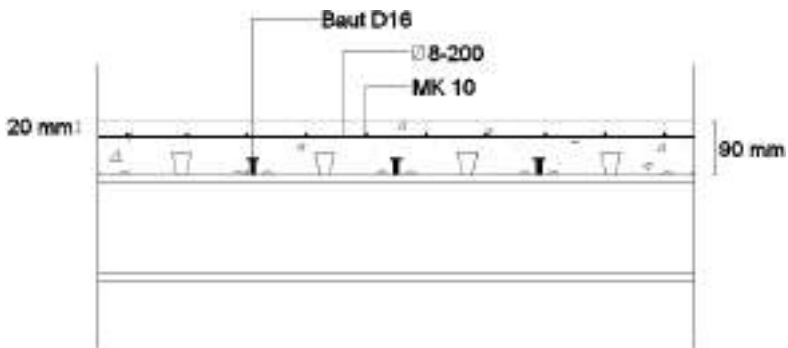
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{tul} = \frac{A_{s\min}}{A_{s1 \times tul}} = \frac{132}{50,24} = 2,627 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{4 - 1} = 333,3 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

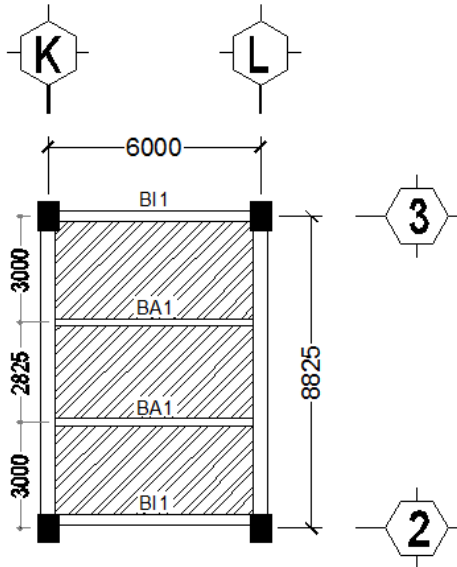
Maka, untuk pelat lantai 20 ukuran 8,825 m x 6m dipasang wiremesh MK10 dan tulangan susut Ø8-200 mm.

- Untuk penulangan ukuran plat 20 yang lain menggunakan jenis penulangan yang sama.



Gambar 4.2 Penulangan Bondek 20

4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai 4-19



Gambar 4.3 Pelat Lantai 4-19

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai 4-19 menggunakan SNI 1727:2013 dan ASCE 7.

1. Beban Mati (Tabel C3-1. ASCE 7)

- Berat keramik + spesi = 78,12 kg/m²
 - Berat plafon = 5 kg/m²
 - Berat penggantung = 10 kg/m²
 - Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,1 kg/m²
- $q_{Dtotal} = 112,2 \text{ kg/m}^2$

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

- Lantai 4-19 $q_{L\text{part.}} = 479 \text{ kg/m}^2$

3. Beban Berguna

- $q = q_D + q_L$
 $= 112,2 + 479$
 $= 591,2 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$
 (mengikuti brosur)

4. Data-data Perencanaan Pelat Bondek

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 3 m
- Beban berguna = 600 kg/m²
- Tulangan negatif = 3,25 cm²/m
- Tebal pelat beton = 0,10 m
- Digunakan tulangan = Ø 10

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $n = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
- $n = \frac{3,25}{\frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{3,25}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1^2} = 4,14 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan = $\frac{1000}{5 + 1} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- Tulangan susut digunakan tulangan Ø8 (As= 0,503 cm²)

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

$$d = 100 - 20 - \frac{8}{2} = 76 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan fy 480 Mpa

$$\rho_{\min} = 0,002 \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 (c)})$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } A_{s\min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0020 \times 1000 \times 76 \\ &= 152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

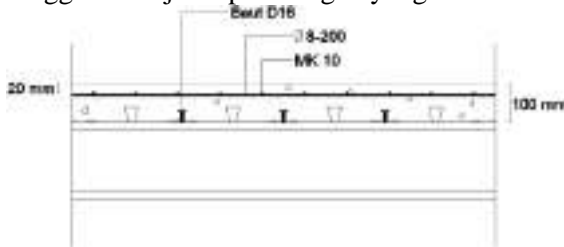
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{tul} = \frac{A_{s\min}}{A_{s1 \times tul}} = \frac{152}{50,24} = 3,025 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{5 - 1} = 250 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

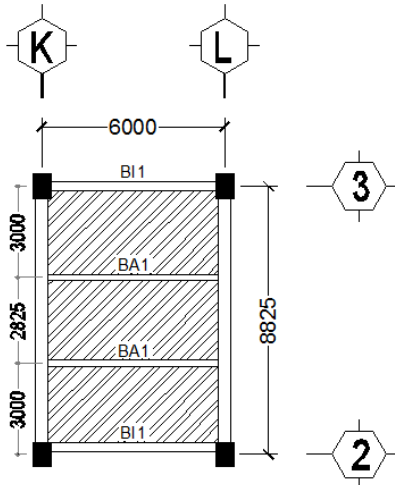
Maka, untuk pelat lantai 20 ukuran 8,825 m x 6m dipasang wiremesh MK10 dan tulangan susut Ø8-200 mm.

- Untuk penulangan ukuran plat 4-19 yang lain menggunakan jenis penulangan yang sama.



Gambar 4.4 Penulangan Bondek Lantai 4-19

4.1.3 Perencanaan Pelat Lantai P1-P3



Gambar 4.5 Pelat Lantai P1-P3

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai P1-P3 menggunakan SNI 1727:2013 dan ASCE 2002.

1. Beban Mati (Tabel C3-1. ASCE 2002)

- Berat keramik + spesi = 78,12 kg/m²
- Berat plafon = 5 kg/m²

- Berat penggantung = 10 kg/m²
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,1 kg/m² +
- $q_{Dtotal} = 112,2 \text{ kg/m}^2$
- 2. Beban Hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
 - Lantai P1-P3 $q_{LP1-P3} = 192 \text{ kg/m}^2$
- 3. Beban Berguna
 - $q = q_D + q_L$
 - $= 112,2 + 192$
 - $= 304,22 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$
 - (mengikuti brosur)

4. Data-data Perencanaan Pelat Bondek

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 3 m
- Beban berguna = 400 kg/m²
- Tulangan negatif = 3,25 cm²/m
- Tebal pelat beton = 0,10 m
- Digunakan tulangan = Ø 10

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $n = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
- $n = \frac{3,25}{\frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{3,25}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1^2} = 4,14 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan = $\frac{1000}{5 + 1} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- Tulangan susut digunakan tulangan Ø8 ($A_s = 0,503 \text{ cm}^2$)

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

$$d = 100 - 20 - \frac{8}{2} = 76 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan f_y 480 Mpa

$$\rho_{\min} = 0,002 \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 (c))}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } A_{s\min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0020 \times 1000 \times 76 \\ &= 152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

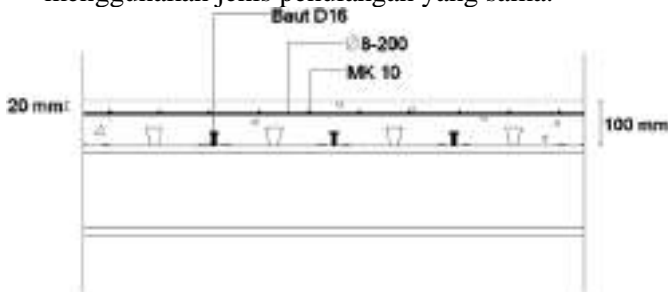
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{tul} = \frac{A_{s\min}}{A_{s1 \times tul}} = \frac{152}{50,24} = 3,025 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{5 - 1} = 250 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka, untuk pelat lantai 20 ukuran 8,825 m x 6m dipasang wiremesh MK10 dan tulangan susut $\varnothing 8-200$ mm.

- Untuk penulangan ukuran plat Lantai P1-P3 yang lain menggunakan jenis penulangan yang sama.



Gambar 4.6 Penulangan Bondek Lantai P1-P3

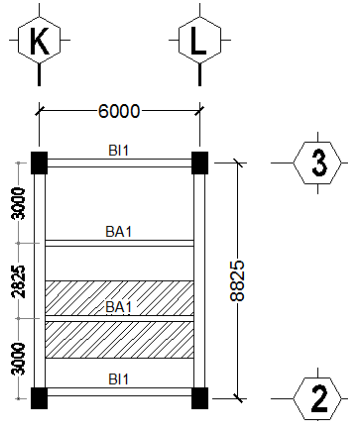
4.2 Perencanaan Balok Anak

Balok anak berfungsi untuk membagi luasan agar tidak terlalu lebar sehingga masih mempunyai kekakuan yang lebih baik untuk memikul beban yang terjadi, posisinya berada menumpu diatas dua tumpuan sederhana.

4.2.1 Perencanaan Balok Anak Lantai 20

Balok anak lantai 20 direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan F_y 250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

w	$= 56,8$ kg/m	r	$= 18$ mm
d	$= 300$ mm	Z_x	$= 823$ cm ³
b_f	$= 200$ mm	Z_y	$= 244$ cm ³
t_w	$= 8$ mm	i_x	$= 12,6$ cm
t_f	$= 12$ mm	i_y	$= 4,71$ cm
I_x	$= 11300$ cm ⁴	h	$= d - 2(t_f + r)$
I_y	$= 1600$ cm ⁴	A	$= 240$ mm ²
E	$= 200000$ MPa		$= 72,38$ cm ²



Gambar 4.7 Denah Pembebanan Balok Lantai 20

1. Beban-beban Yang Bekerja

a. Beban Mati

- Berat pelat bondek	$= 10,1$ kg/m ²
- Berat sendiri pelat beton 0,09x2400	$= 216$ kg/m ²
- Berat <i>waterproofing</i>	$= 5$ kg/m ²
- Berat plafon	$= 5$ kg/m ²
- Berat penggantung	$= 10$ kg/m ²
- Berat <i>ducting</i> dan <i>plumbing</i>	$= 19,1$ kg/m ² +
q_D	$= 265,2$ kg/m ²

$$\begin{aligned}
 - W_{\text{Profil}} &= 56,8 \text{ kg/m} \\
 - q_{\text{Dtotal}} &= (q_{\text{D}} \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{profil}} \\
 &= \left(265,2 \text{ kg/m}^2 \times \left(\frac{1,5}{2} + \frac{1,5}{2} \right) \right) + 56,8 \text{ kg/m} \\
 &= 829,195 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 q_{\text{Ltotal}} &= \left(\frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \times 96 \text{ kg/m} \\
 &= 279,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}
 q_u &= (1,2 \times q_{\text{Dtotal}}) + (1,6 \times q_{\text{Ltotal}}) \\
 &= (1,2 \times 829,195 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 279,6 \text{ kg/m}) \\
 &= 1442,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

a) Momen yang terjadi

$$\text{Mu} = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1442,4 \times 6^2 = 6490,773 \text{ kg.m}$$

b) Gaya geser yang terjadi

$$\text{Vu} = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1442,4 \times 6 = 4327,182 \text{ kg}$$

3. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Kontrol Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 12} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$8,33 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{240}{8} \leq \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$30 < 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = M_n = Z_x \times F_y = 823 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$
 $= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m}$
 $\emptyset M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2057500 \text{ kg.cm}$
 $= 1851750 \text{ kg.cm} = 18517,5 \text{ kg.m}$
 Kontrol $\emptyset M_n \geq M_u$
 $18517,5 \text{ kg.m} > 6490,773 \text{ kg.m}$ (**OK**)

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral
 Jarak penahan lateral ($L_b = 100 \text{ cm}$).
 $L_p = 234,05 \text{ cm}$ } Dari Tabel L_p & L_r
 $L_r = 740,84 \text{ cm}$ }
 $L_b \leq L_p \rightarrow$ Bentang Pendek
- Karena bentang pendek, maka ,
 $M_p = M_n = Z_x \times F_y = 823 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$
 $= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m}$
 $\emptyset M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2057500 \text{ kg.cm}$
 $= 1851750 \text{ kg.cm} = 18517,5 \text{ kg.m}$
 Kontrol $\emptyset M_n \geq M_u$
 $18517,5 \text{ kg.m} > 6490,773 \text{ kg.m}$ (**OK**)

4. Kontrol Kuat Geser

$$V_u = 4327,182 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{240}{8} \leq 1,1 \cdot \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} \leq 260 \text{ maka } K_v = 5$$

$$30 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w d t_w \\ &= 0,6 f_y (d t_w) \\ &= 0,6 \times (2500) \times (30 \times 0,8) \end{aligned}$$

$$= 36000 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 36000 = 32400 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol, } \emptyset V_n \geq V_u = 32400 \text{ kg} \geq 4327,182 \text{ kg (OK)}$$

5. Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} \leq 1$$

$$\left(\frac{6490,773}{0,9 \times 18517,5} \right) \leq 1,0$$

$$0,35 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

6. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,667$$

$$f_{terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{(q_d + q_L) \times L^4}{E \times I_x}$$

$$\frac{5}{384} \times \frac{(8,292 + 2,796) \times 600^4}{2000000 \times 11300} = 0,83 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 1,27 \text{ cm} \leq 1,667 \text{ cm (OK)}$$

Jadi Profil **300 x 200 x 8 x 12** dapat digunakan sebagai balok anak lantai 20 BA1, untuk pembalokan dimensi yang lain dapat dilihat pada table berikut

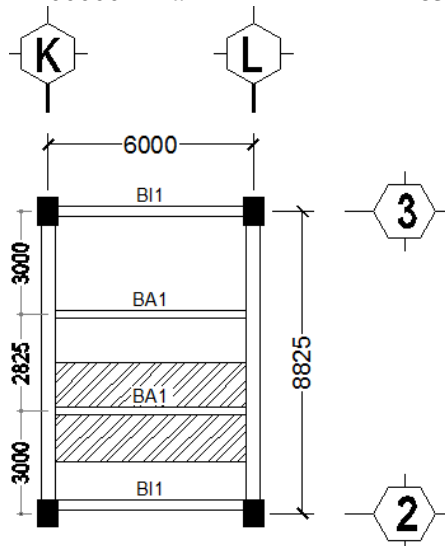
Tabel 4.1 Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai 20

Balok anak Lantai 20	Bentang		Profil yang digunakan
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)	
BA1	6	2,8	300 x 200 x 8 x 12
BA2	6	3	300 x 200 x 8 x 12
BA3	8,825	3	400 x 300 x 9 x 14

4.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai 4-19

Balok anak lantai 20 direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 9 x 14, dengan F_y 250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

w	= 65,4 kg/m	r	= 18 mm
d	= 300 mm	Z_x	= 963 cm ³
b_f	= 200 mm	Z_y	= 288 cm ³
t_w	= 9 mm	i_x	= 12,6 cm
t_f	= 14 mm	i_y	= 4,77 cm
I_x	= 13300cm ⁴	h	= $d-2(tf+r)$
I_y	= 1900 cm ⁴		= 236 mm
E	= 200000 MPa	A	= 83,36 cm ²



Gambar 4.8 Denah Pembebanan Balok Lantai 4-19

a. Beban-beban Yang Bekerja

a. Beban Mati

- Berat pelat bondek = 10,1 kg/m²
- Berat sendiri pelat beton 0,1 x 2400 = 240 kg/m²
- Berat *waterproofing* = 5 kg/m²

- Berat plafon = 5 kg/m²
- Berat penggantung = 10 kg/m²
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,1 kg/m² +

$$q_D = 289,2 \text{ kg/m}^2$$

- $W_{\text{Profil}} = 65,4 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned} - q_{D\text{total}} &= (q_D \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{profil}} \\ &= \left(289,2 \text{ kg/m}^2 \times \left(\frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \right) + 65,4 \text{ kg/m} \\ &= 907,7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

$$\begin{aligned} q_{L\text{total}} &= \left(\frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \times 479 \text{ kg/m} \\ &= 1395,09 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} q_u &= (1,2 \times q_{D\text{total}}) + (1,6 \times q_{L\text{total}}) \\ &= (1,2 \times 907,7 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 1395,09 \text{ kg/m}) \\ &= 3321,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

a. Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3321,4 \times 6^2 = 14946,18 \text{ kg.m}$$

b. Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 3321,4 \times 6 = 9964,12 \text{ kg}$$

c. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Kontrol Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,14 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{300}{9} \leq \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

26,22 < 106,35 (Penampang Kompak)

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = M_n = Z_x \times F_y = 963 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 2407500 \text{ kg.cm} = 24075 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2407500 \text{ kg.cm}$$

$$= 2166750 \text{ kg.cm} = 21667,5 \text{ kg.m}$$

Kontrol $\emptyset M_n \geq M_u$

$$21667,5 \text{ kg.m} > 14946,18 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral
Jarak penahan lateral ($L_b = 100 \text{ cm}$).

$$L_p = 237,66 \text{ cm} \quad \left. \vphantom{L_p} \right\} \text{ Dari Tabel } L_p \text{ \& } L_r$$

$$L_r = 803,1 \text{ cm} \quad \left. \vphantom{L_r} \right\}$$

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

- Karena bentang menengah, maka ,

$$M_p = M_n = Z_x \times F_y = 963 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 2407500 \text{ kg.cm} = 24075 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2407500 \text{ kg.cm}$$

$$= 2166750 \text{ kg.cm} = 21667,5 \text{ kg.m}$$

Kontrol $\emptyset M_n \geq M_u$

$$21667,5 \text{ kg.m} > 14946,18 \text{ kg.m (OK)}$$

d. Kontrol Kuat Geser

$$V_u = 9964,12 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{236}{9} \leq 1,1 \cdot \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} < 260 \text{ maka } K_v = 5$$

$$26,22 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w d t_w \\ &= 0,6 f_y (d t_w) \\ &= 0,6 \times (2500) \times (30 \times 0,9) \\ &= 40500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 40500 = 36450 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol, } \emptyset V_n \geq V_u = 36450 \text{ kg} \geq 9964,12 \text{ kg (OK)}$$

e. Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} \leq 1$$

$$\left(\frac{14946,18}{0,9 \times 24075} \right) \leq 1,0$$

$$0,69 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

f. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,667$$

$$f_{terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{(q_d + q_L) \times L^4}{E \times I_x}$$

$$\frac{5}{384} \times \frac{(9,077 + 13,951) \times 600^4}{2000000 \times 13300} = 1,42 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 1,46 \text{ cm} \leq 1,667 \text{ cm (OK)}$$

Jadi Profil **300 x 200 x 9 x 14** dapat digunakan sebagai balok anak lantai 4-19.

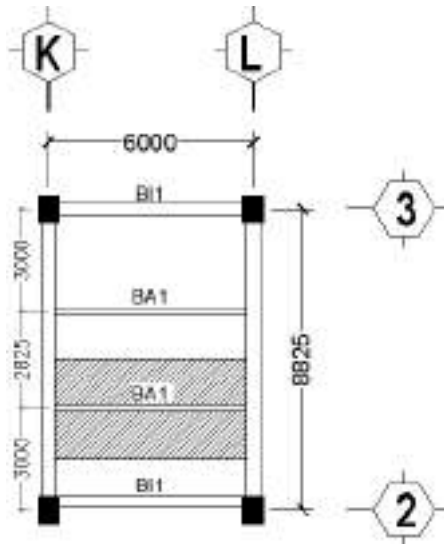
Tabel 4.2 Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai 4-19

Balok anak Lantai 4-19	Bentang		Profil yang digunakan
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)	
BA1	6	2,8	300 x 200 x 9 x 14
BA2	6	3	300 x 200 x 8 x 12
BA3	8,825	3	400 x 300 x 10 x 16
BA4	4,5	3	300 x 150 x 6,5 x 9
BA5	6	2,5	300 x 200 x 8 x 12
BA6	4	2	250 x 125 x 6 x 9
BA7	10	3	400 x 300 x 10 x 16

4.2.3 Perencanaan Balok Anak Lantai P1-P3

Balok anak lantai 20 direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan F_y 250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

w	$= 56,8$ kg/m	r	$= 18$ mm
d	$= 300$ mm	Z_x	$= 823$ cm ³
b_f	$= 200$ mm	Z_y	$= 244$ cm ³
t_w	$= 8$ mm	i_x	$= 12,6$ cm
t_f	$= 12$ mm	i_y	$= 4,71$ cm
I_x	$= 11300$ cm ⁴	h	$= d - 2(t_f + r)$
I_y	$= 1600$ cm ⁴		$= 240$ mm
E	$= 200000$ MPa	A	$= 72,38$ cm ²



Gambar 4.9 Denah Pembebanan Balok Lantai P1-P3

1. Beban-beban Yang Bekerja

a. Beban Mati

- Berat pelat bondek = 10,1 kg/m²
- Berat sendiri pelat beton 0,1 x 2400 = 240 kg/m²
- Berat *waterproofing* = 5 kg/m²
- Berat plafon = 5 kg/m²
- Berat penggantung = 10 kg/m²
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,1 kg/m² +

$$q_D = 289,2 \text{ kg/m}^2$$

$$- W_{\text{Profil}} = 56,8 \text{ kg/m}$$

$$- q_{D\text{total}} = (q_D \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{profil}}$$

$$= \left(289,2 \text{ kg/m}^2 \times \left(\frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \right) + 56,8 \text{ kg/m}$$

$$= 899,1 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup

$$q_{L\text{total}} = \left(\frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \times 192 \text{ kg/m}$$

$$= 559,2 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} q_u &= (1,2 \times q_{D\text{total}}) + (1,6 \times q_{L\text{total}}) \\ &= (1,2 \times 899,1 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 559,2 \text{ kg/m}) \\ &= 1973,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

a. Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1973,6 \times 6^2 = 8881,35 \text{ kg.m}$$

b. Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1973,6 \times 6 = 5920,9 \text{ kg}$$

3. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Kontrol Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 12} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$8,33 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{240}{8} \leq \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$30 < 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y = 823 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2057500 \text{ kg.cm} \\ &= 1851750 \text{ kg.cm} = 18517,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol } \phi M_n \geq M_u$$

$$18517,5 \text{ kg.m} > 8881,35 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral
Jarak penahan lateral ($L_b = 100 \text{ cm}$).

$$\left. \begin{array}{l} L_p = 234,05 \text{ cm} \\ L_r = 740,84 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{ Dari Tabel } L_p \text{ \& } L_r$$

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

- Karena bentang menengah, maka ,
 $M_p = M_n = Z_x \times F_y = 823 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$
 $= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m}$
 $\phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2057500 \text{ kg.cm}$
 $= 1851750 \text{ kg.cm} = 18517,5 \text{ kg.m}$

$$\text{Kontrol } \phi M_n \geq M_u$$

$$18517,5 \text{ kg.m} > 8881,35 \text{ kg.m (OK)}$$

4. Kontrol Kuat Geser

$$V_u = 5920,9 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \rightarrow \frac{240}{8} \leq 1,1 \cdot \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{fy}}$$

$$\text{Bila } \frac{h}{tw} < 260 \text{ maka } K_v = 5$$

$$30 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w d t_w \\ &= 0,6 f_y (d t_w) \\ &= 0,6 \times (2500) \times (30 \times 0,8) \\ &= 36000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 36000 = 32400 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol, } \phi V_n \geq V_u = 32400 \text{ kg} \geq 5920,9 \text{ kg (OK)}$$

5. Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} \leq 1$$

$$\left(\frac{8881,35}{0,9 \times 20575} \right) \leq 1,0$$

$$0,48 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

6. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,667$$

$$f_{terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{(q_d + q_L) \times L^4}{E \times I_x}$$

$$\frac{5}{384} \times \frac{(8,991 + 5.592) \times 600^4}{2000000 \times 11300} = 1,09 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 1,09 \text{ cm} \leq 1,667 \text{ cm (OK)}$$

Jadi Profil **300 x 200 x 8 x 12** dapat digunakan sebagai balok anak lantai P1-P3.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai P1-P3

Balok anak Lantai 4-19	Bentang		Profil yang digunakan
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)	
BA1	6	2,8	300 x 200 x 8 x 12
BA2	6	3	300 x 200 x 8 x 12
BA3	8,825	3	400 x 300 x 10 x 16
BA4	4,5	3	200 x 150 x 6 x 9
BA5	6	2,5	300 x 200 x 8 x 12
BA6	4	2	250 x 125 x 6 x 9

4.3 Perencanaan Tangga dan Bordes

Tangga merupakan sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada 4-19 Bale Hinggil ini direncanakan tangga konstruksi baja.

4.3.1 Perencanaan Tangga

1. Data teknis tangga:

- Mutu baja = BJ 41
- Tinggi antar lantai = 360 cm
- Tinggi bordes = 180 cm
- Panjang Tangga = 225 cm
- Lebar tangga = 145 cm
- Lebar bordes = 135 cm
- Lebar antrede (i) = 25 cm
- Lebar pegangan tangga = 15 cm

Syarat perencanaan optrede dan antrede serta kemiringan tangga sebagai berikut:

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

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

Dimana:

- t = tinggi optrede (cm)
- i = lebar antrede (cm)
- a = kemiringan tangga

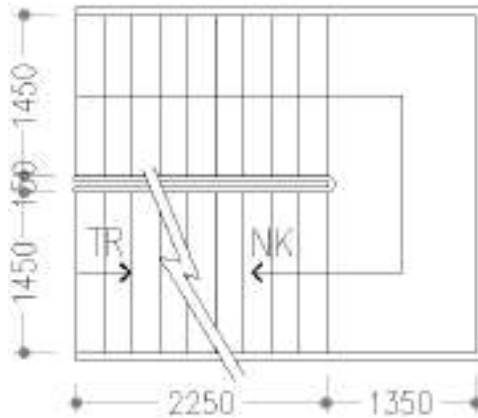
Maka,

- Direncanakan tinggi optrede (t) = 18 cm
- Jumlah optrede = $\frac{\text{tinggibordes}}{t} = \frac{180}{18} = 10$

buah

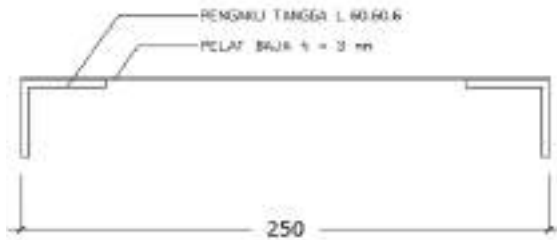
- Jumlah antrede (n) = 10 bh - 1 = 9 buah
- Kontrol, $60 \text{ cm} \leq (2 \times 18 + 25) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq 61 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm}$ (**OK**)

- Jadi tinggi optrede = 18 cm
- Kemiringan tangga (α) = $\arctan\left(\frac{180}{225}\right) = 38,66^\circ$



Gambar 4.10 Denah Tangga Utama

2. Perencanaan Anak Tangga



Gambar 4.11 Pelat Anak Tangga

a. Perencanaan tebal anak tangga

Tebal pelat tangga	= 3 mm
Berat jenis baja	= 7850 kg/m ³
Mutu baja BJ 41, fy	= 2500 kg/cm ²

b. Perencanaan pembebanan pelat tangga

- **Beban Mati**

Berat pelat = $0,003 \times 1,45 \times 7850$	= 34,15 kg/m
Alat penyambung 10%	= <u>3,41 kg/m</u> +
q_D	= 37,56 kg/m

- **Beban Hidup**

$$q_L = 300 \times 1,45 = 435 \text{ kg/m}$$

- **Perhitungan Md dan MI**

$$L \text{ (lebar antrede)} = 0,25 \text{ m}$$

$$P = 100 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times qd \times L^2 = \frac{1}{8} \times 37,56 \times 0,25^2 = 0,29 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times ql \times L^2 = \frac{1}{8} \times 435 \times 0,25^2 = 3,40 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{4} \times pl \times L^2 = \frac{1}{4} \times 100 \times 0,25^2 = 6,25 \text{ kg.m}$$

Maka yang menentukan,

$$M_D = 0,29 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 6,25 \text{ kg.m (yang paling besar)}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan M_u**

$$M_u = 1,4 \cdot M_D = 1,4 \cdot 0,29 = 0,41 \text{ kg.m}$$

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2 \cdot 0,29 + 1,6 \cdot 6,25 = 10,35 \text{ kg.m}$$

Maka yang menentukan,

$$M_u = 10,35 \text{ kg.m}$$

- **Kontrol Momen Lentur**

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 145 \times 0,3^2 = 3,263 \text{ cm}^3$$

$$\emptyset M_n = \emptyset Z_x \cdot f_y = 0,9 \cdot 3,263 \cdot 2500 = 7340,1 \text{ kg.cm}$$

$$= 73,41 \text{ kg.m}$$

$$\text{Syarat, } \emptyset M_n > M_u \rightarrow 73,41 \text{ kg.m} > 10,35 \text{ kg.m (OK)}$$

- **Kontrol Lendutan**

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

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,3^3 = 0,33 \text{ cm}^4$$

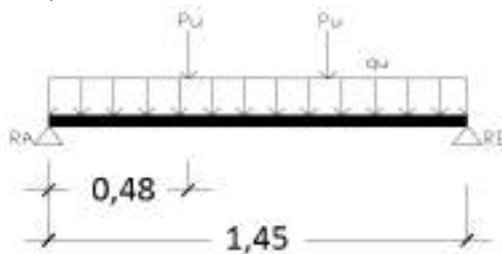
$$f^o = \frac{5 \left(\frac{qdl + qll}{100} \right) I^4}{384 \times EI_x} = \frac{5 \left(\frac{37,56 + 435}{100} \right) 25^4}{384 \times 2000000 \times 0,33} = 0,037 \text{ cm}$$

Maka, $f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,037 \text{ cm} \leq 0,104 \text{ cm}$ (OK)

c. Perencanaan pengaku anak tangga

Direncanakan menggunakan profil siku 60 x 60 x 6 dengan data sebagai berikut,

w	= 5,42 kg/m	I _x	= 22,8 cm ⁴
A	= 6,91 cm ²	I _y	= 22,8 cm ⁴
bf	= 60 mm	i _x	= 1,82 cm
tw	= 6 mm	i _y	= 1,82 cm
Z _x	= 5,29 cm ³		



Gambar 4.12 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga

- **Beban Mati** ($\frac{1}{2}$ Lebar Antrede)

$$\text{Berat plat} = 0,003 \times \frac{0,25}{2} \times 7850 = 2,94 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku} = 60 \times 60 \times 6 = 5,42 \text{ kg/m} + 8,36 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 0,84 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 9,20 \text{ kg/m}$$

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

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times \frac{0,25}{2} = 37,5 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 100 \text{ kg}$$

- **Perhitungan Md dan MI**

$$L \text{ (lebar tangga)} = 1,45 \text{ m}$$

$$P = 100 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times qd \times L^2 = \frac{1}{8} \times 9,26 \times 1,45^2 = 2,42 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \text{merata} \frac{1}{8} \times ql \times L^2 = \frac{1}{8} \times 37,5 \times 100^2 = 9,86 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \text{terpusat} \frac{1}{3} \times p \times L = \frac{1}{3} \times 100 \times 1,45 = 48,33$$

kg.m

Maka yang menentukan,

$$M_D = 2,42 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 48,33 \text{ kg.m (yang paling besar)}$$

$$V_u = 1,2 \left(\frac{1}{2} \times qd \times L \right) + 1,6 \left(\frac{1}{2} \times P \times 2 \right)$$

$$= 1,2 \left(\frac{1}{2} \times 9,20 \times 1,45 \right) + 1,6 \left(\frac{1}{2} \times 100 \times 2 \right)$$

$$= 168 \text{ kg}$$

- **Perhitungan Kombinasi pembebanan M_u**

$$M_u = 1,2.M_D + 1,6.M_L = 1,2.2,42 + 1,6.48,33 = 80,23 \text{ kg.m}$$

- **Kontrol Penampang Profil**

Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{60}{6} = 10$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,27$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 10 < 15,27 \rightarrow \text{OK (penampang kompak)}$$

Karena penampang kompak, Maka $M_n = M_p$

$$M_n = \emptyset Z_x \cdot f_y = 0,9 \cdot 5,29 \cdot 2500 = 11902,5 \text{ kg.cm}$$

$$= 119,025 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset M_n = 0,90 \cdot 119,025 \text{ kg.m} = 107,123 \text{ kg.m}$$

Syarat,

$$\emptyset M_n \geq M_u \rightarrow 107,12 \text{ kg.m} \geq 80,23 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol Kuat Geser

$$V_u = 168 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{60 - 6}{6} = 9$$

$$\frac{h_w}{t_w} < 260 \rightarrow kv = 5 \text{ (SNI 1729-2015, Pasal G2.1)}$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$9,00 < 69,57 \text{ Maka, } C_v = 1 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

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

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (6,0 \cdot 0,6) \cdot 1$$

$$= 5400 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \cdot V_n$$

$$= 0,9 \cdot 5400 \text{ kg}$$

$$= 4860 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat, } \emptyset V_n > V_u \rightarrow 4860 \text{ kg} > 168 \text{ kg (OK)}$$

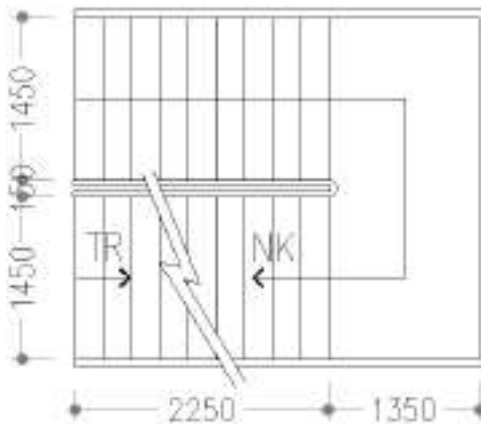
- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{145}{240} = 0,60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f^{\circ} &= \frac{5 \left(\frac{qdl+qll}{100} \right) l^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \left(\frac{23}{684} \times \frac{P \cdot l^3}{E \cdot I_x} \right) \\
 &= \frac{5 \left(\frac{9,20 \times 37,5}{100} \right) \times 1,45^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 22,8} = \left(\frac{23}{684} \times \frac{100 \times 1,45^3}{2 \times 10^6 \times 22,8} \right) \\
 &= 0,06 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka, $f^{\circ} < f_{ijin} \rightarrow 0,06 \text{ cm} < 0,6 \text{ cm}$ (OK)

4.3.2 Perencanaan Bordes



Gambar 4.13 Denah Bordes

1. Pelat Bordes

- a. Data Pelat Bordes
 - Tebal pelat bordes = 5 mm
 - Berat jenis baja = 7850 kg/m³
 - Mutu baja BJ 41, fy = 2500 kg/cm
 - Lebar tangga = 1,45 m
 - Lebar bordes = 1,35 m
 - ½ lebar bordes = 0,675 m

b. Perencanaan Pembebanan Pelat Bordes

- **Beban Mati**

$$\text{Berat pelat} = 0,005 \times 1,45 \times 7850 = 56,91 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung 10\%} = \frac{5,69 \text{ kg/m}}{10} + q_D = 62,60 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 = 435 \text{ kg/m}$$

- **Perhitungan Md dan Ml**

$$M_D = \frac{1}{8} \times qd \times L^2 = \frac{1}{8} \times 62,6 \times 0,675^2 = 3,6 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times ql \times L^2 = \frac{1}{8} \times 435 \times 0,675^2 = 24,8 \text{ kg.m}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan M_u**

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2M_D + 1,6M_L \\ &= 1,2 \times 3,6 + 1,6 \times 24,8 \\ &= 43,92 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Kontrol Momen Lentur**

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 145 \times 0,5^2 = 9,063 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= 0,9 \cdot Z_x \cdot f_y = 0,9 \cdot 9,063 \cdot 2500 = 20390,6 \text{ kg.cm} \\ &= 203,91 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } \emptyset M_n > M_u \rightarrow 203,91 \text{ kg.m} > 43,92 \text{ kg.m} \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{0,675}{240} = 0,3 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,5^3 = 1,5 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{qdl \times ql}{100} \right) \times I^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \left(\frac{62,6 \times 435}{100} \right) \times 0,675^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 1,5} = 0,01 \text{ cm}$$

Maka, $f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,01 \text{ cm} < 0,28 \text{ cm}$ (**OK**)

2. Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dengan data sebagai berikut:

A = 11,85 cm ²	i_x = 3,98 cm
w = 9,30 kg/m	i_y = 1,12 cm
d = 100 mm	r = 8,0 mm
bf = 50 mm	Z_x = 42 cm ³
tw = 5 mm	Z_y = 9 cm ³
tf = 7 mm	S_x = 37,50cm ³
I_x = 187 cm ⁴	S_y = 5,91 cm ³
I_y = 14,8 cm ⁴	h = d-2(tf+r)
	= 70 mm

a. Perencanaan pembebanan balok bordes

- **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,005 \times 0,675 \times 7850 &&= 26,49 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil} &&&= \underline{9,3 \text{ kg/m}} + \\ &&&= 35,79 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung 10\%} &&&= \underline{3,58 \text{ kg/m}} + \\ &&&q_D = 39,37 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Beban Hidup**

$$\begin{aligned} \text{Lantai asrama} &= 300 \text{ kg/m}^2 \text{ (PPIUG 1987)} \\ q_L &= 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,675 = 203 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Gaya Dalam**

$$\begin{aligned} V_D &= \frac{1}{2} \times qd \times L = \frac{1}{2} \times 39,37 \times 1,45 &&= 28,54 \text{ kg} \\ M_D &= \frac{1}{8} \times qd \times L = \frac{1}{8} \times 39,37 \times 2,1 &&= 10,35 \text{ kg.m} \\ V_L &= \frac{1}{2} \times ql \times L = \frac{1}{2} \times 202,5 \times 1,45 &&= 146,8 \text{ kg} \\ M_L &= \frac{1}{8} \times ql \times L = \frac{1}{8} \times 202,5 \times 2,1 &&= 53,22 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan M_u dan V_u**

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 \times V_D + 1,6 \times V_L \\ &= 1,2 \times 28,54 + 1,6 \times 146,8 \\ &= 269,155 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 \times M_D + 1,6 \times M_L \\ &= 1,2 \times 10,35 + 1,6 \times 53,22 \\ &= 97,57 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Kontrol Penampang**

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 3,57 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{tw} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{70}{5} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$14 < 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

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

- **Cek Kemampuan Penampang**

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n \\ &= 0,9 \times 105000 \text{ kg.cm} \\ &= 94500 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$= 945 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset Mn \geq Mu \rightarrow 945 \text{ kg.m} \geq 97,57 \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Kuat Geser**

$$V_u = 269,155 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{50-5}{5} = 9 < 260, k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

Maka, $C_v = 1,00$

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

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 7500 \text{ kg} \\ &= 6750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } \emptyset V_n > V_u \rightarrow 6750 \text{ kg} > 269,155 \text{ kg (OK)}$$

- **Kontrol Lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{145}{240} = 0,6 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{qdl \times ql}{100} \right) \times I^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \left(\frac{0,3937 \times 2,03}{100} \right) \times 1,45^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 187} = 0,037 \text{ cm}$$

$$\text{Kontrol, } f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,037 \text{ cm} < 0,6 \text{ cm (OK)}$$

Maka, profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dapat digunakan sebagai balok bordes pada tangga.

4.3.3 Perencanaan Balok Utama Tangga

Direncanakan menggunakan profil WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dengan data sebagai berikut:

$A = 27,2 \text{ cm}^2$	$i_x = 8,23 \text{ cm}$
$w = 21,32 \text{ kg/m}$	$i_y = 2,22 \text{ cm}$
$d = 200 \text{ mm}$	$r = 11 \text{ mm}$
$b_f = 100 \text{ mm}$	$Z_x = 200 \text{ cm}^3$
$t_w = 5,5 \text{ mm}$	$Z_y = 41 \text{ cm}^3$
$t_f = 8 \text{ mm}$	$S_x = 184 \text{ cm}^3$
$I_x = 1840 \text{ cm}^4$	$S_y = 27 \text{ cm}^3$
$I_y = 134 \text{ cm}^4$	$h = d - 2(t_f + r)$
	$= 162 \text{ mm}$

a. Perencanaan pembebanan anak tangga

- **Beban Mati (Anak Tangga)**

$$\text{Berat pelat} = 0,003 \times 0,725 \times 7850 = 17,07 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{W profil siku} &= 5,42 \times 2 &&= 10,84 \text{ kg/m} + \\ &&&= 27,91 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Alat penyambung 10\%} \quad \quad \quad = 2,79 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D1} = 30,71 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

$$q_{L1} = 300 \times \frac{0,725}{\cos 38,66} = 278,5 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \cdot 30,71 + 1,6 \cdot 278,5 \\ &= 482,51 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Perencanaan pembebanan dan gaya dalam bordes

- **Beban Mati**

$$\text{Berat pelat} = 0,005 \times 0,725 \times 7850 = 28,46 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung 10\%} \quad \quad \quad = 2,84 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D2} = 31,30 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

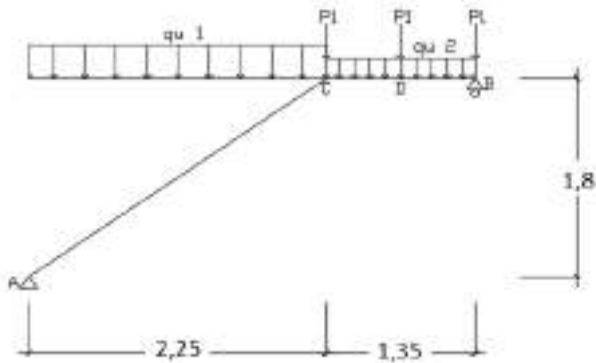
$$\begin{aligned} q_{L2} &= 300 \times 0,725 \\ &= 217,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \cdot 31,1 + 1,6 \cdot 217,5 \\ &= 385,56 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

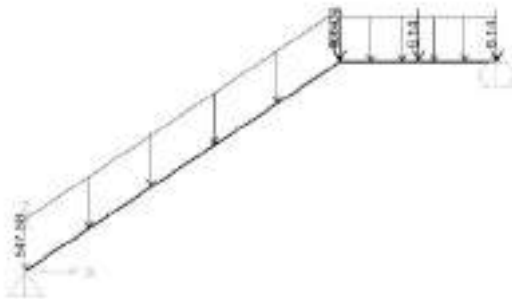
- **Beban Terpusat**

Beban terpusat akibat balok bordes

$$P_1 = 9,3 \times 0,725 = 6,74 \text{ kg}$$



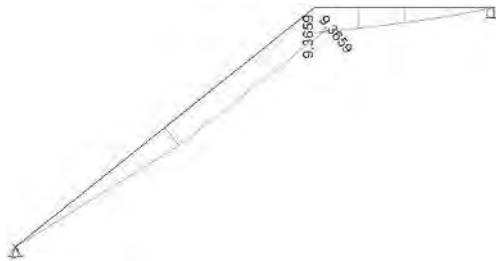
Gambar 4.14 Model Pembebanan Balok Utama Tangga



Gambar 4.15 Pemodelan Pembebanan Pada ETABS

c. Output Gaya Dalam

- Momen maksimum = 936,59 kgm.



Gambar 4.16 Bidang M Balok Tangga

- Geser maksimum = 1031,75 kg.



Gambar 4.17 Bidang Geser Balok Tangga

- Aksial maksimum = 717,06 kg



Gambar 4.18 Bidang Aksial Balok Tangga

- d. Kontrol Penampang Profil

- **Kontrol Pelat Sayap**

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- **Kontrol Pelat Badan**

$$\frac{h}{t_w} = \frac{162}{5,5} = 29,45$$

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Maka, Penampang kompak, $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 500000 \text{ kg.cm} \\ &= 5000 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

e. Kontrol Penampang Terhadap tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{t^2 + I^2} = \sqrt{18^2 + 25^2} = 30,81 \text{ cm}$$

(pengaku anak tangga)

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 2,22 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 101,51 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena $L_b < L_p \rightarrow 30,81 \text{ cm} < 101,51 \text{ cm} \rightarrow$ Bentang pendek. Maka, $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p = M_n &= Z_x \times F_y \\
 &= 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 500000 \text{ kg.cm} \\
 &= 5000 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 5000 \geq 936,59 \text{ kg.m}$$

$$5000 \text{ kg.m} \geq 936,59 \text{ kg.m} \text{ (OK)}$$

f. Kontrol Geser

$$V_u = 1031,75 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5,5} = 29,45$$

$$k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

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

$$\text{karena, } \frac{h_w}{t_w} < 1,10 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29,45 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga

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

$$= 0,9 \times 0,6 \times 2500 \times (20 \times 0,55) \times 1$$

$$= 14850 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \rightarrow 14850 \text{ kg} \geq 1031,75 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

g. Persamaan Interaksi Tekan Lentur

$$L = \sqrt{225^2 + 180^2} = 288,14 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,7 \text{ (sendi - jepit)}$$

$$\lambda = K_c \times L = 0,7 \times 288,14 = 201,7$$

$$f_c = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{0,7 \times 288,14}{2,22}\right)^2} = 2388,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{2388,86} = 1,05$$

Karena $\frac{f_y}{f_e} = 1,05 \leq 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan

$$f_c = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y = 1613,28 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} P_n &= f_{cr} \times A_g \\ &= 1613,28 \times 27,1 \\ &= 43881,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,85 \times 43881,12 \\ &= 37299 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_r}{P_e} = \frac{717,06}{37299} = 0,019 < 0,2 \text{ maka gunakan rumus}$$

$$\frac{P_r}{P_e} + \frac{8}{9} \times \left(\frac{M_{rx}}{M_{cr}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{717,06}{37299} + \frac{8}{9} \times \left(\frac{936,59}{3825} + 0 \right) = 0,22 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

h. Kontrol Lendutan

$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{240} = \frac{288,14}{240} = 1,2$$

$$f = 0,675 \text{ cm (dari hasil analisa ETABS)}$$

$$f \text{ ETABS} \leq f_{\text{ijin}} \text{ (OK)}$$

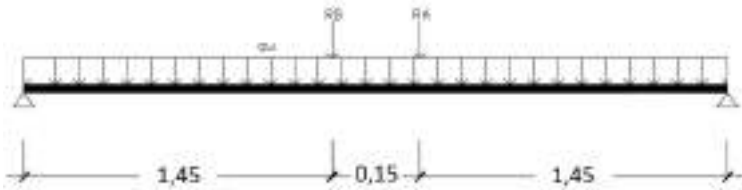
4.3.4 Balok Penumpu Tangga

Balok penumpu tangga direncanakan dengan menggunakan profil WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dengan data sebagai berikut:

A	= 27,2 cm ²	i_x	= 8,23 cm
w	= 21,32 kg/m	i_y	= 2,22 cm
d	= 200 mm	r	= 11 mm
b_f	= 100 mm	Z_x	= 200 cm ³
t_w	= 5,5 mm	S_x	= 184 cm ³
t_f	= 8 mm	h	= d-2(t_f +r)
I_x	= 1840 cm ⁴		= 162 mm
I_y	= 134 cm ⁴		

1. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi R_a dan R_b yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.19 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_a = 1148 \text{ kg (Output SAP Balok Tangga)}$$

$$R_b = 1113 \text{ kg (Output SAP Balok Tangga)}$$

Beban merata (q)

$$\text{Beban dinding} = 1,8 \times 250 = 450 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan 10\%} = \underline{45 \text{ kg/m} +}$$

$$q = 495 \text{ kg/m}$$

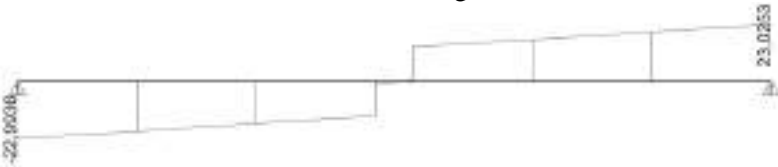
2. Output Gaya Dalam

- Momen maksimum = 2685,93 kgm.



Gambar 4.20 Bidang M Balok Penumpu Tangga

- Geser Maksimum = 2302,53 kg



Gambar 4.21 Bidang Geser Balok Penumpu Tangga

3. Kontrol Penampang Tekuk Lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6,25 \leq 10,75 \rightarrow \text{Penampang sayap kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5,5} = 29,45$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 29,45 \leq 106,35 \rightarrow \text{Penampang badan kompak}$$

Karena penampang kompak, Maka $M_p = M_n$,

$$M_p = M_n = Z_x \times F_y$$

$$\begin{aligned}
 &= 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 500000 \text{ kg.cm} \\
 &= 5000 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 5000 \geq 2687,89 \text{ kg.m}$$

$$4500 \text{ kg.m} \geq 2687,89 \text{ kg.m (OK)}$$

4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 135 cm

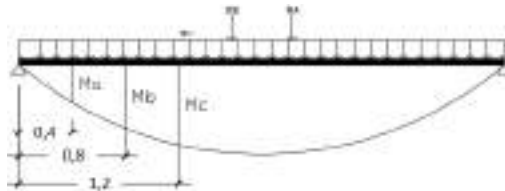
Didapatkan dari tabel L_p dan L_r ,

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

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

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang menengah, maka:

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



Gambar 4.22 Posisi M_a , M_b , M_c Balok Penumpu Tangga

Momen yang didapat dari aplikasi ETABS 2015 :

$$M_A = 860,58 \text{ kgm} \quad X_A = 400,325 \text{ mm}$$

$$M_B = 1626,2 \text{ kgm} \quad X_B = 800,65 \text{ mm}$$

$$M_C = 2296,83 \text{ kgm} \quad X_C = 1200,975 \text{ mm}$$

$$M_{\max} = 2685,93 \text{ kgm} \quad X_{\max} = 1601,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3 \\
 &= \frac{12,5 \times 2685,93}{2,5 \times 2685,93 + 3 \times 860,58 + 4 \times 1626,2 + 3 \times 2296,93} \leq 2,3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,48 \leq 2,3 \\
 M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\
 &= 1,48 \times \left(500000 - (500000 - 0,7 \times 2500 \times 184) \times \left(\frac{145 - 110,5}{375,74 - 110,5} \right) \right) \\
 &= 705538,1 \text{ kg.cm} = 7055,4 \text{ kg.m} \\
 M_n &= 7055,4 \text{ kg.m} > M_p = 5000 \text{ kg.m} \\
 \text{Maka dipakai } M_n &= M_p = 5000 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

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

$$= 4500 \text{ kg.m} > M_u = 2685,93 \text{ kg.m (OK)}$$

5. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser

$$V_u = 2302,53 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5,5} = 29,45 ; 1,1 \sqrt{K_v \cdot \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{200000}{2500}} = 69,57$$

$$\text{Karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{K_v \cdot \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29,45 \leq 69,57$$

Maka $C_v = 1,00$; sehingga

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 2500 \times (10 \times 0,55) \times 1 = 8250 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 8250 = 7425 \text{ kg}$$

$$= 7425 \text{ kg} \geq V_u = 2302,53 \text{ kg (OK)}$$

6. Kontrol Lendutan

$$L = 305 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{305}{240} = 1,27$$

$$f_{terjadi} = \left(\frac{5}{384} \times \frac{q_u \times L^4}{E \times I_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \times \frac{495 \times 10^{-2} \times 145^4}{2 \times 10^6 \times 1840} \right) = 0,00774$$

$$0,00774 < 1,27$$

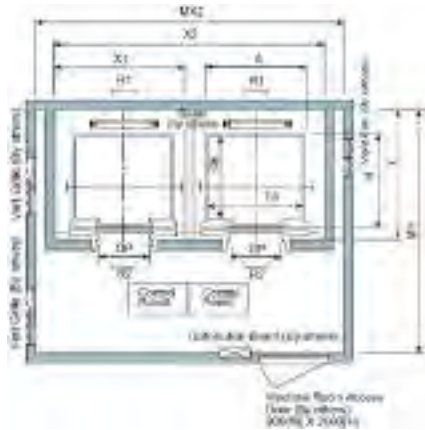
f terjadi \leq f ijin (**OK**)

Karena dari hasil perencanaan perbedaan jenis tangga dari ketinggian mendekati hasil dari perencanaan diatas maka data-data hasil perencanaannya jenis tangga yang lain dapat mengikuti hasil data perencanaan diatas.

4.4 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sesuai brosur sebagai berikut :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 15 Orang / 1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur
(*hoistway inside*) 2 Car : 4550 x 2400 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*)
 - Internal : 1600 x 1550 mm²
 - Eksternal : 1700 x 1770 mm²
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 5500 x 4700 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
 - R₁ = 12810 kg
 - R₂ = 6950 kg



Gambar 4.23 Denah Lift



Gambar 4.24 Potongan Melintang Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13, dengan data- data sebagai berikut:

A	= 84,12 cm ²	i _x	= 16,8 cm
w	= 66,03 kg/m	i _y	= 4,54 cm
d	= 400 mm	r	= 16 mm
b _f	= 200 mm	Z _x	= 1286 cm ³
t _w	= 8 mm	S _x	= 1190 cm ³
t _f	= 13 mm	h	= d-2(t _f +r)
I _x	= 23700cm ⁴		= 256 mm
I _y	= 1740 cm ⁴		

a. Pembebanan pada balok penggantung *lift*

- Beban mati

$$\text{Berat profil balok penggantung lift} = 66.03 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan, dll(10\%)} = 6.60 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 72.63 \text{ kg/m}$$

- Beban merata ultimate

$$q_U = 1.4 q_D$$

$$= 1.4 (72.63) = 101.68 \text{ kg/m}$$

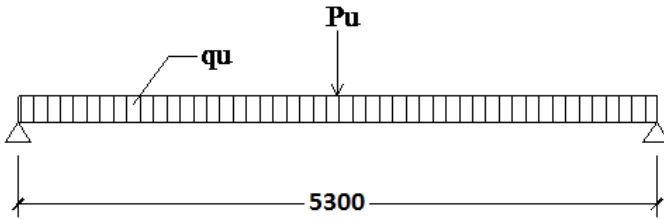
- Beban terpusat lift

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.

$$R_A=R_1. \text{ KLL} = 12810 \times (1 + 50\%) = 19215 \text{ kg}$$

$$R_B=R_2. \text{ KLL} = 6950 \times (1 + 50\%) = 10425 \text{ kg}$$

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penggantung *lift*



Gambar 4.25 Model Pembebanan Balok Peggantung *Lift*

- Reaksi perletakan

$$\begin{aligned} R_a = R_b &= \frac{1}{2} \times q_u \times L + \frac{1}{2} \times P_u \\ &= \frac{1}{2} \times 101,686 \times 5,3 + \frac{1}{2} \times 19215 \\ &= 9876,968 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times L \\ &= \frac{1}{8} \times 101,686 \times 5,3^2 + \frac{1}{4} \times 19215 \times 5,3 \\ &= 25816,92 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_u = R_a = 9876,968 \text{ kg}$$

- c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
 - Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7.69$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7.69 \leq 10.75 \rightarrow$ penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 42.75 \leq 106.35 \rightarrow$ penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1286 = 3215000 \text{ kgcm}$
 $= 32150 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\emptyset M_n = 0.9 \times 32150$$

$$= 28935 \text{ kg.m} > 25816,92 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral ($L_b = 530 \text{ cm}$).

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 4,55 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 226,5$$

$$\begin{aligned}
 J &\approx \sum \frac{bt^3}{3} = \frac{1}{3} \left((2b_f t_f^3) + ((d - 2t_f) t_w^3) \right) \\
 &= \frac{1}{3} \left((2 \cdot 200 \cdot 13^3) + ((400 - 2 \cdot 13) \cdot 8^3) \right) \\
 &= 35,68 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$S_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{ht_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{400 \cdot 8}{200 \cdot 13} \right)}} = 5,26 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

C = 1 , Penampang I simetris

Lr = 656,20 cm,

$L_p \leq L_b \leq L_r \rightarrow 226,5 \text{ cm} \leq 530 \text{ cm} \leq 656,2 \text{ cm} \rightarrow$ *Ben tan gmenengah*

- Karena bentang menengah, maka ,

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

$$\begin{aligned}
 M_A &= M_C \\
 &= R_A \times (L/4) - q_u \times (L/4) \times (L/8) \\
 &= 9876,968 \times (5,3/4) - 101,686 \times (5,3/4) \times (5,3/8) \\
 &= 12997,72 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= M_{\max} \\
 &= 25816,92 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 25816,92}{2,5 \times 25816,92 + 3 \times 12997,72 + 4 \times 25816,92 + 3 \times 12997,72} \leq 2,3$$

$$C_b = 1,31 \leq 2,3$$

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

$$M_n = 1,31 \left[3215000 - (3215000 - 0,7 \times 2500 \times 1190) \left(\frac{530 - 226,5}{656,2 - 226,5} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 3780989,4 \text{ cm} > M_p$$

Karena nilai M_n bentang menengah melebihi nilai M_p , maka nilai yang dipakai adalah nilai M_p sebagai perencanaan.

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 32150$$

$$= 28935 \text{ kgm} > 25816,92 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$V_u = 9876,97$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75; 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42,75 \leq 69,57$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (40 \times 0,8) \times 1,00 = 48000 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 48000$$

$$= 43200 \text{ kg} > 9876,97 \text{ (OK)}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 530 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{530}{360} = 2,21 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_{terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I_x} + \frac{p \times l^3}{48 \times E \times I_y}$$

$$f_{\text{terjadi}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,726 \times 530^4}{2 \times 10^6 \times 23700} + \frac{19215 \times 530^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 1174}$$

$$f_{\text{terjadi}} = 1,273 \text{ cm}$$

$$f_{\text{terjadi}} < f_{\text{ijin}} = 1,273 < 2,21 \text{ (OK)}$$

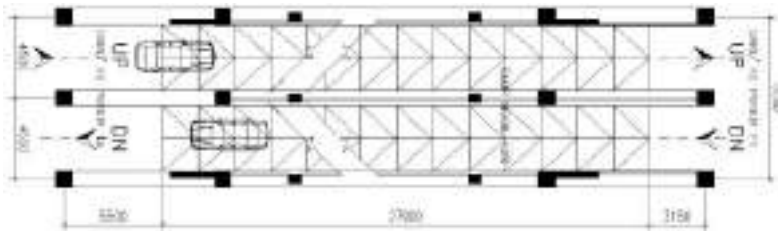
4.5 Perencanaan Ramp

Ramp merupakan sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain.

4.5.1 Perencanaan Pelat Ramp

1) Data teknis:

- Mutu baja = BJ 41
- Tinggi antar lantai/ramp = 320 cm
- Panjang ramp = 2700 cm
- Lebar ramp = 450 cm
- Lebar bordes Ramp = 320 cm
- Kemiringan tangga(α) = $\arctan\left(\frac{320}{2700}\right) = 6,76^\circ$



Gambar 4.26 Denah Ramp

Peraturan pembebanan pada struktur pelat ramp menggunakan SNI 1727:2013 dan ASCE 2002.

a) Beban Mati (Tabel C3-1. ASCE 2002)

- Berat aspal + spesi = 78,12 kg/m²
- Berat Steel Deck = 10,1 kg/m² +

$$q_{Dtotal} = 88,82 \text{ kg/m}^2$$

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

- Lantai P1-P3 $q_{LP1-P3} = 192 \text{ kg/m}^2$

c) Beban Berguna

$$\begin{aligned} - q &= q_D + q_L \\ &= 88,22 + 192 \\ &= 280,22 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2 \\ &\text{(mengikuti brosur)} \end{aligned}$$

d) Data-data Perencanaan Pelat Bondek

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 3 m
- Beban berguna = 400 kg/m²
- Tulangan negatif = 3,25 cm²/m
- Tebal pelat beton = 0,10 m
- Digunakan tulangan = Ø 10

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $n = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
- $n = \frac{3,25}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{3,25}{\frac{1}{4}\pi \cdot 1^2} = 4,14 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan = $\frac{1000}{5+1} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- Tulangan susut digunakan tulangan Ø 8 (As = 0,503 cm²)

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

$$d = 100 - 20 - \frac{8}{2} = 76 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan fy 480 Mpa

$$\rho_{min} = 0,002 \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 (c)})$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } A_{s\min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0020 \times 1000 \times 76 \\ &= 152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

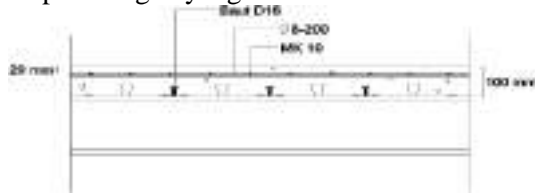
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{tul} = \frac{A_{s\min}}{A_{s1-tul}} = \frac{152}{50,24} = 3,025 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{5-1} = 250 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

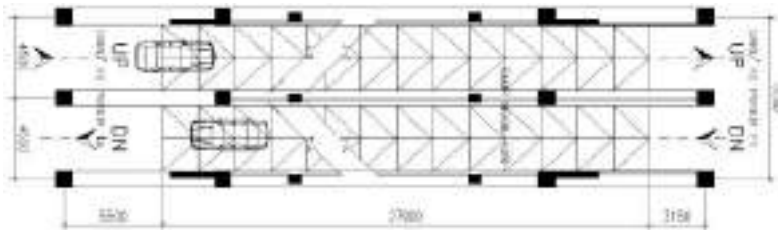
Maka, untuk pelat lantai 20 ukuran 8,825 m x 6m dipasang wiremesh MK10 dan tulangan susut Ø8-200 mm.

- Untuk penulangan ukuran plat 20 yang lain menggunakan jenis penulangan yang sama.



Gambar 4.27 Penulangan Bondek Ramp

4.5.2 Perencanaan Bordes Ramp



Gambar 4.28 Denah Bordes Ramp

1. Pelat Bordes

- Data Pelat Bordes ramp
 - Tebal pelat bordes ramp = 100 mm
 - Berat jenis beton = 2400 kg/m³
 - Mutu baja BJ 41, f_y = 2500 kg/cm
 - Lebar ramp = 4,5 m

- Lebar bordes ramp $= 3,2 \text{ m}$
- $\frac{1}{2}$ lebar bordes ramp $= 1,2 \text{ m}$

- b. Perencanaan Pembebanan Pelat Bordes
 - **Beban Mati**
 - Berat pelat $= 0,1 \times 4,5 \times 2400 = 1080 \text{ kg/m}$
 - Alat penyambung 10% $= \frac{108 \text{ kg/m} +}{q_D} = 1188 \text{ kg/m}$
 - **Beban Hidup**
 - $q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 4,5 = 1350 \text{ kg/m}$
 - **Perhitungan M_D dan M_L**
 - $M_D = \frac{1}{8} \times qd \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1188 \times 1,6^2 = 380,2 \text{ kg.m}$
 - $M_L = \frac{1}{8} \times ql \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1350 \times 1,6^2 = 432 \text{ kg.m}$
 - **Perhitungan Kombinasi Pembebanan M_u**
 - $M_u = 1,2M_D + 1,6M_L$
 - $= 1,2 \times 380,2 + 1,6 \times 432$
 - $= 1147,39 \text{ kg.m}$
 - **Kontrol Momen Lentur**
 - $Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 450 \times 10^2 = 11250 \text{ cm}^3$
 - $\emptyset M_n = 0,9.Z_x.f_y = 0,9.11250.2500 = 25312500 \text{ kg.cm}$
 - $= 253125 \text{ kg.m}$
 - Syarat, $\emptyset M_n > M_u \rightarrow 253125 \text{ kg.m} > 1147,39 \text{ kg.m}$ (**OK**)
 - **Kontrol Lendutan**
 - $f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{1,6}{240} = 0,7 \text{ cm}$
 - $I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 450 \times 10^3 = 3750 \text{ cm}^4$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{qdl \times qll}{100} \right) \times I^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \left(\frac{1188 \times 1350}{100} \right) \times 1,6^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 37500} = 0,00004 \text{ cm}$$

Maka, $f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,00004 \text{ cm} < 0,7 \text{ cm}$ (**OK**)

2. Perencanaan Balok Bordes ramp

Direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dengan data sebagai berikut:

A = 46,78 cm ²	i _x = 12,41 cm
w = 36,72 kg/m	i _y = 3,3 cm
d = 300 mm	r = 13 mm
b _f = 150 mm	Z _x = 522 cm ³
t _w = 6,5 mm	Z _y = 104 cm ³
t _f = 9 mm	S _x = 481 cm ³
I _x = 7210 cm ⁴	S _y = 68 cm ³
I _y = 508 cm ⁴	h = d - 2(tf + r)
	= 256 mm

a) Perencanaan pembebanan balok bordes

- **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,1 \times 1,6 \times 2400 &&= 384 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil} &&&= \underline{36,7 \text{ kg/m}} + \\ &&&= 420,7 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung 10\%} &&&= \underline{42,7 \text{ kg/m}} + \\ &&&= 462,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q_D = 462,8 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

Lantai bordes = 300 kg/m² (PPIUG 1987)

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,6 = 480 \text{ kg/m}$$

- **Perhitungan Gaya Dalam**

$$V_D = \frac{1}{2} \times qd \times L = \frac{1}{2} \times 462,8 \times 4,5 = 1041,28 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times qd \times L^2 = \frac{1}{8} \times 462,8 \times 20,25 = 1171,44 \text{ kg.m}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times ql \times L = \frac{1}{2} \times 480 \times 4,5 = 1080 \text{ kg}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times ql \times L^2 = \frac{1}{8} \times 480 \times 20,25 = 1215 \text{ kg.m}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan M_u dan V_u**

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 \times V_D + 1,6 \times V_L \\ &= 1,2 \times 1041,28 + 1,6 \times 1080 \\ &= 2977,538 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 \times M_D + 1,6 \times M_L \\ &= 1,2 \times 1171,44 + 1,6 \times 1215 \\ &= 3349,73 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Kontrol Penampang**

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 8,33 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 39,38 < 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

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

$$= 13050 \text{ kg.m}$$

- **Cek Kemampuan Penampang**

$$\begin{aligned}\emptyset M_n &= 0,9 \times M_n \\ &= 0,9 \times 1305000 \text{ kg.cm} \\ &= 1174500 \text{ kg.cm} \\ &= 11745 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u \rightarrow 11745 \text{ kg.m} \geq 3349,73 \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Kuat Geser**

$$V_u = 2977,538 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{143,5}{6,5} = 22,08 < 260$$

$$k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \frac{2 \times 10^5}{250}} = 69,57$$

$$\text{Maka, } C_v = 1,00$$

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (30 \cdot 0,65) \cdot 1 \\ &= 29250 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 29250 \text{ kg} \\ &= 26325 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } \emptyset V_n > V_u \rightarrow 26325 \text{ kg} > 2977,538 \text{ kg (OK)}$$

- **Kontrol Lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{450}{240} = 1,88 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{qdl \times ql}{100} \right) \times I^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \left(\frac{462,79 \times 480}{100} \right) \times 4,5^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 7210} = 0,349 \text{ cm}$$

$$\text{Kontrol, } f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,349 \text{ cm} < 1,88 \text{ cm (OK)}$$

Maka, profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dapat digunakan sebagai balok bordes pada ramp.

4.5.3 Perencanaan Balok Utama Ramp

Direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dengan data sebagai berikut:

A = 46,78 cm ²	ix = 12,41 cm
w = 36,72 kg/m	iy = 3,3 cm
d = 300 mm	r = 13 mm
bf = 150 mm	Zx = 522 cm ³
tw = 6,5 mm	Zy = 104 cm ³
tf = 9 mm	Sx = 481 cm ³
Ix = 7210 cm ⁴	Sy = 68 cm ³
Iy = 508 cm ⁴	h = d-2(tf+r)
	= 256 mm

1. Perencanaan pembebanan ramp

- **Beban Mati**

$$\text{Berat pelat} = 0,1 \times 2,25 \times 2400 = 540 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung 10\%} = \underline{54 \text{ kg/m} +}$$

$$q_{D1} = 594 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

$$q_{L1} = 300 \times \frac{2,25}{\cos 6,76} = 680 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \cdot 594 + 1,6 \cdot 680 \\ &= 1800,36 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Perencanaan pembebanan dan gaya dalam bordes ramp

- **Beban Mati**

$$\text{Berat pelat} = 0,1 \times 2,25 \times 2400 = 540 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung 10\%} = \underline{54 \text{ kg/m} +}$$

$$q_{D2} = 594 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

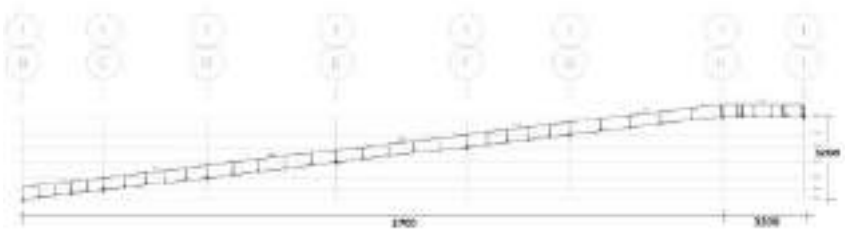
$$q_{L2} = 300 \times 2,25$$

$$\begin{aligned}
 &= 675 \text{ kg/m} \\
 q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \cdot 594 + 1,6 \cdot 675 \\
 &= 1792,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- **Beban Terpusat**

Beban terpusat akibat balok bordes ramp

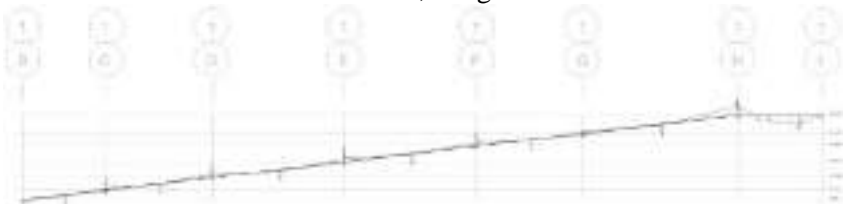
$$P_1 = 36,72 \times 2,25 = 82,62 \text{ kg}$$



Gambar 4.29 Model Pembebanan Balok Utama Ramp

3. Output Gaya Dalam

- Momen maksimum = 3604,28 kgm.



Gambar 4.30 Bidang M Balok Ramp

- Geser maksimum = 9687,63 kg.



Gambar 4.31 Bidang Geser Balok Ramp

- Aksial maksimum = 219,31 kg



Gambar 4.32 Bidang Aksial Balok Ramp

4. Kontrol Penampang Profil

- **Kontrol Pelat Sayap**

$$\frac{bf}{2 \times tf} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2 \times tf} \leq \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- **Kontrol Pelat Badan**

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

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Maka, Penampang kompak, $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 500000 \text{ kg.cm} \\ &= 5000 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

5. Kontrol Penampang Terhadap tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{t^2 + I^2} = \sqrt{320^2 + 320^2} = 452,55 \text{ cm}$$

(pengaku anak tangga)

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 3,3 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 164,28 \text{ cm}$$

$$J \approx \sum \frac{bt^3}{3} = \frac{1}{3} \left((2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right)$$

$$= \frac{1}{3} \left((2 \times 150 \times 9^3) + ((d - 2 \times 9) \times 6,5^3) \right)$$

$$= 9,87 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 481 \text{ cm}^3$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \times \frac{h \times t_w}{b_f \times t_f} \right)}} = \frac{150}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \times \frac{300 \times 6,5}{6,5 \times 9} \right)}} = 3,89 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

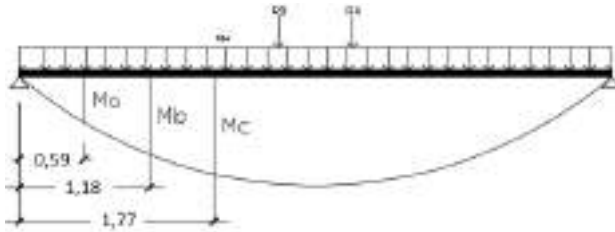
C = 1, Penampang I simetris

$$L_r = 478,07 \text{ cm},$$

$$L_p \leq L_b \leq L_r \rightarrow 164,28 \text{ cm} \leq 452,55 \text{ cm} \leq 478,07 \text{ cm}$$

 $L_p \leq L_b \leq L_r \rightarrow$ Bentang Menengah maka :

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



Gambar 4.33 Posisi M_a , M_b , M_c Balok Penumpu Ramp

Momen yang didapat dari aplikasi ETABS 2015 :

M_A	= 715,77 kgm	X_A	= 590,625 mm
M_B	= 2533,96 kgm	X_B	= 1181,25 mm
M_C	= 3118,69 kgm	X_C	= 1771,875 mm
M_{max}	= 3604,28 kgm	X_{MAX}	= 2362,5 mm

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

$$= \frac{12,5 \times 3604,28}{2,5 \times 3604,28 + 3 \times 715,77 + 4 \times 2533,96 + 3 \times 3118,69} \leq 2,3$$

$$= 1,47 \leq 2,3$$

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

$$= 1,48 \times \left(1305000 - (1305000 - 0,7 \times 2500 \times 481) \times \left(\frac{452,55 - 164,28}{478,07 - 164,28} \right) \right)$$

$$= 1292706,8 \text{ kg.cm} = 12927,1 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 12927,1 \text{ kg.m} < M_p = 13050 \text{ kg.m}$$

Maka dipakai $M_n = 12927,1 \text{ kg.m}$

Cek Kemampuan Penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 12927,1 \geq 3604,28 \text{ kg.m}$$

$$11634,36 \text{ kg.m} \geq 3604,28 \text{ kg.m (OK)}$$

6. Kontrol Geser

$$V_u = 9687,63 \text{ kg}$$

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

$$k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

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

$$\text{karena, } \frac{h_w}{t_w} < 1,10 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} \rightarrow 39,38 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 2500 \times (30 \times 0,65) \times 1 \\ &= 26325 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \rightarrow 26325 \text{ kg} \geq 9687,63 \text{ kg (OK)}$$

7. Persamaan Interaksi Tekan Lentur

$$L = \sqrt{320^2 + 320^2} = 452,55 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,7 \text{ (sendi - jepit)}$$

$$\lambda = K_c \times L = 0,7 \times 452,55 = 316,78$$

$$f_c = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{0,7 \times 452,55}{3,3}\right)^2} = 2139,888 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{2139,888} = 1,17$$

Karena $\frac{f_y}{f_e} = 1,17 \leq 2,25$ maka f_{cr} ditentukan dengan

$$f_c = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right) \times f_y = 1533,12 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} P_n &= f_{cr} \times A_g \\ &= 1533,12 \times 46,78 \\ &= 71719,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,85 \times 71719,33 \\ &= 60961,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_r}{P_e} = \frac{219,31}{60961,43} = 0,004 < 0,2 \text{ maka gunakan rumus}$$

$$\frac{P_r}{P_e} + \frac{8}{9} \times \left(\frac{M_{rx}}{M_{cr}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{219,31}{60961,43} + \frac{8}{9} \times \left(\frac{3604,28}{3825} + 0 \right) = 0,841 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

8. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{288,14}{240} = 1,2$$

$$f = 0,217 \text{ cm (dari hasil analisa ETABS)}$$

$$f \text{ ETABS} \leq f_{ijin} \text{ (OK)}$$

4.5.4 Balok Penumpu Ramp

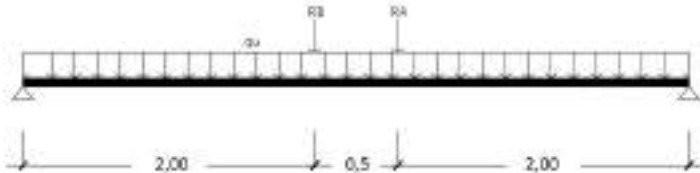
Balok penumpu Ramp direncanakan dengan menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13 dengan data sebagai berikut:

A	= 84,12 cm ²	ix	= 16,79 cm
w	= 66,03 kg/m	iy	= 4,55 cm
d	= 400 mm	r	= 16 mm
bf	= 200 mm	Zx	= 1286 cm ³

$$\begin{array}{llll}
 t_w & = & 8 & \text{mm} & S_x & = & 1185 & \text{cm}^3 \\
 t_f & = & 13 & \text{mm} & h & = & d-2(t_f+r) \\
 I_x & = & 23700 & \text{cm}^4 & & = & 342 & \text{mm} \\
 I_y & = & 1740 & \text{cm}^4 & & & &
 \end{array}$$

1. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi R_a dan R_b yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.34 Pembebanan Balok Penumpu Ramp

$$R_a = 2879 \text{ kg (Output ETABS Balok Ramp)}$$

$$R_b = 3322 \text{ kg (Output ETABS Balok Ramp)}$$

Beban merata (q)

$$\text{Beban dinding} = 3,2 \times 250 = 800 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan } 10\% = \underline{80 \text{ kg/m}}$$

$$q = 880 \text{ kg/m}$$

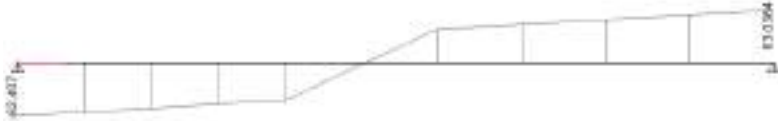
2. Output Gaya Dalam

- Momen maksimum = 10339,14 kgm.



Gambar 4.35 Bidang M Balok Penumpu Ramp

- Geser Maksimum = 6338,62 kg



Gambar 4.36 Bidang Geser Balok Penumpu Ramp

3. Kontrol Penampang Tekuk Lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7,69$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,69 \leq 10,75 \rightarrow \text{Penampang sayap kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{341}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 42,75 \leq 106,35 \rightarrow \text{Penampang badan kompak}$$

Karena penampang kompak, Maka $M_p = M_n$,

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 1286 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3215000 \text{ kg.cm} \\ &= 32150 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 32150 \geq 10339,14 \text{ kg.m}$$

$$28935 \text{ kg.m} \geq 10339,14 \text{ kg.m} \text{ (OK)}$$

4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 450 cm

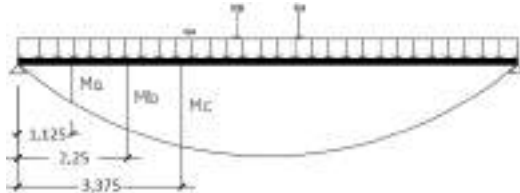
Didapatkan dari tabel L_p dan L_r ,

$L_p = 226,5$ cm

$L_r = 664,45$ cm

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang menengah, maka:

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



Gambar 4.37 Posisi M_a , M_b , M_c Balok Penumpu Ramp

Momen :

$$M_A = 3656,54 \text{ kgm} \quad X_A = 1125 \text{ mm}$$

$$M_B = 6905,23 \text{ kgm} \quad X_B = 2250 \text{ mm}$$

$$M_C = 9688,18 \text{ kgm} \quad X_C = 3375 \text{ mm}$$

$$M_{\max} = 10339,14 \text{ kgm} \quad X_{\max} = 4500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 \\ &= \frac{12,5 \times 10339,14}{2,5 \times 10339,14 + 3 \times 3656,54 + 4 \times 6905,23 + 3 \times 9688,18} \leq 2,3 \\ &= 1,38 \leq 2,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\ &= 1,38 \times \left(3215000 - (3215000 - 0,7 \times 2500 \times 1185) \times \left(\frac{450 - 226,5}{664,45 - 226,5} \right) \right) \\ &= 3638740,3 \text{ kg.cm} = 36387,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_n = 36387,4 \text{ kg.m} > M_p = 32150 \text{ kg.m}$$

Maka dipakai $M_n = M_p = 32150 \text{ kg.m}$

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 32150 \text{ kg.m}$$

$$= 28935 \text{ kg.m} > M_u = 10339,14 \text{ kg.m} \text{ (OK)}$$

5. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser

$$V_u = 6338,62 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75 ; 1,1 \sqrt{K_v \times \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{Karena } \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{K_v \times \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42,75 \leq 69,57$$

Maka $C_v = 1,00$; sehingga

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (20 \times 0,8) \times 1 = 24000 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 24000 = 21600 \text{ kg}$$

$$= 21600 \text{ kg} \geq V_u = 6338,62 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

6. Kontrol Lendutan

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

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{450}{240} = 1,88$$

$$f_{terjadi} = \left(\frac{5}{384} \times \frac{q_u \times L^4}{E \times I_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \times \frac{880 \times 10^{-2} \times 450^4}{2 \times 10^6 \times 237000} \right) = 0,099$$

$$0,099 < 1,88$$

$f_{terjadi} \leq f_{ijin}$ (OK)

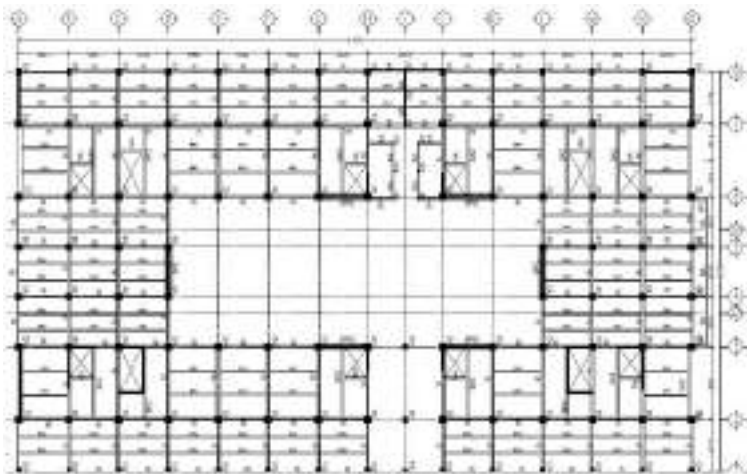
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PEMODELAN STRUKTUR

5.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur pada modifikasi bangunan gedung ini menggunakan sistem EBF (*Eccentrically Braced Frames*). Fungsinya sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa.

Struktur yang direncanakan memiliki fungsi sebagai Apartement. Memiliki 20 lantai yang terdiri dari lantai parkir lantai apartement dan lantai atap Berikut merupakan denah struktur bangunan yang di modifikasi:



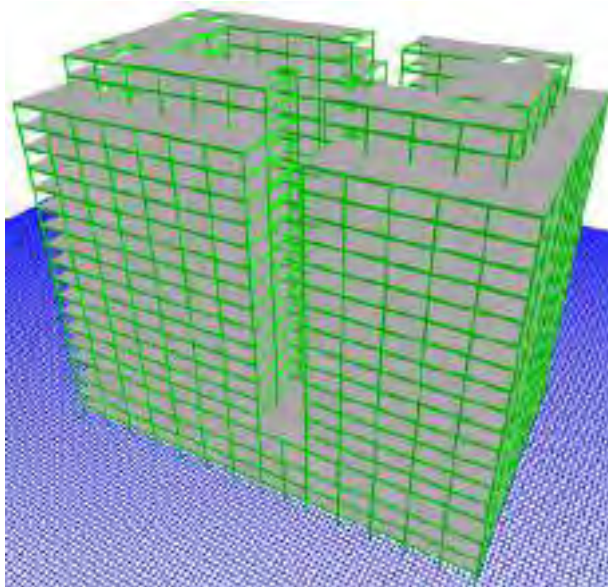
Gambar 5.1 Denah Struktur Apartement Bale Hinggil

Untuk penempatan bracing direncanakan menggunakan K-split EBF yang dipasang di tengah bangunan dengan 2 bentang berbeda. Untuk arah melintang panjang bentang sebesar 3,4 m sedangkan untuk arah memanjang 7 m.

Pemodelan struktur Gedung Apartement Bale Hinggil ini dilakukan menggunakan program bantu ETABS 2015. Pada ETABS 2015, struktur gedung dimodelkan sesuai dengan kondisi

yang sesungguhnya. Program ini membantu dalam perhitungan yang di gunakan untuk mengkontrol struktur gedung apakah telah memenuhi syarat pada SNI 1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung) serta SNI 1729-2915 (Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural).

Pemodelan yang sudah dilakukan dalam program ETABS 2015 ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Model 3 Dimensi Apartement Bale Hinggil

5.2 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur berdasarkan pada peraturan PPIUG 1987, SNI 1727-2013 (Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain) dan ASCE 7-2002 dengan rincian sebagai berikut:

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati pada struktur terdiri dari beban sendiri bangunan (didapat dari ETABS 2015) dan beban mati tambahan seperti beban dinding dan beban merata. Berikut ini merupakan rincian beban mati pada struktur:

- a. *Ducting* Mekanikal (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Mechanical Duct Allowance*) = 19,1 kg/m²
- b. Lapisan Aspal (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Asphalt Shingles*) = 10 kg/m²
- c. Beban plafon (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Acoustical fiberboard*) = 10 kg/m²
- d. Beban Keramik+Spesi (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Ceramic or quarry tile 19mm on 13 mm mortar bed*) = 77 kg/m²
- e. Beban dinding (SNI 1727:2013 pasal 4.32) = 72 kg/m²

Beban mati yang dihitung pada struktur ini tertera sebagai berikut:

- a. Pelat Lantai 20
 - Berat Bondek = 10,1 kg/m²
 - Berat plafon = 5 kg/m²
 - Berat penggantung = 10 kg/m²
 - Berat ducting+plumbing = 19,1 kg/m² +
 - q_D = 44,2 kg/m²
 - Sambungan dll (10%) = 4,4 kg/m² +
 - q_{Dtotal} = 48,6 kg/m²
- b. Pelat Lantai 4-19
 - Berat Bondek = 10,1 kg/m²
 - Berat plafon = 5 kg/m²
 - Berat penggantung = 10 kg/m²
 - Berat keramik+spesi = 77 kg/m²
 - Berat ducting+plumbing = 19,1 kg/m² +
 - q_D = 121,2 kg/m²
 - Sambungan dll (10%) = 12,12 kg/m² +
 - q_{Dtotal} = 133,32 kg/m²
- c. Pelat Lantai P1-P3

- Berat Bondek	=	10,1	kg/m ²
- Berat plafon	=	5	kg/m ²
- Berat Aspal	=	10	kg/ m ²
- Berat penggantung	=	10	kg/m ²
- Berat keramik+spesi	=	77	kg/m ²
- Berat ducting+plumbing	=	19,1	kg/m ² +
		<u>131,2</u>	kg/m ²
- Sambungan dll (10%)	=	13,12	kg/m ² +
		<u>143,32</u>	kg/m ²
	q_D		
	q_{Dtotal}		

d. Berat Sendiri Profil Baja

Berat sendiri profil baja sudah dihitung otomatis oleh program bantu ETABS 2015 pada perencanaan struktur utama.

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban Hidup pada struktur bersifat tidak menumpu pada struktur bangunan. Beban hidup yang bekerja pada hotel ini adalah:

a. Lantai Lantai 20

Beban hidup atap (SNI 1727:2013 Tabel 4.1) = 96 kg/m²

b. Lantai Lantai 4-19

Ruang publik dan koridor yang melayani mereka (SNI 1727:2013 Tabel 4.1) = 479 kg/m²

c. Lantai Lantai P1-P3

Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan Bus (SNI 1727:2013 Tabel 4.1) = 192 kg/m²

3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Kota Surabaya merupakan wilayah gempa zona sedang sesuai zona wilayah gempa konstruksi apartement tersebut. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini menggunakan analisa beban gempa dinamik, dengan menggunakan parameter sesuai SNI 03-1726-2012.

5.2.1 Berat Total Bangunan

Berat dari beban bangunan merupakan total dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup berasal dari penggunaan fungsi bangunan. Berat bangunan tersaji dalam tabel 5.1.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Berat Bangunan

LANTAI	Berat (kg)		
	BEBAN MATI	BEBAN HIDUP	TOTAL
DASAR	8.128		8.128
1	1.942.063	654.579	2.596.642
2	2.061.523	708.364	2.769.886
3	2.471.813	815.842	3.287.655
4	2.678.754	2.019.590	4.698.343
5	1.724.812	1.324.794	3.049.606
6	1.662.582	1.261.817	2.924.399
7	1.662.582	1.261.817	2.924.399
8	1.662.582	1.261.817	2.924.399
9	1.662.582	1.261.817	2.924.399
10	1.662.582	1.261.817	2.924.399
11	1.662.582	1.261.817	2.924.399
12	1.662.582	1.261.817	2.924.399
13	1.662.582	1.261.817	2.924.399
14	1.662.582	1.261.817	2.924.399
15	1.662.582	1.261.817	2.924.399
16	1.662.582	1.261.817	2.924.399
17	1.662.582	1.261.817	2.924.399
18	1.662.582	1.261.817	2.924.399
19	901.184	642.955	1.544.138
ATAP	752.095	147.715	899.810
JUMLAH			56.871.403,8

Tabel 5.2 Berat Bangunan Program ETABS

TABLE: Base Reactions			
Load	FX	FY	FZ
Case/Combo	kgf	kgf	kgf
DEAD++	0	0	7.595.701
DEAD	0	0	24.361.900
LIVE	0	0	23.433.358
RSX Max	1.609.226	532.160	-
RSY Max	437.969	1.609.209	-
D+L	0	0	55.390.960,5

Dari hasil analisa ETABS didapatkan total berat bangunan dari kombinasi 1D sebesar 56.871.403,8 kg. Dengan maksimal selisih 5% dari hasil perhitungan manual dibandingkan dengan perhitungan ETABS 2015, sebagai berikut:

Selisih perhitungan antara manual dan ETABS 2015 :

$$56.871.403,8 - 55.390.960,5 = 1.480.443,30 \text{ kg.}$$

$$\frac{1.480.443,3}{56.871.402,5} \times 100\% = 2,6 \leq 5\%$$

Maka pemodelan bangunan dianggap mendekati bangunan aslinya.

5.2.2 Kombinasi Pembebanan

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

- 1.4 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL
- 1.2 DL ± 1.0E + 1.0LL
- 0.9 DL ± 1.0E

Keterangan:

DL = Beban mati

LL = Beban hidup

E = Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Dua kombinasi pertama merupakan kombinasi pembebanan yang dipengaruhi oleh beban mati dan hidup saja. Sedangkan dua kombinasi pembebanan berikutnya telah dipengaruhi oleh beban gempa.

5.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Pada modifikasi struktur gedung ini mempunyai ketinggian 72,55 meter dengan 14 lantai Apartement, 4 lantai parkir, 1 lantai Lobby dan 1 lantai atap. Perhitungan beban gempa pada struktur ini mengacu pada SNI 03-1726-2012 menggunakan analisis respon dinamik sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

5.3.1 Klasifikasi Tanah

Untuk mengetahui klasifikasi tanah ada pada kategori tertentu maka dilakukan test penetrasi tanah (SPT) sesuai data tanah daerah cikarang yang menjadi lokasi modifikasi struktur gedung asrama President University. Berikut merupakan perhitungan \tilde{N} rata-rata untuk menentukan jenis tanah pada tabel 5.2 Nilai \tilde{N} untuk Penentuan Jenis Tanah:

- $\tilde{N} \geq 50$ = Tanah Keras
- $15 \geq \tilde{N} \geq 50$ = Tanah Sedang
- $\tilde{N} < 15$ = Tanah Lunak

Tabel 5.3 Nilai \tilde{N} untuk Penentuan Jenis Tanah

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	Tebal/N
Lapisan 1	0,00	-	0,00	-
Lapisan 2	2,50	2,50	1,00	2,50
Lapisan 3	5,50	3,00	2,00	1,50
Lapisan 4	8,50	3,00	1,00	3,00

Lapisan 5	11,50	3,00	7,00	0,43
Lapisan 6	14,50	3,00	14,00	0,21
Lapisan 7	17,50	3,00	18,00	0,17
Lapisan 8	20,50	3,00	23,00	0,13
Lapisan 9	23,50	3,00	18,00	0,17
Lapisan 10	26,50	3,00	35,00	0,09
Lapisan 11	29,50	3,00	50,00	0,06
Lapisan 12	32,50	3,00	50,00	0,06
Lapisan 13	35,50	3,00	48,00	0,06
Lapisan 14	38,50	3,00	50,00	0,06
Total		38,50		8,43

$$\tilde{N} = \frac{38,5}{8,43} = 4,56 \rightarrow 15 > \tilde{N} < 50, \text{ Termasuk tanah lunak.}$$

Dari perhitungan nilai \tilde{N} didapatkan jenis **tanah lunak**.

5.3.2 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.1.2 bahwa lantai dengan dek metal yang diberi penutup *topping* beton dapat dianggap kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal.

5.3.3 Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodik. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :

- 100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
 - 100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

5.3.4 Parameter Respon Spektrum Rencana

Pada penentuan respon spectrum rencana digunakan SNI 1726-2012 dengan beberapa parameter yang harus ditentukan, berikut merupakan parameter yang ditentukan sesuai peraturan:

1. Kategori Resiko Bangunan Gedung
 Sesuai dengan tabel 1 SNI 1726-2012, untuk asrama termasuk dalam Kategori Risiko II.
2. Faktor Keutamaan
 Sesuai dengan tabel 2 SNI 1726-2012, setelah didapatkan gedung termasuk risiko II maka ditentukan Faktor Keutamaan Gempa $I_e = 1,0$.
3. Kategori Desain Seismik
 Sesuai dengan klasifikasi tanah yang telah ditentukan sebelumnya, kota Surabaya memiliki klasifikasi tanah **SE** jenis tanah sedang sesuai dengan Tabel 3 SNI 1726-2012
4. Parameter Percepatan Gempa
 Berdasarkan pada gambar 9 dan 10 peta zona gempa SNI 1726-2012 kota Surabaya memiliki nilai sebagai berikut:
 $S_s = 0,7g$
 $S_1 = 0,25g$
5. Faktor Koefisien Situs
 Sesuai dengan tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 didapatkan nilai sebagai berikut:
 $F_a = 1,3$ (Interpolasi linier)
 $F_v = 3$ (Interpolasi linier)
6. Percepatan Spektral Desain
 Sebelum menghitung percepatan spectral desain, dihitung dulu parameter spectrum respons percepatan peroida pendek (S_{MS}) dan peroida 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs sesuai dengan perumusan (5) dan (6) pada SNI 1726-2012 sebagi berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,3 \times 0,7g = 0,91$$

$$S_{M1} = F_v \times S_I = 3 \times 0,25g = 0,75$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,91 = 0,6067$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,75 = 0,5$$

7. Parameter Struktur

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.2.2 tabel 9 didapat nilai parameter struktur untuk rangka baja bresing eksentrik dengan system ganda rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan maka didapatkan nilai parameter struktur sebagai berikut:

$$R^a = 8$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

$$C_d^b = 4$$

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.2.5.4 Kategori Desain Seismik dengan batasan tinggi struktur 48m sampai 72m sistem struktur rangka baja bresing eksentrik dirancang kategori desain seismik D atau E.

8. Model respon Spektrum

Untuk mengetahui grafik respon spectrum rencana sesuai dengan pasal 6.4 SNI 1726-2012 sebagai berikut:

a. Batasan Periode

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,5}{0,6067} = 0,1648 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5}{0,6067} = 0,8242 \text{ detik}$$

b. Respon Spektrum Percepatan Saat $T < T_0$

$$S_a = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right), \text{ maka dicoba saat } T = 0 \text{ detik}$$

$$S_a \text{ adalah } S_a = \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,1648} \right) = 0,2427$$

c. Respon Spektrum Percepatan Saat $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} = 0,6067g$$

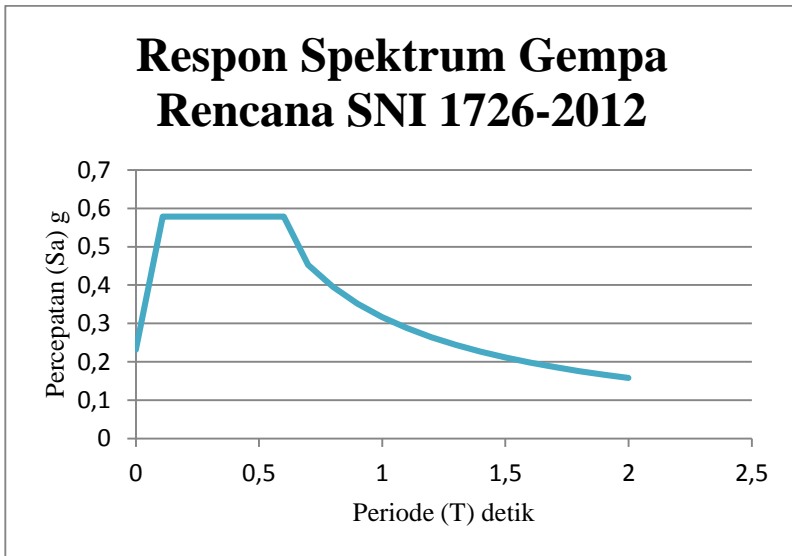
- d. Respon Spektrum Percepatan Saat $T \geq T_s$ Karena T_s didapat nilai 0,8242 detik maka dicoba $T = 0,9$ detik untuk menentukan percepatan desain respon spectra (S_a) yaitu:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,5}{0,9} = 0,56 \text{ detik}$$

Untuk selanjutnya nilai periode fundapental (T) dan nilai respon spectra (S_a) akan ditabelkan pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Nilai T dan S_a

T (detik)	S_a
0	0,2427
0,165	0,6067
0,200	0,6067
0,300	0,6067
0,400	0,6067
0,500	0,6067
0,600	0,6067
0,700	0,56
0,800	0,63
0,900	0,56
1,000	0,50
1,100	0,45
1,200	0,42
1,300	0,38
1,400	0,36
1,500	0,33
1,600	0,31
1,700	0,29
1,800	0,28
1,900	0,26
2,000	0,25



Gambar 5.3 Grafik Spektrum Percepatan Gempa Wilayah Surabaya

Nilai respon spektrum yang telah didapatkan harus dikalikan dengan *scale factor* yang besarnya:

$$SF = q \cdot I_e/R$$

Dimana:

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s)

I_e = Faktor Keutamaan Gempa berdasarkan kategori resiko gempa (1,0)

R = Koefisien modifikasi respon

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama

harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :
100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

Maka dari itu, untuk 100% dari beban gempa:

$$\text{Skala faktor 100\%} = 100\% \times g \times \frac{I}{R} = 1 \times 9,81 \times \frac{1}{8} = 1,226$$

Untuk 30% dari beban gempa :

$$\text{Skala faktor 30\%} = 30\% \times g \times \frac{I}{R} = 0,3 \times 9,81 \times \frac{1}{8} = 0,368$$

Nilai redam struktur baja (*damping ratio*) = 0,05.

5.4 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS 2015, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

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

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

5.4.1 Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikiannya agar partisipasi massa terkombinasi paling sedikit sebesar 90%

dari massa asli dari masing-masing arah. Karenanya digunakan bantuan program ETABS 2015 untuk mengeluarkan partisipasi massa seperti Tabel 5.4 berikut ini:

Tabel 5.5 Rasio Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		sec		
Modal	1	1,829	0,7281	0
Modal	2	1,639	0,7281	0,7234
Modal	3	1,438	0,7282	0,7235
Modal	4	0,587	0,8456	0,7235
Modal	5	0,525	0,8456	0,8489
Modal	6	0,461	0,8456	0,8489
Modal	7	0,323	0,8906	0,8489
Modal	8	0,288	0,8906	0,8935
Modal	9	0,253	0,8906	0,8935
Modal	10	0,214	0,9151	0,8935
Modal	11	0,194	0,9151	0,9177
Modal	12	0,173	0,9151	0,9177
Modal	13	0,154	0,9329	0,9177
Modal	14	0,141	0,9329	0,9351
Modal	15	0,13	0,9329	0,9351
Modal	16	0,116	0,9484	0,9351
Modal	17	0,108	0,9484	0,9502
Modal	18	0,102	0,9484	0,9502
Modal	19	0,091	0,9606	0,9502
Modal	20	0,086	0,9606	0,9619

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa untuk arah X sebesar 96,06% pada modal ke 20 dan partisipasi massa arah Y

sebesar 95,19% pada modal ke 19. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

5.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari $T_a = C_t \cdot h_n^x$.

Nilai T_a di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

Struktur gedung modifikasi memiliki tinggi 72,55 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan Sitem pengaku bresing eksentrik sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

- $C_t = 0,0488$
- $x = 0.75$
- $h_n = 72,55 \text{ m}$

maka :

Menghitung Periode Fundamental Perkiraan

$$\begin{aligned} - T_a &= 0.0731 \times 72,55^{0.75} \\ &= 1,817 \text{ s} \end{aligned}$$

Menghitung Batas Atas Periode Struktur

Nilai $C_u = 1,4$ didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012 atau Tabel 3.11, maka :

$$- C_u \times T_a = 1,4 \times 1,817 = 2,544 \text{ s}$$

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Keterangan :

T_c : Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Dari hasil analisa program bantu ETABS maka didapat

$T_c = 1,829$ s, $T_a = 1,817$ s dan $C_u \times T_a = 2,544$ s,

karena $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah **$T_c = 1,829$ s.**

Dan dari tabel 5.4 di atas didapat T tower sebesar **1,829 s.** Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T$. Jadi analisis struktur gedung masih memenuhi syarat 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.

$V = C_s \times W$ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1)

$$C_s \text{ perlu} = \frac{S_{DS}}{R/I_e} = \frac{0,6067}{8/1} = 0,0758$$

Nilai C_s tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_{s1} = \frac{S_{D1}}{T \times (R/I_e)} = \frac{0,5}{1,829 \times (8/1)} = 0,0342$$

$$C_{s2} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,5 \times 1 = 0,0267 \geq 0,01 \text{ (Ok)}$$

Kontrol :

1. $C_s \text{ perlu} \leq C_{s1} = 0,0758 \geq 0,0342 \rightarrow$ digunakan $C_s = 0,0342$
2. $C_s \text{ perlu} \geq C_{s2} = 0,0758 \geq 0,0267 \rightarrow$ digunakan $C_s = 0,0758$

Dari kedua hasil perhitungan diatas, apabila digunakan $C_s = 0,0758$ maka kontrol 1 tidak OK. Sehingga digunakan **$C_s = 0,0342$**

5.4.4 Kontrol Akhir Base Reaction

Pada analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung pada kombinasi 1D+1L adalah 55.390.960,5. Maka:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \times W \\
 &= 0,0342 \times 55.390.960,5 \text{ kg} \\
 &= 1.892.802,061 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Pada analisis ETABS didapatkan nilai gaya geser (*base shear*)

Tabel 5.6 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
RSX	643900,74	213049,44
RSY	193275,96	709776,96

Selanjutnya dilakukan kontrol untuk arah X dan Y:

1. Untuk gempa arah X

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 643.900,74 \text{ kg} &\geq 85\% \times 1.892.802,061 \text{ kg} \\
 643.900,74 \text{ kg} &< 1.608.881,75 \text{ kg} \text{ (Not Ok)}
 \end{aligned}$$

2. Untuk gempa arah Y

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 709.776,96 \text{ kg} &\geq 85\% \times 1.892.802,061 \text{ kg} \\
 709.776,96 \text{ kg} &< 1.608.881,75 \text{ kg} \text{ (Not Ok)}
 \end{aligned}$$

Dari hasil kontrol gempa arah X dan Y masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Menurut Pasal 11.1.4 SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.2 dijelaskan jika gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala arah X dan Y sebagai berikut:

1. Arah X

$$\text{Faktor} = \frac{85\% \times V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamikaX}}} = \frac{1.608.881,75}{643.900,74} = 2,50$$

$$U1 = \left(g \times \frac{1}{R} \right) \times 2,50 = \left(9,81 \times \frac{1}{8} \right) \times 2,50 = 3,0640$$

$$U2 = 30\% \times \left(9,81 \times \frac{1}{8} \right) \times 2,50 = 0,9192$$

2. Arah Y

$$\text{Faktor} = \frac{85\% \times V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamikaX}}} = \frac{1.608.881,75}{709.776,96} = 2,27$$

$$U1 = 30\% \times \left(9,81 \times \frac{1}{8}\right) \times 2,27 = 0,8339$$

$$U2 = \left(g \times \frac{1}{R}\right) \times 2,27 = \left(9,81 \times \frac{1}{8}\right) \times 2,27 = 2,7796$$

Setelah mendapatkan faktor skala, maka dimasukkan kembali faktor U1 dan U2 arah X dan Y, lalu di running ulang maka didapatkan gaya seperti pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Dikali Faktor Skala

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
RSX	1609226,32	532160,3
RSY	437969,36	1609209,55

Dilakukan kontrol ulang terhadap gempa arah X dan Y sebagai berikut:

1. Untuk gempa arah X

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1.609.226,32 \text{ kg} \geq 85\% \times 1.892.802,061 \text{ kg}$$

$$1.609.226,32 \text{ kg} > 1.608.881,75 \text{ kg (Ok)}$$

2. Untuk gempa arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1.609.209,55 \text{ kg} \geq 85\% \times 1.892.802,061 \text{ kg}$$

$$1.609.209,55 \text{ kg} > 1.608.881,75 \text{ kg (Ok)}$$

Dari hasil kontrol diatas didapatkan bahwa analisis struktur memenuhi syarat SNI 1726-2012 pasal 7.8.

5.4.5 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.6 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana,

δ_{xe} = Defleksi pada lantai ke x yang ditentukan dengan analisis elastis

C_d = Faktor pembesaran defleksi (5,5)

I_e = Faktor keutamaan gedung (1,0)

Δ_a = 0,020h_{sx}

ρ = Faktor redudansi (1,0)

Tabel 5.8 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -X

Lantai	h _i	δ_{xe}	δ_x	Δ	Δ_a	Δ_a/ρ	$\frac{\Delta}{\Delta_a/\rho} \leq$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lantai Atap	3150	98,93	247,33	3,47	63	63	OK
Lantai 19	3600	97,54	243,86	5,11	72	72	OK
Lantai 18	3600	95,50	238,75	6,61	72	72	OK
Lantai 17	3600	92,86	232,14	7,91	72	72	OK
Lantai 16	3600	89,69	224,23	12,05	72	72	OK
Lantai 15	3600	84,87	212,18	7,64	72	72	OK
Lantai 14	3600	81,81	204,53	11,64	72	72	OK
Lantai 13	3600	77,16	192,90	12,71	72	72	OK
Lantai 12	3600	72,08	180,19	13,67	72	72	OK
Lantai 11	3600	66,61	166,52	14,54	72	72	OK
Lantai 10	3600	60,79	151,98	15,34	72	72	OK
Lantai 9	3600	54,66	136,64	16,09	72	72	OK
Lantai 8	3600	48,22	120,55	16,71	72	72	OK

Lantai 7	3600	41,54	103,84	17,15	72	72	OK
Lantai 6	3600	34,68	86,69	17,31	72	72	OK
Lantai 5	3600	27,75	69,38	17,16	72	72	OK
Lantai 4	5000	20,89	52,22	23,39	100	100	OK
Lantai 3	4000	11,53	28,83	15,86	80	80	OK
Lantai 2	3200	5,19	12,97	9,08	64	64	OK
Lantai 1	3200	1,56	3,90	3,90	64	64	OK

Tabel 5.9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -Y

Lantai	hi	δx_e	δx	Δ	Δa	$\Delta a/\rho$	$\frac{\Delta \leq \Delta a/\rho}{\Delta a/\rho}$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lantai Atap	3150	81,05	202,63	4,04	63	63	OK
Lantai 19	3600	79,44	198,59	5,36	72	72	OK
Lantai 18	3600	77,29	193,23	6,08	72	72	OK
Lantai 17	3600	74,86	187,15	6,97	72	72	OK
Lantai 16	3600	72,07	180,18	8,16	72	72	OK
Lantai 15	3600	68,81	172,02	8,58	72	72	OK
Lantai 14	3600	65,38	163,44	9,68	72	72	OK
Lantai 13	3600	61,50	153,76	10,46	72	72	OK
Lantai 12	3600	57,32	143,30	11,17	72	72	OK
Lantai 11	3600	52,85	132,13	11,80	72	72	OK
Lantai 10	3600	48,13	120,34	12,34	72	72	OK
Lantai 9	3600	43,20	107,99	12,81	72	72	OK
Lantai 8	3600	38,07	95,19	13,18	72	72	OK
Lantai 7	3600	32,80	82,01	13,45	72	72	OK
Lantai 6	3600	27,42	68,56	13,58	72	72	OK
Lantai 5	3600	21,99	54,98	13,53	72	72	OK
Lantai 4	5000	16,58	41,45	18,44	100	100	OK

Lantai 3	4000	9,20	23,01	12,52	80	80	OK
Lantai 2	3200	4,20	10,49	7,28	64	64	OK
Lantai 1	3200	1,29	3,21	3,21	64	64	OK

Maka, dari hasil kontrol pada Tabel 5.8 sampai tabel 5.9 simpangan arah X dan Y didapatkan hasil analisis memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

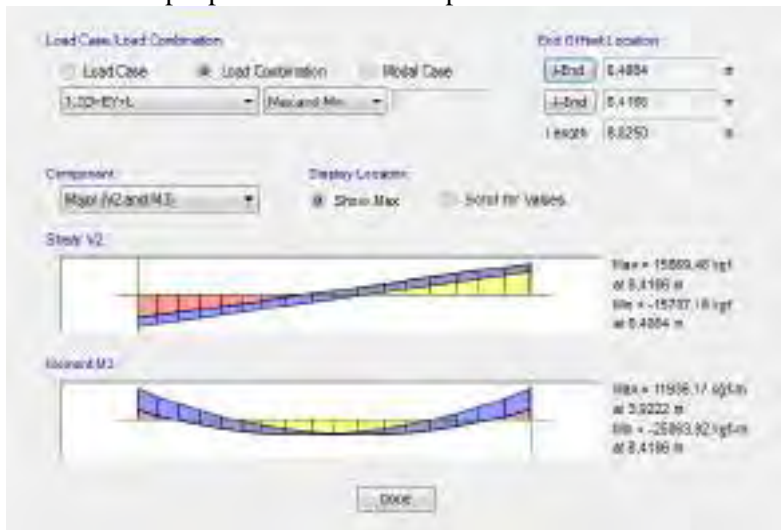
6.1 Analisa Struktur Primer

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS 2015, maka tahap selanjutnya adalah dengan melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan berlaku yaitu SNI 1729-2002.

6.2 Perencanaan Struktur Balok

6.2.1. Balok Induk Lantai P1-P3 bentang 8,825 m

Berikut ini merupakan contoh perhitungan balok induk (BI 1) pada lantai P1-P3. Dari hasil ETABS 2015 dari kombinasi terbesar terdapat pada lantai P1-P3 diperoleh:



Gambar 6.1 Hasil Gaya Dalam ETABS 2015 Balok Utama Lantai P1-P3

$$M_u = 25063,92 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 15869,46 \text{ kg}$$

$$F^0 = 0,122 \text{ m}$$

Balok induk dengan bentang 8,825 m ini direncanakan menggunakan profil WF 400 x 300 x 10 x 16, dengan F_y 250 MPa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

w	= 107	kg/m	r	= 22,00	mm
d	= 390	mm	Z_x	= 2116	cm ³
b_f	= 300	mm	Z_y	= 729	cm ³
t_w	= 10	mm	S_x	= 1980	cm ³
t_f	= 16	mm	S_y	= 483	cm ³
I_x	= 38700	cm ⁴	i_x	= 16,90	cm
I_y	= 7210	cm ⁴	i_y	= 7,28	cm
E	= 200000	Mpa	h	= 314	mm

1. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol Penampang terhadap tekuk lokal Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2 \times t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 16} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$9,38 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat Badan

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

$$\frac{314}{10} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$31,4 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \cdot f_y = 2116 \times 2500 \\ &= 5290000 \text{ kg.cm} = 52900 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 5290000 \\ &= 4761000 \text{ kg.cm} = 47610 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah jarak pengaku lateral
 $L_b = 147,08 \text{ cm}$.

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 7,28 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{250}} = 362,4 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 147,08 \text{ cm} \leq 362,4 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek } M_n = M_p$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2116$
 $= 5290000 \text{ kgcm} = 52900 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 52900$$

$$= 47610 \text{ kgm} > 25063,92 \text{ kgm}$$

(OK)

2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{314}{10} = 31,4 \leq 260 \rightarrow k_v = 5$$

$$\lambda_p = 1,1 \sqrt{k \times \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 1,1 \sqrt{k \times \frac{E}{f_y}} \rightarrow 31,4 \leq 69,57$$

maka $c_v = 1$ jadi

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 2500 \times (39 \times 1,6) \times 1 = 93600 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 93600$$

$$= 84240 \text{ kg} > 15869,46 \text{ kg}$$

(OK)

3. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{882,5}{360} = 2,45 \text{ cm}$$

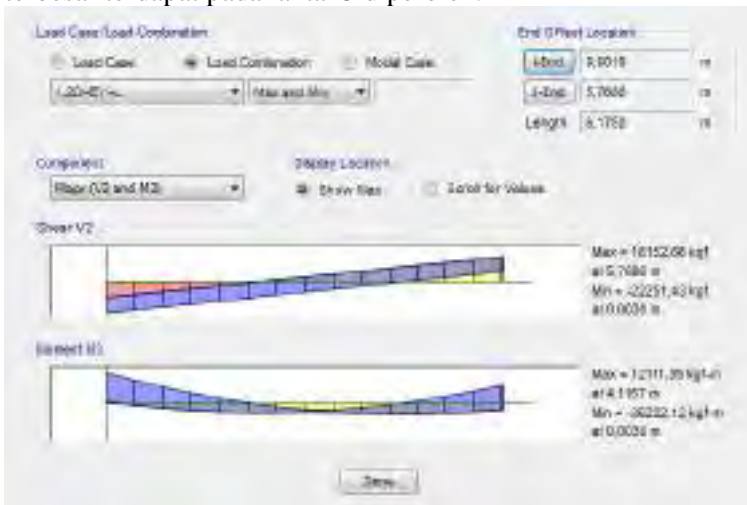
$$f_{terjadi} = 0,122 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 0,122 \text{ cm} \leq 2,45 \text{ cm} \quad \text{(OK)}$$

Jadi Profil Balok $400 \times 300 \times 10 \times 16$ dapat digunakan sebagai balok induk (BI 1) Lantai P1-P3

6.2.2. Balok Induk Lantai 4-19 Bentang 6,175 m

Berikut ini merupakan contoh perhitungan balok induk (BI 2) pada lantai 4-19. Dari hasil ETABS 2015 dari kombinasi terbesar terdapat pada lantai 5 diperoleh:



Gambar 6.2 Hasil Gaya Dalam ETABS 2015 Balok Utama 4-19 (BI2)

$$M_u = 36222,12 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 22252,43 \text{ kg}$$

$$F^0 = 0,03 \text{ m}$$

Balok induk dengan bentang 6,175 m ini direncanakan menggunakan profil WF 450 x 300 x 10 x 15, dengan F_y 250 MPa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

w	= 106	kg/m	r	= 24,00	mm
d	= 440	mm	Z_x	= 2287	cm ³
b_f	= 300	mm	Z_y	= 681	cm ³
t_w	= 10	mm	S_x	= 2160	cm ³
t_f	= 15	mm	S_y	= 488	cm ³
I_x	= 46800	cm ⁴	i_x	= 18,60	cm
I_y	= 6690	cm ⁴	i_y	= 7,04	cm
E	= 200000	MPa	h	= 362	mm

1. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol Penampang terhadap tekuk lokal Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2 \times t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 15} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$10,00 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat Badan

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

$$\frac{362}{10} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$36,2 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \cdot f_y = 2287 \times 2500 \\ &= 5717500 \text{ kg.cm} = 5717,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 5717500 \\ &= 5145750 \text{ kg.cm} = 5145,75 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah jarak pengaku lateral
 $L_b = 102,92 \text{ cm}$.

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 7,04 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{250}} = 350,45 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 200 \text{ cm} \leq 350,45 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek } M_n = M_p$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2287$
 $= 5717500 \text{ kgcm} = 57175 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 57175$$

$$= 51457,5 \text{ kgm} > 36222,12 \text{ kgm}$$

(OK)

2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{362}{10} = 36,2 \leq 260 \rightarrow k_v = 5$$

$$\lambda_p = 1,1 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 1,1 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} \rightarrow 36,2 \leq 69,57$$

maka $c_v = 1$ jadi

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 2500 \times (44 \times 1,5) \times 1 = 99000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 99000$$

$$= 89100 \text{ kg} > 22252,43 \text{ kg}$$

(OK)

3. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{617,5}{360} = 1,715 \text{ cm}$$

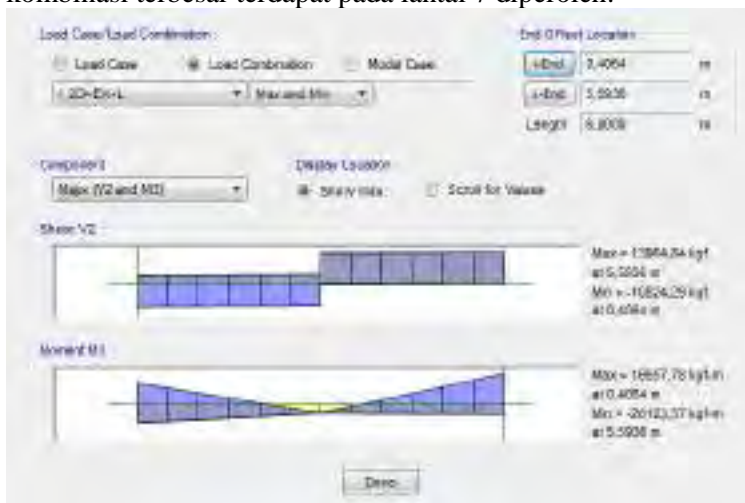
$$f_{terjadi} = 0,122 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 0,03 \text{ cm} \leq 1,715 \text{ cm} \quad \text{(OK)}$$

Jadi Profil Beam 450 × 300 × 10 × 15 dapat digunakan sebagai balok induk (BI 2) lantai Taman

6.2.3. Balok Induk Lantai 4-19 Bentang 6 m

Berikut ini merupakan contoh perhitungan balok induk (BI 3) pada lantai Lantai P1-P3. Dari hasil ETABS 2015 dari kombinasi terbesar terdapat pada lantai 7 diperoleh:



Gambar 6.3 Hasil Gaya Dalam ETABS 2015 Balok Utama 4-19 (BI3)

$$M_u = 28123,37 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 13964,84 \text{ kg}$$

$$F^0 = 0,02 \text{ m}$$

Balok induk dengan bentang 6 m ini direncanakan menggunakan profil WF 450 x 200 x 9 x 14, dengan F_y 250 MPa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

w	= 124	kg/m	r	= 18,00	mm
d	= 450	mm	Z_x	= 1621	cm ³
b_f	= 200	mm	Z_y	= 289	cm ³
t_w	= 9	mm	S_x	= 1490	cm ³
t_f	= 14	mm	S_y	= 187	cm ³
I_x	= 33500	cm ⁴	i_x	= 18,60	cm
I_y	= 1870	cm ⁴	i_y	= 4,48	cm
E	= 200000	MPa	h	= 386	mm

1. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol Penampang terhadap tekuk lokal Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2 \times t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,14 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat Badan

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

$$\frac{386}{10} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$42,89 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \cdot f_y = 1621 \times 2500 \\ &= 4052500 \text{ kg.cm} = 40525 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 4052500 \\ &= 3647250 \text{ kg.cm} = 36472,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah panjang pengaku lateral
 $L_b = 100 \text{ cm}$
 $L_p = 223,02 \text{ cm}$
 $L_r = 648,32 \text{ cm}$
 $L_b \leq L_p \rightarrow$ Bentang Pendek
- Karena bentang pendek maka, $M_n = M_p$
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1621$
 $= 4052500 \text{ kg.cm} = 40525 \text{ kg.m}$
- Cek kemampuan penampang
 $\emptyset M_n \geq M_u$
 $\emptyset M_n = 0.9 \times 40525$
 $= 36472,5 \text{ kgm} > 28123,37 \text{ kgm (OK)}$

2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,89 \leq 260 \rightarrow kv = 5$$

$$\lambda_p = 1,1 \sqrt{k \times_v \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 1,1 \sqrt{k \times_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42,89 \leq 69,57$$

maka $c_v = 1$ jadi

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 2500 \times (45 \times 1,4) \times 1 = 94500 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 94500$$

$$= 85050 \text{ kg} > 13964,84 \text{ kg} \quad \text{(OK)}$$

3. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,67 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} = 0,122 \text{ cm}$$

$$f_{\text{terjadi}} \leq f_{\text{ijin}} = 0,02 \text{ cm} \leq 1,67 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi Profil Beam $450 \times 200 \times 9 \times 14$ dapat digunakan sebagai balok induk (BI 3) lantai Hunian

6.3 Perencanaan Struktur Kolom

6.3.1. Kolom P1-P3

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai P1. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS $800 \times 800 \times 25 \times 25$ dan panjang kolom 320 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d &= 800 \text{ mm} & I_x &= 776615 \text{ cm}^4 \\ b_f &= 800 \text{ mm} & I_y &= 776615 \text{ cm}^4 \\ t_w &= 25 \text{ mm} & i_x &= 31.66 \text{ cm} \\ t_f &= 25 \text{ mm} & i_y &= 31.66 \text{ cm} \\ A &= 775 \text{ cm}^2 & S_x &= 19415 \text{ cm}^3 \\ Z_x &= 22531 \text{ cm}^3 & f_y &= 250 \text{ MPa} \\ h &= 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis ETABS 2015 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut:

$$P_u = 1018918,89 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 68808,5 \text{ kg.m}$$

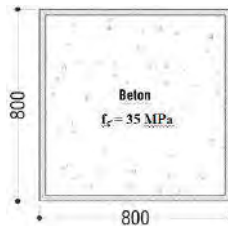
$$M_{uy} = 18741,4 \text{ kg.m}$$

Bahan :

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 35 \text{ MPa} = 3500 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 6.4 Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS $800 \times 800 \times 25 \times 25$

1. Kuat nominal tekan kolom komposit
- a. Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{775}{5625 + 775} = 12,11\% \geq 4\% \quad (\text{OK})$$

- b. Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3 \times E}}$$

$$t_{min} = 800 \times \sqrt{\frac{240}{3 \times 2 \times 10^5}} = 16 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

- c. Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 16 \leq 63,92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

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

$$P_p = 2500 \times 775 + 0,85 \times 400 \times (5625 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 3610937,5 \text{ kg}$$

2. Momen nominal kolom

- a. Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31,68$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 16 \leq 31,68 \rightarrow$ penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 22531 = 56327500 \text{ kg.cm} \\ &= 563275 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\emptyset \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot M_n &= 0,9 \times 563275 \\ &= 506947,5 \text{ kg.m} \geq 68808,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom- d_{balok}

$$L_b = 320 - 40 = 280 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 31,66 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{250}} = 1576,04 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow 280 \text{ cm} \leq 1576,04 \text{ cm} \rightarrow$ bentang pendek

c. Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 22531 = 56327500 \text{ kg.cm} \\ &= 563275 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

d. Cek kemampuan penampang

$$\emptyset \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot M_n &= 0,9 \times 563275 \\ &= 506947,5 \text{ kg.m} \geq 68808,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

3. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

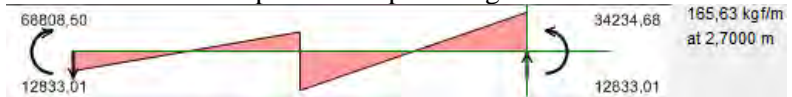
$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e-story}}}$$

a. Arah sumbu X :

Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari ETABS 2015 diperoleh output sebagai berikut:



Gambar 6.5 Gambar gaya dalam gravitasi arah X pada kolom 17004

$$M_1 = 34234,68 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 68808,5 \text{ kg.m}$$

$$M_{nt} = 165,63 \text{ kg.m}$$

$$M_{lt} = 68676,58 \text{ kg.m}$$

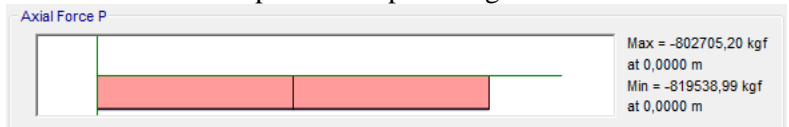
$$C_m = 0,401$$

$$P_{e1} = 149704742,62 \text{ kg}$$

$$B_1 = 0,4 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0$$

Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari ETABS 2015 diperoleh output sebagai berikut:



Gambar 6.6 Gambar gaya dalam axial pada kolom 17004

$$\begin{aligned}
 P_{story} &= 819538,99 \text{ kg} \\
 P_{mf} &= 802705,2 \text{ kg} \\
 R_m &= 1 - 0,15(P_{mf}/P_{story}) \\
 &= 1 - 0,15(802705,2 / 819538,99) \\
 &= 0,85 \\
 \Delta H &= 3,9 \text{ mm (simpangan lantai 1 arah X)} \\
 H &= 12833,01 \text{ (geser tingkat dari gaya lateral)} \\
 L &= 3200 \text{ mm} \\
 P_{e\ story} &= R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0,85 \times \frac{12833,01 \times 3200}{3,9} \\
 &= 8994176 \text{ kg} \\
 B_2 &= 1,1 > 1.0 \text{ maka digunakan } 1,1
 \end{aligned}$$

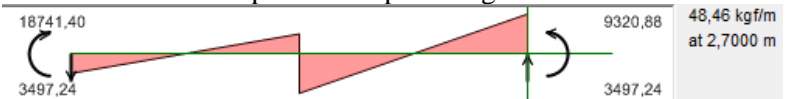
Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned}
 M_{rx} &= B1 \times M_{nt} + B2 \times M_{lt} \\
 &= 1 \times 165,63 + 1,1 \times 68767,58 \\
 &= 75727,3 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

b. Arah sumbu Y :

Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari ETABS 2015 diperoleh output sebagai berikut:

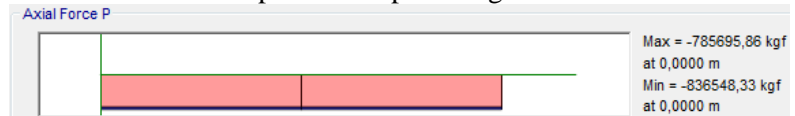


Gambar 6.7 Gambar gaya dalam gravitasi arah X pada kolom 17004

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 9320,88 \text{ kg.m} \\
 M_2 &= 18741,4 \text{ kg.m} \\
 M_{nt} &= 48,46 \text{ kg.m} \\
 M_{lt} &= 18609,49 \text{ kg.m} \\
 C_m &= 0,4 \\
 P_{e1} &= 149704742,6 \text{ kg} \\
 B_1 &= 0,4 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0
 \end{aligned}$$

Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari ETABS 2015 diperoleh output sebagai berikut:



Gambar 6.8 Gambar gaya dalam aksial pada kolom 17004

$$P_{story} = 836548,33 \text{ kg}$$

$$P_{mf} = 785695,86 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} R_m &= 1 - 0,15 (P_{mf}/P_{story}) \\ &= 1 - 0,15 (785695,86 / 836548,33) \\ &= 0,86 \end{aligned}$$

$$\Delta H = 3,21 \text{ mm (simpangan lantai 1 arah Y)}$$

$$H = 3497,24 \text{ (geser tingkat dari gaya lateral)}$$

$$L = 3200 \text{ mm}$$

$$P_{e\ story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0,86 \times \frac{3497,24 \times 3200}{3,21}$$

$$= 2992852 \text{ kg}$$

$$B_2 = 1,388 > 1.0 \text{ maka digunakan } 1,386$$

Momen terfaktor pada sumbu Y

$$\begin{aligned} M_{ry} &= B1 \times M_{nt} + B2 \times M_{lt} \\ &= 1 \times 48,46 + 1,388 \times 18609,49 \\ &= 25877,59 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

c. Kuat aksial orde kedua

$$P_{nt} = 1018903,18 \text{ kg}$$

$$P_{lt} = 25426,23 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 1018903,18 + 1,388 \times 25426,23 \\ &= 1054193,638 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi \times P_n} = \frac{1054193,638}{0,9 \times 3610937,5} = 0,32 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

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

$$\frac{1054194}{3249844} + \frac{8}{9} \times \left(\frac{75727,3}{506947,5} + \frac{25877,59}{506947,5} \right) = 0,5 \leq 1$$

Maka, profil HSS 800 x 800 x 25 x 25 dapat digunakan sebagai profil kolom lantai P1-P2.

6.4 Perencanaan Bresing

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi aksial dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *Link* sebesar 1,25 Ry Vn.

6.4.1. Bresing arah X

Bresing arah X direncanakan menggunakan profil WF 300 x 300 x 12 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 294 mm	i _x	= 12,5 cm
b _f	= 300 mm	i _y	= 7,16 cm
t _f	= 12 mm	Z _x	= 1241 cm ³
t _w	= 12 mm	Z _y	= 557 cm ³
A	= 107,7 cm ²	S _x	= 1150 cm ³
w	= 84,5 kg/m	S _y	= 365 cm ³
I _x	= 16900 cm ⁴	r	= 18 cm
I _y	= 5520 cm ⁴	h	= 234 mm
F _y	= 250 Mpa (BJ-41)	Ag	= 107,7 cm ²

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot (0,6 \cdot 2500 \cdot (30 - 2 \cdot 1,2) \cdot 1,2) \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 48600 = 91125 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_u \text{ Tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{139837,5}{\sin 59^\circ} = 163170,95$$

$$P_u \text{ Tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{139837,5}{\sin 59^\circ} = 163170,95$$

$$P_u \text{ tekan} = 163170,95 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ Tarik} = 163170,95 \text{ kg}$$

1) Kontrol kuat momen lentur

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 12} = 12,5$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{250}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{8} = 19,5$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{250}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$$

2) Kontrol kekuatan bresing

- Panjang bresing:

$$L = \sqrt{250^2 + 400^2} = 559,02 \text{ cm}$$

$$\text{Arah } X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{559,02}{12,5} = 44,72$$

$$\text{Arah } Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{559,02}{7,16} = 78,075$$

$$\lambda_y \rightarrow \lambda = 78,075$$

- Tegangan kritis F_{cr} ditentukan sebagai berikut :

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{78,075^2} = 3234,93 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{L_{ky}}{i_y} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$78,075 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$78,075 \leq 133,22$$

Maka,

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[0,685 \frac{f_y}{f_e} \right] \times f_y \\ &= \left[0,685 \frac{2500}{3234,93} \right] \times 2500 \\ &= 1866,21 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Bressing tarik

$$P_{\max} = R_y \cdot F_y \cdot A_g$$

$$= 1,5 \times 2500 \times 107,7 = 403875 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,9 \times 403875 \text{ kg} = 363487,5 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u \rightarrow 363488 \text{ kg} > 163170,95 \text{ kg}$$

(OK)

- Bresing tekan

$$P_{\max} = 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr}$$

$$= 1,1 \times 1,5 \times 107,7 \times 1866,206 = 331634 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \times 331634 \text{ kg} = 281888,9 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u \rightarrow 281888,9 \text{ kg} > 163170,95 \text{ kg} \quad \text{(OK)}$$

6.4.2. Bresing arah Y

Bresing arah Y direncanakan menggunakan profil WF 300 x 300 x 12 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 294 mm	i_x	= 12,5 cm
b_f	= 300 mm	i_y	= 7,16 cm
t_f	= 12 mm	Z_x	= 1241 cm ³
t_w	= 12 mm	Z_y	= 557 cm ³
A	= 107,7 cm ²	S_x	= 1150 cm ³
w	= 84,5 kg/m	S_y	= 365 cm ³
I_x	= 16900 cm ⁴	r	= 18 cm
I_y	= 5520 cm ⁴	h	= 234 mm
F_y	= 250 Mpa (BJ-41)	A_g	= 107,7 cm ²

$$V_u = 1,25 \cdot R_y \cdot V_n$$

$$= 1,25 \cdot 1,5 \cdot (0,6 \cdot 2500 \cdot (30 - 2 \cdot 1,2) \cdot 1,2)$$

$$= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 48600 = 91125 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ Tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{139837,5}{\sin 48,65^\circ} = 186201,73$$

$$P_u \text{ Tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{139837,5}{\sin 48,65^\circ} = 186201,73$$

$$P_u \text{ tekan} = 186201,73 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ Tarik} = 186201,73 \text{ kg}$$

1. Kontrol kuat momen lentur
 - Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 12} = 12,5$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{250}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

- Kontrol pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{8} = 19,5$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{250}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

2. Kontrol kekuatan bresing

- Panjang bresing:

$$L = \sqrt{391,25^2 + 500^2} = 634,883 \text{ cm}$$

$$\text{Arah X} \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{634,883}{12,5} = 50,79$$

$$\text{Arah Y} \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{634,883}{7,16} = 88,67$$

$$\lambda_y \rightarrow \lambda = 88,67$$

- Tegangan kritis F_{cr} ditentukan sebagai berikut :

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{88,67^2} = 2508,001 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{L_{ky}}{i_y} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$88,67 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$88,67 \leq 133,22$$

Maka,

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[0,685 \frac{f_y}{f_e} \right] \times f_y \\ &= \left[0,685 \frac{2500}{2508,001} \right] \times 2500 \\ &= 1714,57 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Bressing tarik

$$\begin{aligned} P_{\max} &= R_y \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 1,5 \times 2500 \times 107,7 = 403875 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &= 0,9 \times 403875 \text{ kg} = 363487,5 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 363487,5 \text{ kg} > 186201,73 \text{ kg} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

- Bressing tekan

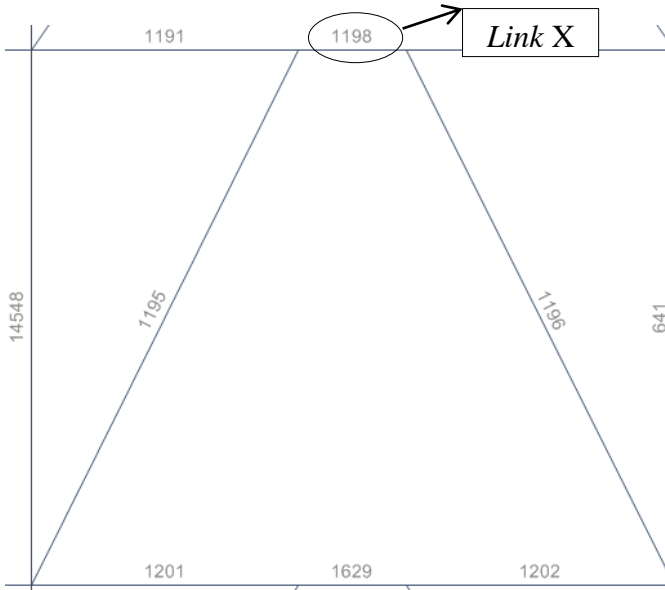
$$\begin{aligned} P_{\max} &= 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 107,7 \times 1714,57 = 304687,4 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &= 0,85 \times 304687,4 \text{ kg} = 258984,26 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 258984,3 \text{ kg} > 186201,73 \text{ kg} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

6.5 Balok Link EBF

Balok *Link* yang digunakan merupakan Balok IWF yang dipisah dari balok utama dalam sistem *Eccentrically Bracing Frames*.

6.5.1. Balok Link Arah X

Pada perhitungan *Link* arah x dipilih *Link* pada lantai 4 pada elemen 1198

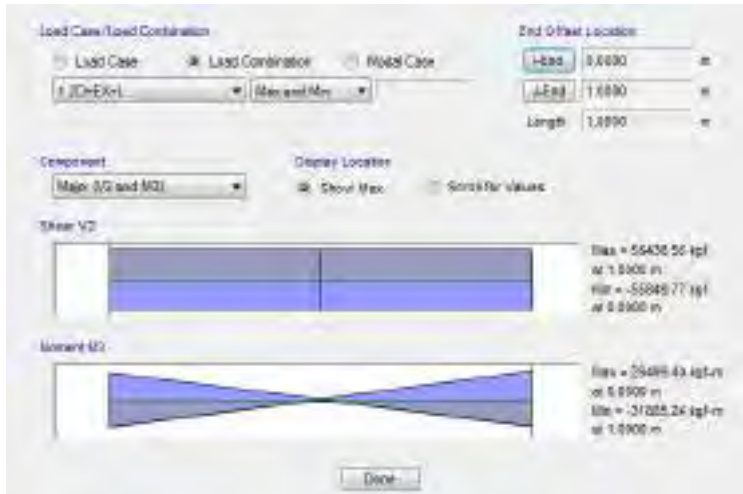


Gambar 6.9 Element *Link* Arah X

Pada *Link* arah X direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data- data sebagai berikut:

d	= 488 mm	i_x	= 20,8 cm
b_f	= 300 mm	i_y	= 7,04 cm
t_f	= 18 mm	Z_x	= 3100 cm ³
t_w	= 11 mm	Z_y	= 824 cm ³
A	= 162,5 cm ²	S_x	= 2910 cm ³
w	= 128 kg/m	S_y	= 541 cm ³
I_x	= 71000 cm ⁴	r	= 26 cm
I_y	= 8110 cm ⁴	h	= $d - 2(tf+r)$
F_y	= 250 Mpa (BJ-41)		= 400 mm

Hasil dari output ETABS 2015 untuk *Link* arah x diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 6.10 Hasil Gaya Dalam *Link* Arah X

$$\begin{aligned}
 V_u &= 58425,56 \text{ kg} \\
 M_u &= 31885,24 \text{ kg} \\
 \Delta_e &= 0,12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1. Kontrol kuat momen lentur

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f^*}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{250}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Kontrol pelat badan

$$\begin{aligned}
 N_y &= A_g \times f_y \\
 &= 162,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 406250 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi \times N_y} = \frac{0}{0,9 \times 406250} = 0 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{18} = 36,364$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \times \left(1 - 1,54 \times \frac{Nu}{\phi \times Ny} \right)$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} \times (1 - 1,54 \times 0) = 86,33$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka:

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 162,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 406250 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Kontrol kuat geser

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (48,8 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$M_{px} = f_y \times Z_x = 2500 \times 3100 = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$1,5 \cdot S_x \cdot f_y = 1,5 \cdot 2910 \cdot 2500 = 10912500 \text{ kg.cm}$$

$$M_{px} \text{ menentukan} = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 7750000 / 100 = 155000 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n = 0,9 \cdot 74580 = 67122 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n > V_u = 67122 \text{ kg} > 58425,56 \text{ kg} \quad \text{(OK)}$$

3. Kontrol sudut rotasi *Link*

Sudut rotasi *Link*

$$1,6 \cdot M_p / V_p = 1,6 \cdot 7750000 / 74580 = 166,26 \text{ cm}$$

$$2,6 \cdot M_p / V_p = 2,6 \cdot 7750000 / 74580 = 270,18 \text{ cm}$$

$$e = 100 \text{ cm} < 1,6 \cdot M_p / V_p$$

Karena $e < 1,6 \cdot M_p / V_p$, berdasarkan SNI 03-1729-2002

Pasal 15.13.2.7 $\alpha_{maks} = 0,08 \text{ radian}$

$$\Delta = C_d \cdot \Delta_e = 4 \cdot 0,12 \text{ mm} = 0,48 \text{ mm}$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \phi = \left(\frac{600}{100} \right) \times \left(\frac{0,048}{400} \right) = 0,00072 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{maks} \quad \text{(OK)}$$

6.5.2. Pengaku *Link* Arah X

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.3.1, Dititik pertemuan dengan batang bresing pada *Link*, harus dipasang pengaku setinggi badan *Link* dan berada di kedua sisi pelat badan *Link*. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari $(b_f - 2t_f)$ dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara $0,75t_w$ atau 10 mm, b_f dan t_w merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan *Link*.

Untuk pengaku dengan panjang *Link* $< 1,6 \cdot M_p / V_p$, harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak memiliki harga- harga berikut:

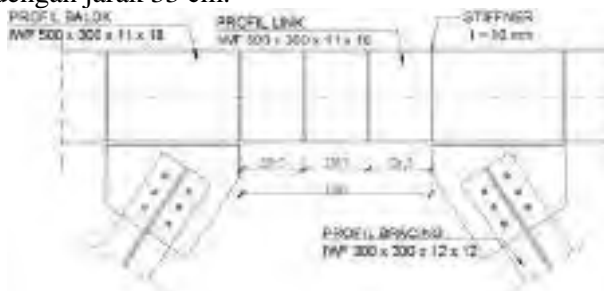
Untuk $\alpha = 0,08$ radian

$$S = 30 \cdot t_w - d/5 = 30 \cdot 1,1 - 48,8/5 = 23,24 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,02$ radian

$$S = 52 \cdot t_w - d/5 = 52 \cdot 1,4 - 48,8/5 = 47,44 \text{ cm}$$

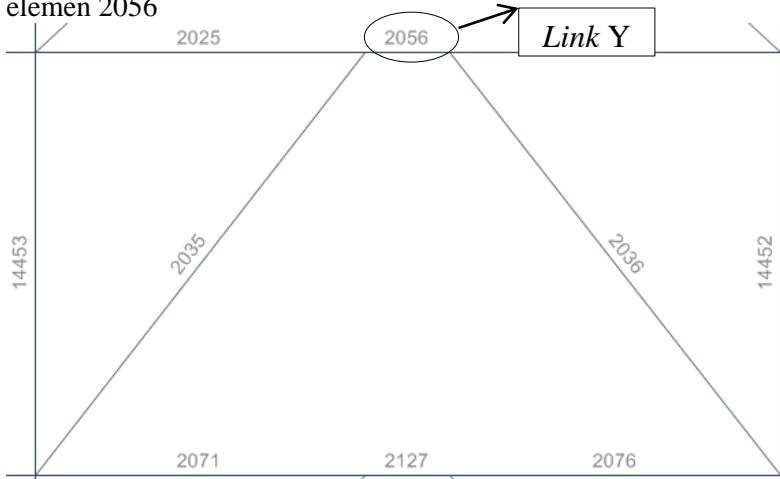
Untuk $\alpha = 0,00072$ radian, maka Dipasang pengaku antara dengan jarak 33 cm.



Gambar 6.11 Jarak antar pengaku *Link* Arah X

6.5.3. Balok *Link* Arah Y

Pada perhitungan *Link* arah Y dipilih *Link* pada lantai 4 pada elemen 2056



Gambar 6.12 Element *Link* Arah Y

Pada *Link* arah Y direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data- data sebagai berikut:

d	$= 488 \text{ mm}$	i_x	$= 20,8 \text{ cm}$
b_f	$= 300 \text{ mm}$	i_y	$= 7,04 \text{ cm}$
t_f	$= 18 \text{ mm}$	Z_x	$= 3100 \text{ cm}^3$
t_w	$= 11 \text{ mm}$	Z_y	$= 824 \text{ cm}^3$
A	$= 162,5 \text{ cm}^2$	S_x	$= 2910 \text{ cm}^3$
w	$= 128 \text{ kg/m}$	S_y	$= 541 \text{ cm}^3$
I_x	$= 71000 \text{ cm}^4$	r	$= 26 \text{ cm}$
I_y	$= 8110 \text{ cm}^4$	h	$= d - 2(t_f + r)$
F_y	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 400 \text{ mm}$

Hasil dari output ETABS 2015 untuk *Link* arah x diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 6.13 Hasil Gaya Dalam *Link* Arah *Y*

$$V_u = 58170,75 \text{ kg}$$

$$M_u = 32073,26 \text{ kg}$$

$$\Delta_e = 0,01 \text{ mm}$$

1. Kontrol kuat momen lentur

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f^*}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{250}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Kontrol pelat badan

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 162,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 406250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi \times N_y} = \frac{0}{0,9 \times 406250} = 0 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{18} = 36,364$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \times \left(1 - 1,54 \times \frac{N_u}{\phi \times N_y} \right)$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} \times (1 - 1,54 \times 0) = 86,33$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka:

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 162,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 406250 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Kontrol kuat geser

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (48,8 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$M_{px} = f_y \times Z_x = 2500 \times 3100 = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$1,5 \cdot S_x \cdot f_y = 1,5 \cdot 2910 \cdot 2500 = 10912500 \text{ kg.cm}$$

$$M_{px} \text{ menentukan} = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 7750000 / 100 = 155000 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n = 0,9 \cdot 74580 = 67122 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n > V_u = 67122 \text{ kg} > 58170,75 \text{ kg} \quad \text{(OK)}$$

3. Kontrol sudut rotasi *Link*

Sudut rotasi *Link*

$$1,6 \cdot M_p / V_p = 1,6 \cdot 7750000 / 74580 = 166,26 \text{ cm}$$

$$2,6 \cdot M_p / V_p = 2,6 \cdot 7750000 / 74580 = 270,18 \text{ cm}$$

$$e = 100 \text{ cm} < 1,6 \cdot M_p / V_p$$

Karena $e < 1,6 \cdot M_p / V_p$, berdasarkan SNI 03-1729-2002

Pasal 15.13.2.7 $\alpha_{maks} = 0,08 \text{ radian}$

$$\Delta = C_d \cdot \Delta e = 4 \cdot 0,01 \text{ mm} = 0,04 \text{ mm}$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \phi = \left(\frac{600}{100} \right) \times \left(\frac{0,004}{400} \right) = 0,0001 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{maks}$$

(OK)

6.5.4. Pengaku *Link* Arah Y

Berdasarkan SNI03-1729-2002 Pasal 15.13.3.1, Dtitik pertemuan dengan batang bresing pada *Link*, harus dipasang pengaku setinggi badan *Link* dan berada di kedua sisi pelat badan *Link*. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari $(b_f - 2t_f)$ dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara $0,75t_w$ atau 10 mm, b_f dan t_w merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan *Link*.

Untuk pengaku dengan panjang *Link* $< 1,6 \cdot M_p / V_p$, harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak memiliki harga- harga berikut:

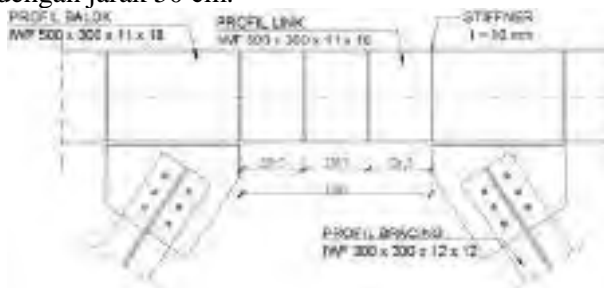
Untuk $\alpha = 0,08$ radian

$$S = 30 \cdot t_w - d/5 = 30 \cdot 1,1 - 48,8/5 = 23,24 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,02$ radian

$$S = 52 \cdot t_w - d/5 = 52 \cdot 1,4 - 48,8/5 = 47,44 \text{ cm}$$

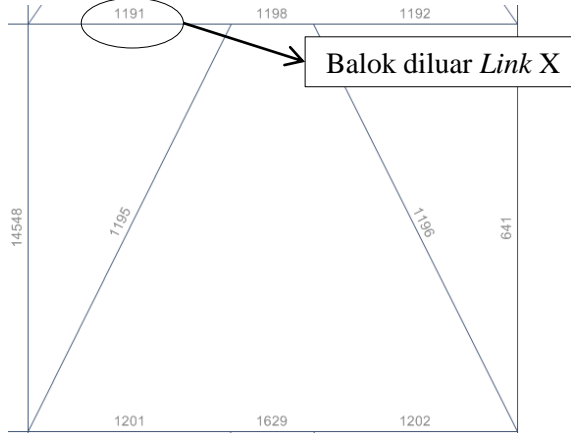
Untuk $\alpha = 0,00001$ radian, maka Dipasang pengaku antara dengan jarak 50 cm.



Gambar 6.14 Jarak antar pengaku *Link* Arah Y

6.6 Balok Diluar *Link*

6.6.1. Balok Diluar *Link* Arah X



Gambar 6.15 Element balok diluar *Link* Arah X

Balok diluar *Link* arah X direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18, dengan data- data sebagai berikut:

d	$= 488 \text{ mm}$	i_x	$= 20,8 \text{ cm}$
b_f	$= 300 \text{ mm}$	i_y	$= 7,04 \text{ cm}$
t_f	$= 18 \text{ mm}$	Z_x	$= 3100 \text{ cm}^3$
t_w	$= 11 \text{ mm}$	Z_y	$= 824 \text{ cm}^3$
A	$= 162,5 \text{ cm}^2$	S_x	$= 2910 \text{ cm}^3$
w	$= 128 \text{ kg/m}$	S_y	$= 782 \text{ cm}^3$
I_x	$= 71000 \text{ cm}^4$	r	$= 26 \text{ cm}$
I_y	$= 8110 \text{ cm}^4$	h	$= d - 2(t_f+r)$
F_y	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 400 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok yang terletak diluar *Link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *Link* sebesar $R_y \cdot V_n$.

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

V_n = Kuat geser nominal *Link*, diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (50 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 = 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 7750000 / 100 = 155000 \text{ kg}$$

$$V_n \text{ menentukan} = 74580 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 74580 \\ &= 123057 \text{ kg} \end{aligned}$$

1. Kontrol penampang

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{250}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 8,33$$

$$\lambda_R = \frac{170}{\sqrt{250}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

2. Kapasitas momen penampang

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 3100 \times 2500 = 7750000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7750000 \text{ kg.cm} \\ &= 6975000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

3. Kapasitas geser penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\alpha = \frac{L - e}{2} = \frac{600 - 100}{2} = 250$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(250/48,8)^2} = 5,19$$

$$1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5,19 \times 2 \times 10^6}{2500}} = 70,88$$

$$\lambda \leq 1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} \rightarrow 36,36 < 70,88$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times (50 \times 1,1) \times 1,5 = 120780 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 120780 \text{ kg} = 108702 \text{ kg}$$

4. Kontrol interaksi geser lentur

Pada perhitungan balok diluar *Link* arah x dipilih balok pada elemen 1191 dengan $M_u = 2652937 \text{ kg.cm}$ (Analisa dari ETABS 2015)

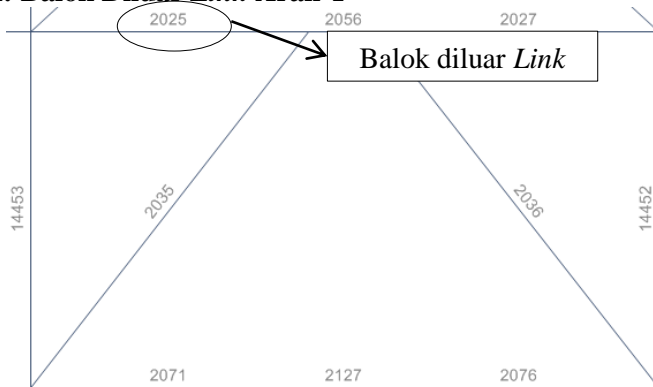
$$\frac{M_u}{\phi \times M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\phi \times V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{2652937}{6975000} + 0,625 \times \frac{123057}{108702} \leq 1,375$$

$$1,09 \leq 1,375$$

(OK)

6.6.2. Balok Diluar *Link* Arah Y



Gambar 6.16 Element balok diluar *Link* Arah Y

Balok diluar *Link* arah Y direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 488 mm	ix	= 20,8 cm
bf	= 300 mm	iy	= 7,04 cm
tf	= 18 mm	Zx	= 3100 cm ³
tw	= 11 mm	Zy	= 824 cm ³
A	= 162,5 cm ²	Sx	= 2910 cm ³
w	= 128 kg/m	Sy	= 782 cm ³
Ix	= 71000 cm ⁴	r	= 26 cm
Iy	= 8110 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 400 mm

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok yang terletak diluar *Link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *Link* sebesar $R_y \cdot V_n$.

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

V_n = Kuat geser nominal *Link*, diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$

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

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (50 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 = 74580 \text{ kg}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 7750000 / 100 = 155000 \text{ kg}$$

V_n menentukan = 74580 kg

$$\text{Maka, } V_n = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 74580$$

$$= 123057 \text{ kg}$$

1. Kontrol penampang

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{250}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 8,33$$

$$\lambda_R = \frac{170}{\sqrt{250}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow$ Penampang kompak

2. Kapasitas momen penampang

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times f_y$$

$$= 3100 \times 2500 = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$= 6975000 \text{ kg.cm}$$

3. Kapasitas geser penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\alpha = \frac{L-e}{2} = \frac{882,5-100}{2} = 391,25$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(391,25/48,8)^2} = 5,08$$

$$1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5,08 \times 2 \times 10^6}{2500}} = 70,11$$

$$\lambda \leq 1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} \rightarrow 36,36 < 70,11$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times (50 \times 1,1) \times 1,5 = 120780 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 120780 \text{ kg} = 108702 \text{ kg}$$

4. Kontrol interaksi geser lentur

Pada perhitungan balok diluar *Link* arah x dipilih balok pada elemen 2025 dengan $M_u = 2692528 \text{ kg.cm}$ (Analisa dari ETABS 2015)

$$\frac{M_u}{\phi \times M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\phi \times V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{2692528}{6975000} + 0,625 \times \frac{123057}{108702} \leq 1,375$$

$$1,09 \leq 1,375$$

(OK)

BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN

7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

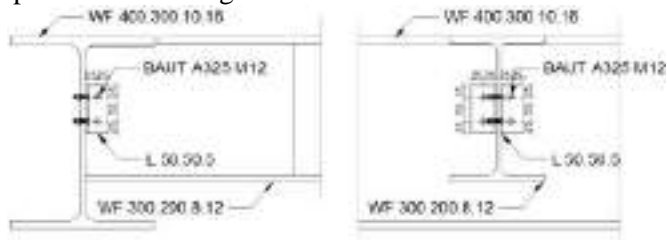
7.1.1 Balok Anak dengan Balok Induk Lantai P1-P3

Ada 6 jenis dimensi sambungan dari balok anak dan balok induk pada lantai bangunan ini :

Tabel 7.1 Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lantai P1-P3

No	Balok Induk	Balok Anak
1	WF 400 × 300 × 10 × 16	WF 300 × 200 × 8 × 12
2	WF 400 × 200 × 8 × 13	WF 300 × 200 × 8 × 12
3	WF 400 × 200 × 8 × 13	WF 350 × 250 × 9 × 14
4	WF 400 × 300 × 10 × 16	WF 250 × 150 × 6 × 9
5	WF 400 × 300 × 9 × 14	WF 300 × 200 × 8 × 12
6	WF 400 × 200 × 8 × 13	WF 250 × 150 × 6 × 9

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 5920,9 kg, dengan dimensi balok anak WF 300×200×8×12 dan balok induk WF 400×300×10×16. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 50×50×5 dengan perencanaan sebagai berikut:



Gambar 7.1 Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lantai P1-P3

1. Sambungan siku dengan balok anak

Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,9 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{5920,9}{6994,35} = 0,85 \text{ buah, dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \varnothing.R_n \geq V_u$$

$$2 \times 6994,35 \geq 5921 \text{ kg}$$

$$13988,7 \text{ kg} \geq 5921 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi } (S_1) &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut } (S) &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S = 50 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d_1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 25 + (3-1) \times 50 \\ &= 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

- a. Luas bidang geser



Gambar 7.2 Detail plat siku pada gelagar

$$\begin{aligned} An_v &= L_{nv} \times tL \\ &= (L - n \times d_1) \times t \text{ siku} \\ &= (10 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\ &= 3,65 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times An_v) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 3,65) \\ &= 13468,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &\geq V_u \\ 13468,5 \text{ kg} &> 5921 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

2. Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$$\phi \text{ baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

- a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,1304 \\ &= 3497,2 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{5920,9}{3497,175} = 1,69, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$\begin{aligned}
 n. \emptyset.R_n &\geq V_u \\
 2 \times 3497,2 &\geq 5921 \text{ kg} \\
 6994,4 \text{ kg} &\geq 5921 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{Pakai S1} &= 25 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{Pakai S} &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter perlemahan (dengan bor)} &= 1,5 \text{ mm} \\
 d1 &= 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \\
 L &= 2 \times S1 + ((n/2)-1) \times S = 2 \times 25 + ((2/2)-1) \times 50 \\
 &= 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

a. Luas bidang geser

$$\begin{aligned}
 An_v &= Ln_v \times tL \\
 &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\
 &= (5 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\
 &= 1,825 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}
 2\emptyset V_n &= 2 \times \emptyset \times (0,6 \times f_u \times An_v) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 1,825) \\
 &= 6734,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned}
 2\emptyset V_n &\geq V_u \\
 6734,25 \text{ kg} &> 5921 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

7.1.2 Balok Anak dengan Balok Induk Lantai 4-19

Ada 7 jenis dimensi sambungan dari balok anak dan balok induk pada lantai bangunan ini :

Tabel 7.2 Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lantai 4-19

No	Balok Induk	Balok Anak
1	WF 400 × 300 × 10 × 16	WF 300 × 200 × 9 × 14
2	WF 450 × 300 × 10 × 15	WF 300 × 200 × 8 × 12
3	WF 450 × 200 × 9 × 14	WF 400 × 300 × 10 × 16
4	WF 400 × 300 × 10 × 16	WF 350 × 150 × 6,5 × 9
5	WF 450 × 300 × 10 × 15	WF 300 × 200 × 8 × 12
6	WF 450 × 200 × 9 × 14	WF 250 × 125 × 6 × 9
7	WF 450 × 200 × 9 × 14	WF 400 × 300 × 10 × 16

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 9964,12 kg, dengan dimensi balok anak WF 300×200×9×14 dan balok induk WF 400×300×10×16. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60×60×6 dengan perencanaan sebagai berikut:

**Gambar 7.3** Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lantai 4-19

1. Sambungan siku dengan balok anak

Direncanakan :

$$\text{Øbaut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0,5)$$

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,9 \times 4100 \\ &= 7970,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{9964,12}{6994,35} = 1,42, \text{ dipasang 3 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \emptyset.Rn \geq Vu$$

$$3 \times 5313,6 \geq 9964,12 \text{ kg}$$

$$15940 \text{ kg} \geq 9964,12 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 50 \text{ mm}$$

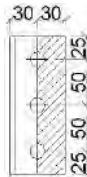
d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 25 + (3-1) \times 50 \\ &= 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}\end{aligned}$$

a. Luas bidang geser



Gambar 7.4 Detail plat siku pada gelagar

$$Anv = Lnv \times tL$$

$$= (L - n \times d1) \times t \text{ siku}$$

$$= (15 - 3 \times 1,35) \times 0,6$$

$$= 6,57 \text{ cm}^2$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\emptyset V_n &= 2 \times \emptyset \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 6,57) \\ &= 24243,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned} 2\emptyset V_n &\geq V_u \\ 24243,3 \text{ kg} &> 9964,12 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$$\emptyset_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,1304 \\ &= 3497,18 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{9964,12}{3497,18} = 2,85, \text{ dipasang 3 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$\begin{aligned} n \cdot \emptyset \cdot R_n &\geq V_u \\ 3 \times 3497,18 &\geq 9964 \text{ kg} \\ 10491,53 \text{ kg} &\geq 9964 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ \text{Pakai S} &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S1 + ((n/2)-1) \times S = 2 \times 25 + ((3/2)-1) \times 50 \\ &= 75 \text{ mm} = 7,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Luas bidang geser

$$\begin{aligned} \text{Anv} &= \text{Lnv} \times tL \\ &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\ &= (7,5 - 2 \times 1,35) \times 0,6 \\ &= 3,285 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi Vn &= 2 \times \phi \times (0,6 \times fu \times \text{Anv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 3,285) \\ &= 12121,65 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned} 2\phi Vn &\geq Vu \\ 12121,65 \text{ kg} &> 9964 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

7.1.3 Balok Anak dengan Balok Induk Lantai 20

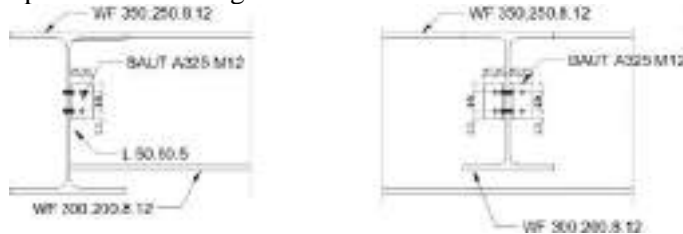
Ada 3 jenis dimensi sambungan dari balok anak dan balok induk pada lantai bangunan ini :

Tabel 7.3 Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lantai 20

No	Balok Induk	Balok Anak
1	WF 350 × 250 × 8 × 12	WF 300 × 200 × 8 × 12
2	WF 400 × 300 × 9 × 14	WF 300 × 200 × 8 × 12
3	WF 400 × 300 × 9 × 14	WF 350 × 250 × 9 × 14

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 4327,18 kg, dengan dimensi balok

anak WF 300×200×8×12 dan balok induk WF 350×250×8×12. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 50×50×5 dengan perencanaan sebagai berikut:



Gambar 7.5 Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lt. 20

1. Sambungan siku dengan balok anak

Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing \cdot V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing \cdot R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,8 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{4327,18}{6994,35} = 0,62, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \varnothing \cdot R_n \geq V_u$$

$$2 \times 6994,35 \geq 4327,18 \text{ kg}$$

$$13988,7 \text{ kg} \geq 4327,18 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 20 + (2-1) \times 40 \\ &= 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}\end{aligned}$$

a. Luas bidang geser



Gambar 7.6 Detail plat siku pada gelagar

$$Anv = Lnv \times tL$$

$$= (L - n \times d1) \times t \text{ siku}$$

$$= (8 - 3 \times 1,35) \times 0,5$$

$$= 2,65 \text{ cm}^2$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$2\emptyset Vn = 2 \times \emptyset \times (0,6 \times fu \times Anv)$$

$$= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 2,65)$$

$$= 9778,5 \text{ kg}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$2\emptyset Vn \geq Vu$$

$$9778,5 \text{ kg} > 4327,18 \text{ kg (OK)}$$

2. Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$$\emptyset \text{ baut} = 12 \text{ mm (} Ab = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 (} fu = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r1 = 0.5$)

a. Kuat geser baut

$$\emptyset.Vn = \emptyset \times r1 \times fu \times m \times Ab$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,1304$$

$$= 3497,18 \text{ kg (menentukan)}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{4327,18}{3497,18} = 1,24, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \emptyset.Rn \geq Vu$$

$$2 \times 3497,18 \geq 4327,18 \text{ kg}$$

$$6994,35 \text{ kg} \geq 4327,18 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

$$\text{Diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5$$

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \times S1 + ((n/2)-1) \times S = 2 \times 20 + ((2/2)-1) \times 40 \\ &= 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}\end{aligned}$$

a. Luas bidang geser

$$\begin{aligned}Anv &= Lnv \times tL \\ &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\ &= (6 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\ &= 1,325 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}2\emptyset Vn &= 2 \times \emptyset \times (0,6 \times fu \times Anv) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 1,325) \\ &= 4889,25 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

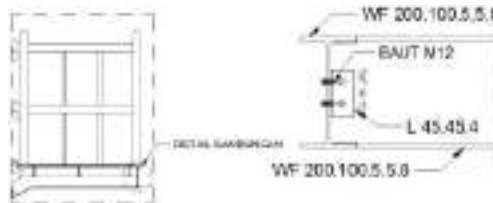
$$2\phi V_n \geq V_u$$

$$4889,25 \text{ kg} > 4327,18 \text{ kg (OK)}$$

7.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan antara balok utama tangga dan balok penumpu tangga direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 1031,75 kg, dengan dimensi balok utama tangga dan balok penumpu tangga yaitu WF 200×100×5,5×8. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 45×45 x4.



Gambar 7.7 sambungan balok utama tangga dengan penumpu tangga

1. Sambungan siku dengan balok utama tangga

Direncanakan :

$$\phi \text{ baut} = 12 \text{ mm (} A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ 50 (} f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser (} r_1 = 0.5)$$

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 4239 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100 \\ &= 2160 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

$$n = \frac{1031,75}{2160} = 0,48, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \phi \cdot R_n \geq V_u$$

$$2 \times 2160 \geq 1031,75 \text{ kg}$$

$$4320 \text{ kg} \geq 1031,75 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 116 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 12,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 15 + (2-1) \times 40 \\ &= 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Luas bidang geser



Gambar 7.8 Detail plat siku pada gelagar

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times tL \\ &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\ &= (8 - 2 \times 1,35) \times 0,4 \\ &= 2,12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 2,12) \\ &= 4770 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$2\phi V_n \geq V_u$$

$$4770 \text{ kg} > 1031,75 \text{ kg (OK)}$$

2. Sambungan siku dengan balok penumpu tangga

$$\phi \text{ baut} = 12 \text{ mm (} A_b = 1,1304 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$\text{Mutu baut BJ 50 (} f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

a. Kuat geser baut

$$\phi \cdot V_n = \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 1 \times 1,1304$$

$$= 2119,5 \text{ kg (menentukan)}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\phi \cdot R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 12 \times 0,4 \times 4100$$

$$= 2160 \text{ kg}$$

$$n = \frac{1031,75}{2119,5} = 0,49 \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \phi \cdot R_n \geq V_u$$

$$2 \times 2119,5 \geq 1031,75 \text{ kg}$$

$$4239 \text{ kg} \geq 1031,75 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d (} 4t_p + 100 \text{) atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 116 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

$$\text{Diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5$$

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 20 + (2-1) \times 40 \\ = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}$$

a. Luas bidang geser

$$\begin{aligned} Anv &= Lnv \times tL \\ &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\ &= (4 - 2 \times 1,35) \times 0,4 \\ &= 1,06 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi Vn &= 2 \times \phi \times (0,6 \times fu \times Anv) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 1,06) \\ &= 2385 \text{ kg} \end{aligned}$$

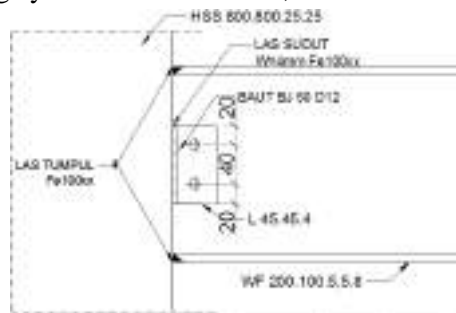
Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned} 2\phi Vn &\geq Vu \\ 2385 \text{ kg} &> 1031,75 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

7.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan antara balok penumpu tangga dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 2302,53 kg, dengan dimensi balok penumpu tangga yaitu WF 200×100×5,5×8.



Gambar 7.9 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

1. Kontrol plat sambung yang digunakan

$$t_p \leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (t = \text{tebal profil HSS})$$

$$= \frac{4100}{2500} \times 2,5$$

$$= 4,1 \text{ cm}$$

Dipakai $t_p = 0,5 \text{ cm}$

2. Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

$$\emptyset \text{ baut} = 12 \text{ mm} \quad (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ 50} \quad (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser} \quad (r_1 = 0.5)$$

- a. Kuat geser baut

$$\emptyset.Vn = \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,1304$$

$$= 4239 \text{ kg (menentukan)}$$

- b. Kuat tumpu baut

$$\emptyset.Rn = \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100$$

$$= 4428 \text{ kg}$$

$$n = \frac{2302,53}{4239} = 0,54, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \emptyset.Rn \geq V_u$$

$$2 \times 4239 \geq 2302,53 \text{ kg}$$

$$8478 \text{ kg} \geq 2302,53 \text{ kg (OK)}$$

- c. Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ \text{Pakai S} &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

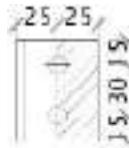
d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 20 + (2-1) \times 40 \\ &= 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Luas bidang geser



Gambar 7.10 Detail plat siku pada gelagar

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times tL \\ &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\ &= (8 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\ &= 2,65 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b) Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 2,65) \\ &= 9778,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &\geq V_u \\ 9778,5 \text{ kg} &> 2302,53 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

3. Sambungan kolom dengan plat sambung

Direncanakan menggunakan las F_{e100xx} :

Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5 mm sehingga

ketebalan las minimum $w = 3 \text{ mm}$

Digunakan ketebalan las $w = 4 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 0,4) \times 8 \\ &= 4,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6F_{EXX} (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\
 &= 0,6 \times (100 \times 70,33) \times (1,0 + 0,5 \times \sin^{1,5} 0^\circ) \\
 &= 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_n &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4219,8 \times 4,52 \\
 &= 14320,3 \text{ kg} > 2302,53 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

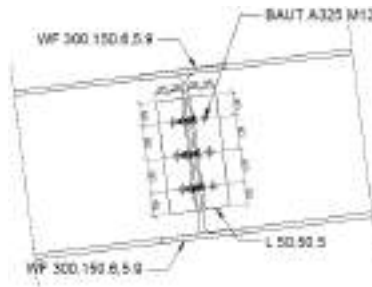
4. Kontrol leleh pelat siku

$$\begin{aligned}
 A_g &= 8 \times 0,5 = 4 \text{ cm}^2 \\
 \phi \cdot f_y \cdot A_g &= 0,9 \times 2400 \times 4 \\
 &= 9000 \text{ kg} > 2302,53 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

7.4 Sambungan Balok Penumpu Ramp dengan Balok Utama Ramp

Sambungan antara balok utama Ramp dan balok penumpu Ramp direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 9687,63 kg, dengan dimensi balok utama tangga dan balok penumpu tangga yaitu WF 300×150×6,5×9. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 50×50×5.



Gambar 7.11 sambungan balok utama Ramp dengan penumpu Ramp

1. Sambungan siku dengan balok utama tangga

Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0.5$)

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,65 \times 4100 \\ &= 5756,4 \text{ kg } (\text{Menentukan}) \end{aligned}$$

$$n = \frac{9687,63}{5756,4} = 1,68, \text{ dipasang 3 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \varnothing.R_n \geq V_u$$

$$3 \times 5756,4 \geq 9688 \text{ kg}$$

$$17269,2 \text{ kg} \geq 9688 \text{ kg } (\text{OK})$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi } (S_1) &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut } (S) &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S = 60 \text{ mm}$$

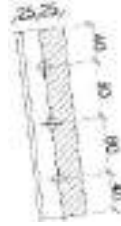
d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d_1 = 12 + 1,5 = 12,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 40 + (2-1) \times 60 \\ &= 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Luas bidang geser

**Gambar 7.12** Detail plat siku pada gelagar

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times tL \\
 &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\
 &= (20 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\
 &= 7,975 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}
 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 7,975) \\
 &= 17943,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned}
 2\phi V_n &\geq V_u \\
 17943,75 \text{ kg} &> 9687,63 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

2. Sambungan siku dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

$$\phi \text{ baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,1304 \\
 &= 3497,175 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 12 \times 0,5 \times 4100
 \end{aligned}$$

$$= 4428 \text{ kg}$$

$$n = \frac{9687,63}{3497,175} = 2,77 \text{ dipasang 3 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \emptyset \cdot R_n \geq V_u$$

$$3 \times 3497,175 \geq 9687,63 \text{ kg}$$

$$10491,53 \text{ kg} \geq 9687,63 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 60 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 40 + (3-1) \times 60$$

$$= 110 \text{ mm} = 11 \text{ cm}$$

a. Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times tL$$

$$= (L - n \times d1) \times t \text{ siku}$$

$$= (11 - 2 \times 1,35) \times 0,5$$

$$= 4,4875 \text{ cm}^2$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$2\emptyset V_n = 2 \times \emptyset \times (0,6 \times f_u \times A_{nv})$$

$$= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 4,4875)$$

$$= 10096,88 \text{ kg}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$2\emptyset V_n \geq V_u$$

$$10096,88 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

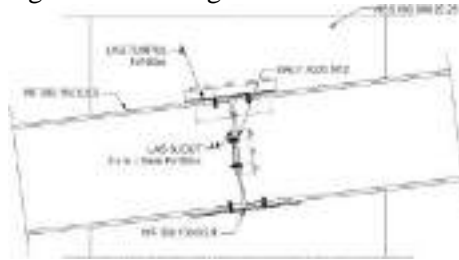
7.5 Sambungan Balok Penumpu Ramp dan Balok Utama Ramp dengan kolom

Sambungan balok Ramp dengan kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser V_u dan momen M_u .

Dari output ETABS 2015 didapat:

$$V_u = 9687,63 \text{ kg}$$

$$M_u = 3604,28 \text{ kgm} = 360428 \text{ kg cm}$$



Gambar 7.13 sambungan balok Penumpu Ramp dengan Kolom

1. Perencanaan kekuatan sambungan baut:

Direncanakan :

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut 12 mm ($A_g = 1,1304 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi.V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,1304 \\ &= 3497,175 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi.R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,0 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned} T_d &= \emptyset \times 0,75 \times f_u \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 8250 \times 1,1304 \\ &= 5245,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Kontrol geser

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{9687,63}{12} = 807,3 \text{ kg} < 3497,175 \text{ kg (OK)}$$

d. Kontrol tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{A} = \frac{807,3}{1,1304} = 714,17 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = (1,3 \times f_u^b - 1,5 \times f_{uv}) = (1,3 \times 8250 - 1,5 \times 714,17)$$

$$f_t = 9653,74 > 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

2. Sambungan rigid dengan alat sambung las dan baut dipasang sebagai penumpu beban aktual.

a. Akibat adanya momen, baut pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_{u \max} = \frac{M_u \times Y_{\max}}{\sum Y^2} = \frac{360428 \times 40}{2 \times (20^2 + 40^2 + 20^2 + 40^2)}$$

$$T_{u \max} = 1802,1 \text{ kg} < 5245,76 \text{ kg (OK)}$$

b. Akibat adanya momen, Las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u \times d_{\max}}{\sum d^2} = \frac{360428 \times 30}{30^2}$$

$$T_u = 12014,27 \text{ kg}$$

c. Kontrol Ukuran Las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F_{e100XX} .

$$A_{we} = (0,707 \times w) \times l_{we}$$

$$= (0,707 \times 0,5) \times 30$$

$$= 8,8375 \text{ cm}^2$$

d. Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0,75 \times f_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times (100 \times 70,33) \times 8,8375 \\ &= 46615,6 \text{ kg} > 12014,27 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 2 \times R_{nh} \\ &= 4 \times 46615,6 \text{ kg} \\ &= 93231,2 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{9687,63}{93231,21} \right)^2 + \left(\frac{12014,27}{46615,6} \right)^2 = 0,1 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

3. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok dan beban pekerja saat proses pengelasan.

a. Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Dari output ETABS 2015 didapat:

$$V_u = 9687,63 \text{ kg}$$

b. Kontrol leleh pada plat sambung

Mutu baja plat sambung = BJ41

Diameter baut = 12 mm → A = 1,1304 cm²

Ketebalan plat sambung = 8 mm

Panjang plat sambung = 120 mm

c. Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned} A_{nv} &= (L - n \times d1) \times t_p \\ &= (12 - 2 \times (1,75 + 0,15)) \times 0,8 \\ &= 7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\phi_y V_n = 0,75 \cdot (0,6) \cdot f_u \cdot A_w$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times (0,6) \times 4100 \times 7 \\
 &= 13726,8 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol geser baut

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi n f_u^u A_b \\
 &= 0,75 \times 2 \times 8250 \times 1,1304 \\
 &= 13988,7 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

e. Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned}
 1.2l_c &= 1.2 \times (2,5 - 1,2 / 2) \\
 &= 2,28 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2.4d_b &= 2,4 \times 1,20 \\
 &= 2,88 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 1,2l_c \cdot t \cdot f_u \\
 &= 2 \times 0,75 \times 2,28 \times 0,8 \times 4100 \\
 &= 11217,6 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las $w = 5 \text{ mm}$ (bagian paling tipis yaitu 10 mm) dan mutu las F_{e100XX}

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\
 &= 2 \times (0,707 \times 0,50) \times 12 \\
 &= 8,484 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

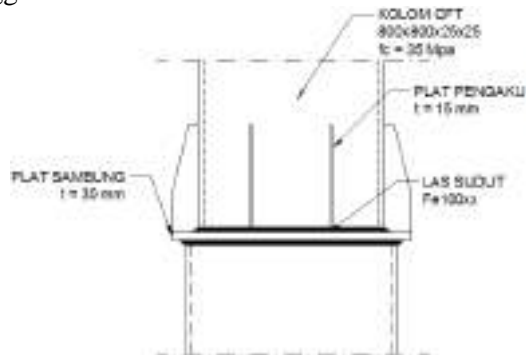
$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6F_{exx} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\
 &= 0,6 \times (100 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\
 &= 4219,80 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nw} &= 0,75 f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4219,80 \times 8,484
 \end{aligned}$$

$$= 26850,59 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)}$$

7.6 Sambungan antar kolom Lantai 4 dan 5

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai P3 pada posisi as E-2 menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu F_{e100XX} . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah hasil output ETABS 2015. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.



Gambar 7.14 Sambungan Kolom dengan Kolom

$$P_u = 841788,39 \text{ kg}$$

$$M_u = 24243,96 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 12235,05 \text{ kg}$$

1. Sambungan las pada kolom

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil kolom HSS $800 \times 800 \times 25 \times 25$.

Kontrol tegangan las akibat P_u dan M_u :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$T_u = \frac{24243,96}{80} \pm 841788,39$$

$$(+) = 842091,4 \text{ kg} \text{ menentukan}$$

$$(-) = 841485,3 \text{ kg}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} = f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_{nh} &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4100 \times (0,707 \times 2 \times (80 \times 4)) \\
 &= 1391376 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{12235,05}{1391376} \right)^2 + \left(\frac{842091,44}{1391376} \right)^2 = 0,366 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

2. Perencanaan pelat pengaku :

Dimensi pelat minimum menurut SNI-1729-2002 Pasal 8.11

Tebal pelat pengaku minimum (t_s)

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ cm}$$

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 Batang Bresing Wf 300x300x12x12

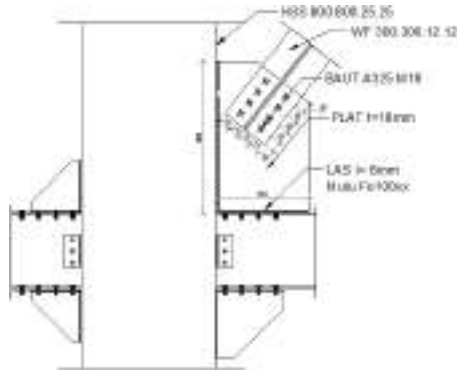
Kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu 1,25. $R_y \cdot V_n$.

Untuk kuat geser nominal (V_n), diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\begin{aligned}
 V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\
 &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (50 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 \\
 &= 76560 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2 \times Z_x F_y}{e} = \frac{2 \times 3100 \times 2500}{100} = 155000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 76560 \\
 &= 143550 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 7.15 Sambungan Bresing Dengan Balok

1. Sambungan pada batang bresing
 Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 Baut tipe tumpu baut 19 mm ($A_g = 2,834 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)
 - a. Kontrol kuat geser baut

$$\begin{aligned} \Phi.R_n &= \Phi f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 8250 \times 2,834 \\ &= 17534,45 \text{ kg} \end{aligned}$$
 - b. Kontrol kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} 1,2l_c &= 1,2 \times (6-2/2) \\ &= 6 \text{ cm} \\ 2,4d_b &= 2,4 \times 1,9 \\ &= 4,56 \text{ cm} \\ \Phi.R_n &= \phi 1,2l_c f_u \leq 2,4d_b f_u \\ &= 0,75 \times 6 \times 1,8 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,9 \times 4100 \\ &= 33210 \geq 18696 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{143550}{18696} = 7,7 \text{ buah} = 8 \text{ buah}$$

Di pasang 8 buah dalam 2 baris

c. Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm} \\ &= 28,5 \text{ cm s.d. 14,8 cm}\end{aligned}$$

$$S1 \text{ Terpasang} = 6 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut} &= 3 \text{ db s.d 15 tp atau 200 mm} \\ &= 5,7 \text{ cm s.d 1,8 cm}\end{aligned}$$

$$S1 \text{ Terpasang} = 8 \text{ cm}$$

2. Sambungan las sudut pada plat buhul

Bahan las sudut yang digunakan adalah E_{100xx}

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0,707 \times w) \times I_{we} \\ &= (0,707 \times w) \times 2 \times (d+b) \\ &= (0,707 \times 1) \times 2 \times (90+55) \\ &= 205,03 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0,6F_{exx} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \times (100 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 0,75 \times 4219,8 \times 205,03 \\ &= 648889 \text{ kg} > 143550 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

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

$$h = 500 \text{ cm}$$

$$b = 441,25 \text{ cm}$$

$$\alpha = 52^\circ$$

$$\text{Cos } \phi = 441,25/2,9 = 1,522$$

$$\text{Sin } \phi = 5/2,9 = 1,724$$

$$1,522 \times Vu = 1,522 \times 143550 = 218419 \text{ kg}$$

$$1,724 \times Vu = 1,724 \times 143550 = 247500 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{218418,75}{290} = 753,17 \text{ kg/m}^2$$

$$f_v = \frac{247500}{290} = 853,45 \text{ kg/m}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(\sum f_h)^2 + (\sum f_v)^2} = \sqrt{(753,17)^2 + (853,45)^2}$$

$$f_{total} = 1138,26 \text{ kg/m}^2$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi R_{nv}} = \frac{1138,26}{648889} = 0,0018 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,0018}{0,707} = 0,0025 \text{ cm} < \alpha \text{ min} = 6 \text{ mm}$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 6 mm

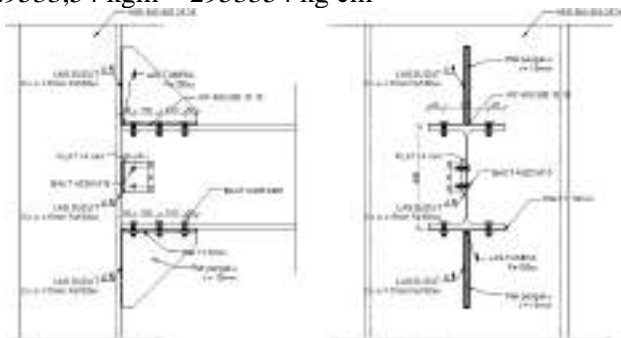
7.8 Sambungan balok Utama dengan kolom

Sambungan balok Utama dengan kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser P_u dan momen M_u .

Dari output ETABS 2015 didapat:

$V_u = 17456,21 \text{ kg}$

$M_u = 29533,54 \text{ kgm} = 2953354 \text{ kg cm}$



Gambar 7.16 sambungan balok Utama dengan Kolom

1. Perencanaan kekuatan sambungan baut:

Direncanakan :

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut 29 mm ($A_g = 6,60185 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 6,60185 \\ &= 20424,473 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,0 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 21402 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \emptyset \times 0,75 \times f_u \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 8250 \times 6,60185 \\ &= 30636,71 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Kontrol geser

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{17456,21}{12} = 1454,68 \text{ kg} < 20424,5 \text{ kg (OK)}$$

d. Kontrol tarik

$$\begin{aligned}f_{uv} &= \frac{V_u}{A} = \frac{1454,68}{6,60185} = 220,34 \text{ kg/cm}^2 \\ f_t &= (1,3 \times f_u^b - 1,5 \times f_{uv}) = (1,3 \times 8250 - 1,5 \times 220,34) \\ f_t &= 10394,48 > 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

2. Sambungan rigid dengan alat sambung las dan baut dipasang sebagai penumpu beban aktual.

- a. Akibat adanya momen, baut pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_{u \max} = \frac{M_u \times Y_{\max}}{\sum Y^2} = \frac{2953354 \times 20}{2 \times (10^2 + 20^2 + 10^2 + 20^2)}$$

$$T_{u \max} = 29533,5 \text{ kg} < 30636,71 \text{ kg (OK)}$$

- b. Akibat adanya momen, Las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u \times d_{\max}}{\sum d^2} = \frac{2953354 \times 39}{39^2}$$

$$T_u = 75727,03 \text{ kg}$$

- c. Kontrol Ukuran Las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu F_{e100XX} .

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0,707 \times 1) \times 30 \\ &= 21,21 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- d. Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0,75 \times f_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times (100 \times 70,33) \times 21,21 \\ &= 111877,4 \text{ kg} > 75727,03 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 2 \times R_{nh} \\ &= 4 \times 111877,4 \text{ kg} \\ &= 223754,9 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{T_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{17456,21}{223754,9} \right)^2 + \left(\frac{75727,03}{111877,4} \right)^2 = 0,464 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

3. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok dan beban pekerja saat proses pengelasan.

a. Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Dari output ETABS 2015 didapat:

$$V_u = 17456,21 \text{ kg}$$

b. Kontrol leleh pada plat sambung

Mutu baja plat sambung = BJ41

Diameter baut = 16 mm → $A = 2,0096 \text{ cm}^2$

Ketebalan plat sambung = 14 mm

Panjang plat sambung = 120 mm

c. Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned} A_{nv} &= (L - n \times d1) \times t_p \\ &= (12 - 2 \times (1,75 + 0,15)) \times 1,4 \\ &= 12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_y V_n &= 0,75 \cdot (0,6) \cdot f_u \cdot A_w \\ &= 0,75 \times (0,6) \times 4100 \times 12 \\ &= 21955,5 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

d. Kontrol geser baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi n f_u^u A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 8250 \times 2,0096 \\ &= 24868,8 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

e. Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned} 1.2l_c &= 1.2 \times (2,5 - 1,6/2) \\ &= 2,04 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.4d_b &= 2,4 \times 1,6 \\ &= 3,84 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 1,2 l c \cdot t \cdot f_u \\
 &= 2 \times 0,75 \times 2,04 \times 1,4 \times 4100 \\
 &= 17564,4 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las $w = 5 \text{ mm}$ (bagian paling tipis yaitu 10 mm) dan mutu las F_{e100XX}

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\
 &= 2 \times (0,707 \times 0,50) \times 12 \\
 &= 8,484 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 F_{exx} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\
 &= 0,6 \times (100 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\
 &= 4219,80 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nv} &= 0,75 f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4219,80 \times 8,484 \\
 &= 26850,59 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

7.9 Sambungan Kolom dan Base Plate

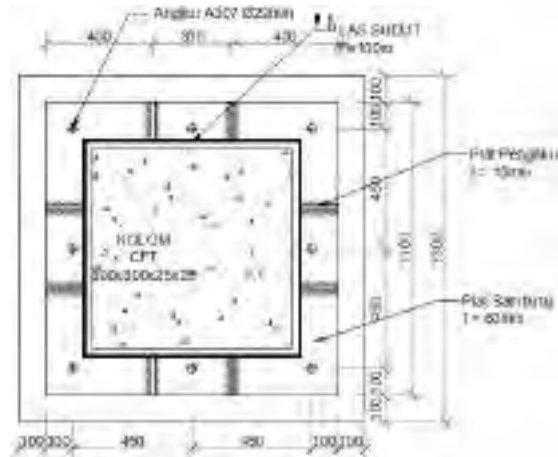
Perencanaan *Base Plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom *Pedestal*. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan tebal $t_p = 50 \text{ mm}$. Dari hasil analisa ETABS 2015 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

- $H = 130 \text{ cm}$
- $B = 130 \text{ cm}$
- $t_p = 50 \text{ mm} = 5,0 \text{ cm}$

Dari hasil analisis ETABS 2015 didapat gaya yang bekerja pada kolom CFT $800 \times 800 \times 25 \times 25$ lantai dasar adalah :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1018903,2 \text{ kg} \\
 M_u &= 12833,01 \text{ kgm} \\
 V_u &= 68808,5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Sambungan Las pada *Base Plate* :



Gambar 7.17 Sambungan Las pada *BasePlate*

Direncanakan las sudut pada daerah yang diarsir pada profil hollow section 800x800x25 sehingga didapat :

Misal $t_e = 1\text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 80,0) = 320 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682666,7 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682666,7 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 80 \times 80 + \left(\frac{80^2}{3}\right) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 80 \times 80 + \left(\frac{80^2}{3}\right) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$f_{u_{\text{las}}} = \phi \times 0,6 \times F_{E100xx} \times t_e$$

$$f_{u_{\text{las}}} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,33 \times 1$$

$$f_{u_{\text{las}}} = 3163,5 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat P_u :

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{1018903}{320} + \frac{6880850}{8533,3}$$

$$f_p = 3990,442 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat V_u :

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{12833,01}{320} + \frac{6880850}{8533,3}$$

$$f_v = 846,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(3990,42)^2 + (846,45)^2} = 4079,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{ul\text{las}}} = \frac{4079,2}{3163,5} = 1,289 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{t_e}{0,707} = \frac{1,289}{0,707} = 1,82 \text{ cm}$$

Syarat – syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{\text{plat}} = 50 \text{ mm}$

$$a_{\text{eff max}} = 1,41 \times \frac{f_u}{f_{E100\text{ex}}} \times t_p = 1,41 \times \frac{4100}{100 \times 70,33} \times 5 = 4,112 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 1,82 \text{ cm}$

Perhitungan *Base Plate* :

- Cek eksentrisitas gaya

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{68808,5}{1018903} = 0,0675 \leq \frac{N}{6} = \frac{110}{6} = 18,33 \text{ cm}$$

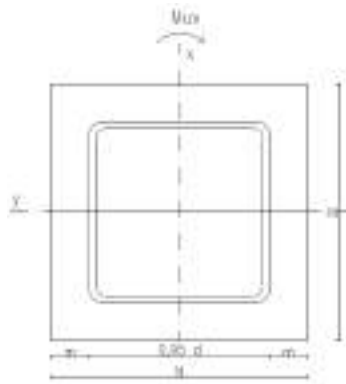
Termasuk dalam kategori *BasePlate* yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang *BasePlate*, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan *BasePlate* terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping

itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

Direncanakan Dimensi Beton 130 x 130 cm ($A_2 = 16900 \text{ cm}^2$):

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{130 \times 130}{110 \times 110}} = 1,18$$

Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 7.18 Arah Beban Sumbu X pada *Base Plate*

Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{M_{ux}}{BN^2} = \frac{1018903}{110 \times 110} = 84,207 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban M_{ux}

$$f_{pb} = \frac{6M_{ux}}{BN^2} = \frac{68808,5}{110 \times 110^2} = 31,02 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p(max)} = f_{pa} + f_{pb} = 84,21 + 31,02 = 115,23 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang bisa diterima kolom beton

$$f_{p\text{avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 35 = 26,775 \text{ Mpa}$$

$$f_{p\text{avail}} = 267,75 \text{ kg/cm}^2 > f_{p(max)} = 115,23 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat :

$$m = \frac{(N - 0,95 \times D)}{2} = \frac{(100 - 0,95 \times 800)}{2} = 17 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left(f_{p(\max)} - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left(\frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left(105,64 - 2 \times 31,02 \times \frac{17}{110} \right) \times \left(\frac{17^2}{2} \right) + \left(2 \times 31,02 \times \frac{17}{110} \right) \times \left(\frac{17^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 16188,22 \text{ kg.cm/cm}$$

Menentukan tebal *Base Plate* :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\left(\frac{4 \times M_{upl}}{\phi \times f_y} \right)} = \sqrt{\left(\frac{4 \times 16188,22}{\phi \times 2500_y} \right)} = 5,36 \text{ cm}$$

tebal *BasePlate* yang dipakai yaitu 6 cm

Perencanaan pelat pengaku :

Dimensi pelat minimum menurut SNI-03-1729-2002 Pasal 8.11

Tebal pelat pengaku minimum (t_s)

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ cm}$$

Dimensi pelat yang dipakai $t_s = 1,5 \text{ cm}$

Perhitungan Baut Angkur

Karena $e = 7,08 \text{ cm} < 1/6 \cdot N = 18,33 \text{ cm}$ maka tidak terjadi gaya tarik, jadi dipasang angkur praktis.

Dipakai baut angkur A307 Ø22mm ($f_u = 60 \text{ ksi}$)

- Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$$\begin{aligned} \phi_f \cdot V_n &= V_d = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,4 \cdot 4218 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 2,2^2) \cdot 1 \\ &= 4807,8 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_f \cdot R_n &= R_d = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 2,2 \cdot 5,0 \cdot 4100 \\ &= 83516,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi_f \cdot V_n} = \frac{12833,01}{4807,8} = 2,67 \text{ bh}$$

dipakai 8 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi

Kontrol jarak baut :

Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm

= 33 mm s/d 300 mm

Pakai S1 = 100 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm

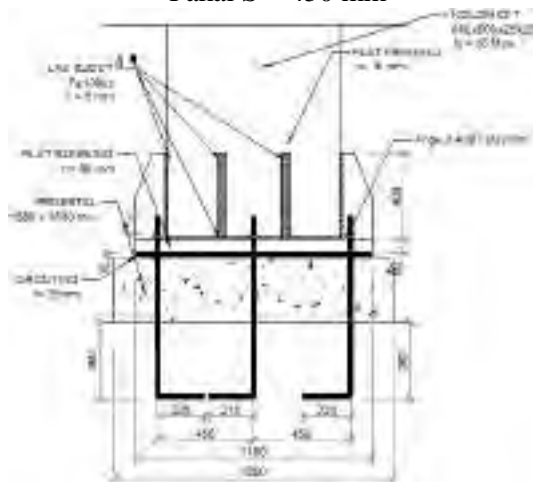
= 27,5 mm s/d 600 mm

Pakai S2 = 100 mm

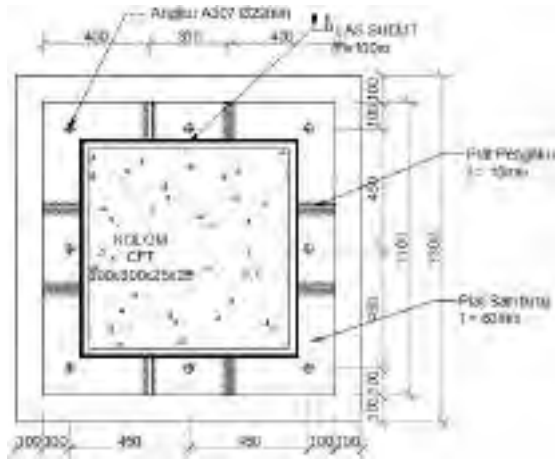
Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm

= 66 mm s/d 750 mm

Pakai S = 450 mm



Gambar 7.19 Tampak Samping Sambungan *Base Plate* dengan Kolom dan *Pedestal*



Gambar 7.20 Tampak Atas Sambungan *Base Plate* dengan Kolom dan *Pedestal*

BAB VIII

PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH

8.1 Umum

Pondasi merupakan suatu konstruksi bagian dasar atau konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan yang ada di atasnya untuk diteruskan ke lapisan tanah.

Secara umum terdapat dua macam pondasi yaitu Pondasi Dangkal dan Pondasi Dalam. Yang termasuk dalam pondasi dangkal ialah pondasi memanjang, pondasi telapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan yang termasuk pondasi dalam adalah pondasi tiang pancang, pondasi dinding diafragma, pondasi caisson dan pondasi bored piled

8.2 Desain Tiang Pancang Kolom

8.2.1 Data Perencanaan

Pondasi pada bangunan gedung apartement ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk PT. JAYA BETON.

Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : C
- *Concrete cross section* : 1570,8 cm²
- *Bearing Capacity* : 242 ton
- *Bending moment crack* : 29 tm
- *Bending momen ultimate*: 58,8 tm

8.2.2 Beban Pada Tiang Pancang

Desain tiang pancang kolom yang akan dianalisis adalah pada kolom AS 7-E sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.1.



Gambar 8.1 Letak Pondasi Kolom Yang Ditinjau

Dari hasil analisis struktur didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja yaitu:

Tabel 8.1 Reaksi Kolom yang terjadi pada Poer

NO	KOMBINASI	Gaya Dalam				
		P (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Hx (kg)	Hy (kg)
1	1D+1L	733652,05	-1685,73	-119,78	5,23	1925,93
2	1D+1L+1RSX	742068,95	-20781,01	-68928,8	12838,24	5635,82
3	1D+1L+1RSY	759078,28	-59426,04	-18861,18	3502,47	13143,79

Berdasarkan hal tersebut maka digunakan kombinasi beban sementara sebagai acuan gaya dalam untuk desain pondasi. Oleh karena itu, didapat momen pada dasar poer, sebagai berikut :

$$M_{x_o} = M_x + H_y \times t = -20,78 + (5,64 \times 1,5) = -39,71 \text{ tm}$$

$$M_{y_o} = M_y + H_x \times t = -6,51 + (-68,93 \times 1,5) = -49,67 \text{ tm}$$

Beban vertikal yang berkerja akibat pengaruh beban sementara dan beban sendiri poer sebagai berikut :

- Berat sendiri poer

$$4,5 \times 4,5 \times 1,5 \times 2,4 = 64,8 \text{ ton}$$

- Beban aksial kolom

$$\text{Beban tetap, P} = 759,08 \text{ ton} +$$

$$\sum P = 831,98 \text{ ton}$$

8.2.3 Daya Dukung Ijin Satu Tiang

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 lekatan lateral tanah (Q_s).

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 30 m.

$$\begin{aligned} Q &= Q_p + Q_s \\ Q_p &= q_p \times A_p \\ &= (N_p \times K) \times A_p \\ &= (46,83 \times 25) \times 0,15708 \\ &= 183,914 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dimana :

N_p = Harga rata-rata SPT di sekitar $4D = (4 \times 0,6) = 2,4$ m di atas hingga $4D$ di bawah dasar tiang pondasi

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{42,5 + 50 + 48}{3} \right) \\ &= 46,83 \end{aligned}$$

K = Koefisien karakteristik tanah
 = 12 t/m^2 , untuk tanah lempung
 = 20 t/m^2 , untuk tanah lanau berlempung
 = 25 t/m^2 , untuk tanah lanau berpasir
 = 40 t/m^2 , untuk tanah pasir
 = 40 t/m^2 , untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

A_p = Luas penampang dasar tiang

q_p = tegangan di ujung tiang

$$\begin{aligned} Q_s &= q_s \times A_s \\ &= \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \end{aligned}$$

$$= \left(\frac{4,56}{3} + 1 \right) \times 56,52$$

$$= 142,51 \text{ ton}$$

Dimana :

qs = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m²

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

As = keliling x panjang tiang yang terbenam
= $\pi \times d \times h = 56,52 \text{ m}$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin(tiang)} = \frac{Q_u}{SF} = \left(\frac{183,914 + 142,51}{2} \right) = 163,21 \text{ ton}$$

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi JAYA BETON), didapat :

$$\bar{P}_{1tp} = 242 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{liang} = 163,21 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 163,21 ton.

8.2.4 Tiang Pancang Kelompok

Jumlah tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

$$n = \frac{\sum P}{PE_k} \rightarrow Ek \text{ diasumsikan sebesar } 0,8$$

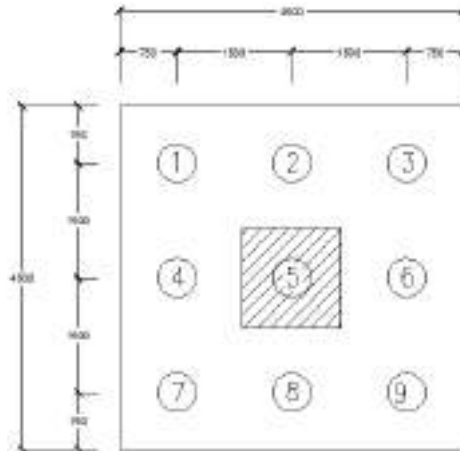
$$= \frac{831,987}{163,21 \times 0,8} = 6,372 \approx 9 \text{ buah}$$

Maka direncanakan dengan 9 pancang dengan letak tiang pancang pada poer diperlihatkan pada Gambar 8.2.

Syarat jarak antar tiang pancang (s) :

$$2,5D \leq Sx \leq 5D \rightarrow Sx = 1,5 \text{ m}$$

$$2,5D \leq Sy \leq 5D \rightarrow Sy = 1,5 \text{ m}$$



Gambar 8.2 Posisi Tiang Pancang Kolom P1

1. Kontrol Beban Aksial Satu Tiang Pancang

Berdasarkan Gambar 8.2 didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti berikut ini :

Tabel 8.2 Jarak Tiang Pancang Kolom P1

tiang	sumbu (m)			
	x	x ²	y	y ²
p1	1,50	2,25	1,50	2,25
p2	0,00	0,00	1,50	2,25
p3	1,50	2,25	1,50	2,25
p4	1,50	2,25	0,00	0,00
p5	0,00	0,00	0,00	0,00
p6	1,50	2,25	0,00	0,00
p7	1,50	2,25	1,50	2,25
p8	0,00	0,00	1,50	2,25
p9	1,50	2,25	1,50	2,25
Σ		13,50		13,50

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_{xo} \cdot y_{\max}}{\sum y^2} \pm \frac{M_{yo} \cdot x_{\max}}{\sum x^2}$$

$$P_i = \frac{831,98}{9} + \frac{-39,71 \cdot 1,5}{13,5} + \frac{-49,67 \cdot 1,5}{13,5}$$

$$P_i = 82,51 \text{ ton}$$

$$P_i = \frac{831,98}{9} - \frac{-39,71 \cdot 1,5}{13,5} - \frac{-49,67 \cdot 1,5}{13,5}$$

$$P_i = 102,37 \text{ ton}$$

Maka, tekanan maksimum satu tiang pancang adalah 102,37 ton

2. Menentukan Efisiensi Aktual

Efisiensi aktual ditentukan dengan menggunakan perumusan dari Converce-Labarre sebagai berikut :

Jumlah tiang pancang dalam 1 baris, (m) = 4

Jumlah tiang pancang dalam 1 kolom, (n) = 4

$$Ek = 1 - \tan^{-1} \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right]$$

$$Ek = 1 - \tan^{-1} \frac{0,6}{1,5} \left[\frac{(3-1) \times 3 + (3-1) \times 3}{90 \times 3 \times 3} \right]$$

$$Ek = 0,677$$

3. Kontrol Kapasitas

$$P_{\max} \leq \bar{P}Ek$$

$$102,37 \text{ Ton} \leq 163,21 \times 0,677$$

$$102,37 \text{ Ton} \leq 110,5 \text{ Ton (OK)}$$

8.3 Perencanaan Poer Pada Kolom

Perencanaan tebal poer harus memenuhi ketentuan kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

Data Perencanaan Poer :

- Dimensi Kolom = 1300 x 1300mm
- Dimensi Poer = 4500 x 4500 x 1000mm
- Selimut Beton = 70 mm
- Ø Tulangan = 28 mm
- Mutu Beton, ($f'c$) = 35 MPa
- Diameter tiang pancang = 600 mm
- λ = 1 (Beton Normal)
- α_s = 30 (Kolom Tepi)
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi, (β)

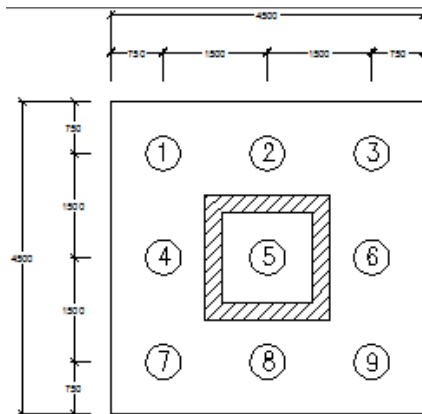
$$\beta = \frac{1300}{1300} = 1$$

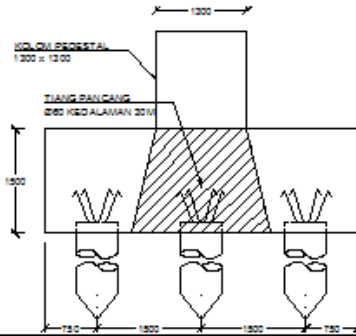
$$d = 1500 - 70 - \frac{28}{2} = 1416 \text{ mm}$$

8.3.1 Kontrol Geser Pons Akibat Kolom

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom seperti gambar 8.7 oleh karena itu, keliling penampang kritis (bo) ditentukan dengan perumusan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 bo &= \text{Keliling penampang kritis} \\
 &= 2(b_{kolom}+d)+2(h_{kolom}+d) \\
 &= 2(1300+1416) + 2(1300 + 1416) = 10864 \text{ mm}
 \end{aligned}$$





Gambar 8.3 Geser Pondas Akibat Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$a. V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \lambda \sqrt{35} \times 10864 \times 1416 = 46414877 \text{ N}$$

$$b. V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{30 \times 916}{1416} + 2 \right) \lambda \sqrt{35} \times 10864 \times 1416 = 44644145 \text{ N}$$

$$c. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{35} \times 8864 \times 10864 = 30033156 \text{ N (Menentukan)}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 30033156 N = 3003,3 Ton

$$V_c \geq P_u \text{ kolom} - P_{\max}$$

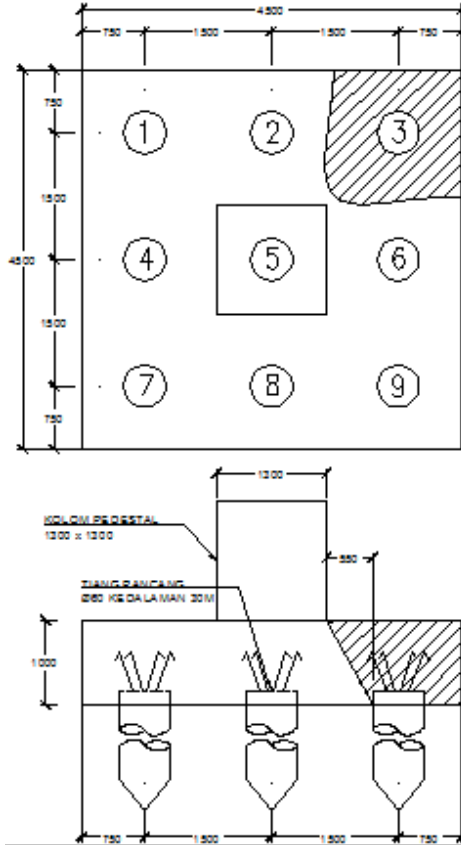
$$3003,3 \text{ Ton} \geq 759,08 - 102,37 \text{ ton}$$

$$3003,3 \text{ Ton} \geq 656,7 \text{ ton (OK)}$$

8.3.2 Kontrol Geser Pons Akibat Pancang

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) = $1300/1300 = 1$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (1300 + 1416)) + (2 \times 750) \\ = 3632,06 \text{ mm}$$



Gambar 8.4 Geser Ponds Akibat Pancang

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

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

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \lambda \sqrt{35} \times 3632,06 \times 1416 = 15517454 \text{ N}$$

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

$$V_c = 0,083 \left(\frac{30 \times 1416}{10864} + 2 \right) \lambda \sqrt{35} \times 3632,06 \times 1416 = 34587337 \text{ N}$$

$$c. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{35} \times 3632,06 \times 1416 = 10040706 \text{ N (Menentukan)}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $10040706 \text{ N} = 1004,1 \text{ Ton}$

$$\begin{aligned} V_c &\geq P_{\max} \\ 1004,01 \text{ Ton} &\geq 102,73 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

8.4 Desain Penulangan Poer Kolom

Desain penulangan lentur poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q . Desain penulangan poer kolom akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut :

1. Data Perencanaan

- Dimensi Poer, $B \times L$ = 4500 x 4500 mm
- Tebal Poer, = 1000 mm
- Mutu Beton, (f'_c) = 35 MPa
- Diameter Tul. Utama (\emptyset) = 28 mm
- Mutu Baja (f_y) = 400 MPa
- Elastisitas (E) = 200000 MPa

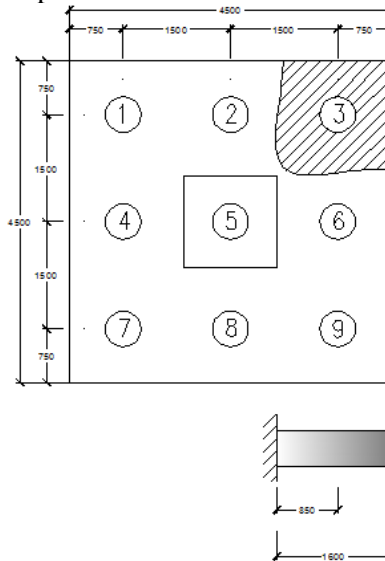
- Tebal Selimut Beton = 70 mm
- Tinggi efektif balok poer
 - $d_x = 1500 - 70 - 28/2 = 1416$ mm
 - $d_x = 1500 - 70 - 28 - 28/2 = 1388$ mm

2. Desain Penulangan Poer Sumbu X dan Y

Berat Poer, $qu = 4,5 \times 1,5 \times 2,4 = 16,2$ Ton/m

$Pt = 3P_{max} = 3 \times 110,5 = 307,12$ ton

Ilustrasi tersebut diperlihatkan pada Gambar 8.9 momen yang bekerja pada poer.



Gambar 8.5 Mekanika Beban Poer Kolom Arah X

$$M_u = (P_t \times e) - \left(\frac{1}{2} q_u e^2 \right)$$

$$M_u = (307,12 \times 0,85) - \left(\frac{1}{2} \times 16,2 \times 1,6^2 \right) = 240,32 \text{ tm}$$

$$\rho_{tulangan} = 0,025 \text{ (SNI 2847-2013, Pasal 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{1,4 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

$$R_{n\text{perlu}} = \sqrt{\frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}} = \sqrt{\frac{240320000}{0,9 \times 4500 \times 1416^2}} = 0,5434 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_y}} \right) = 0,00137$$

$$= 0,00137 < \rho_{\max} \dots \dots \dots (\text{digunakan } \rho_{\text{perlu}})$$

$$A_{S\text{perlu}} = 0,00137 \times 4500 \times 1417,5 = 8746,58 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan lentur D 25 – 200 mm

$$A_s \text{ Pasang} = \frac{4500}{200} \times 0,25 \times \pi \times 25^2 = 11039,1 \text{ mm}^2 > A_{S\text{perlu}} \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan D25 – 200 pada sumbu X dan Y.

8.5 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$P_u = 1018903,18 \text{ kg}$$

$$V_u = 12833,01 \text{ kg}$$

$$M_u = 68808,5 \text{ kgm}$$

1. Data perencanaan kolom :

$$b = 1300 \text{ mm}$$

$$h = 1300 \text{ mm}$$

$$A_g = 1690000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

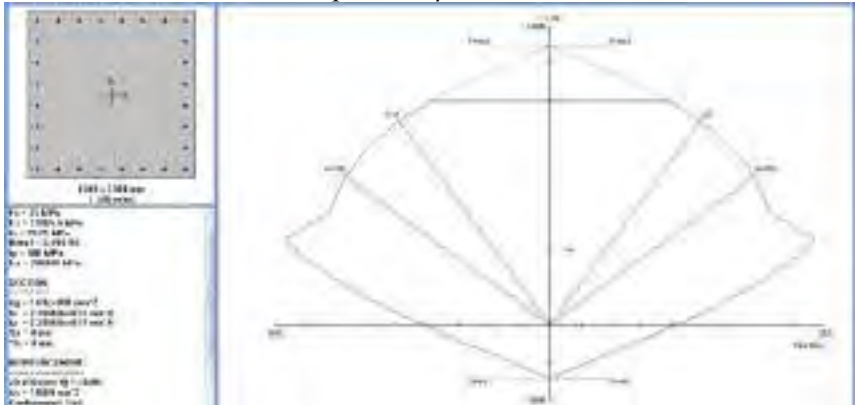
$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 12 \text{ mm}$$

Tulangan utama = $\varnothing 30$ mm

Tinggi efektif = $1300 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 1225,5$ mm

2. Penulangan Lentur pada Kolom

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,16$ %



Gambar 8.6 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCAColumn

$$A_s = 0,0116 \times 1300 \times 1225,5$$

$$= 18480,54 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 28 D30, $A_s = 18480,54 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.

3. Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 12833,01 \text{ kg} = 128330,1 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{1018903,18}{14 \times 1690000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 1300 \times 1225,5$$

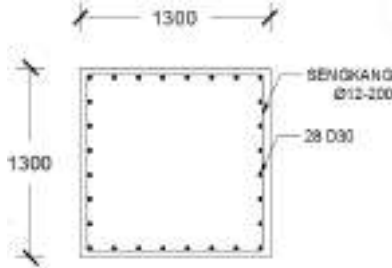
$$V_c = 3277030,996 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c$$

$$= 0,6 \times 3277030,996$$

$$= 1966218,598 \text{ N} > V_u = 128330,1 \text{ N}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 200, sengkang dua kaki.



Gambar 8.7 Penulangan Kolom Pedestal

4. Kontrol Panjang Penyaluran

$$\frac{Id}{db} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5\sqrt{f_c}}$$

α = faktor lokasi penulangan = 1,00

β = faktor pelapis = 1,00

λ = faktor ukuran batang tulangan = 1,00

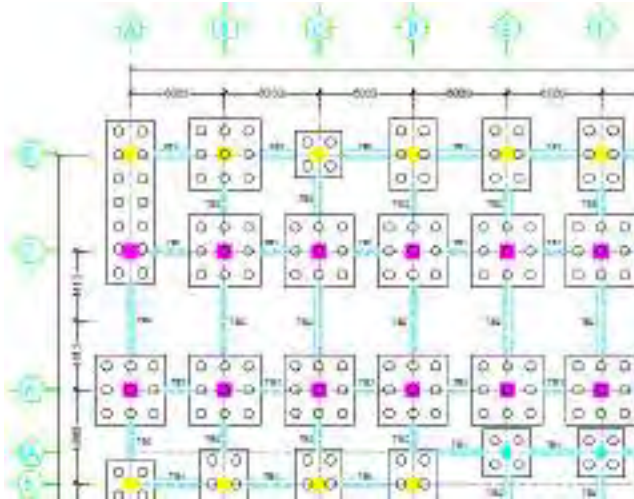
db = 25 mm

$$\frac{Id}{25} = \frac{3 \cdot 250 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00}{5\sqrt{35}} = 633,9 \text{ mm}$$

Digunakan panjang penyaluran sebesar $40db = 40 \cdot 25 = 1000 \text{ mm}$

8.6 Perencanaan Sloof Pondasi

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof TB yang didesain pada as B 6-7 seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.19 sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diproposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450.



Gambar 8.8 Letak Sloof yang Ditinjau

$$\frac{I}{20} = \frac{8825}{20} = 441,25 \approx 450 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 450 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.

Data Perencanaan :

Dimensi Sloof	= 450 x 700 mm
Mutu Beton, ($f'c$)	= 35 MPa
Diameter Tulangan	= D22
Mutu Baja (f_y)	= 400 MPa
Decking	= 40 mm

Gaya aksial kolom	= 1018903 kg
P_u Sloof	= 10% x 1018903 kg
	= 101890,3 kg

$$= 1018903 \text{ N}$$

Tegangan ijin Tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,75\sqrt{f'c} = 0,75\sqrt{35} = 4,14 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\phi bh} = \frac{1018903}{0,8 \times 442 \times 600} = 4,12 \leq f_{ijin} \text{ (OKE)}$$

Beban yang diterima sloof :

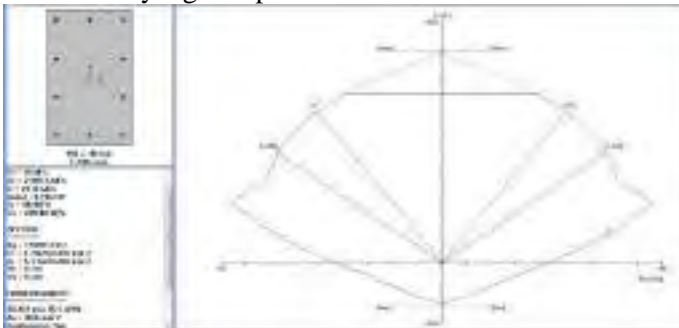
$$\begin{aligned} \text{- berat sendiri} &= 0,442 \times 0,70 \times 2400 = 756 \text{ kg/m} \\ \text{- berat dinding} &= \frac{4 \times 100}{} = 400 \text{ kg/m} + \\ & q_d = 1156 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2012 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_u = 1,2 \times 1156 = 1387,2 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_{u \text{ tumpuan}} &= \frac{1}{16} \times q_u \times l^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 1387,2 \times 8,825^2 \\ &= 6752,25 \text{ kg.m} = 67522502 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Grafik interaksi yang didapat dari PCACOL



Gambar 8.9 Diagram Interaksi Sloof 45/70

Dari analisis PCACOL didapat :

$$\rho = 0,0123$$

Dipasang tulangan = 10 D 22 ($A_s = 3799,4 \text{ mm}^2$)

Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25mm. Minimum lebar tie beam yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

Cek jarak tulangan (dipasang 1 layer)

space antar tulangan = 25 mm

selimut beton = 40 mm

tulangan = 22 mm

senggang = 10 mm

$$= \left(\left(\frac{10}{2} - 1 \right) \times 25 \right) + (2 \times 40) + \left(\left(\frac{10}{2} \right) \times 22 \right) + (2 \times 10)$$

$$= 310 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Lebar balok 450 mm cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 layer.

8.6.1 Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 1387,2 \times 8,825 = 6121,02 \text{ kg}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 450 \times 700 = 315000 \text{ mm}^2$$

$$d = 700 - 40 - 10 - 22/2 = 639 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{1018903,2}{14 \times 315000} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \cdot 450 \cdot 639 = 957374,3 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 957374,33 = 718030,8 \text{ N} > V_u = 61210,2 \text{ N} \text{ (OK)}$$

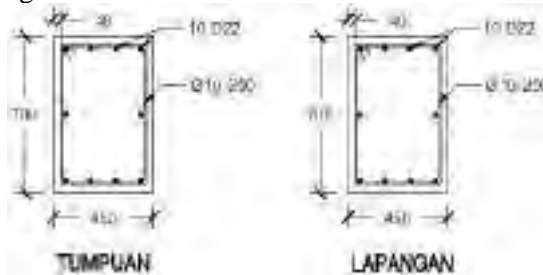
Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari :

$$\frac{d}{2} \text{ dan } 300 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{2} = \frac{639}{2} = 319,5 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang $\varnothing 10 - 250 \text{ mm}$

Detail tulangan sloof



Gambar 8.10 Detail Sloof 450 x 700

BAB IX PENUTUP

9.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan Kolom *CFT* dan Sistem Struktur *EBF* :
 - a. Kolom
 - Lantai P1-P3 Komposit *CFT* 800×800×25×25
 - Lantai 4-19 Komposit *CFT* 700×700×22×22
 - Lantai 20 Komposit *CFT* 600×600×16×16
 - b. Dimensi Bressing
 - Arah X dan Y WF 300×300×12×12
 - c. Dimensi Link
 - Arah X dan Y WF 500×300×11×18

2. Pembebanan Struktur Gedung per plat lantai :
 - a. Lantai 20
 - Beban Mati = 48,6 kg/m²
 - Beban Hidup = 96 kg/m²
 - b. Lantai 4-19
 - Beban Mati = 133,32 kg/m²
 - Beban Hidup = 479 kg/m²
 - c. Lantai P1-P3
 - Beban Mati = 143,32 kg/m²
 - Beban Hidup = 192 kg/m²

3. Pemodelan dan analisa struktur (kontrol nilai akhir respon spektrum, kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, kontrol simpangan (*drift*)) struktur yang direncanakan berada di kota Surabaya telah memenuhi syarat.

4. Kontrol Desain telah memenuhi Syarat SNI 1729 2002

5. Hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :

- a. Plat lantai menggunakan bondek Super Floor Deck $t=0,75$ mm, dengan tebal plat beton :
 - Lantai 20 $t= 90$ mm dan dipasang tulangan negatif $\emptyset 8$ -200.
 - Lantai P1-P3 dan 4-19 $t = 100$ mm dan dipasang tulangan negatif $\emptyset 8$ -200
- b. Dimensi Balok anak :
 - Lantai 20
 - WF $300 \times 200 \times 8 \times 12$ Bentang 6 m
 - WF $350 \times 250 \times 9 \times 14$ Bentang 8,825 m
 - Lantai 4-19
 - WF $300 \times 200 \times 9 \times 14$ dan WF $300 \times 200 \times 8 \times 12$ Bentang 6 m
 - WF $400 \times 300 \times 10 \times 16$ Bentang 8,825 m
 - WF $300 \times 150 \times 6,5 \times 9$ Bentang 4,5 m
 - WF $250 \times 125 \times 6 \times 9$ Bentang 4 m
 - WF $400 \times 300 \times 10 \times 16$ Bentang 10 m
 - Lantai P1-P3
 - WF $300 \times 200 \times 8 \times 12$ Bentang 6 m
 - WF $350 \times 250 \times 9 \times 14$ Bentang 8,825 m
 - WF $200 \times 150 \times 6 \times 9$ Bentang 4,5 m
 - WF $250 \times 125 \times 6 \times 9$ Bentang 4 m
- c. Tangga
 - Plat Bordes $t= 5$ mm
 - Plat Tangga $t= 3$ mm
 - Pengaku anak tangga L $60 \times 60 \times 6$
 - Balok Bordes WF $100 \times 50 \times 5 \times 7$
 - Balok Utama Tangga WF $200 \times 100 \times 5,5 \times 8$
 - Balok Penumpu Tangga WF $200 \times 100 \times 5,5 \times 8$
- d. Ramp
 - Plat Ramp menggunakan bondek Super Floor Deck $t=0,75$ mm, dengan tebal plat beton 100mm
 - Balok Ramp WF $300 \times 150 \times 6,5 \times 9$
 - Balok Utama Ramp WF $300 \times 150 \times 6,5 \times 9$
 - Balok Penumpu Ramp WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$
- e. Balok lift
 - Penggantungan WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$

6. Hasil perhitungan struktur primer didapatkan :

a. Dimensi Balok induk

Lantai 20

- WF 350×250×8×12 Bentang 8,825 m
- WF 400×300×9×14 Bentang 6 m

Lantai 4-19

- WF 450×200×9×14 Bentang 6 m
- WF 450×300×10×15 Bentang 6,175 m
- WF 400×300×10×16 Bentang 8,825 m
- WF 450×200×8×12 Bentang 4,5 m
- WF 400×300×10×16 Bentang 4 m
- WF 450×300×10×16 Bentang 10 m

Lantai P1-P3

- WF 400×200×8×13 Bentang 6 m
- WF 400×200×8×13 Bentang 6,175 m
- WF 400×300×10×16 Bentang 8,825 m
- WF 350×250×8×12 Bentang 4,5 m
- WF 400×300×9×14 Bentang 10 m

7. Perencanaan Sambungan didapatkan :

a. Sambungan Struktur Sekunder

- Balok anak lantai 4-19 dan balok Induk Profil Siku L 60.60.6, Ø16, jumlah 3
- Balok anak lantai 20 dan balok Induk Profil Siku L 50.50.5, Ø12, jumlah 3
- Balok anak lantai P1-P3 dan balok Induk Profil Siku L 50.50.5, Ø12, jumlah 3
- Balok Utama Tangga dan Penumpu tangga Profil Siku L 45.45.4, Ø12, jumlah 2
- Balok Penumpu Tangga dan kolom Profil Siku L 40.40.4, Ø12, jumlah 2

b. Sambungan Struktur Primer

- Kolom dan kolom Plat $t = 30$ mm Las 4 cm
- Balok induk lantai P1-P3 dan kolom Plat $t = 10$ mm dan 14 mm, Ø29 mm dan Ø 16 mm jumlah 14 Las = 5mm

- Balok induk lantai 4-19 dan kolom Plat t = 10 mm dan 14 mm, Ø25 mm dan Ø 19 mm jumlah 15 Las = 5mm
- Balok induk lantai 20 dan kolom Plat t = 9 mm dan 12 mm, Ø25 mm dan Ø 16 mm jumlah 15 Las = 5mm
- Kolom dan Base Plate Plat t = 17 mm, Ø22 mm, jumlah 8, Las = 6mm
- Bressing Plat t = 18 mm, Ø19 mm, jumlah 8, Las = 6mm

8. Hasil perhitungan struktur Bawah didapatkan :

- a. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang PT. Jaya Beton dengan diameter 50 cm dengan kedalaman 30 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).
- b. Dimensi Poer Direncanakan :
 - P1 Ukuran 3m×1,5m×1,5m, dengan tulangan lentur arah X D14–150 mm dan tulangan lentur arah Y D14–150 mm
 - P2 Ukuran 3m×3m×1,5m, dengan tulangan lentur arah X D19–150 mm dan tulangan lentur arah Y D19–150 mm
 - P3 Ukuran 3,2m×4,8m×1,5m, dengan tulangan lentur arah X D25–150 mm dan tulangan lentur arah Y D25–150 mm
 - P4 Ukuran 4,5m×4,5m×1,5m, dengan tulangan lentur arah X D25–200 mm dan tulangan lentur arah Y D25–200 mm
 - P5 Ukuran 3,2m×12,8m×1,5m, dengan tulangan lentur arah X D25–150 mm dan tulangan lentur arah Y D28–120 mm
 - P6 Ukuran 3,2m×11,2m×1,5m, dengan tulangan lentur arah X D28–130 mm dan tulangan lentur arah Y D28–130 mm
- c. Dimensi kolom pedestal direncanakan 1300 mm x 1300 mm, dengan tulangan utama 30D28 dan tulangan geser Ø12 – 200.

- d. Dimensi sloof direncanakan 450 mm x 700 mm, dengan tulangan lentur 10D22 dan tulangan geser $\text{Ø}10 - 250$.
9. Perencanaan Gambar Teknik dapat dilihat di lembar lampiran

9.2 Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *Eccentrically Braced Frames* dan kolom *concrete filled steel tube* lebih lanjut terhadap standard yang telah ditetapkan baik itu SNI maupun AISC. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Khatulistiani, Utari. 2003. "Perencanaan Balok Komposit Menggunakan Metode LRFD". *Majalah Ilmiah Teknik Sipil*. Surabaya: Universitas Wijaya Kusuma.
- 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.
- Bruneau M. 1998. *Ductile Desain of Steel Structures, McGraw-Hill Internatioal Editions*
- 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.
- Nasution, Irma. 2016. "Pengaruh *Steel Slit Damper* Pada Struktur Baja dengan *Bracing Inverted-v* Pada Gedung Perkantoran". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, FTSP-ITS.
- Standar SNI 03-1726-2012., "*Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*", Badan Standarisasi Nasional, 2012.
- Standar SNI 1727-2013 "Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain", Badan Standarisasi Nasional, 2013.

- Nuraini, Santi. 2016. "Modifikasi Perencanaan Hotel *Fave* Ketintang Surabaya dengan Menggunakan Sistem Struktur *Concentrically Braced Frames* dan *Steel Slit Damper*". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, FTSP-ITS.
- Chaoui, Kamel., Zeghiche, J. 2005. "An Experiment Behaviour Of Concrete Filled Steel Tubular Columns". *Journal of Construction Steel Research*.
- AISC. 2005. *Specification for Structural Steel Building*, Chicago, American Institute of Steel Construction.
- Standard Nasional Indonesia. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013*. Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1987)*, Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Standar SNI 1729-2002 "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung" Badan Standarisasi Nasional", 2013.
- 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 Berkeley.

Engelhardt, Michael D., Popov, Egor P. 1992. *Experimental Performance of Long Link in Eccentrically Braced Frames*. Journal of Structural Engineering. Vol. 118, No. 11.

Egor P. Popov.; Kazuhiko Kasai.; and Michael D.Engelhardt. 1986. *Advances In Design of Eccentrically Braced Frames*.*Structural Steel Conference*, Auckland

Suyono Sostrodarsono, Kazua Nakazawa.1984. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: Pradya Paramita.

Shah, Darishka, K., Vakil, M.D., dan Patel, M.N. 2014. "Parametric study of concrete Filled Steel Tube Column". IJEDR. Volume 2, Issue2. ISSN : 2321-9939.

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Denah Lantai Parkir P1
- Lampiran 2 Denah Lantai Parkir P2
- Lampiran 3 Denah Lantai Parkir P3
- Lampiran 4 Denah Lantai 5
- Lampiran 5 Denah Lantai 6-19
- Lampiran 6 Denah Lantai Atap
- Lampiran 7 Potongan Memanjang A-A
- Lampiran 8 Potongan Melintang B-B
- Lampiran 9 Tampak Depan
- Lampiran 10 Tampak Samping
- Lampiran 11 Denah Rencana Balok Kolom Lantai P1-P3
- Lampiran 12 Denah Rencana Balok Kolom Lantai 4
- Lampiran 13 Denah Rencana Balok Kolom Lantai 5
- Lampiran 14 Denah Rencana Balok Kolom Lantai 6-19
- Lampiran 15 Denah Rencana Balok Kolom Lantai 20
- Lampiran 16 Denah Rencana Pondasi dan Sloof
- Lampiran 17 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. P1-P3
- Lampiran 18 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. 4-19
- Lampiran 19 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. 20
- Lampiran 20 Sambungan Balok Utama Dengan Kolom
- Lampiran 21 Perencanaan Tangga dan Detail
- Lampiran 22 Perencanaan Ramp dan Detail
- Lampiran 23 Sambungan Bracing dengan Kolom dan Balok
- Lampiran 24 Sambungan Kolom dan Base Plate
- Lampiran 25 Detail Pondasi dan POER P1
- Lampiran 26 Detail Pondasi dan POER P2
- Lampiran 27 Detail Pondasi dan POER P3
- Lampiran 28 Detail Pondasi dan POER P4
- Lampiran 29 Detail Pondasi dan POER P5
- Lampiran 30 Detail Pondasi dan POER P6
- Lampiran 31 Detail Sloof dan Pedestal
- Lampiran 32 Data Tanah Apartement Bale Hinggil
- Lampiran 33 Dimensi Baut
- Lampiran 34 Brosur Pondasi
- Lampiran 35 Brosur Lift
- Lampiran 36 Brosur Bondek dan Base Plate



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
 Apartement
BALE HINGGIL Dengan
 Menggunakan *Concreted Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

**APARTEMEN BALE
 HINGGIL**

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

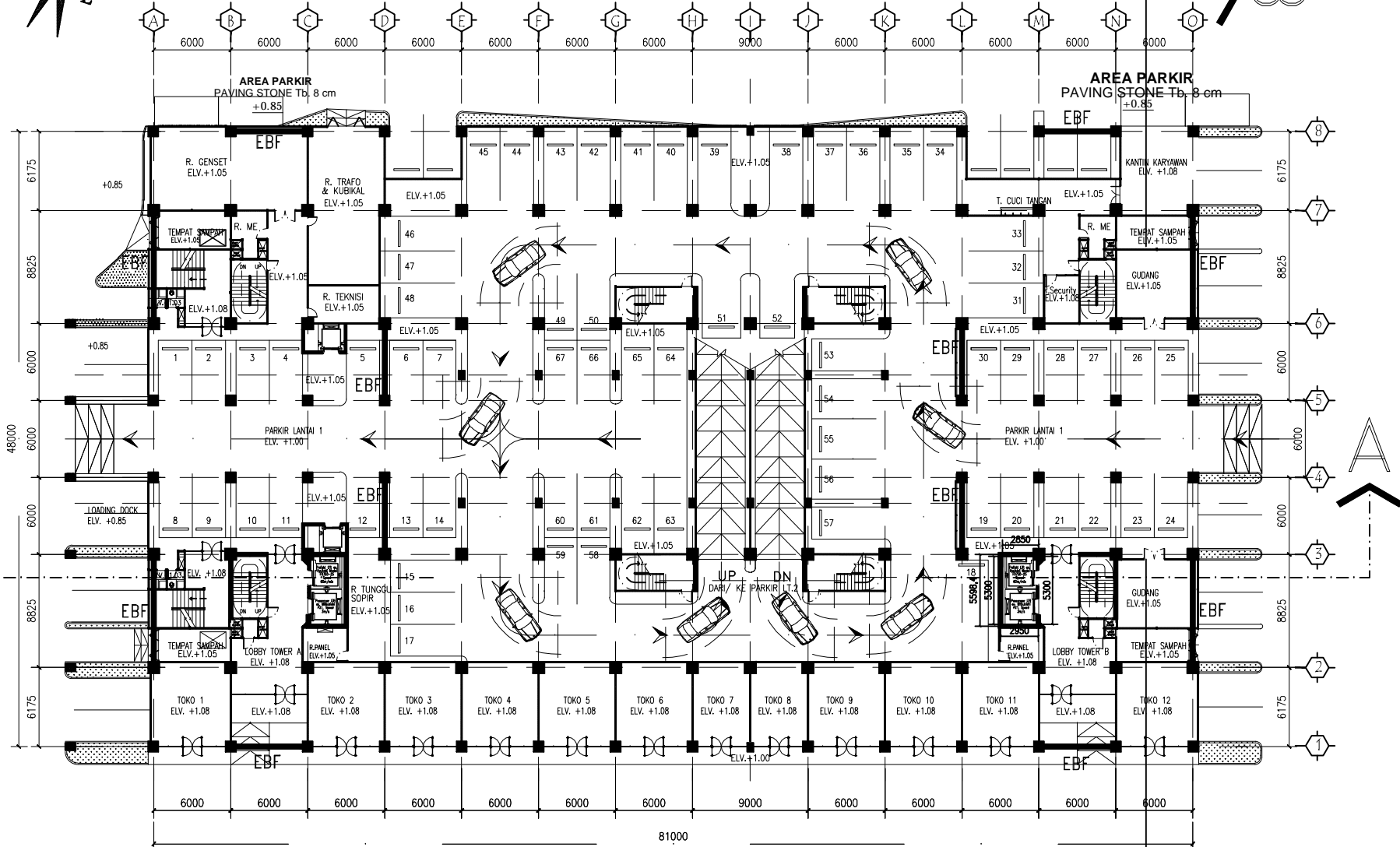
KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH Lt. P1	1 : 120

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
01	31	19-01-2017

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
01	31	19-01-2017

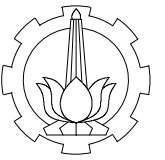
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
01	31	19-01-2017



DENAH LANTAI P1

SKALA 1 : 120





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Apartemen
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

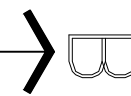
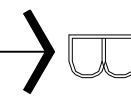
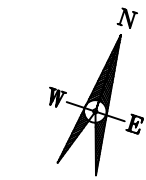
KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH Lt. P2	1 : 120

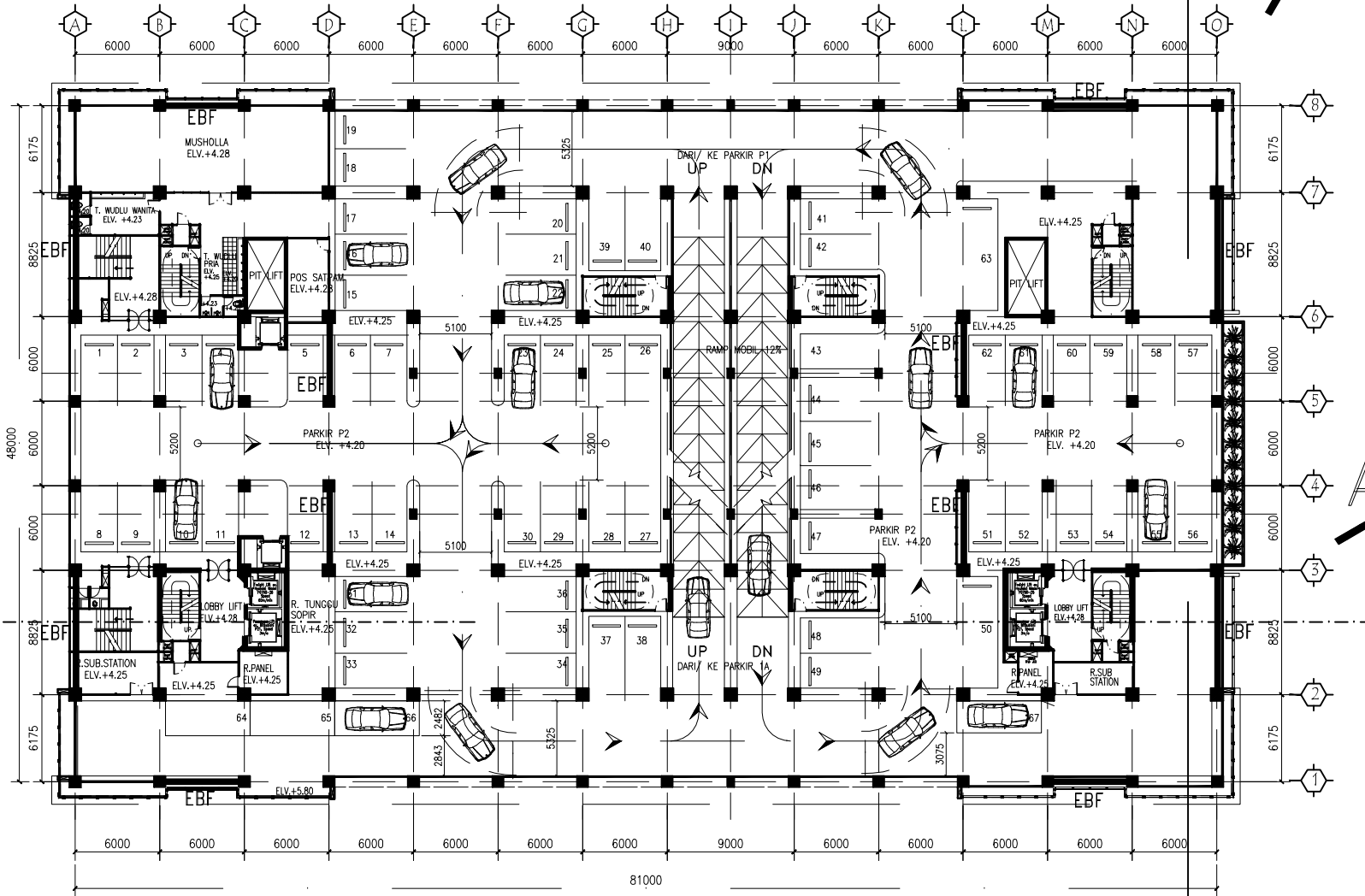
DENAH Lt. P2

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
02	31	19-01-2017

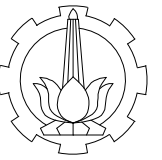
02 31 19-01-2017



DENAH LANTAI P2
SKALA 1 : 120



81000



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Apartemen
 BALE HINGGIL dengan
 Menggunakan *Concreted Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
 HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

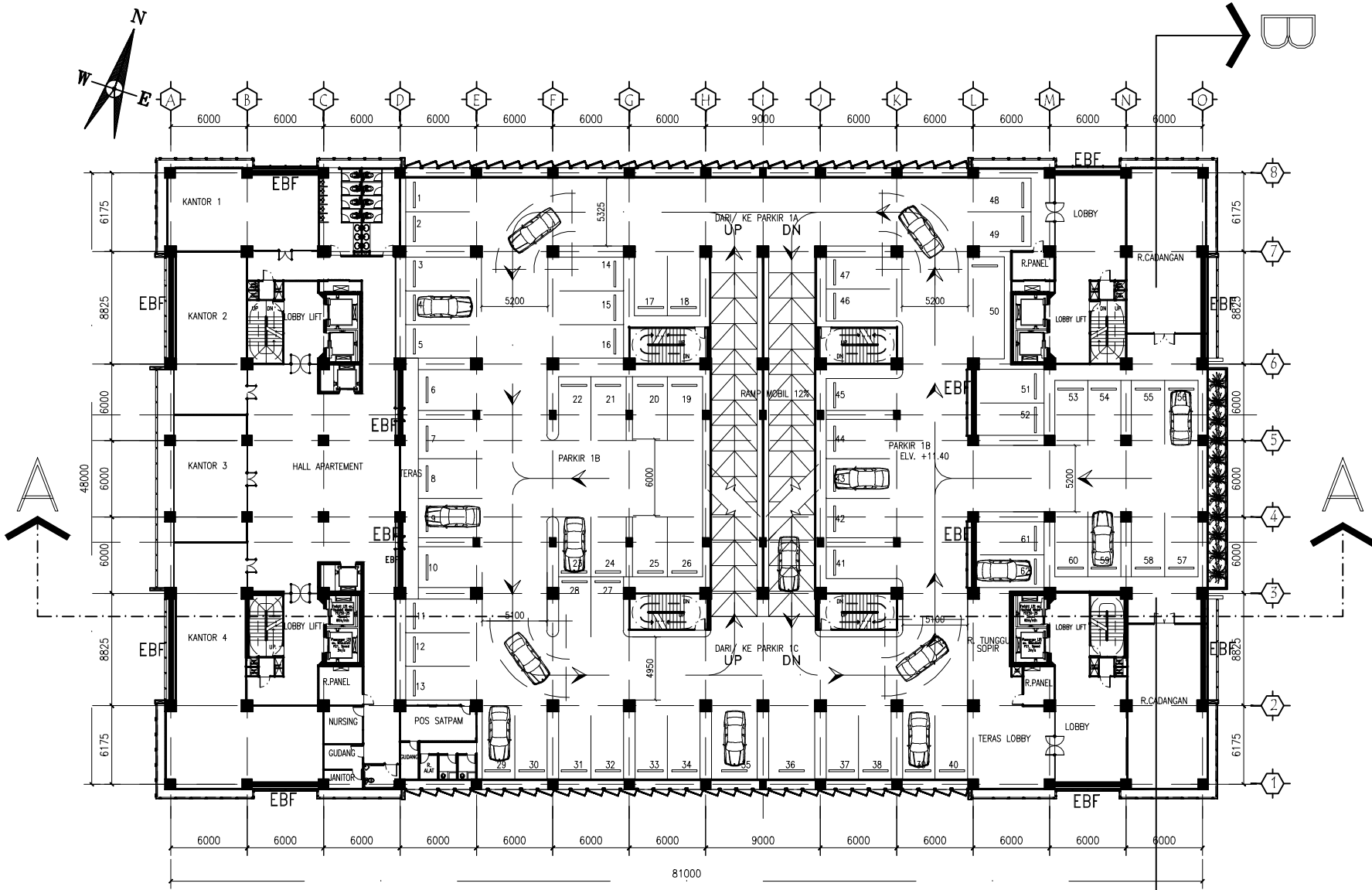
KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH Lt. P3	1 : 120

DENAH Lt. P3

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
03	31	19-01-2017

03 31 19-01-2017



DENAH LANTAI P3

SKALA 1 : 100





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartemen
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan Concreted Filled
Steel Tube dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH Lt. 5

SKALA

1 : 150

NO LEMBAR

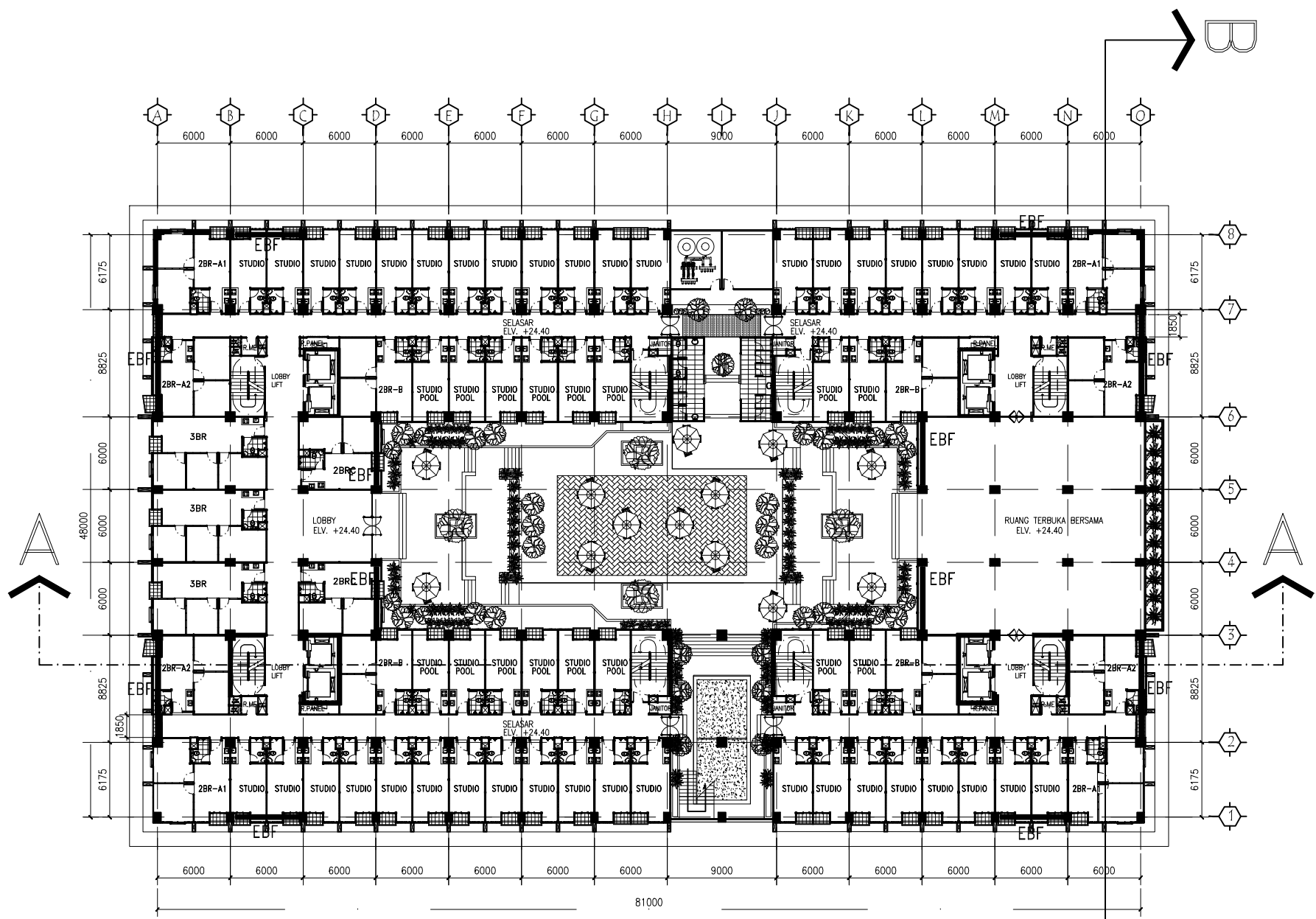
04

JUMLAH LEMBAR

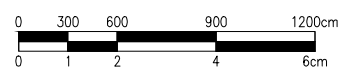
31

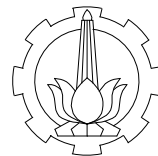
TANGGAL

19-01-2017



DENAH KESELURUHAN LANTAI 5
SKALA 1 : 150





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concrete Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

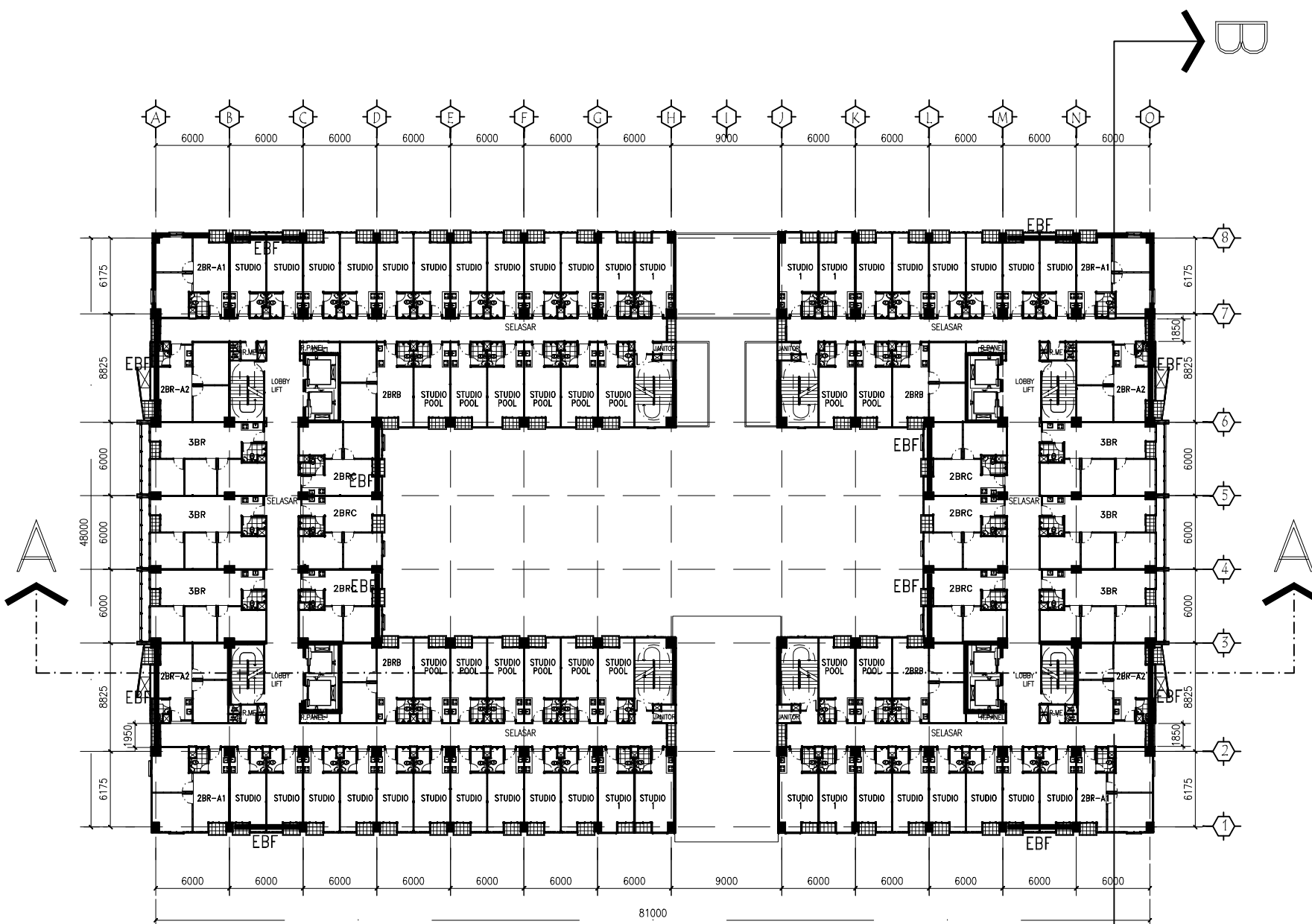
KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH Lt. 6 s/d 19	1 : 150

DENAH Lt. 6 s/d 19

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
05	31	19-01-2017

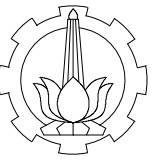
05 31 19-01-2017



DENAH KESELURUHAN LANTAI HUNIAN 6 s/d 19

SKALA 1 : 150





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartemen
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

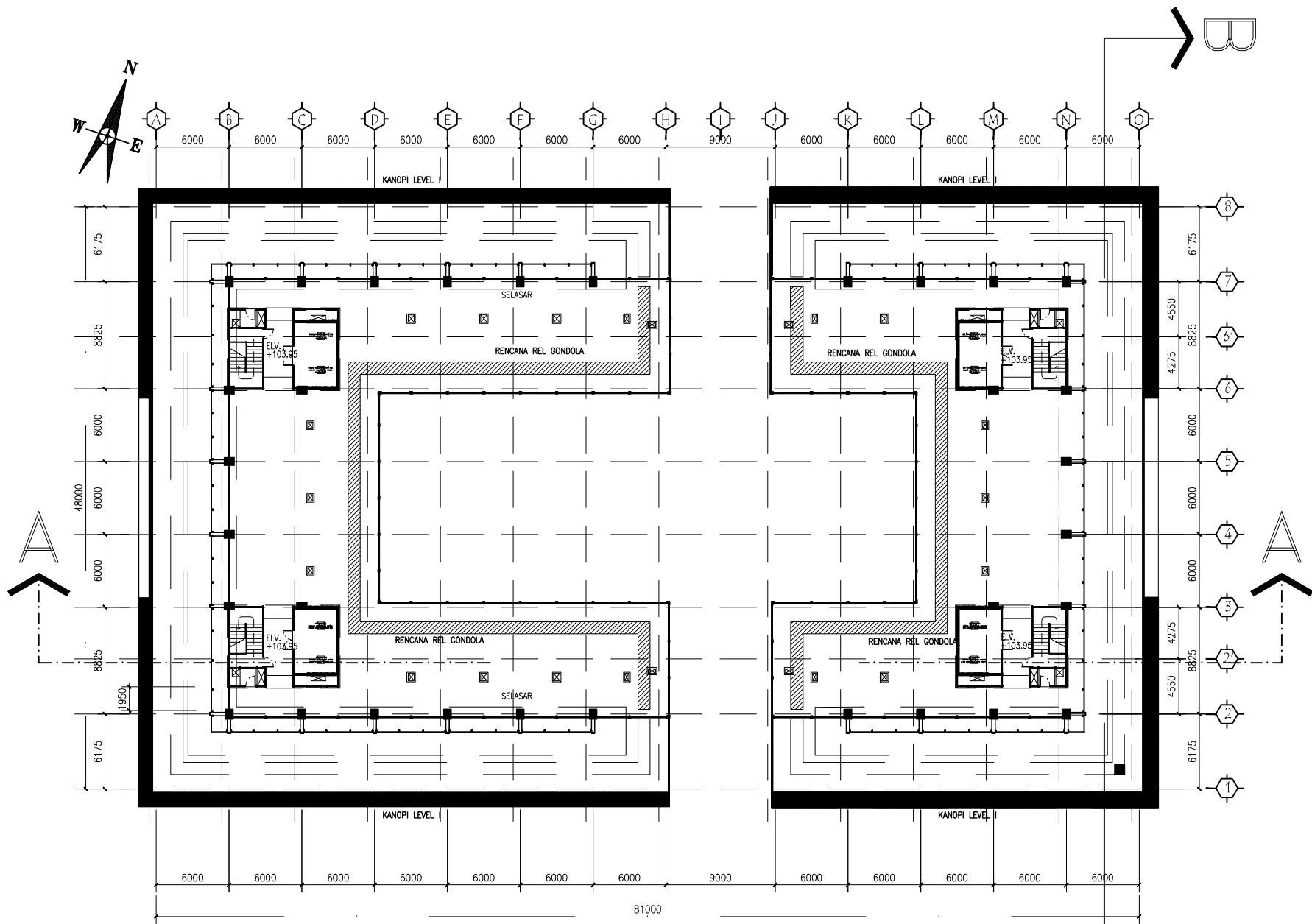
KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH ATAP	1 : 120

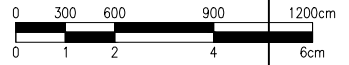
DENAH ATAP

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
06	31	19-01-2017

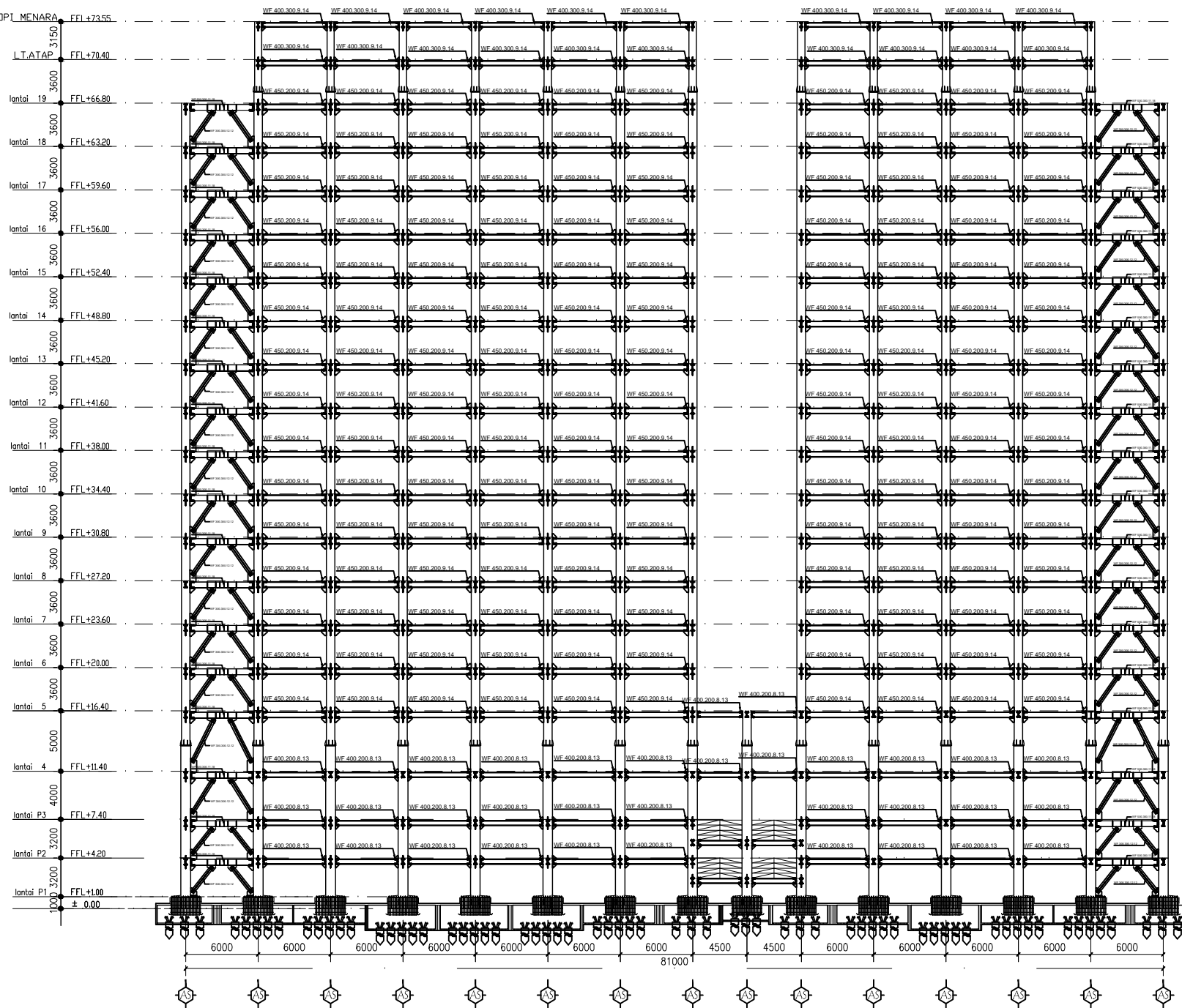
06 31 19-01-2017



DENAH ATAP
SKALA 1 : 120



FIN. TOPI MENARA FFL+73.55



POTONGANA-A
SKALA: 1:20
0 200 400 800 1200cm
0 1 2 4 6cm



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN
MEMANJANG (A-A)

SKALA

1 : 100

NO LEMBAR

07

JUMLAH
LEMBAR

31

TANGGAL

19-01-2017

FIN. TOPI MENARA FIN. TOPI MENARA FFL+73.55

L.T. ATAP FFL+70.40

lantai 19 FFL+66.80

lantai 18 FFL+63.20

lantai 17 FFL+59.60

lantai 16 FFL+56.00

lantai 15 FFL+52.40

lantai 14 FFL+48.80

lantai 13 FFL+45.20

lantai 12 FFL+41.60

lantai 11 FFL+38.00

lantai 10 FFL+34.40

lantai 9 FFL+30.80

lantai 8 FFL+27.20

lantai 7 FFL+23.60

lantai 6 FFL+20.00

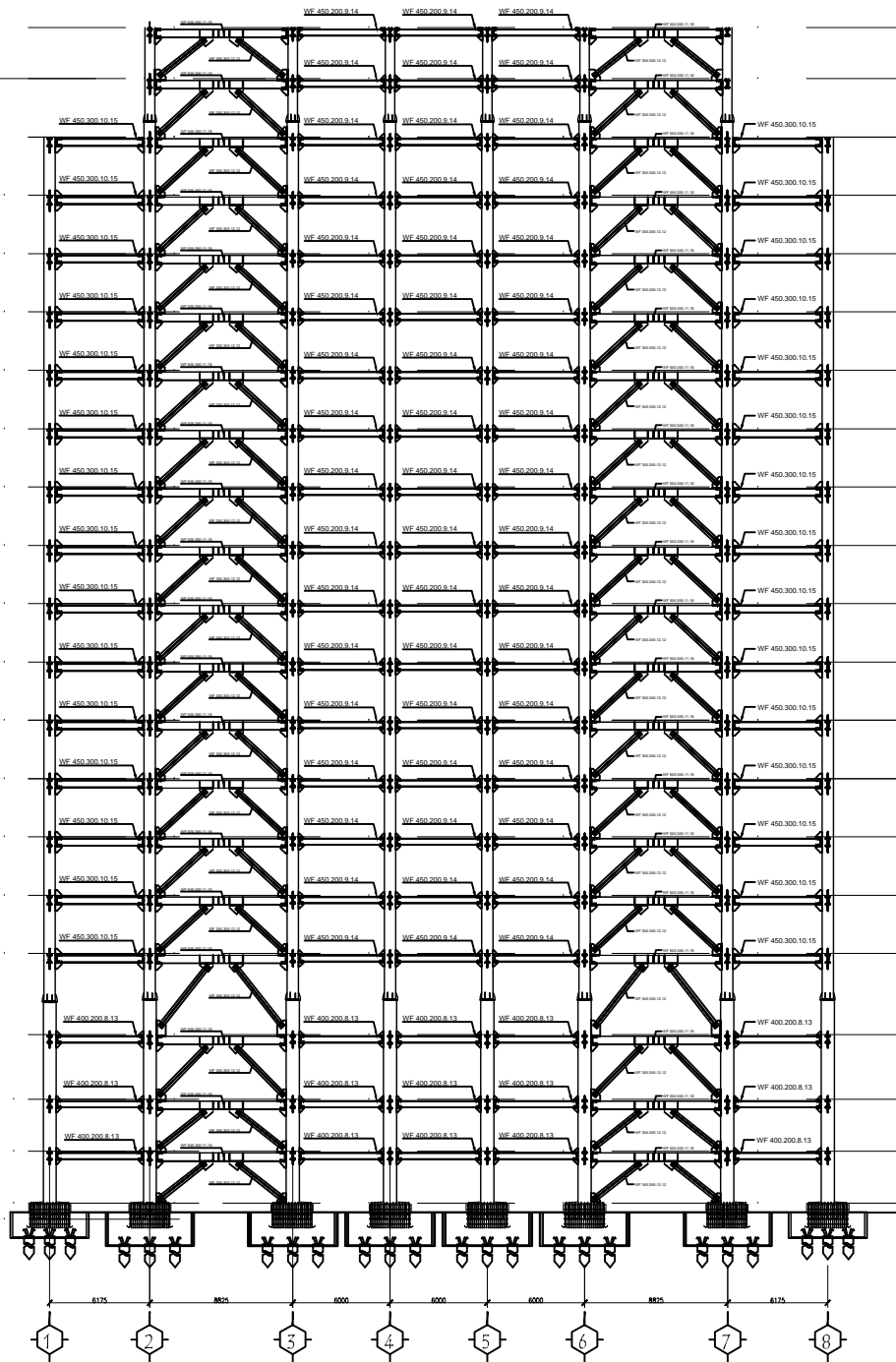
lantai 5 FFL+16.40

lantai 4 FFL+11.40

lantai P3 FFL+7.40

lantai P2 FFL+4.20

lantai P1 FFL+1.00
± 0.00



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 120



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartemen
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

**APARTEMEN BALE
HINGGIL**

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN
MELINTANG (B-B)

SKALA

1 : 120

NO LEMBAR

08

JUMLAH
LEMBAR

31

TANGGAL

19-01-2017



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartemen
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK DEPAN

1 : 100

NO LEMBAR

JUMLAH
LEMBAR

TANGGAL

09

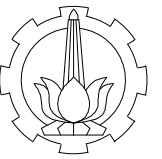
31

19-01-2017



TAMPAK DEPAN
SKALA 1 : 100





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartemen
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK SAMPING

1 : 100

NO LEMBAR

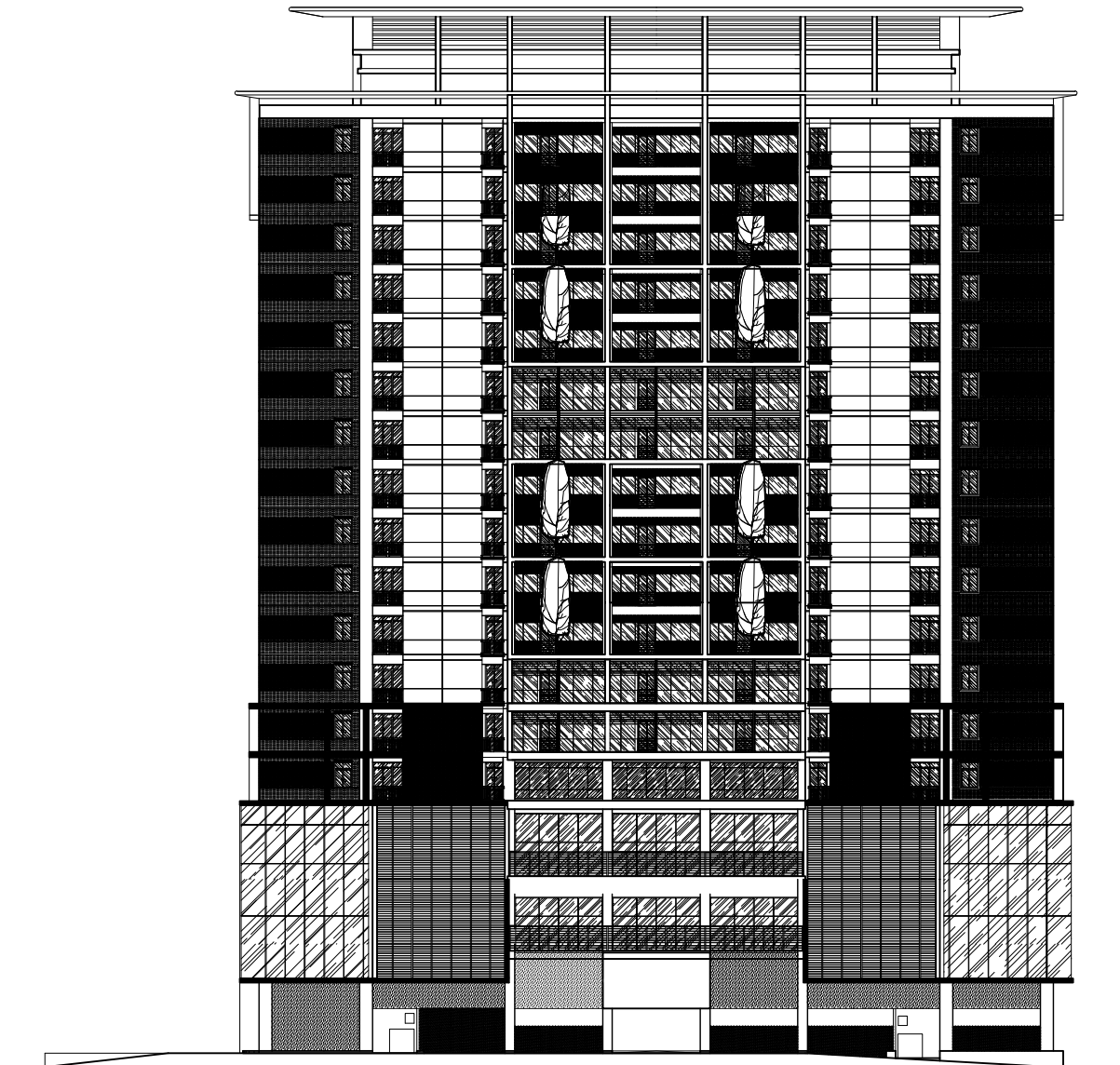
JUMLAH
LEMBAR

TANGGAL

10

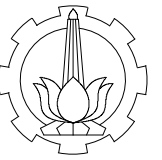
31

19-01-2017



TAMPAK SAMPING
SKALA 1 : 100





Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
 Apartement
 BALE HINGGIL dengan
 Menggunakan *Concreted Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
 HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x8x12
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x10x16
BA4	WF 200x150x6x9
BA5	WF 300x200x8x12
BA6	WF 250x125x6x9
B11	WF 400x300x10x16
B12	WF 400x200x8x13
B13	WF 450x200x8x13
B14	WF 350x250x8x12
B15	WF 400x300x9x14
K1	CFT 800x800x25x25

JUDUL GAMBAR

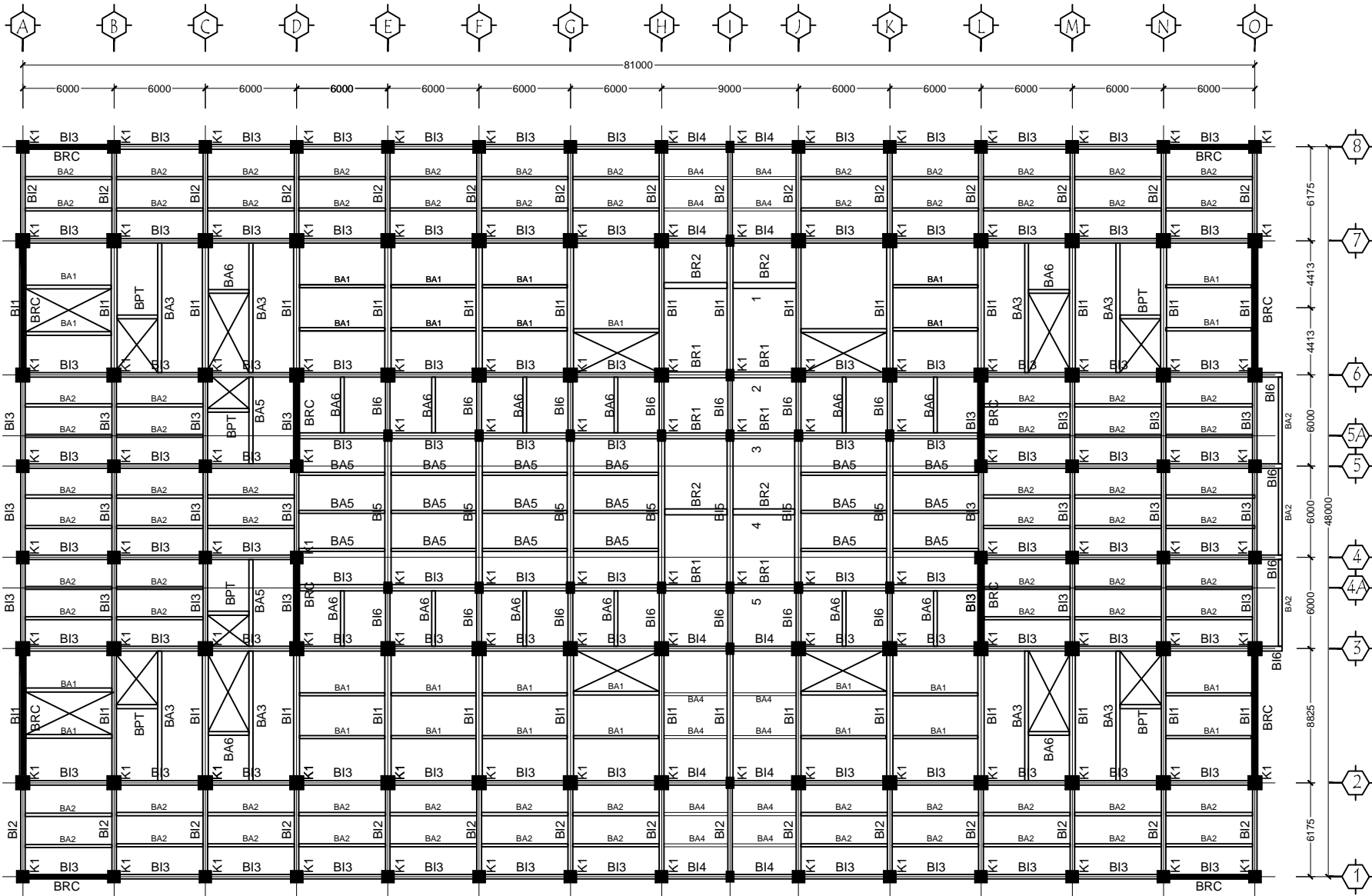
DENAH RENCANA
 BALOK KOLOM Lt. P1, P2

SKALA

1 : 120

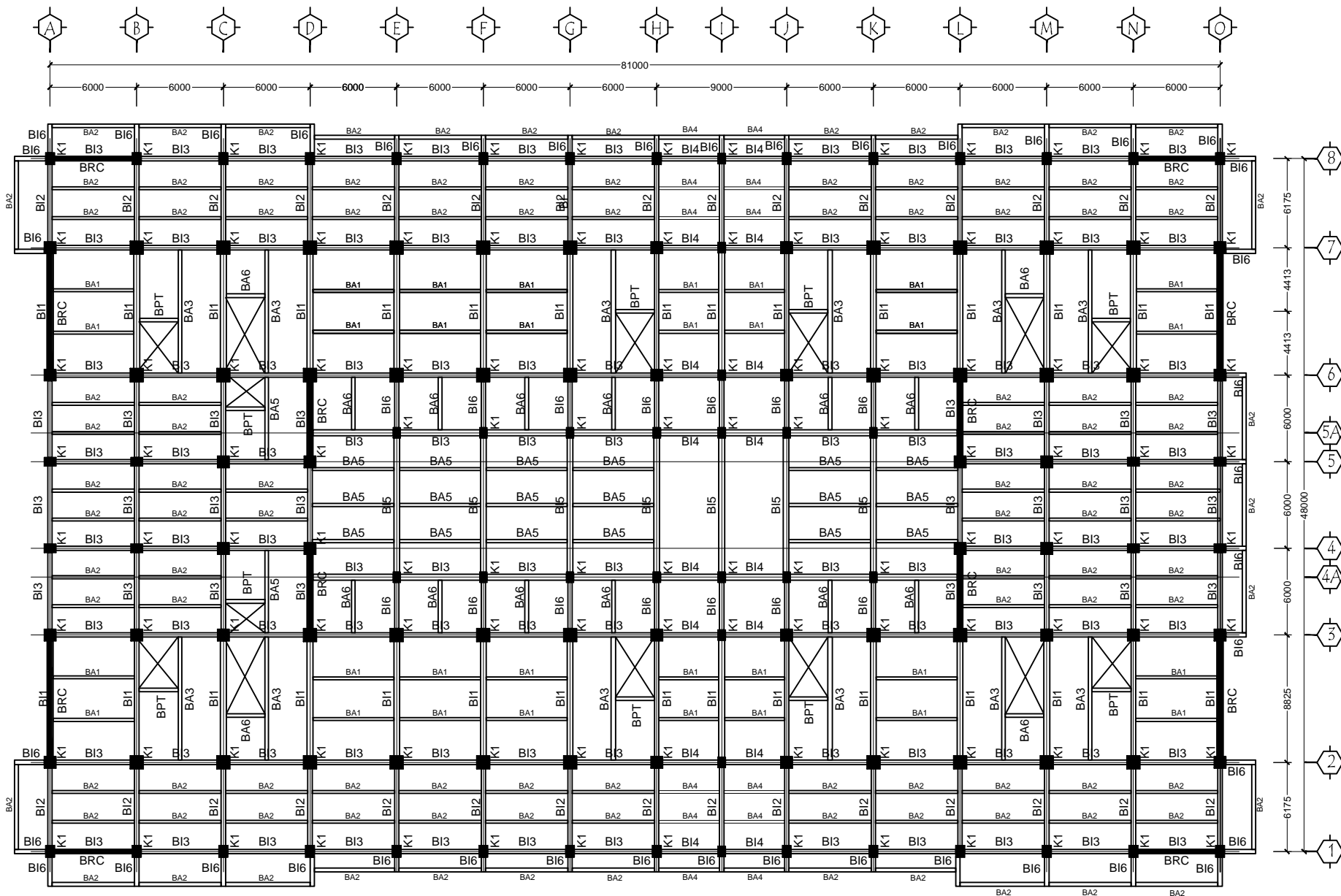
NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR TANGGAL

11 31 19-01-2017



DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. P1-P3

SKALA 1 : 100



DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. 4

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
 Apartemen
 BALE HINGGIL dengan
 Menggunakan *Concrete Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
 HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x9x14
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x10x16
BA4	WF 300x150x6,5x9
BA5	WF 300x200x8x12
BA6	WF 250x125x6x9
BA7	WF 400x300x10x16
B11	WF 400x300x10x16
B12	WF 450x300x10x15
B13	WF 450x200x9x14
B14	WF 450x200x8x12
B15	WF 450x300x10x15
B16	WF 400x300x10x16
K1	CFT 800x800x25x25

JUDUL GAMBAR

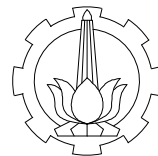
DENAH RENCANA
 BALOK KOLOM Lt. 4

SKALA

1 : 100

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
12	31	19-01-2017

12 31 19-01-2017



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
 Apartement
 BALE HINGGIL dengan
 Menggunakan *Concreted Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
 HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

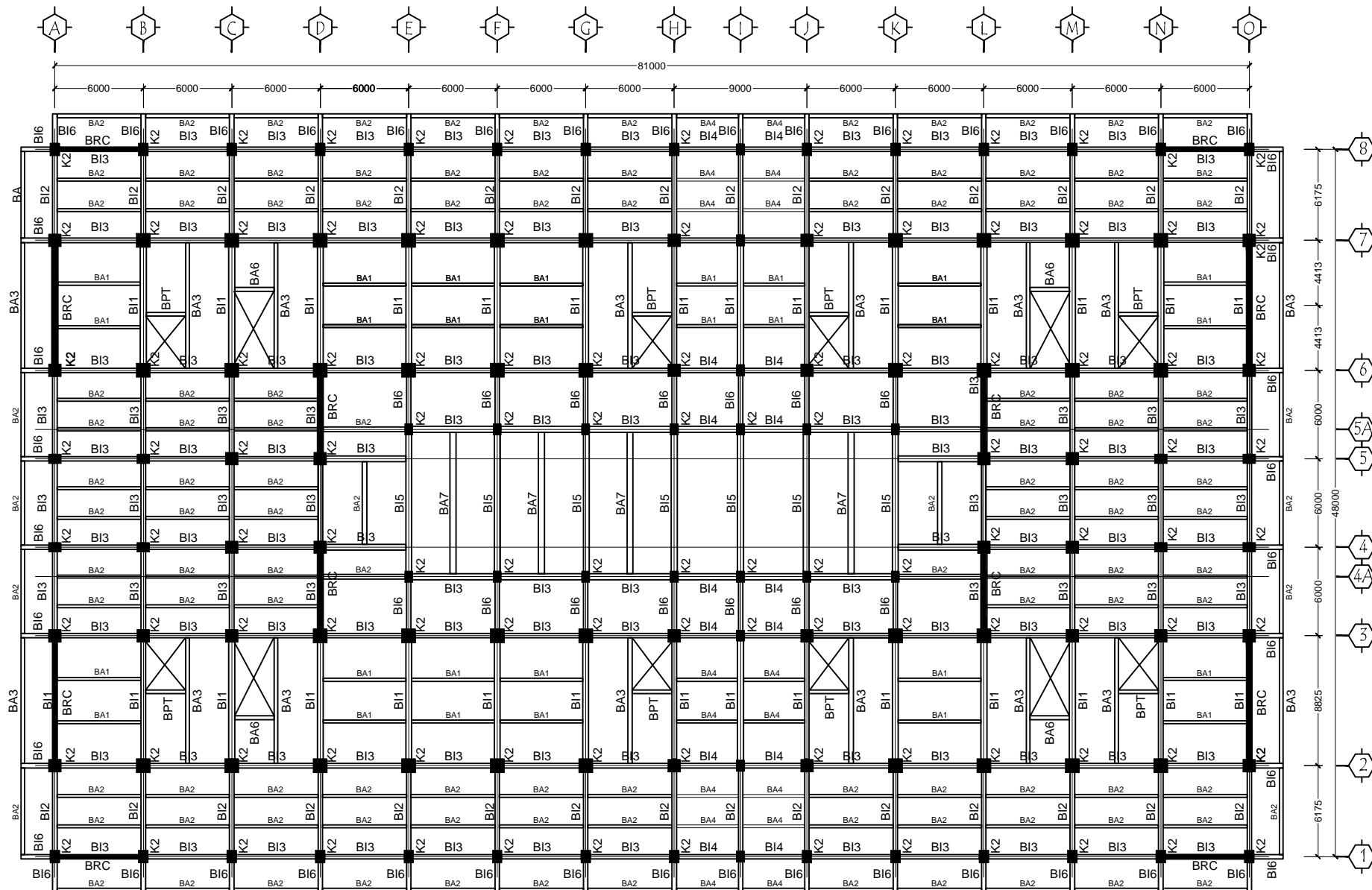
KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x9x14
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x10x16
BA4	WF 300x150x6.5x9
BA5	WF 300x200x8x12
BA6	WF 250x125x6x9
BA7	WF 400x300x10x16
BI1	WF 400x300x10x16
BI2	WF 450x300x10x15
BI3	WF 450x200x9x14
BI4	WF 450x200x8x12
BI5	WF 450x300x10x15
BI6	WF 400x300x10x16
K2	CFT 700x700x22x22

JUDUL GAMBAR SKALA

DENAH RENCANA
 BALOK KOLOM Lt. 5
 1 : 100

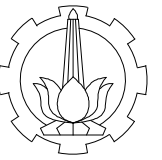
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
13	31	19-01-2017

13 31 19-01-2017



DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. 5

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
 Apartement
 BALE HINGGIL dengan
 Menggunakan *Concreted Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
 HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x9x14
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x10x16
BA4	WF 300x150x6.5x9
BA5	WF 300x200x8x12
BA6	WF 250x125x6x9
BA7	WF 400x300x10x16
B11	WF 400x300x10x16
B12	WF 450x300x10x15
B13	WF 450x200x9x14
B14	WF 450x200x8x12
B15	WF 450x300x10x15
B16	WF 400x300x10x16
K2	CFT 700x700x22x22

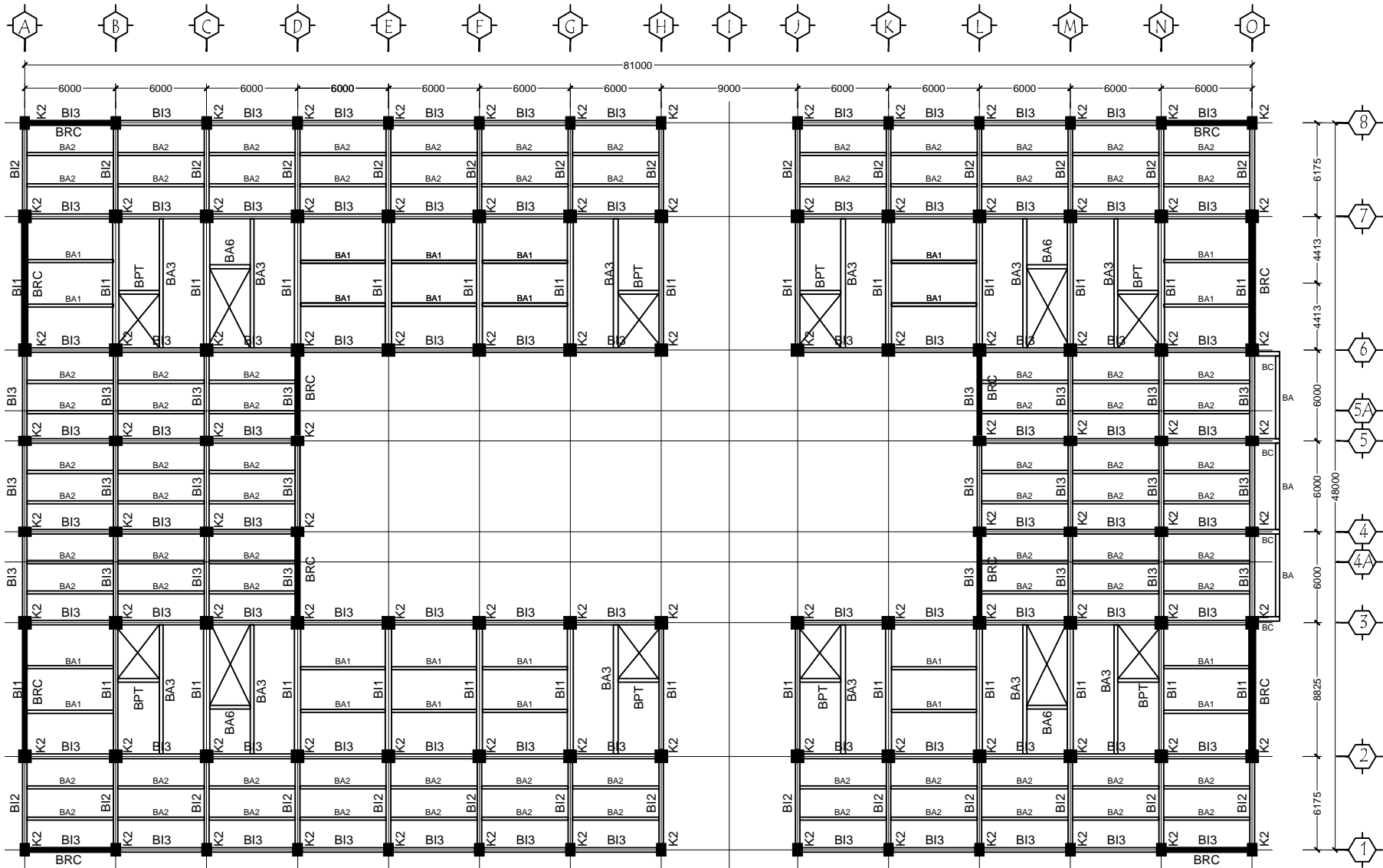
JUDUL GAMBAR SKALA

DENAH RENCANA
 BALOK KOLOM Lt. 6 s/d 19

1 : 100

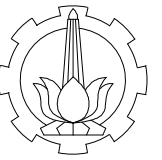
NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR TANGGAL

14 31 19-01-2017



DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. 6 s/d 19

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
 Apartement
 BALE HINGGIL dengan
 Menggunakan *Concreted Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE
 HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x8x12
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x9x14
BI1	WF 350x250x8x12
BI2	WF 400x300x9x14
K3	CFT 600x600x12x12

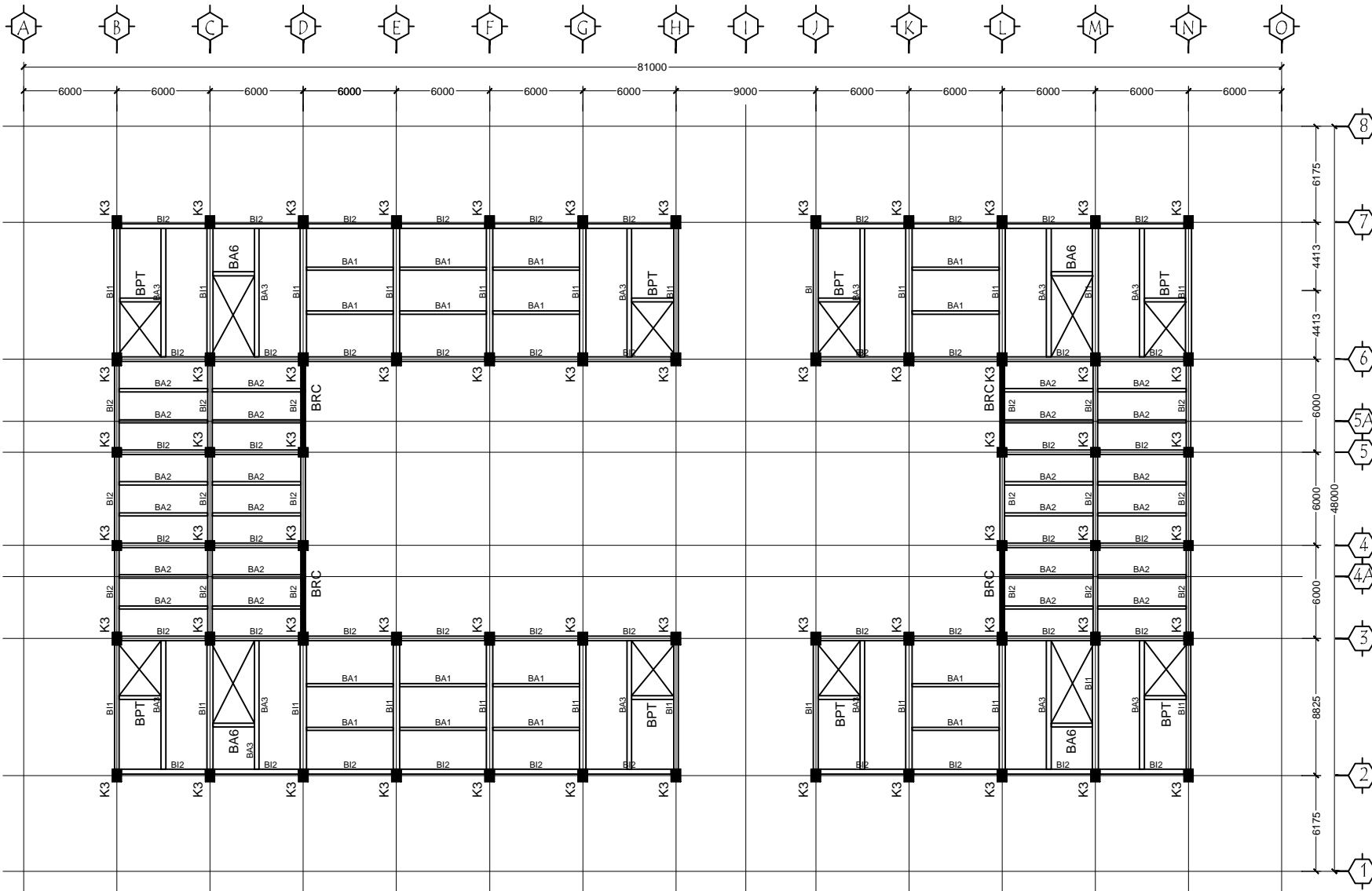
JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH RENCANA
 BALOK KOLOM Lt. 20

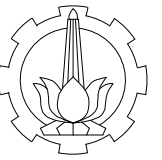
1 : 100

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
15	31	19-01-2017



DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. 20

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
 Apartement
 BALE HINGGIL dengan
 Menggunakan *Concreted Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
 HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA
 PONDASI DAN SLOOF

SKALA

1 : 100

NO LEMBAR

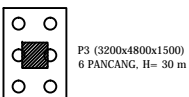
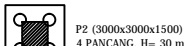
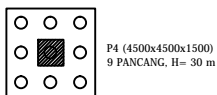
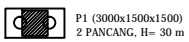
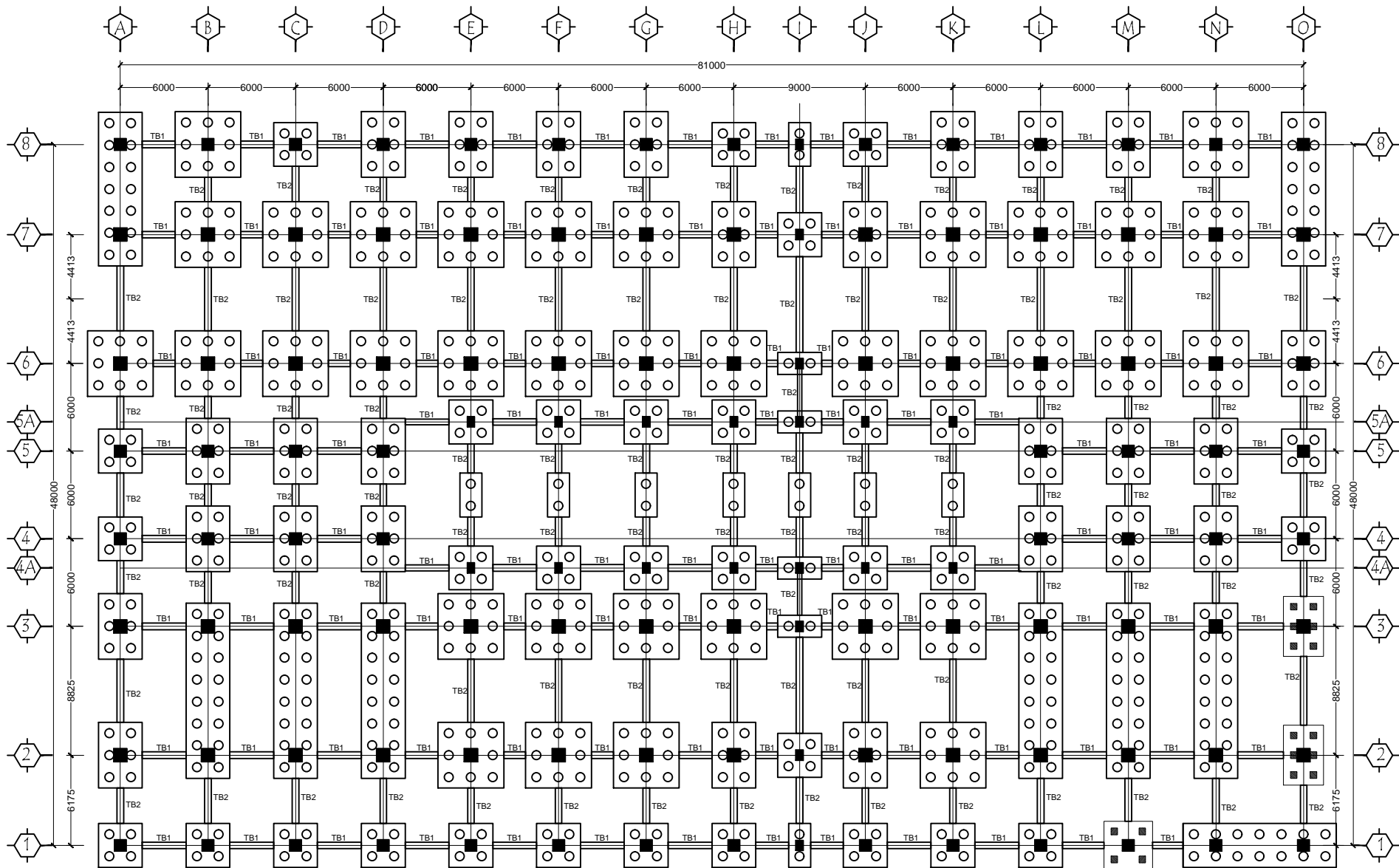
16

JUMLAH
 LEMBAR

31

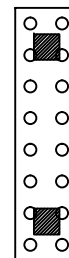
TANGGAL

19-01-2017

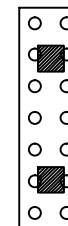


DENAH RENCANA PONDASI DAN SLOOF

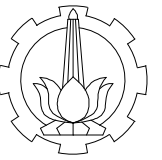
SKALA 1 : 100



P5 (3200x12800x1500)
 16 PANCANG, H= 30 m



P6 (3200x11200x1500)
 14 PANCANG, H= 30 m



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN
BALOK ANAK DAN BALOK INDUK
LANTAI P1-P3

1 : 5

NO LEMBAR

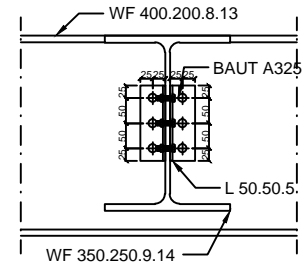
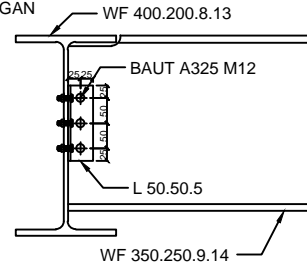
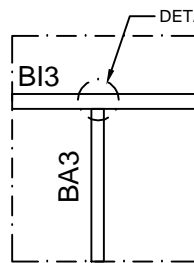
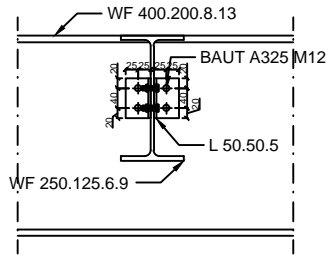
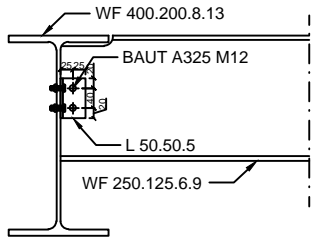
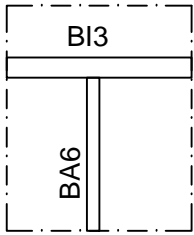
JUMLAH
LEMBAR

TANGGAL

17

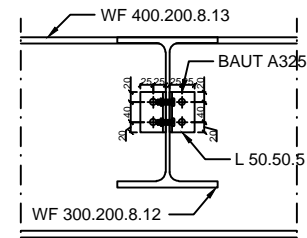
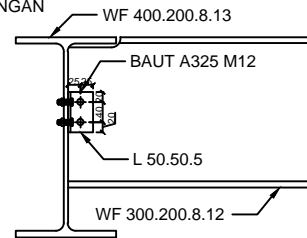
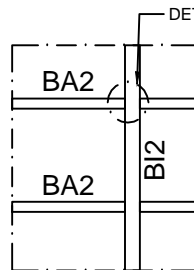
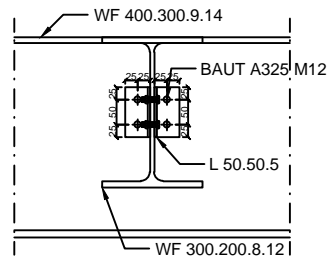
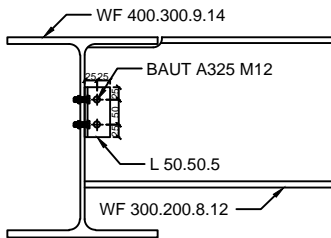
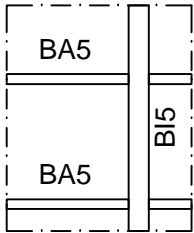
31

19-01-2017



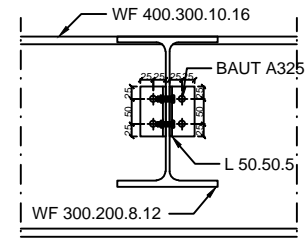
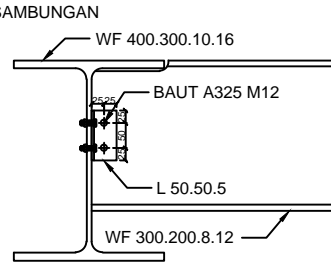
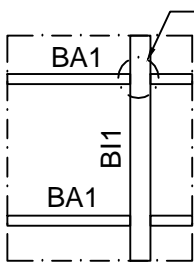
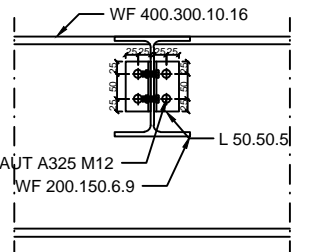
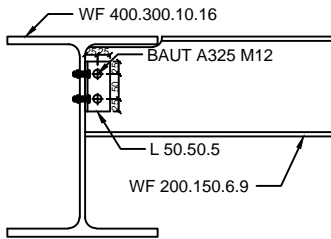
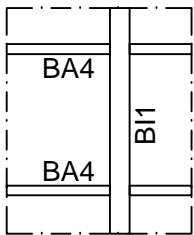
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA6 DAN BALOK INDUK BI3
SKALA 1 : 5

SAMBUNGAN BALOK ANAK BA3 DAN BALOK INDUK BI3
SKALA 1 : 5



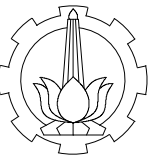
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA5 DAN BALOK INDUK BI5
SKALA 1 : 5

SAMBUNGAN BALOK ANAK BA2 DAN BALOK INDUK BI2
SKALA 1 : 5



SAMBUNGAN BALOK ANAK BA4 DAN BALOK INDUK BI1
SKALA 1 : 5

SAMBUNGAN BALOK ANAK BA1 DAN BALOK INDUK BI1
SKALA 1 : 5



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN
BALOK ANAK DAN BALOK INDUK
LANTAI 4-19

1 : 5

NO LEMBAR

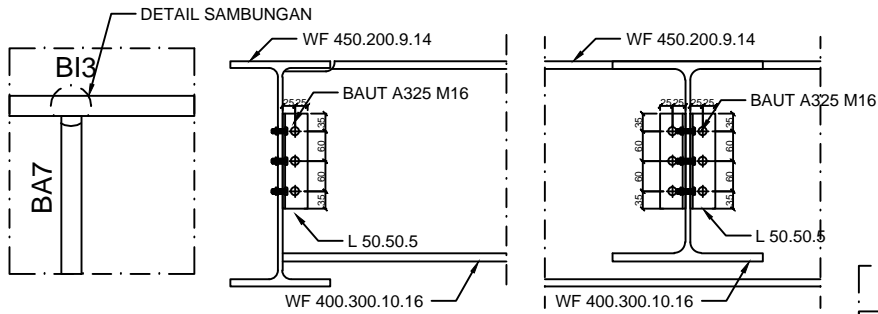
JUMLAH
LEMBAR

TANGGAL

18

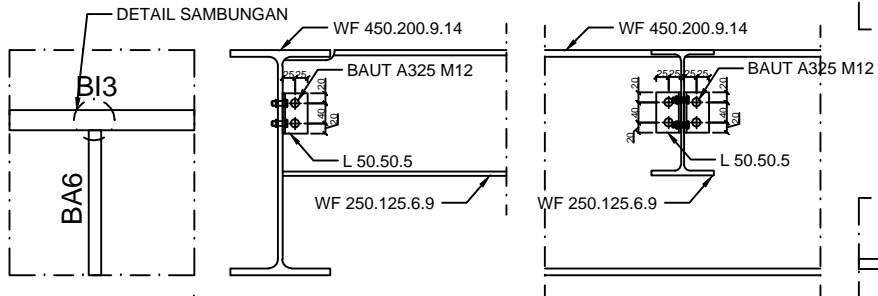
31

19-01-2017



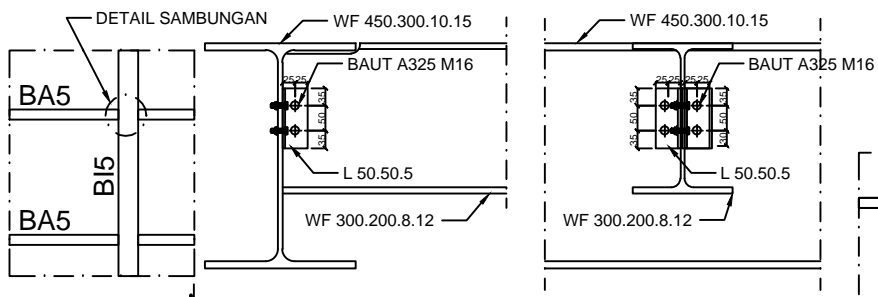
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA7 DAN BALOK INDUK BI3

SKALA 1 : 5



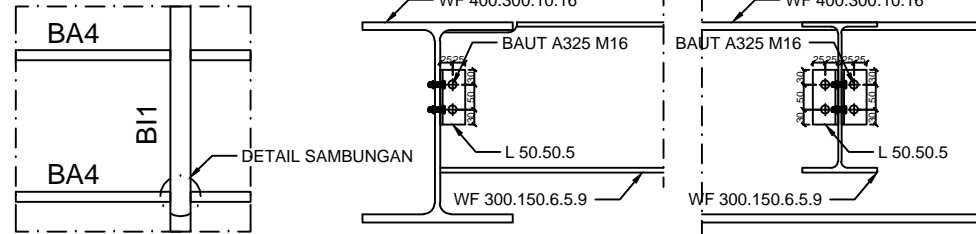
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA6 DAN BALOK INDUK BI3

SKALA 1 : 5



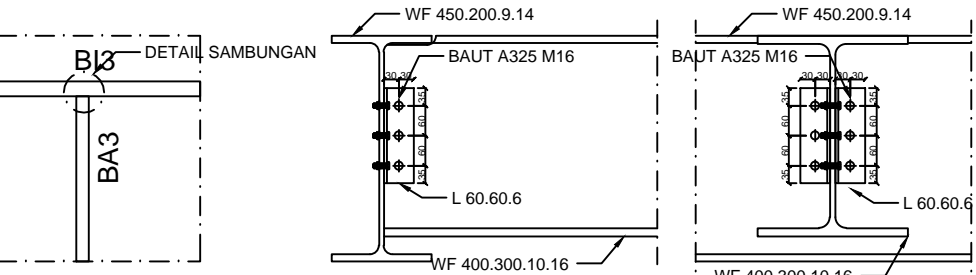
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA5 DAN BALOK INDUK BI5

SKALA 1 : 5



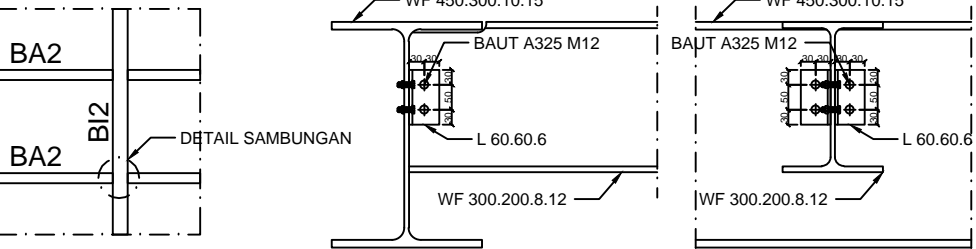
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA4 DAN BALOK INDUK BI1

SKALA 1 : 5



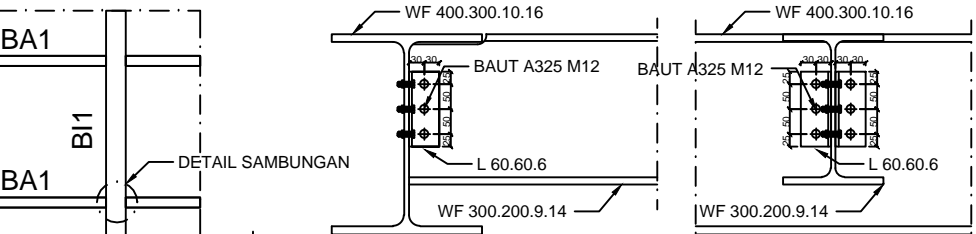
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA3 DAN BALOK INDUK BI3

SKALA 1 : 5



SAMBUNGAN BALOK ANAK BA2 DAN BALOK INDUK BI2

SKALA 1 : 5



SAMBUNGAN BALOK ANAK BA1 DAN BALOK INDUK BI1

SKALA 1 : 5



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan Apartement BALE HINGGIL dengan Menggunakan *Concreted Filled Steel Tube* dan *Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK ANAK DAN BALOK INDUK LANTAI 20

SKALA

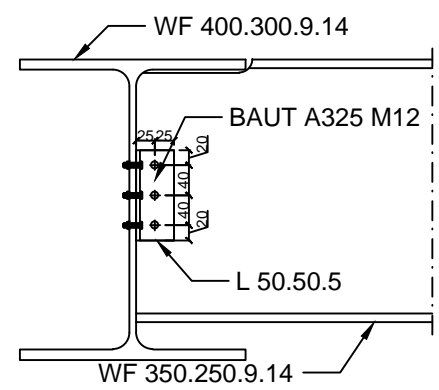
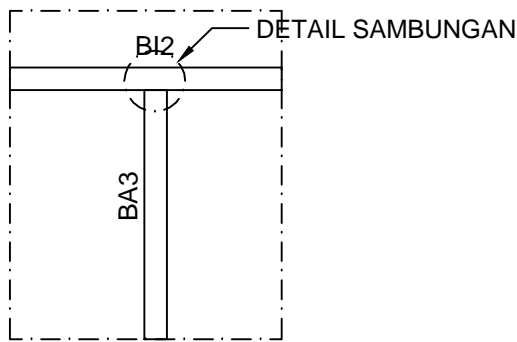
1 : 5

NO LEMBAR

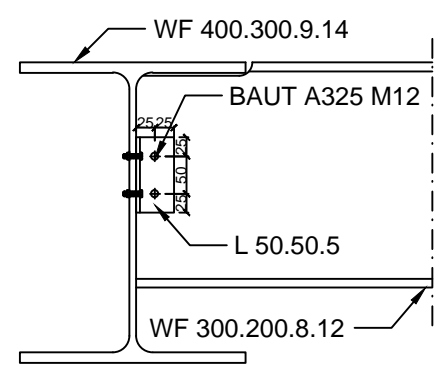
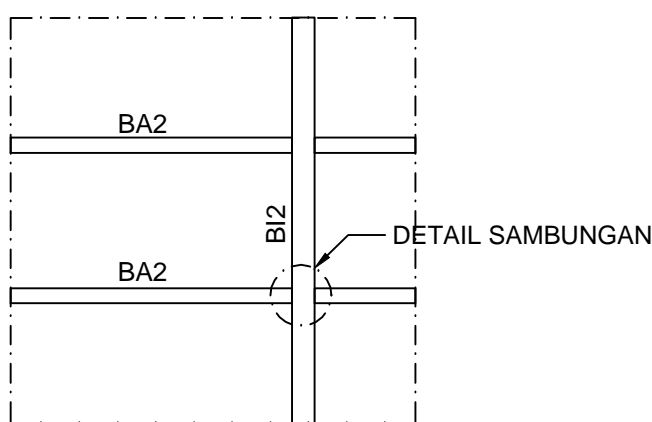
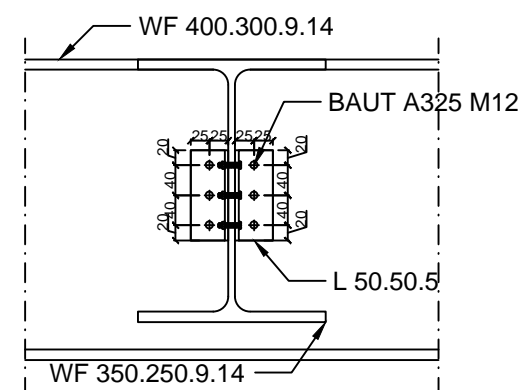
JUMLAH LEMBAR

TANGGAL

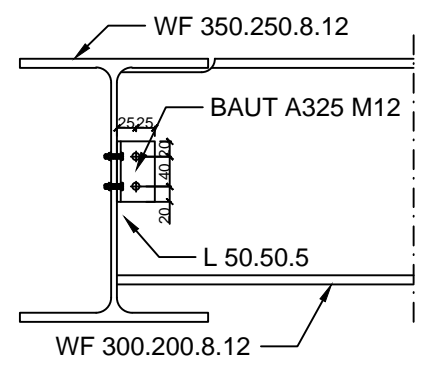
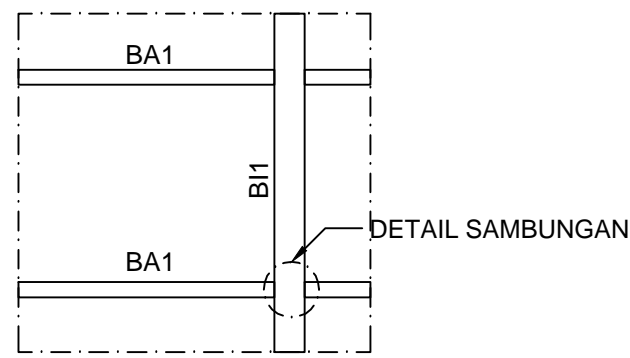
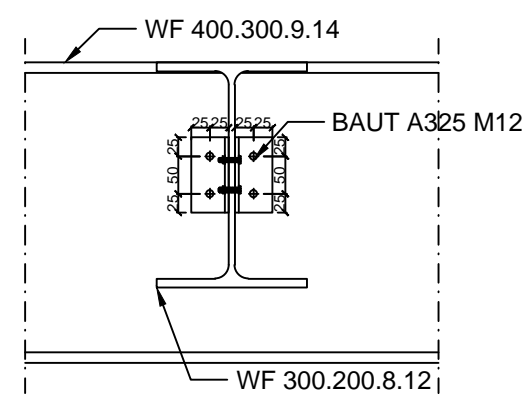
19 31 19-01-2017



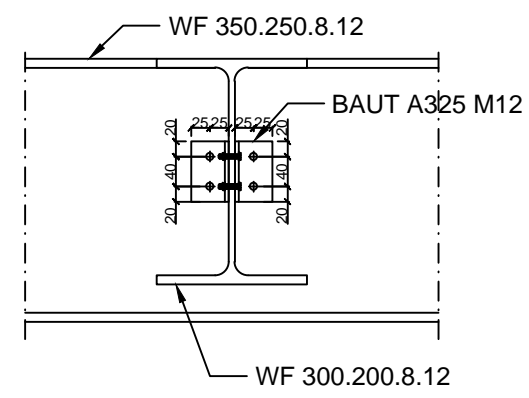
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA3 DAN BALOK INDUK BI2
SKALA 1 : 5



SAMBUNGAN BALOK ANAK BA2 DAN BALOK INDUK BI2
SKALA 1 : 5



SAMBUNGAN BALOK ANAK BA1 DAN BALOK INDUK BI1
SKALA 1 : 5





Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
 Apartement
 BALE HINGGIL dengan
 Menggunakan *Concreted Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE
 HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN
 BALOK DENGAN KOLOM

SKALA

1 : 10

NO LEMBAR

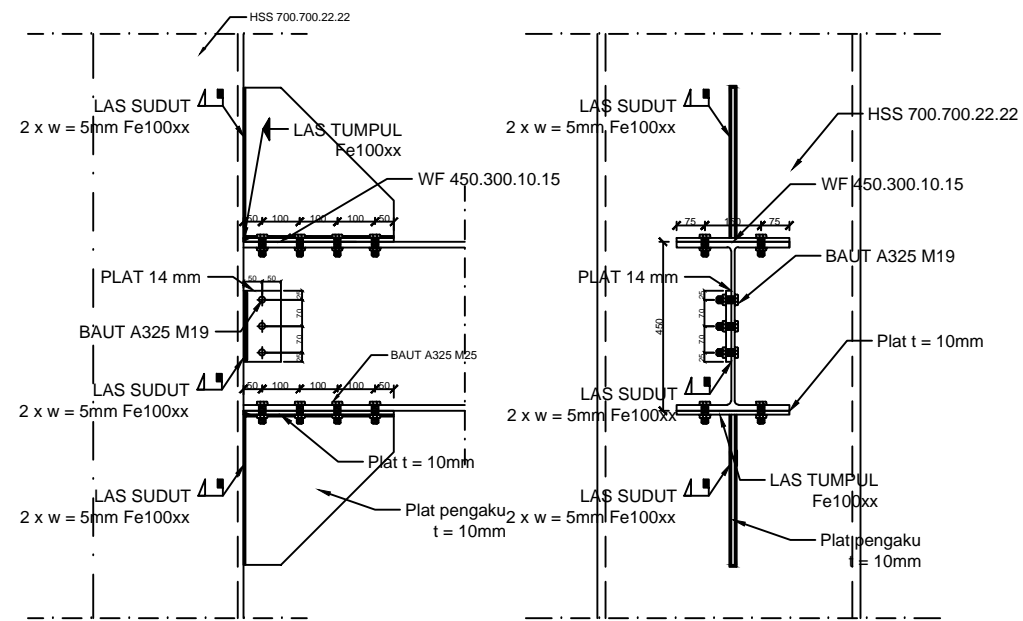
20

JUMLAH
 LEMBAR

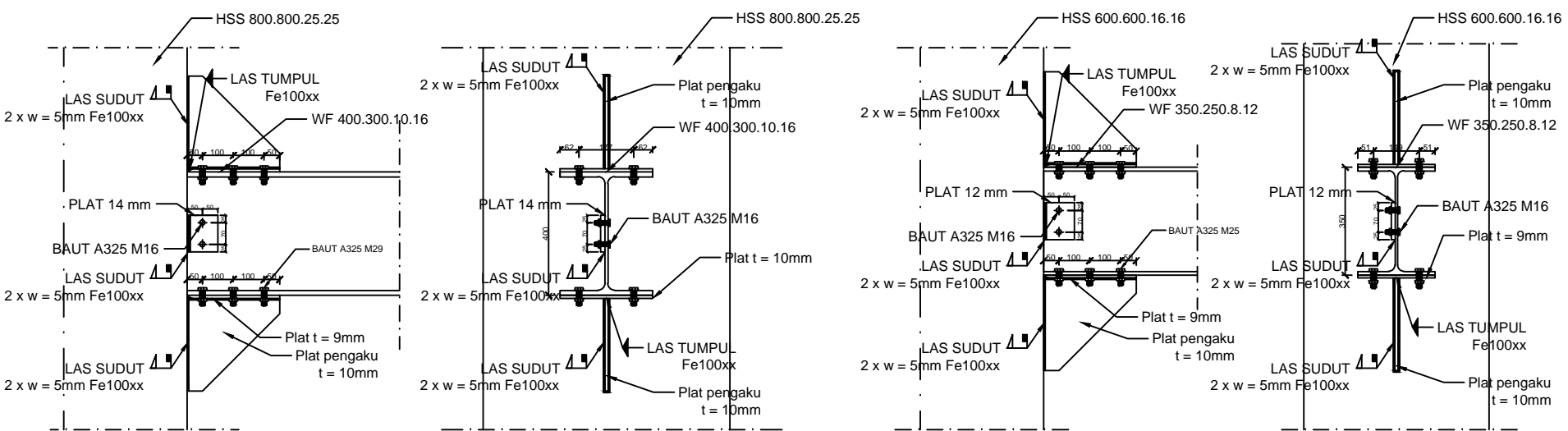
31

TANGGAL

19-01-2017

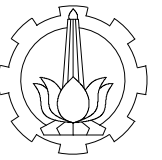


SAMBUNGAN BALOK INDUK KOLOM LT. 4-19
 SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN BALOK INDUK KOLOM LT. P1, P2, P3
 SKALA 1 : 10

SAMBUNGAN BALOK INDUK KOLOM LT. 20
 SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

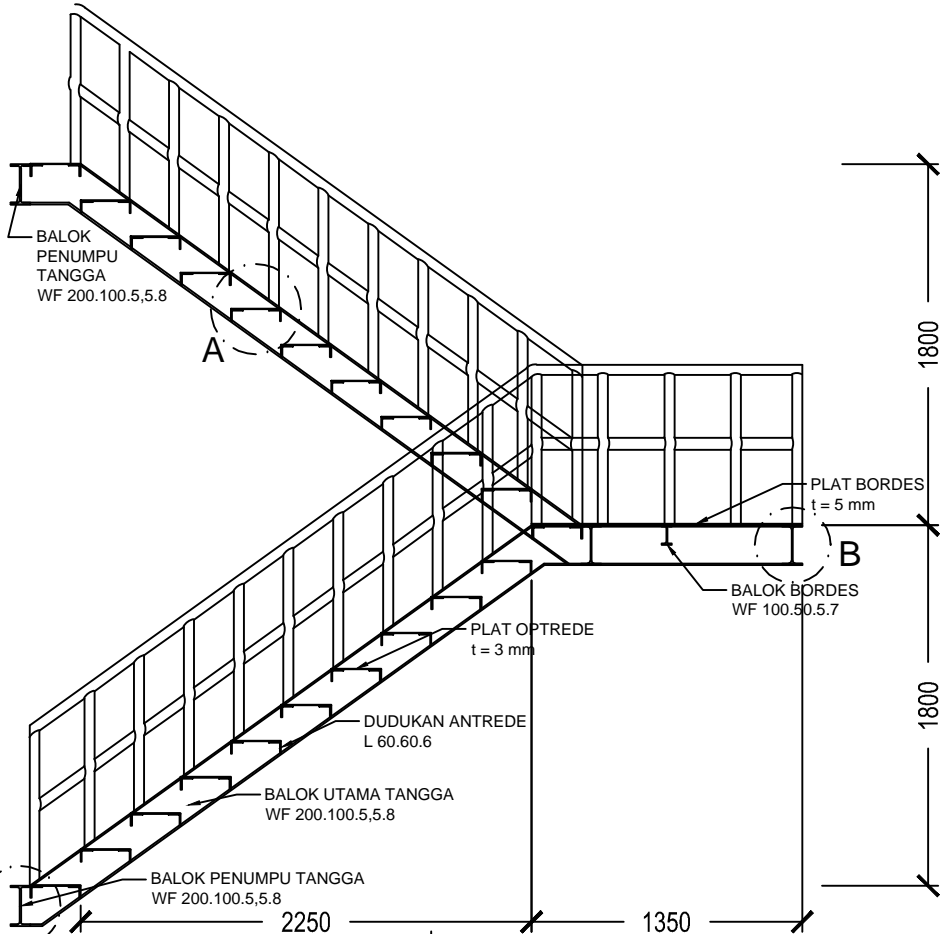
KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
PERENCANAAN TANGGA DAN DETAIL	1:150 1:10

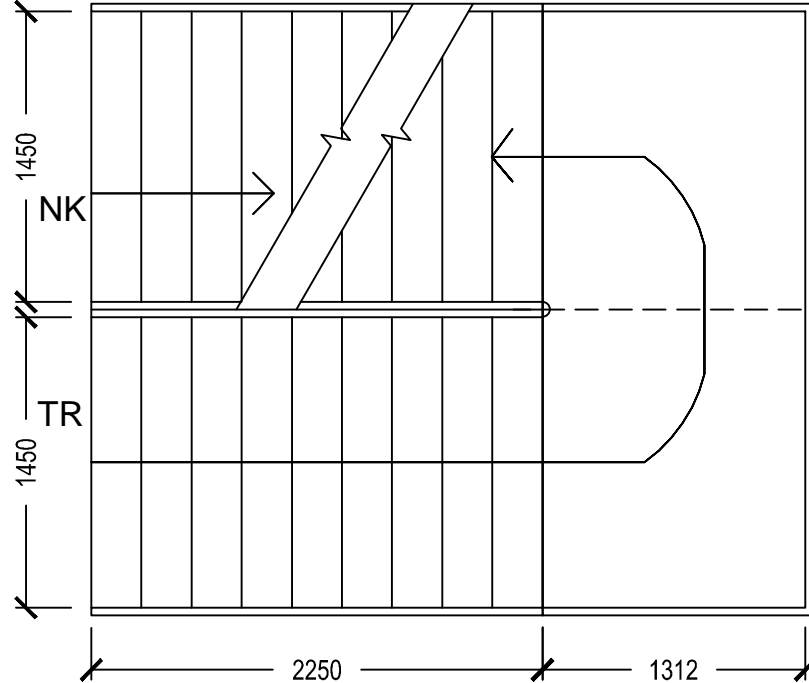
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
21	31	19-01-2017

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
21	31	19-01-2017

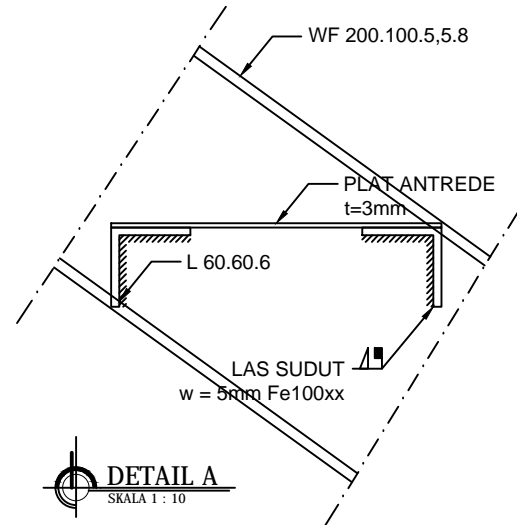
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
21	31	19-01-2017



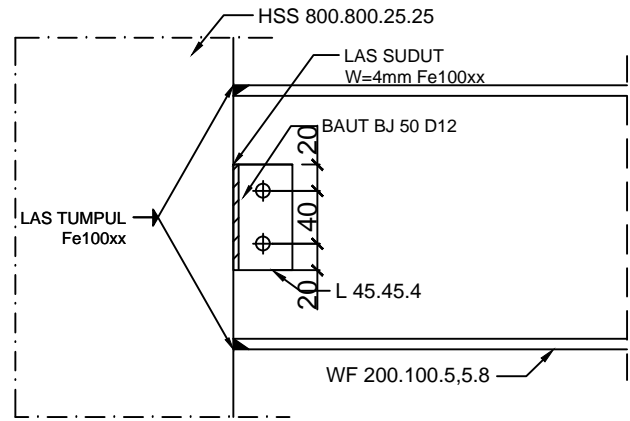
POTONGAN A-A
SKALA 1 : 150



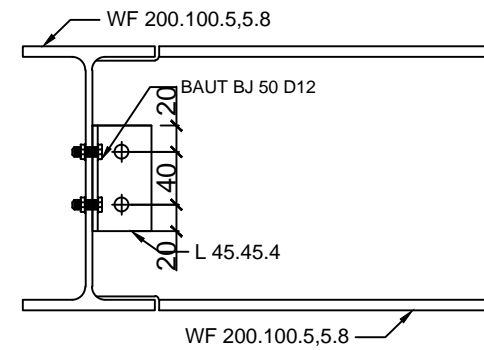
TAMPAK ATAS TANGGA
SKALA 1 : 150



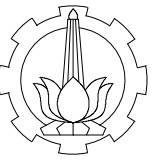
DETAIL A
SKALA 1 : 10



DETAIL B
SKALA 1 : 10



DETAIL C
SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil Dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
 Apartement
 BALE HINGGIL dengan
 Menggunakan *Concreted Filled
 Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
 HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

PERENCANAAN RAMP
 DAN DETAIL

1:80

1:10

NO LEMBAR

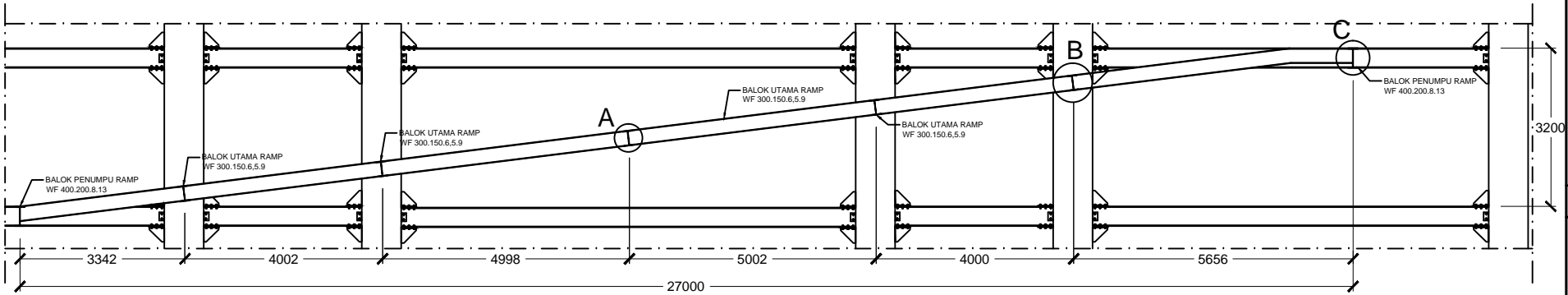
JUMLAH
 LEMBAR

TANGGAL

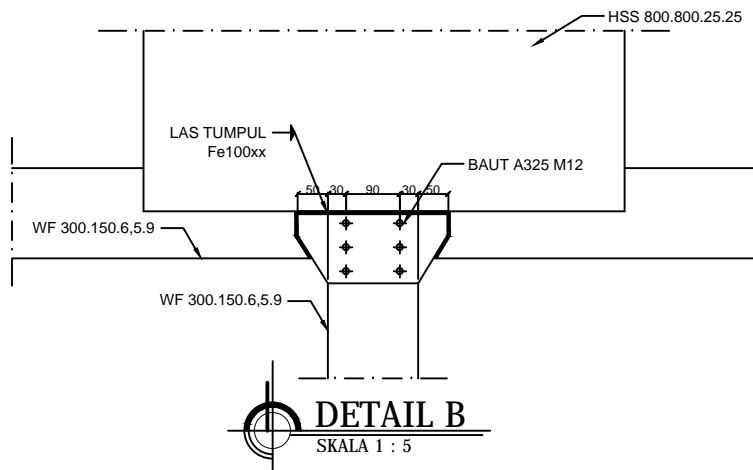
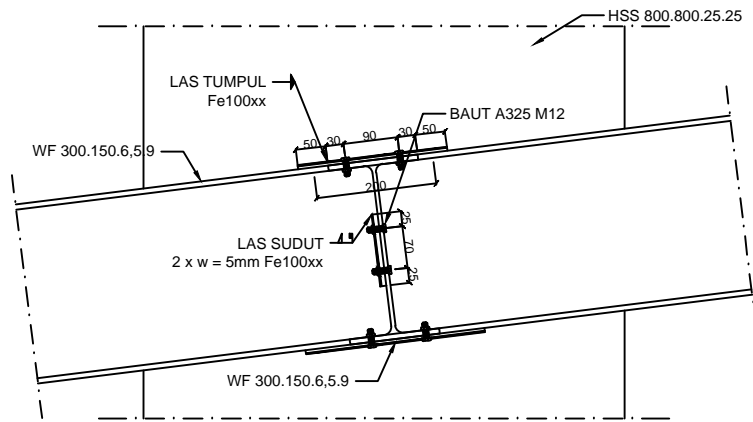
22

31

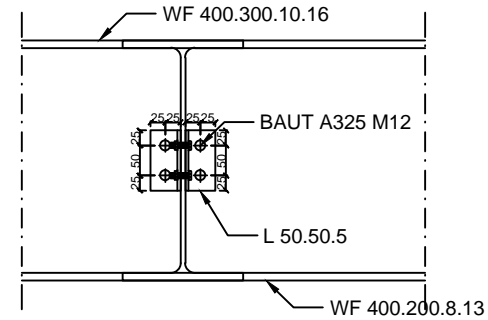
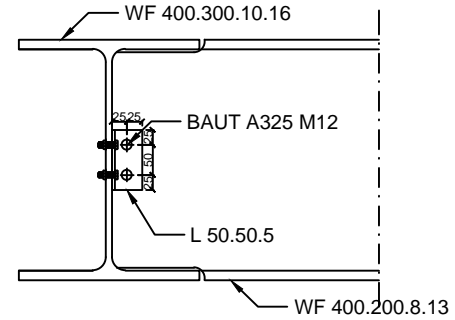
19-01-2017



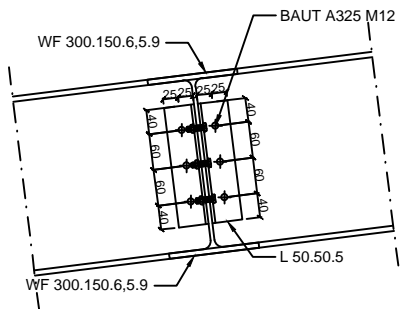
POTONGAN RAMP
 SKALA 1 : 80



DETAIL B
 SKALA 1 : 5



DETAIL C
 SKALA 1 : 5



DETAIL A
 SKALA 1 : 5



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

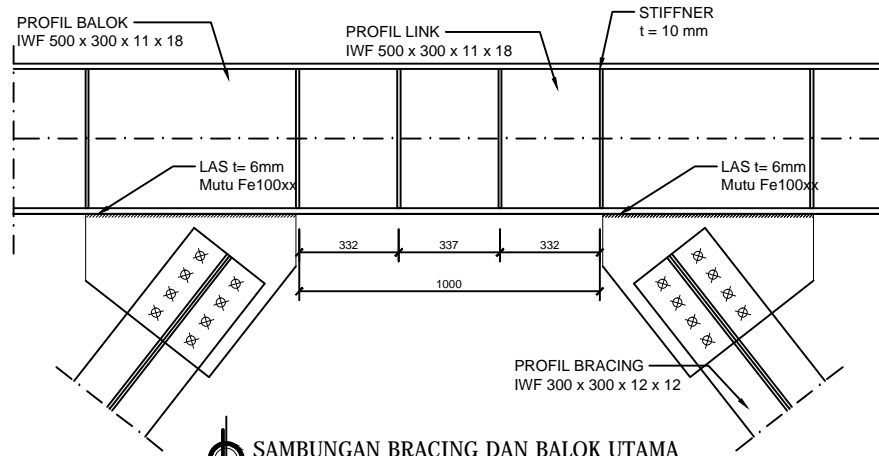
RYAN TOFIK

(3114106056)

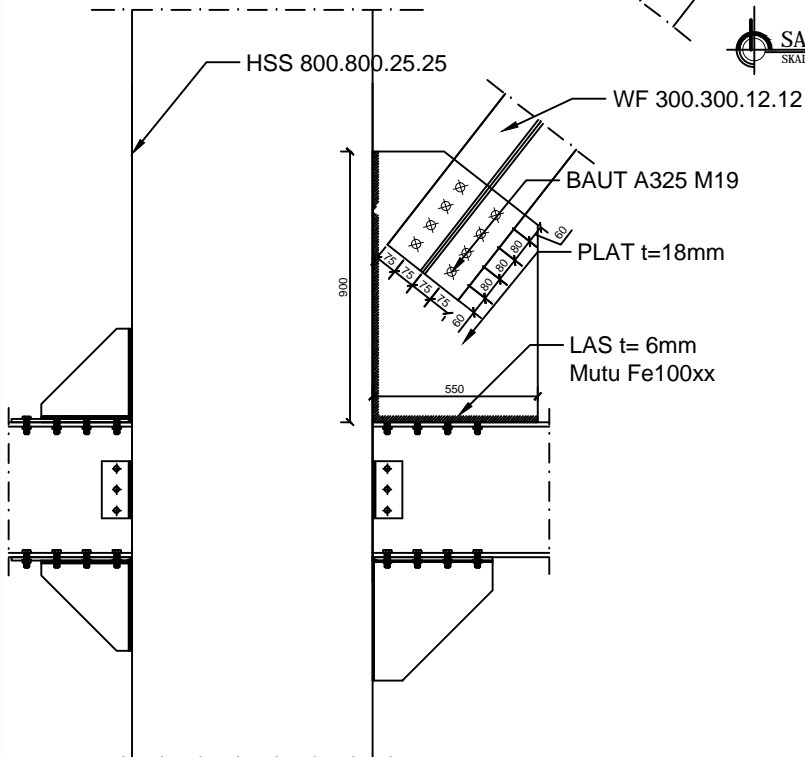
KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
SAMBUNGAN BRACING DENGAN KOLOM DAN BRACING DENGAN BALOK	1 : 10

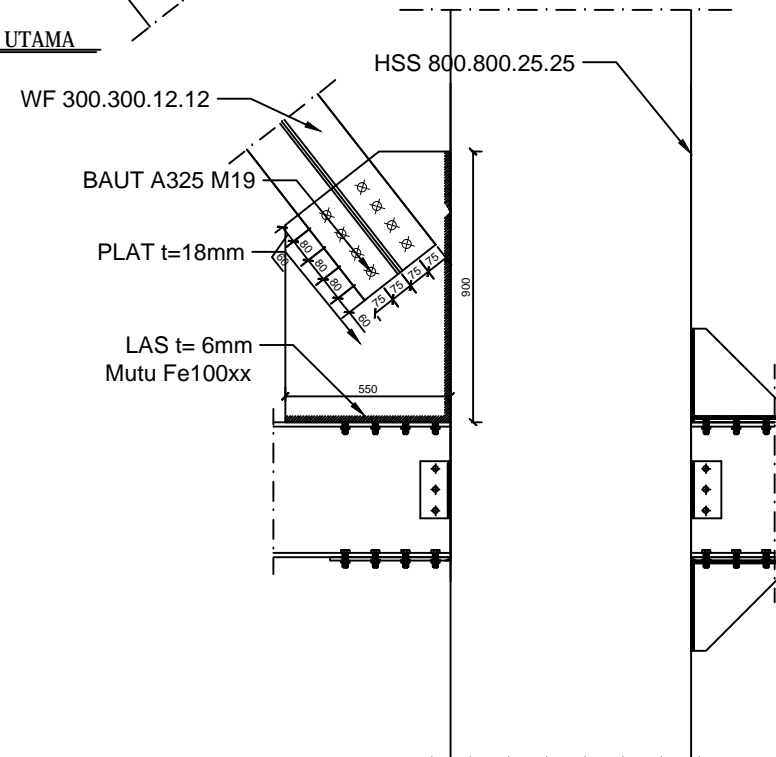
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
23	31	19-01-2017



SAMBUNGAN BRACING DAN BALOK UTAMA
SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN BRACING DAN KOLOM UTAMA KIRI
SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN BRACING DAN KOLOM UTAMA KANAN
SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan Apartement BALE HINGGIL dengan Menggunakan *Concreted Filled Steel Tube dan Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM DAN BASE PLATE

SKALA

1 : 10

NO LEMBAR

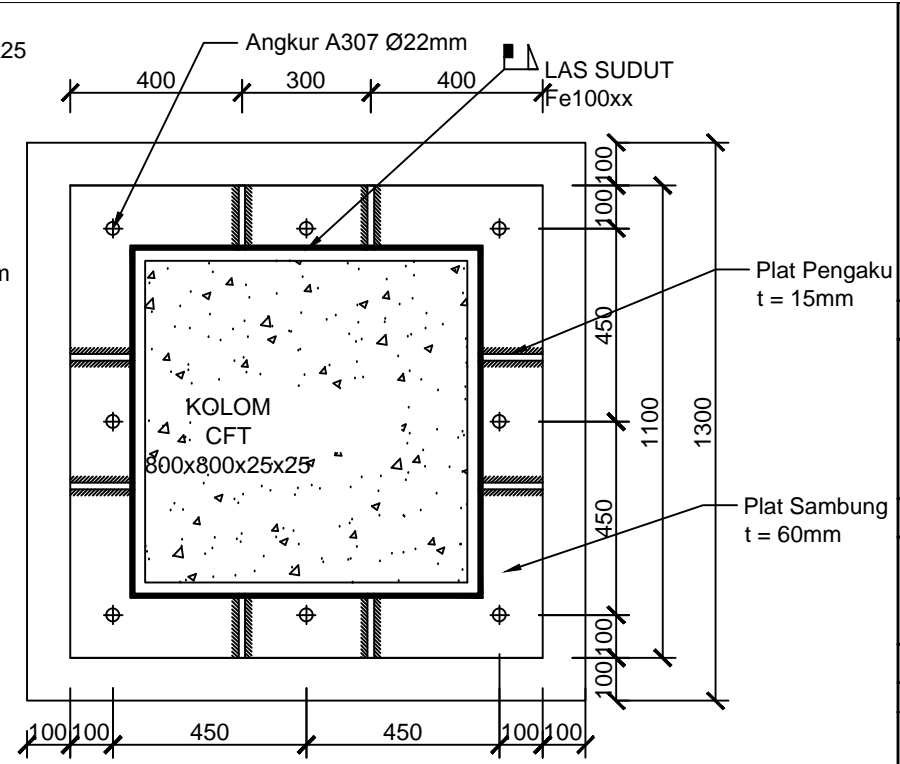
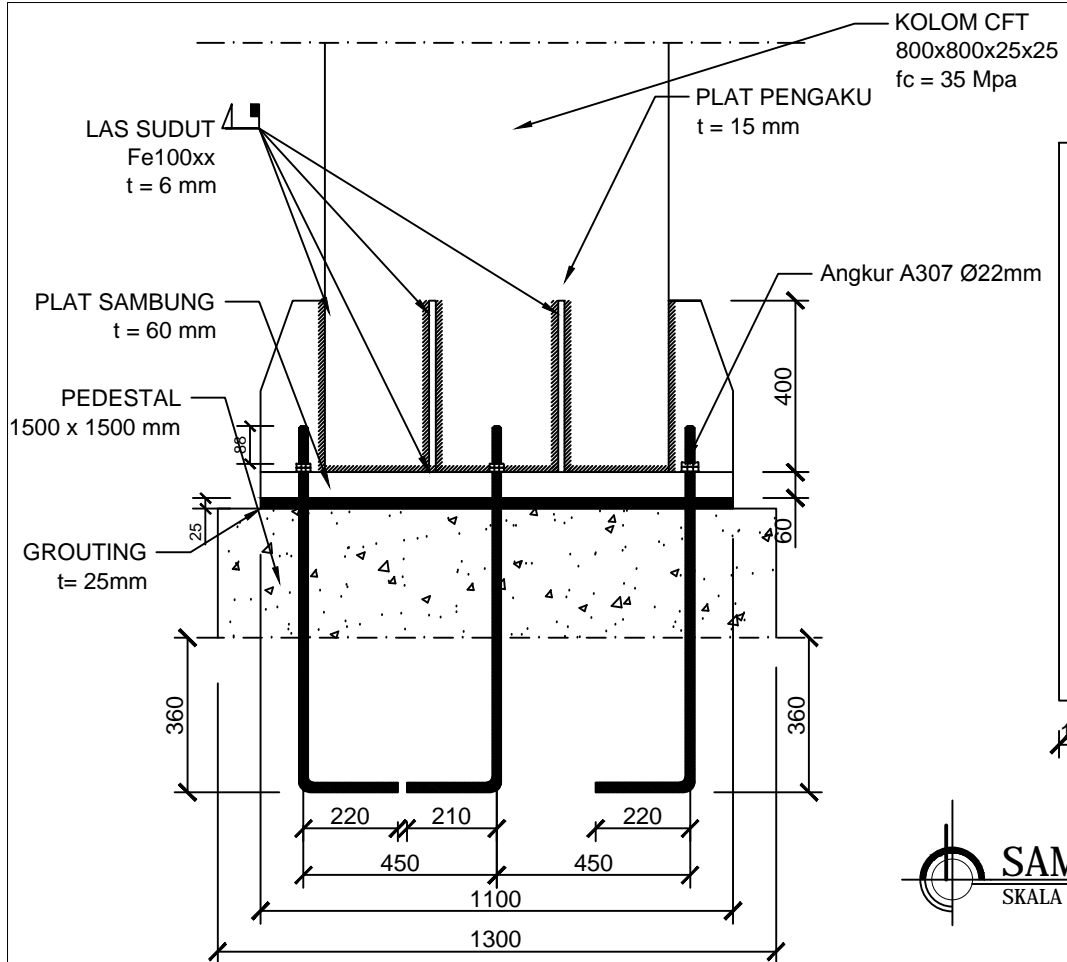
24

JUMLAH LEMBAR

31

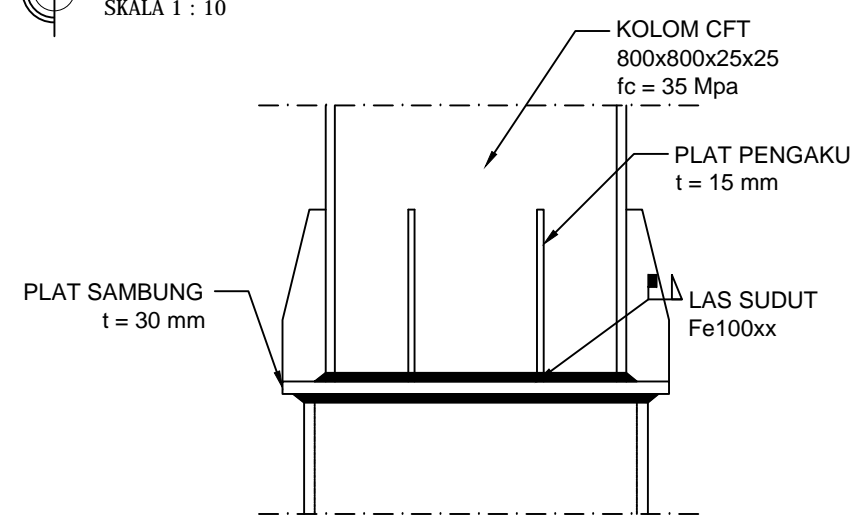
TANGGAL

19-01-2017



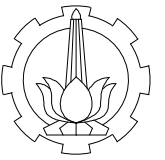
SAMBUNGAN KOLOM DAN BASE PLATE

SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN KOLOM DAN KOLOM

SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN POER DAN PONDASI I	1 : 15

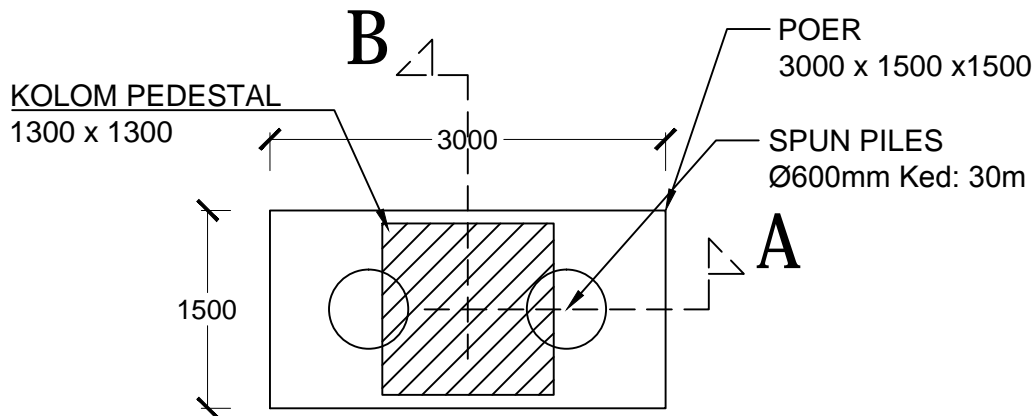
DETAIL PENULANGAN
POER DAN PONDASI I

SKALA

1 : 15

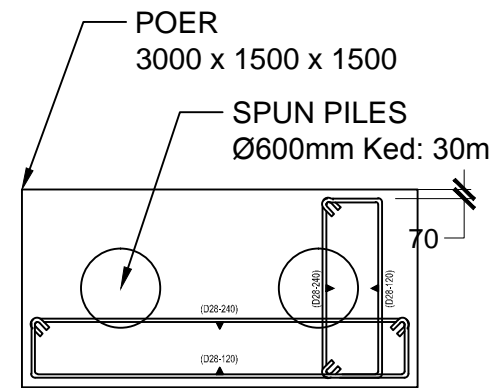
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
25	31	19-01-2017

25 31 19-01-2017



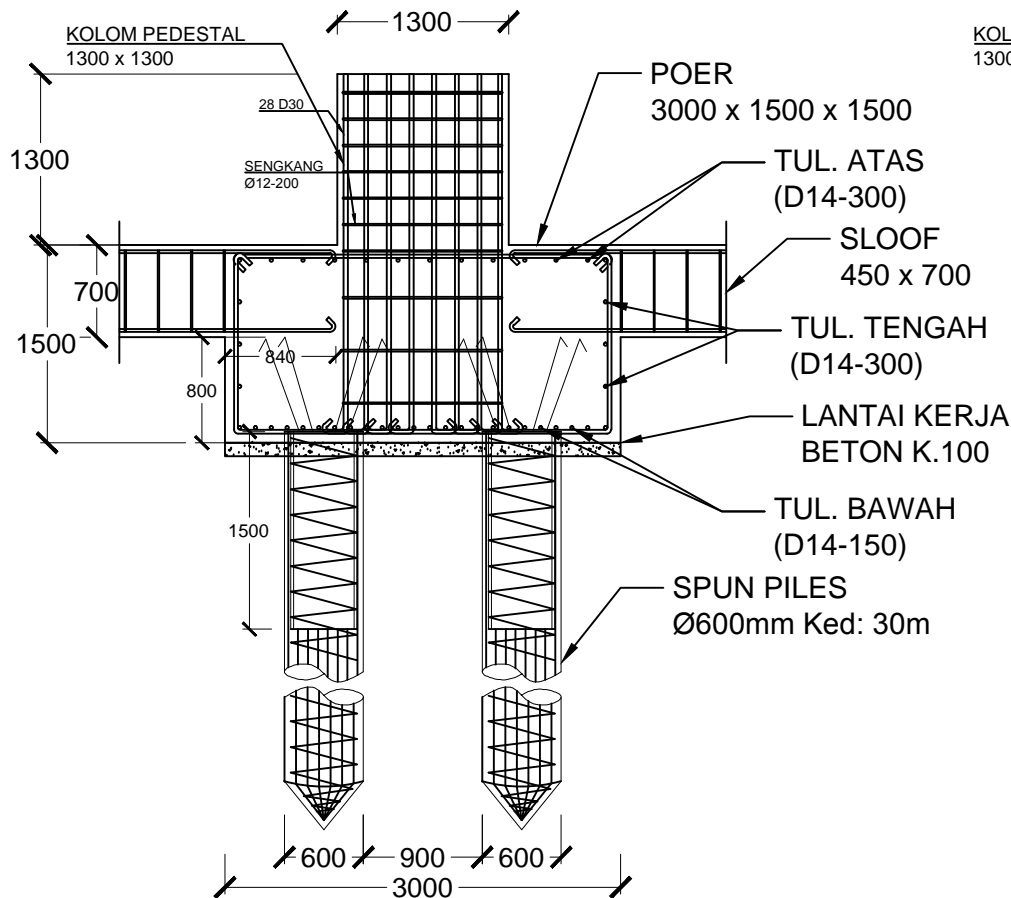
DETAIL PONDASI P1

SKALA 1 : 15



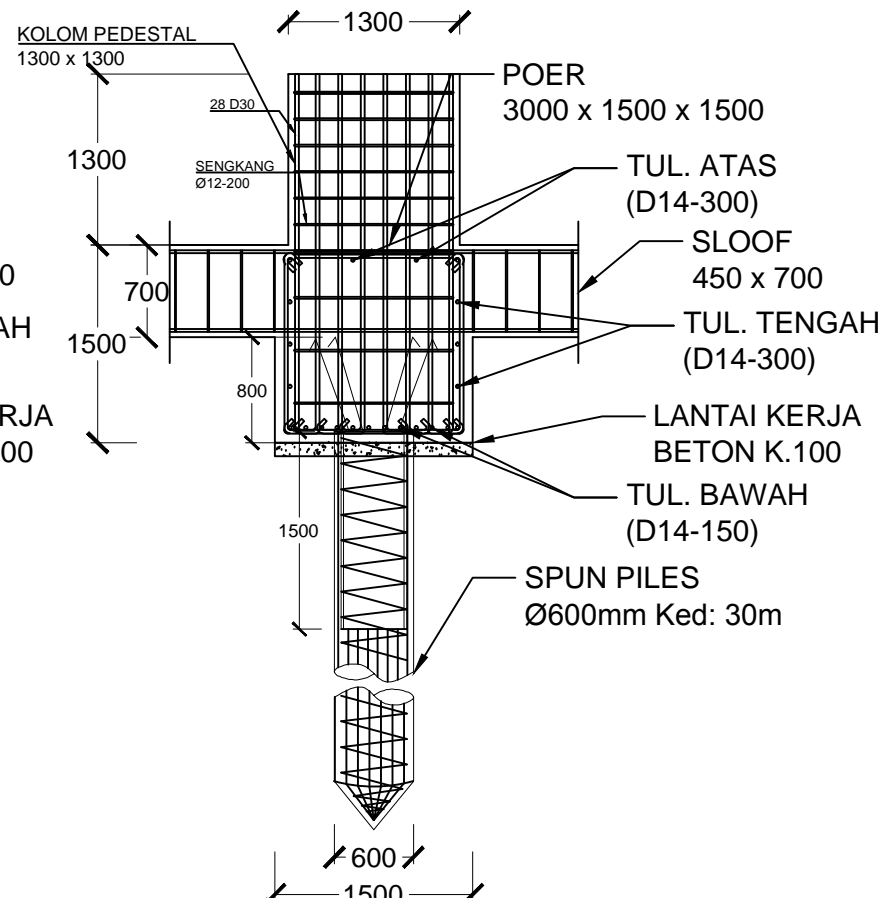
DETAIL TULANGAN PONDASI P1

SKALA 1 : 15



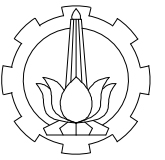
POTONGAN A-A

SKALA 1 : 15



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 15



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartemen
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

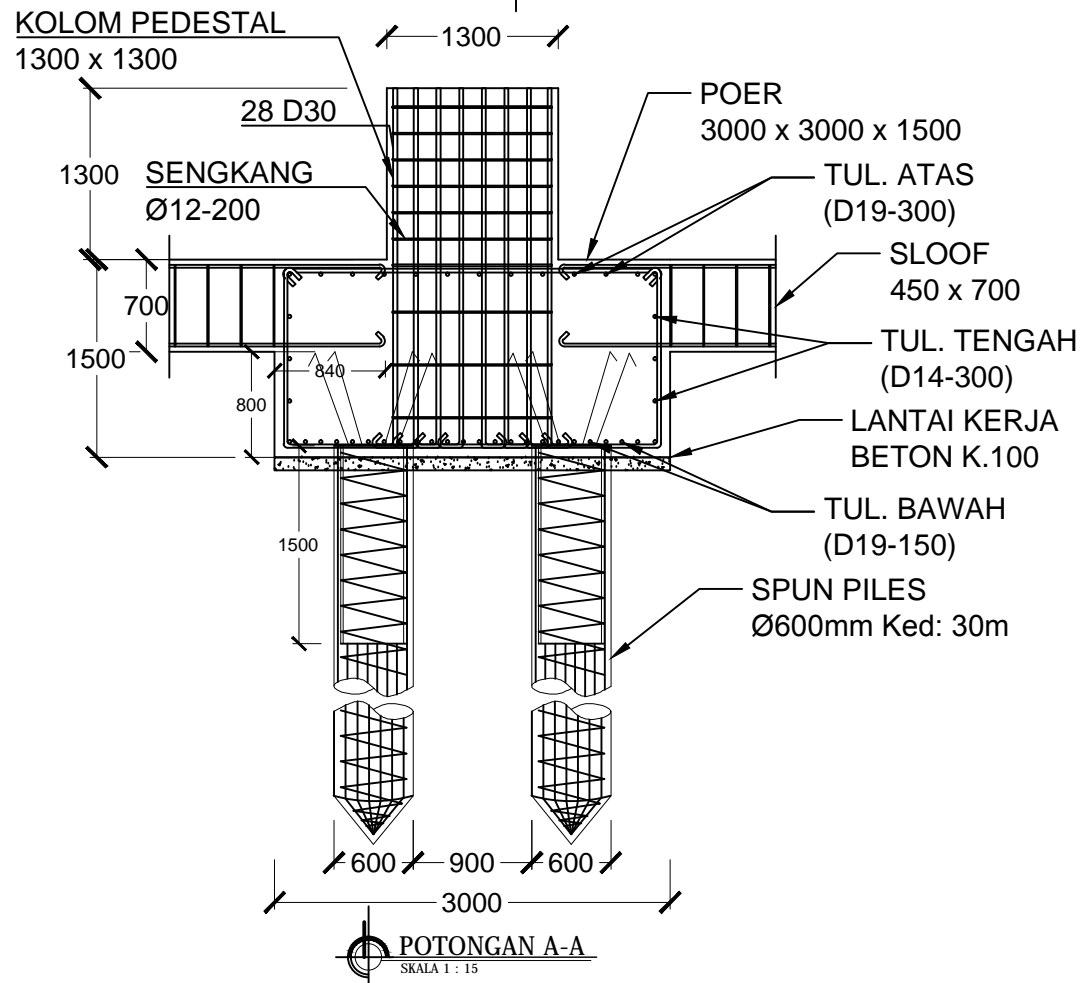
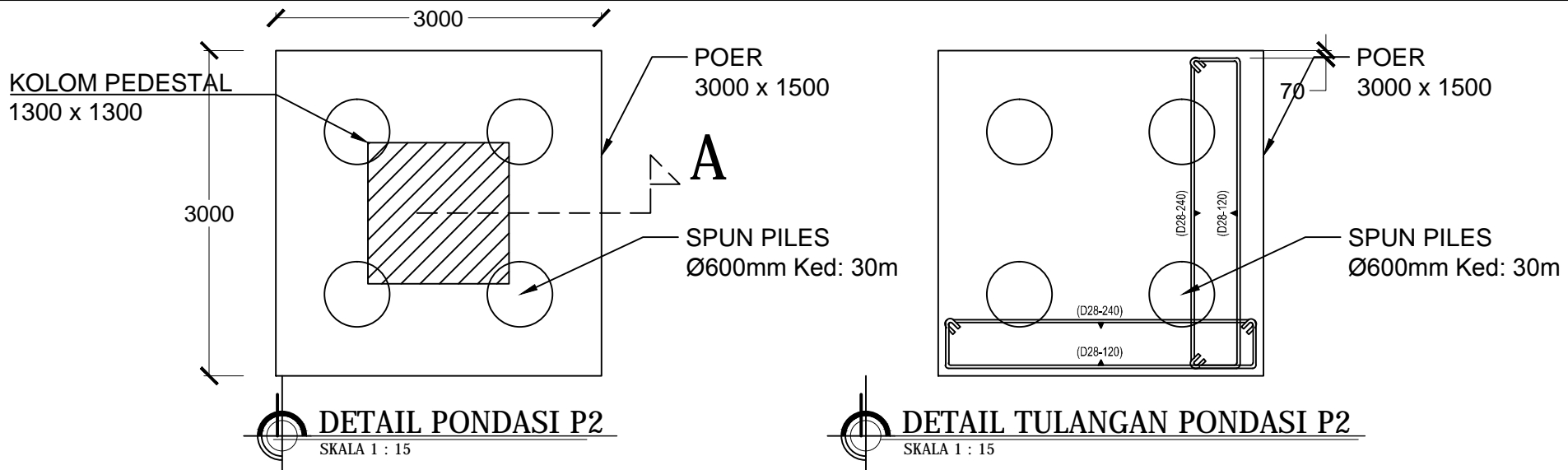
JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN POER DAN PONDASI 2	1 : 15

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
26	31	19-01-2017

26

31

19-01-2017





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartemen
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

NAMA MAHASISWA

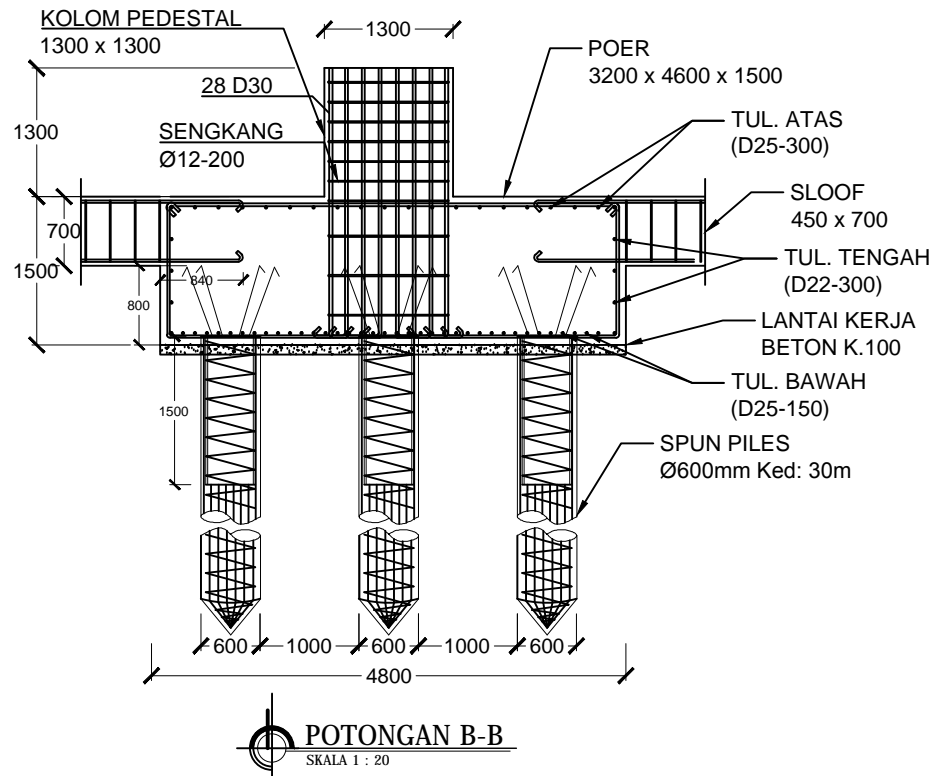
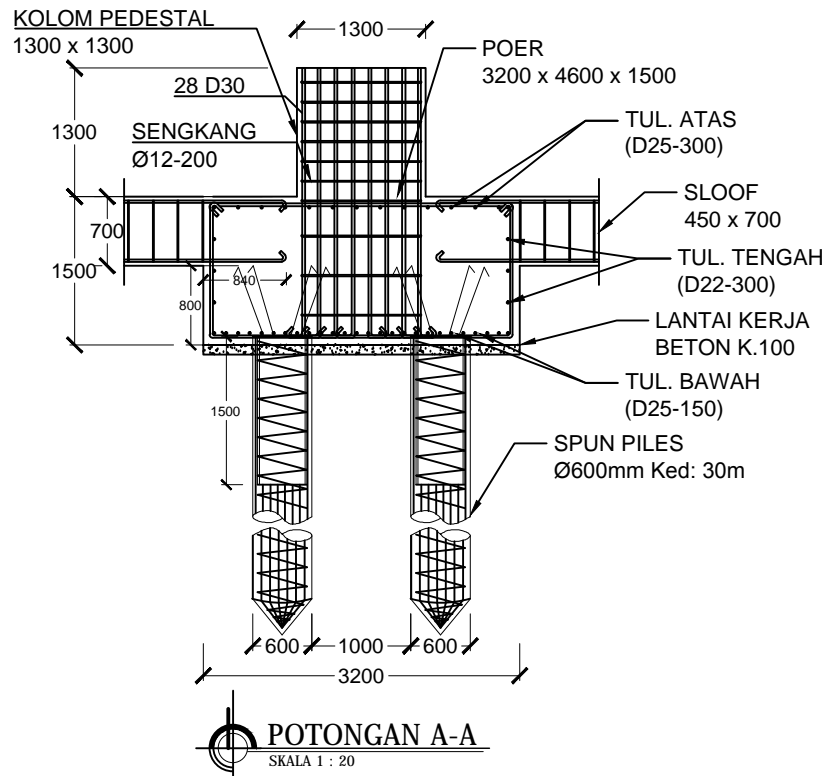
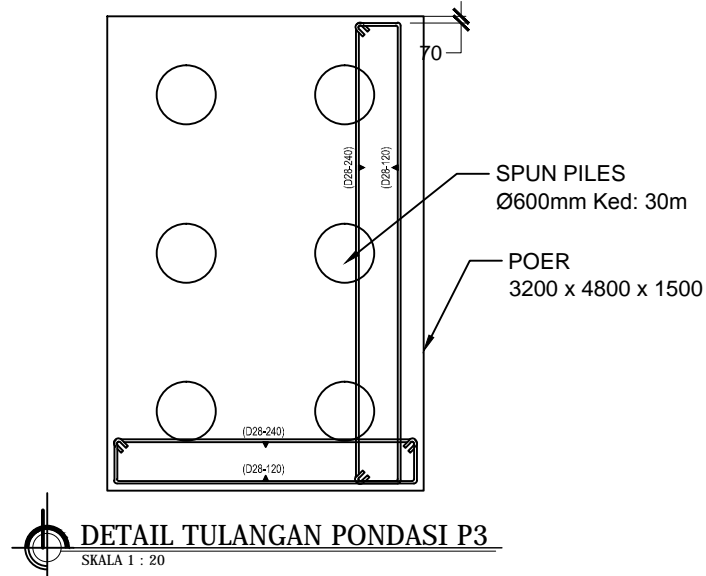
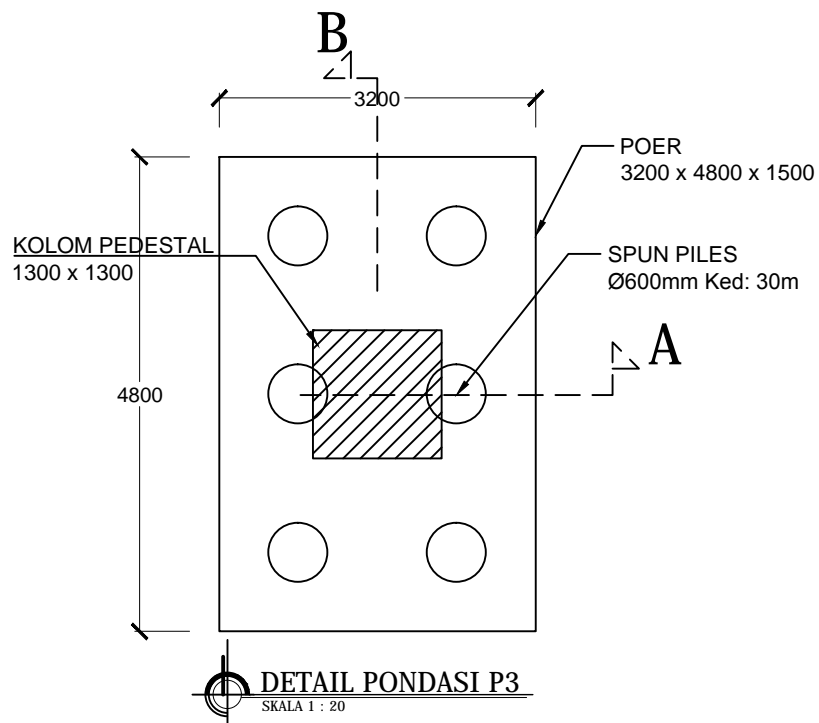
RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN POER DAN PONDASI 3	1 : 20

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
27	31	19-01-2017





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN
POER DAN PONDASI 4

1 : 20

NO LEMBAR

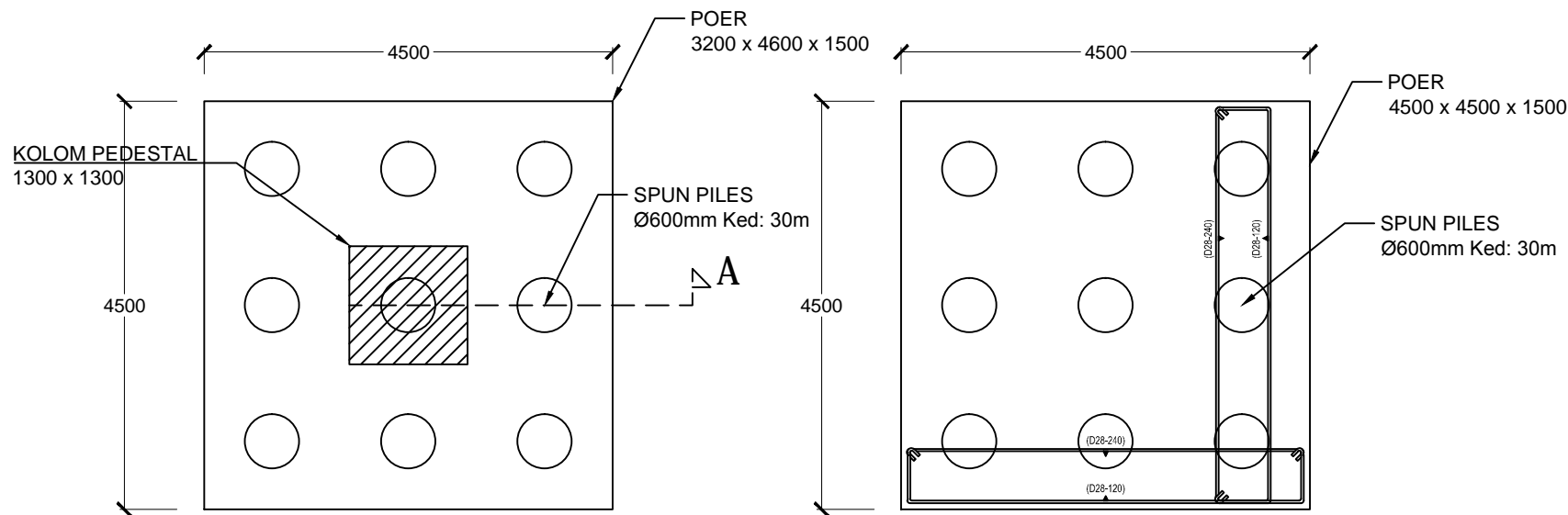
JUMLAH
LEMBAR

TANGGAL

28

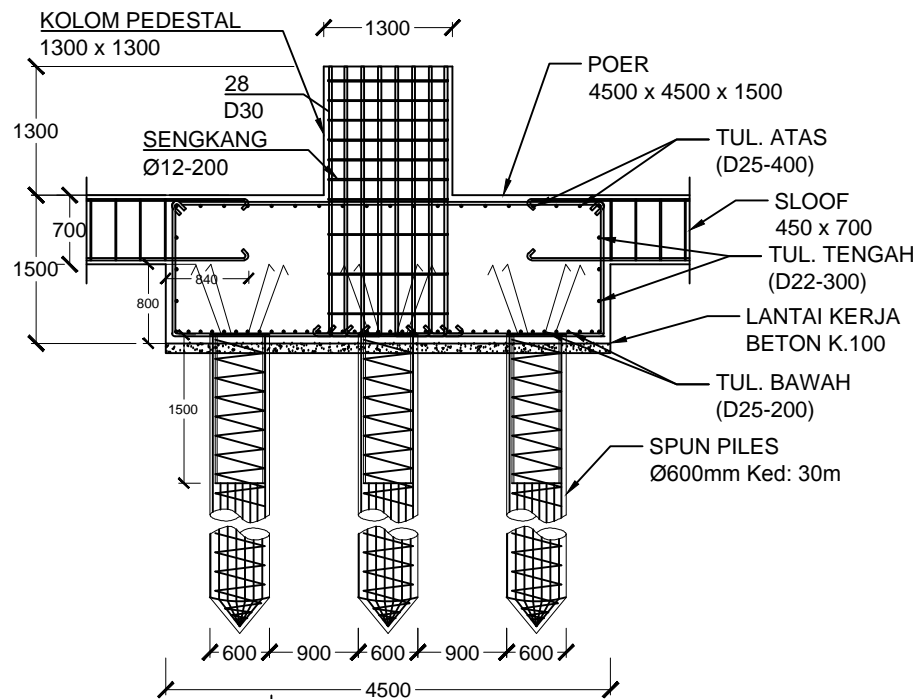
31

19-01-2017

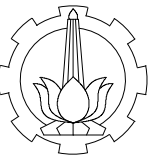


DETAIL PONDASI P4
SKALA 1 : 20

DETAIL TULANGAN PONDASI P4
SKALA 1 : 20



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartemen
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN
POER DAN PONDASI 5

1 : 25

NO LEMBAR

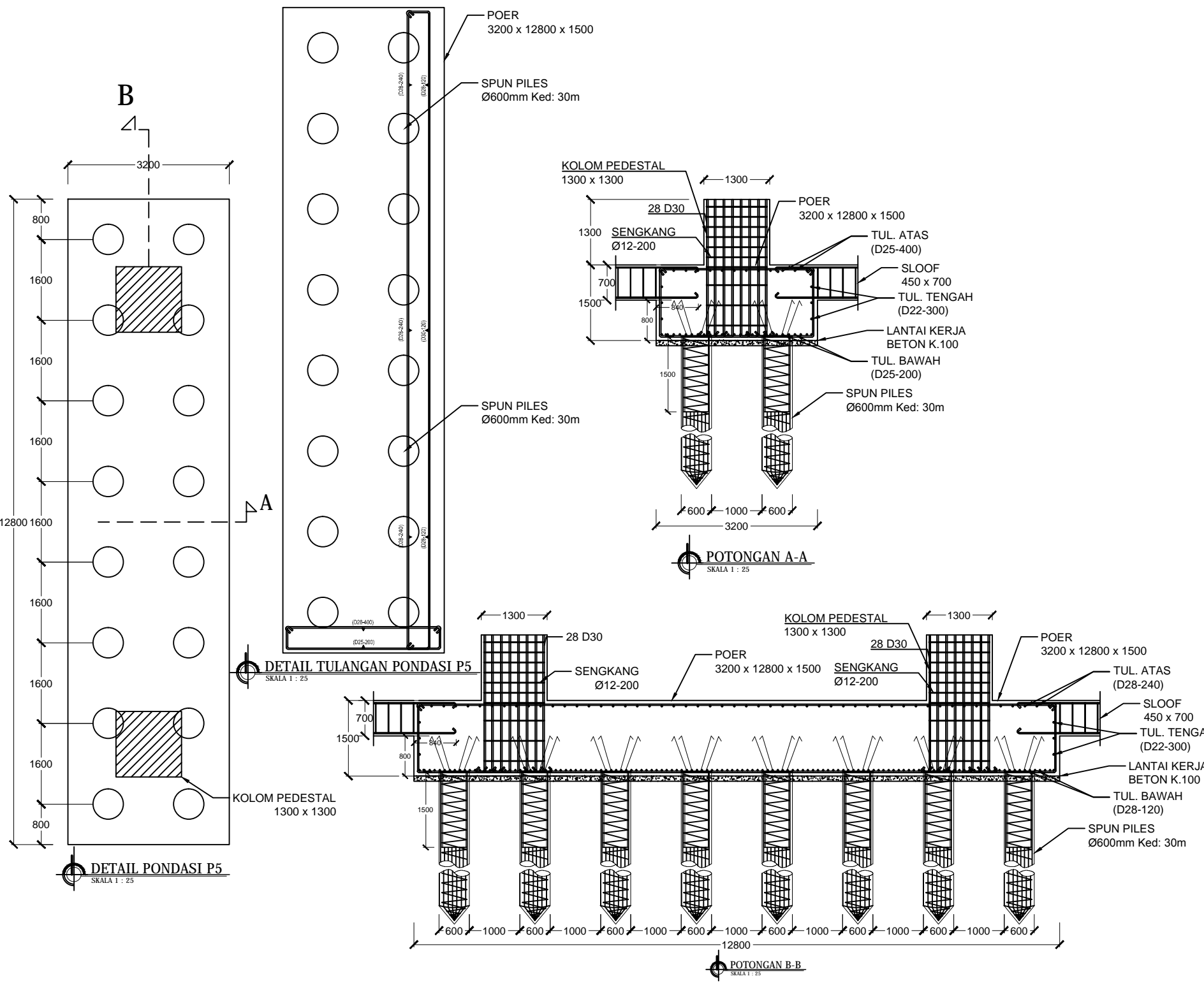
JUMLAH
LEMBAR

TANGGAL

29

31

19-01-2017





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN
POER DAN PONDASI 6

1 : 25

NO LEMBAR

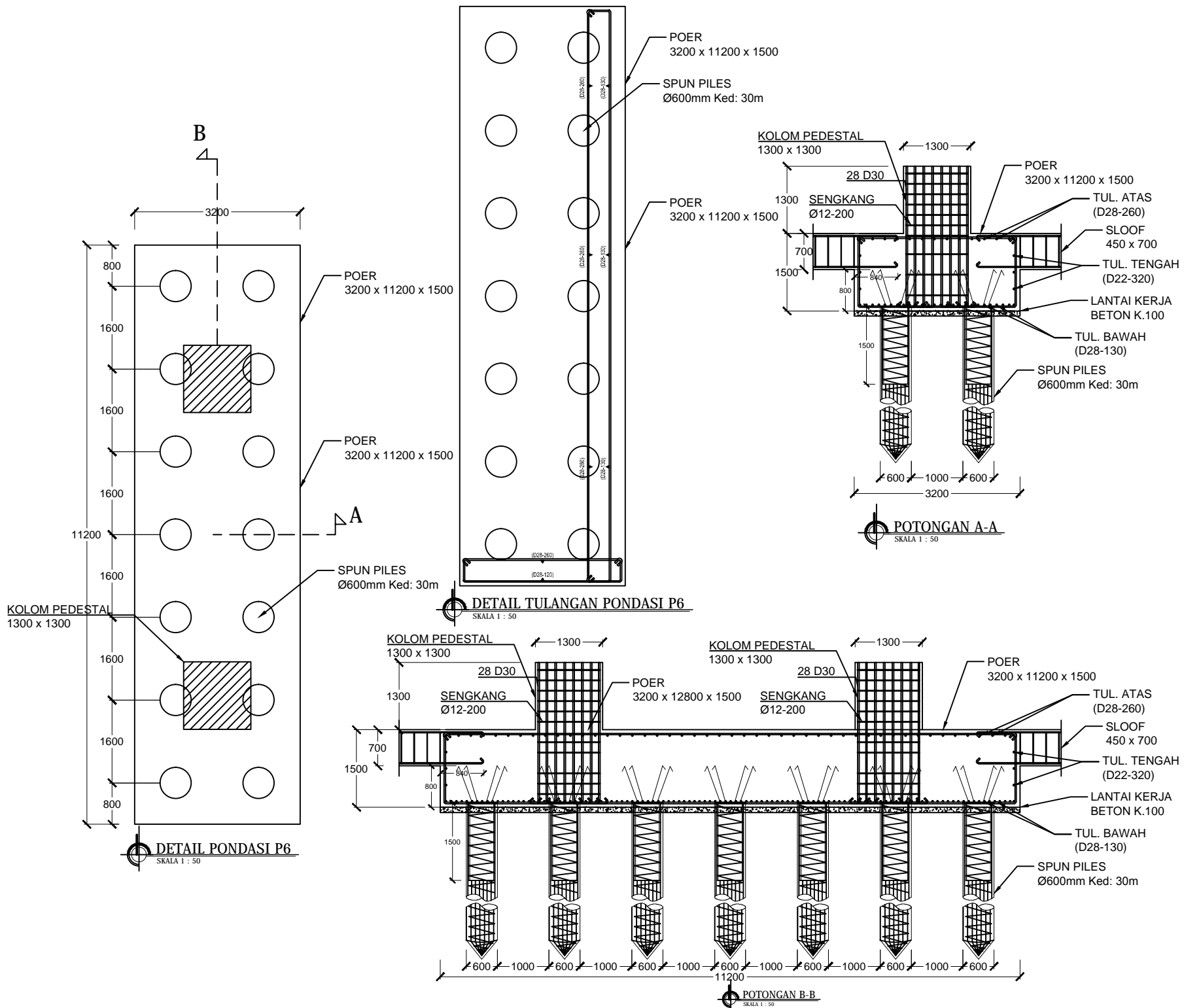
JUMLAH
LEMBAR

TANGGAL

30

31

19-01-2017





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Apartement
BALE HINGGIL dengan
Menggunakan *Concreted Filled
Steel Tube* dan
Eccentrically Braced Frames

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL SLOOF DAN PEDESTAL	1 : 5

DETAIL SLOOF
DAN PEDESTAL

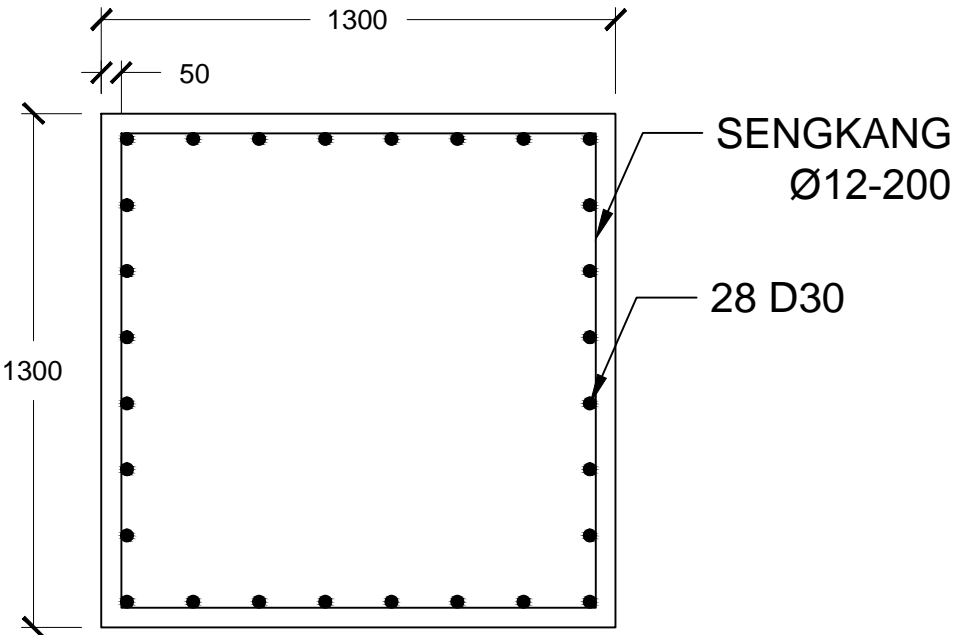
1 : 5

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
31	31	19-01-2017

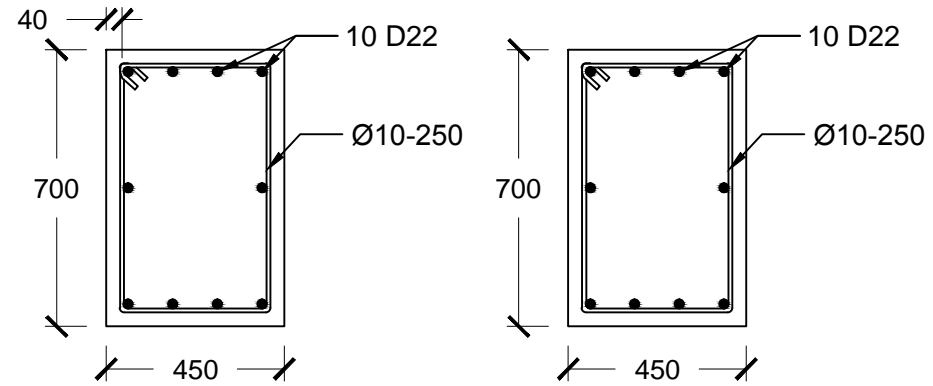
31

31

19-01-2017



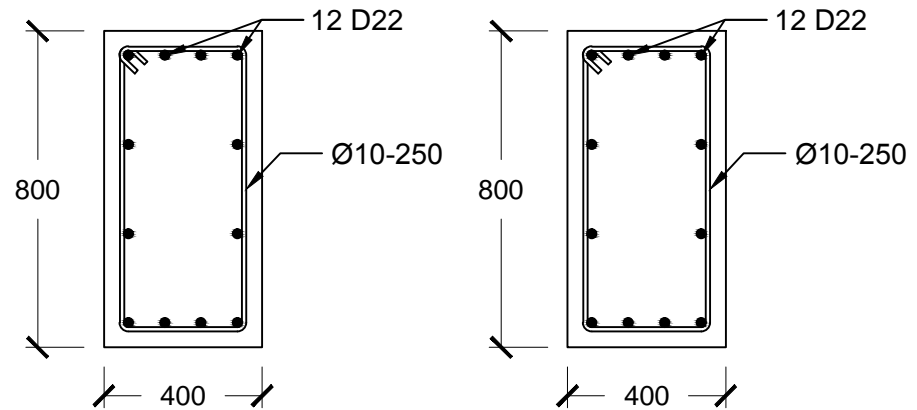
DETAIL PENULANGAN PEDESTAL
SKALA 1 : 5



TUMPUAN

LAPANGAN

DETAIL PENULANGAN TIE BEAM 1
SKALA 1 : 5



TUMPUAN

LAPANGAN

DETAIL PENULANGAN TIE BEAM 2
SKALA 1 : 5

<i>Diameter HTB (mm)</i>	<i>A325 (Ton)</i>	<i>A490 (Ton)</i>
12	5.3	6.7
16	8.5	10.7
19	12.5	15.6
22	17.3	21.8
25	22.7	28.5
29	24.9	35.6
32	31.6	45.4
35	37.8	53.8

PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES (JBI PILES) JIS. A 5335



The manufacture of JBI piles uses a combined system : prestressing, spinning and steam curing which are done in the plant. Due to above system, the resulted processes the following qualities : Stable, high quality, high density of concrete, with extremely low absorption rate, totality free of corrosion problem. High resistance to shock, due to it's elasticity. The effective prestress at type A, AB, B, C are about 40, 60, 80, 100 Kg/Cm² respectively. Bearing capacity determined by the material with concrete allowable stress according to ACI 543 : $0.33 \times 500 - 0.27 \times 40 = 154 \text{ Kg/Cm}^2$ (for type A pile, the other type are changed of effective prestressed).

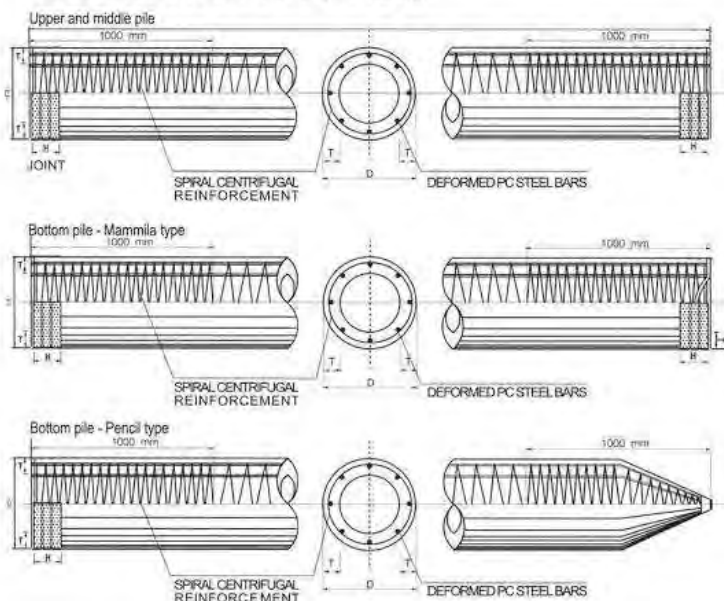
Specification Of Prestressed Concrete Spun Piles, JIS A 5335

Out Side Diameter (mm)	Type (Class)	Thickness (mm)	Cross Section Area (cm ²)	Bearing Capacity (ton) ACI 543	Cracking Bending Moment (t.m)	Ultimate Bending Moment (t.m)	Length (meter) & Weight (ton)								
							7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m
300	A	60	452,4	70	2,5	3,8	0.82	0.94	1.06	1.18	1.29	1.41	1.53		
	AB				3,0	5,0									
	B				3,5	6,3									
	C				4,0	8,0									
350	A	65	582,0	90	3,5	5,2	1.06	1.21	1.36	1.51	1.66	1.81	1.97	2.12	2.27
	AB				4,0	7,1									
	B				5,0	9,0									
	C				6,0	12,0									
400	A	75	765,8	118	5,5	8,2	1.39	1.59	1.79	1.99	2.19	2.39	2.59	2.79	2.98
	AB				6,5	10,7									
	B				7,5	13,5									
	C				9,0	18,0									
450	A	80	929,9	143	7,5	11,2	1.69	1.93	2.17	2.42	2.66	2.90	3.14	3.38	3.62
	AB				9,0	15,5									
	B				11,0	19,8									
	C				12,5	25,0									
500	A	90	1.159,0	178	10,5	15,7	2.11	2.41	2.71	3.01	3.31	3.62	3.92	4.22	4.52
	AB				12,5	18,8									
	B				15,0	27,0									
	C				17,0	34,0									
600	A	100	1.570,8	242	17,0	25,5	2.86	3.27	3.67	4.08	4.49	4.90	5.31	5.71	6.12
	AB				20,0	35,3									
	B				25,0	45,0									
	C				29,0	58,0									

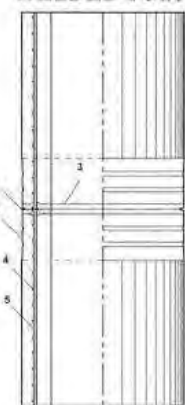
Concrete Strength, $f_c = 500 \text{ kg/cm}^2$ (Cylinder Test), or equivalent to K - 600 (Cube Test)

Construction Of Prestressed Concrete Spun Piles

CONSTRUCTION OF JBI PILES



WELDED JOINT

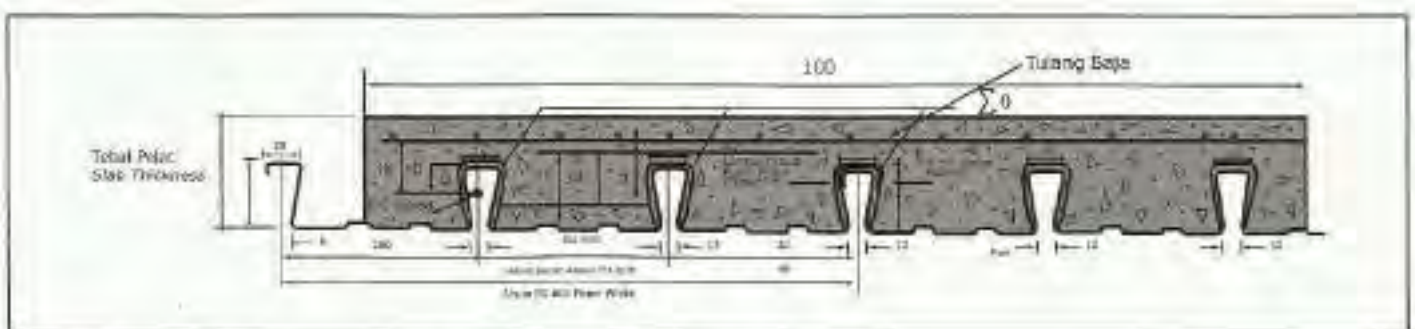


1. On - Site butt Welding
2. Steel plate band
3. End Plate
4. Spiral Reinforcing
5. PC Steel Bar

Calculation Of Bearing Capacity Dynamic Formula

$$R_a = \frac{2.W.H}{5.S + 0.1}$$

- R_a = Allowable Bearing Capacity (ton)
- W = Weight of Hammer (ton)
- H = Height of ram stroke (m)
- S = Final settlement of pile, determined as the average of the last 10 blows, (m)



TABEL PERENCANAAN PRAKTIS PRACTICAL DESIGN TABLE

PEKERJAAN REPERENTASI	BENTANG BENTANG (m)	BEBAN - DUDUK/GOUD (kg/m ²)				
		250	300	400	500	600
Tipe A	2.00	9	9	8	9	9
	3.50	9	9	8	9	9
Jala Bata	4.00	10	10	11	12	14
	5.50	13	13	15	16	18
Dua Bata	4.00	14	14	16	17	19
	6.50	17	17	19	20	22

Catatan: - Beton tebal (berat sendiri ALSTON PD-600 dan beton biasa) sudah diperhitungkan.
 - Berat total (Mass of ALSTON PD-600 and Concrete slab) are already calculated.

PEKERJAAN REPERENTASI	BENTANG BENTANG (m)	BEBAN - DUDUK/GOUD (kg/m ²)									
		250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
Tipe A	2.00	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	3.50	13	13	15	16	17	18	19	20	21	22
Jala Bata	4.00	14	14	16	17	18	19	20	21	22	23
	5.50	17	17	19	20	21	22	23	24	25	26
Dua Bata	4.00	18	18	20	21	22	23	24	25	26	27
	6.50	21	21	23	24	25	26	27	28	29	30

Catatan: - Berat Baja (0.03)
 - Berat beton (0.250)

TABEL SIFAT PENAMPANG PANEL SECTION TABLE

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG PANEL ALSUN FLOOR DECK FD - 600 PERLEBAR 1000 MM
TABEL 2 : ALSUN FLOOR DECK FD - 600 PANEL SECTION PROPERTIES PER 1000 WIDTH

TABEL 1 (1)	RIBAT per SEBUAH LUAS	LUAS PERSEMPANG	PENAMPANG EKTIF PENUNJUNG FULLY EFFECTIVE SECTION		MOMEN LENTUR POSITIF POSITIVE BENDING MOMENT			MOMEN LENTUR NEGATIF NEGATIVE BENDING MOMENT			S	GAYA REAKSI ANAK UNTUK PELEBARAN TEPI		GAYA REAKSI ANAK UNTUK PELEBARAN TENGAH			
			I _{yc}	I _{yt}	TILAKSISIRAN PANJANGSIKUR			TILAKSISIRAN PANJANGSIKUR				10 mm PERLEBARAN	10 mm PERLEBARAN	10 mm PERLEBARAN	10 mm PERLEBARAN		
					10 mm PERLEBARAN	10 mm PERLEBARAN	10 mm PERLEBARAN	10 mm PERLEBARAN	10 mm PERLEBARAN	10 mm PERLEBARAN							
0.75	19.4	7081	388	18.4	0.511	15.13	33.13	0.383	18.21	10.71	0.425	3.76	0.09	0.11	13.01	1.34	10.10

Catatan: I_p = momen inersia profil panel (untuk arah momen positif)

I_{yc} = second moment of area of panel profile for positive moment regions

I_{yt} = item untuk daerah momen negatif (tegangan tarik)

idem for negative moment regions

Z_{1c} = momen tahanan puncak tulang dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)
naik dari moment top of rib negative moment regions (tension stress)

I_e = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lenturan batang tranvers

equivalent moment of inertia for multiple span deflection calculations

- I_p (1.26 - 1.28 x I_p)

Z_{1c} = item atas dek dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Z_{1t} = item bottom gir negative moment regions (compressive stress)

Z_{2c} = item puncak tulang dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

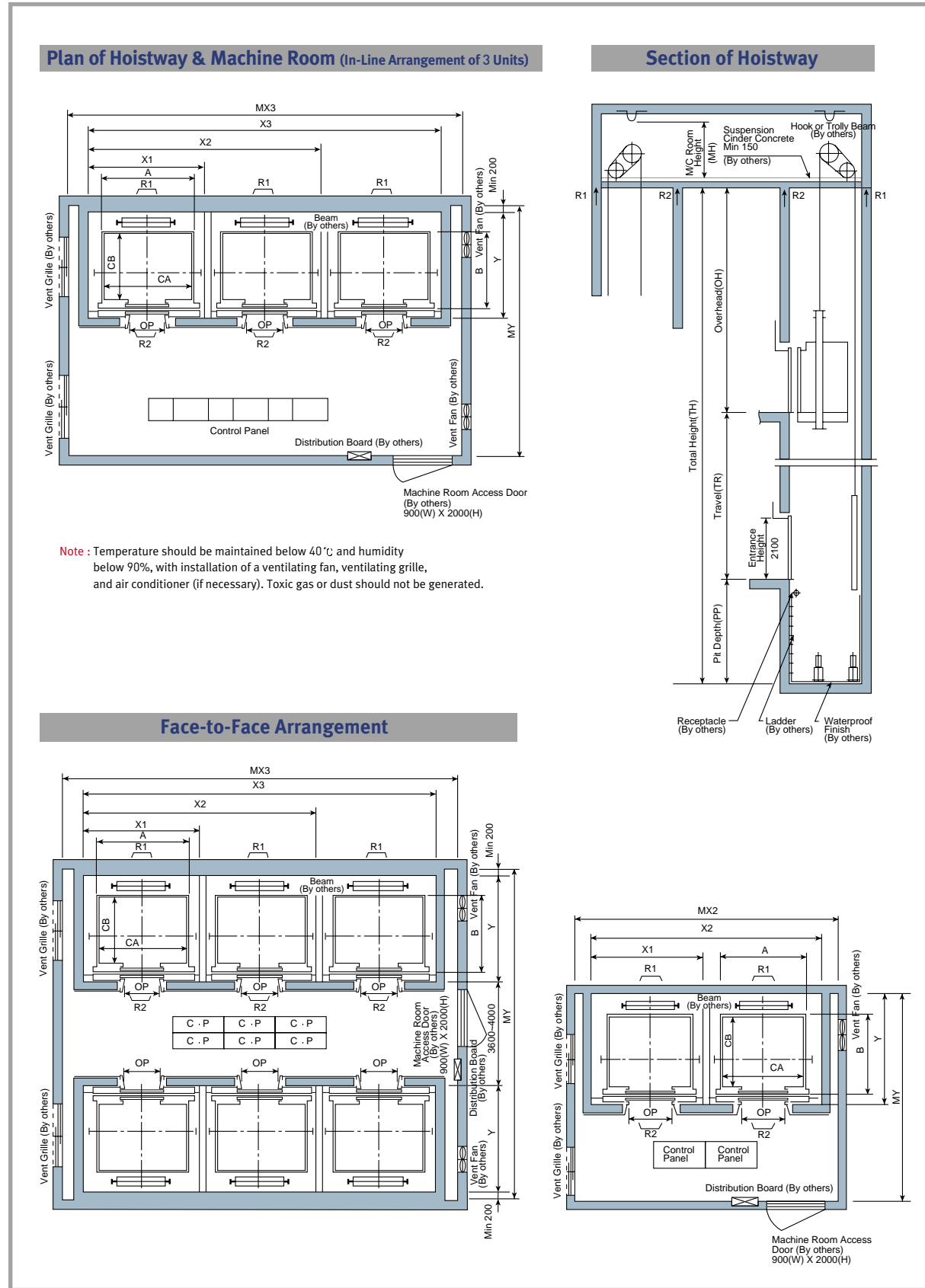
idem top of rib positive regions (compressive stress)

Z_{2t} = item dasar dek dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

idem bottom of rib positive moment regions (tension stress)



Installation Layout Plan & Standard Dimensions



Standard Dimensions & Reactions														(Unit: mm)	
Speed(M/Min)	Capacity	Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room			M/C Room Reaction(Kg)			
			Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2	
Persons	(Kg)	OP	CA X CB	A X B	X 1	X 2	X 3	Y	MX 1	MX 2	MX 3	MY	R1	R2	
1.20	900	900	1600 x 1350	1700 x 1570	2300	4550	6900	2200	2800	5500	7900	4500	12030	6630	
			1600 x 1400	1700 x 1620	2300	4550	6900	2250	2800	5500	7900	4500	12810	6950	
	1000	900	1600 x 1500	1700 x 1720	2300	4550	6900	2350	2800	5500	7900	4700	12810	6950	
			1600 x 1550	1700 x 1770	2300	4550	6900	2400	2800	5500	7900	4700	13080	7130	
	15.0	1150	1000	1800 x 1500	1900 x 1720	2500	4950	7500	2400	3000	6100	8800	4700	13080	7130
				2000 x 1350	2100 x 1570	2700	5350	8100	2250	3200	6250	9100	4500	14360	7650
1.80	1350	1100	1800 x 1700	1900 x 1920	2500	4950	7500	2600	3000	6100	8900	5000	14360	7650	
			1800 x 1730	1900 x 1950	2500	4950	7500	2630	3000	6100	8900	5000	15090	8080	
	1600	1100	2000 x 1500	2100 x 1720	2700	5350	8100	2400	3200	6250	9100	4700	15090	8080	
			2000 x 1550	2100 x 1770	2700	5350	8100	2450	3200	6250	9100	4700	15700	8100	
	21.0	1000	900	2000 x 1800	2100 x 2020	2700	5350	8100	2700	3200	6250	9100	5000	15700	8100
				2150 x 1600	2250 x 1820	2850	5650	8550	2500	3400	6500	9400	4900	17800	13200
3.00	1500	1000	1600 x 1500	1700 x 1720	4600	6950	2400	5600	8200	4900	12810	7800	12810	7800	
			1600 x 1550	1700 x 1770	4600	6950	2450	5600	8200	4900	14100	8000	14100	8000	
	1700	1150	1000	1800 x 1300	1900 x 1520	5000	7550	2200	5800	8400	4900	14100	8000	14100	8000
				1800 x 1370	1900 x 1590	5000	7550	2300	5800	8400	4900	15100	8050	15100	8050
	24.0	1350	1100	1800 x 1500	1900 x 1720	5000	7550	2400	6100	8900	4900	15100	8050	15100	8050
				2000 x 1350	2100 x 1570	5400	8150	2250	6200	9000	4900	15700	8100	15700	8100
3.60	2000	1350	1800 x 1700	1900 x 1920	5100	7700	2650	6200	9100	6000	17800	13200	17800	13200	
			1800 x 1730	1900 x 1950	5100	7700	2700	6200	9100	6300	17800	13200	17800	13200	
	2400	1100	1100	2000 x 1500	2100 x 1720	5500	8300	2450	6200	9100	5900	18100	13500	18100	13500
				2000 x 1550	2100 x 1770	5500	8300	2500	6200	9100	6300	18100	13500	18100	13500
	2400	1600	1100	2000 x 1750	2100 x 1970	5000	8150	2650	6400	9000	5000	18100	13500	18100	13500
				2150 x 1600	2250 x 1820	5700	8650	2500	6500	9400	5000	18100	13500	18100	13500
2400	1600	1100	2150 x 1670	2250 x 1890	5700	8650	2600	6500	9400	5000	18100	13500	18100	13500	
			2150 x 1670	2250 x 1890	5800	8750	2600	6500	9400	6300	18100	13500	18100	13500	

- Notes :
1. White colored dimensions shall be applied for Malaysia & Singapore market.
 2. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
 3. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
 4. For elevators with more than 28 persons capacity, consult Hyundai.
 5. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
 6. The capacity in persons is calculated at 68kg/person. (EN81 75kg/person)

(Unit: mm)				
Speed(m/min)	Overhead(OH)	Top Clearance(TC)	Pit(PP)	M/C Room Height(MH)
1.20	5500	1800	2100	2400
1.50	5700	2000	2400	2400
1.80	6000	2300	2700	2500
2.10	6400	2700	3200	2800
2.40	7100	3350	3850	2800
3.00	7700	4000	4050	3000
3.60	7700	4000	4050	3000

Note : The above table shows minimum figures. Therefore, some allowances should be made considering errors that may occur during construction.

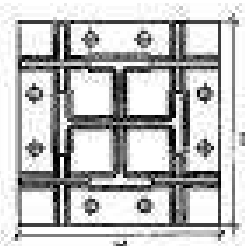
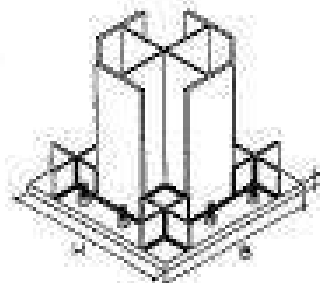


FIXED BASE PLATES

FOR KING CROSS

METRIC SIZE

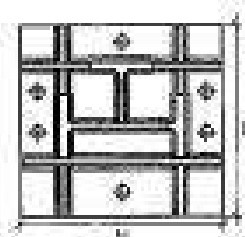
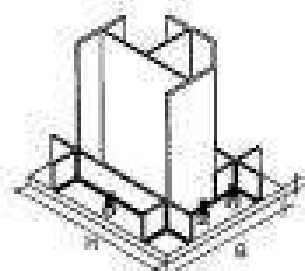
PART NO.	A	B	THICKNESS	WEIGHT	FOR COLUMN KING CROSS
	mm	mm	mm	kg	
BMK - 01	302	302	24	17.18	K - 150 x 75
BMK - 02	352	352	28	27.23	K - 200 x 100
BMK - 03	390	390	26	26.00	K - 150 x 99
BMK - 04	426	426	32	49.90	K - 250 x 125
BMK - 05	424	424	30	42.34	K - 240 x 124
BMK - 06	476	476	34	60.47	K - 300 x 150
BMK - 07	460	460	30	47.69	K - 298 x 149
BMK - 08	500	500	29	52.01	K - 350 x 175
BMK - 09	522	522	35	74.99	K - 348 x 174
BMK - 10	600	600	47	132.02	K - 400 x 200
BMK - 11	572	572	38	97.00	K - 398 x 199
BMK - 12	660	660	44	149.93	K - 450 x 225
BMK - 13	700	700	45	170.04	K - 500 x 250
BMK - 14	800	800	47	235.13	K - 500 x 250
BMK - 15	798	798	50	263.47	K - 500 x 250
BMK - 16	900	900	54	343.99	K - 700 x 350
BMK - 17	1000	1000	58	431.70	K - 800 x 398



FOR QUEEN CROSS

METRIC SIZE

PART NO.	A	B	THICKNESS	WEIGHT	FOR COLUMN QUEEN CROSS
	mm	mm	mm	kg	
BMQ - 01	302	260	23	13.82	Q - 150 x 75
BMQ - 02	376	328	27	26.94	Q - 200 x 100
BMQ - 03	374	328	25	23.85	Q - 199 x 99
BMQ - 04	430	388	31	42.49	Q - 250 x 125
BMQ - 05	428	388	29	34.94	Q - 248 x 124
BMQ - 06	500	428	34	68.72	Q - 300 x 150
BMQ - 07	474	400	30	44.85	Q - 298 x 149
BMQ - 08	500	468	37	73.95	Q - 350 x 175
BMQ - 09	522	438	33	68.99	Q - 348 x 174
BMQ - 10	600	500	41	99.56	Q - 400 x 200
BMQ - 11	598	498	38	88.54	Q - 398 x 199
BMQ - 12	660	528	43	118.79	Q - 450 x 225
BMQ - 13	700	580	45	138.93	Q - 500 x 250
BMQ - 14	800	600	47	177.99	Q - 600 x 200
BMQ - 15	798	644	51	253.17	Q - 598 x 390
BMQ - 16	900	780	54	282.96	Q - 700 x 300
BMQ - 17	1000	780	58	323.81	Q - 800 x 300



TOLERANCE (mm)	
t	H, B
± 0.5	+ 2

NOTES:

Material specification as per AISI 3101 / S5 400



NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto ST MT Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ryan Tofik
NRP	: 3114106056
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Apartement Bale Hinggil Surabaya Dengan menggunakan concrete filled steel Tube dan Eccentrically Braced Frames
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054997

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	16 sept 2016	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensi untuk bidak berwarna - mutu tulangan disebutkan kelas - Balok menggunakan shear connector ditulis - periksa rumus persamaan lateral 	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki dimensi - mutu tulangan disebutkan - pengaku lateral disebutkan - ganti rumus persamaan interaksi 	
2	26 Sept 2016	<ul style="list-style-type: none"> - Perencanaan balok anak - perencanaan balok tangga - perencanaan balok lift - perencanaan ramp 	<ul style="list-style-type: none"> - Garis untuk hatch gambar dibuat lebih tipis - untuk brosur lift ditampirkan - ramp di struktur sekunder - Perbaiki tulisan Mpa menjadi MPa 	
3	30 sept 2016	<ul style="list-style-type: none"> - Perencanaan pemodelan struktur dengan Etabs 2015 	<ul style="list-style-type: none"> - Balok anak dimasukkan dlm pemodelan - tulvel dimasukkan - ramp bendek dimasukkan juga - balok bordes dimasukkan 	
4	10 sept 2016	<ul style="list-style-type: none"> - Pemodelan struktur gedung - balok, kolom ckt, plat lantai 	<ul style="list-style-type: none"> - pembagian gempa yang diberi m - hitung manual beban lateral bangunan - metode push over 	
5	17 sept 2016	<ul style="list-style-type: none"> - Pemodelan sudah oke - Tambah pemodelan Etabs gambar 	<ul style="list-style-type: none"> - model - kontrol simpangan diujung gedung 	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04

rev01

NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto ST, MT, Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ryan Tofik
NRP	: 3114106056
JUDUL TUGAS AKHIR	: modifikasi perencanaan struktur Apartement Bale Hinggil Surabaya Dengan menggunakan concrete filled steel tube dan Eccentrically braced frames
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054997

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6	9/11/2016	- Penyelesaian BAB 5 - Mulai mengerjakan struktur Primer Balok Induk	- Perbaiki balok induk - mulai mengerjakan struktur kolom	JKR
7	17/11/2016	- Perencanaan Bracing - perencanaan Balok Link - perencanaan Balok luar Link	- Perbaiki gambar - Nilai Lb kecil karena ada shear connector - rumus dikurangi gunakan table	JKR
8	24/11/2016	- Perencanaan struktur Primer - gambar dan perbaikan rumus	- Sudah OK lanjut ke Sambungan dan bangunan bawah	JKR
9	30/11/2016	- perencanaan sambungan balok atas dan induk - Sambungan bracing dan kolom - Sambungan kolom-kolom - Sambungan kolom base plate - sambungan balok fungsi dan kolom	- perbaiki gambar dimensi - gunakan STIFFNER untuk kolom dan kolom - Perbaiki sambungan balok dan kolom	JKR
10	9/12/2016	- perencanaan bangunan bawah - perencanaan pedestal - perencanaan Stoop	- Perbaiki pondasi dan peer - Perbaiki dimensi Stoop	JKR
11	13/12/2016	- Gambar perencanaan struktur - Gambar Detail - Gambar Bangunan Bawah	- perbaiki dimensi - Perkecil text - Perbaiki SKALA	JKR
12	27/12/2016	- Print abstrak - Print Detail	- Print sudah ok	JKR



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04

rev.0

NAMA PEMBIMBING	: Endah Wahyuni ST, MSc, Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ryan Tofik
NRP	: 3114106056
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi perencanaan struktur Apartement Bale Hinggil Surabaya Dengan Menggunakan concrete filled steel tube dan Eccentric ally Braced frames
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054997

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	26-9-2016	- Perencanaan balok anak - perencanaan balok lift - perencanaan balok tangga - perencanaan plat lantai dan ramp	- mulai penggambaran di autocad - lampiran brosur dimasukkan - pembebanan lantai dimasukkan	
2	10-10-2016	- pemodelan struktur balok, kolom, plat, dan Bracing Sistem EBF	- Cek kemampuan struktur EBF dalam menahan beban lateral	
3	11-11-2016	- Perencanaan Balok Induk - Perencanaan kolom CFE - Cek analisa Push over	- Perbaiki analisa push over	
4	27/11-2016	- Perencanaan Struktur Primer - Perencanaan balok induk - perencanaan kolom dan Bracing	- cek analisa Sndi plastis	
5	1/12-2016	- Perencanaan Sambungan • balok - perencana sambungan kolom - perencanaan sambungan base plate	- periksa pemodelan gempa - Periksa SNI Lendutan	
6	14/12-2016	- Perencanaan Pondasi - Perencanaan poer - Perencanaan Sloof dan pedestal	- Cek perencanaan pedestal - Lulangan pedestal dan jenis Pondasi	
7	23/12-2016	- Gambar struktur dan Detail	- sudah oke print	

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM SARJANA (S1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini **Senin** tanggal **9 Januari 2017** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:



NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3114106056	Ryan Tofik	Modifikasi Perencanaan Apartement Bale Hinggil Surabaya Dengan Menggunakan Concreted Filled Steel Tube Dan Eccentrically Braced Frames

Dengan Hasil:

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- Hal 136 $1/4 L_b$ dari 450 cm
- Hal 198 kuat tumpu balok $t_p = 0,8$ cm
- Hal 51 6 diperbaiki keterangan diperbaiki
- Abstrak bahasa Inggris diperbaiki, Tabel ditambah lagi hal 97
- Bordehs dicek lagi
- KPS ditentukan sistem strukturnya, eksentrisitas SNI 1726 dicek lagi.
- kapasitas diting pancing berdasarkan bahan dan digabungkan tanah
- Tulangan 2 kolom untuk pover

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. R. Soewardjo, M.Sc.	
Prof. Tavo, ST-MT- PhD	

Surabaya, 9 Januari 2017
 Dosen Pembimbing 1
 (Ketua)


Budi Suswanto, ST, MT, PhD

Dosen Pembimbing 2
 (Sekretaris)


Endah Wahyuni, ST, MSc, PhD

Dosen Pembimbing 3
 (Sekretaris)

BIODATA PENULIS



Ryan Tofik

Lahir di Jakarta, pada tanggal 13 Oktober 1992, merupakan anak pertama dari pasangan Hasan Toni dan Erna Fitri. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 07 Penggilingan Jakarta Timur, SMPN 138 Jakarta, dan SMKN 26 Pembangunan Jakarta. Kemudian penulis melanjutkan studinya di D3 Politeknik Negeri Jakarta Jurusan

Teknik Sipil dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui Program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP. 3114106056. Penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Struktur.

Email : taufik_ryanz@yahoo.co.id