



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN
GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
PENGAKU EKSENTRIS**

AHMAD ZAKY
NRP 3113 100 071

Dosen Pembimbing :
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN
GRAND KAMALA LAGOON MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN
SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS**

AHMAD ZAKY
NRP 3113 100 071

Dosen Pembimbing :
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT – RC141501

**PLANNING MODIFICATION OF GRAND KAMALA
LAGOON APARTMENT USING STEEL COMPOSITE
STRUCTURE AND ECCENTRICALLY BRACED
FRAMES**

AHMAD ZAKY
NRP 3113 100 071

Major Supervisor
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

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

**MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Bidang Studi Struktur Program Studi S-1 Reguler

Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AHMAD ZAKY
NRP. 3113 100 071

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing I :

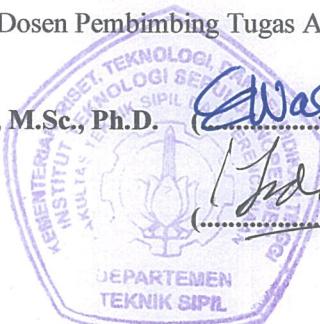
Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D.

(*Endah Wahyuni*)

Pembimbing II :

Ir. Isdarmanu, M.Sc.

(*Isdarmanu*)



SURABAYA, JULI 2017

MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS

Nama Mahasiswa : Ahmad Zaky
NRP : 3113100071
Departemen : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D.
2. Ir. Isdarmanu, M.Sc.

Abstrak

Salah satu sistem alternatif penahan gempa yaitu menggunakan material baja komposit dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris. Sistem Rangka Berpengaku Eksentris merupakan sistem dimana pengaku tidak terhubung ke perpotongan balok dan kolom melainkan terhubung ke balok dengan jarak “e” ke titik perpotongan balok dan kolom. Segmen balok pendek atau link ini memiliki daktilitas yang tinggi yang memastikan struktur memiliki perilaku inelastis serta penyerapan energi yang baik. Kinerja dari balok link tersebut akan lebih maksimal jika elemen-elemen diluar balok link tersebut direncanakan lebih kuat.

Modifikasi perencanaan yang dilakukan pada Apartemen Grand Kamala Lagoon ini yaitu menggunakan struktur baja komposit dengan sistem rangka berpengaku eksentris. Perhitungan struktur yang dilakukan pada perencanaan tersebut mengacu kepada SNI-03-1729-2015 “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”, SNI-03-1729-2015 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung”, SNI-03-1727-2013 “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”, PPIUG 1983, dan SNI-03-2847-2013 “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung”. Permodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 2016.

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, diperoleh tebal pelat atap dan lantai 11 cm, dimensi balok induk arah X dan Y yaitu WF600.300.12.17 dan WF600.300.14.23, dimensi kolom yaitu HSS700.700.28, dimensi bresing yaitu WF300.300.15.15, dimensi *link* yaitu WF700.300.13.24 dengan panjang *link* 120 cm, *baseplate* menggunakan *fixed plate* 900.900.60, dari Continental Steel. Sambungan struktur utama direncanakan sambungan kaku menggunakan baut mutu tinggi A490. Pondasi menggunakan tiang pancang berdiameter 60 cm dengan kedalaman 22 m. Balok *Tie Beam* dimensi 450x650 mm dipasang tulangan utama 5D16 dan tulangan geser Ø10-300.

Kata kunci : Sistem Rangka Berpengaku Eksentris, link, baja, komposit.

**PLANNING MODIFICATION OF GRAND KAMALA
LAGOON APARTMENT USING STEEL COMPOSITE
STRUCTURE AND ECCENTRICALLY BRACED
FRAMES**

Name	:	Ahmad Zaky
Student ID	:	3113100071
Department	:	Civil Engineering FTSP-ITS
Major Supervisor	:	1. Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D. 2. Ir. Isdarmanu, M.Sc.

Abstract

One of the alternative system for earthquake resistance building is using steel composite material with eccentrically braced frames. Eccentrically braced frames system is a system where the brace is not directly connected to the intersection of beams and columns but is connected to a beam with a distance "e" to the point of intersection of the beam and column. This short beam or link segment has a high ductility that ensures the structure has an inelastic behavior and good energy absorption. The performance of the link beam will be more leverage if the elements outside the link beam are planned stronger.

Grand Kamala Lagoon's apartments are modified using a composite steel structure with an eccentrically braced frames. The structural calculation were referred to the SNI-03-1729-2015 "Specification for Structural Steel Buildings", SNI-03-1729-2015 "Earthquake Resilience Planning Procedures for Building and Non-Building Structures", SNI-03- 1727-2013 "Minimum Load for Design of Buildings and Other Structures", PPIUG 1983, and SNI-03-2847-2013 "Structural Concrete Requirements for Building Buildings". Modeling and structural analysis were performed using ETABS 2016.

From the analysis and calculation, the result obtained: the roof and apartment floor slab thickness of 11 cm; the primary beam for X and Y direction dimensions of WF600.300.12.17 and WF600.300.14.23; the column dimensions of CFT700.700.28; the

brace dimensions of WF300.300.15.15; the link beam dimensions of WF700.300.13.24 with a length of 120 cm; and the baseplate using fixed plate from Continental Steel. The primary structure is planned as a rigid connection with bolt of A490. Foundation design is planned using spun piles with diameter of 60 cm and a depth of 22 m. The dimension of the tie beam is 450 mm x 650 mm with main reinforcement and shear reinforcement of 5D16 and Ø10-300 respectively.

Keywords : Eccentrically braced frames, link, steel, composite.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Modifikasi Perencanaan Apartemen Grand Kamala Lagoon menggunakan Struktur Baja Komposit dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris”.

Pada perencanaan struktur apartemen ini diuraikan perihal perencanaan untuk struktur sekunder, yaitu balok anak, pelat, dan tangga, dan struktur primer, yaitu balok, kolom, *link*, dan pengaku. Penulis menyadari dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan dalam pembuatan laporan.

Akhir kata, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir sekaligus dosen wali.
2. Bapak Ir. Isdarmanu, M.Sc selaku dosen pembimbing 2 Tugas Akhir.
3. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis sendiri maupun umum.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.2.1 Permasalahan utama	2
1.2.2 Rincian permasalahan	2
1.3 Tujuan	3
1.3.1 Umum	3
1.3.2 Khusus	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Rangka Berpengaku Eksentris	5
2.1.1 Pengertian	5
2.1.2 Konsep perencanaan SRBE	6
2.1.3 Perilaku link beam	7
2.2 Balok	10
2.3 Kolom Komposit	12

2.4	Pondasi	13
BAB III METODOLOGI	17	
3.1	Bagan Alir Perencanaan	17
3.2	Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir	18
3.2.1	Pengumpulan data	18
3.2.2	Studi literatur	19
3.2.3	Preliminary design	19
3.2.4	Perhitungan beban struktur	20
3.2.5	Permodelan struktur	28
3.2.6	Kontrol perencanaan struktur utama	28
3.2.7	Perhitungan struktur bawah	50
3.2.8	Penggambaran teknik.....	55
BAB IV HASIL PERENCANAAN	57	
4.1	Perencanaan Struktur Sekunder	57
4.1.1	Perencanaan dimensi pelat lantai gedung.....	57
4.1.2	Perencanaan balok anak	60
4.1.3	Perencanaan balok lift.....	67
4.1.4	Perencanaan tangga	74
4.2	Permodelan Struktur	88
4.2.1	Penjelasan umum	88
4.2.2	Pembebanan struktur utama	89
4.2.3	Pembebanan gempa dinamis	94
4.2.4	Kombinasi pembebatan.....	98
4.2.5	Kontrol desain.....	99

4.3	Perencanaan Struktur Primer	110
4.3.1	Perencanaan link.....	110
4.3.2	Perencanaan balok diluar link	119
4.3.3	Perencanaan bresing	125
4.3.4	Perencanaan balok induk	129
4.3.5	Perencanaan kolom.....	142
4.4	Perencanaan Sambungan	149
4.4.1	Sambungan balok induk dengan balok anak	149
4.4.2	Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga	154
4.4.3	Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom	
	156	
4.4.4	Sambungan balok diluar link dengan kolom....	159
4.4.5	Sambungan bresing.....	171
4.4.6	Sambungan balok induk dengan kolom	180
4.4.7	Sambungan antar kolom	192
4.4.8	Sambungan kolom dengan baseplate	193
4.5	Perencanaan Struktur Bawah	200
4.5.1	Umum.....	200
4.5.2	Data perencanaan pondasi	200
4.5.3	Perencanaan poer pada kolom	205
4.5.4	Perencanaan kolom pedestal	212
4.5.5	Perencanaan balok Tie Beam.....	214
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	219
5.1	Kesimpulan.....	219

5.2	Saran.....	222
DAFTAR PUSTAKA.....		223

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-Jenis Konfigurasi SRBE	5
Gambar 2.2 Gaya yang Bekerja pada Link	7
Gambar 2.3 Mekanisme Energi Disipasi	9
Gambar 2.4 Contoh Balok Komposit	11
Gambar 2.5 Contoh Kolom Komposit a) baja diselubungi beton, b) dan c) pipa baja berisi beton.....	12
Gambar 2.6 Jenis Pondasi Dangkal	15
Gambar 2.7 Jenis Pondasi Dalam : a). Pondasi Sumuran b). Pondasi Tiang.....	16
Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir .	18
Gambar 3.2 Peta untuk S _S	25
Gambar 3.3 Peta untuk S ₁	26
Gambar 3.4 Potongan Balok dengan Penghubung Geser Stud ...	41
Gambar 3.5 Potongan Balok dengan Penghubung Geser Baja Kanal	42
Gambar 3.6 Penampang Baseplate	49
Gambar 3.7 Penampang Kritis Pada Pondasi	54
Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap	57
Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap	58
Gambar 4.3 Pelat Lantai Apartemen	59
Gambar 4.4 Penulangan Lantai Apartemen	60
Gambar 4.5 Balok Anak Lantai Atap	61
Gambar 4.6 Denah Balok Anak Lantai Apartemen	64
Gambar 4.7 Denah Lift.....	68
Gambar 4.8 Potongan Melintang Lift.....	69
Gambar 4.9 Model Pembebatan Balok Penggantung Lift.....	70
Gambar 4. 10 Diagram Momen Balok Penggantung Lift	72
Gambar 4.11 Denah Tangga.....	75
Gambar 4.12 Potongan Tangga	75
Gambar 4.13 Sketsa Pembebatan Balok Utama Tangga	78

Gambar 4.14 Bidang M Balok Tangga	80
Gambar 4.15 Bidang D Balok Tangga.....	81
Gambar 4.16 Bidang N Balok Tangga.....	82
Gambar 4.17 Pembebatan Balok Penumpu Tangga	85
Gambar 4.18 Denah Struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon	88
Gambar 4.19 Pemodelan Struktur Gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon	89
Gambar 4.20 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Bekasi	95
Gambar 4.21 Grafik Respon Spektrum Situs E Bekasi	96
Gambar 4.22 Pembebatan Gempa Dinamis Arah X	97
Gambar 4.23 Pembebatan Gempa Dinamis Arah Y	97
Gambar 4.24 Kombinasi Pembebatan pada ETABS 2016	99
Gambar 4.25 Element Balok Diluar Link Arah X	110
Gambar 4.26 Gaya Dalam Link Arah X	111
Gambar 4.27 Jarak Pengaku Link Arah X	114
Gambar 4.28 Frame Element Link Arah Y	114
Gambar 4.29 Gaya Dalam Link Arah Y	115
Gambar 4.30 Jarak Pengaku Link Arah Y	118
Gambar 4.31 Element Balok Diluar Link Arah X	119
Gambar 4.32 Elemen Balok Diluar Link Arah Y	122
Gambar 4.33 Kolom C27 yang ditinjau untuk kontrol.....	142
Gambar 4.34 Sambungan Balok Anak Lantai Dengan Balok Induk	149
Gambar 4.35 Detail Pelat Siku Pada Gelagar	151
Gambar 4.36 Sambungan Balok Anak Atap Dengan Balok Induk	152
Gambar 4.37 Detail Pelat Siku Pada Gelagar	153
Gambar 4.38 Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga.....	154
Gambar 4.39Detail Pelat Siku Pada Gelagar	156

Gambar 4.40 Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom	157
Gambar 4.41 Detail Pelat Siku Pada Gelagar	158
Gambar 4.42 Sambungan Balok Diluar Link X Dengan Kolom	164
Gambar 4.43 Detail Sambungan Balok Diluar Link X Dengan Kolom	165
Gambar 4.44 Sambungan Balok Diluar Link Y Dengan Kolom	170
Gambar 4.45 Detail Sambungan Balok Diluar Link Y Dengan Kolom	171
Gambar 4.46 Sambungan Bresing X dengan Balok Induk	172
Gambar 4.47 Sambungan Bresing X dengan Balok Induk dan Kolom	172
Gambar 4.48 Sambungan Bresing Y dengan Balok Induk	176
Gambar 4.49 Sambungan Bresing Y dengan Balok Induk dan Kolom	177
Gambar 4.50 Sambungan Balok Induk X dengan Kolom.....	185
Gambar 4.51 Detail Sambungan Balok Induk X Dengan Kolom	185
Gambar 4.52 Sambungan Balok Induk Y dengan Kolom.....	191
Gambar 4.53 Detail Sambungan Balok Induk Y Dengan Kolom	191
Gambar 4.54 Sambungan Kolom Dengan Kolom	193
Gambar 4.55 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate	196
Gambar 4.56 Arah Beban Sumbu Y Pada Base Plate	197
Gambar 4.57 Base Plate pada Kolom	199
Gambar 4.58 Tampak Samping Base Plate dan Kolom Pedestal	199
Gambar 4.59 Denah Rencana Pondasi.....	201
Gambar 4.60 Geser Ponds akibat Kolom.....	206
Gambar 4.61 Geser Ponds akibat Tiang Pancang	208
Gambar 4.62 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu X)	209

Gambar 4.63 Pembebanan Poer pada Kolom (Arah Sumbu Y)	211
Gambar 4.64 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program spColumn	213
Gambar 4.65 Penulangan Kolom Pedestal.....	214
Gambar 4.66 Potongan Melintang Balok Sloof	218

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Link	10
Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa	23
Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa	25
Tabel 3.3 Koefisien Situs, Fa	26
Tabel 3.4 Koefisien Situs, Fv	27
Tabel 3.5 Koefisien Modifikasi Respons.....	27
Tabel 3.6 Batas-batas pengekang lateral.....	37
Tabel 3.7 Koefisien harga α dan β	52
Tabel 4.1 Rekapitulasi Penulangan Pelat Atap	58
Tabel 4.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai.....	60
Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Atap	63
Tabel 4.4 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Lantai.....	67
Tabel 4.5 Tabel Perhitungan N Rata-Rata	91
Tabel 4.6 Rekapitulasi Berat Struktur Tiap Lantai	92
Tabel 4.7 Rekapitulasi Berat Struktur Tiap Lantai	93
Tabel 4.8 Parameter Respon Gempa Wilayah Bekasi untuk Kelas Situs E	95
Tabel 4.9 Faktor R^a , C_d^b , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa.....	96
Tabel 4.10 Rasio Partisipasi Massa	100
Tabel 4.11 Perioda dan Frekuensi Struktur	101
Tabel 4.12 Reaksi Dasar Struktur ETABS 2016	103
Tabel 4.13 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	104
Tabel 4.14 Kontrol Simpangan Arah X akibat Gempa X	106
Tabel 4.15 Kontrol Simpangan Arah Y akibat Gempa X	107
Tabel 4.16 Kontrol Simpangan Arah X akibat Gempa Y	108
Tabel 4.17 Kontrol Simpangan Arah Y akibat Gempa X	109
Tabel 4.18 Tabel N SPT	203
Tabel 4.19 Rekapitulasi Perhitungan Pondasi dan Poer.....	212

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan jumlah penduduk di Indonesia berdampak pada kebutuhan lahan hunian yang semakin tinggi dengan keterbatasan lahan yang ada. Hal tersebut mengakibatkan kebutuhan akan gedung atau apartemen semakin meningkat dan merata di seluruh kota-kota besar di Indonesia. Pada umumnya, pembangunan gedung atau apartemen di Indonesia menggunakan struktur beton bertulang. Sedangkan, kondisi wilayah di Indonesia termasuk kedalam zona *Ring of Fire* dimana terdapat banyak aktifitas seismik atau gempa bumi sehingga penggunaan struktur beton bertulang yang umum digunakan dalam gedung bertingkat cukup beresiko. Oleh karena itu, sistem yang lebih baik yang seharusnya digunakan dalam pembangunan gedung bertingkat yaitu sistem konstruksi baja komposit sebagai salah satu sistem alternatif penahan gempa.

Salah satu kriteria dalam merancang struktur bangunan tinggi terutama untuk gedung adalah keselamatan (*strength and ductile*) dan kenyamanan (*stiffness*). Baja memiliki semua hal tersebut, dimana karakteristik baja identik dengan kekerasan, kekakuan, kekuatan tarik yang tinggi dan juga duktilitas. Penggunaan material baja dalam konstruksi merupakan suatu alternatif yang menguntungkan berdasarkan pertimbangan ekonomi, sifat, dan kekuatannya dalam memikul beban terutama beban lateral seperti gempa bumi (Fauzi, 2013). Selain itu, sifat duktial yang dimiliki material baja dapat memberi perubahan bentuk yang besar sebelum mencapai kehancuran. Salah satu bangunan baja yang dirancang tahan gempa adalah bangunan baja dengan menggunakan sistem struktur berpengaku eksentris.

Sistem Rangka Berpengaku Eksentris (SRBE) adalah sistem dimana pengaku tidak terhubung ke perpotongan balok dan kolom melainkan terhubung ke balok dengan jarak “*e*” ke titik perpotongan balok dan kolom. Segmen balok pendek atau *link* ini memiliki duktilitas yang tinggi yang memastikan struktur memiliki

perilaku inelastis serta penyerapan energi yang bagus (Popov dan Roeder, 1978). Kinerja dari balok *link* tersebut akan lebih maksimal jika elemen-elemen di luar dari balok *link* tersebut direncanakan lebih kuat. Konsep perencanaan SRBE yang berdasarkan keseimbangan mekanisme kelelahan akan mencegah terjadinya cara keruntuhan yang tidak diinginkan yaitu elemen-elemen struktur tidak mengalami penurunan kekakuan dan kekuatan saat struktur menerima beban lateral (Fihari, 2010).

Dalam penggerjaan tugas akhir ini, akan dilakukan modifikasi gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon yang berlokasi di kota Bekasi. Apartemen Grand Kamala Lagoon merupakan gedung dengan struktur utama beton bertulang dengan ketinggian 46 lantai. Apartemen tersebut akan dibangun lagi bersebelahan dengan lokasi sebelumnya namun hanya membutuhkan ketinggian 23 lantai dan menggunakan struktur komposit dengan sistem rangka berpengaku eksentris dengan konfigurasi rangka *inverted V-braced*.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Permasalahan utama

Bagaimana merencanakan modifikasi Apartemen Grand Kamala Lagoon dengan menggunakan struktur baja komposit dengan sistem rangka bresing eksentris?

1.2.2 Rincian permasalahan

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* penampang elemen struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, dan tangga?
3. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi balok induk dan kolom?
4. Bagaimana merencanakan bresing eksentris balok diluar *link* dan *link*?
5. Bagaimana memodelkan dan menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu?
6. Bagaimana merencanakan sambungan pada struktur?

7. Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan keadaan tanahnya?
8. Bagaimana mengilustrasikan hasil perencanaan struktur dalam gambar teknik?

1.3 Tujuan

1.3.1 Umum

Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah agar mampu merencanakan gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon menggunakan struktur baja komposit dengan sistem rangka bresing eksentris.

1.3.2 Khusus

1. Menentukan *preliminary design* penampang elemen struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon.
2. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, dan tangga.
3. Merencanakan struktur primer yang meliputi balok induk dan kolom.
4. Merencanakan bresing, balok diluar *link* dan *link*.
5. Memodelkan dan menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu.
6. Merencanakan sambungan pada struktur.
7. Merencanakan pondasi dan poer yang sesuai dengan keadaan tanahnya.
8. Mengilustrasikan hasil perencanaan struktur dalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini, antara lain :

1. Perencanaan hanya dibatasi perhitungan struktur atas Apartemen Grand Kamala Lagoon dengan ketinggian 23 lantai tanpa menghitung analisa basement.

2. Tidak menghitung analisa biaya dan waktu serta tidak membahas metode pelaksanaan konstruksi.
3. Tidak mempertimbangkan sistem sanitasi, *mechanical plumbing*, utilitas bangunan, dan *finishing*.
4. Tidak meninjau dari segi arsitektur.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari modifikasi ini, antara lain :

1. Menambah wawasan dan dapat mengaplikasikan teroi yang didapat selama kuliah.
2. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan untuk perencanaan struktur baja komposit dengan sistem rangka bresing eksentris.
3. Memberi alternatif sistem struktur yang tahan gempa.

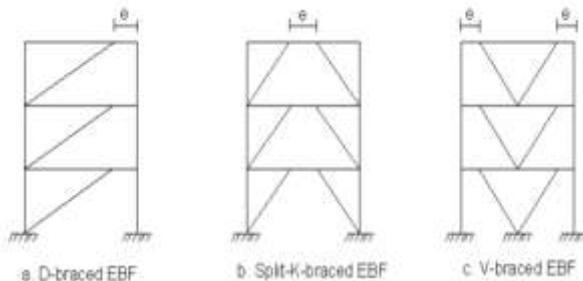
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Rangka Berpengaku Eksentris

2.1.1 Pengertian

Sistem Rangka Berpengaku Eksentris (SRBE) merupakan suatu sistem struktur yang terdiri atas balok, kolom, dan pengaku dimana pengaku tersebut tidak terhubung ke perpotongan balok dan kolom melainkan terhubung ke balok dengan jarak “e” ke titik perpotongan balok dan kolom. Segmen balok pendek atau *link* ini memiliki daktilitas yang tinggi yang memastikan struktur memiliki perilaku inelastis serta penyerapan energi yang bagus (Popov dan Roeder, 1978). Kinerja dari balok *link* tersebut akan lebih maksimal jika elemen-elemen di luar dari balok *link* tersebut direncanakan lebih kuat. Konsep perencanaan SRBE yang berdasarkan keseimbangan mekanisme kelelahan akan mencegah terjadinya cara keruntuhan yang tidak diinginkan yaitu elemen-elemen struktur tidak mengalami penurunan kekakuan dan kekuatan saat struktur menerima beban lateral (Fihari, 2010).



Gambar 2.1 Jenis-Jenis Konfigurasi SRBE
(Sumber : AISC, 2010)

2.1.2 Konsep perencanaan SRBE

Untuk mendesain SRBE maka pendekatan umum yang harus dilakukan agar mendapatkan kekuatan struktur yang baik adalah :

1. Tiga variabel utama dalam mendesain SRBE adalah konfigurasi pengaku, panjang *link*, dan profil *link* yang dipakai (Roy Becker, 1996)
2. *Link* adalah elemen terlemah dalam SRBE, dan elemen struktur yang lain seperti balok, kolom, dan sambungan harus lebih kuat dari *link* (Engelhardt, 2007)
3. Dapat dipasang *stiffener* dan pengaku lateral untuk menunjang daktilitas (Engelhardt, 2007)
4. Cek *link* agar dapat memenuhi daktilitas yang diperlukan (Engelhardt, 2007)
5. *Link* harus memenuhi perbandingan lebar terhadap tebal sesuai dengan tabel 15.7-1 (SNI 03 – 1729 - 2002)
6. Tegangan leleh bahan baja yang digunakan pada *link* tidak boleh melebihi 350 Mpa (SNI 03 - 1729 – 2002)
7. Mendesain SRBE sesuai dengan SNI 03 – 1729 – 2002 pasal 15.13

SRBE diharapkan dibangun dengan deformasi inelastis yang signifikan pada *link* saat subjek/struktur mengalami gaya yang dihasilkan oleh gaya gempa. Pengaku diagonal, kolom, dan bagian balok diluar elemen *link* harus didesain untuk memikul sisa tegangan elastis dibawah tegangan maksimum yang dihasilkan dari *link* pada saat leleh penuh dan saat mencapai tegangan tinggi (Bruneau, dkk, 1998).

Dengan membuat *link* menjadi komponen terlemah dalam sebuah SRBE, elemen ini diijinkan mengalami deformasi yang cukup besar maka system bresing direncanakan untuk tidak mengalami kelelahan baik tarik maupun tekuk. Hal ini dimaksudkan agar kestabilan elemen *link* terjaga dengan baik.

2.1.3 Perilaku *link beam*

2.1.3.1 Gaya dalam pada *link*

Link beam merupakan elemen balok pendek yang direncanakan mengalami kelelahan lebih awal pada saat bekerjanya beban lateral pada struktur. Pada bagian *link* ini bekerja gaya geser (*shear*) pada kedua ujung *link* dengan besar yang sama dan arah yang berlawanan. Gaya geser yang bekerja tersebut mengakibatkan momen pada kedua ujung *link* dengan besar dan arah yang sama, sehingga didapatkan persamaan $V_e = 2M$. Pada kasus ini *link* diasumsikan hanya dalam keadaan plastis biasa, tidak pada saat *strain hardening* dan tidak ada interaksi antara momen dan geser. Dalam keadaan tersebut, maka dapat dirumuskan sebagai berikut

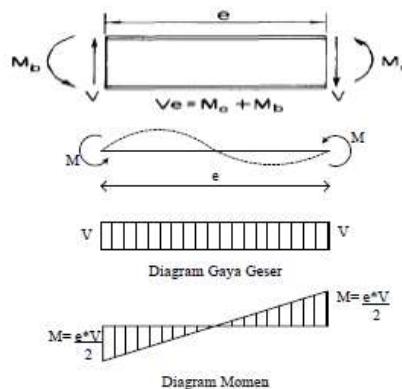
$$e = \frac{2Mp}{V_p} \quad (2.1)$$

Dimana:

e = Panjang *link*

M_p = Momen plastis ($Z_x \cdot f_y$)

V_p = Geser plastis ($0,6 \cdot f_y \cdot d \cdot t_w$)



Gambar 2.2 Gaya yang Bekerja pada *Link*
(Sumber: Engelhardt dan Popov, 1988; Becker dan Ishler, 1996)

2.1.3.2 Mekanisme Keruntuhan Pada *Link*

Semakin pendek *link*, maka semakin besar pengaruh gaya geser terhadap perilaku inelastik. Kelelahan geser terjadi seragam sepanjang *link*. Untuk *link* yang sangat pendek gaya geser *link* mencapai kapasitas geser plastis $V_p = 0.6 f_y d_{tw}$, sebelum momen ujung mencapai momen plastis $M_p = Z_x f_y$, dan *link* leleh akibat geser membentuk sebuah sendi geser. *Link* geser mempunyai sifat sangat daktil dengan kapasitas inelastik yang melebihi kapasitas geser badan, sehingga kegagalan *buckling* tejadi pada web (Yurisman, 2010).

Untuk *link* yang lebih panjang, momen ujung mencapai M_p membentuk sendi-sendi lentur sebelum terjadinya kelelahan geser. Mekanisme keruntuhan yang terjadi pada *link* panjang disebabkan karena deformasi lentur yang menyebabkan terjadinya kegagalan yang merupakan kombinasi dari terjadinya buckling pada sayap (flens), compression buckling pada badan (web) dan/atau lateral torsional buckling. Sebagai tambahan, akibat regangan yang sangat besar pada kedua ujung *link* maka besar kemungkinan terjadinya fracture pada sambungan las ujung pada saat terjadi mode keruntuhan batas (Budiono, 2010).

2.1.3.3 Mekanisme Energi Disipasi Pada *Link*

Menurut Engelhardt (2007) Pada design struktur penahan gempa dengan SRBE perlu diperhitungkan besar rotasi plastis yang akan dialami oleh *link*. Pada tahap ini lebih mudah menggunakan mekanisme disipasi energi (juga disebut mekanisme kehancuran). Gambar 2.3 menunjukkan mekanisme kehancuran dari SRBE. Pada setiap kasus θ merupakan besar penyimpangan yang terjadi pada rangka, besar penyimpangan pada sendi plastis terhadap balok juga disimbolkan θ . Untuk SRBE besar dari kebutuhan rotasi *link* (γ) harus lebih besar dari θ , dengan perumusan:

$$\gamma = \frac{L}{e} \theta$$

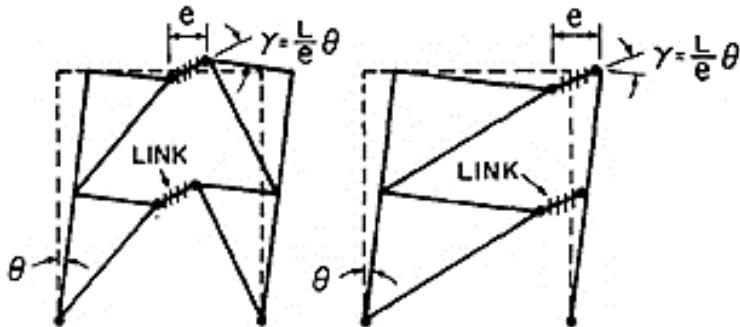
Dimana:

γ = Rotasi *link*

L = Panjang balok

e = Panjang *link*

θ = Besar penyimpangan struktur



Gambar 2.3 Mekanisme Energi Disipasi
(Sumber: Engelhardt dan Popov, 1988)

2.1.3.4 Jenis-Jenis Link

Berdasarkan ukuran panjang *link* (*e*), dikenal klasifikasi jenis *link* sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi *Link*
(Sumber: SNI 1729-2002)

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

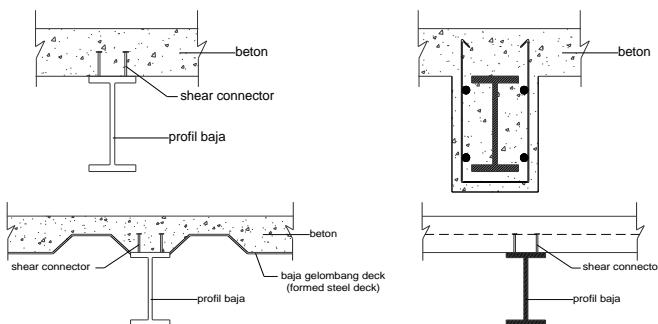
2.2 Balok

Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Beban yang dipikul balok meliputi beban-beban gravitasi, seperti beban mati dan beban hidup. Komponen struktur balok merupakan kombinasi dari elemen tekan dan elemen tarik. Berikut beberapa jenis balok pada bangunan berdasarkan fungsinya:

- Joist : Balok-balok tegak lurus dengan jarak kecil untuk memikul lantai/atap suatu bangunan gedung

- Lintel : Balok pada dinding terbuka
- Sprindel : Balok yang memikul dinding luar suatu bangunan
- Stringer : Balok tegak lurus arah jembatan pada lantai kendaraan jembatan
- Floor Beam : Balok tegak lurus arah jembatan yang berfungsi meneruskan beban dari “stringer” ke pemikul utama (rangka batang, balok girder)
- Girder : Balok besar, biasanya dipakai untuk istilah balok utama pada struktur jembatan
- Gording : Balok untuk memikul atap pada struktur rangka batang (kuda-kuda atap) atau purlin

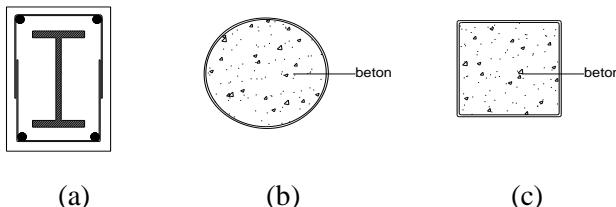
Balok komposit adalah sebuah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi mekanis diantara dua atau lebih bahan. Pada dasarnya aksi komposit pada balok komposit dapat tercapai atau tidaknya tergantung dari penghubung gesernya. Biasanya penghubung geser diletakan disayap atas profil baja. Hal ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya slip pada pelat beton dengan balok baja. Beberapa contoh balok komposit ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh Balok Komposit
(Sumber : Isdarmanu, 2006)

2.3 Kolom Komposit

Kolom komposit dibuat dari baja profil yang terbungkus beton seluruhnya, atau dengan mengisi pipa baja dengan beton. Kolom komposit akan dapat menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan kolom beton bertulang biasa dengan ukuran yang sama. Beberapa contoh kolom komposit diberikan dalam Gambar 2.5, pada bagian (a), penampang WF ditanam dalam beton. Penampang biasanya berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang dengan tulangan longitudinal disetiap sudutnya dan diikat dengan tulangan sengkang dengan jarak yang cukup rapat. Tulangan sengkang ini meningkatkan kekuatan kolom secara efektif karena dapat mencegah perpindahan tulangan memanjang selama konstruksi dan menahan *buckling* tulangan memanjang ke arah luar akibat beban yang menyebabkan retak dan terkelupasnya selimut beton. Perlu dicatat bahwa tulangan sengkang terbuka dan berbentuk U karena jika tidak demikian tidak akan dapat dipasang. Hal ini disebabkan profil baja selalu dipasang lebih dahulu. Bagian (b) dan (c) memperlihatkan kolom komposit berupa pipa dan tube yang diisi dengan beton.



Gambar 2.5 Contoh Kolom Komposit a) baja diselubungi beton, b) dan c) pipa baja berisi beton
(Sumber : Isdarmanu, 2006)

Persyaratan bagi suatu kolom komposit ditentukan dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.3.1. Batasan-batasan berikut harus dipenuhi oleh suatu kolom komposit:

1. Luas penampang profil baja minimal sebesar 4% dari luas total penampang melintang kolom komposit, jika kurang

maka komponen struktur tekan ini akan beraksi sebagai kolom beton biasa

2. Untuk profil baja yang diselubungi beton, persyaratan berikut harus dipenuhi:
 - a. Lateral tidak boleh lebih besar dari 2/3 dimensi terkecil penampang kolom komposit. Luas penampang melintang dari tulangan longitudinal dan transversal minimum $0,18 \text{ mm}^2$ per mm jarak antar tulangan longitudinal/transversal.
 - b. Selimut beton harus diberikan minimal setebal 40 mm dari tepi terluar tulangan longitudinal dan transversal
 - c. Tulangan longitudinal harus dibuat menerus pada lantai tingkat kecuali tulangan longitudinal yang hanya berfungsi sebagai kekangan beton.
3. Kuat tekan beton, f'_c berkisar antara 21 hingga 55 Mpa untuk beton normal, dan minimal 28 Mpa untuk beton ringan
4. Tegangan leleh profil baja dan tulangan longitudinal tidak boleh melebihi 380 Mpa
5. Untuk mencegah tekuk lokal pada pipa baja atau penampang baja berongga, maka ketebalan dinding minimal disyaratkan sebagai berikut:
 - a. Untuk penampang persegi dengan sisi b , maka $t \geq b\sqrt{fy/E}$
 - b. Untuk penampang lingkaran dengan diameter D , maka $t \geq D\sqrt{fy/8E}$

2.4 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban diatasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (*solid*). Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat

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

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

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

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

1. Pondasi dangkal

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

a. Pondasi telapak

Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah

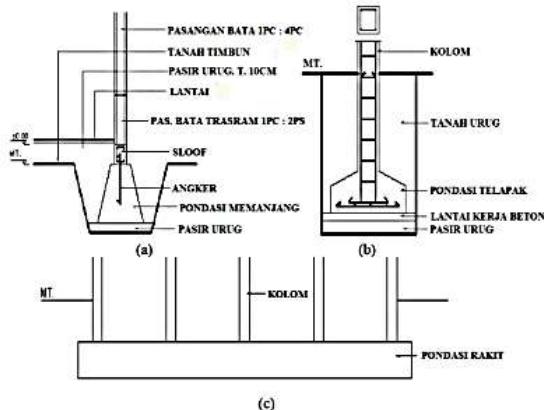
yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.5b)

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 2.5a)

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 2.5c)



Gambar 2.6 Jenis Pondasi Dangkal

(Sumber : Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

2. Pondasi Dalam

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

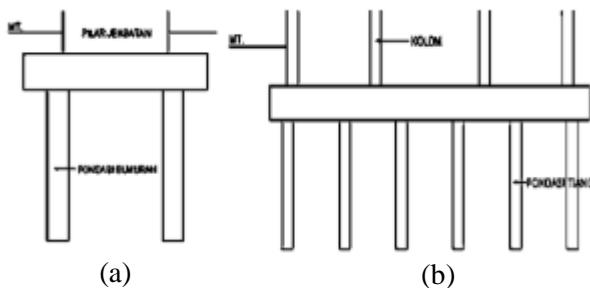
meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti :

a. Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

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

b. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

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



Gambar 2.7 Jenis Pondasi Dalam : a). Pondasi Sumuran b).
Pondasi Tiang

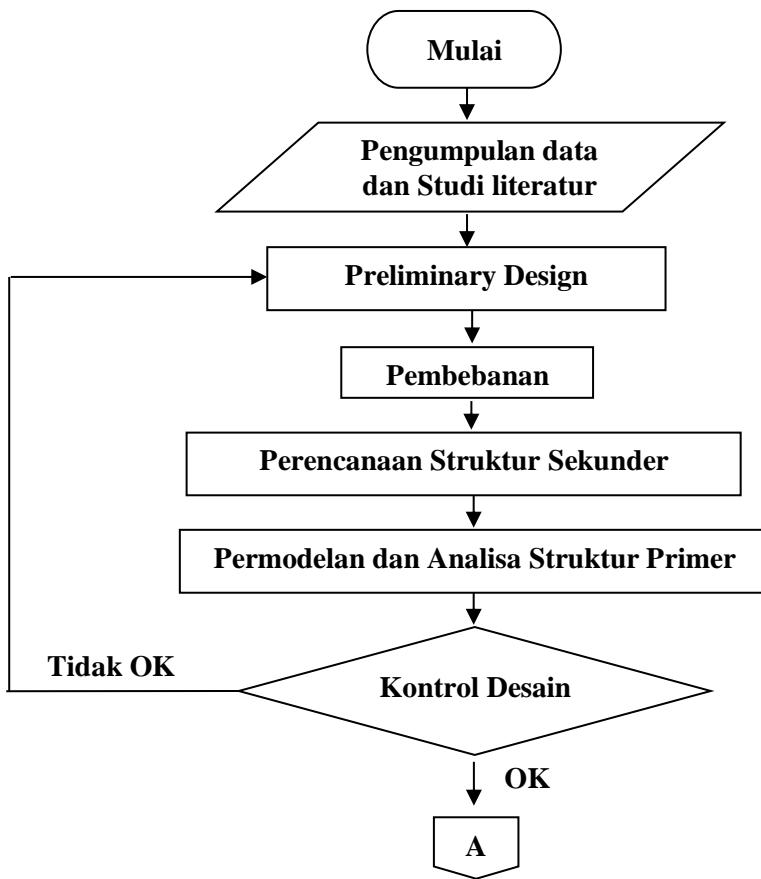
(Sumber : Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

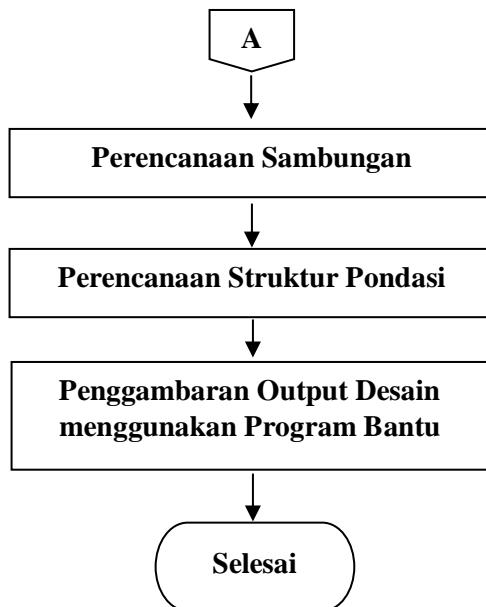
BAB III

METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Perencanaan

Langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir
(Sumber : Penulis)

3.2 Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

Rincian penjelasan mengenai metodologi penyelesaian dari bagan alir di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.2.1 Pengumpulan data

Data umum bangunan dan data tanah gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon :

1. Nama Gedung : Apartemen Grand Kamala Lagoon
2. Lokasi : Bekasi, Jawa Barat
3. Fungsi : Apartemen
4. Jumlah Lantai : 46 lantai (3 lantai dasar, 42 lantai apartemen, 1 lantai atap) dan 3 basement.
5. Tinggi Gedung : 143.9 m

6. Struktur Utama : Beton bertulang
7. Sistem Struktur : Sistem Ganda

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

1. Nama Gedung : Apartemen Grand Kamala Lagoon
2. Lokasi Gedung : Bekasi, Jawa Barat
3. Fungsi Gedung : Apartemen
4. Tinggi Gedung : 72 m
5. Jumlah Lantai : 23 lantai (3 lantai dasar, 19 lantai apartemen, dan 1 lantai atap)
6. Struktur Utama : Balok baja dengan dek dan kolom
Concrete Filled-Steel Tube
7. Sistem Struktur : Sistem Rangka Bresing Eksentris

Gambar modifikasi gedung dan data tanah dapat dilihat pada lampiran

3.2.2 Studi literatur

Dalam menunjang pelaksanaan Tugas Akhir ini, maka dilakukan studi terhadap literatur yang berkaitan dengan perencanaan bangunan struktur baja komposit menggunakan sistem rangka dengan bresing eksentris.

3.2.3 Preliminary design

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

3.2.3.1 Perencanaan struktur sekunder

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

1. Pelat Lantai
2. Balok Anak
3. Tangga
4. Balok Penumpu *Lift*

3.2.3.2 Perencanaan struktur utama

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

1. Perencanaan Panjang *Link*
2. Dimensi Balok
3. Dimensi Kolom
4. Dimensi Pengaku

3.2.4 Perhitungan beban struktur

Melakukan perhitungan beban struktur sebagai berikut :

1. Beban Mati

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

2. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lainnya harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat peng hunian dan penggunaan bangunan gedung, tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam tabel 4.1. Beban hidup diatur dalam SNI 1727:2013 pasal 4.

3. Beban Angin

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

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

Keterangan :

- q = qz untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z diatas permukaan tanah
- qh = qh untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h
- qi = qh untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian
- qi = qz untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak atau dilindungi dengan penutup tahan impak harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif, qi secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian h ($qi=qh$)
- G = faktor efek-tiupan angin
- C_p = koefisien tekanan eksternal dari Gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3
- (GC_{pi}) = koefisien tekanan internal dari Tabel 26.11-1

q dan qi harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7.3. Tekanan harus diterapkan secara bersamaan pada dinding di sisi angin datang dan disisi

angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam SNI 1727:2013 gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3.

4. Beban Gempa

Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan menurut SNI 03-1726-2012 ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan, untuk itu pengaruh Gempa Rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik.

Perhitungan respons dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dapat dilakukan dengan metoda analisis ragam spektrum respons dengan memakai Spektrum Respons Gempa Rencana yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R , dimana I adalah Faktor Keutamaan menurut Tabel 1, sedangkan R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan. Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa yang menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%.

Tingkat keutamaan (I) struktur dalam kepentingannya saat masa layan disajikan dalam tabel berikut ini :

**Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur
Lainnya untuk Beban Gempa**
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / Mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan struktur lainnya 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 	

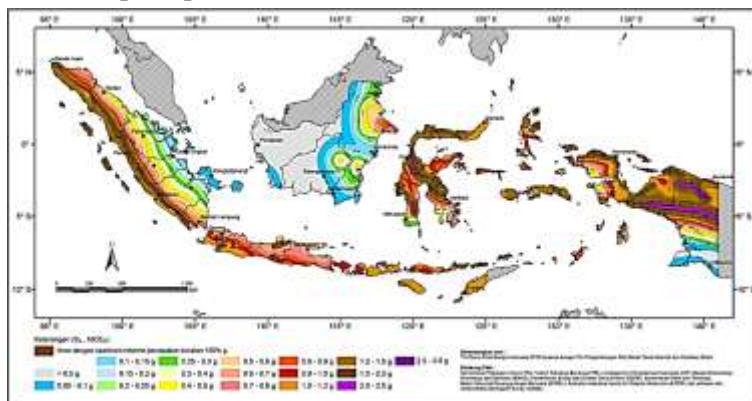
<ul style="list-style-type: none"> - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan missal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi 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 struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia yang berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan struktur lainnya 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 bedan dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, badai angin, dan tempat perlindungan darurat lainnya 	IV

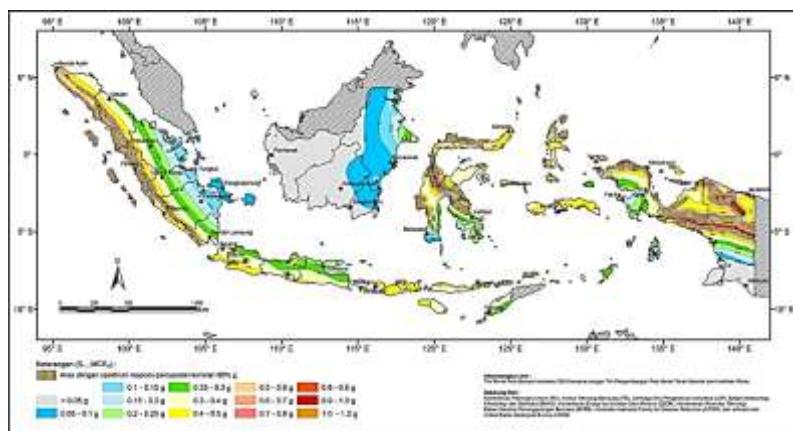
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat
- Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV

Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

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

Parameter percepatan tanah (S_s , S_1) :





Gambar 3.3 Peta untuk S_1
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Tabel 3.3 Koefisien Situs, F_a
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCEr terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	S_{Sb}				

Tabel 3.4 Koefisien Situs, Fv
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan pada periode pendek, T=1,0 detik, S1				
	S1 ≤ 0,1	S1 = 0,2	S1 = 0,3	S1 = 0,4	S1 ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SSb				

Nilai faktor modifikasi respon (R) ditentukan berdasarkan tipe struktur yang akan direncanakan, yaitu yang tertera pada tabel 9 SNI 03-1726-2012. Berikut ini adalah nilai faktor modifikasi respon untuk berbagai tipe struktur tahan gempa.

Tabel 3.5 Koefisien Modifikasi Respons
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

E.Sistem rangka bangunan:	1	2	3	4	TB	TB	4B	4B	3B
1. Rangka tiang dengan bressing ekstrimis	0	2	4	4	TB	TB	4B	4B	3B
2. Rangka tiang dengan bressing kon-sentrifugalis	0	2	5	5	TB	TB	4B	4B	3B
3. Rangka tiang dengan bressing kon-sentrifugalis	3%	2	3%	3%	TB	TB	4B	4B	3B
4. Dinding geser beton berlanting ikat	0	2%	1	1	TB	TB	4B	4B	3B
5. Dinding geser beton berlanting ikat	5	2%	4%	4%	TB	TB	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos ditali	2	2%	2	2	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser beton polos tanpa	1%	2%	1%	1%	TB	TI	TI	TI	TI

5. Kombinasi Pembebatan

Struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut (SNI 1727:2013 pasal 3.2.2) :

$$1,4D$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$$

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

$$1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$$

$$1,2D + 1,0E + L + 0,2S$$

$$0,9D + 1,0W$$

$$0,9D + 1,0E$$

keterangan :

D = beban mati

L = beban hidup

L_r = beabn hidup atap

S = beban salju

R = beban hujan

W = beban angin

E = beban gempa

3.2.5 Permodelan struktur

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

3.2.6 Kontrol perencanaan struktur utama

Melakukan kontrol kemampuan struktur utama dari perencanaan yang sudah dilakukan.

3.2.6.1 Kontrol desain

Analisa struktur terhadap beban gempa dikontrol berdasarkan SNI 03-1726-2012.

1. Kontrol Partisipasi Massa

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

2. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

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

3. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

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

$$T = Ct \cdot hn^x \quad (3.2)$$

Dimana nilai parameter untuk SRBE adalah:

$$Ct = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$$hn = \text{Tinggi gedung}$$

4. Kontrol Kinerja Struktur Gedung

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3.

3.2.6.2 Kontrol perhitungan elemen struktur primer

Desain elemen struktur primer dikontrol berdasarkan SNI 03-1729-2002 agar dapat memikul gaya-gaya yang terjadi. Perencanaan elemen struktur primer meliputi:

1. Kolom

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

a. Kriteria Untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan

- Kontrol luas penampang minimum profil baja,

$$\frac{As}{Ac + As} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.3)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton,

$$t \geq b \times \sqrt{\frac{f_y}{3e}} \quad (3.4)$$

b. Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit CFT

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

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.5)$$

$$\lambda p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.6)$$

$$\lambda r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{tak kompak}) \quad (3.7)$$

$$\lambda r = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{maksimum diijinkan}) \quad (3.8)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = Pp \quad (3.9)$$

Dengan,

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.10)$$

- Untuk penampang non kompak

$$P_{no} = Pp - \frac{Pp - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.11)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.12)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.13)$$

Penampang persegi diisi beton

$$fcr = \frac{9Es}{(\frac{b}{t})^2} \quad (3.14)$$

c. Amplifikasi momen

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

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i \quad (3.15)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.16)$$

Keterangan rumus:

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

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

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

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

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

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

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

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

- Pengali B_1 untuk efek $P-\delta$

$$B_1 = \frac{c_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.17)$$

Dengan,

$$\alpha = 1 \text{ (DFBK)}$$

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

$$C_m = 0,6 - 0,4\left(\frac{M_1}{M_2}\right) \quad (3.18)$$

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

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

$$P_{el} = \frac{\pi^4 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.19)$$

Keterangan;

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

E = Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa

I = Momen inersia bidang lentur, mm^4

L = Panjang komponen struktur, mm

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

- Pengali B_2 untuk efek $P-\delta$

$$B_2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha P_{stor_y}}{P_{estory}}\right)} \quad (3.20)$$

Dengan,

$$\alpha = 1 \text{ (DFBK)}$$

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

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

$$P_{e \text{ story}} = RM \frac{HL}{\Delta H} \quad (3.21)$$

Dengan,

$$RM = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{\text{story}}} \right) \quad (3.22)$$

L = Tinggi tingkat (mm)

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

ΔH = Simpangan tingkat dalam orde pertama

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

d. Momen Nominal

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.23)$$

Keterangan:

M_u = Momen lentur terfaktor

ϕ = Faktor tahanan = 0,9

M_n = Kuat nominal dari momen lentur penampang

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

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.24)$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.25)$$

$$\lambda_r = 1,40 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.26)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.27)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left[3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4 \right] \leq M_u \quad (3.28)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = f_y S e \quad (3.29)$$

Dimana,

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

$$b_e = 1.92 \cdot t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.30)$$

e. Persamaan interaksi aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simetris komponen struktur komposit ditentukan menurut

- Untuk $\frac{Pu}{\phi Pn} \geq 0,2$ (3.31)

$$\frac{Pu}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b \cdot M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b \cdot M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.32)$$

- Untuk $\frac{Pu}{\phi Pn} \leq 0,2$ (3.33)

$$\frac{Pu}{2\phi Pn} + \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b \cdot M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b \cdot M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.34)$$

Keterangan:

P_r = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

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

M_r = kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

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

ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0,9

ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0,9

2. Balok

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

$$Mu \leq \phi Mn \quad (3.35)$$

Dimana:

Mu = momen lentur terfaktor

ϕ = faktor reduksi = 0,9

Mn = kuat nominal dari momen lentur penampang

- Kontrol penampang

Pengertian penampang kompak, tak kompak, dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsungan elemen-elemen tekannya yang ditentukan. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan struktur baja maka batas kelangsingannya:

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} \quad (3.36)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (3.37)$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \quad (3.38)$$

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{tf} \quad (3.39)$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (3.40)$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \quad (3.41)$$

Dimana :

bf = lebar sayap

tf = tebal sayap

h = tinggi profilm

tw = tebal pelat badan

f_y = kuat leleh profil baja

f_r = tegangan tekan residual pada plat sayap

- Kontrol tekuk lateral

Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan, L . batas-batas bentang pengekang lateral :

Tabel 3.6 Batas-batas pengekang lateral

(Sumber: SNI 03-1729-2002)

Profil	L_p	L_r
Profil I dan kanal ganda	$1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ <p>dengan</p> $r_y \sqrt{\frac{I_y}{A}}$ adalah jari-jari girasi terhadap sumbu lemah	$r_y \left[\frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}}$ <p>dengan $f_L = f_y - f_r$</p> $X_1 = \frac{\pi}{S} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$ $X_2 = 4 \left(\frac{S}{GJ} \right)^2 \frac{I_w}{I_y}$ <p>I_w adalah konstanta puntir lengkung</p> <p>J adalah konstanta puntir torsi</p>
Profil kotak pejal atau berongga	$0,13 E r_y \frac{\sqrt{JA}}{M_p}$	$2 E r_y \frac{\sqrt{JA}}{M_r}$

- Bentang Pendek ($L_b \leq L_p$)

$$M_n = Mp = Zx \cdot fy \quad (3.42)$$

- Bentang Menengah ($L_p \leq L_b \leq L_r$)

$$M_n = C_b \left(M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \leq M_p \quad (3.43)$$

- Bentang Panjang ($L_r \leq L_b$)

$$M_n = M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J \left(\frac{\pi E}{L_b} \right)^2} \leq M_p \quad (3.44)$$

Dimana :

Z_x = Modulus plastis

f_y = Kuat leleh profil baja

$$C_b = \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.30 \quad (3.45)$$

Keterangan :

M_{\max} adalah momen maksimum dari bentang yang ditinjau

M_A adalah momen pada $\frac{1}{4}$ bentang yang ditinjau

M_B adalah momen pada $\frac{1}{2}$ bentang yang ditinjau

M_C adalah momen pada $\frac{3}{4}$ bentang yang ditinjau

- Kontrol kuat rencana geser

Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.46)$$

Dimana :

V_u = kuat geser berfaktor

V_n = kuat geser nominal, hanya oleh plat badan

ϕ = faktor reduksi (0,9)

- Leleh pada plat badan (plastik sempurna)
Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel h/t_w , memenuhi :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \quad (3.47)$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.48)$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \times f_y w \times A_w \quad (3.49)$$

Dimana :

$f_y w$ = tegangan leleh plat badan

A_w = luas kotor plat badan

- Tekuk inelastik pada plat badan
Jika kelangsungan plat badan memenuhi hubungan:

$$1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \quad (3.50)$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut:

$$V_n = 0,6 \times f_y w \times A_w \left[1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \right] \frac{1}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.51)$$

- Tekuk elastik pada plat badan
Jika kelangsungan plat badan memenuhi hubungan:

$$\frac{h}{t_w} \geq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y w}} \quad (3.52)$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut:

$$V_n = \frac{0,9 \times E \times k_n \times A_w}{\left(\frac{h}{t_w} \right)^2} \quad (3.53)$$

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

- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen positif balok
 - Tegangan tekan pada beton = $0,85 f_c'$ → merata
 - Tegangan pada baja = f_y → tarik atau tekan : merata
- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen negatif balok
 - Tegangan tarik pada beton = 0
 - Tegangan tarik pada tulangan = f_{yr}
 - Tegangan pada baja = f_y → tekan atau tarik: merata.
- Distribusi tegangan elastis → distribusi linear
 - Tegangan maximum tekan pada berton = $0,85 f_c'$
 - Tegangan maximum pada baja = f_y → tekan atau tarik
- Kekuatan Lentur Balok Komposit dengan Penghubung Geser ($=\phi_b M_n$)

1. Kekuatan Lentur Positif

- a). Untuk penampang berbadan kompak $\left(\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \right)$

Kekuatan lentur positif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan plastis. ($\phi_b = 0,85$)

b). Untuk penampang berbadan tidak kompak

$$\left(\frac{h}{t_w} > \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \right)$$

Kekuatan lentur positif dapat dihitung dengan menggunakan tegangan elastis. Pada kondisi ini, kekuatan lentur batas penampang ditentukan oleh terjadinya leleh pertama. ($\phi_b = 0,90$)

2. Kekuatan Lentur Negatif

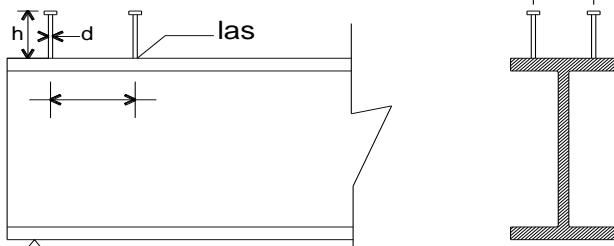
a). Kekuatan Lentur negatif dihitung dengan mengabaikan aksi komposit. Jadi kekuatan lentur negatif penampang komposit = kekuatan lentur negatif penampang baja saja. ($\phi_b = 0,90$)

b). Sebagai alternatif, untuk balok dengan penampang kompak dan tidak langsing, kekuatan lentur negatif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan plastis dengan ikut mempertimbangkan pengaruh tulangan baja di sepanjang lebar efektif pelat beton. ($\phi_b = 0,85$)

- Kekuatan Penghubung Geser (*Shear-Connector*)

a). Kekuatan *Shear-Connector* stud (paku)

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \left(\sqrt{f_c} \cdot E_c \right) r_s \leq A_{sc} \cdot f_u \quad (3.54)$$



Gambar 3.4 Potongan Balok dengan Penghubung Geser Stud
(Sumber : Isdarmaru, 2006)

$r_s \leq 1,00$ untuk dek baja gelombang

$$A_{sc} = \text{luas penampang Shear-Connector} \left(\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \right)$$

E_c = Modulus elastisitas beton

Kekuatan *Shear-Connector* baja kanal

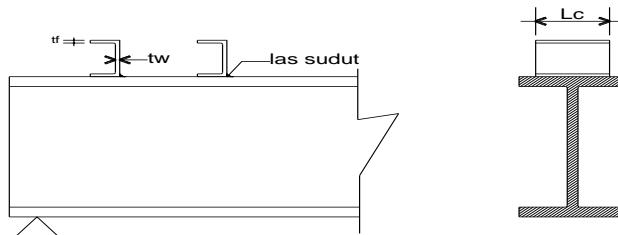
$$Q_n = 0,3 (t_f + 0,5 t_w) L_c \sqrt{f_c' \cdot E_c} \quad (3.55)$$

Jumlah *Shear-Connector* yang dibutuhkan di sepanjang daerah tertentu:

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \quad (3.56)$$

dimana:

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



Gambar 3.5 Potongan Balok dengan Penghubung Geser Baja Kanal
(Sumber : Isdarmanu, 2006)

a). Pada daerah momen positif:

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

- 1) $0,85 f_c' \cdot A_c \rightarrow \text{beton}$
- 2) $A_s \cdot f_y \rightarrow \text{profil baja}$

- 3) $\Sigma Q_n \rightarrow shear connector$
- b). Pada daerah momen negatif
 Gaya geser horizontal total pada daerah $M = 0$ dan $M(-)$ maximum adalah nilai terkecil dari :
- 1) $A_r \cdot f_y$
 - 2) ΣQ_n
- Dimana: A_r = tulangan tarik pada pelat beton
 f_y = tegangan leleh tulangan.
- Pada balok komposit penuh, gaya geser horizontal total V_h ditentukan oleh kapasitas tekan beton atau kapasitas tarik profil baja/tulangan baja.
 - Pada balok komposit parsial, gaya geser horizontal V_h ditentukan oleh kapasitas penghubung geser (nilai ΣQ_n).
3. *Link*
Link adalah bagian dari balok yang direncanakan untuk mendisipasi energi pada saat terjadi gempa kuat. *Link* harus memenuhi perbandingan lebar terhadap tebal sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Tabel 15.7-1. Tegangan leleh bahan baja yang digunakan pada *link* tidak boleh melebihi 350 MPa. Pelat badan dari *link* harus berupa pelat tunggal tanpa pelat pengganda dan tanpa penetrasi. Kecuali diatur pada SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.2.6, kuat geser rencana *link*, ϕV_n , harus lebih besar daripada kuat geser perlu V_u , dengan:
- $V_n = \text{kuat geser nominal } Link, \text{ diambil yang terkecil dari } V_p$
 atau $2 M_p / e$
- $V_p = 0,6 f_y (d - 2 \cdot t_f) tw$
- $\emptyset = 0,9$
- $e = \text{panjang } link$
- Apabila beban aksial terfaktor pada *Link*, N_u , tidak melebihi $0,15 N_y$, dengan $N_y = A_g F_y$, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana *Link* tidak perlu diperhitungkan. Apabila beban terfaktor pada *Link*, N_u , melebihi $0,15 N_y$, ketentuan tambahan berikut ini harus dipenuhi:

1. Kuat geser rencana *link* harus ditentukan sebagai nilai terkecil dari $\emptyset V_{pa}$ atau $2\emptyset M_{pa}/e$, dengan:

$$V_{pa} = V_p \sqrt{1 - \left(\frac{N_u}{N_y}\right)^2} \quad (3.57)$$

$$M_{pa} = 1,18M_p \left(1 - \left(\frac{N_u}{N_y}\right)^2\right) \quad (3.58)$$

$$\emptyset = 0,9 \quad (3.59)$$

2. Panjang *link* tidak boleh melebihi :

- untuk $p'(A_w/A_g) \geq 0,3$

$$[1,15 - 0,5p'(A_w/A_g)]1,6M_p/V_p, \quad (3.60)$$

- untuk $p'(A_w/A_g) < 0,3$
 $1,6M_p/V_p,$ (3.61)

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

1. 0,08 radian untuk $e \leq 1,6M_p/V_p ;$ (3.62)

2. 0,02 radian untuk $e \leq 2,6M_p/V_p;$ (3.63)

3. Nilai Sudut Rotasi *link* ditentukan dengan interpolasi linier untuk nilai e yang berada di antara keduanya.\

4. Balok dan Bresing Diluar *Link*

Kuat kombinasi-aksial-dan-lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang

ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari link sebesar 1,25.Ry.Vn, dengan Vn ditentukan sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.2. Kuat rencana batang bresing, seperti ditentukan pada Butir 11, harus lebih besar daripada kuat perlu yang disebutkan di atas.

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

1. Kuat perlu balok yang terletak di luar *link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *link* sebesar $R_y V_n$, dengan V_n ditentukan sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.2. Kuat rencana balok di luar *link* ini dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan Butir 8 dan mengalikannya dengan faktor R_y ;
2. Bila diperlukan, balok di luar *link* harus direncanakan menggunakan pengekang lateral untuk menjaga kestabilan balok. Pengekang lateral harus direncanakan pada kedua pelat sayap balok (atas dan bawah), dan masing-masing pengekang lateral harus mempunyai kuat perlu sebesar paling sedikit 2% dari kuat nominal pelat sayap balok sebesar $f_y b t_f$.

Pada sambungan antara batang bresing dan balok diujung *link*, pertemuan as batang bresing dan as balok harus terletak di ujung *link* atau di dalam *link*. Kuat perlu sambungan batang bresing-ke-balok, pada ujung *link* dari batang bresing, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing seperti yang ditentukan pada SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.6.1. Tidak ada bagian dari sambungan ini yang boleh melampaui panjang *link*. Apabila batang bresing memikul sebagian momen ujung *link* maka sambungan harus direncanakan sebagai sambungan kaku.

3.2.6.3 Perencanaan sambungan

- a. Sambungan Baut

Perencanaan sambungan baut pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1729:2015 pasal J.3 secara lengkap. Berdasarkan SNI tersebut , suatu baut yang memikul beban terfaktor harus memenuhi :

$$R_u \leq \emptyset R_n \quad (3.64)$$

$$R_n = F_n A_b \quad (3.65)$$

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

Keterangan :

A_b = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm^2)

F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} ,atau tegangan geser, F_{nv} dari SNI Tabel J3.2 (MPa)

Kekuatan tarik yang tersedia dari baut yang menahan kombinasi gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan geser sebagai berikut :

$$R_n = F'_{nt} A_b \quad (3.66)$$

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

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\emptyset F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \text{ (DFBK)} \quad (3.67)$$

Keterangan:

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

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

F_{nv} = tegangan geser dari SNI Tabel J3.2 (MPa)

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

Kekuatan geser dari elemen yang disambung harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas leleh dari pelelehan geser dan keruntuhan geser.

- Untuk pelelehan geser dari elemen

$$R_n = 0,60F_yA_{gv} ; \emptyset = 1 \quad (3.68)$$

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

- Untuk keruntuhan geser dari elemen

$$R_n = 0,60F_uA_{nv} ; \emptyset = 0,75 \quad (3.69)$$

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

- Kekuatan yang tersedia untuk keadaan batas keruntuhan *block shear* sepanjang alur kegagalan geser harus diambil sebesar

$$R_n = 0,60F_uA_{nv} + U_{bs}F_uA_{nt} \leq 0,60F_yA_{gv} + U_{bs}F_uA_{nt} \quad (3.70)$$

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

Keterangan :

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

b. Sambungan Las

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal J2, suatu las yang memikul beban terfaktor harus ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser dan kekuatan logam las.

Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM}A_{BM} \quad (3.71)$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.72)$$

Keterangan :

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

F_{nW} = tegangan nominal dari logam las (MPa)

A_{BM} = luas penampang logam dasar (mm^2)

A_{we} = luas efektif las (mm^2)

Untuk las sudut, kekuatan yang diizinkan adalah sebagai berikut.

- Untuk kelompok las linier, dibebani melalui titik berat

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.73)$$

$$F_{nw} = 0,60 F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \theta) \quad (3.74)$$

Keterangan :

F_{EXX} = kekuatan klasifikasi logam pengisi (MPa)

Θ = sudut pembebahan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat

- Untuk elemen las dalam suatu kelompok las

$$R_{nx} = \sum F_{nwix} A_{wei} \quad (3.75)$$

$$R_{ny} = \sum F_{nwiy} A_{wei} \quad (3.76)$$

$$M_n = \sum [F_{nwiy} A_{wei} - F_{nwix} A_{wei}] \quad (3.77)$$

- Untuk kelompok las sudut konsentrasi

$$R_n = R_{nwi} + R_{nwt} \quad (3.78)$$

atau

$$R_n = 0,85R_{nwi} + 1,5R_{nwt} \quad (3.79)$$

keterangan :

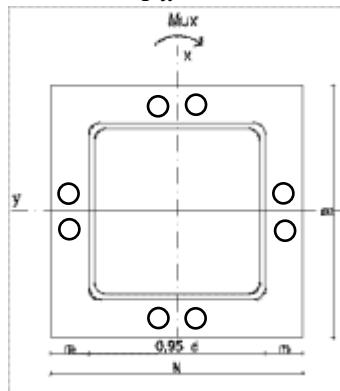
R_{nwi} = kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani longitudinal

R_{nwt} = kekuatan nominal total dari las sudut yang dibebani transversal

3.3.6.4 Perencanaan base plate

Perhitungan Base Plate

$$e = \frac{M_{ux}}{P_u} \quad (3.80)$$



Gambar 3.6 Penampang Baseplate

Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B.N} \quad (3.81)$$

Akibat beban M_{ux}

$$f_{pb} = \frac{6.M_{ux}}{B.N^2} \quad (3.82)$$

Tekanan maksimal

$$f_{p(max)} = f_{pa} + f_{pb} \quad (3.83)$$

Menentukan M_{upl}

$$m = \frac{(N - 0,95 \times D)}{2} \quad (3.84)$$

$$M_{upl} = \left(f_p(\max) - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left(\frac{m^2}{3} \right) \quad (3.85)$$

Menentukan tebal baseplate

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{\phi \cdot f_y}} \quad (3.86)$$

3.2.7 Perhitungan struktur bawah

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

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

3.2.7.1 Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah data SPT (*Standard Penetration Test*). Untuk perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal, terdapat dua keadaan yang menentukan yaitu kekuatan bahan yang berdasarkan brosur dari tiang pancang WIKA, dan kekuatan tanah yang memakai metode Luciano Decourt (1982, 1996):

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

dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P = Daya dukung pada dasar pondasi

Q_S = Daya dukung akibat lekatan lateral

$$Q_P = \alpha q_P \times A_P = \alpha (\check{N}_P \times K) \times A_P \quad (3.88)$$

dimana :

\check{N}_P = Harga rata-rata SPT disekitar $4B$ atas hingga $4B$ bawah dasar tiang pondasi (B = diameter pondasi)

K = Koefisien karakteristik tanah:

- 12 t/m^2 , untuk lempung
- 20 t/m^2 , untuk lanau berlempung
- 25 t/m^2 , untuk lanau berpasir
- 40 t/m^2 , untuk pasir

A_P = Luas penampang dasar tiang

q_P = Tegangan diujung tiang

α = base coefficient

$$Q_S = \beta \times q_S \times A_S = \beta (\check{N}_S/3 + 1) \times A_S \quad (3.89)$$

dimana :

q_S = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

\check{N}_S = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$

A_S = luas selimut tiang

β = shaft coefficient

Tabel 3.7 Koefisien harga α dan β

Pile/Soil	Clay		Intermediate Soil		Sands	
	α	β	α	β	α	β
1. Driven Pile	1	1	1	1	1	1
2. Bored Pile	0,85	0,80	0,60	0,65	0,50	0,50
3. Injected Pile	1	3	1	3	1	3

3.2.7.2 Perencanaan daya dukung tiang pancang kelompok

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

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \times n \times C_e \quad (3.90)$$

Dimana :

n = jumlah tiang dalam grup

C_e = koefisien efisiensi

$Q_{L(\text{group})}$ = daya dukung tiang pancang kelompok

$Q_{L(1 \text{ tiang})}$ = daya dukung 1 tiang pancang

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

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

dimana :

ϕ = diameter tiang pondasi

S = jarak as ke as antar tiang dalam group

m = jumlah baris tiang dalam group

n = jumlah kolom tiang dalam group

$C_e = 0,9 - 1,0$ (untuk jarak antar tiang pancang $\geq 3 \phi$)

Bila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V),

horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah:

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

dimana :

P_v = Beban vertical ekivalen

V = Beban vertical dari kolom

n = Banyaknya tiang dalam group

M_x = Momen terhadap sumbu x

M_y = Momen terhadap sumbu y

x_{\max} = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

y_{\max} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum x^2$ = Jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

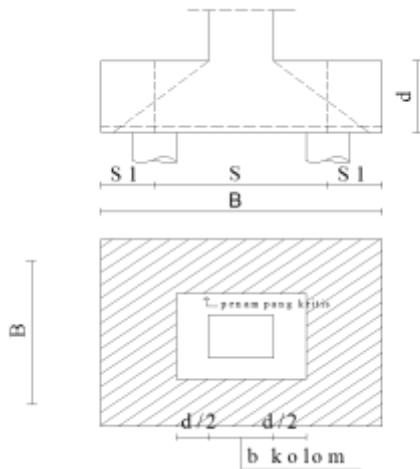
$\sum y^2$ = Jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

3.2.7.3 Perencanaan tebal 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 :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.93)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.94)$$



Gambar 3.7 Penampang Kritis Pada Pondasi

dimana :

βc = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolumn

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

Untuk memenuhi syarat akan kebutuhan tebal poer dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\phi Vc > Vu \quad (3.95)$$

dimana :

$$\phi = 0,75$$

Vc = Kuat geser pons beton

Vu = Gaya geser akibat kolom

3.2.7.4 Perencanaan penulangan lentur

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

$$\rho_{min} = 0.002 \text{ (untuk } f_y = 240 \text{ Mpa)} \quad (3.96)$$

$$\rho_{min} = 0.0018 \text{ (untuk } f_y \text{ selain } 240 \text{ Mpa)} \quad (3.97)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \quad (3.98)$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \quad (3.99)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \quad (3.100)$$

$$As = \rho \cdot b \cdot s \quad (3.101)$$

3.2.8 Penggambaran teknik

Menggambar hasil modifikasi perencanaan struktur menggunakan program bantu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL PERENCANAAN

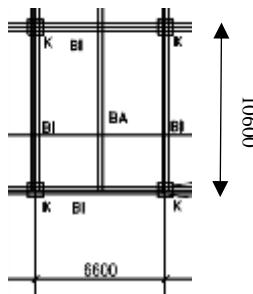
4.1 Perencanaan Struktur Sekunder

4.1.1 Perencanaan dimensi pelat lantai gedung

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

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Beton menggunakan mutu K-350 kg/cm²
- Bondex menggunakan tebal 0,75 mm
- Mutu baja tulangan u-48 ($f_y = 4800 \text{ kg/cm}^2$)
- Bondex dengan satu baris penyanga.

4.1.1.1 Pelat lantai atap



Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap

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

Beban Mati (PPIUG1983) :

- Berat aspal (2 cm) : $2 \times 14 = 28 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon + penggantung : $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
- Berat Spesi (1 cm) : $1 \times 21 = 21 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} \text{- Berat ducting dan plumbing} &= 25 \text{ kg/m}^2 + \\ q_D &= 92 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup (SNI 1727-2013) :

$$\text{- Lantai atap} \quad q_L = 97,9 \text{ kg/m}^2 \approx 100 \text{ kg/m}^2$$

Beban Berguna :

$$\text{- } Q_u = q_D + q_L = 92 + 100 = 192 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$$

Data-data perencanaan pelat bondex

$$\text{- bentang} = 3,30 \text{ m} \approx 3,50 \text{ m}$$

$$\text{- beban berguna} = 200 \text{ kg/m}^2$$

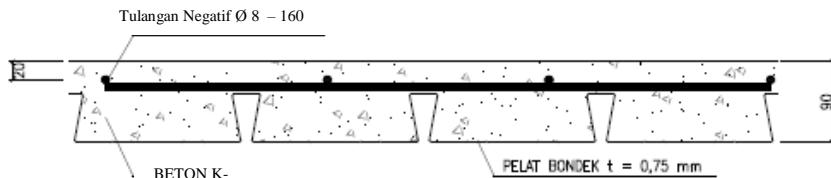
Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 11 cm, dan tulangan negatif $As=2,90 \text{ cm}^2/\text{m}$ menggunakan satu baris penyangga.

Digunakan tulangan dengan $\emptyset 8$ ($As = 0,503 \text{ cm}^2$)

$$\text{- } n = \frac{2,90}{0,503} = 5,76 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{- Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{6} = 166,7 \text{ mm} \approx 160 \text{ mm}$$

- Jadi dipasang tulangan negatif $\emptyset 8-160$

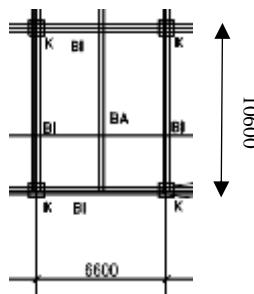


Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap

Tabel 4.1 Rekapitulasi Penulangan Pelat Atap
(Sumber : Penulis)

No	Bentang (m)	Jumlah Tulangan (n)	Jarak (mm)	Tebal (mm)
1	3,5	6	160	11
2	3	5	200	9
3	1,5	2	500	9

4.1.1.2 Pelat lantai apartemen



Gambar 4.3 Pelat Lantai Apartemen

Peraturan pembebaan pada struktur pelat lantai ruangan apartemen ini menggunakan PPIUG 1983.

Beban Mati :

- Berat spesi (2 cm) : $2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
- Berat keramik 1 cm $1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon + penggantung $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
- Berat *ducting* dan *plumbing* $\frac{= 25 \text{ kg/m}^2}{q_D} + = 109 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai apartemen $q_L = 200 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 109 + 200 = 309 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

Data-data perencanaan pelat bondek

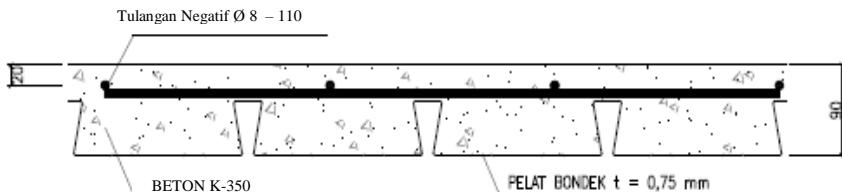
- Bentang = 3.5 m
- Beban berguna = 400 kg/m^2

Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 11 cm, dan tulangan negatif $4,09 \text{ cm}^2/\text{m}$ menggunakan satu baris penyanga.

Digunakan tulangan $\emptyset 8$ ($As = 0,503 \text{ cm}^2$)

- $n = \frac{4,09}{0,503} = 8,13 \approx 9 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{9} = 111,11 \text{ mm} \approx 110$

- Jadi dipasang tulangan negatif $\varnothing 8 - 110$



Gambar 4.4 Penulangan Lantai Apartemen

Tabel 4.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai
(Sumber : Penulis)

No	Bentang (m)	Jumlah Tulangan (n)	Jarak (mm)	Tebal (mm)
1	3,5	9	110	11
2	3	7	140	10
3	1,5	2	500	9

4.1.2 Perencanaan balok anak

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

4.1.2.1 Balok anak lantai atap

Menggunakan profil WF 450 x 300 x 10 x 15

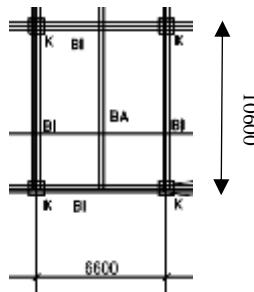
$$W = 106 \text{ kg/m} \quad r = 24 \text{ mm} \quad h = 434 - 2(15+24)$$

$$A = 135 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 2287 \text{ cm}^3 \quad = 356 \text{ mm}$$

$$t_w = 10 \text{ mm} \quad i_y = 7,04 \text{ cm} \quad b_f = 299 \text{ mm}$$

$$t_f = 15 \text{ mm} \quad I_x = 46800 \text{ cm}^4 \quad f_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$d = 434 \text{ mm} \quad I_y = 6690 \text{ cm}^4 \quad f_u = 410 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.5 Balok Anak Lantai Atap

a. Pembebanan pada balok anak lantai atap

- Beban mati

$$\begin{aligned}
 & \text{Berat pelat bondek} & = 10,1 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{Berat aspal (2cm) } 2 \times 14 & = 28 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{Berat beton (11 cm) } 0,11 \times 2400 & = 264 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{Berat plafond + penggantung } 11 + 7 & = 18 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{Berat ducting dan plumbing} & = 25 \text{ kg/m}^2 \\
 & & = 345,1 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{Berat perhitungan pelat lantai} & \\
 & 345,1 \text{ kg/m}^2 \times 3,3 \text{ m} & = 1035,3 \text{ kg/m} \\
 & \text{Berat profil} & = 106 \text{ kg/m} \\
 & & q_D = 1141,3 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban hidup SNI 1727-2013

$$q_L = 3 \text{ m} \times 97,89 \text{ kg/m}^2 = 293,7 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor :

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\
 &= 1,2 \cdot 1141,3 + 1,6 \cdot 293,7 & = 1839,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen yang terjadi

$$\begin{aligned}
 M_U &= \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1839,4 \times 10,6^2 \\
 &= 25835 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned}V_U &= \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1839.4 \times 10,6 \\&= 7633.7 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{250}{2(14)} = 9,97$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,97 < 10,752 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{9} = 35,6$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 35,6 < 106,25 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 2287 = 5830230 \text{ kg.cm} \\&= 58302,3 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}\emptyset_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 58302,3 \\&= 52472 \text{ kg.m} > 25835 \text{ kg.m} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

Jarak pengaku lateral (L_b) = 20 cm.

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 7,04 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 357 \text{ cm}$$

$$L_r = 1118 \text{ cm}$$

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

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}M_{nx} &= M_{px} = Z_x \cdot f_y \\&= 2287 \times 2500\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5830230 \text{ kgcm} = 58302.3 \text{ kgm} \\
 M_{ny} = M_{py} &= Z_y \cdot f_y \\
 &= 681 \times 2500 \\
 &= 1736070 \text{ kgcm} = 17360.7 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Persamaan Interaksi

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

$$\frac{25835}{0,9.58302.3} + \frac{0}{0,9.17360.7} \leq 1,0 \rightarrow 0,49 \leq 1,0 \rightarrow OK$$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 35,6 : \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow 35,6 < 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned}
 \text{maka } V_n &= 0,6 f_y A_w \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (43.4 \times 1) = 65100 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\varnothing V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}
 \varnothing V_n &= 0,9 \cdot 65100 \text{ kg} \\
 &= 58590 \text{ kg} > 7633.7 \text{ kg} \rightarrow OK !
 \end{aligned}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 1060 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1060}{360} = 2,944 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) L^4}{E I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{14.39 \times 1060^4}{2000000 \times 46800} \\
 &= 2,52 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 2,52 \text{ cm} < 2,944 \text{ cm} \rightarrow OK !$$

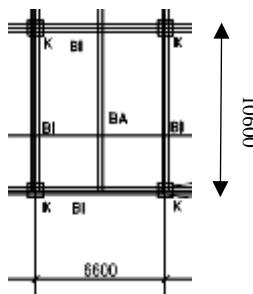
Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Atap
(Sumber : Penulis)

No	Bentang (m)	Profil
1	10,6	WF 450 x 300 x 10 x 15
2	8,6	WF 400 x 200 x 8 x 13
3	6,6	WF 300 x 200 x 8 x 12

4.1.2.2 Balok anak lantai apartemen

Menggunakan profil WF 450 x 300 x 11 x 18

$$\begin{array}{lll}
 W = 124 \text{ kg/m} & r = 24 \text{ mm} & h = 440 - 2(18+24) \\
 A = 157,4 \text{ cm}^2 & Zx = 2728 \text{ cm}^3 & = 356 \text{ mm} \\
 t_w = 11 \text{ mm} & iy = 7,18 \text{ cm} & bf = 300 \text{ mm} \\
 t_f = 18 \text{ mm} & Ix = 56100 \text{ cm}^4 & \\
 d = 440 \text{ mm} & Iy = 8110 \text{ cm}^4 &
 \end{array}$$



Gambar 4.6 Denah Balok Anak Lantai Apartemen

- a. Pembebaan pada balok anak lantai apartemen

- Beban mati

$$\begin{array}{lll}
 \text{Berat pelat bondek} & = 10,1 & \text{kg/m}^2 \\
 \text{Berat aspal spesi } 2 \text{ cm } (0,02 \times 2100) & = 42 & \text{kg/m}^2 \\
 \text{Berat beton } 1,1 \times 2400 & = 264 & \text{kg/m}^2 \\
 \text{Berat plafon + penggantung } 11 + 7 & = 18 & \text{kg/m}^2 \\
 \text{Berat ducting dan plumbing} & = 25 & \text{kg/m}^2 \\
 \text{Berat Keramik } 1\text{cm} & = 24 & \text{kg/m}^2 \\
 & & = 383,1 \text{ kg/m}^2
 \end{array}$$

Berat perhitungan pelat lantai

$$\begin{aligned}
 383,1 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} &= 1149,3 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat profil} &= 124 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat Sambungan dll 10\%} &= 127,33 \text{ kg/m} \\
 q_D &= 1400,63 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban hidup lantai
 $q_L = 3 \text{ m} \times 195,78 \text{ kg/m}^2 = 587,35 \text{ kg/m}$
- Beban berfaktor :
 $q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$
 $= 1,2 \cdot 1400,63 + 1,6 \cdot 587,35 = 2620,52 \text{ kg/m}$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai apartemen

- Momen yang terjadi
 $M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2620,52 \times 10.6^2 = 36805,29 \text{ kg.m}$
- Gaya geser yang terjadi
 $V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 2620,52 \times 10.6 = 13888,8 \text{ kg}$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
 Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2(18)} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,33 < 10,752 \rightarrow$ penampang kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{356}{11} = 32,36$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 32,36 < 106,35 \rightarrow$ penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 2728 = 6954460 \text{ kg.cm} \\ &= 69544,6 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 69544,6 \\ &= 62590,2 \text{ kg.m} > 36805,3 \text{ kg.m} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Jarak penahan lateral pada balok ($L_b = 30 \text{ cm}$).

$$L_p = 1,76iy \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 7,18 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 357 \text{ cm}$$

$$L_r = 1118 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p < L_r \rightarrow (\text{bentang pendek})$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \cdot f_y \\ &= 2728 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6954460 \text{ kg.cm} \\ &= 69544,6 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \cdot f_y \\ &= 822 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2095520 \text{ kg.cm} \\ &= 20955,2 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Persamaan Interaksi

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

$$\frac{36805,3}{0,9 \cdot 69544,6} + \frac{0}{0,9 \cdot 20955,2} \leq 1,0 \rightarrow 0,588 \leq 1,0 \rightarrow OK$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 32,36 : \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow 48,25 < 69,57$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (44 \times 1,8) = 72600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing V_n &\geq V_u \\ \varnothing V_n &= 0,9 \cdot 72600 \text{ kg} \\ &= 65340 > 13888,8 \text{ kg} \dots \text{OK!}\end{aligned}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 1060 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1060}{360} = 2,944 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{19,879 \times 830^4}{2000000 \times 28700} \\ &= 2,913 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 2,913 \text{ cm} < 2,944 \text{ cm} \dots \text{OK!}$$

Tabel 4.4 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Lantai
(Sumber : Penulis)

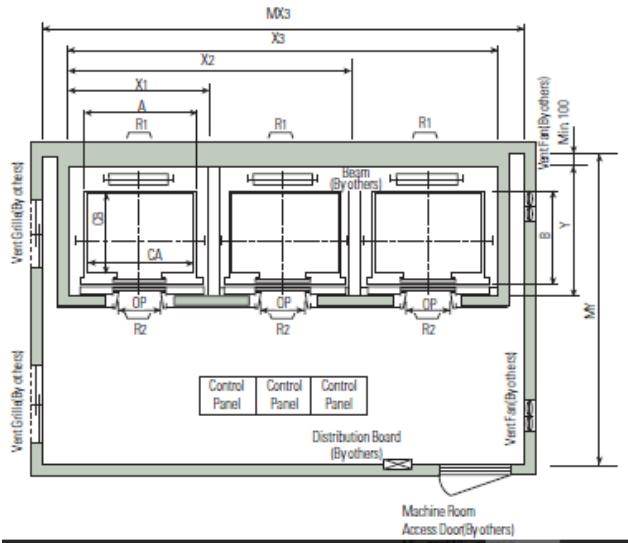
No	Bentang (m)	Profil
1	10,6	WF 450 x 300 x 11 x 18
2	8,6	WF 400 x 300 x 9 x 14
3	6,6	WF 300 x 200 x 9 x 14

4.1.3 Perencanaan balok lift

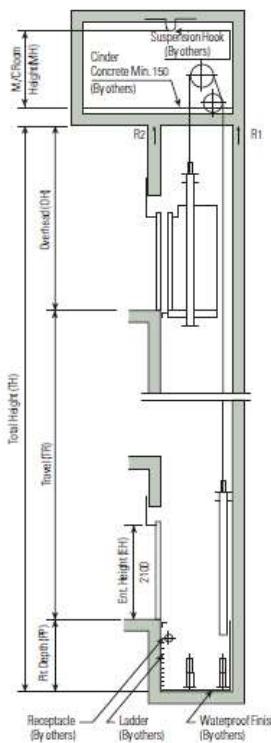
Pada perencanaan balok lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpang dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur lift) :

- Tipe lift : Passenger Elevators
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 17 Orang / 1150 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 1100 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 3 Car : 7850 x 2030 mm²
- Dimensi sangkar (*Car size*) Internal : 2000 x 1350 mm²

- Eksternal : $2100 \times 1520 \text{ mm}^2$
- Dimensi ruang mesin (3 Car) : $8300 \times 3800 \text{ mm}^2$
 - Beban reaksi ruang mesin :
- $R_1 = 6600 \text{ kg}$
- $R_2 = 5100 \text{ kg}$



Gambar 4.7 Denah Lift



Gambar 4.8 Potongan Melintang Lift

4.1.3.1 Balok penggantung lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20

$$\begin{array}{lll}
 W & = 151 \text{ kg/m} & r = 28 \text{ mm} \quad h = 588 - 2(20 + 28) \\
 A & = 192,5 \text{ cm}^2 & Zx = 4309 \text{ cm}^3 \quad = 492 \text{ mm} \\
 t_w & = 12 \text{ mm} & iy = 24,8 \text{ cm} \quad bf = 300 \text{ mm} \\
 t_f & = 20 \text{ mm} & Ix = 118000 \text{ cm}^4 \\
 d & = 588 \text{ mm} & Iy = 9020 \text{ cm}^4
 \end{array}$$

- Pembebatan pada balok penggantung lift
 - Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat profil balok penggantung lift} &= 151 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan, dll(10\%)} &= 15,1 \text{ kg/m} \\
 q_D &= 166,1 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban hidup

$$\text{Beban hidup untuk } maintenance \quad q_L = 100 \text{ kg/m}$$

- Beban merata ultimate

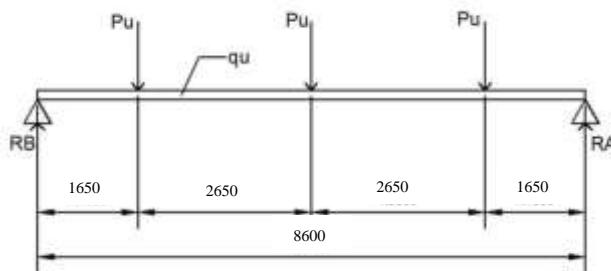
$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \cdot 166,1 + 1,6 \cdot 100 = 359,32 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban terpusat lift

Pada pasal 4.7 *Impact Load* RSNI-03-1727-2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan batas lendutan, atau spesifikasi teknik dari pembuat.

$$\begin{aligned}
 PU_1 &= R_1 \cdot (1 + 100\%) = 6600 \times (1 + 100\%) = 13200 \text{ kg} \\
 PU_2 &= R_2 \cdot (1 + 100\%) = 5100 \times (1 + 100\%) = 10200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



Gambar 4.9 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift

- Reaksi perletakan

$$R_A = R_B = \frac{3Pu + qu.l}{2}$$

$$= \frac{13200 \times 3 + 359,32 \times 8,6}{2} \\ = 21345,1 \text{ kg}$$

- Momen maksimum

$$M_{\max} = (21345,1 \text{ kg} \times 4,3) - (13200 \text{ kg} \times 2,65) - (1/2 \times 328,96 \times 4,3^2) = 53481,9 \text{ kgm}$$

- Gaya geser

$$V_U = R_a = 21345,1 \text{ kg}$$

- c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{300}{2 \cdot 18} = 7,5$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,5 < 10,75, \text{ ok..!}$$

Bagian badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{492}{11} = 41$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 41 < 106,25, \text{ ok..!}$$

Penampang kompak !

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 4309 = 10772500 \text{ kg.cm} \\ = 107725 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\varnothing_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\varnothing_b \cdot M_n = 0,9 \times 107725$$

$$= 96952,5 \text{ kg.m} \geq 53481,9 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

$$L_b = 860 \text{ cm}$$

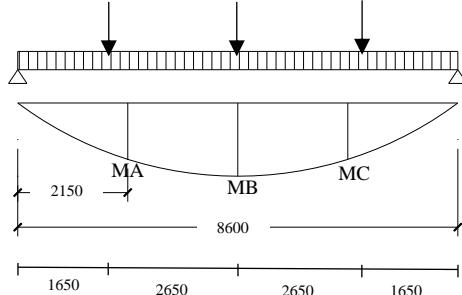
$$L_p = 341 \text{ cm} \text{ (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r \text{)}$$

$$L_r = 1003,9 \text{ cm} \text{ (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r \text{)}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (bentang menengah)}$$

- Karena bentang menegah, maka

$$M_n = Cb \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{Lr - Lb}{Lr - Lp} \right] \leq M_p$$



Gambar 4. 10 Diagram Momen Balok Penggantung Lift

$$\begin{aligned}
 M_A &= M_C \\
 &= R_A \times (L/4) - q_u \times (L/4) \times (L/8) - P_u l \times (L/4 - 1,65) \\
 &= 21345,1 \times 2,15 - 359,3 \times 2,15 \times 1,075 - 13200 \times 0,5 \\
 &= 38461,43 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= M_{\text{Max}} \\
 &= 53481,9 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$Cb = \frac{12,5 M_{\text{max}}}{2,5 M_{\text{max}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$Cb = \frac{12,5 \times 53481,9}{2,5 \times 53481,9 + 3 \times 38461,43 + 4 \times 53481,9 + 3 \times 38461,43} \leq 2,3$$

$$Cb = 1,16 \leq 2,3 \rightarrow Cb = 1,16$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Zx \cdot f_y \\
 &= 4309 \cdot 2500 = 10772500 \text{ kg.cm} = 107725 \text{ kg.m} \\
 M_r &= Sx \cdot (f_y - fr)
 \end{aligned}$$

$$= 4020 \cdot (2500 - 700) = 7236000 \text{ kg.cm} = 72360 \text{ kg.m}$$

$$M_n = Cb \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{Lr - Lb}{Lr - Lp} \right] \leq M_p$$

$$M_n = 1,16 \left[72360 + (107725 - 72360) \frac{1003-860}{1003-341} \right]$$

$$M_n = 92506,65 \text{ kgm} < M_p \text{ maka dipakai } M_n$$

- Cek kemampuan penampang

$$\varnothing_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\varnothing_b \cdot M_n = 0,9 \times 92506,65$$

$$= 83255,98 \text{ kg.m} \geq 53481,91 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{492}{11} = 41 \quad ; \quad \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \longrightarrow 36,36 < 69,57$$

$$\text{maka } V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (58,8 \times 1,2) = 105840 \text{ kg}$$

$$\varnothing V_n \geq V_u$$

$$\varnothing V_n = 0,9 \times 105840 \text{ kg}$$

$$= 95256 \text{ kg} \geq 21345,1 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

- e. Kontrol lendutan

$$L = 860 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{860}{360} = 2,39 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5(q)l^4}{384 \cdot EI_x} + \frac{(P)l^3}{48 EI_x} + \frac{Pa}{24 EI_x} (3l^2 - 4a^2) \\ &= \frac{5x(2,661)x860^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 118000} + \frac{(13200)860^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 118000} \\ &\quad + \frac{(13200)165}{24 \times 2 \times 10^6 \times 118000} (3x860^2 - 4x165^2) \\ &= 1,63 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 1,63 \text{ cm} < 2,39 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

4.1.4 Perencanaan tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari bondek.

4.1.4.1 Tangga lantai apartemen

- Tinggi antar lantai = 310 cm
- Panjang bordes = 310 cm
- Panjang tangga = 300 cm
- Lebar tangga = 160 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi injakan (t) = 15 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm

- Perencanaan jumlah injakan tangga :

Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga

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

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

Dimana :

$$t = \text{tinggi injakan (cm)}$$

$$i = \text{lebar injakan (cm)}$$

$$a = \text{kemiringan tangga}$$

- Perhitungan jumlah injakan tangga

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

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{(310/2)}{15} = 11 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan (n)} = 11 - 1 = 10 \text{ buah}$$

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

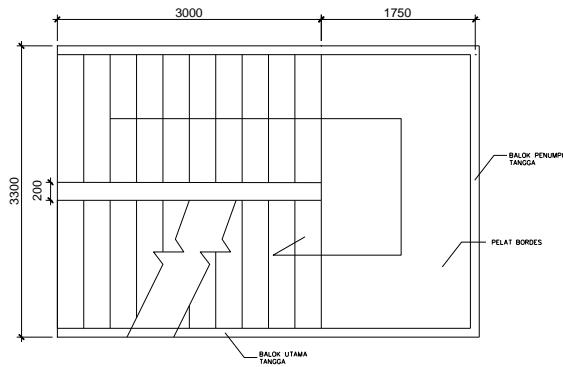
$$60 \text{ cm} \leq (60) \leq 65 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

$$\text{Lebar bordes} = 175 \text{ cm}$$

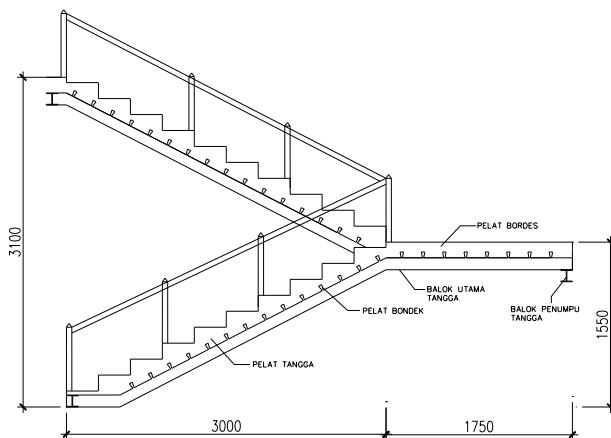
$$\text{Lebar tangga} = 155 \text{ cm}$$

$$a = \text{arc tg} \left(\frac{155}{300} \right) = 27,3^\circ$$

$$25^\circ < 27,3^\circ \leq 40^\circ \dots \text{OK !}$$



Gambar 4.11 Denah Tangga



Gambar 4.12 Potongan Tangga

4.1.4.2 Perencanaan pelat anak tangga

Berat jenis baja = 7850 kg/m^3

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

Mutu beton $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

- Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

$$\text{Berat keramik} = 0,15 + 0,3 / 0,3 \times 24 = 36 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi} = 0,15 + 0,3 / 0,3 \times 21 = 31,5 \text{ kg/m}^2$$

$$q_D = 67,5 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

$$q_L = 488,444 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban berguna} = q_D + q_L = 555,944 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$$

b. Perencanaan Bondek

Bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga.

Bentang = 150 cm

Tebal pelat beton = 9 cm

Tulangan Negatif = 1,11 cm²/m

Digunakan tulangan negatif dengan Ø 8 (As = 0,503 cm²)

$$n = \frac{1,11}{0,503} = 2,2 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} s = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm} \approx 330 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 330

4.1.4.3 Perencanaan pelat bordes

a. Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban Mati

$$\text{Berat keramik} = 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi} = 1 \times 21 = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$q_D = 45 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban hidup} \quad q_L = 488,444 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban berguna} = q_D + q_L = 533,444 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$$

b. Perencanaan Bondek

Bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga.

Bentang = 150 cm

Tebal pelat beton = 9 cm

Tulangan Negatif = 1,11 cm²/m

Digunakan tulangan negatif dengan Ø 8 (As = 0,503 cm²)

$$n = \frac{1,11}{0,503} = 2,2 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm} \approx 330 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan negatif $\emptyset 8 - 330$

4.1.4.4 Perencanaan balok utama tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 x 100 x 4,5 x 7, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$W = 18,2 \text{ kg/m} \quad I_x = 1580 \text{ cm}^4$$

$$r = 11 \text{ mm} \quad Z_x = 170 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 2,21 \text{ cm} \quad i_x = 8,24 \text{ cm}$$

$$A_g = 23,18 \text{ cm}^2 \quad f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 198 - 2(7+11) = 162 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pelat anak tangga} = 9 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal rata-rata (tr)} = (30/2) + \sin(27,3^\circ) = 15,46 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal total} = 9 + 15,46 = 24,46 \text{ cm} = 0,2446 \text{ m}$$

a. Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat pelat } 0,25 \times 0,155 / 2 \times 2400 / \cos 27,3 = 512 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bondek } 10,1 \times 0,155 / 2 / \cos 27,3 = 8,81 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat keramik } 0,45 / 0,3 \times 24 \times 0,155 / 2 = 27,9 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat spesi } 0,45 / 0,3 \times 21 \times 0,155 / 2 = 24,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat railing tangga} = 10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat balok} = 18,2 \text{ kg/m} +$$

$$= 601,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat alat penyambung } 10\% = 60,14 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D1} = 661,5 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 488,44 \times 0,155 / 2 = 378,54 \text{ kg/m}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times 661,5 + 1,6 \times 378,54 \\
 &= 1399,5 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Perencanaan pembebanan bordes

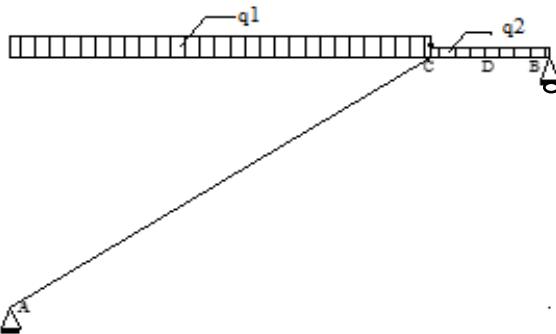
Beban mati

Berat pelat $0,09 \times 0,155 / 2 \times 2400$	= 167,4 kg/m
Berat bondek $10,1 \times 0,155 / 2$	= 7,82 kg/m
Berat keramik $24 \times 0,155 / 2$	= 18,6 kg/m
Berat spesi $21 \times 0,155 / 2$	= 16,3 kg/m
Berat railing tangga	= 10 kg/m
Berat balok	= 18,2 kg/m
	= 238,3 kg/m
Berat penyambung 10%	= 23,83 kg/m
	<hr/>
	$q_{D2} = 262,13 \text{ kg/m}$

Beban hidup

$$q_{L2} = 488,44 \times 0,155 / 2 = 378,54 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \times 262,13 + 1,6 \times 378,54 = 920,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.13 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

c. Perhitungan pembebanan

$$\Sigma Ma = 0$$

$$R_b(4,75) - qu_1(3)(1,5) - qu_2(1,75)(3,875) = 0$$

$$R_b = \frac{(1399,51 \times 3 \times 1,5) + (920,23 \times 1,75 \times 3,875)}{4,75}$$

$$= 2639,6 \text{ kg}$$

$$\Sigma Mb = 0$$

$$Ra(4,75) - qu_1(3)(3,25) - qu_2(1,75)(0,875) = 0$$

$$Ra = \frac{(1399,5x3x3,25)+(920,23x1,75x0,875)}{4,75}$$

$$= 3169,33 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = (Ra + Rb) - qu_1 x l_1 - qu_2 x l_2$$

$$= (2639,6 + 3169,33) - 1399,5 x 3 - 920,2 x 1,75$$

$$= 0 \dots \text{OK} !$$

Bidang M

- a - c :

$$Mx = Ra \cdot x - \frac{1}{2} qu_1 \cdot x^2$$

$$= 3169,33 \cdot x - \frac{1}{2} 1399,5 \cdot x^2$$

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

$$Ma = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 3 \text{ m}$$

$$Mc = 3210,2 \text{ kg.m}$$

Momen maksimum terjadi apabila $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = Ra - qu_1 \cdot x = 0$$

$$x = 2,265 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 3169,33 \cdot 2,265 - \frac{1}{2} 1399,5 \cdot 2,265^2 = 3588,64 \text{ kg.m}$$

- b - c :

$$Mx = Rb \cdot x - \frac{1}{2} qu_2 \cdot x^2$$

$$= 2639,6 \cdot x - \frac{1}{2} 920,23 \cdot x^2$$

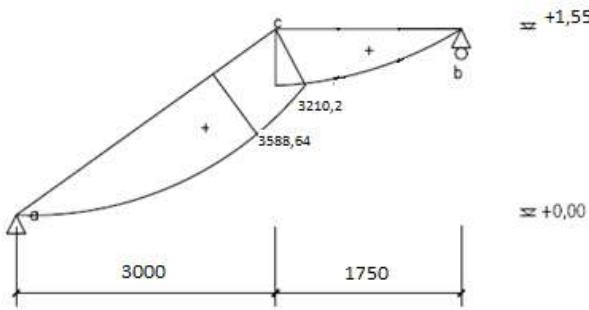
$$x = 0 \text{ m}$$

$$Mb = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 1,75 \text{ m}$$

$$Mc = 2639,6 \cdot 1,75 - \frac{1}{2} 920,23 \cdot 1,75^2$$

$$= 3210,2 \text{ kg.m}$$



Gambar 4.14 Bidang M Balok Tangga

Bidang D

- a - c :

$$\begin{aligned} Dx &= Ra \cdot \cos(27,3^\circ) - qu1 \cdot x \cdot \cos(27,3^\circ) \\ &= 3169,3 \cdot \cos(27,3^\circ) - 1399,5 \cdot x \cdot \cos(27,3^\circ) \end{aligned}$$

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

$$Da_{ka} = 2815,72 \text{ kg}$$

$$x = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Dc_{ki} &= 3169,3 \cdot \cos(27,3^\circ) - 1399,5 \cdot 3 \cdot \cos(27,3^\circ) \\ &= -914,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

- b - c :

$$\begin{aligned} Dx &= -Rb + qu2 \cdot x \\ &= -2639,6 + 920,23 \cdot x \end{aligned}$$

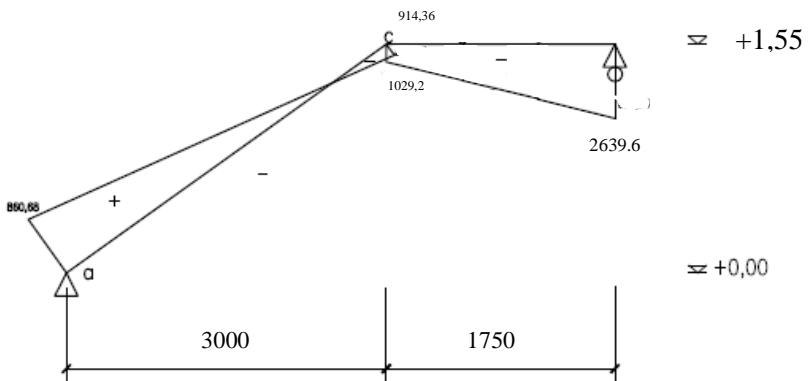
$$x = 0 \text{ m}$$

$$Db_{ki} = -2639,6 + 920,23 \cdot 0$$

$$= -2639,6 \text{ kg}$$

$$x = 1,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} De_{ka} &= -2639,6 + 920,23 \cdot 1,75 \\ &= -1029,2 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.15 Bidang D Balok Tangga

Bidang N

- a - c :

$$\begin{aligned} N_x &= R_a \cdot \sin(27,3^\circ) - q u_1 \cdot x \cdot \sin(27,3^\circ) \\ &= 3169,33 \cdot \sin(27,3^\circ) - 1399,51 \cdot x \cdot \sin(27,3^\circ) \end{aligned}$$

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

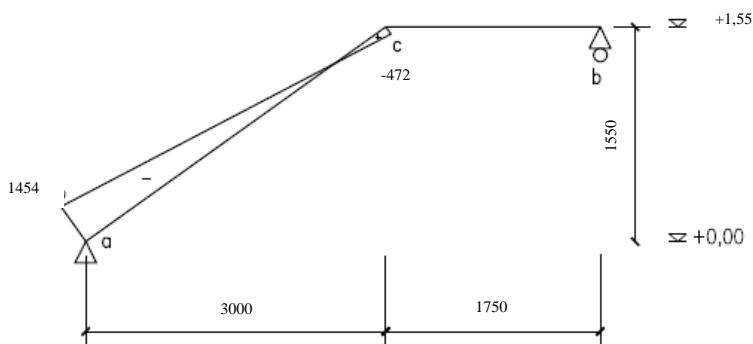
$$\begin{aligned} N_{a_{ka}} &= 3169,33 \cdot \sin(27,3^\circ) - 1399,51 \cdot 0 \cdot \sin(27,3^\circ) \\ &= 1454,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{c_{ki}} &= 3169,33 \cdot \sin(27,3^\circ) - 1399,51 \cdot 3 \cdot \sin(27,3^\circ) \\ &= -472,423 \text{ kg} \end{aligned}$$

- c - b :

$$N = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4.16 Bidang N Balok Tangga

d. Kontrol penampang profil

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{99}{2 \times 7} = 7,071$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,071 < 10,75$, maka penampang kompak

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{162}{4,5} = 36$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 36 < 106,25$, maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 170 = 425000 \text{ kg.cm}$$

$$= 4250 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\emptyset_b \cdot M_n = 0,9 \times 4250$$

$$= 3825 \text{ kg.m} \geq 3588,64 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 20 \text{ cm} \text{ (jarak ulir bondek)}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 2,21 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\ &= 110,01 \text{ cm} \end{aligned}$$

$L_b < L_p \rightarrow$ bentang pendek , maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} \text{Karena penampang kompak, maka } M_n &= M_p = f_y \cdot Z_x \\ M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 170 = 425000 \text{ kg.cm} \\ &= 4250 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\varnothing_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \varnothing_b \cdot M_n &= 0,9 \times 4250 \\ &= 3825 \text{ kg.m} \geq 3588,64 \text{ kg.m} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- e. Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{162}{4,5} = 36$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (19,8 \times 0,45) = 13365 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\varnothing V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \varnothing V_n &= 0,9 \times 13365 \text{ kg} \\ &= 12028,5 \text{ kg} \geq 2815,72 \text{ kg} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- f. Kontrol lendutan

- Batang a-c

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{\sqrt{(300)^2 + (155)^2}}{360} = 0,938 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \times \frac{L^2}{E \cdot I_x} \times (M_{max} - 0,1 \times (M_a + M_c))$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5}{384} \times \frac{337,67^2}{E \cdot I_x} \times ((3588,6 - 0,1 \times (0 + 3210,2)) \times 100) \\ &= 0,153577 \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,1535 \text{ cm} < 0,938 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

- Batang b-c

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{175}{360} = 0,486 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5}{384} \times \frac{L^2}{E.I_x} \times (M_{max} - 0,1 \times (Mb + Mc)) \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{175^2}{E.I_x} \times ((3588,6 - 0,1 \times (0 + 3210,2)) \times 100) \\ &= 0,04123 \text{ cm} \\ f^o &< f_{ijin} \rightarrow 0,04123 \text{ cm} < 0,486 \text{ cm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

4.1.4.5 Balok penumpu tangga

Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 x 150 x 6 x 9

$$W = 30,6 \text{ kg/m}$$

$$r = 13 \text{ mm}$$

$$A = 39,01 \text{ cm}^2$$

$$Z_x = 296 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 277 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 2690 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 507 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 8,3 \text{ cm}$$

$$i_y = 3,61 \text{ cm}$$

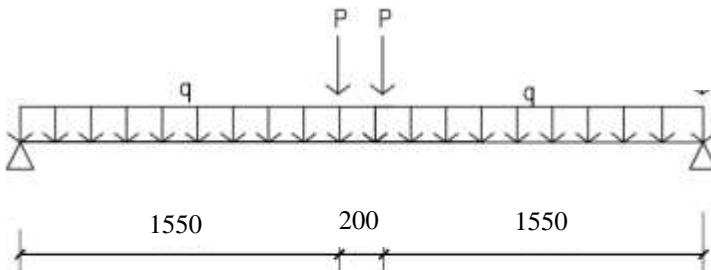
$$d = 194 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ cm}$$

$$h = 194 - 2(9 + 13) = 150 \text{ mm}$$

a. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Rb) dan (Ra) 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 di bawah ini :



Gambar 4.17 Pembebatan Balok Penumpu Tangga

$$Ra = 3169,3 \text{ kg}$$

$$Rb = 2639,6 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 30,6 \text{ kg/m}$$

Berat dinding CITICON($t=0,175$)

$$(600 \times 1 \times 3,1 \times 0,175)/2 = 162,75 \text{ kg/m} + \\ = 193,35 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan 10\%} = 19,335 \text{ kg/m} + \\ = 212,68 \text{ kg/m}$$

b. Reaksi perlakuan

$$\Sigma Ma = 0$$

$$R_{vb} \cdot 3,3 - Ra \cdot 1,75 - Rb \cdot 1,55 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3,3^2 = 0$$

$$R_{vb} = \frac{3169,3 \times 1,75 + 2639,6 \times 1,55 + \frac{1}{2} \times 212,68 \times 3,3^2}{3,3} \\ = 3271,45 \text{ kg}$$

$$\Sigma Mb = 0$$

$$R_{va} \cdot 3,3 - Ra \cdot 1,55 - Rb \cdot 1,75 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3,3^2 = 0$$

$$R_{va} = \frac{3169,3 \times 1,55 + 2639,6 \times 1,75 + \frac{1}{2} \times 212,68 \times 3,3^2}{3,3} \\ = 3239,35 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = R_{va} + R_{vb} - Ra - Rb - q \times 3,3$$

$$= 3239,35 + 3271,45 - 3169,33 - 2639,6 - (212,68 \times 3,3)$$

= 0 ... OK !

c. Momen maksimum

$$\begin{aligned}M_{max} &= R_{va} \times 1,65 - R_b \times 0,1 - \frac{1}{2} \times q \times 1,65^2 \\&= 3239,35 \times 1,65 - 2639,6 \times 0,1 - 0,5 \times 212,68 \times 1,65^2 \\&= 4791,44 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

d. Gaya geser

$$V_U = R_{vb} = 3271,45 \text{ kg}$$

e. Kontrol penampang profil

Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,33 < 10,75$, maka penampang kompak

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{150}{6} = 25$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 25 < 106,25$, maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p = f_y \cdot Z_x$

$$\begin{aligned}M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 296 = 740000 \text{ kg.cm} \\&= 7400 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\emptyset_b \cdot M_n = 0,9 \times 7400$$

$$= 6660 \text{ kg.m} \geq 4791,44 \text{ kg.m} \dots \text{OK !}$$

Kontrol terhadap tekuk lateral

$$L_b = 155 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 3,61 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\&= 179,707 \text{ cm}\end{aligned}$$

$L_b < L_p$, bentang pendek.

Maka, keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

- f. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser
Kontrol Geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{150}{6} = 25 ; \frac{1100}{\sqrt{fy}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 63,35$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \rightarrow 25 < 63,35 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 fy Aw \\ &= 0,6 \times 2500 \times (19,4 \times 0,6) = 17460 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \times 17460 \text{ kg} \\ &= 15714 \text{ kg} > 3271,45 \text{ kg} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- g. Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{330}{360} = 0,9167 \text{ cm}$$

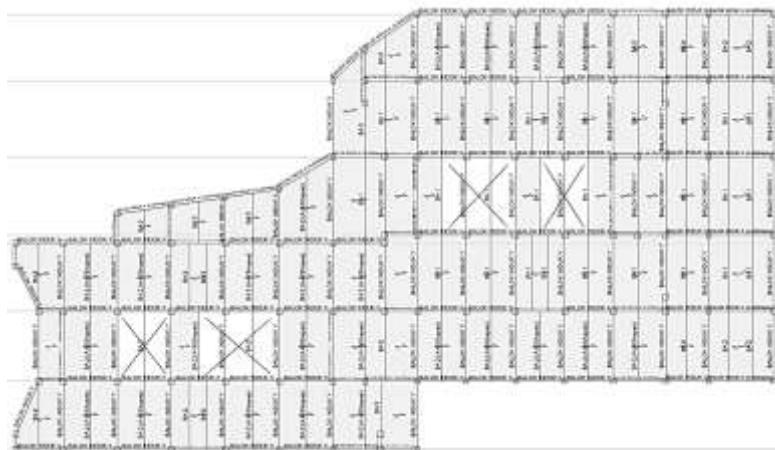
$$f^o = 0,234$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,234 \text{ cm} < 0,9167 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

4.2 Permodelan Struktur

4.2.1 Penjelasan umum

Pemodelan struktur atas pada tugas akhir ini menggunakan sistem *eccentrically braced frames* (EBF). Sistem struktur EBF ini berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat beban gempa. Struktur yang akan direncanakan merupakan bangunan apartemen 23 lantai dengan total tinggi struktur 72 meter. Denah rencana struktur dalam permodelan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

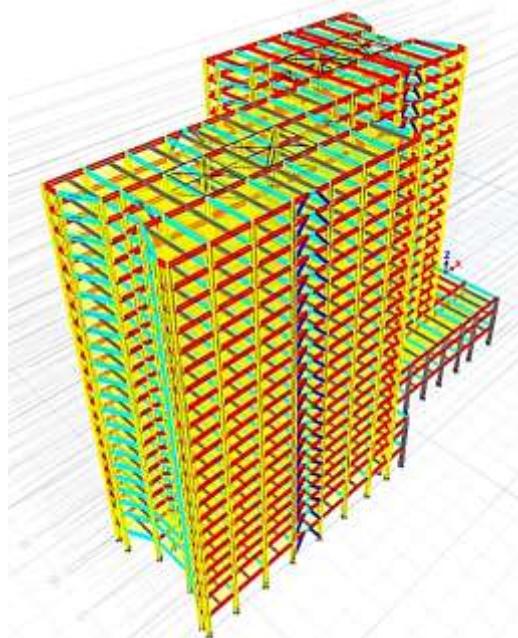


Gambar 4.18 Denah Struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon

Pada Gambar 4.18 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan arah horizontal mengikuti arah sumbu X. Sistem rangka baja yang direncanakan pada tugas akhir ini menggunakan *Inverted-V brace* EBF. Analisis yang dilakukan pada struktur apartemen Grand Kamala Lagoon ini tanpa menggunakan dilatasii. Bentuk struktur yang tidak simetris akan memungkinkan struktur tersebut memiliki respon yang tidak beraturan. Ketidakberaturan respon tentunya dapat menimbulkan torsi pada elemen struktur. Hal tersebut bisa diatasi dengan mengatur penempatan bresing sebagai penahan beban lateral.

Permodelan struktur apartemen dilakukan menggunakan program bantu ETABS 2016. Pada program ETABS 2016, struktur apartemen akan dimodelkan sesuai dengan kondisi sebenarnya, sehingga dapat dijadikan acuan dalam perencanaan agar memenuhi persyaratan yang berada di SNI-1729-2015 dan SNI-1726-2012.

Berikut adalah permodelan yang dilakukan dalam program ETABS 2016:



Gambar 4.19 Pemodelan Struktur Gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon

4.2.2 Pembebaan struktur utama

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

1. Beban mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya.

Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat beton bertulang yang memiliki berat jenis 2400 kg/m³
- Berat pelat bondek 10,1 kg/ m²
- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bressing dll memiliki berat jenis 7850 kg/m³
- Berat dinding batu ringan sebesar 100 kg/ m²
- Berat spesi sebesar 22 kg/ m² untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/ m² untuk setiap ketebalan 1cm
- Berat *ducting* dan *plumbing* sebesar 10 kg/m²
- Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/ m²
- Beban lift merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir

Pembebanan beban mati pada struktur apartemen Grand Kemala Lagoon adalah sebagai berikut

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| a. Pelat atap | = 308 kg/m ² |
| b. Pelat lantai apartemen | = 373 kg/m ² |

2. Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan dinding pemisah ringan (dinding partisi) yang beratnya tidak melebihi 100 kg/m². Beban hidup yang bekerja pada perkantoran dan *mall* ini adalah sebagai berikut:

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| - Lantai atap | = 97.89 kg/m ² |
| - Lantai apartemen | = 195.78 kg/m ² |

3. Beban gempa (*Earthquake Load*)

Berdasarkan wilayah gempa, kota Bekasi termasuk dalam wilayah gempa zona tinggi. Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan

parameter gempa yang digunakan diambil dari desain Spectra Indonesia yaitu pada website puskim.pu.go.id.

4. Data Tanah

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

$\tilde{N} \geq 50$ = Tanah Keras

$15 \geq \tilde{N} \geq 50$ = Tanah Sedang

$\tilde{N} < 15$ = Tanah Lunak

Tabel 4.5 Tabel Perhitungan N Rata-Rata

Keterangan	Tebal (m)	Kedalaman (m)	N	Tebal/N
Lapisan 1	0	0	0	0
Lapisan 2	2,5	2,5	3	0,83
Lapisan 3	2	4,5	4	0,50
Lapisan 4	2	6,5	11	0,18
Lapisan 5	2	8,5	21	0,10
Lapisan 6	2	10,5	50	0,04
Lapisan 7	2	12,5	50	0,04
Lapisan 8	2	14,5	50	0,04
Lapisan 9	2	16,5	29	0,07
Lapisan 10	4	20,5	28	0,14
Lapisan 11	2	22,5	50	0,04
Lapisan 12	2	24,5	50	0,04
Lapisan 13	2	26,5	50	0,04
Lapisan 14	2	28,5	50	0,04
Lapisan 15	1,5	30	50	0,03
Total		30		2,13

$$\tilde{N} = \frac{30}{2,13} = 14,06 < 15$$

Dari perhitungan nilai N rata- rata diatas diperoleh jenis tanah kategori tanah lunak (Kelas Situs E).

4.2.2.1 Berat total bangunan

Karena besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu diketahui berat total bangunan untuk menentukan gaya geser statik. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material bangunan dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan.

Pada perencanaan tugas akhir ini akan dilakukan perbandingan perhitungan berat struktur yang diambil dari analisis menggunakan program ETABS 2016 untuk kombinasi 1D +1L dan perhitungan berat secara manual. Hasil perbandingan tersebut tidak boleh melebihi batasan 5%.

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup (1D+1L) dari permodelan ETABS 2016 dan secara manual tersaji pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Berat Struktur Tiap Lantai

TABLE: Base Reactions			
Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
1D	0,00	0,00	300296,06
1D + 1L	0,00	0,00	378246,49

Tabel 4.7 Rekapitulasi Berat Struktur Tiap Lantai

Lantai	Berat (kg)
UG	2974364,586
Transfer	2974364,586
1	2673942,286
2	1525737,311
3	1525737,311
4	1525737,311
5	1525737,311
6	1525737,311
7	1525737,311
8	1525737,311
9	1525737,311
10	1525737,311
11	1525737,311
12	1525737,311
13	1525737,311
14	1525737,311
15	1525737,311
16	1525737,311
17	1525737,311
18	1525737,311
19	1525737,311
Atap	1225526,813
Total	37311469,87

Dari tabel diatas, didapatkan total berat struktur dari ETABS 2016 yaitu sebesar 37824649 kg, dan dari hasil perhitungan manual sebesar 37311469,87 kg. Sehingga didapat selisih antara kedua perhitungan tersebut yaitu 513178,73 kg atau hanya 1,36%. Hasil tersebut tidak melebihi batasan yang diberikan yaitu 5% sehingga

dapat dikatakan bahwa analisa permodelan tersebut telah sesuai dengan kondisi aslinya.

4.2.3 Pembebanan gempa dinamis

Perencanaan struktur apartemen Grand Kamala Lagoon ini terdiri dari 23 tingkat yang memiliki ketinggian 72 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.2.3.1 Arah pembebahan

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

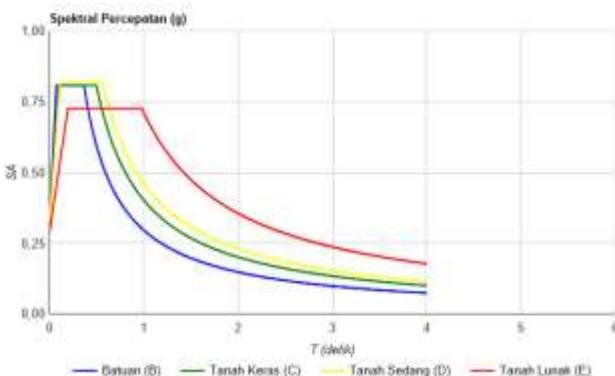
4.2.3.2 Parameter respon spektrum rencana

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

Tabel 4.8 Parameter Respon Gempa Wilayah Bekasi untuk Kelas Situs E

(Sumber : puskim.pu.go.id)

PGA (g)	0.529
S _S (g)	1.212
S _I (g)	0.444
C _{RS}	0.928
C _{RI}	0.000
F _{PGA}	0.900
F _A	0.900
F _V	2,4
PSA (g)	0,476
S _{MS} (g)	1,091
S _{M1} (g)	1,067
S _{DS} (g)	0,727
S _{D1} (g)	0,711
T ₀ (detik)	0,196
T _S (detik)	0,978



Gambar 4.20 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Bekasi
(Sumber : puskim.pu.go.id)

4.2.3.3 Faktor reduksi gempa (R)

Pada tugas akhir ini, gedung perkantoran direncanakan menggunakan sistem rangka baja dengan sistem pengaku eksentris. Berdasarkan tabel 9 SNI 03-1726-2012 diperoleh nilai-nilai batasan yaitu:

Tabel 4.9 Faktor R^a , C_d^b , dan Ω_o untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Rangka Bangunan	R^a	Ω_o	C_d^b	B	C	D	E	F
Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30

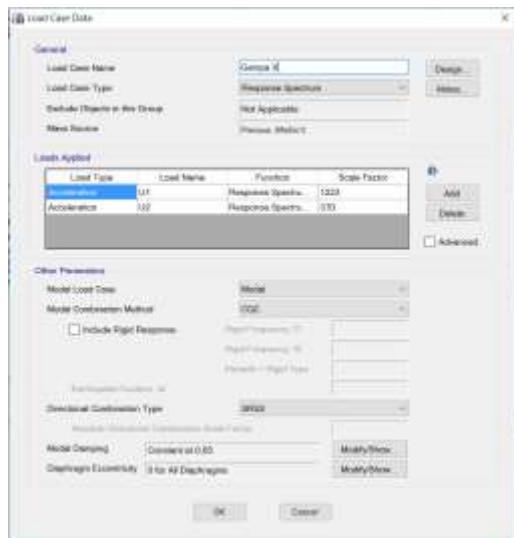
4.2.3.4 Faktor keutamaan (I)

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

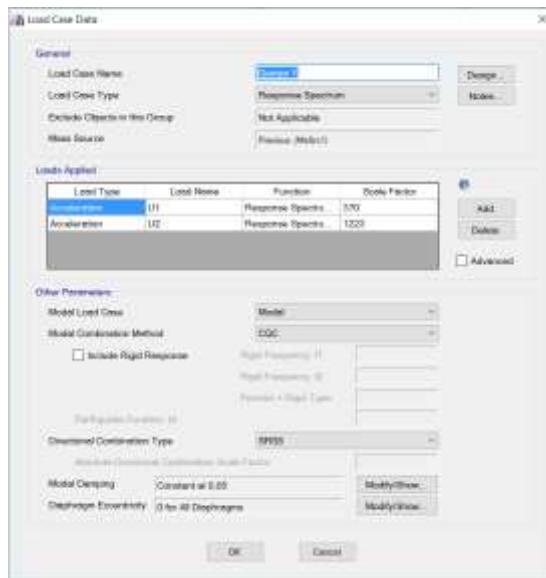
Dalam input bahan gempa dinamis dalam ETABS 2015 dengan menggunakan fungsi *respon spectrum* yang dapat dilihat pada gambar 5.8 dan input load cases pembebanan gempa dengan meninjau faktor reduksi gempa, faktor keutamaan, dan arah pembebanan yang dikalikan dengan faktor skala.



Gambar 4.21 Grafik Respon Spektrum Situs E Bekasi



Gambar 4.22 Pembebanan Gempa Dinamis Arah X



Gambar 4.23 Pembebanan Gempa Dinamis Arah Y

4.2.3.5 Kategori desain seismik

Kategori desain seismik yang digunakan untuk perencanaan struktur tahan gempa ini adalah sistem rangka bangunan dengan rangka bresing eksentris. Dengan S_{DS} sebesar 0,727, S_{DI} sebesar 0,711 dan kategori resiko II maka dimasukan KDS E maka digunakan sistem rangka pemikul momen khusus dengan bresing eksentris.

4.2.4 Kombinasi pembebatan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 03-1726-2012 sebagai berikut::

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (L_r atau R)
- 1,2 DL + 1,6 (L_r atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2 D + 1,0W + L + 0,5 (L_r atau R)
- 1,2 D + 1,0 E + 1/0,5 LL
- 0,9 D + 1,0 W
- 0,9 D + 1,0 E

Keterangan :

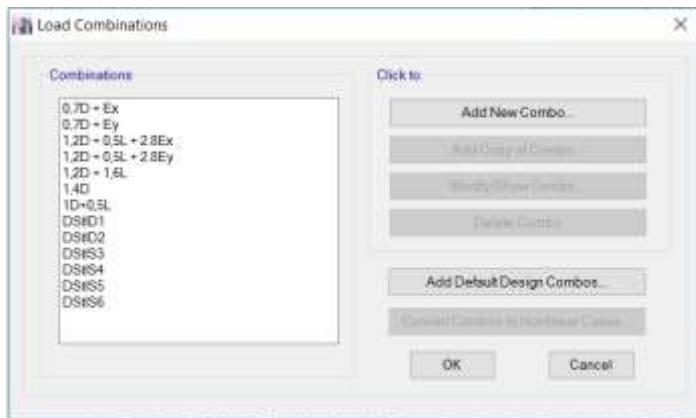
DL : Beban mati

LL : Beban hidup

E : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Perencanaan struktur yang akan dianalisa pada bagian elemen struktur baja maupun komposit tidak diperkenankan mengalami plastis saat terjadi gempa kuat didasarkan pada nilai gaya maksimum yang terjadi pada elemen-elemen struktur tersebut setelah melalui analisis pembebatan gempa dengan koefisien beban gempa sebesar 1 dan beban hidup dapat direduksi menjadi 0,5 kali.

Dalam input kombinasi pembebatan dalam ETABS 2016 dengan menggunakan *define load combination* dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Kombinasi Pembebatan pada ETABS 2016

4.2.5 Kontrol desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000 v15, 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 periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

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

4.2.5.1 Kontrol partisipasi massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian 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 4.- berikut ini:

Tabel 4.10 Rasio Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	1	2,319	0,1095	0,5421	0
Modal	2	2,295	0,7394	0,654	0
Modal	3	2,081	0,7457	0,7392	0
Modal	4	0,749	0,869	0,7446	0
Modal	5	0,744	0,8781	0,8547	0
Modal	6	0,683	0,8795	0,8771	0
Modal	7	0,429	0,9328	0,8772	0
Modal	8	0,422	0,933	0,9339	0
Modal	9	0,404	0,933	0,9339	0
Modal	10	0,291	0,9538	0,9341	0
Modal	11	0,286	0,9538	0,9525	0
Modal	12	0,274	0,954	0,9542	0

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa untuk arah X sebesar 93.28% pada modal ke 7 dan partisipasi massa arah Y sebesar 93.39% pada modal ke 8. 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%.

4.2.5.2 Kontrol waktu getar alami fundamental

Perkiraan periode alami fundamental (T_a) dalam detik, harus ditentukan dengan persamaan berikut:

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

(nilai C_t dan x diambil dari tabel 15 SNI 03-1726-2012)

$$C_t = 0,0731 \quad x = 0,75 \quad h_n = 72 \text{ m}$$

$$T_a = 0,0731 \cdot 72^{0,75} = 1,806 \text{ detik}$$

Dengan nilai $S_{DI} = 0,7104$, maka $C_u = 1,4$

Sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$$T = T_a \cdot C_u = 1,806 \cdot 1,4 = 2,529 \text{ detik.}$$

Tabel 4.11 Perioda dan Frekuensi Struktur

TABLE: Modal Periods and Frequencies			
Case	Mode	Period	Frequency
		sec	cyc/sec
Modal	1	2,319	0,431
Modal	2	2,295	0,436
Modal	3	2,081	0,48
Modal	4	0,749	1,335
Modal	5	0,744	1,344
Modal	6	0,683	1,464
Modal	7	0,429	2,329
Modal	8	0,422	2,371
Modal	9	0,404	2,474
Modal	10	0,291	3,436
Modal	11	0,286	3,491
Modal	12	0,274	3,655

Dari Tabel 4.11, didapat $T_c = 2,319 \text{ s}$. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental, nilai T_c masih lebih kecil dari $C_u \cdot T$. Jadi analisis struktur apartemen Grand Kamala Lagoon masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

4.2.5.3 Kontrol nilai akhir respon spektrum

Jika kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam dinamik (V_t) lebih kecil 85% dari gaya geser dasar statik (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya gempa harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$ (SNI 1726-2012 Pasal 7.9.4.1)

Rumus geser statik adalah:

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Mencari Perioda Ta dan T:

$$Ta = Ct \cdot H_n^x = 0,0731 \cdot 72^{0,75} = 1.806 \text{ detik}$$

$$\text{Karena } S_{D1} = 0,704 \geq 0,4$$

$$\text{Maka } C_u = 1,4$$

$$T = Cu \cdot Ta = 1,4 \cdot 1.806 = 2.529 \text{ detik}$$

Mencari nilai C_s

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{0,727}{8/1} = 0,09$$

Nilai tidak boleh lebih dari:

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,704}{2,319 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,038 < 0,09 \text{ (Not OK)}$$

Dan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,727 \cdot 1 > 0,01 \\ &= 0,032 > 0,01 \rightarrow (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{Maka: } C_{s \min} & < & C_s & > & C_{s \max} \\ 0,032 & < & 0,09 & > & 0,038 \end{array}$$

$$\text{Maka yang dipakai } C_{s \max} = 0,038$$

Dari analisis struktur yang sudah dilakukan, diperoleh berat total struktur apartemen Grand Kamala Lagoon adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Reaksi Dasar Struktur ETABS 2016

Base Reactions			
Load Case/Combo		FX	FY
		kN	kN
Dead		0	0,00
Live		0	0,00
Super Dead		0	0,00
Gempa X Max	10726,3202	3118,84	0,00
Gempa Y Max	3283,6718	10174,63	0,00
1D+0,5L		0	0,00
1,4D		0	0,00
1,2D + 1,6L		0	0,00
1,2D + 0,5L + Ex Max	10726,32	3118,84	399330,48
1,2D + 0,5L + Ex Min	-10726,32	-3118,84	399330,48
1,2D + 0,5L + Ey Max	3283,67	10174,63	399330,48
1,2D + 0,5L + Ey Min	-3283,67	-10174,63	399330,48
0,7D + Ex Max	10726,32	3118,84	210207,24
0,7D + Ex Min	-10726,32	-3118,84	210207,24
0,7D + Ey Max	3283,67	10174,63	210207,24
0,7D + Ey Min	-3283,67	-10174,63	210207,24
DStlS3 Max	10726,32	3118,84	468335,30
DStlS3 Min	-10726,32	-3118,84	468335,30
DStlS4 Max	3283,67	10174,63	468335,30
DStlS4 Min	-3283,6718	-10174,63	468335,30
DStlS5 Max	10726,32	3118,84	240236,84
DStlS5 Min	-10726,32	-3118,84	240236,84
DStlD1	0	0,00	300296,06
DStlD2	0	0,00	378246,49

Dari tabel di atas didapat berat total struktur (W) adalah 37824649 kg. Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0,038 \cdot 37824649 \text{ kg} \\ &= 1448395,34 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS 2016 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 4.13 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Load Case/Combo	FX	FY
	kgf	kgf
RSX	1072632	311884
RSY	328367	1017463

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

- Arah-x :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1072632 \text{ kg} < 0,85 \cdot 1448395,34 \text{ kg}$$

$$1072632 \text{ kg} < 1231136,04 \text{ kg} \dots (\text{not ok})$$

- Arah-y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1017463 \text{ kg} < 0,85 \cdot 1448395,34 \text{ kg}$$

$$1017463 \text{ kg} < 1231136,04 \text{ kg} \dots (\text{not ok})$$

Dari perhitungan kontrol diatas, diperoleh bahwa gaya geser dasar ragam (Vt) lebih kecil dari gaya geser dasar (V) sehingga belum memenuhi syarat pada pasal 11.1.4 SNI 03-1726-2012. Oleh karena itu, pada pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka simpangan antar lantai harus diperbesar dengan faktor skala $0,85 \frac{C_s \cdot W}{v}$.

Untuk simpangan arah X harus dikalikan:

$$0,85 \frac{C_s \cdot W}{v} = 0,85 \times \frac{0,038 \times 37824649}{1072632} = 1,14$$

Untuk simpangan arah Y harus dikalikan

$$0,85 \frac{Cs \cdot W}{v} = 0,85 \times \frac{0,038 \times 37824649}{1017463} = 1,21$$

4.2.5.4 Kontrol simpangan antar lantai (*drift*)

Perhitungan simpangan antar lantai (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasarkan tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat diatasnya.

Δ_s dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik diatas dan dibawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana:

δ_{xe} = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

C_d = faktor pembesaran defleksi (4)

I_e = faktor keutamaan gedung (1,0)

Δ_a = $0,020h_{sx}$

ρ = Faktor redundansi (1,0)

Batas nilai simpangan yang diijinkan menurut SNI 1726 – 2012

- Tinggi tingkat 5 m

$$\Delta_a = 0,02 \times 5 = 0,10 \text{ m} = 100 \text{ mm}$$

- Tinggi tingkat 3.1 m

$$\Delta_a = 0,02 \times 3,1 = 0,062 \text{ m} = 62 \text{ mm}$$

Tabel 4.14 Kontrol Simpangan Arah X akibat Gempa X

Lantai	Rasio Drift	Elevasi (mm)	δx_e (mm)	δx (mm)	$\delta x \times SF$ (mm)	Δa (mm)	Kontrol
Roof	0,00039	3100	1,20	4,79	5,49	62	OK
19	0,00047	3100	1,47	5,88	6,75	62	OK
18	0,00058	3100	1,80	7,19	8,25	62	OK
17	0,00068	3100	2,12	8,47	9,72	62	OK
16	0,00078	3100	2,41	9,62	11,04	62	OK
15	0,00086	3100	2,66	10,65	12,23	62	OK
14	0,00093	3100	2,89	11,57	13,28	62	OK
13	0,00100	3100	3,09	12,38	14,20	62	OK
12	0,00106	3100	3,27	13,09	15,03	62	OK
11	0,00111	3100	3,43	13,73	15,76	62	OK
10	0,00115	3100	3,57	14,30	16,41	62	OK
9	0,00119	3100	3,70	14,81	16,99	62	OK
8	0,00123	3100	3,82	15,26	17,52	62	OK
7	0,00126	3100	3,92	15,67	17,99	62	OK
6	0,00129	3100	4,01	16,03	18,40	62	OK
5	0,00131	3100	4,07	16,29	18,70	62	OK
4	0,00132	3100	4,09	16,37	18,79	62	OK
3	0,00130	3100	4,03	16,12	18,50	62	OK
2	0,00125	3100	3,88	15,50	17,79	62	OK
1	0,00122	3100	3,77	15,09	17,32	62	OK
Transfer	0,00121	5000	6,04	24,14	27,71	100	OK
UG	0,00065	5000	3,26	13,02	14,94	100	OK

Tabel 4.15 Kontrol Simpangan Arah Y akibat Gempa X

Lantai	Rasio Drift	Elevasi (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	$\delta x \times SF$ (mm)	Δa (mm)	Kontrol
Roof	0,00016	3100	0,50	2,01	2,43	62	OK
19	0,00019	3100	0,58	2,33	2,82	62	OK
18	0,00023	3100	0,70	2,79	3,38	62	OK
17	0,00026	3100	0,81	3,25	3,93	62	OK
16	0,00030	3100	0,92	3,68	4,46	62	OK
15	0,00033	3100	1,02	4,08	4,94	62	OK
14							
13	0,00036	3100	1,11	4,44	5,37	62	OK
12	0,00038	3100	1,19	4,76	5,76	62	OK
11	0,00041	3100	1,26	5,05	6,11	62	OK
10	0,00043	3100	1,32	5,29	6,41	62	OK
9	0,00045	3100	1,38	5,52	6,68	62	OK
8	0,00046	3100	1,43	5,72	6,92	62	OK
7	0,00048	3100	1,48	5,90	7,14	62	OK
6	0,00049	3100	1,51	6,05	7,32	62	OK
5	0,00050	3100	1,55	6,20	7,50	62	OK
4	0,00051	3100	1,57	6,30	7,62	62	OK
3	0,00051	3100	1,59	6,37	7,71	62	OK
2	0,00052	3100	1,60	6,39	7,73	62	OK
1	0,00052	3100	1,66	6,65	8,04	62	OK
Transfer	0,00055	5000	2,75	11,00	13,31	100	OK
UG	0,00030	5000	1,48	5,90	7,14	100	OK

Tabel 4.16 Kontrol Simpangan Arah X akibat Gempa Y

Lantai	Rasio Drift	Elevasi (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	$\delta x \times SF$ (mm)	Δa (mm)	Kontrol
Roof	0,00012	3100	0,38	1,53	1,75	62	OK
19	0,00015	3100	0,46	1,84	2,11	62	OK
18	0,00018	3100	0,56	2,24	2,58	62	OK
17	0,00021	3100	0,66	2,64	3,03	62	OK
16	0,00024	3100	0,75	3,00	3,44	62	OK
15	0,00027	3100	0,83	3,32	3,81	62	OK
14	0,00029	3100	0,90	3,61	4,14	62	OK
13	0,00031	3100	0,97	3,87	4,44	62	OK
12	0,00033	3100	1,02	4,09	4,70	62	OK
11	0,00035	3100	1,07	4,29	4,92	62	OK
10	0,00036	3100	1,12	4,48	5,14	62	OK
9	0,00037	3100	1,16	4,63	5,31	62	OK
8	0,00039	3100	1,19	4,77	5,48	62	OK
7	0,00040	3100	1,23	4,91	5,64	62	OK
6	0,00040	3100	1,25	5,01	5,75	62	OK
5	0,00041	3100	1,27	5,08	5,84	62	OK
4	0,00041	3100	1,27	5,10	5,85	62	OK
3	0,00040	3100	1,25	5,00	5,74	62	OK
2	0,00039	3100	1,20	4,80	5,51	62	OK
1	0,00038	3100	1,17	4,67	5,37	62	OK
Transfer	0,00037	5000	1,86	7,44	8,54	100	OK
UG	0,00020	5000	1,00	4,00	4,59	100	OK

Tabel 4.17 Kontrol Simpangan Arah Y akibat Gempa X

Lantai	Rasio Drift	Elevasi (mm)	δx_e (mm)	δx (mm)	$\delta x \times SF$ (mm)	Δa (mm)	Kontrol
Roof	0,0005	3100	1,56	6,22	7,53	62	OK
19	0,0006	3100	1,82	7,27	8,79	62	OK
18	0,0007	3100	2,17	8,69	10,52	62	OK
17	0,0008	3100	2,53	10,12	12,24	62	OK
16	0,0009	3100	2,87	11,48	13,89	62	OK
15	0,0010	3100	3,18	12,72	15,39	62	OK
14	0,0011	3100	3,46	13,84	16,74	62	OK
13	0,0012	3100	3,71	14,84	17,96	62	OK
12	0,0013	3100	3,93	15,72	19,03	62	OK
11	0,0013	3100	4,13	16,50	19,97	62	OK
10	0,0014	3100	4,30	17,20	20,81	62	OK
9	0,0014	3100	4,45	17,81	21,55	62	OK
8	0,0015	3100	4,59	18,36	22,22	62	OK
7	0,0015	3100	4,71	18,85	22,81	62	OK
6	0,0016	3100	4,82	19,27	23,32	62	OK
5	0,0016	3100	4,90	19,62	23,74	62	OK
4	0,0016	3100	4,96	19,83	23,99	62	OK
3	0,0016	3100	4,96	19,85	24,02	62	OK
2	0,0016	3100	4,94	19,77	23,92	62	OK
1	0,0016	3100	5,11	20,44	24,73	62	OK
Transfer	0,0017	5000	8,35	33,38	40,39	100	OK
UG	0,0009	5000	4,45	17,78	21,51	100	OK

Maka, dari hasil kontrol pada Tabel 4.14 sampai Tabel 4.17 simpangan arah X dan Y didapatkan hasil analisis memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

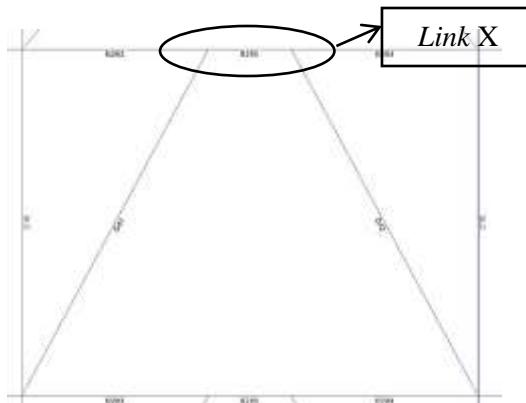
4.3 Perencanaan Struktur Primer

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS 2016, maka tahap selanjutnya adalah dengan melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan berlaku yaitu SNI 1729-2015.

4.3.1 Perencanaan link

4.3.1.1 Perencanaan link arah X

Pada perhitungan *link* arah X diambil *link* pada lantai Transfer yang memiliki gaya dalam maksimum yaitu *frame element* B295.



Gambar 4.25 Element Balok Diluar *Link* Arah X

Balok diluar *link* arah X direncanakan menggunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20 dengan data- data sebagai berikut:

$d = 588 \text{ mm}$	$I_x = 118000 \text{ cm}^4$
$bf = 300 \text{ mm}$	$I_y = 9020 \text{ cm}^4$
$tw = 12 \text{ mm}$	$ix = 24.8 \text{ cm}$
$tf = 20 \text{ mm}$	$iy = 6,85 \text{ cm}$
$A = 192,5 \text{ cm}^2$	$S_x = 4020 \text{ cm}^3$
$r = 28 \text{ mm}$	$S_y = 601 \text{ cm}^3$
$h = 492 \text{ cm}$	$Z_x = 4309 \text{ cm}^3$
$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	$Z_y = 920 \text{ cm}^3$



Gambar 4.26 Gaya Dalam *Link* Arah X

$$\begin{aligned} N_u &= 4450 \text{ kg} \\ V_u &= -51869,1 \text{ kg} \\ M_u &= -33079,7 \text{ kgm} \\ \Delta e &= 9,92 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Penentuan jenis *link*

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 4309 \cdot 2500 = 10772500 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot tf) \cdot tw \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (58,8 - 2 \times 2) \cdot 1,2 \\ &= 98640 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p} = \frac{1,6 \times 10772500}{98640} = 174,4 \text{ cm}$$

Termasuk *Link* Geser, $e = 120 \text{ cm} < 174,4 \text{ cm}$

Kontrol penampang $\alpha < \alpha_{\text{maks}}$

$0,04 < 0,08 \dots (\text{OK})$

- Pelat sayap
 $\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,5$
 $\lambda_p = 0,38\sqrt{(E/Fy)} = 10,74$
 $\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Pelat badan
 $\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{692}{14} = 49,43$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{Fy}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Karena penampang kompak, maka:

$$\begin{aligned} Ny &= Ag \times fy \\ &= 192,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 481250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,15 Ny &= 0,15 \cdot 481250 \text{ kg} = 72187,5 \text{ kg} \\ 0,15 Ny &> Nu = 4450 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena $0,15 Ny > Nu$, maka berdasarkan acuan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.2.5, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana *link* tidak diperhitungkan.

- Kontrol kuat geser
Berdasarkan acuan peraturan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.4, kuat geser nominal *link* diambil yang terkecil dari V_p atau 2 Mp/e
 $V_p = 0,6 \cdot fy \cdot (d - 2 \cdot tf) \cdot tw$
 $= 0,6 \cdot 2500 \cdot (58,8 - 2 \times 20) \cdot 1,2$

$$= 98640 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\frac{2 \times M_p}{V_u} = \frac{2 \times 10772500}{51869,1 \text{ kg}} \leq \frac{1,6 V_n}{120} = 179541,67 \text{ kg}$$

$\leq \frac{1,6 \times 88776 \text{ kg}}{120} \dots (\text{OK})$

- Kontrol sudut rotasi *link*

Rumus *link*

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p}$$

α maks = 0,08 radian

$$\Delta p = C_d \cdot \Delta e = 4 \cdot 9,92 = 39,7 \text{ mm}$$

$$\emptyset = \frac{\Delta p}{h} = \frac{39,7}{500} = 0,008$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \emptyset = \left(\frac{660}{120} \right) \cdot (0,008) = 0,04 \text{ radian}$$

$\alpha < \alpha$ maks

0,04 < 0,08 ... (OK)

4.3.1.2 Perencanaan pengaku *link* arah X

Pada pertemuan batan bresing dengan *link* harus didasarkan peraturan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.3.1 yaitu pada *link* dipasang pengaku setinggi badan *link* dan berada di kedua sisi pelat badan *link*. Pengaku harus memiliki lebar total tidak kurang dari ($bf - 2tw$) dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara 0,75 tw atau 10 mm, dengan bf dan tw merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan *link*.

Untuk pengaku dengan panjang $link < 1,6 \cdot M_p / V_p$, harus memiliki pengaku dengan spasi tidak kurang atau lebih dari harga-harga berikut:

Untuk $\alpha = 0,08$ radian

$$S = 30 \cdot tw - d/5 = 30 \cdot 1,2 - 58,8/5 = 24,24 \text{ cm}$$

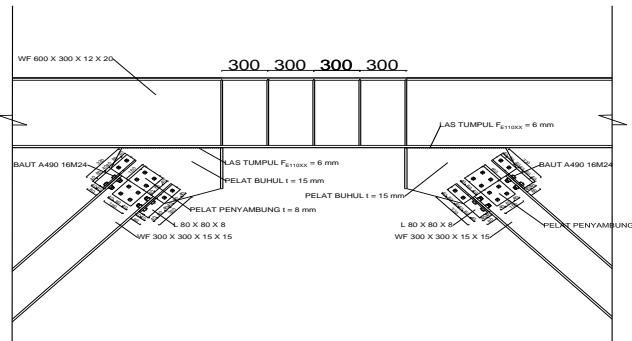
Untuk $\alpha = 0,02$ radian

$$S = 52 \cdot tw - d/5 = 52 \cdot 1,2 - 58,8/5 = 50,64 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,04$ radian, maka harus diinterpolasi

$$S = 50,64 - \left(\frac{0,04 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \cdot (50,6 - 24,2) = 40,52 \text{ cm}$$

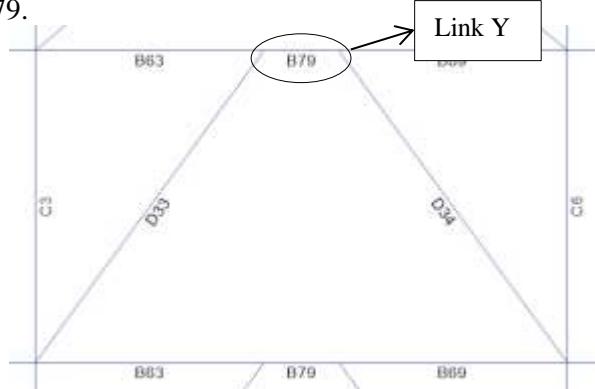
Dipasang pengaku antara dengan jarak 30 cm.



Gambar 4.27 Jarak Pengaku *Link* Arah X

4.3.1.3 Perencanaan *link* arah Y

Pada perhitungan *link* arah Y diambil *link* pada lantai Transfer yang memiliki gaya dalam maksimum yaitu pada balok elemen B79.



Gambar 4.28 Frame Element *Link* Arah Y

Pada *link* arah Y direncanakan menggunakan profil WF 700 x 300 x 13 x 24 dengan data-data sebagai berikut:

$d = 700 \text{ mm}$	$I_x = 201000 \text{ cm}^4$
$bf = 300 \text{ mm}$	$I_y = 10800 \text{ cm}^4$
$tw = 13 \text{ mm}$	$i_x = 29.3 \text{ cm}$
$tf = 24 \text{ mm}$	$i_y = 6.78 \text{ cm}$
$A = 235,5 \text{ cm}^2$	$S_x = 5760 \text{ cm}^3$
$r = 28 \text{ mm}$	$S_y = 722 \text{ cm}^3$
$h = 596 \text{ cm}$	$Z_x = 6249 \text{ cm}^3$
$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	$Z_y = 1108 \text{ cm}^3$

Hasil dari output ETABS 2016 untuk *link* arah y diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 4.29 Gaya Dalam *Link* Arah Y

$$\begin{aligned} N_u &= 1359 \text{ kg} \\ V_u &= -72273,5 \text{ kg} \\ M_u &= -485502,31 \text{ kg.m} \\ \Delta e &= 11,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Penentuan jenis *link*

$$M_p = Zx \cdot F_y = 6249 \cdot 2500 = 15622500 \text{ kgcm}$$

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

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (70 - 2 \times 2,4) \cdot 1,3$$

$$= 127140 \text{ kg}$$

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p} = \frac{1,6 \times 15622500}{127140} = 196,6 \text{ cm}$$

Termasuk *Link Geser* $e = 120 \text{ cm} < 196,6 \text{ cm}$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 24} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38\sqrt{(E/F_y)} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 45,8$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Karena penampang kompak, maka:

$$Ny = Ag \times f_y$$

$$= 235,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2$$

$$= 588750 \text{ kg}$$

$$0,15 Ny = 0,15 \cdot 588750 \text{ kg} = 88312,5 \text{ kg}$$

$$0,15 Ny > Nu = 1359 \text{ kg}$$

Karena $0,15 Ny > Nu$, maka berdasarkan acuan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.2.5, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana link tidak diperhitungkan.

- Kontrol kuat geser

Berdasarkan acuan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.4, kuat geser nominal link diambil yang terkecil dari V_p atau 2 Mp/e

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (70 - 2 \times 2,4) \cdot 1,3 \\ &= 127140 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 15622500}{120} = 260375 \text{ kg}$$

$$\frac{V_u}{72273,5} \leq \frac{\phi V_n}{114426 \text{ kg}} \dots (\text{OK})$$

- Kontrol sudut rotasi *link*

Rumus *link*

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p}$$

$$\alpha \text{ maks} = 0,08 \text{ radian}$$

$$\Delta = C_d \cdot \Delta e = 47 \text{ mm}$$

$$\phi = \frac{\Delta p}{h} = \frac{47}{500} = 0,009$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \phi = \left(\frac{855}{120} \right) \cdot (0,009) = 0,067 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha \text{ maks}$$

$$0,067 < 0,08 \dots (\text{OK})$$

4.3.1.4 Perencanaan pengaku *link* arah Y

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 $0,75tw$ atau 10 mm, bf dan tw merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan *link*.

Untuk pengaku dengan panjang *link* $< 1,6 \cdot Mp / Vp$, harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak memiliki harga-harga berikut:

Untuk $\alpha = 0,08$ radian

$$S = 30 \cdot tw - d/5 = 30 \cdot 1,3 - 70/5 = 25 \text{ cm}$$

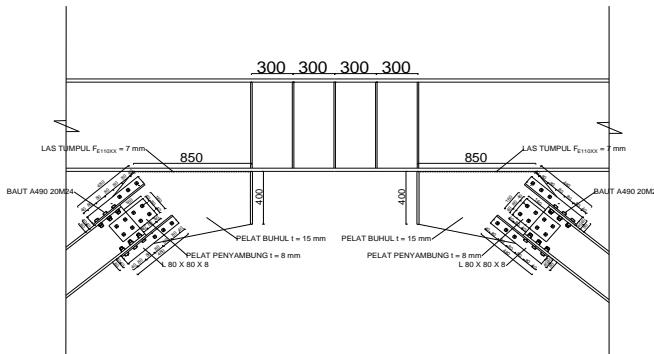
Untuk $\alpha = 0,02$ radian

$$S = 52 \cdot tw - d/5 = 52 \cdot 1,3 - 70/5 = 53,6 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha = 0,067$ radian, maka harus diinterpolasi

$$S = 53,6 - \left(\frac{0,067 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \cdot (53,6 - 25) = 31,2 \text{ cm}$$

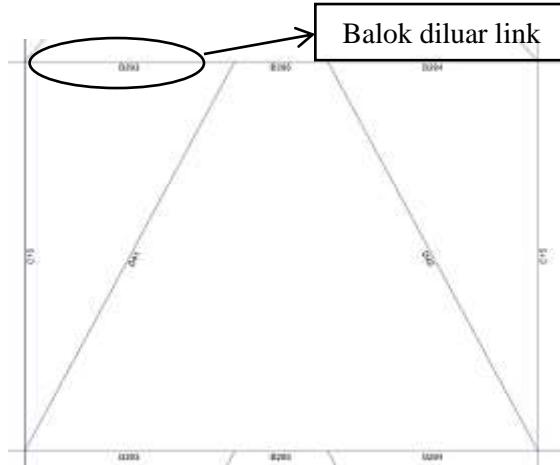
Dipasang pengaku antara dengan jarak 30 cm.



Gambar 4.30 Jarak Pengaku *Link* Arah Y

4.3.2 Perencanaan balok diluar *link*

4.3.2.1 Perencanaan balok diluar *link* Arah X



Gambar 4.31 Element Balok Diluar *Link* Arah X

Balok diluar *link* arah X direncanakan menggunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20 dengan data- data sebagai berikut:

$d = 588 \text{ mm}$	$I_x = 118000 \text{ cm}^4$
$bf = 300 \text{ mm}$	$I_y = 9020 \text{ cm}^4$
$tw = 12 \text{ mm}$	$i_x = 24.8 \text{ cm}$
$tf = 20 \text{ mm}$	$i_y = 6,85 \text{ cm}$
$A = 192,5 \text{ cm}^2$	$S_x = 4020 \text{ cm}^3$
$r = 28 \text{ mm}$	$S_y = 601 \text{ cm}^3$
$h = 492 \text{ cm}$	$Z_x = 4309 \text{ cm}^3$
$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	$Z_y = 920 \text{ cm}^3$

Output ETABS 2016

$$M_u = 33079,7 \text{ kgm}$$

$$V_u = 51869 \text{ kg}$$

$$N_u = 4450 \text{ kg}$$

Berdasarkan peraturan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok diluar *link* harus ditentukan berdasarkan gaya-

gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *link* sebesar $R_y \cdot V_n$ dan kuat rencana balok diluar link dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan poin 8 dan mengalikannya dengan faktor R_y .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

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

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (58,8 - 2 \times 20) \cdot 1,2 \\ &= 98640 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 4309 \cdot 2500 = 10772500 \text{ kgcm}$$

$$\frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 10772500}{120} = 179541,7 \text{ kg}$$

V_p menentukan = 98460 kg

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_u &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 98460 \\ &= 162756 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,5$$

$$\lambda_p = 0,38\sqrt{(E/F_y)} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}M_n &= Z_x \times f_y \\&= 4309 \times 2500 = 10772500 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

- Kapasitas momen penampang

$$L_b = 270 \text{ cm}$$

$$L_p = 340,9 \text{ cm (dari tabel)}$$

$$L_r = 1003 \text{ cm (dari tabel)}$$

$L_b < L_p$ = bentang pendek, sehingga :

$$M_n = M_p = 10772500 \text{ kgcm}$$

$$\emptyset_b \cdot M_n = 0,9 \times 10772500 \text{ kgcm}$$

$$= 9695250 \text{ kg.cm} > M_u = 3307970 \text{ kg.cm}$$

- Kapasitas geser penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$a = \frac{L - e}{2} = \frac{6600 - 1200}{2} = 2700 \text{ mm}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(2700/492)^2} = 5,16$$

$$1,1 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{5,16 \cdot 2000000}{2500}} = 70,71$$

$$\lambda \leq 1,1 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} \rightarrow 70,71 > 41 \text{ (Plastis)}$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times (58,8 - (2 \times 2)) \times 1,2 \times 1,5$$

$$= 147960 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \cdot 147960 \text{ kg} = 133164 \text{ kg}$$

- Kontrol interaksi geser lentur

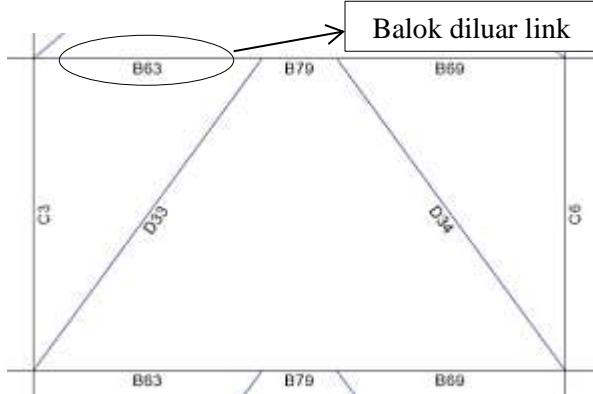
Pada perhitungan balok diluar *link* arah X dipilih balok pada elemen B293 kiri dengan $M_u = 3307970 \text{ kg.cm}$ (hasil analisa dari ETABS 2016)

$$\frac{Mu}{\phi \cdot Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi \cdot Vn} \leq 1,375$$

$$\frac{3307970}{9695250} + 0,625 \frac{162756}{133164} \leq 1,375$$

$$1,105 \leq 1,375 \dots (\text{OK})$$

4.3.2.2 Perencanaan balok diluar link arah Y



Gambar 4.32 Elemen Balok Diluar Link Arah Y

Balok diluar *link* arah Y direncanakan menggunakan profil WF 700 x 300 x 13 x 24 dengan data- data sebagai berikut:

$d = 700 \text{ mm}$	$I_x = 201000 \text{ cm}^4$
$bf = 300 \text{ mm}$	$I_y = 10800 \text{ cm}^4$
$tw = 13 \text{ mm}$	$i_x = 29.3 \text{ cm}$
$tf = 24 \text{ mm}$	$i_y = 6.78 \text{ cm}$
$A = 235,5 \text{ cm}^2$	$S_x = 5760 \text{ cm}^3$
$r = 28 \text{ mm}$	$S_y = 722 \text{ cm}^3$
$h = 596 \text{ cm}$	$Z_x = 6249 \text{ cm}^3$
$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	$Z_y = 1108 \text{ cm}^3$

$$Mu = 48550,2 \text{ kgm}$$

$$Nu = 1359 \text{ kg}$$

$$Vu = 72273,5 \text{ kg}$$

Berdasarkan peraturan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok diluar *link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *link* sebesar $R_y \cdot V_n$ dan kuat rencana balok diluar link dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan poin 8 dan mengalikannya dengan faktor R_y .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

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

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot tf) \cdot tw$$

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (70 - 2 \times 2,4) \cdot 1,3 = 127140 \text{ kg}$$

$$M_p = Zx \cdot F_y = 6249 \cdot 2500 = 15622500 \text{ kgcm}$$

$$\frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 15622500}{120} = 260375 \text{ kg}$$

$$V_p \text{ menentukan} = 127140 \text{ kg}$$

$$\text{Maka, } V_u = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 127140 \\ = 209781 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 26} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{(E/F_y)} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 45,85$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

- Kapasitas momen penampang

$$L_b = 330 \text{ cm}$$

$$L_p = 337,5 \text{ cm} \text{ (dari tabel)}$$

$$L_r = 1000,3 \text{ cm} \text{ (dari tabel)}$$

$L_b < L_p$ = bentang pendek, sehingga :

$$M_n = M_p = 15622500 \text{ kg.cm}$$

$$\emptyset_b \cdot M_n = 0,9 \times 15622500 \text{ kg.cm}$$

$$= 14060250 \text{ kg.cm} > M_u = 4855020 \text{ kg.cm}$$

- Kapasitas geser penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{596}{13} = 45,85$$

$$a = 3300 \text{ mm}$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(3300/596)^2} = 5,13$$

$$1,1 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{5,13 \cdot 2000000}{2500}} = 70,48$$

$$\lambda \leq 1,1 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} \rightarrow 70,48 > 45,85 \text{ (Plastis)}$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times (70 - (2 \times 2,4)) \times 1,3 \times 1,5$$

$$= 190710 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \cdot 190710 \text{ kg} = 171639 \text{ kg}$$

- Kontrol interaksi geser lentur

Pada perhitungan balok diluar *link* arah y dipilih balok pada elemen B63 kiri dengan $M_u = 4855020 \text{ kg.cm}$ (Analisa dari ETABS 2016)

$$\frac{M_u}{\emptyset \cdot M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\emptyset \cdot V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{4855020}{14060250} + 0,625 \frac{209781}{171639} \leq 1,375 \\ 1,109 \leq 1,375 \dots (\text{OK})$$

4.3.3 Perencanaan bresing

4.3.3.1 Perencanaan bresing arah X

Berdasarkan peraturan SNI03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi aksial dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar 1,25 Ry Vn. Kuat rencana batang bresing harus lebih besar dari pada kuat perlu element *link*.

Bresing arah X direncanakan menggunakan profil WF 300 x 300 x 15 x 15, dengan data-data sebagai berikut:

$d = 300 \text{ mm}$	$I_x = 21500 \text{ cm}^4$
$bf = 300 \text{ mm}$	$I_y = 7100 \text{ cm}^4$
$tw = 15 \text{ mm}$	$ix = 12,6 \text{ cm}$
$tf = 15 \text{ mm}$	$iy = 7,26 \text{ cm}$
$A = 134,8 \text{ cm}^2$	$S_x = 1440 \text{ cm}^3$
$r = 18 \text{ mm}$	$S_y = 466 \text{ cm}^3$
$h = 234 \text{ cm}$	$Z_x = 1577 \text{ cm}^3$
$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	$Z_y = 713 \text{ cm}^3$
$\sin \alpha = 0,88$	

$$\begin{aligned}V_u &= 1,25 \cdot Ry \cdot Vn \\&= 1,25 \cdot 1,5 \cdot (0,6 \cdot 2500) \cdot (58,8 - 2 \times 2) \times 1,2 \\&= 184950 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$P_{u\text{tekan}} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{184950}{0,88} = 210193 \text{ kg}$$

$$P_{u\text{tarik}} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{184950}{0,88} = 210193 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 15} = 10$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{234}{15} = 15,6$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

- Kontrol kuat aksial bresing

Panjang bresing $L = 568,24$ cm

$$Arah X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{568,24 \cdot 1}{12,6} = 45,1$$

$$Arah Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{kx}}{i_y} = \frac{568,24 \cdot 1}{7,26} = 78,27$$

$$\lambda_y \rightarrow \lambda = 78,27$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{78,27}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,881$$

$0,25 < \lambda < 1,2$, $0,25 < 0,881 < 1,2$ maka:

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,881} = 1,416$$

- Bresing tekan

$$\begin{aligned} P_{max} &= 1,1 \cdot R_y \cdot Ag \cdot F_{cr} \\ &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2500 \cdot 134,8 / 1,416 \\ &= 392668,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \times 392668,4 \text{ kg} = 353401,6 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu \rightarrow 353401,6 \text{ kg} > 210193 \text{ kg} (\text{OK})$$

- Bresing tarik

$$\begin{aligned} P_{max} &= R_y \cdot F_y \cdot Ag \\ &= 1,5 \cdot 2500 \cdot 134,8 = 505500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi_c P_n = 0,90 \times 505500 \text{ kg} = 454950 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu \rightarrow 454950 \text{ kg} > 210193 \text{ kg} (\text{OK})$$

4.3.3.2 Perencanaan bresing arah Y

Berdasarkan peraturan 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. Kuat rencana batang bresing harus lebih besar dari pada kuat perlu elemen *link*.

Bresing arah Y direncanakan menggunakan profil WF 300 x 300 x 11 x 17, dengan data- data sebagai berikut:

$d = 300$	mm	$I_x = 23400$	cm^4
$bf = 300$	mm	$I_y = 7730$	cm^4
$tw = 11$	mm	$i_x = 13,2$	cm
$tf = 17$	mm	$i_y = 7,57$	cm
$A = 134,8 \text{ cm}^2$		$S_x = 1540$	cm^3
$r = 18$	mm	$S_y = 514$	cm^3
$h = 230$	cm	$Z_x = 1669$	cm^3
$f_y = 2500$	kg/cm^2	$Z_y = 778$	cm^3
$\sin \alpha = 0,8$			

$$\begin{aligned}V_u &= 1,25 \cdot Ry \cdot Vn \\&= 1,25 \cdot 1,5 \cdot (0,6 \cdot 2500) \cdot (70 - 2 \times 2,4) \times 1,3 \\&= 238387,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$P_{u \text{ tekan}} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{238387,5}{0,8} = 295852,7 \text{ kg}$$

$$P_{u \text{ tarik}} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{238387,5}{0,8} = 295852,7 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 17} = 8,82$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{230}{11} = 20,9$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

- Kontrol kuat aksial bresing

Panjang bresing $L = 620,53$ cm

$$Arah X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{620,53 \cdot 1}{13,2} = 47,01$$

$$Arah Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{kx}}{i_y} = \frac{620,53 \cdot 1}{7,57} = 81,97$$

$$\lambda_y \rightarrow \lambda = 81,97$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{81,97}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,923$$

$0,25 < \lambda < 1,2$, $0,25 < 0,923 < 1,2$ maka:

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,923} = 1,456$$

- Bresing tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot Ag \\ = 1,5 \cdot 2500 \cdot 134,8 = 505500 kg$$

$$\phi_c P_n = 0,90 \times 505500 kg = 454950 kg$$

$$\phi_c P_n > Pu \rightarrow 454950 kg > 295852,7 kg (\text{OK})$$

- Bresing tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot Ag \cdot F_{cr} \\ = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2500 \cdot 134,8 / 1,456 \\ = 381815 kg$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \times 381815 kg = 343633,5 kg$$

$$\phi_c P_n > Pu \rightarrow 343633,5 kg > 295852,7 kg (\text{OK})$$

4.3.4 Perencanaan balok induk

4.3.4.1 Perencanaan balok induk arah X

Balok induk arah X direncanakan menggunakan profil WF 600×300×12×17, dengan data sebagai berikut :

$W = 137 \text{ kg/m}$	$tf = 17 \text{ mm}$	$iy = 6,63 \text{ cm}$
$A = 174,5 \text{ cm}^2$	$tw = 12 \text{ mm}$	$I_x = 103000 \text{ cm}^4$
$b = 300 \text{ mm}$	$r = 28 \text{ mm}$	$I_y = 7670 \text{ cm}^4$
$d = 600 \text{ mm}$	$i_x = 24,3 \text{ cm}$	$S_x = 3530 \text{ cm}^3$
$S_y = 511 \text{ cm}^3$	$Z_x = 3782 \text{ cm}^3$	$Z_y = 785 \text{ cm}^3$
$h = 492 \text{ mm}$	$L = 800 \text{ cm}$	
BJ 41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	Beton : $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$	
$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$	$h_r = 5,4 \text{ cm}$	
$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$	$t_{\text{pelat}} = 11 \text{ cm}$	

a. Kondisi Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil analisa program ETABS 2016, diperoleh gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_{\max} &: 19903,3 \text{ kgm} \\ M_{\min} &: -23435,3 \text{ kgm} \\ V_{\max} &: 10068,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda_f = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 17} = 8,82$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,34$$

$\lambda_w < \lambda_p \rightarrow Penampang Kompak$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
- $M_p = Zx \cdot f_y = 3782 \times 2500$
- $= 9455000 \text{ kg.cm}$
- Cek kemampuan penampang
- $\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$
- $\emptyset_b \cdot M_n = 0,9 \times 9455000$
- $= 8509500 \text{ kg.cm} \geq 2343530 \text{ kg.cm (OK)}$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 28 \text{ cm}$$

$$L_p = 330,044 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p$, keadaan batas dari tekuk torsional tidak boleh digunakan. SNI 1729:2015 F2.2

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{492}{12} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$41 \leq 69,5 \rightarrow Plastis$$

Maka, $V_n = 0,6 f_y A_w C_v$ SNI 1729:2015 G2.1

$$= 0,6 \times 2500 \times (58,2 - (2 \times 1,7)) \times 1,2 \times 1$$

$$= 104760 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \cdot 104760 \text{ kg}$$

$$= 94284 \text{ kg} > 10068,7 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f^o = 0,411 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,411 \text{ cm} < 2,22 \text{ cm (OK)}$$

- b. Kondisi Setelah Komposit

Pada kondisi setelah komposit, berdasarkan hasil ETABS 2016, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut :

Mmax : 28955,78 kgm

Mmin : -35350 kgm

Vmax : 20654,58 kg

Zona Momen Positif

Menghitung Momen Nominal

- Lebar Efektif

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} \times L = \frac{1}{4} \times 800 = 200 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq S = 8,3 \text{ m} = 830 \text{ cm}$$

Dipakai $B_{eff} = 200 \text{ cm}$

SNI 1729:2015 I3.1.1a

- Kriteria Penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{13} = 41$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{Fy}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p$, momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

SNI 1729:2015 I3.2.2a

$$\begin{aligned} C &= 0,85 f'c' t_{plat} b_{eff} \\ &= 0,85 \times 350 \times 11 \times 200 \\ &= 654500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T = A_s F_y$$

$$= 174,5 \times 2500 = 436250 \text{ kg} \text{ (menentukan)}$$

$$\begin{aligned} a &= A_s F_y / 0,85 f'c' b_{eff} \\ &= 436250 / 0,85 \times 350 \times 200 \\ &= 7,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_1 = h_r + t_b - a/2$$

$$= 5,4 + 11 - 7,33/2$$

$$= 12,73 \text{ cm}$$

$$d_2 = d/2 = 58,2/2 = 29,1 \text{ cm}$$

$$e = d_1 + d_2 = 12,73 + 29,1 = 41,83 \text{ cm}$$

$$Mn = T \times e$$

$$= 436250 \times 41,83$$

$$= 18250097,16 \text{ kg.cm} = 182500,97 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0,90$$

$$0,9 \times 182500,97 \text{ kgm} \geq 35350 \text{ kgm}$$

$$164250,87 \text{ kgm} \geq 35350 \text{ kgm} \dots (\text{OK})$$

- Kontrol Lendutan

$$\text{Batas Lendutan Maksimum } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}$$

$$f^o = 0,57$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,57 \text{ cm} \leq 2,22 \text{ cm}$$

- Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{12} = 41$$

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

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

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 69,84 \times 1 = 104760 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1,0$$

SNI 1729:2015 G2.1

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 104760 \text{ kg} \geq 20654,58 \text{ kg}$$

Zona Momen Negatif

Dipasang tulangan pada pelat beton berjumlah 19 Ø8 disepanjang b_{eff} . Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned} T &= n \cdot A_r \cdot f_y \\ &= 10 \times (1/4 \times \pi \times 0,8^2) \times 2500 \\ &= 23876 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned} P_{yc} &= A_s \times f_y \\ &= 174,5 \times 2500 \\ &= 436250 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya pada sayap profil T_f

$$\begin{aligned} T_f &= b_f \times t_f \times f_y \\ &= 30 \times 1,7 \times 2500 \\ &= 127500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya pada badan profil

$$\begin{aligned} T_w &= (P_{yc} - T)/2 - T_f \\ &= (436250 - 23876)/2 - 127500 \\ &= 78686,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jarak garis netral

$$\begin{aligned} a_w &= \frac{T_w'}{f_y \times t_w} \\ &= \frac{78686,95}{2500 \times 1,2} \\ &= 26,23 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= \frac{(T_f x 0,55 t_f) + (T_w(t_f + 0,5 a_w))}{T_f + T_w} \\ &= \frac{(127500 \times 0,55 \times 1,7) + (78686,95(1,7 + 0,5 \times 25,5))}{127500 + 78686,95} \\ &= 6,18 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_3 = d/2 = 29,1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d_I &= h_r + t_b - c \\ &= 5,4 + 11 - 2 = 14,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

Perhitungan Momen Negatif

$$\begin{aligned} Mn &= Tx(d_1 + d_2) + P_{cy}x(d_3 - d_2) \\ &= 28274,33(14,4+6,18) + 436250(29,1-6,18) \\ &= 104905,27 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi_b Mn \geq M_u \rightarrow \phi = 0.09$$

$$\begin{aligned} \phi_b Mn &\geq M_u \rightarrow 0.09 \times 104905,27 = 94414,74 \text{ kgm} \\ 94414,74 \text{ kgm} &\geq 35350 \text{ kgm} \end{aligned}$$

c. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan data sebagai berikut:

$$ds = 19 \text{ mm}$$

$$Asc = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$fu = 400 \text{ Mpa} \approx 40 \text{ kg/mm}^2$$

$$Ec = 0,041xWc^{1,5}\sqrt{fc'}$$

$$= 0,041x2400^{1,5}\sqrt{35}$$

$$= 28519,03 \text{ Mpa}$$

$$Qn = 0,5A_{sc}\sqrt{fc'}Ec \leq R_gR_pA_{sa}F_u \quad \text{SNI 1729:2015 I8.2a}$$

$$Qn = 0,5 \times 283,53\sqrt{35} \times 28519,03$$

$$= 141634,31 \text{ N}$$

$$= 14163,43 \text{ kg/stud}$$

$$Rs = 0,6 \left(\frac{wr}{hr} \right) \left[\left(\frac{Hs}{hr} \right) - 1 \right] \leq 0$$

$$= 0,6 \left(\frac{3,2}{5,4} \right) \left[\left(\frac{5,4+7,5}{5,4} \right) - 1 \right] \leq 0$$

$$= 0,49$$

$$Qn \times Rs = 14163,43 \times 0,49 = 6994,3 \text{ kg/stud}$$

$$R_gR_pA_{sa}F_u = 1 \times 0,75 \times 283,53 \times 41 = 8718,5 \text{ kg/stud}$$

$$Qn = 8718,5 \text{ kg/stud}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{436250}{2 \times 6994,3} = 25,01 = 26 \text{ buah}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{V'}{2Qn} = \frac{28274,33}{2 \times 6994,3} = 1,62 \approx 4 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{400}{26} = 15,38 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

Jarak antar penghubung geser momen negatif

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{200}{4} = 50 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

4.3.4.2 Perencanaan balok induk arah Y

Balok induk arah X direncanakan menggunakan profil WF 600×300×14×23, dengan data sebagai berikut :

$W = 175 \text{ kg/m}$	$tf = 23 \text{ mm}$	$iy = 6,9 \text{ cm}$
$A = 222,4 \text{ cm}^2$	$tw = 14 \text{ mm}$	$I_x = 137000 \text{ cm}^4$
$b = 302 \text{ mm}$	$r = 28 \text{ mm}$	$I_y = 10600 \text{ cm}^4$
$d = 594 \text{ mm}$	$i_x = 24,9 \text{ cm}$	$S_x = 4620 \text{ cm}^3$
$S_y = 701 \text{ cm}^3$	$Z_x = 5017 \text{ cm}^3$	$Z_y = 1076 \text{ cm}^3$
$h = 492 \text{ mm}$	$L = 1060 \text{ cm}$	
$BJ 41 : f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$	Beton : $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$	
$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$	$hr = 5,4 \text{ cm}$	
$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$	$t_{\text{pelat}} = 11 \text{ cm}$	

d. Kondisi Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil analisa program ETABS 2016, diperoleh gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:

M_{\max} : 15171,9 kgm

M_{\min} : -15668,3 kgm

V_{\max} : 9229,11 kg

- Kontrol Penampang

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda_f = \frac{bf}{2tf} = \frac{302}{2 \times 23} = 6,56$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{14} = 35,14$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,34$$

$\lambda_w < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
- $M_p = Zx \cdot fy = 5017 \times 2500$
 $= 12542500 \text{ kg.cm}$
- Cek kemampuan penampang
 $\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$
 $\emptyset_b \cdot M_n = 0,9 \times 12542500$
 $= 11288250 \text{ kg.cm} \geq 1566830 \text{ kg.cm (OK)}$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 1060 \text{ cm}$$

$$L_p = 343,48 \text{ cm}$$

$$L_r = 1076,136$$

$L_p \leq L_b \leq L_r$, maka

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7Fy \cdot Sx) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad \text{SNI 1729:2015}$$

F2.2

$$= 12542500 - (12542500 - 0,7 \times 2500 \times 4620) \left(\frac{6,56 - 10,75}{28,28 - 10,75} \right)$$

$$= 13607044,3 \text{ kgcm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\emptyset_b \cdot M_n = 0,9 \times 13607044,3$$

$$= 12246339 \text{ kg.cm} \geq 1566830 \text{ kg.cm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \rightarrow \frac{492}{12} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$41 \leq 69,5 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w C_v \quad \text{SNI 1729:2015 G2.1}$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (58,2 - (2 \times 1,7)) \times 1,2 \times 1$$

$$= 104760 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &\geq V_u \\ \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 104760 \text{ kg} \\ &= 94284 \text{ kg} > 10068,7 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f^o = 0,411 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,411 \text{ cm} < 2,22 \text{ cm (OK)}$$

- e. Kondisi Setelah Komposit

Pada kondisi setelah komposit, berdasarkan hasil ETABS 2016, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut :

$$M_{max} : 26163,4 \text{ kgm}$$

$$M_{min} : -33735,9 \text{ kgm}$$

$$V_{max} : 15552,14 \text{ kg}$$

Zona Momen Positif

Menghitung Momen Nominal

- Lebar Efektif

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} \times L = \frac{1}{4} \times 1060 = 265 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq S = 5,3 \text{ m} = 530 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai } B_{eff} = 265 \text{ cm} \quad \text{SNI 1729:2015 I3.1.1a}$$

- Kriteria Penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{14} = 35,14$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{Fy}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p$, momen nominal doanalisa dengan distribusi tegangan plastis. SNI 1729:2015 I3.2.2a

$$\begin{aligned}C &= 0,85 f'c' t_{plat} b_{eff} \\ &= 0,85 \times 350 \times 11 \times 265\end{aligned}$$

$$= 867212,5 \text{ kg}$$

$$T = As F_y$$

$$= 222,4 \times 2500 = 556000 \text{ kg}$$

$$a = As F_y / 0.85 f_{c'} b_{eff}$$

$$= 556000 / 0,85 \times 350 \times 265$$

$$= 7,05 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_b - a/2$$

$$= 5,4 + 11 - 7,05/2$$

$$= 12,8 \text{ cm}$$

$$d2 = d/2 = 594/2 = 29,7 \text{ cm}$$

$$e = d1 + d2 = 12,8 + 29,7 = 42,57 \text{ cm}$$

$$Mn = T \times e$$

$$= 556000 \times 42,57$$

$$= 23671010,18 \text{ kg.cm} = 236710,1 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u \rightarrow \emptyset = 0,90$$

$$0,9 \times 236710,1 \text{ kgm} \geq 33735,9 \text{ kgm}$$

$$213039,1 \text{ kgm} \geq 33735,9 \text{ kgm} \dots (\text{OK})$$

- Kontrol Lendutan

$$\text{Batas Lendutan Maksimum } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1060}{360} = 2,94 \text{ cm}$$

$$f^o = 0,448 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,48 \text{ cm} \leq 2,94 \text{ cm}$$

- Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{14} = 35,14$$

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

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

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 83,16 \times 1 = 124740 \text{ kg}$$

$$\emptyset_v V_n \geq V_u \rightarrow \emptyset = 1.0$$

SNI 1729:2015 G2.1

$$\emptyset_v V_n \geq V_u \rightarrow 124740 \text{ kg} \geq 15552,14 \text{ kg}$$

Zona Momen Negatif

Dipasang tulangan pada pelat beton berjumlah 19 Ø8 disepanjang b_{eff} . Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned} T &= n \cdot A_r \cdot f_y \\ &= 19 \times (1/4 \times \pi \times 1,4^2) \times 2500 \\ &= 53721,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned} P_{yc} &= A_s \times f_y \\ &= 222,4 \times 2500 \\ &= 556000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya pada sayap profil T_f

$$\begin{aligned} T_f &= b_f x t_f x f_y \\ &= 30,2 \times 2,3 \times 2500 \\ &= 173650 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya pada badan profil

$$\begin{aligned} T_w &= (P_{yc} - T) / 2 - T_f \\ &= (556000 - 53721,23) / 2 - 173650 \\ &= 77489,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jarak garis netral

$$a_w = \frac{Tw'}{fy \times tw}$$

$$= \frac{77489,38}{2500 \times 1,4}$$

$$= 22,13 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(Tfx0,55tf) + (Tw(tf+0,5aw))}{Tf+Tw}$$

$$= \frac{(173650x0,55x2,3) + (77489,38(2,3+0,5x22,13))}{173650+77489,38}$$

$$= 4,9 \text{ cm}$$

$$d_3 = d/2 = 29,7 \text{ cm}$$

$$d_1 = hr + tb - c$$

$$= 5,4 + 11 - 2 = 14,4 \text{ cm}$$

Perhitungan Momen Negatif

$$Mn = Tx(d_1 + d_2) + P_{cy}x(d_3 - d_2)$$

$$= 53721,23(14,4+4,9) + 556000(29,7-4,9)$$

$$= 148153,38 \text{ kgm}$$

$$\phi_b Mn \geq M_u \rightarrow \phi = 0,09$$

$$\phi_b Mn \geq M_u \rightarrow 0,90 \times 148153,38 = 133338 \text{ kgm}$$

$$133338 \text{ kgm} \geq 33735,9 \text{ kgm (OK)}$$

f. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan data sebagai berikut:

$$ds = 19 \text{ mm}$$

$$Asc = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$fu = 400 \text{ Mpa} \approx 40 \text{ kg/mm}^2$$

$$Ec = 0,041xWc^{1,5}\sqrt{fc'}$$

$$= 0,041x2400^{1,5}\sqrt{35}$$

$$= 28519,03 \text{ Mpa}$$

$$Qn = 0,5A_{sc}\sqrt{fc'}Ec \leq R_gR_pA_{sa}F_u \quad \text{SNI 1729:2015 I8.2a}$$

$$Qn = 0,5 \times 283,53\sqrt{35} \times 28519,03$$

$$= 141634,31 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 &= 14163,43 \text{ kg/stud} \\
 \text{Rs} &= \left(\frac{0,85}{\sqrt{Nr}} \right) \left(\frac{wr}{hr} \right) \left[\left(\frac{Hs}{hr} \right) - 1 \right] \leq 0 \\
 \text{Rs} &= 0,699 \\
 \text{Qn} \times \text{Rs} &= 0,699 \times 14163,43 = 9908,57 \text{ kg/stud} \\
 R_g R_p A_{sa} F_u &= 1 \times 0,75 \times 283,53 \times 41 = 8718,5 \text{ kg/stud} \\
 Qn &= 8718,5 \text{ kg/stud}
 \end{aligned}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{556000}{2 \times 8718,5} = 31,68 = 32 \text{ buah}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris.

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{53721}{2 \times 8718,5} = 3,08 = 4 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{530}{32} = 16,56 \text{ cm} = 16 \text{ cm}$$

Jarak antar penghubung geser momen negatif

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{265}{4} = 66,25 \text{ cm} = 66 \text{ cm}$$

4.3.5 Perencanaan kolom

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan pada kolom lantai *Upper Ground* batang C27. Direncanakan sebagai kolom komposit CFT menggunakan profil HSS 700 x 700 x 28 x 28 dengan tinggi kolom 500 cm. Berikut spesifikasi profil yang digunakan:

$d = 700$	mm	$I_x = 556600 \text{ cm}^4$
$bf = 700$	mm	$I_y = 556600 \text{ cm}^4$
$tw = 28$	mm	$i_x = 27,35 \text{ cm}$
$tf = 28$	mm	$i_y = 27,35 \text{ cm}$
$A = 744$	cm^2	$Z_x = 15900 \text{ cm}^3$
$h = 500$	cm	$Z_y = 15900 \text{ cm}^3$
Beton fc' 35		BJ 41, $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$
$\text{Fc}' 35 = 350 \text{ kg/cm}^2$		$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 4.33 Kolom C27 yang ditinjau untuk kontrol

Hasil dari output ETABS 2016 diperoleh gaya-gaya yang bekerja pada *frame* C27 lantai Ground sebagai berikut:

- Gaya akibat beban gravitasi :
 - $P_u = 913902,05 \text{ kg}$
 - $M_{u_x} = 2726,263 \text{ kgm}$
 - $M_{u_y} = 7058,83 \text{ kgm}$
- Gaya akibat beban gempa :
 - $P_u = 308418,02 \text{ kg}$

$$Mu_x = 18554,12 \text{ kgm}$$

$$Mu_y = 56047,83 \text{ kgm}$$

- Kuat nominal tekan kolom komposit
- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{As}{Ac + As} \times 100\% \geq 4\%$$

$$\frac{744}{4156 + 744} \times 100\% \geq 4\%$$

$$15,1836\% \geq 4\%$$

- Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{min} \geq b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$t_{min} = 700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \times 10^5}} = 14,28 \leq 28 \text{ mm}$$

- Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{700}{2 \times 28} = 12,5$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 12,5 \leq 63,92 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y As + C_2 f'_c (Ac + As) r \frac{Es}{Ec}$$

$$P_p = 2500 \cdot 744 + 0,85 \times 350 \times (4156 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 3096410 \text{ kg}$$

- Momen Nominal Kolom
- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda_f = \frac{bf}{2tf} = \frac{700}{2.28} = 12,5$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 31,68$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 12,5 \leq 31,68 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = Zx \cdot f_y = 15900 \cdot 2500 = 39750000 \text{ kg.cm}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 39750000$$

$$= 35775000 \text{ kg.cm} \geq 5604783,4 \text{ kg.cm (OK)}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom - d_{balok}

$$L_b = 500 - 58,2 = 441,8 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 23,4 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{250}} = 1164,85$$

$$\begin{array}{rcl} L_b & \leq & L_p \\ 441,8 \text{ cm} & \leq & 1164,85 \text{ cm (Bentang Pendek)} \end{array}$$

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = Zx \cdot f_y = 15900 \cdot 2500 = 39750000 \text{ kg.cm}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 39750000$$

$$= 35775000 \text{ kg.cm} \geq 5604783,4 \text{ kg.cm (OK)}$$

- Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini,

$$\alpha = 1 \text{ (DFBK)}$$

$$R_m = 1 - 0,15 P_m f$$

$$P_{story} = 1 \text{ (bresing, } P_m f = 0)$$

$$k = 1 \text{ (kekakuan kolom)}$$

$$\Delta H = 0,4 \text{ cm (defleksi kolom, output ETABS)}$$

Rumus Momen dan Gaya Aksial Orde Kedua

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

Rumus Koefisien Cm, B1, Pe1 dan B2

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

$$Pe_1 = \frac{\pi^4 EI}{(K_1 L)^2}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{Pe_1}} \geq 1$$

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

$$Pe_{story} = RM \frac{HL}{\Delta H}$$

- Arah sumbu X;

1. Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari ETABS 2016 diperoleh output sebagai berikut

$$M_1 = 2726,26 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 1094,87 \text{ kgm}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{1094,87}{2726,26} \right) = 0,44$$

$$Pe_1 = \frac{(3,14)^2 \times 2 \times 10^6 \times 556600}{(1 \times 500)^2} \\ = 43902826,88 \text{ kg}$$

$$B1 = \frac{0,94}{1 - \frac{3096410}{43902826,88}} \geq 1$$

$$B1 = 0,472 \geq 1$$

Maka digunakan $B1 = 1$

2. Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari ETABS 2016 diperoleh output sebagai berikut

$$H_x = 1086292,17 \text{ kg (gaya lateral)}$$

$$P_{\text{story}} = 143883400 \text{ kg (aksial total lantai)}$$

$$Pe_{\text{story}} = \frac{Rm \cdot H \cdot L}{\Delta H} = \frac{1.1086292,17.500}{0,94} \\ = 576771886 \text{ kg}$$

$$B2 = \frac{1}{(1 - \frac{143883400}{576771886})} = 1,33$$

Maka digunakan $B2 = 1,33$

3. Momen terfaktor terhadap sumbu X

$$M_r = B1 M_{ni} + B2 M_i$$

$$M_r = 1 \times 2726,26 + 1,33 \times 18554,12$$

$$M_{rx} = 27447,39 \text{ kgm}$$

- Arah sumbu Y

1. Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari ETABS 2016 diperoleh output sebagai berikut

$$M1 = 7058,83 \text{ kg.m}$$

$$M2 = 4631,04 \text{ kg.m}$$

$$Cm = 0,6 - 0,4 \left(\frac{4631,04}{7058,83} \right) = 0,337$$

$$P_{el} = \frac{(3,14)^2 \times 2 \times 10^6 \times 556600}{(1 \times 500)^2} \\ = 43902826,88 \text{ kg}$$

$$B1 = \frac{0,337}{1 - \frac{3096410}{43902826,88}} \geq 1$$

$$B1 = 0,363 \geq 1$$

Maka digunakan $B1 = 1$

2. Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari ETABS 2015 diperoleh output sebagai berikut,

$$H_x = 1048970,41 \text{ kg (gaya lateral)}$$

$$P_{story} = 143883400 \text{ kg (aksial total lantai)}$$

$$P_{e story} = \frac{Rm \cdot H \cdot L}{\Delta H} = \frac{1.1048970,41.500}{0,88} \\ = 590636492,1 \text{ kg}$$

$$B2 = \frac{1}{(1 - \frac{143883400}{590636492,1})} = 1,322$$

Maka digunakan $B2 = 1,322$

3. Momen terfaktor terhadap sumbu Y

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i$$

$$M_r = 1 \times 7058,83 + 1,322 \times 56047,834$$

$$M_{ry} = 81157,69 \text{ kg.m}$$

- Kuat aksial orde kedua

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

$$P_r = 913902,05 + 1,322 \times 308418,02$$

$$P_r = 1321650,63 \text{ kg}$$

- Kontrol interaksi aksial momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{Pu}{\phi Pn} = \frac{1321650,63}{0,9 \times 3096410} = 0,474 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut

$$\frac{Pu}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi b \cdot Mcx} + \frac{M_{ry}}{\phi b \cdot Mcy} \right) \leq 1$$

$$0,474 + \frac{8}{9} \left(\frac{2744739,8}{35775000} + \frac{8115769,5}{35775000} \right) \leq 1$$

$$0,744 \leq 1$$

Hasil kontrol interaksi yaitu $0,744 \leq 1$, maka kolom HSS 700 x 700 x 28 x 28 dapat digunakan.

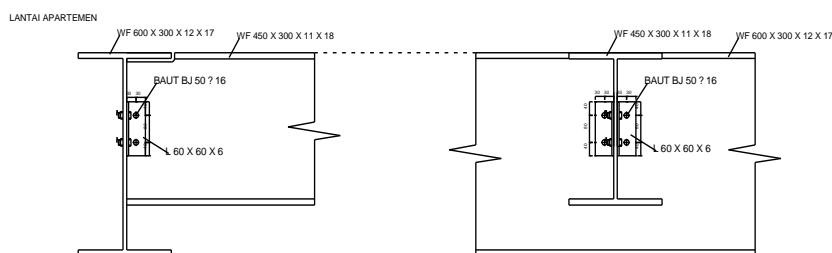
4.4 Perencanaan Sambungan

4.4.1 Sambungan balok induk dengan balok anak

Sambungan antara balok induk dengan balok anak direncanakan menggunakan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, karena balok anak yang merupakan struktur sekunder diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana (sendi).

4.4.1.1 Lantai apartemen

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 13888,8 kg, dengan dimensi balok anak WF 450 x 300 x 11 x 18 dan balok induk WF 600 x 300 x 12 x 17. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4.34 Sambungan Balok Anak Lantai Dengan Balok Induk

- Sambungan Pada Badan Balok Anak:
 $\text{Øbaut} = 16\text{mm}$ ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut BJ.50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)
 Ulin tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 2,01 \\ &= 7688,5 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\ &= 13244,9 \text{ kg}\end{aligned}$$

$n = Vu / \emptyset V_n = 13888,8 / 7688,9 = 1,806 \approx 2$ buah
Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Sambungan Pada Badan Balok Induk:

$$\begin{aligned}\emptyset \text{baut} &= 16 \text{ mm} (\text{Ab} = 2,01 \text{ cm}^2) \\ \text{Mutu baut BJ.50} &(fu = 5000 \text{ kg/cm}^2) \\ \text{Ular tidak pada bidang geser} &(r_1 = 0,5) \\ \text{Kuat geser baut:}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot fu \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 2,01 \\ &= 7688,5 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 4100 \\ &= 14449 \text{ kg}\end{aligned}$$

$n = Vu / \emptyset V_n = 13888,8 / 7688,5 = 3,6 \approx 4$ buah
Dipasang 4 buah baut diameter 16 mm

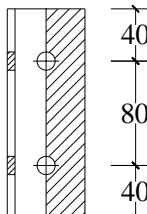
- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4tp+100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s.d. } 200 \text{ cm} \rightarrow \text{Tepasang} = 40 \text{ mm} \\ \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s.d. } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s.d. } 200 \text{ mm} \rightarrow \text{Tepasang} = 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan siku penyambung

$$\begin{aligned}\text{Dipakai siku penyambung } &60x60x6 \\ \text{BJ41} &(fu = 4100 \text{ kg/cm}^2) \\ \emptyset \text{ lubang} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

Luas bidang geser



Gambar 4.35 Detail Pelat Siku Pada Gelagak

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (21 - 4 \times 1,75) \times 0,6 = 8,4 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}\varphi R_n &= \varphi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 8,4 = 15803 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\varphi R_n = 2 \times 15803 = 31607 \text{ kg}$$

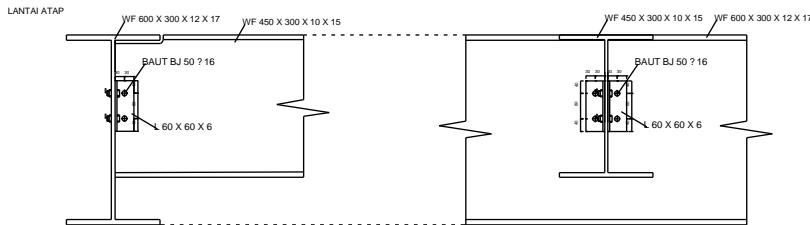
Syarat:

$$V_u \leq 2\varphi R_n \rightarrow 13888,8 \text{ kg} < 31607 \text{ kg (OK)}$$

Untuk perhitungan balok yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasil yang didapatkan untuk sambungan balok anak lantai dan balok induk sama.

4.4.1.2 Lantai Atap

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 7633.7 kg, dengan dimensi balok anak WF 450 x 300 x 10 x 15 dan balok induk WF 600 x 300 x 12 x 17. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4.36 Sambungan Balok Anak Atap Dengan Balok Induk

- Sambungan Pada Badan Balok Anak:
 $\text{Øbaut} = 16\text{mm}$ ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut BJ.50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)
 Ulin tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 2,01 \\ &= 7688,68 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut:

$$\begin{aligned}\text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 7224,48 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{Ø.Rn}} = \frac{7633,7}{7224,48} = 1,05 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Sambungan Pada Badan Balok Induk:
 $\text{Øbaut} = 16\text{mm}$ ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut BJ.50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)
 Ulin tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)
 Kuat geser baut:
 $\text{Ø.Vn} = \text{Ø} \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 2,01 \\
 &= 7688,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut:

$$\begin{aligned}
 \varnothing \cdot R_n &= \varnothing \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\
 &= 7224,48 \text{ kg} \text{ (menentukan)} \\
 n &= \frac{V_u}{\varnothing \cdot R_n} = \frac{7633,7}{7224,48} = 1,05 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

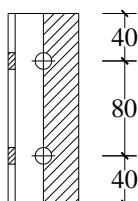
- Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1,5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm
 $= 21 \text{ mm s.d. } 200 \text{ cm} \rightarrow \text{Tepasang} = 40\text{cm}$
Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm
 $= 42\text{mm s.d } 200\text{mm} \rightarrow \text{Tepasang} = 80\text{mm}$

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6
BJ41 ($fu = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 \varnothing lubang = 16mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)
 $= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$

Luas bidang geser



Gambar 4.37 Detail Pelat Siku Pada Gelagar

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (16 - 2 \times 1,75) \times 0,6 = 7,50 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}
 \varphi R_n &= \varphi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,5 = 14110,32 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\varphi R_n = 2 \times 14110.32 = 28220.64 \text{ kg}$$

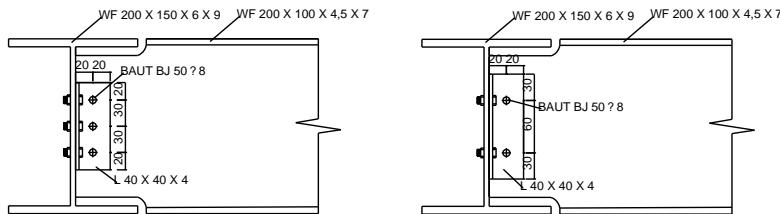
Syarat:

$$V_u \leq 2\varphi R_n \rightarrow 13888,8 \text{ kg} < 28220.64 \text{ kg (OK)}$$

Untuk perhitungan balok yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasil yang didapatkan untuk sambungan balok anak atap dan balok induk sama.

4.4.2 Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 2815,72 kg, dengan dimensi balok utama tangga yaitu WF 200 x 100 x 4,5 x 7 dan balok penumpu tangga WF 200 x 150 x 6 x 9. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4.38 Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga

- Sambungan balok utama tangga dengan siku:
 $\varnothing_{\text{baut}} = 8\text{mm}$ ($A_b = 0,50 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut BJ-50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)
 Ulin tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)
 - Kuat geser baut:
 $\varnothing \cdot V_n = \varnothing \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 0,50 \\ = 1922,12 \text{ kg (menentukan)}$$

- Kuat tumpu baut

$$\varnothing \cdot R_n = \varnothing \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ = 3612,24 \text{ kg}$$

$$n = \frac{Vu}{\varnothing \cdot V_n} = \frac{2815,72}{1922,12} = 1,46 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut diameter 8 mm

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku:

$$\varnothing \text{ baut} = 8 \text{ mm } (A_b = 0,50 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ-50 } (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ular tidak pada bidang geser } (r_1 = 0,5)$$

- Kuat geser baut:

$$\varnothing \cdot V_n = \varnothing \cdot r_1 \cdot fu \cdot m \cdot A_b \\ = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 0,50 \\ = 961,05 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\varnothing \cdot R_n = \varnothing \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 4100 \\ = 3612,24 \text{ kg}$$

$$n = \frac{Vu}{\varnothing \cdot R_n} = \frac{2815,72}{961,05} = 2,92 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut diameter 8 mm

- Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak ke tepi} = 1,5 \text{ db s.d } (4tp+100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 12 \text{ mm s.d. } 200 \text{ mm } \rightarrow \text{Tepasang} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3 \text{ db s.d. } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 24 \text{ mm s.d. } 200 \text{ mm } \rightarrow \text{Tepasang} = 80 \text{ mm}$$

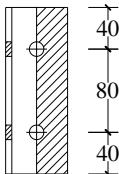
- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 40x40x4

$$BJ41 \text{ (f}_u = 4100 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\begin{aligned}\text{Ø lubang} &= 8 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} \text{ (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 9,5 \text{ mm} = 0,95 \text{ cm}\end{aligned}$$

Luas bidang geser



Gambar 4.39 Detail Pelat Siku Pada Gelagar

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (12 - 3 \times 0,95) \times 0,6 = 6,06 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}\varphi R_n &= \varphi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 6,06 = 11401,13 \text{ kg}\end{aligned}$$

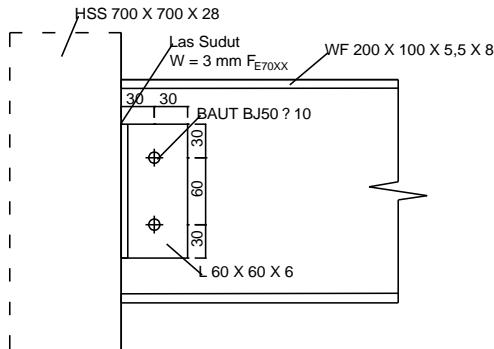
Syarat:

$$V_u \leq \varphi R_n \rightarrow 2815,72 \text{ kg} < 11401,13 \text{ kg (OK)}$$

4.4.3 Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom

Sambungan antara balok penumpu tangga dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar 1618,75 kg, dengan dimensi balok penumpu tangga yaitu WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dan dimensi kolom yaitu HSS 700 x 700 x 28. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4.40 Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku:

$$\text{Øbaut} = 10 \text{ mm } (\text{Ab} = 0,7854 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ-50 } (\text{fu} = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

Ultrasonic not on the friction surface ($r_1 = 0,5$)

- Strength of shear bolt:

$$\begin{aligned}\text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \cdot r_1 \cdot \text{fu} \cdot \text{Ab} \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 0,7854 \\ &= 3003,312 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Strength of support bolt

$$\begin{aligned}\text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \cdot 2,4 \cdot \text{db} \cdot \text{tp} \cdot \text{fu} \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 4515,3 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{Vu}}{\text{Ø.Vn}} = \frac{3271,45}{3003,312} = 1,089 = 2 \text{ buah}$$

Installed 2 bolts diameter 10 mm

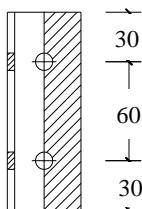
- Control bolt spacing

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d. } (4\text{tp}+100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 15 \text{ mm s.d. } 200 \text{ mm } \rightarrow \text{Tepasang} = 30 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3 \text{ db s.d. } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 30 \text{ mm s.d. } 200 \text{ mm } \rightarrow \text{Tepasang} = 60 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan siku penyambung
Dipakai siku penyambung 60x60x66
BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 $\varnothing \text{ lubang} = 10 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} (\text{lubang dibuat dengan bor})$
 $= 11,5 \text{ mm} = 1,15 \text{ cm}$
- Luas bidang geser



Gambar 4.41 Detail Pelat Siku Pada Gelagar

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (12 - 2 \times 1,15) \times 0,6 = 5,82 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}\varphi R_n &= \varphi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 5,82 = 10949,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat:

$$V_u \leq \varphi R_n \rightarrow 3271,45 \text{ kg} < 10949,6 \text{ kg} (\text{OK})$$

- Sambungan Las Kolom dengan Pelat

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Panjang Pelat (d plat) = 12 cm

Mutu las yang digunakan F_{E70xx}

$$\begin{aligned}A_1 &= t_e \cdot (2 \cdot d_{plat}) \\ &= 1 \times 2 \times (12) \\ &= 24 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_x &= 2 \times \left(\frac{1}{12} \times 12^3 \right) \\ &= 288 \text{ cm}^4\end{aligned}$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{3271,45}{24} = 136,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = f_v = 136,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{\text{total}}}{f_{u \text{ las}}} = \frac{136,31}{2214,45} = 0,061 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,061}{0,707} = 0,087 \text{ cm} < (a \text{ min} = 3 \text{ mm})$$

Maka dipakai las sudut dengan tebal 3 mm

4.4.4 Sambungan balok diluar link dengan kolom

Sambungan pada kolom direncanakan dengan sambungan baut dan las yang memikul beban geser dan momen yang terjadi pada balok di luar link. Perencanaan sambungan ini dianggap sebagai jepit (*rigid connection*).

4.4.4.1 Balok diluar link arah X dengan kolom

Sambungan balok diluar link dengan kolom memikul beban geser P_u yang di ambil dari perhitungan gaya geser pada sambungan dengan data sebagai berikut:

Balok Diluar Link : WF 600x300x12x20

Kolom : HSS 700x700x28

Pelat Penyambung badan : $t = 12 \text{ mm}$

Pelat Penyambung Sayap : $t = 25 \text{ mm}$

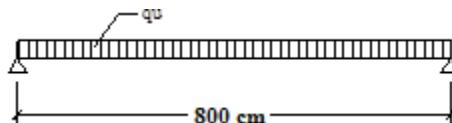
Perhitungan gaya geser pada sambungan

-Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned} Mu^* &= 1,1 \times Ry \times Zx \times F_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 4309 \times 2500 \\ &= 18125069.5 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu_1 &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 18125069.5 / 660 = 54925.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

-Akibat beban kombinasi $1,2D + 0,5L$ dari balok induk



Dari program ETABS 2016, diperoleh Vu akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned} Vu_2 &= 9606.17 \text{ kg} \\ Vu \text{ total} &= 54925.5 + 9606.17 \\ &= 64530.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Kontrol Kuat geser baut pada badan balok

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 20 mm ($A_g = 3,14 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 12 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 2 \cdot 3,14 \\ &= 24386,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 4100 \\ &= 22025,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned} T_d &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 3,14 \\ &= 18289,9 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{64350,6}{18289,9} = 3,52 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 3 baut pada satu pelat

Kontrol geser

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{64350,6}{4}$$

$$= 16132.7 \text{ kg} < 18289.9 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol tarik

$$f_{uv} = \frac{Vu}{A} = \frac{16132.7}{3,14} = 5135.18 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_t &= (1,3 \times f_u b - 1,5 \times f_{uv}) \\ &= (1,3 \times 10350 - 1,5 \times 5135.18) \\ &= 5752.22 \text{ kg/cm}^2 < 10350 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = S1 = 60 mm

$1,5db \leq S1 \leq 4tp + 100$

$30 \leq 60 \leq 148 \text{ mm}$

Jarak antar baut = S = 80 mm

$3db \leq S \leq 15tp$

$60 \leq 80 \leq 180 \text{ mm}$

Ukuran Plat

Panjang = $60 + (4-1) \times 80 + 60 = 360 \text{ mm} = 36 \text{ cm}$

Lebar = $60 + 60 = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$

- Perencanaan kekuatan sambungan las pada badan balok
Direncanakan las dengan te = 1 cm

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$A_1 = te \cdot (2 \cdot dplat)$$

$$= 1 \times 2 \times (36)$$

$$= 72 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left(\frac{36 \times (3 \times 12^2 \times 36^2)}{6} \right)$$

$$= 10368 \text{ cm}^4$$

$$S_x = \left(\frac{36^3}{3} \right) = 15552 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{64530}{72} = 896,25 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$f_h = 0$, karena tidak terpengaruh gaya momen pada badan balok.

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{896.25^2 + 0} \\ &= 896,2857 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$F_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} te &= \frac{f_{\text{total}}}{f_{u_{\text{las}}}} = \frac{896,2857}{3479,85} = 0,2575 \text{ cm} \\ a &= \frac{te}{0,707} = \frac{0,2575}{0,707} = 0,36 \text{ cm} < (a \text{ min} = 5 \text{ mm}) \end{aligned}$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 5 mm

- Kontrol Pelat Penyambung

Direncanakan pelat penyambung 360 x 12

Mutu Pelat Baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Diameter lubang (lubang dibuat dengan bor = 20 mm + 1,5 mm = 21,5 mm)

$A_{nv} = L_{nv} \cdot t$

$$\begin{aligned} &= (L - n \cdot \text{diameter lubang}) \times 1,2 \text{ cm} \\ &= (36 - 4 \times 2,15) \times 1,2 \text{ cm} \\ &= 32,88 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$\emptyset P_n = \emptyset \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv})$

$$\begin{aligned} &= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times 32,88 \\ &= 74321,6 \text{ kg} > 64530,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan pada *diaphragm plate* dengan Kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2,5 cm

Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ($f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$T = \frac{Mu}{d} = \frac{18125069,5}{58,8} = 308249,48 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$\emptyset R_n = 0,9 \times te \times f_y$

$$= 0,9 \times 2,5 \times 2500 = 6653 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_{las} = te \cdot d_{kolom} = 2,5 \times 70 = 175 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{total} = \frac{308249.48}{175} = 1761.42 \frac{kg}{cm^2} < \phi R_n = 6653 \text{ kg/cm}^2$$

- Sambungan pada *diaphragm plate* dengan sayap balok
Kontrol Kuat geser baut

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 30 mm ($A_g = 7,06 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 25 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi \cdot V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 1 \cdot 7,06 \\ &= 27434,9 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 4100 \\ &= 56441,3 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} = \frac{308249.5}{27434,9} = 11,23 \approx 12 \text{ buah}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 50 \text{ mm}$

$1,5d_b \leq S_1 \leq 4t_p + 100$

$45 \leq 50 \leq 200 \text{ mm}$

Jarak antar baut = $S = 90 \text{ mm}$

$3d_b \leq S \leq 15t_p$

$90 \leq 90 \leq 375 \text{ mm}$

Ukuran Plat

Panjang = $50 + (6-1) \times 90 + 50 = 550 \text{ mm} = 55 \text{ cm}$

- Kekuatan Pelat Diafragma

Dipakai baut tipe tumpu 30 mm

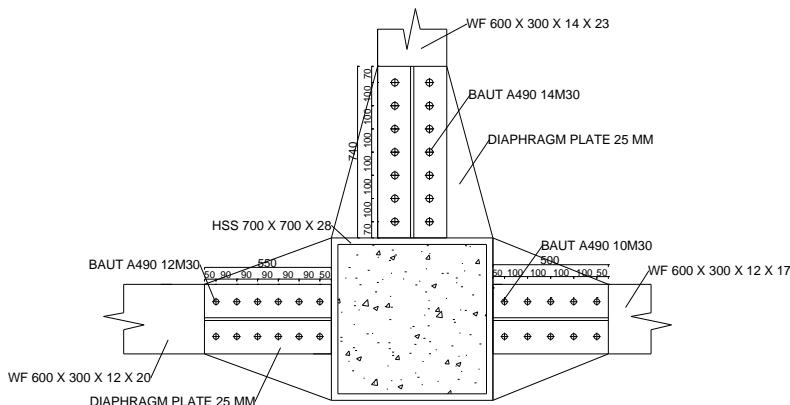
Mutu pelat baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}
 A_g &= w \cdot t_f \\
 &= 55 \cdot 2 \text{ cm} \\
 &= 110 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

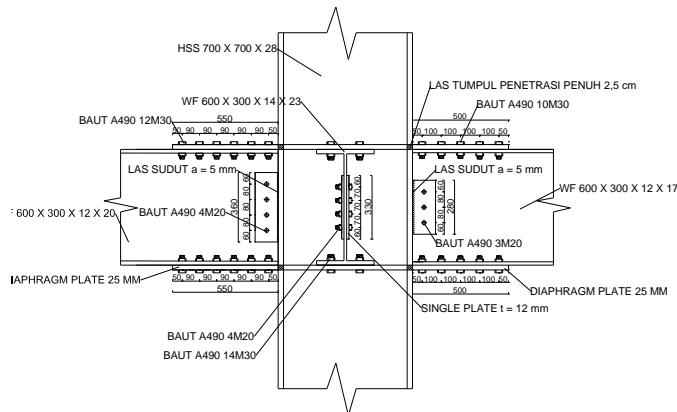
$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - A_{perlemahan} \\
 &= 110 - (2 \times 3,15 \times 2) \\
 &= 97,4 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Terhadap patah

$$\begin{aligned}
 T &\leq 0,9 \cdot A_n \cdot F_u \\
 308249,5 &\leq 366492 \text{ kg... (OK)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.42 Sambungan Balok Diluar Link X Dengan Kolom



Gambar 4.43 Detail Sambungan Balok Diluar Link X Dengan Kolumn

4.4.4.2 Balok diluar link arah Y dengan kolom

Sambungan balok diluar link dengan kolom memikul beban geser P_u yang di ambil dari perhitungan gaya geser pada sambungan dengan data sebagai berikut:

Balok Diluar Link : WF 700x300x13x24

Kolom : HSS 700x700x28

Pelat Penyambung badan : $t = 12 \text{ mm}$

Pelat Penyambung Sayap : $t = 25 \text{ mm}$

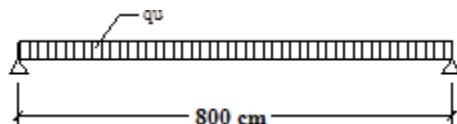
Perhitungan gaya geser pada sambungan

-Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned} Mu^* &= 1,1 \times Ry \times Zx \times F_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 6249 \times 2500 \\ &= 26285347 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu_1 &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 26285347/960 = 54761.13 \text{ kg} \end{aligned}$$

-Akibat beban kombinasi 1,2D+0,5L dari balok induk



Dari program ETABS 2016, diperoleh Vu akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned} V_{u2} &= 6700,8 \text{ kg} \\ V_u \text{ total} &= 54761.13 + 6700.8 \\ &= 61461.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Kontrol Kuat geser baut pada badan balok
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 20 mm ($A_g = 3,14 \text{ cm}^2$)
Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)
Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 12 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 2 \cdot 3,14 \\ &= 24386,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 4100 \\ &= 22025,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned} T_d &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 3,14 \\ &= 18289,9 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{61461.9}{18289.9} = 3.36 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 baut pada satu pelat

Kontrol geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{P_u}{n} = \frac{61461.9}{4} \\ &= 15365.5 \text{ kg} < 18289.9 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol tarik

$$f_{uv} = \frac{Vu}{A} = \frac{15365.5}{3,14} = 4891 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_t &= (1,3 \times f_u b - 1,5 \times f_{uv}) \\ &= (1,3 \times 10350 - 1,5 \times 4891) \\ &= 6118.52 \text{ kg/cm}^2 < 10350 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = S1 = 60 mm

$1,5db \leq S1 \leq 4tp + 100$

$30 \leq 60 \leq 148 \text{ mm}$

Jarak antar baut = S = 70 mm

$3db \leq S \leq 15tp$

$60 \leq 80 \leq 180 \text{ mm}$

Ukuran Plat

Panjang = $60 + (4-1) \times 70 + 60 = 330 \text{ mm} = 33 \text{ cm}$

Lebar = $60 + 60 = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$

- Perencanaan kekuatan sambungan las pada badan balok
Direncanakan las dengan te = 1 cm

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$A_1 = te \cdot (2 \cdot d_{plat})$$

$$= 1 \times 2 \times (33)$$

$$= 66 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left(\frac{33x(3x12^2x33^2)}{6} \right)$$

$$= 8365.5 \text{ cm}^4$$

$$S_x = \left(\frac{33^3}{3} \right) = 11979 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{61461.9}{66} = 931.24 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$f_h = 0$, karena pada badan balok tidak terpengaruh gaya momen

$$f_{\text{total}} = \sqrt{fv^2 + fh^2} = \sqrt{931,24^2 + 0} \\ = 931,24 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{\text{total}}}{f_{u_{\text{las}}}} = \frac{931,24}{3479,85} = 0,26 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,26}{0,707} = 0,37 \text{ cm} < (a \text{ min} = 5 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 5 mm

- Kontrol Pelat Penyambung

Direncanakan pelat penyambung 330 x 12

Mutu Pelat Baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Diameter lubang (lubang dibuat dengan bor = 20 mm + 1,5 mm = 21,5 mm)

$$Anv = L_{nv} \cdot t$$

$$= (L - n \cdot \text{diameter lubang}) \times 1,2 \text{ cm}$$

$$= (33 - 4 \times 2,15) \times 1,2 \text{ cm}$$

$$= 29,28 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset P_n = \emptyset \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv})$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times 29,28$$

$$= 66104 \text{ kg} > 61461,9 \text{ kg}$$

- Sambungan pada Diaphragm Plate dengan Kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2,5 cm

Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ($f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$T = \frac{Mu}{d} = \frac{26285347}{70} = 375505 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$\emptyset R_n = 0,9 \times te \times f_y$$

$$= 0,9 \times 2,5 \times 2500 = 6653 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_{\text{las}} = te \cdot d_{\text{kolom}} = 2,5 \times 70 = 175 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$ftotal = \frac{375505}{175} = 2145.74 \frac{kg}{cm^2} < \emptyset Rn = 6653 \frac{kg}{cm^2}$$

- Sambungan pada *diaphragm plate* dengan sayap balok
Kontrol Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($fu = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut 30 mm ($Ag = 7.07 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($fu = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 25 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot Vn &= \emptyset \cdot r_1 \cdot fu \cdot m \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 1 \cdot 7.07 \\ &= 27434.9 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot Rn &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 4100 \\ &= 56441.3 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}Td &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot fu \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 7.07 \\ &= 41152 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset \cdot Vn} = \frac{375505}{27434.9} = 13.68 \approx 14 \text{ buah}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = $S1 = 60 \text{ mm}$

$1,5db \leq S1 \leq 4tp + 100$

$45 \leq 60 \leq 200 \text{ mm}$

Jarak antar baut = $S = 120 \text{ mm}$

$3db \leq S \leq 15tp$

$90 \leq 120 \leq 375 \text{ mm}$

Ukuran Plat

Panjang = $60 + (7-1) \times 1200 + 60 = 840 \text{ mm} = 84 \text{ cm}$

- Kekuatan Pelat Diafragma

Dipakai baut tipe tumpu 30 mm

Mutu pelat baja BJ41($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_g = w \cdot t_w$$

$$= 84 \cdot 1.3 \text{ cm}$$

$$= 109.2 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - \text{Aperlemahan}$$

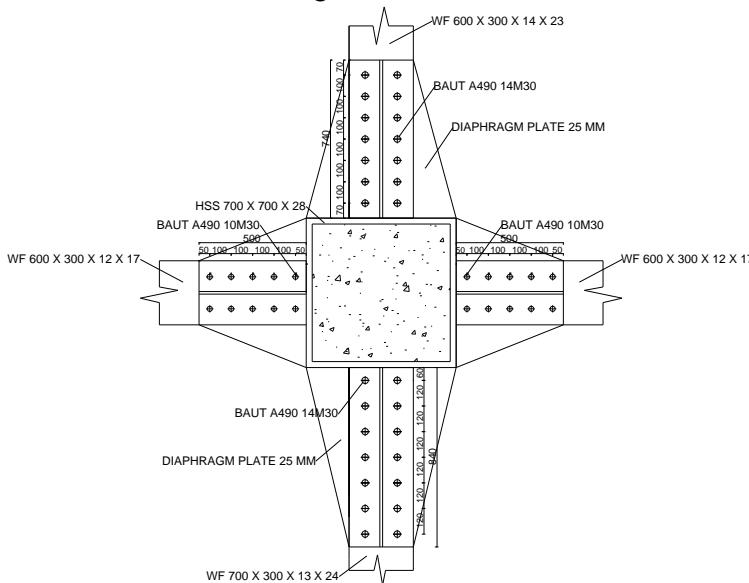
$$= 109.2 - (2 \times 3.15 \times 1.2)$$

$$= 101.1 \text{ cm}^2$$

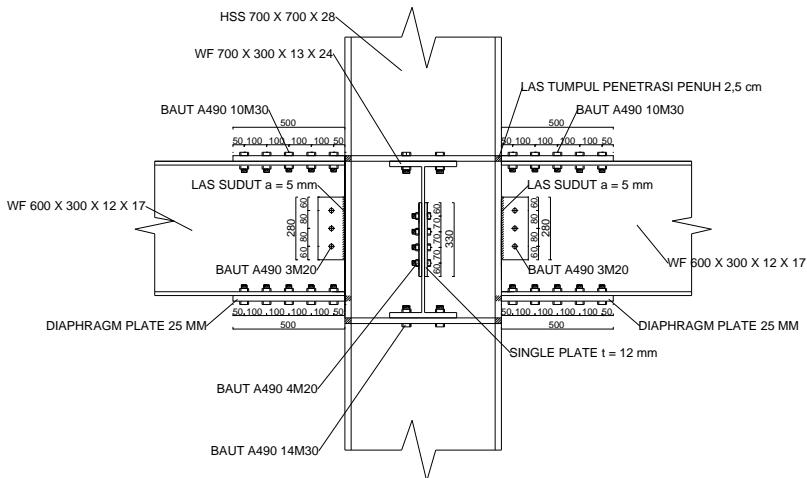
Terhadap patah

$$T \leq 0,9 \cdot A_n \cdot F_u$$

$$375505 \leq 380076 \text{ kg... (OK)}$$



Gambar 4.44 Sambungan Balok Diluar Link Y Dengan Kolom



Gambar 4.45 Detail Sambungan Balok Diluar Link Y Dengan Kolom

4.4.5 Sambungan bresing

4.4.5.1 Sambungan bresing arah X

Sesuai peraturan SNI 03 – 1729 – 2002 butir 15.13.6.4 mengenai kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu 1,25. Ry.Vn.

$$V_u = 1,25 \times R_y \times V_n$$

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

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (58,8 - 2 \cdot 2) \cdot 1,2 \\ &= 98640 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

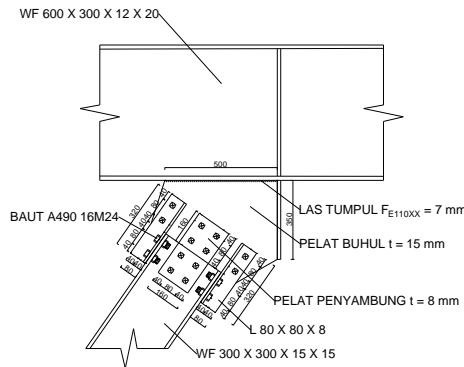
$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 10772500 / 120 = 179541.67 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\ &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 98640 \\ &= 184950 \text{ kg} \end{aligned}$$

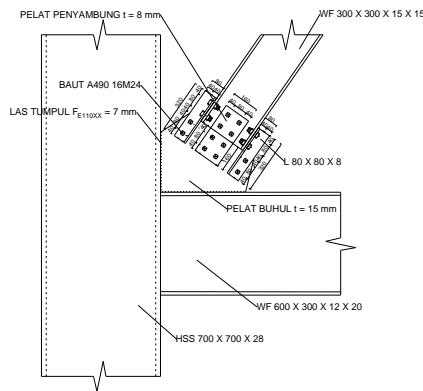
$$P_u = V_u / \sin \alpha = 184950 / 0,88 = 210170 \text{ kg}$$

Data Profil :

- Bresing : WF 300x300x15x15
- Balok Diluar *Link* : WF 600x300x12x20
- Siku penyambung sayap : L 80x80x8
- Pelat penyambung badan : t = 8 mm
- Pelat buhul : t = 15 mm



Gambar 4.46 Sambungan Bresing X dengan Balok Induk



Gambar 4.47 Sambungan Bresing X dengan Balok Induk dan Kolumn

- Sambungan pada batang bresing

Kuat geser baut

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 24 mm ($A_g = 4,52 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Tebal plat buhul = 15 mm

- Kuat Geser Baut

$$\Phi \cdot V_n = \Phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 10350) \cdot 1 \cdot 4,52$$

$$= 17558,4 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\Phi \cdot R_n = \Phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 4100$$

$$= 14449 \text{ kg (menentukan !)}$$

- Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\varphi R_n} = \frac{210170}{14449} = 14,55 \approx 16 \text{ buah}$$

Dengan pembagian:

- Pada sayap bresing ($m=1$) : 2 buah x 4 sisi sayap = 8

- Pada badan bresing ($m=2$) : 4 buah x 1 sisi badan = 8
(dibuat 2 baris)

- Kontrol jarak baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 40 \text{ mm}$

$1,5d_b \leq S_1 \leq 4t_p + 100$

$36 \leq 40 \leq 132 \text{ mm}$

Jarak antar baut = $S = 80 \text{ mm}$

$3d_b \leq S \leq 15t_p$

$72 \leq 80 \leq 120 \text{ mm}$

Ukuran Plat

Panjang pelat sayap dan badan = $40 + (2-1) \times 80 + 40$

$$= 160 \text{ mm} = 16 \text{ cm}$$

Lebar pelat badan

$$= 2 \times 40 + (4/2) - 1 \times 80$$

$$= 160 \text{ mm} = 16 \text{ cm}$$

- Sambungan las sudut pada plat buhul
Bahan las sudut yang digunakan adalah E_{110xx}

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1 \text{ cm}$

Kuat nominal las sudut

$$\emptyset \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw})$$

$$= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 7733$$

$$= 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = \sqrt{(b)^2 + (h)^2} = \sqrt{(350)^2 + (500)^2} = 610 \text{ mm}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 610 \text{ mm} \quad h = 500 \text{ mm} \quad b = 350 \text{ mm}$$

$$\cos \alpha = 350/610 = 0,573$$

$$\sin \alpha = 500/610 = 0,819$$

$$A = 2 \times t_e \times L = 2 \times 1 \times 61 = 122 \text{ cm}^2$$

$$V_u \cos \alpha = 0,573 \times 210170 = 120525 \text{ kg}$$

$$V_u \sin \alpha = 0,819 \times 210170 = 172178 \text{ kg}$$

Las pelat pada balok kolom :

$$f_h = \frac{120525}{122} = 987,378 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{172178}{122} = 1410,54 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{\left(\sum f_v\right)^2 + \left(\sum f_h\right)^2}$$

$$= \sqrt{(987,378)^2 + (1410,54)^2}$$

$$= 1721,78 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\emptyset \cdot R_{nw}} = \frac{1721,78}{3479,85} = 0,495 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,495}{0,707} = 0,699 \text{ cm}$$

Persyaratan las minimum

$t_{plat} = 15 \text{ mm}$ ($15 \text{ mm} \leq t$), $a_{min} = 6 \text{ mm}$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 0,7 cm

Las pelat pada balok :

$$f_h = \frac{210170}{50 \times 1 \times 2} = 1849,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = f_h = 1849,5 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{1849,5}{3479,85} = 0,531 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,531}{0,707} = 0,751 \text{ cm}$$

Persyaratan las minimum

$t_{plat} = 15 \text{ mm}$ ($15 \text{ mm} \leq t$), $a_{min} = 6 \text{ mm}$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 0,8 cm

4.4.5.2 Sambungan bresing arah Y

Sesuai peraturan SNI 03 – 1729 – 2002 butir 15.13.6.4 mengenai kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu 1,25. Ry.Vn.

$$V_u = 1,25 \times R_y \times V_n$$

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

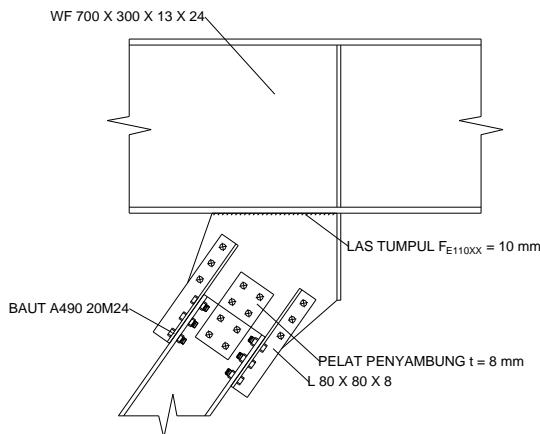
$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4) \cdot 1,3 \\ &= 127140 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 15622500 / 120 = 260375 \text{ kg}$$

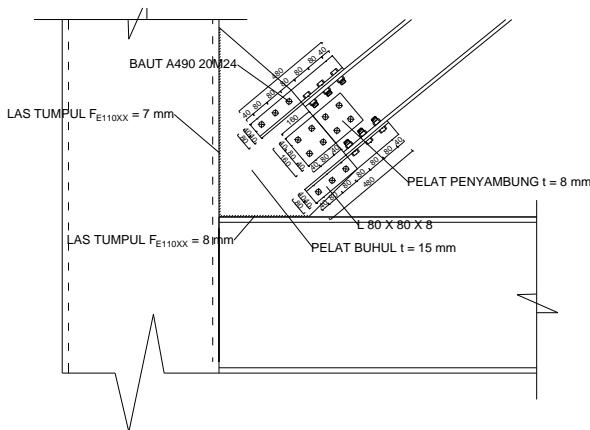
$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 127140 \\
 &= 238388 \text{ kg} \\
 P_u &= V_u / \sin \alpha = 238388 / 0.83 = 287214 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Data profil :

- Bresing : WF 300x300x11x17
- Balok Diluar Link : WF 700x300x13x24
- Siku penyambung sayap : L 80x80x8
- Pelat penyambung badan : t = 8 mm
- Pelat buhul : t = 11 mm



Gambar 4.48 Sambungan Bresing Y dengan Balok Induk



Gambar 4. 49 Sambungan Bresing Y dengan Balok Induk dan Kolom

- Sambungan pada batang bresing
Kuat geser baut
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 24 mm ($A_g = 4,52 \text{ cm}^2$)
Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)
Tebal plat buhul = 15 mm
- Kuat Geser Baut

$$\Phi \cdot V_n = \Phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 10350) \cdot 1 \cdot 4,52$$

$$= 17558,4 \text{ kg}$$
- Kuat tumpu baut

$$\Phi \cdot R_n = \Phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 4100$$

$$= 14449 \text{ kg (menentukan !)}$$
- Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\varphi R_n} = \frac{287214}{14449} = 19,87 \approx 20 \text{ buah}$$

Dengan pembagian:

- Pada sayap bresing : 3 buah x 4 sisi sayap = 12 (m=1)
- Pada badan bresing : 4 buah x 1 sisi badan = 8 (dibuat 2 baris) (m=2)
- Kontrol jarak baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 40 \text{ mm}$

$$1,5db \leq S_1 \leq 4tp + 100$$

$$36 \leq 40 \leq 132 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $S = 80 \text{ mm}$

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$72 \leq 80 \leq 120 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\begin{aligned} \text{Panjang pelat sayap dan badan} &= 40 + (3-1) \times 80 + 40 \\ &= 240 \text{ mm} = 24 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar pelat badan} &= 2 \times 40 + (4/2) - 1 \times 80 \\ &= 160 \text{ mm} = 16 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Sambungan las sudut pada plat buhul

Bahan las sudut yang digunakan adalah E_{110xx}

Tebal efektif las sudut rencana $te = 1 \text{ cm}$

Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_{nw} &= 0,75 \cdot te \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 7733 \\ &= 3479,85 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{(b)^2 + (h)^2} = \sqrt{(350)^2 + (500)^2} = 610 \text{ mm}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 610 \text{ mm} \quad h = 500 \text{ mm} \quad b = 350 \text{ mm}$$

$$\cos \alpha = 350/610 = 0,573$$

$$\sin \alpha = 500/610 = 0,819$$

$$A = 2 \times te \times L = 2 \times 1 \times 61 = 122 \text{ cm}^2$$

$$V_u \cos \alpha = 0,573 \times 287214 = 164706 \text{ kg}$$

$$V_u \sin \alpha = 0,819 \times 287214 = 235295 \text{ kg}$$

Las pelat pada balok kolom :

$$f_h = \frac{164706}{122} = 1349 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{235295}{122} = 1927 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{(\sum f_v)^2 + (\sum f_h)^2} \\ &= \sqrt{(1349)^2 + (1927)^2} \\ &= 2352,95 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\emptyset \cdot R_{nw}} = \frac{2352,95}{3479,85} = 0,676 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,676}{0,707} = 0,956 \text{ cm}$$

Persyaratan las minimum

$$t_{plat} = 15 \text{ mm } (15 \text{ mm} \leq t), a_{min} = 6 \text{ mm}$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 1 cm

Las pelat pada balok :

$$f_h = \frac{287214}{50 \times 1 \times 2} = 2383,88 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = f_h = 2383,88 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\emptyset \cdot R_{nw}} = \frac{2383,88}{3479,85} = 0,685 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,685}{0,707} = 0,968 \text{ cm}$$

Persyaratan las minimum

$$t_{plat} = 15 \text{ mm } (15 \text{ mm} \leq t), a_{min} = 6 \text{ mm}$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 1 cm

4.4.6 Sambungan balok induk dengan kolom

4.4.6.1 Sambungan balok induk X dengan kolom

Sambungan balok diluar link dengan kolom memikul beban geser P_u yang di ambil dari perhitungan gaya geser pada sambungan dengan data sebagai berikut:

Balok Diluar Link : WF 600x300x12x17

Kolom : HSS 700x700x28

Pelat Penyambung badan : $t = 12 \text{ mm}$

Pelat Penyambung Sayap : $t = 25 \text{ mm}$

Bentang Balok : $L = 660 \text{ cm}$

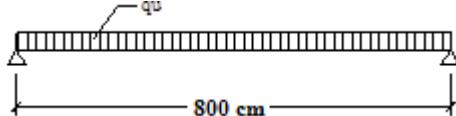
Perhitungan gaya geser pada sambungan

-Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned} Mu^* &= 1,1 \times Ry \times Zx \times F_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 3782 \times 2500 \\ &= 15908334.4 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu_1 &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 15908334.4/660 = 48207 \text{ kg} \end{aligned}$$

-Akibat beban kombinasi $1,2D+0,5L$ dari balok induk



Dari program ETABS 2016, diperoleh V_u akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$Vu_2 = 5440.68 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} Vu \text{ total} &= 48207 + 5440.68 \\ &= 53647.75 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Kontrol Kuat geser baut pada badan balok
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 20 mm ($A_g = 3,14 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 12 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\varnothing \cdot V_n &= \varnothing \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 2 \cdot 3,14 \\ &= 24386,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing \cdot R_n &= \varnothing \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 4100 \\ &= 22025,86 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \varnothing \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 3,14 \\ &= 18289,9 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\varnothing \cdot V_n} = \frac{53647,75}{18289,9} = 2,93 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 baut pada satu pelat

Kontrol geser

$$\begin{aligned}V_u &= \frac{P_u}{n} = \frac{53647,75}{3} \\ &= 17882,6 \text{ kg} < 18289,9 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

Kontrol tarik

$$\begin{aligned}f_{uv} &= \frac{V_u}{A} = \frac{17882,6}{3,14} = 5692,2 \text{ kg/cm}^2 \\ f_t &= (1,3 \times f_u b - 1,5 \times f_{uv}) \\ &= (1,3 \times 10350 - 1,5 \times 5692,2) \\ &= 4916,7 \text{ kg/cm}^2 < 10350 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 60 \text{ mm}$

$1,5d_b \leq S_1 \leq 4t_p + 100$

$30 \leq 60 \leq 148 \text{ mm}$

Jarak antar baut = S = 80 mm

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$60 \leq 80 \leq 180 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 60 + (3-1) \times 80 + 60 = 260 \text{ mm} = 28 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 60 + 60 = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$$

- Perencanaan kekuatan sambungan las pada badan balok
Direncanakan las dengan te = 1 cm

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$A_1 = te \cdot (2 \cdot d_{plat})$$

$$= 1 \times 2 \times (28)$$

$$= 56 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left(\frac{28x(3x12^2x28^2)}{6} \right)$$

$$= 5674.67 \text{ cm}^4$$

$$S_x = \left(\frac{28^3}{3} \right) = 7317.33 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{53647.75}{56} = 958 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$f_h = 0$, karena pada badan balok tidak terpengaruh gaya momen.

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{958^2 + 0}$$

$$= 958 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{\text{total}}}{f_{u_{\text{las}}}} = \frac{958}{3479,85} = 0,275 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,275}{0,707} = 0,389 \text{ cm} < (a \text{ min} = 5 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 5 mm

- Kontrol Pelat Penyambung

Direncanakan pelat penyambung 280 x 12

Mutu Pelat Baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Diameter lubang (lubang dibuat dengan bor = 20 mm + 1,5 mm = 21,5 mm)

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t$$

$$= (L - n \cdot \text{diameter lubang}) \times 1,2 \text{ cm}$$

$$= (33 - 3 \times 2,15) \times 1,2 \text{ cm}$$

$$= 25,86 \text{ cm}^2$$

$$\varnothing P_n = \varnothing \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv})$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times 25,86$$

$$= 58382,9 \text{ kg} > 53647,75 \text{ kg}$$

- Sambungan pada Diaphragm Plate dengan Kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2,5 cm

Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ($f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$T = \frac{Mu}{d} = \frac{15908334,4}{58,8} = 265138,9 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$\varnothing R_n = 0,9 \times t \times f_y$$

$$= 0,9 \times 2,5 \times 2500 = 6653 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_{las} = t \cdot d_{kolom} = 2,5 \times 70 = 175 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{total} = \frac{265138,9}{175} = 1515 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < \varnothing R_n = 6653 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Sambungan pada *diaphragm plate* dengan sayap balok

Kontrol Kuat geser baut

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 30 mm ($A_g = 7,06 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 25 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\varnothing V_n = \varnothing \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 1 \cdot 7,06$$

$$= 27434 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 4100 \\ &= 56441 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot fu \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 4,52 \\ &= 26337,54 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset \cdot Vn} = \frac{265138,9}{27434} = 9,6 \approx 10 \text{ buah}$$

Kontrol Jarak Baut

$$\text{Jarak baut ketepi} = S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$1,5db \leq S_1 \leq 4tp + 100$$

$$45 \leq 50 \leq 200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = S = 100 \text{ mm}$$

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$90 \leq 100 \leq 375 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 50 + (5-1) \times 100 + 50 = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

- Kekuatan Pelat Diafragma

Dipakai baut tipe tumpu 24 mm

Mutu pelat baja BJ41(fu = 4100 kg/cm², fy = 2500 kg/cm²)

$$A_g = w \cdot t_f$$

$$= 50 \cdot 1,7 \text{ cm}$$

$$= 85 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - \text{Aperlemahan}$$

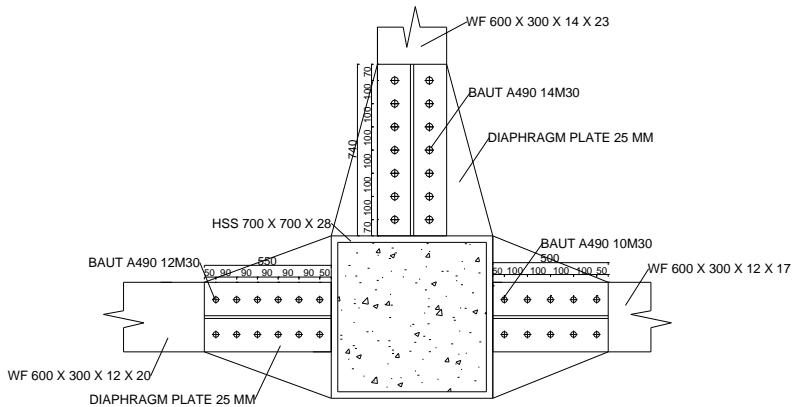
$$= 85 - (2 \times 3,15 \times 1,7)$$

$$= 74,29 \text{ cm}^2$$

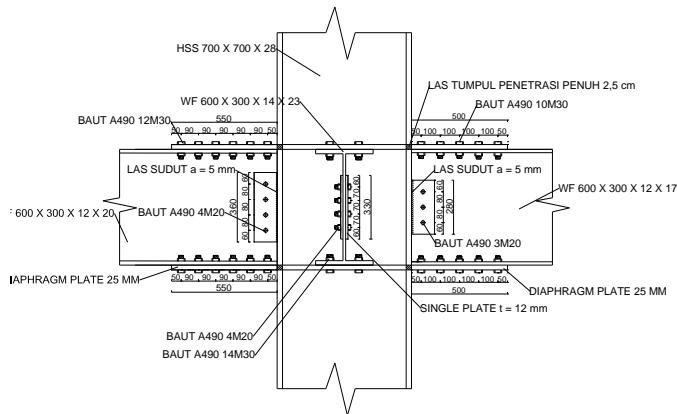
Terhadap patah

$$T \leq 0,9 \cdot A_n \cdot F_u$$

$$265138,9 \leq 279535 \text{ kg... (OK)}$$



Gambar 4.50 Sambungan Balok Induk X dengan Kolom



Gambar 4.51 Detail Sambungan Balok Induk X Dengan Kolom

4.4.6.2 Sambungan balok induk Y dengan kolom

Sambungan balok diluar link dengan kolom memikul beban geser P_u yang di ambil dari perhitungan gaya geser pada sambungan dengan data sebagai berikut:

Balok Diluar Link : WF 600x300x14x23

Kolom : HSS 700x700x28

Pelat Penyambung badan : $t = 12 \text{ mm}$

Pelat Penyambung Sayap : $t = 25 \text{ mm}$

Bentang Balok : $L = 830 \text{ cm}$

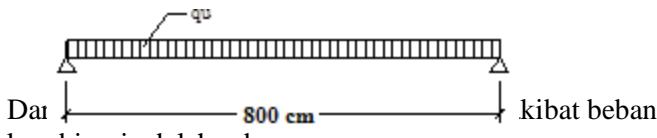
Perhitungan gaya geser pada sambungan

-Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned} Mu^* &= 1,1 \times Ry \times Zx \times F_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 5017 \times 2500 \\ &= 21103150 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu_1 &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 21103150/830 = 50850.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

-Akibat beban kombinasi $1,2D+0,5L$ dari balok induk



$$Vu_2 = 9125.95 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} Vu \text{ total} &= 50850.9 + 9125.95 \\ &= 59976.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Kontrol Kuat geser baut pada badan balok

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 20 mm ($A_g = 3,14 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 12 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 2 \cdot 3,14 \\ &= 24386,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing \cdot R_n &= \varnothing \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 4100 \\ &= 22025,9 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \varnothing \cdot 0,75 \cdot fu \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 3,14 \\ &= 18289,9 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\varnothing \cdot V_n} = \frac{59976,9}{18289,9} = 3,28 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 baut pada satu pelat

Kontrol geser

$$\begin{aligned}V_u &= \frac{P_u}{n} = \frac{59976,9}{4} \\ &= 14994,2 \text{ kg} < 18289,9 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

Kontrol tarik

$$f_{uv} = \frac{Vu}{A} = \frac{14994,2}{3,14} = 4772,81 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}f_t &= (1,3 \times f_u^b - 1,5 \times f_{uv}) \\ &= (1,3 \times 10350 - 1,5 \times 4772,81) \\ &= 6295,78 \text{ kg/cm}^2 < 10350 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = S1 = 60 mm

$$1,5db \leq S1 \leq 4tp + 100$$

$$30 \leq 60 \leq 148 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = S = 70 mm

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$60 \leq 80 \leq 180 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 60 + (4-1) \times 70 + 60 = 330 \text{ mm} = 33 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 60 + 60 = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$$

- Perencanaan kekuatan sambungan las pada badan balok

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$A_l = t_e \cdot (2 \cdot d_{plat})$$

$$= 1 \times 2 \times (33)$$

$$= 66 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left(\frac{33x(3x12^2x33^2)}{6} \right)$$

$$= 8365.5 \text{ cm}^4$$

$$S_x = \left(\frac{33^3}{3} \right) = 11979 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{59976.9}{66} = 908.74 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$f_h = 0$, karena pada badan balok tidak terpengaruh gaya momen.

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{908.74^2 + 0} \\ = 908.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{f_{u_{\text{las}}}} = \frac{908,74}{3479,85} = 0,26 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,26}{0,707} = 0,369 \text{ cm} > (a \text{ min} = 5 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 5 mm

- Kontrol Pelat Penyambung

Direncanakan pelat penyambung 330 x 12

Mutu Pelat Baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Diameter lubang (lubang dibuat dengan bor =

$20 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} = 21,5 \text{ mm}$

$$\text{Anv} = L_{nv} \cdot t$$

$$\begin{aligned}
 &= (L - n \cdot \text{diameter lubang}) \times 1,2 \text{ cm} \\
 &= (33 - 4 \times 2.15) \times 1,2 \text{ cm} \\
 &= 29.28 \text{ cm}^2 \\
 \varnothing P_n &= \varnothing \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}) \\
 &= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times 29.28 \\
 &= 66104 \text{ kg} > 59976,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Sambungan pada Diaphragm Plate dengan Kolom Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2,5 cm Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ($f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$T = \frac{Mu}{d} = \frac{21103150}{59.4} = 355272 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$\begin{aligned}
 \varnothing R_n &= 0,9 \times t_e \times f_y \\
 &= 0,9 \times 2,5 \times 2500 = 6653 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Luas las tumpul

$$A_{las} = t_e \cdot d_{kolom} = 2,5 \times 70 = 175 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{total} = \frac{355272}{175} = 2030 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < \varnothing R_n = 6653 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Sambungan pada *diaphragm plate* dengan sayap balok Kontrol Kuat geser baut

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 30 mm ($A_g = 7.07 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 25 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}
 \varnothing \cdot V_n &= \varnothing \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 1 \cdot 7.07 \\
 &= 27434,9 \text{ kg} \text{ (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \varnothing \cdot R_n &= \varnothing \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 4100
 \end{aligned}$$

$$= 56441.3 \text{ kg}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned} Td &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 7.07 \\ &= 41152 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{355272}{27434.9} = 12.95 \approx 14 \text{ buah}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 70 \text{ mm}$

$$1,5db \leq S_1 \leq 4tp + 100$$

$$45 \leq 70 \leq 200 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $S = 100 \text{ mm}$

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$90 \leq 100 \leq 375 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 60 + (7-1) \times 100 + 60 = 740 \text{ mm} = 74 \text{ cm}$$

- Kekuatan Pelat Diafragma

Dipakai baut tipe tumpu 30 mm

Mutu pelat baja BJ41($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_g = w \cdot t_w$$

$$= 74 \cdot 1.4 \text{ cm}$$

$$= 103.6 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - A_{perlemahan}$$

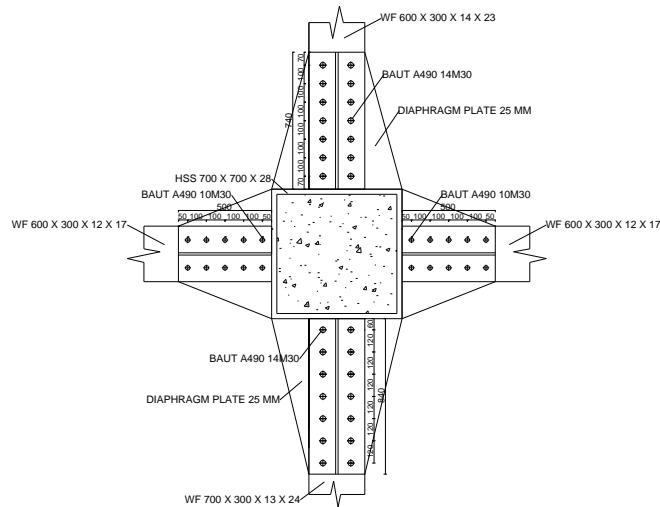
$$= 103.6 - (2 \times 3.15 \times 1.4)$$

$$= 94.78 \text{ cm}^2$$

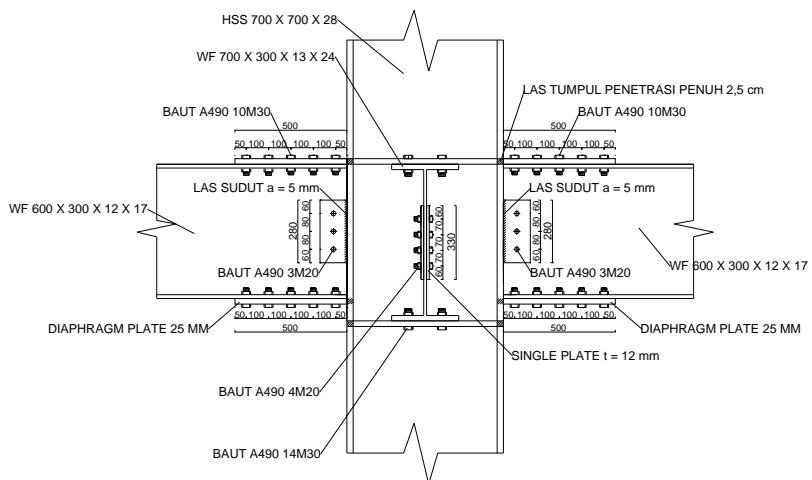
Terhadap patah

$$T \leq 0,9 \cdot A_n \cdot F_u$$

$$355272 \leq 356634 \text{ kg... (OK)}$$



Gambar 4.52 Sambungan Balok Induk Y dengan Kolom



Gambar 4.53 Detail Sambungan Balok Induk Y Dengan Kolom

4.4.7 Sambungan antar kolom

Kolom disambung menggunakan sambungan las sudut dan pelat tambahan dengan tebal 40 mm. Profil kolom yang digunakan yaitu HSS 700x700x28.

- Hasil Output ETABS 2016

$$P_u = 1555503 \text{ kg}$$

$$M_{u_x} = 13499,92 \text{ kgm}$$

$$M_{u_y} = 13464,7 \text{ kgm}$$

$$V_u = 8607,29 \text{ kg}$$

Misal $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{las} = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3} \right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3} \right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3} \right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3} \right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

$$f_{u_{las}} = \emptyset \times 0,6 \times F_{E110xx} \times t_e$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 \times 1$$

$$= 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat P_u

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_{u_x}}{S_x} + \frac{M_{u_y}}{S_y} \\ &= \frac{1199080}{280} + \frac{6761675}{6533,3} + \frac{7902160}{6533,3} \\ &= 6526,89 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{17219}{280} = 61,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_y)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(6526,89)^2 + (61,49)^2} = 6527,183 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{6527,183}{3479,85} = 1,87 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{1,87}{0,707} = 2,65 \text{ cm}$$

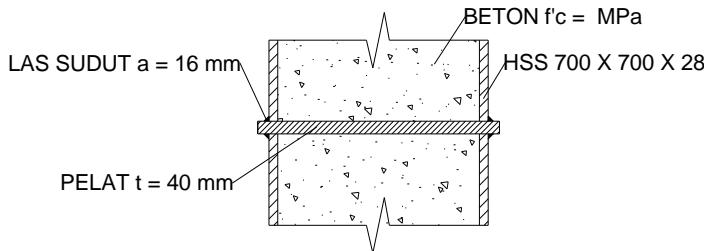
Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 40 \text{ mm}, a \text{ min} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{eff \ maks} = \frac{0,6 \times f_{ux} \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E110xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 40}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 110 \times 70,3}$$

$$a_{eff \ maks} = 1,53 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan $a = 1,6 \text{ cm}$



Gambar 4.54 Sambungan Kolom Dengan Kolom

4.4.8 Sambungan kolom dengan baseplate

Perencanaan *base plate* dibawah ini menggunakan *fixed plate* dari katalog Continental Steel untuk profil HSS 700.700.28 dengan data – data sebagai berikut :

- $H = 900 \text{ mm}$
- $B = 900 \text{ mm}$
- $t_p = 60 \text{ mm}$

Dari hasil analisa ETABS 2016 didapat gaya-gaya yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_u &= 1199080 \text{ kg} \\ M_{uX} &= 6761675 \text{ kg.cm} \\ M_{uY} &= 7902160 \text{ kg.cm} \\ V_u &= 17219 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perencanaan Sambungan Las Sudut pada *Base Plate*
Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$ pada daerah yang diarsir pada profil HSS 700.700.28 sehingga didapat :

$$A_{las} = 4 \times (d_{kolom}) = 4 \times 70 = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3} \right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3} \right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3} \right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3} \right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} f_{ulas} &= \varphi \cdot 0,6 \cdot F_{E70XX} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 110 \cdot 70,3 \cdot 1 \\ &= 3479,85 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat P_u :

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y} \\ &= \frac{1199080}{280} + \frac{6761675}{6533,3} + \frac{7902160}{6533,3} \\ &= 6526,89 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat V_u :

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{17219}{280} = 61,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{6526,89^2 + 61,49^2} \\ &= 6527,18 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$te = \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{6527,18}{3479,85} = 1,87 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{1,87}{0,707} = 2,65 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Syarat-syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{plat} = 60 \text{ mm}$

$$a_{eff\ max} = 1,41 \cdot \frac{fu}{f_{E\ 110xx}} \cdot tp = 1,41 \cdot \frac{4100}{110.70,3} \cdot 6 \\ = 4,57 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 2,65 \text{ cm}$

- Perhitungan Base Plate

Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{Muy}{Pu} = \frac{7902160}{1199080} = 6,59 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \cdot 100 = 15 \text{ cm} > e = 5,64 \text{ cm}$$

Karena $1/6 h > e$, maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis)

Direncanakan diameter baut : 22 mm = 2,2 cm

$$h' \geq we + c1$$

$$we = \text{jarak baut ke tepi} = 2 \cdot db = 2 \cdot 2,2 = 4,4 \text{ cm}$$

$$c1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \cdot 2,2 = 3,71 \text{ cm}$$

$$h' \geq 4,4 + 3,71 = 8,11 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5 \cdot h' = 90 - 0,5 \cdot 8,11 = 85,94 \text{ cm}$$

$$B = 90 \text{ cm}$$

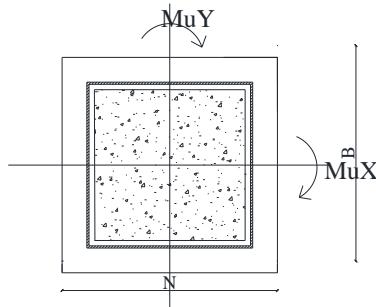
Dimensi beton :

Panjang : 1000 mm

Lebar : 1000 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 100}{90 \cdot 90}} = 1,11$$

Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 4.55 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate

- Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{1199080}{90 \cdot 90} = 148,03 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban M_u

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot Mu}{B \cdot N^2} = \frac{6 \cdot 6761675}{90 \cdot 90^2} = 55,65 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_{p\ max} = f_{pa} + f_{pb} = 148,03 + 55,65 = 203,68 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p\ avail} = \emptyset \cdot 0,85 \cdot f'c = 0,90 \times 0,85 \times 30 = 22,95 \text{ Mpa}$$

$$f_{p\ avail} = 225,1395 > f_{p\ max} = 203,68 \text{ kg/cm}^2 (\text{OK})$$

- Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{90 - 0,95 \cdot 70}{2} = 11,75 \text{ cm}$$

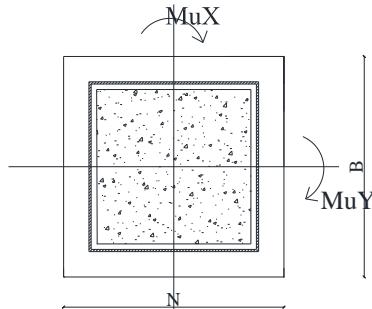
$$\begin{aligned} M_{upl} &= \left(f_{p\ max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{3} \right) \\ &= \left(203,68 - 2 \times 55,65 \cdot \frac{11,75}{90} \right) \cdot \left(\frac{11,75^2}{2} \right) + \\ &\quad \left(2 \times 55,65 - \frac{11,75}{90} \right) \left(\frac{11,75^2}{3} \right) \\ &= 13726,34 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

- Menentukan tebal base plate

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 13726,34}{0,9 \cdot 2500}} = 4,89 \text{ cm} < 6 \text{ cm (OK)}$$

Perencanaan akibat beban sumbu Y



Gambar 4.56 Arah Beban Sumbu Y Pada Base Plate

- Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{1199080}{90 \cdot 90} = 148,03 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban M_u

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot Mu}{B \cdot N^2} = \frac{6 \cdot 7902160}{90 \cdot 90^2} = 65,03 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_{p\max} = f_{pa} + f_{pb} = 148,03 + 65,03 = 213,07 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p\text{ avail}} = \emptyset \cdot 0,85 \cdot f'c = 0,9 \times 0,85 \times 30 = 22,95 \text{ MPa}$$

$$f_{p\text{ avail}} = 225,13 \text{ kg/cm}^2 > f_{p\max} = 213,1 \text{ kg/cm}^2 (\text{OK})$$

- Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{90 - 0,95 \cdot 70}{2} = 11,75 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{upl} &= \left(f_{p\max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{3} \right) \\ &= \left(213,07 - 2 \times 65,03 \cdot \frac{11,75}{90} \right) \cdot \left(\frac{11,75^2}{2} \right) + \\ &\quad \left(2 \times 65,03 - \frac{11,75}{90} \right) \left(\frac{11,75^2}{3} \right) \\ &= 14317,92 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

- Menentukan tebal base plate

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot fy}} = \sqrt{\frac{4 \times 14317,92}{0,9 \cdot 2500}} = 4,99 \text{ cm} < 6 \text{ cm (OK)}$$

- **Perencanaan pelat pengaku**

- Pelat pengaku direncanakan seperti dengan dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas.
- Dimensi pelat minimum menurut SNI-03-1729-2002 Pasal 8.11

Tebal pelat pengaku minimum (ts)

$$t_s \geq 0,5 \cdot tf \rightarrow 0,5 \times 2,8 = 1,4 \text{ cm}$$

Tebal pelat pengaku (ts) = 1,5 cm dengan las minimum (a=5mm)

- **Perencanaan baut angkur**

“Karena $1/6 h > e$, maka dipasang angkur praktis”

Perhitungan Baut Angkur:

Dipakai baut angkur M20 mm mutu F1554 Grade 105 dengan $f_u = 7381,5 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}\varphi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7381,5 \times 3,14 \times 1 \\ &= 8696,125 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varphi R_n &= 2,4 \cdot \varphi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 4100 \\ &= 75255,05 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat rencana tarik

$$\begin{aligned}T_d &= \varphi \cdot 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 7381,5 \times 3,14 \\ &= 13044,19 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah Baut

Dipasang 8 baut angkur M22 mm mutu F1554 Grade 105 untuk menjaga stabilitas struktur.

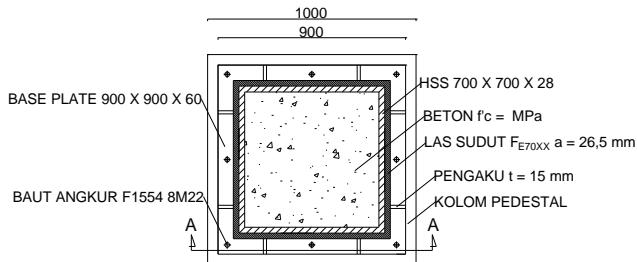
- Panjang Baut Angkur (panjang penyaluran struktur tarik)

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{f'_c}}$$

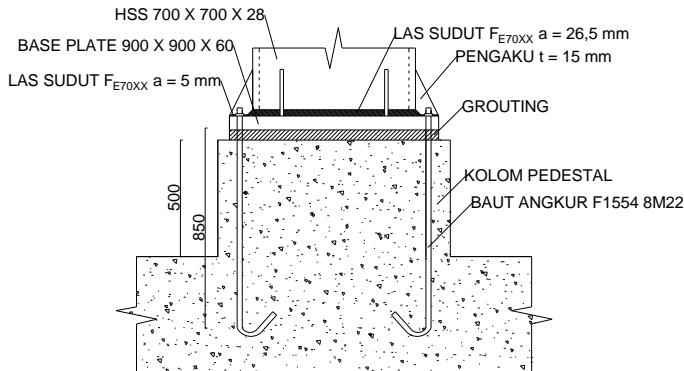
$$\frac{ld}{db} = \frac{3.250.1.1.1}{5 \cdot \sqrt{30}}$$

$ld = 877,3235 \text{ mm} \approx 87,73 \text{ cm}$

Maka panjang angkur yang dibutuhkan 85 cm



Gambar 4.57 Base Plate pada Kolom



Gambar 4.58 Tampak Samping Base Plate dan Kolom Pedestal

4.5 Perencanaan Struktur Bawah

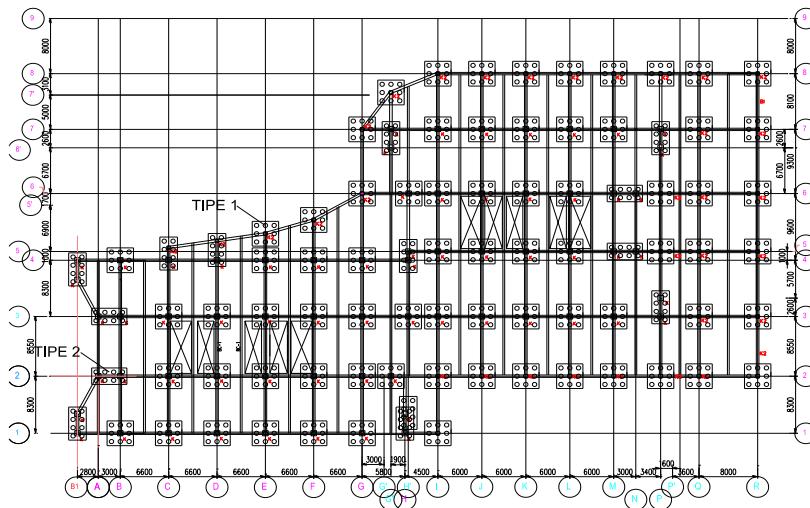
4.5.1 Umum

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan yang ada di atasnya untuk diteruskan ke lapisan tanah. Pondasi dalam dan pondasi dangkal merupakan dua macam jenis pondasi yang umum ditemukan dalam suatu konstruksi bangunan.

4.5.2 Data perencanaan pondasi

Pondasi pada gedung apartemen ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : A1
- *Concrete cross section* : 1570,8 cm²
- Berat : 393 kg/m
- *Bending moment crack* : 17 tm
- *Bending momen ultimate* : 25,5 tm
- *Allowable axial load* : 252,7 tm
- *Modulus section* : 10505 cm³



Gambar 4.59 Denah Rencana Pondasi

4.5.2.1 Daya dukung tanah tiang pancang tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Qu = Qp + Qs.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 22 m.

- $Q_{total} = Q_p + Q_s$
- $Q_p = q_p \cdot A_p$
 $= (N_p \cdot K) \cdot \alpha \cdot A_p$
 $= (29 \times 40) \times 1 \times 0,282743$
 $= 327,98 \text{ ton}$

Dimana :

$$\alpha = 1 \text{ (driven pile)}$$

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

$$= \left(\frac{32,5 + 28,5 + 32,5}{3} \right) = 29$$

K = Koefisien karakteristik tanah
 $= 12 \text{ t/m}^2$, untuk tanah lempung
 $= 20 \text{ t/m}^2$, untuk tanah lanau berlempung
 $= 25 \text{ t/m}^2$, untuk tanah lanau berpasir
 $= 40 \text{ t/m}^2$, untuk tanah pasir
 $= 40 \text{ t/m}^2$, untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

A_p = Luas penampang dasar tiang
 $= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,6^2 = 0,282743 \text{ m}^2$

q_p = tegangan di ujung tiang

- $Q_s = q_s \cdot A_s$
 $= \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s$
 $= \left(\frac{18,15}{3} + 1 \right) \cdot 41,46 = 292,4 \text{ ton}$

Dimana :

q_s = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

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

= Mulai dari kedalaman 1 m:

$$= (3+4+9+12+32,5+26,5+19+27+16+32,5+22+32,5)
= 236$$

$$N_s = (236 / 12) = 18,15$$

A_s = keliling x panjang tiang yang terbenam
 $= \pi \cdot 0,6 \cdot 22 = 41,46 \text{ m}^2$

Tabel 4.18 Tabel N SPT

(Sumber : Penulis)

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	N' (N koreksi)	Ns
Lapisan 1	0	0	0	0	0,00
Lapisan 2	1	1	3	3	1,50
Lapisan 3	2	1	4	4	2,33
Lapisan 4	4	2	9	9	4,00
Lapisan 5	6	2	12	12	5,60
Lapisan 6	8	2	50	32,5	10,08
Lapisan 7	10	2	38	26,5	12,43
Lapisan 8	12	2	23	19	13,25
Lapisan 9	14	2	39	27	14,78
Lapisan 10	16	2	17	16	14,90
Lapisan 11	18	2	50	32,5	16,50
Lapisan 12	20	2	29	22	16,96
Lapisan 13	22	2	50	32,5	18,15
Lapisan 14	24	2	50	32,5	19,18
Lapisan 15	26	2	50	32,5	20,07
Lapisan 16	28	2	42	28,5	20,59
Lapisan 17	30	2	50	32,5	22,44

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{Q_{total}}{SF} = \frac{327,98 + 292,4}{3} = 206,79\ ton$$

$$P_{allow} = 252,7\ ton > P_{ijin\ 1\ tiang}$$

Maka, P satu tiang adalah 206,79 ton.

Dimana :

SF = safety factor = 3

N = harga SPT di lapangan

N' = harga SPT setelah dikoreksi = $15 + [(N - 15)/2]$

4.5.2.2 Daya dukung tanah tiang pancang kelompok

Pada saat sebuah tiang merupakan bagian dari sebuah grup, daya dukungnya akan mengalami modifikasi karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Modifikasi ini dibedakan menjadi 2 sebab yaitu :

- Pengaruh grup pada saat pelaksanaan pemancangan tiang pondasi

- Pengaruh grup akibat sebuah beban yang bekerja.

Untuk perhitungan daya dukung tiang pondasi grup harus dikalikan koefisien efisiensi.

$$Q_{\text{grup}} = Q_l (1 \text{ tiang}) \cdot n \cdot C_e$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$= 1 - \frac{26,56}{90} \times \left(2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{3}\right) = 0,61$$

$$Q_{\text{grup}} = 206,79 \times 0,61 = 125,41 \text{ ton}$$

Dimana :

Q_{grup} = Daya dukung tiang pondasi grup

Q_l 1 tiang = Daya dukung 1 tiang pondasi
= 206,79 ton

C_e = Koefisien efisiensi

\emptyset = diameter tiang pondasi ($\emptyset = 60\text{cm}$)

S = Jarak as ke as antar tiang
 $= 2db \leq S \leq 3db$
 $= 120 \leq S \leq 180$, S pakai = 120 cm

m = Jumlah baris = 3 buah

n = Jumlah kolom = 3 buah

Apabila jarak antar tiang pancang dalam grup $\geq 3S$, efisiensi daya dukung tiang tidak perlu diperhitungkan.

4.5.2.3 Repartisi beban-beban di atas tiang kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah (contoh perhitungan untuk PC-1) :

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

Dimana :

- P_v = Beban vertikal ekivalen
- V = Beban vertikal (1D+1L) dari kolom = 795617,94 kg
- n = banyaknya tiang dalam group = 9 buah
- M_x = momen (1D+1L) terhadap sumbu x = 20180,581 kgm
- M_y = momen (1D+1L) terhadap sumbu y = 13324,012 kgm
- x_{max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
= 1,2 m
- y_{max} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
= 1,2 m
- $\sum x^2$ = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral grup = 8,64 m²
- $\sum y^2$ = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral grup = 8,64 m²

Nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negative bila berlawanan dengan arah e.

$$\begin{aligned} P_v &= \frac{795617,94}{9} + \frac{20180,6 \times 1,2}{8,64} + \frac{13324 \times 1,2}{8,64} \\ &= 88401,99 + 2802,85 + 1850,55 = 93055,4 \text{ kg} \\ P_v &= 93,05 \text{ ton} < P \text{ ijin grup} = 125,41 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

4.5.3 Perencanaan poer pada kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

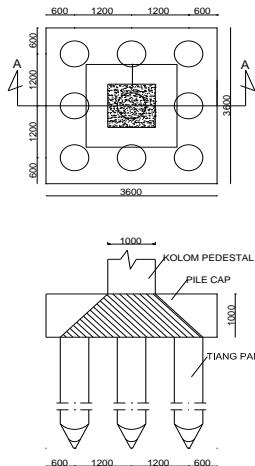
- P_{max} (1 tiang) = 206,79 ton
- Jumlah tiang pancang = 9 buah
- Dimensi poer = $3,6 \times 3,6 \times 1,0 \text{ m}$
- Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 420 MPa
- Diameter tulangan = 25 mm
- Selimut beton = 75 mm
- λ = 1 (beton normal)
- a_s = 20 (kolom sudut)
- Tinggi efektif (d)
 $d_x = 1000 - 75 - \frac{1}{2} 25 = 912,5 \text{ mm}$

$$d_y = 1000 - 75 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 887,5 \text{ mm}$$

4.5.3.1 Kontrol geser ponds

- Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarluaskan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1.



Gambar 4.60 Geser Ponds akibat Kolom

Untuk pondasi tapak non-prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{\alpha_s^2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

$$\begin{aligned}\beta &= \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat)} \\ &= 1000/1000 = 1\end{aligned}$$

Tebal efektif balok poer :

$$d' = 1000 - 75 - (1/2 \cdot 25) = 912,5 \text{ mm}$$

Keliling penampang kritis :

$$bo = 2(bk + d) + 2(hk + d)$$

dimana : bk = lebar penampang kolom

$$hk = \text{tinggi penampang kolom}$$

$$d = \text{tebal efektif poer}$$

$$bo = 2(1000 + 912,5) + 2(1000 + 912,5) = 7650 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{35} \times 7650 \times 912,5 \\ &= 21061946,56 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left(\frac{20,912,5}{7650}\right) 1 \cdot \sqrt{35} \times 7650 \times 912,5 \\ &= 150327718 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \times 7650 \times 912,5 \\ &= 13628318,36 \text{ N}\end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 13628318,36 N = 1389227,15 kg

$$\emptyset V_c = 0,75 \cdot 1389227,15 \text{ Kg} > Vu$$

$$\emptyset V_c = 1041920,36 \text{ kg}$$

$$Vu = V + W_{\text{beton}} - n \times P_{\text{jin grup}}$$

$$= 795617,94 + 8778,375 - 2 \times 125410,9$$

$$= 653903,17 \text{ kg}$$

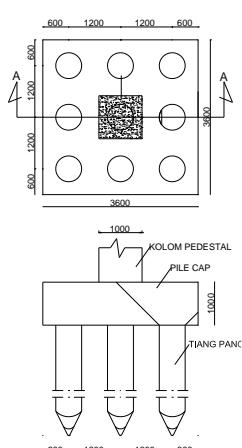
$$\emptyset V_c > Vu (\text{OK})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Pancang

$\beta = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat)} = 1000/1000 = 1$

$$b_o = (\pi \times (600 + 912,5)) = 4751,65 \text{ mm}$$



Gambar 4.61 Geser Ponds akibat Tiang Pancang

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1. \sqrt{35} \times 4751,65 \times 912,5 \\ &= 13082246,48 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left(\frac{20 \cdot 912,5}{4751,65}\right) 1. \sqrt{35} \times 4751,65 \times 912,5 \\ &= 12435403,91 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \times 4751,65 \times 912,5 \\ = 8464983 N$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $8464983 N = 862893,27 \text{ Kg}$

$$\bar{\Omega} V_c = 0,75 \cdot 862893,27 \text{ Kg} > P_{ijin}$$

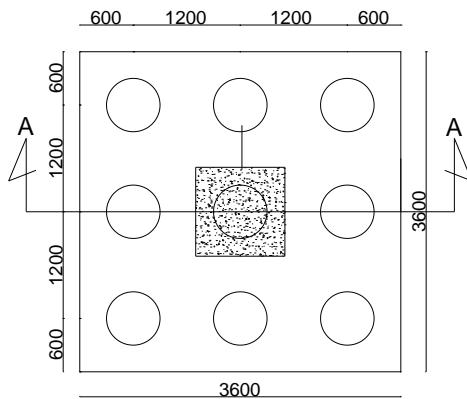
$$\bar{\Omega} V_c = 647169,9 \text{ kg} > P_{ijin} = 125410,9 \text{ kg (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran *poer* memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

4.5.3.2 Penulangan *poer*

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang dihasilkan dari tiang pancang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri *poer*. Perhitungan gaya dalam pada *poer* didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

- Penulangan Arah X



Gambar 4.62 Pembeban Poer Kolom (Arah Sumbu X)

$$P_{\max} = 125,41 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 125,41 = 376,232 \text{ ton}$$

$$Q = 2,4 \times 3,6 \times 1000 = 8640 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned}
 qu &= 8,64 \text{ ton/m} \times 1,2 = 10,368 \text{ ton/m} \\
 Mu &= P a - \frac{1}{2} qux \cdot L^2 \\
 &= (376,232 \times 0,7) - (\frac{1}{2} \times 10,368 \times (1,3)^2) \\
 &= 249,7 \text{ tonm} \\
 &= 2497645910 \text{ Nmm} \\
 dx &= 1000 - 75 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 912,5 \text{ mm} \\
 dy &= 1000 - 75 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 887,5 \text{ mm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{2497645910}{0,9} = 2775162122 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{fy}{0,85 \cdot f/c} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,11 \\
 \rho_{min} &= 0,0018 \\
 Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{2775162122}{3600 \times 912,5^2} = 0,92 \\
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{14,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,11 \times 0,92}{420}} \right) = 0,00223 > \rho_{min} \\
 \rho_{pakai} &= \rho_{perlu} = 0,00223
 \end{aligned}$$

- Tulangan sisi bawah *poer* yang dibutuhkan :

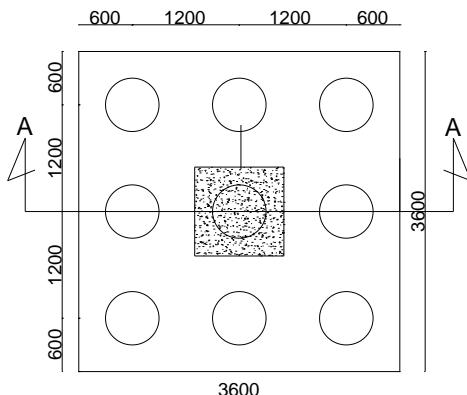
$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,00223 \times 3600 \times 912,5 = 7344,97 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$
 Digunakan Tulangan D22 ($As = 380,132 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan Perlu} &= \frac{7344,97}{380,132} = 19,32 \approx 20 \text{ buah} \\
 \text{Jarak tulangan terpasang} &= \frac{(2400 - 2 \times 75 - 25)}{20-1} = 180,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$
 Digunakan tulangan lentur bawah D22–150
- Tulangan sisi atas *poer* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As_{bawah} \\
 &= 0,5 \times 7344,97 = 3672,48 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$
 Digunakan Tulangan D16 ($As = 201,06 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan Perlu} &= \frac{3672,48}{201,06} = 18,2 \approx 19 \text{ buah} \\
 \text{Jarak tulangan terpasang} &= \frac{2400 - 2 \times 75 - 18}{19-1} = 190 \text{ mm}
 \end{aligned}$$
 Digunakan tulangan lentur atas D16–150

- Penulangan Arah Y



Gambar 4.63 Pembebanan Poer pada Kolom (Arah Sumbu Y)

$$P_{\max} = 125,41 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 125,41 = 376,232 \text{ ton}$$

$$Q = 3,6 \times 2,4 \times 1000 = 8,64 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 8,64 \text{ ton/m} \times 1,2 = 10,37 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= P a - \frac{1}{2} qu. L^2 \\ &= (376,232 \times 0,7) - (\frac{1}{2} \times 10,37 \times (0,7)^2) \end{aligned}$$

$$= 24,97 \text{ tonm}$$

$$= 2497645910 \text{ Nmm}$$

$$dx = 1000 - 75 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 912,5 \text{ mm}$$

$$dy = 1000 - 75 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 887,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{2497645910}{0,9} = 2775162122 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f_{rc}} = \frac{420}{0,85 \cdot 35} = 14,11$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{2775162122}{3600 \times 887,5^2} = 0,96$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \frac{1}{14,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,11 \times 0,96}{420}} \right) = 0,00234 > \rho_{\min}$$

- Tulangan sisi bawah *poer* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} As &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,00234 \times 3600 \times 887,5 = 7532,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D25 ($As = 380,132 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{7532,25}{380,132} = 19,8 \approx 20 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan terpasang} &= \frac{3600 - 2 \times 75 - 2 \times 25 - 25}{20-1} \\ &= 178,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–150

- Tulangan sisi atas *poer* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As_{\text{bawah}} \\ &= 0,5 \times 7532,25 = 3766,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D18 ($As = 201,06 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3766,13}{201,06} = 18,7 \approx 19 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan terpasang} &= \frac{3600 - 2 \times 75 - 2 \times 18 - 18}{19-1} \\ &= 189 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur atas D16–150

Tabel 4.19 Rekapitulasi Perhitungan Pondasi dan *Poer*

Tipe	Dimensi	Jumlah tiang	Diameter Pancang	Tulangan X		Tulangan Arah Y	
				Atas	Bawah	Atas	Bawah
PC 1	3,6x3,6x1	9	60	D16-150	D22-150	D16-150	D22-150
PC 2	4,8x2,4x1,5	8	60	D22-250	D29-250	D22-250	D29-250
PC 3	2,4x4,8x1,5	8	60	D22-250	D29-250	D22-250	D29-250

4.5.4 Perencanaan kolom pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil analisis ETABS 2016 pada pada kolom lantai Ground, adalah :

$$Mu_x = 20180,58 \text{ kg.m} = 201,81 \text{ kNm}$$

$$Mu_y = 13324 \text{ kgm} = 133,24 \text{ kNm}$$

$$P_u = 795617,9 \text{ kg} = 7797056 \text{ N}$$

$$V_u = 15854,96 \text{ kg} = 158549,6 \text{ N}$$

Data perencanaan kolom :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$A_g = 1000000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

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

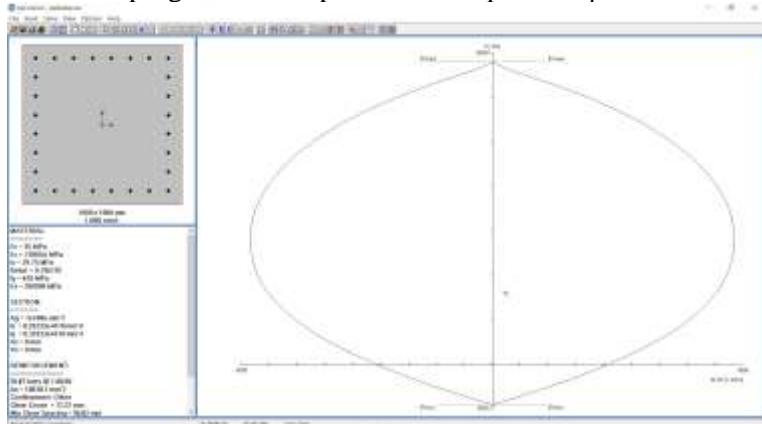
$$\text{Tulangan sengkang} = \emptyset 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = \emptyset 22 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1000 - (40 + 10 + \frac{1}{2}.22) = 939 \text{ mm}$$

Penulangan Lentur pada Kolom

Dari program bantu spColumn didapat nilai $p = 1,08 \%$



Gambar 4.64 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program spColumn

$$A_s = 0,0108 \cdot 1000 \cdot 939 = 10141,2 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 28D22, $A_s = 10643,7 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.

Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 15855 \text{ kg} = 158549,6 \text{ N}$$

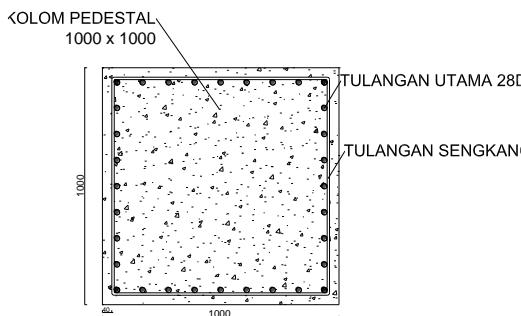
Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= 2 \left(1 + \frac{7797056}{14 \times 1000000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 1000 \times 939 \\ &= 1442038 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 V_c = 0,75 \times 1442038 = 1081528 \text{ N}$$

Karena $V_u = 158549,6 \text{ N} < \emptyset V_c \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

Jadi dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 10 - 150$, sengkang dua kaki.



Gambar 4.65 Penulangan Kolom Pedestal

4.5.5 Perencanaan balok *Tie Beam*

Balok *Tie Beam* berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar *pilecap*. Hal itu diperlukan jika terjadi penurunan, maka seluruh struktur bangunan dapat bergerak kebawah bersama. Balok *Tie Beam* direncanakan mampu memikul berat sendiri dan dinding yang ada diatasnya. Berikut adalah perencanaan balok *Tie Beam*.

Data perencanaan :

$$L = 10600 \text{ mm}$$

$$b \geq L/20 = 530$$

$$\leq 450 \text{ mm}, b \text{ pakai} = 450 \text{ mm}$$

Pakai

$$h = 650 \text{ mm}$$

Mutu bahan:

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

Tinggi dinding = 5 m

$$\text{Berat dinding} = \text{Citicon} = 132 \text{ kg/m}^2$$

$$\beta = 0,79$$

$$\text{Gaya aksial kolom} = 795617,94 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya aksial Tie Beam} &= 10\% \times 795617,94 \text{ kg} \\ &= 79561,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada *Tie Beam* (f_r) harus lebih kecil dari tegangan tarik ijin beton (f_{ijin}).

$$f_{ijin} = 0,7\sqrt{f'_c} = 0,7 \times \sqrt{35} = 4,14 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} f_r &= P_u \times \frac{10}{0,8 \times B \times H} \\ &= 79561,8 \times \frac{10}{0,8 \times 450 \times 650} = 3,4 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Beban yang dipikul balok *Tie Beam*

$$\text{Berat sendiri} = 0,45 \times 0,65 \times 2400 = 702 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 132 \times 5 = 660 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total } q_d = 1362 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,4 q_d \\ &= 1,4 \times 1362 = 1906,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Besar momen balok *Tie Beam* menggunakan persamaan pada perhitungan balok menerus berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 8.3.3

- Penulangan lentur sisi tumpuan

$$\text{Diameter tulangan utama} = 16 \text{ mm (As} = 201,06)$$

$$\text{Diameter tulangan transversal} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Cover} = 50 \text{ mm}$$

$$d' = 650 - 50 - 10 - 0,5 * 16 = 582 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= \frac{1}{12} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{12} \times 1906,8 \times 10,6^2 = 17854 \text{ kgm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{17854}{0,9} = 19837,78 \text{ kgm} = 194608644 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,11 \\
 \rho_{min} &= 1,4/fy = 1,4/420 = 0,0033 \\
 Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{194608644}{450 \times 582^2} = 0,0028 \\
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{14,1} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1 \times 0,0028}{420}} \right) \\
 &= 0,0029 < \rho_{min} = 0,0033 \\
 \rho_{pakai} &= 0,0033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As_{perlu} &= \rho \times b \times d' \\
 &= 0,0033 \times 450 \times 582 = 873 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As} = \frac{873}{201} = 4,34 \approx 5 \text{ buah}$$

Pakai 5D16

- Penulangan lentur sisi lapangan

Diameter tulangan utama = 16 mm (As = 201,06)

Diameter tulangan transversal = 10 mm

Cover = 50 mm

$$d' = 650 - 50 - 10 - 0,5 * 16 = 582 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= \frac{1}{24} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{24} \times 1906,8 \times 10,6^2 = 8927 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{8927}{0,9} = 9918,9 \text{ kgm} = 97304321,8 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = 13,69$$

$$\rho_{\min} = 0,0033$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{97304321,8}{450 \times 582^2} = 0,001418$$

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

$$= \frac{1}{13,69} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,69 \times 0,0014}{420}} \right)$$

$$= 0,001432 < \rho_{\min} = 0,0033$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0033$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d'$$

$$= 0,0033 \times 450 \times 582 = 873 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s} = \frac{873}{201} = 4,34 \approx 5 \text{ buah}$$

Pakai 5D16

- Penulangan geser

$$V_u = 0,5 \times q_u \times L$$

$$= 0,5 \times 1906,8 \times 10,6 = 10106,04 \text{ kg}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton adalah sebagai berikut.

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 450 \times 582$$

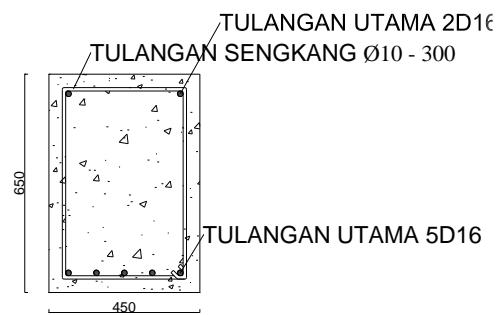
$$= 258236,88 \text{ N} = 26323,8 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 V_c = 0,75 \times 26323,8 = 19742,88 \text{ kg}$$

Karena $V_u = 60662,98 \text{ N} < \emptyset V_c$, sehingga tidak perlu tulangan geser.

Jadi dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 10$ dengan jarak paling minimum dari 300 mm atau $d/2 (= 291 \text{ mm})$.

Sehingga, dipakai tulangan $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$.



Gambar 4.66 Potongan Melintang Balok Sloof

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. *Preliminary design* pada struktur apartemen Grand Kamala Lagoon ini antara lain :
 - a. Material dan jenis profil yang digunakan yaitu, balok dengan profil baja WF, kolom menggunakan *Concrete Filled-Steel Tube*, dan pelat menggunakan bondek.
 - b. Mutu baja yang digunakan yaitu BJ41 dan mutu beton yang digunakan yaitu $f'c = 35 \text{ Mpa}$.
2. Hasil perhitungan struktur sekunder meliputi:
 - a. Pelat lantai menggunakan bondek dari Super Floor Deck ketebalan(t) = 0,75 mm. Dengan rincian :
 - Lantai Apartemen : tebal pelat beton = 110 mm dipasang tulangan negatif 9 Ø 8 – 110.
 - Lantai Atap : tebal pelat beton = 110 mm dipasang tulangan negatif 6 Ø 8 – 160.
 - b. Dimensi balok anak :

Balok anak lantai apartemen :

 - WF 450 x 300 x 11 x 18 bentang 10,6 m
 - WF 400 x 300 x 9 x 14 bentang 8,6 m
 - WF 300 x 200 x 9 x 14 bentang 6,6 m

Balok anak atap :

 - WF 450 x 300 x 10 x 15 bentang 10,6 m
 - WF 400 x 200 x 8 x 13 bentang 8,6 m
 - WF 300 x 200 x 8 x 12 bentang 6,6 m
 - c. Tangga
 - Pelat bordes, $t = 90 \text{ mm}$ dipasang tulangan negatif 3 Ø 8 – 330.

- Pelat tangga, $t = 90$ mm dipasang tulangan negatif 3
 $\varnothing 8 - 330$.
 - Balok utama tangga WF 200 x 100 x 4,5 x 7
 - Balok penumpu tangga WF 200 x 150 x 6 x 9
- d. *Balok Lift*
Balok Penggantung *Lift* : WF 600 x 300 x 12 x 20
3. Kontrol desain dalam permodelan dan analisa struktur yang meliputi kontrol nilai akhir respon spektrum, kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, dan kontrol simpangan (*drift*) pada struktur dengan sistem SRBE yang direncanakan berlokasi di kota Bekasi telah memenuhi syarat pada SNI 1729-2012.
4. Hasil perhitungan struktur primer (balok induk dan kolom) meliputi:
- a. Dimensi Balok Induk
 - Arah X : WF 600 x 300 x 12 x 17
 - Arah Y : WF 600 x 300 x 14 x 23
 - b. Dimensi Kolom
 - Kolom 1 : HSS 700 x 700 x 28
 - Kolom 2 : HSS 600 x 600 x 25
5. Hasil perhitungan bresing, *link* dan balok diluar *link* meliputi:
- a. Dimensi *Link*
 - Arah X : WF 600 x 300 x 12 x 20
 - Arah Y : WF 700 x 300 x 13 x 24
 - b. Dimensi Balok Diluar *Link*
 - Arah X : WF 600 x 300 x 12 x 20
 - Arah Y : WF 700 x 300 x 13 x 24
 - c. Dimensi Bresing
 - Arah X : WF 300 x 300 x 15 x 15
 - Arah Y : WF 300 x 300 x 11 x 17

6. Hasil perencanaan sambungan
 - a. Sambungan Struktur Sekunder yang terdiri dari balok anak dengan balok induk, balok utama tangga dengan penumpu tangga, dan balok penumpu tangga dengan kolom, menggunakan pelat siku dan sambungan baut pada badan profil.
 - b. Sambungan Struktur Primer
 - Balok diluar *link* dengan kolom : *single plate* t = 12 mm baut 4M20 pada badan balok dan las = 5 mm pada kolom, *diaphragm plate* t = 25 baut 12M30 pada sayap balok dan las = 2,5 cm pada kolom.
 - Balok induk dengan kolom : *single plate* t = 12 mm baut 3M20 pada badan balok dan las = 5 mm pada kolom, *diaphragm plate* t = 25 baut 10M30 pada sayap balok dan las = 2,5 cm pada kolom.
 - Bresing dengan pelat buhul (t=15 mm) : *single plate* t = 8mm baut 8M24 pada badan bresing dan pelat siku L80x80x8 baut 8M24 pada sayap bresing.
 - Kolom dengan kolom : pelat sambung t = 40 mm dengan las sudut tebal = 16 mm
 - Kolom dengan *baseplate* : *fixed plate* t=60 mm dengan las sudut = 2,65 cm, pelat pengaku t = 1,5 cm las = 5 mm, baut angkur 8M22 dengan panjang = 85 cm.
7. Hasil perhitungan struktur bangunan bawah
 - a. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang dari PT. WIKA Beton dengan diameter 60 cm dan kedalaman 26 m (sesuai dengan analisa hasil SPT tanah).
 - b. Dimensi *poer* direncanakan :
 - PC 1 dimensi 3,6x3,6x1 dipasang tulangan lentur arah memanjang 19D16 sisi atas dan 20D22 sisi bawah dan arah memendek 19D16 sisi atas dan 20D22 sisi bawah.

- PC 1 dimensi 4,8x2,4x1,5 dipasang tulangan lentur arah memanjang 9D22 sisi atas dan 10D29 sisi bawah dan arah memendek 16D22 sisi atas dan 19D29 sisi bawah.
 - PC 1 dimensi 2,4x4,8x1,5 dipasang tulangan lentur arah memanjang 9D22 sisi atas dan 10D29 sisi bawah dan arah memendek 16D22 sisi atas dan 19D29 sisi bawah.
- c. Dimensi kolom pedestal yang direncanakan yaitu 1000 mm x 1000 mm dengan tulangan utama 28D22 dan tulangan geser praktis Ø10 – 150, sengkang 2 kaki.
 - d. Dimensi *Tie Beam* direncanakan 450 mm x 650 mm dipasang tulangan lentur 5D16 dan tulangan geser praktis Ø10 – 300 mm.
8. Hasil penggambaran teknik

Hasil perencanaan gambar teknik dapat dilihat di lampiran.

5.2 Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *Eccentrically Braced Frames* (EBF) dan kolom *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) lebih dalam sesuai dengan peraturan yang berlaku dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, dan estetika. Sehingga perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, 2010. **Seismic Provision for Structural Steel Buildings.** AISC, Inc.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012).** Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. **Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).** Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Beban Minimum Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013).** Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. **Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural (SNI 03-1729-2015).** Bandung : BSN
- Becker, Roy and Michael Ishler, 1996. **Seismic Design Practice For Eccentrically Braced Frames.** California : Steel Tips Publication.
- Bruneau M, Uang, C.M., Whittaker, A., 1998. **Ductile Design of Steel Structures.** USA : McGraw-Hill.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. **Peraturan Pembebaan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983).** Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Engelhardt, Michael D., 2007. **Design Of Seismic Resistant Steel Building Structures.** USA :University of Texas

- Fauzi, Aan. 2013. **Modifikasi Perencanaan menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus pada Gedung Apartemen Metropolis.** Surabaya : Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS
- Fihari, Irfan. 2010. **Analisis Pelat Buhul Struktur Rangka Baja Berpengaku Eksentrik.** Yogyakarta : Program Studi Teknik Sipil FT-UAJY
- Marwan, Isdarmanu, 2006. **Buku Ajar : STRUKTUR BAJA I.** Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
- Nidiasari dan Budiono, 2010. **Kajian Numerik Perilaku Link Panjang Dengan Pengaku Diagonal Badan Pada Sistem Rangka Baja Berpengaku Eksentris.** Seminar dan Pameran HAKI.
- Popov, E. P., and C. W. Roeder, 1978. **Design of an Eccentrically Braced Steel Frame.** AISC Engineering Journal. 3rd Quarter, Vol. 15, No. 3.
- Popov, E. P., and Engelhardt M. D., 1988. **Seismic Eccentrically Braced Frames.** California : J. Construct. Steel Research.
- Setiawan, Agus. 2008. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002).** Jakarta : Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto. 1994. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi.** Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam.** Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.

Yurisman. 2010. **Perilaku Link dengan Pengaku Diagonal Badan pada Sistem Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF)**. Bandung : ITB.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY

3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN
LANTAI GF, UF, TRANSFER

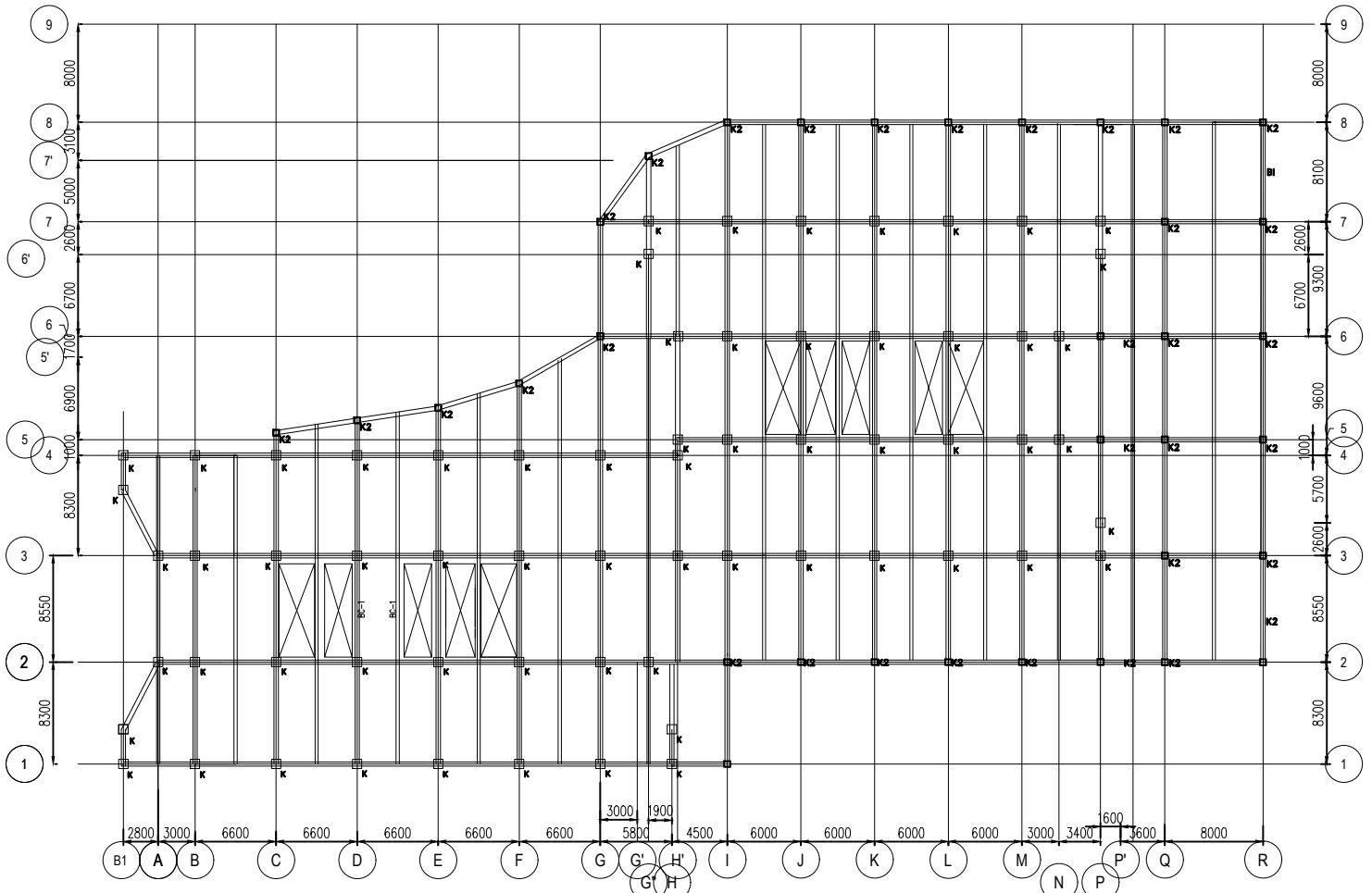
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------------	---------------

1	31
---	----

SKALA

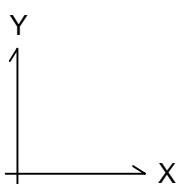
1 : 400

CATATAN



DENAH PEMBALOKAN GF, UF, TRANSFER

SCALE 1 : 400





JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY

3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 1-22

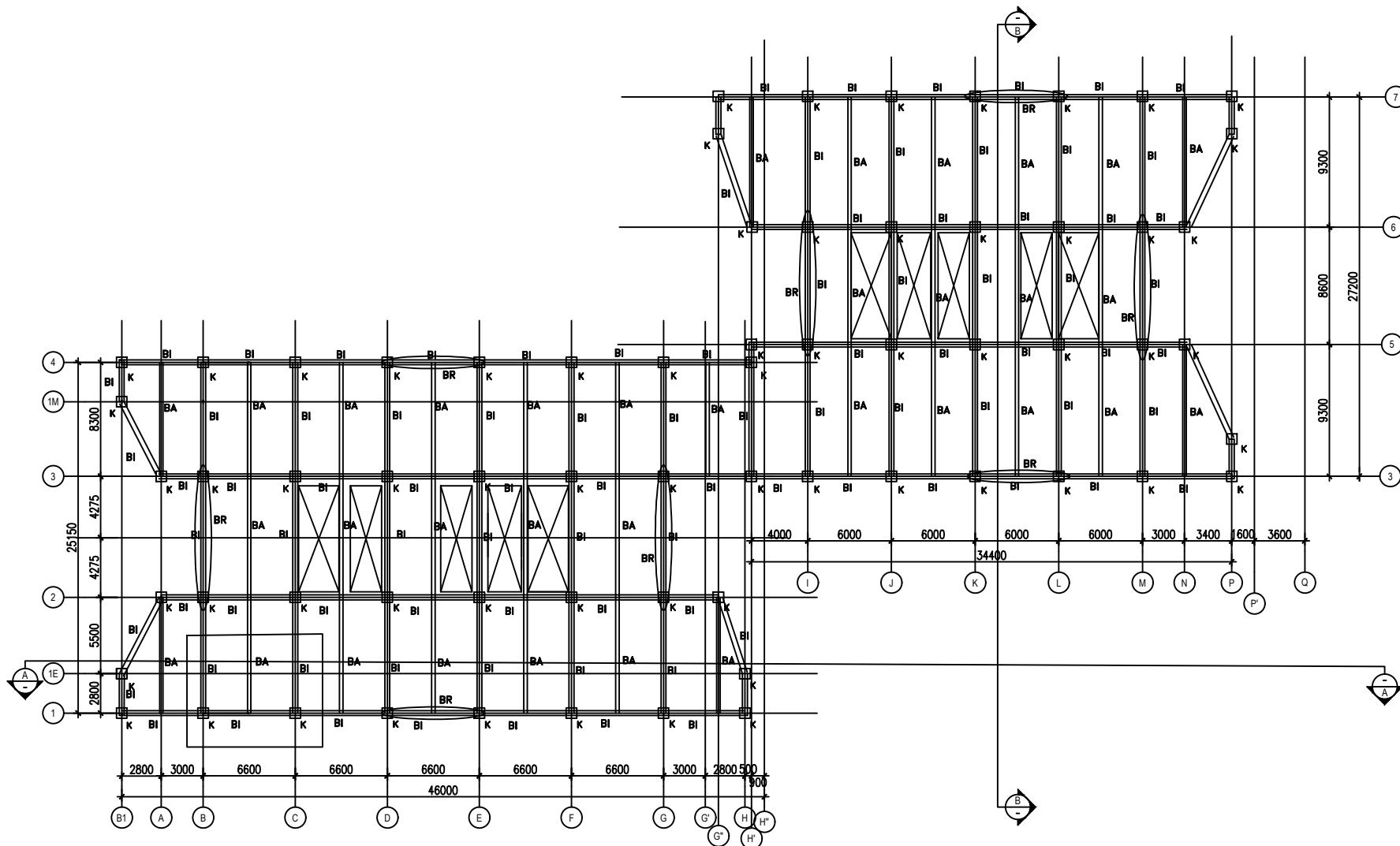
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------------	---------------

2	31
---	----

SKALA

1 : 300

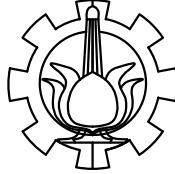
CATATAN



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 1-22

SCALE 1 : 300

Y
1
X



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN
LANTAI ATAP

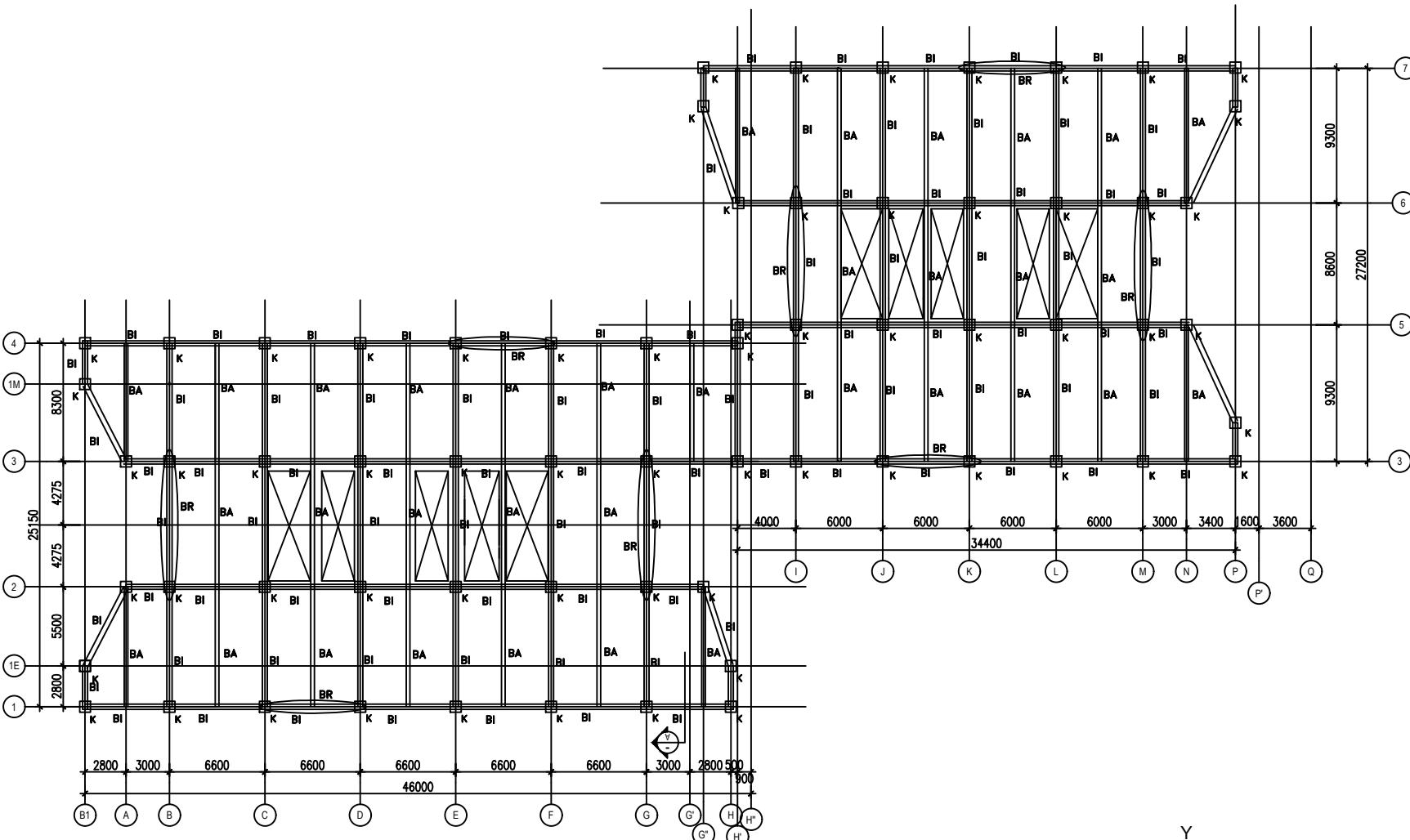
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

3 31

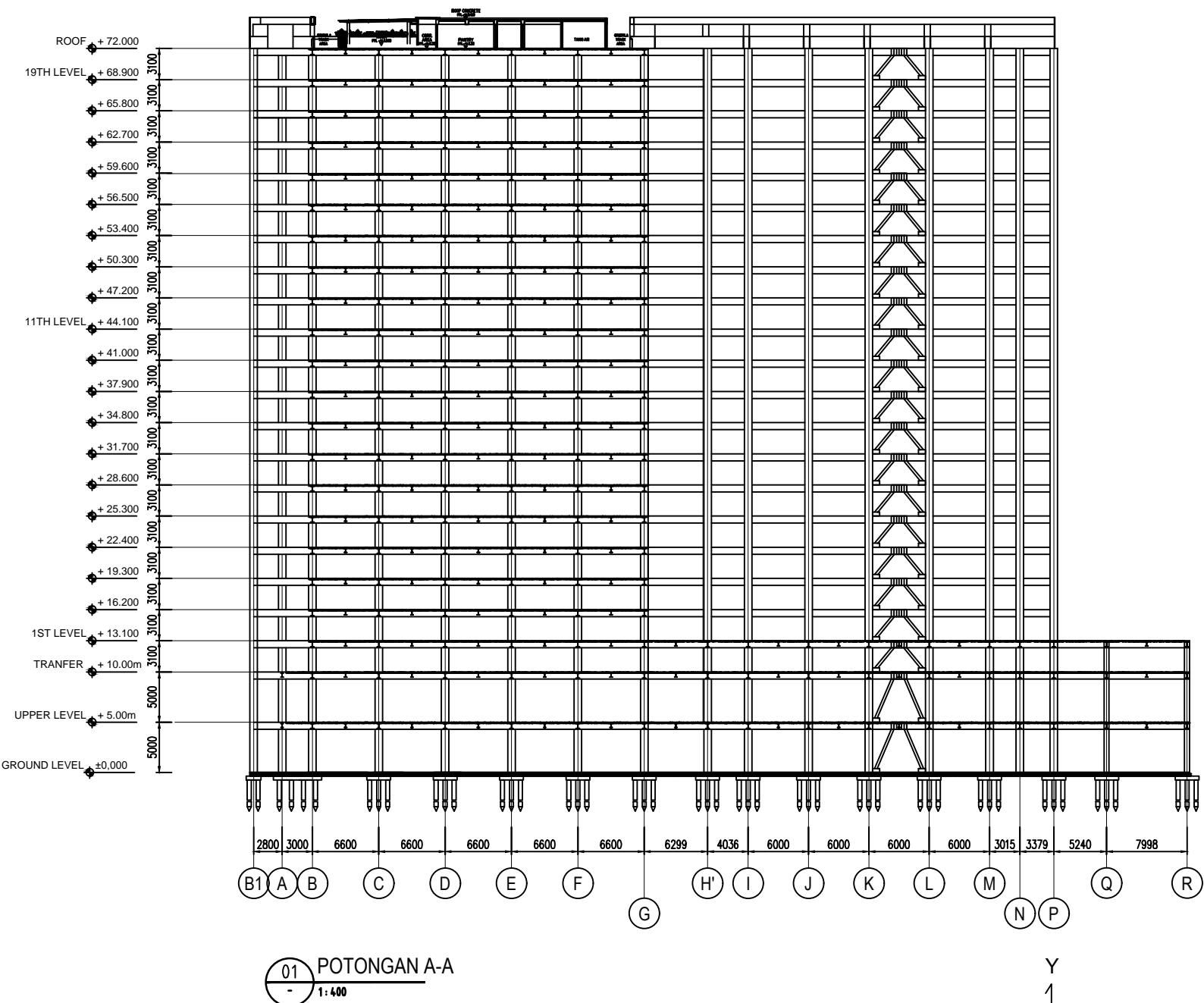
SKALA

1 : 300

CATATAN



Y
1
X



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

POTONGAN
STRUKTUR A-A

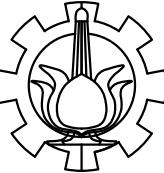
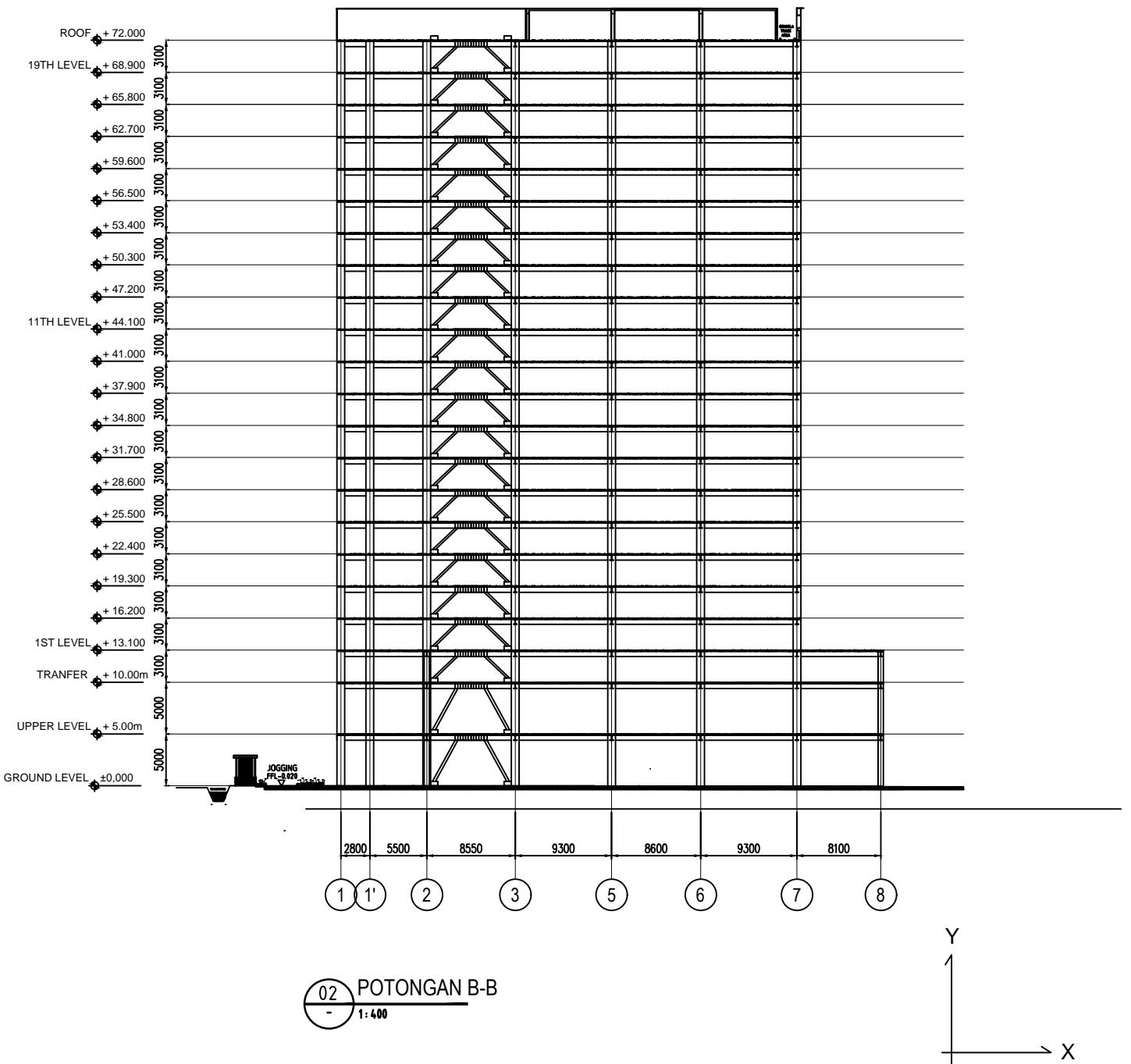
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

4 31

SKALA

1 : 400

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

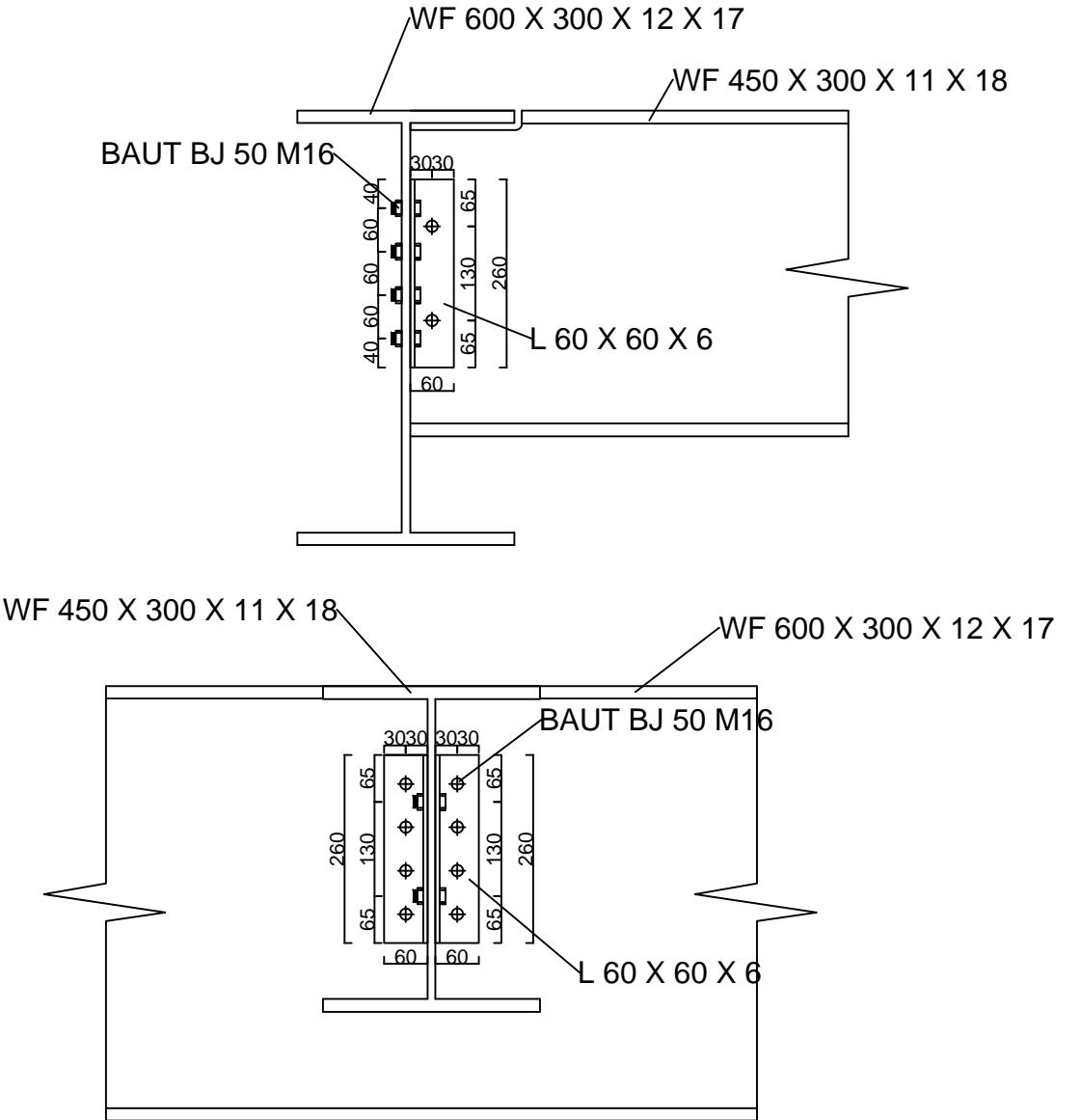
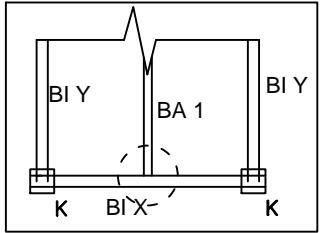
POTONGAN
STRUKTUR B-B

NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
5	31

SKALA

1 : 400

CATATAN



SAMBUNGAN BALOK INDUK BIX DAN BALOK ANAK BA1 LANTAI

SKALA 1:10

SKALA

1 : 10

CATATAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
INDUK X DAN BALOK
ANAK BA1 LANTAI

NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

6 31



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY

3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
INDUK X DAN BALOK ANAK
BA2 LANTAI

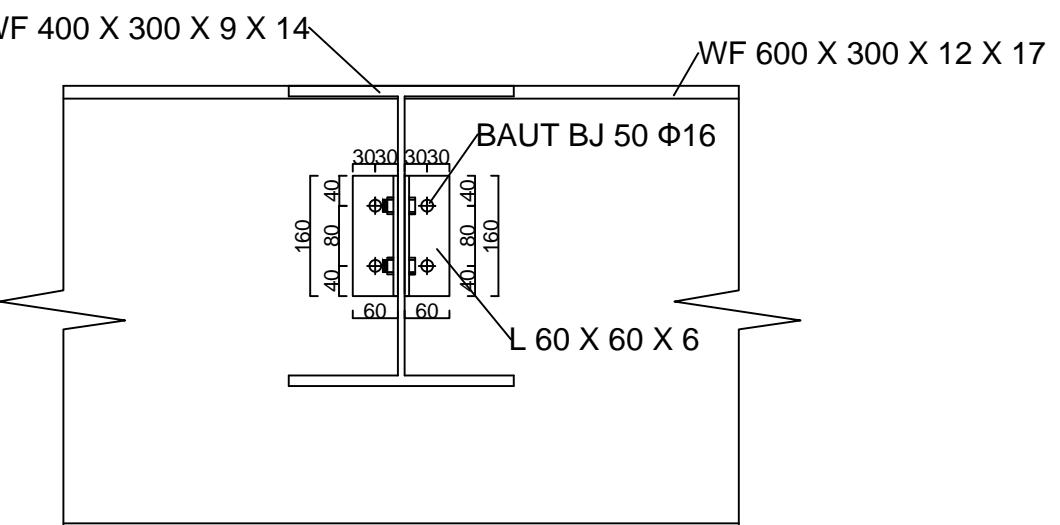
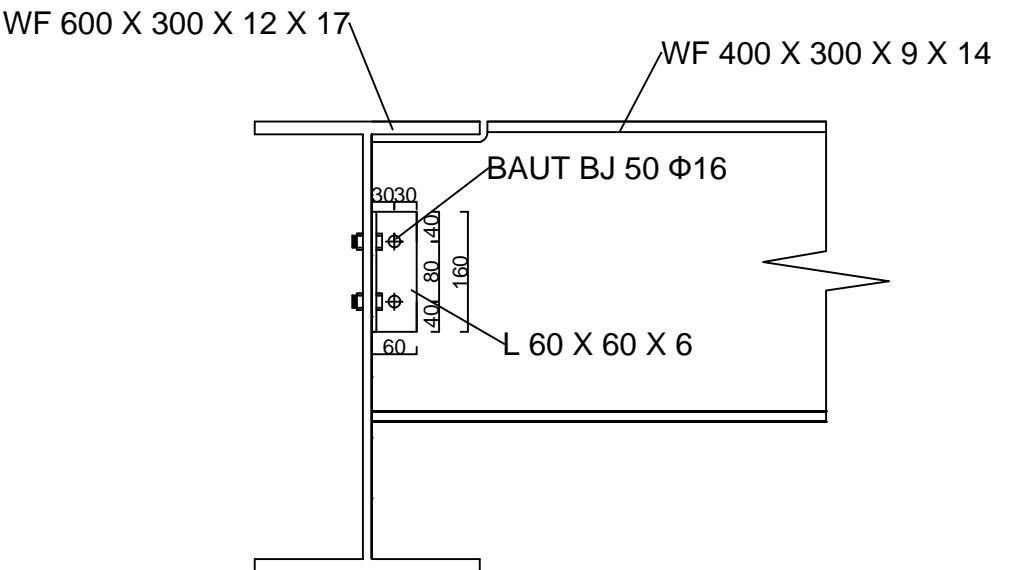
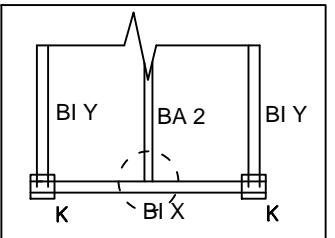
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

7 31

SKALA

1 : 10

CATATAN



SAMBUNGAN BALOK INDUK BIX DAN BALOK ANAK BA2 LANTAI

SKALA 1:10



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
INDUK X DAN BALOK
ANAK BA3 LANTAI

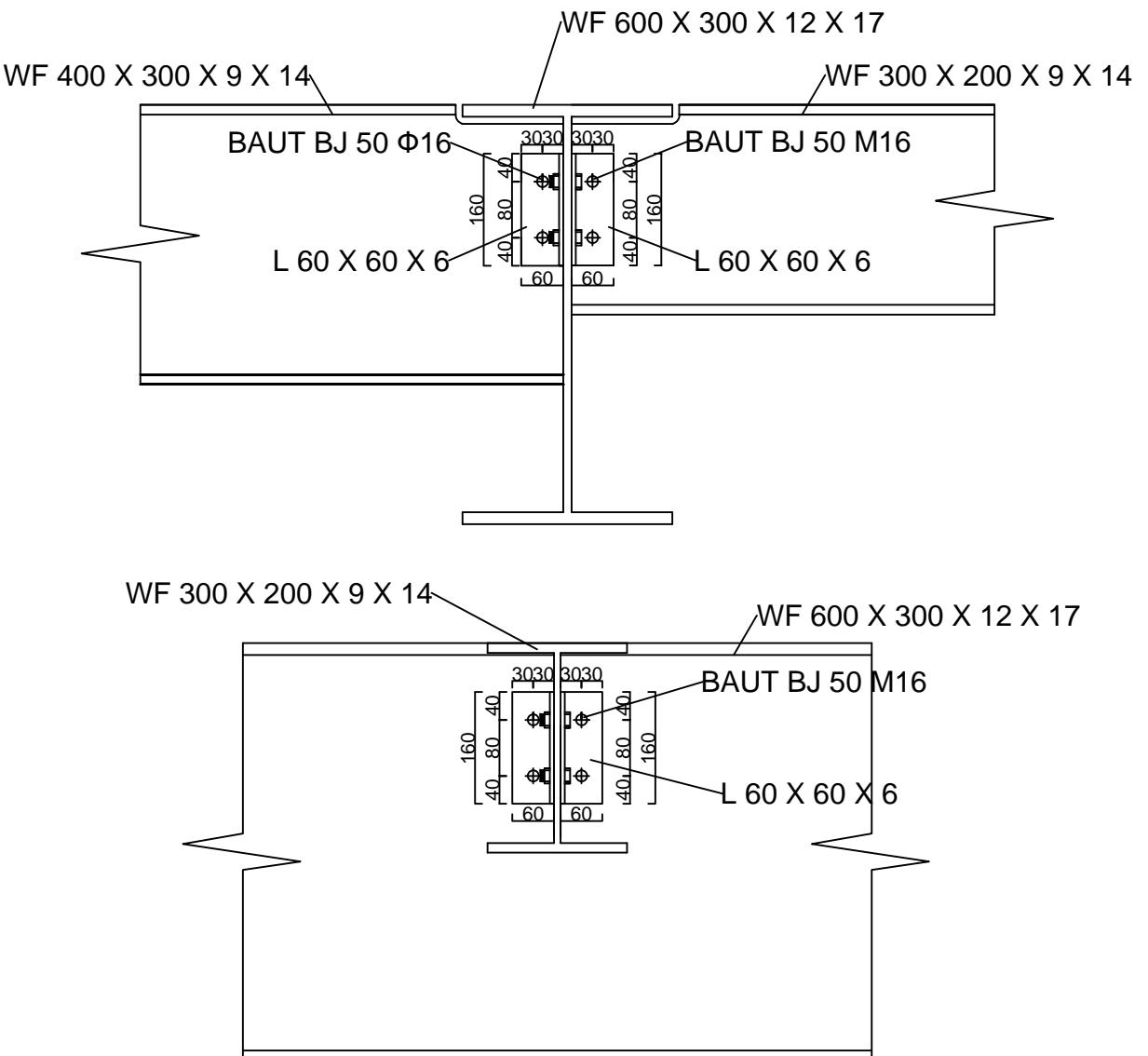
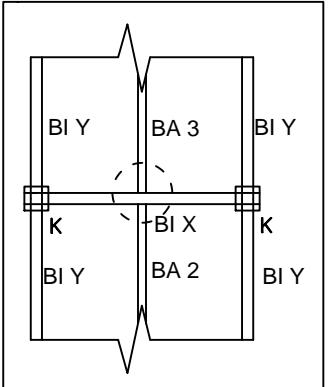
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

8 31

SKALA

1 : 10

CATATAN



SAMBUNGAN BALOK INDUK BIX DAN BALOK ANAK BA3 LANTAI

SKALA 1:10



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY

3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

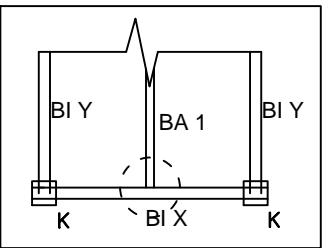
SAMBUNGAN BALOK
INDUK X DAN BALOK
ANAK BA1 ATAP

NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
9	31

SKALA

1 : 10

CATATAN



WF 600 X 300 X 12 X 17

WF 450 X 300 X 10 X 15

BAUT BJ 50 $\Phi 16$

3030
40 80 140
60
160

L 60 X 60 X 6

WF 450 X 300 X 10 X 15

WF 600 X 300 X 12 X 17

BAUT BJ 50 $\Phi 16$

3030
3030
160 40
40 80 140
60
60
160

L 60 X 60 X 6

SAMBUNGAN BALOK INDUK BIX DAN BALOK ANAK BA1 ATAP

SKALA 1:10



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN
BALOK INDUK X
DAN BALOK
ANAK BA2 ATAP

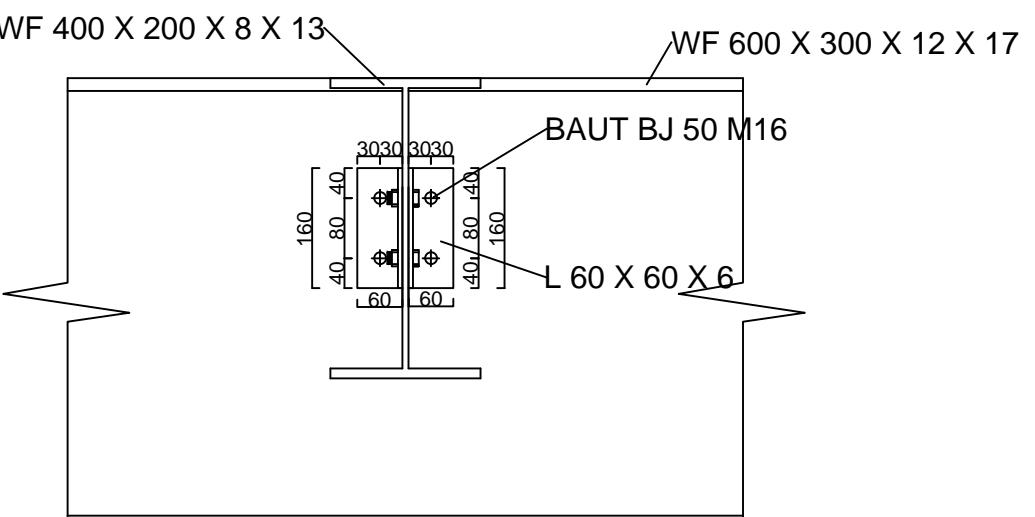
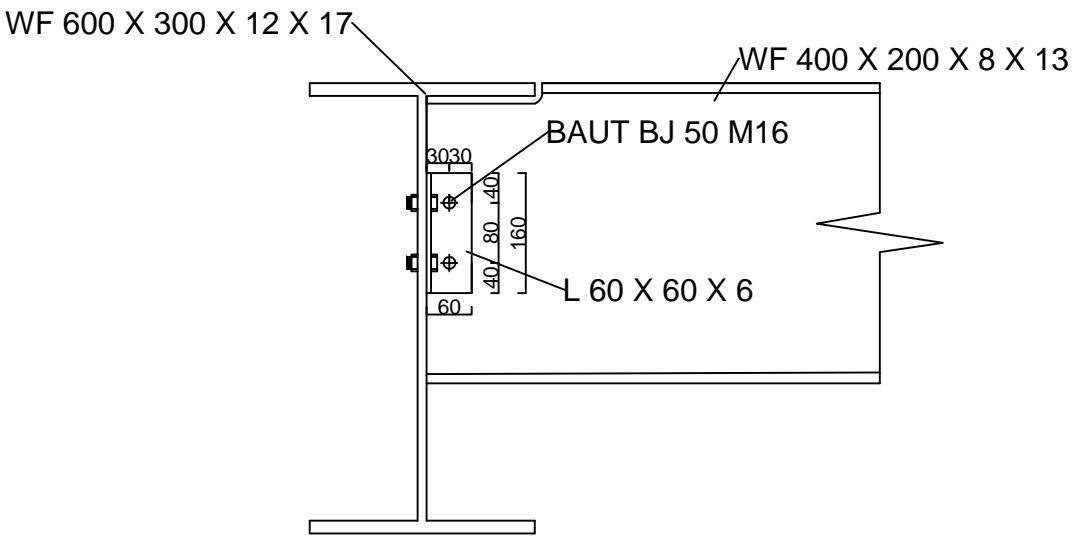
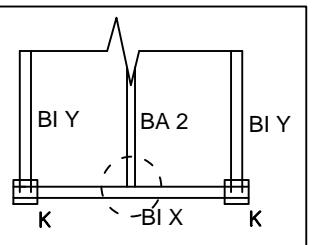
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

10 31

SKALA

1 : 10

CATATAN



SAMBUNGAN BALOK INDUK BIX DAN BALOK ANAK BA2 ATAP

SKALA 1:10



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN
BALOK INDUK X
DAN BALOK ANAK
BA3 ATAP

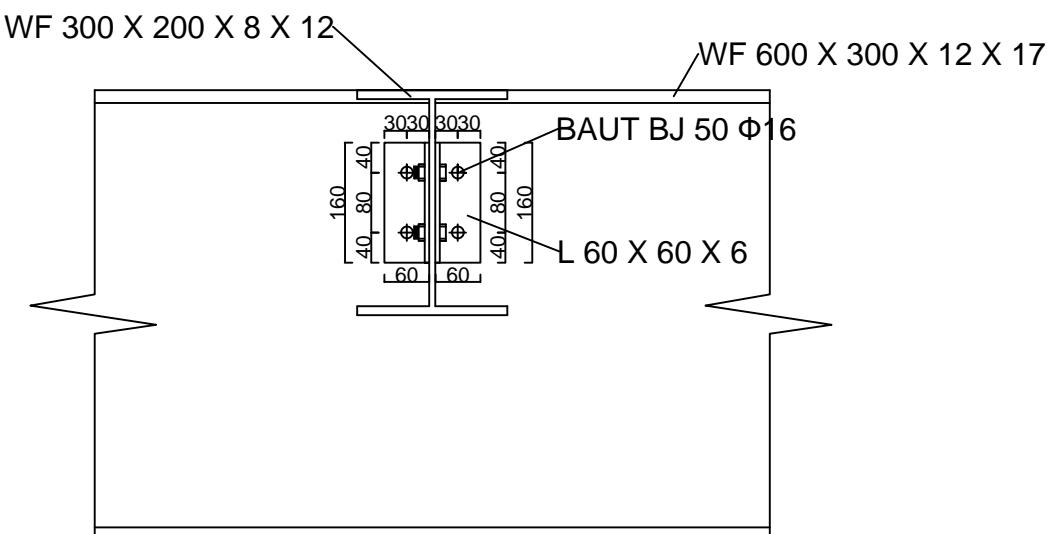
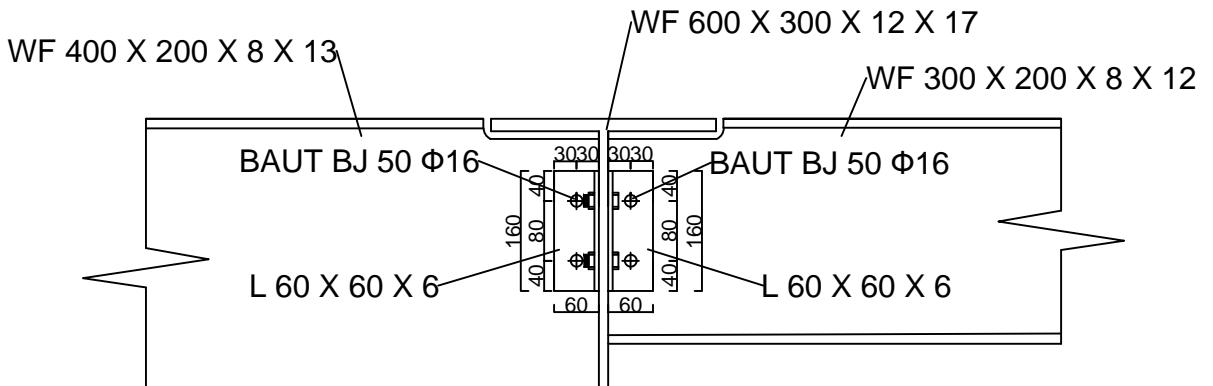
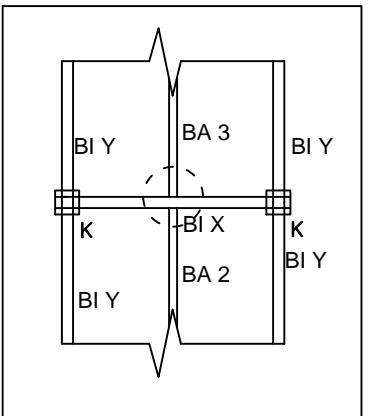
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

11 31

SKALA

1 : 10

CATATAN



SAMBUNGAN BALOK INDUK BIX DAN BALOK ANAK BA3 ATAP

SKALA 1:10



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

PERENCANAAN TANGGA

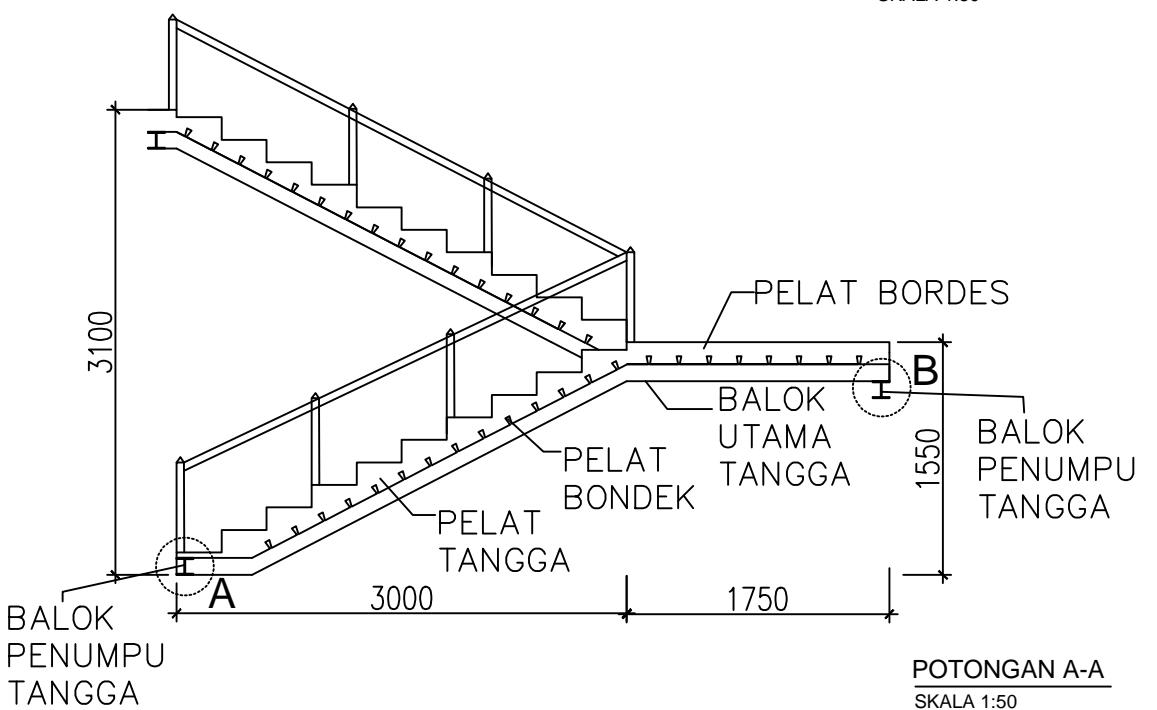
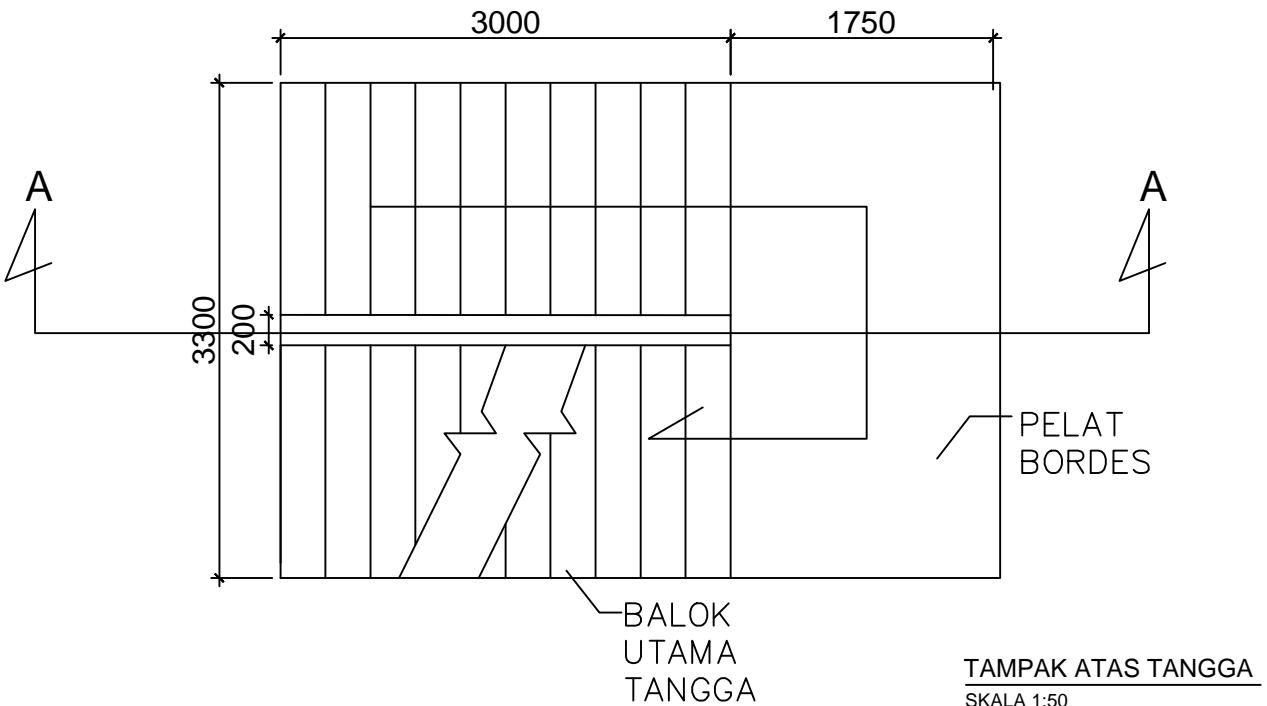
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

12 31

SKALA

1 : 50

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

DETAIL TANGGA

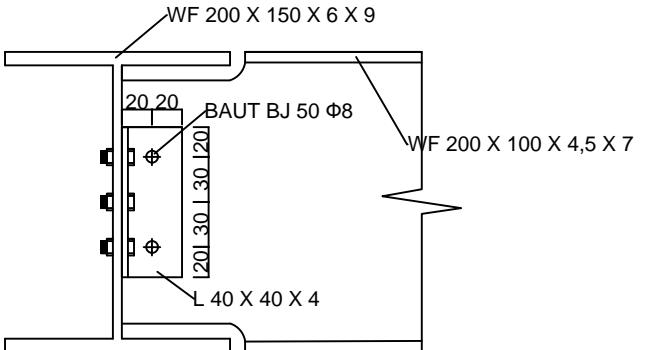
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

13 31

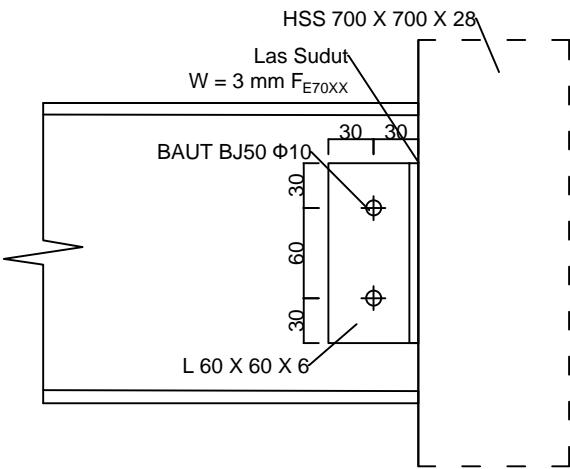
SKALA

1 : 5

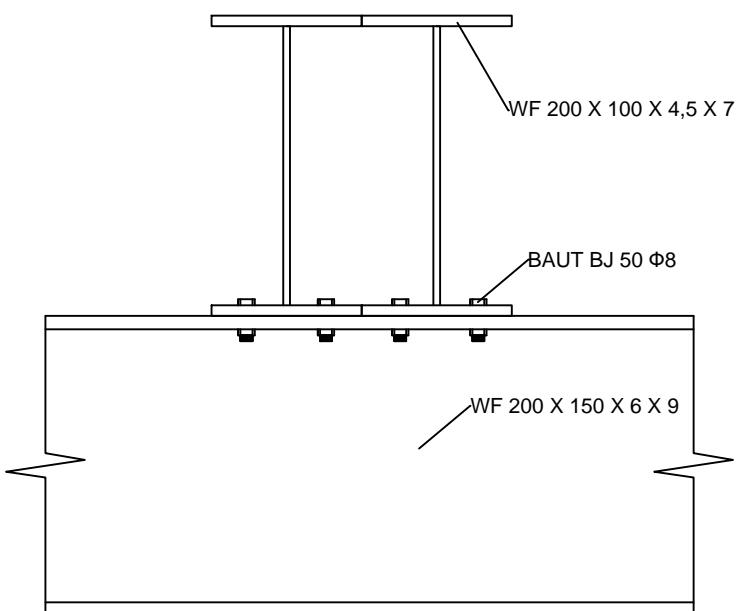
CATATAN



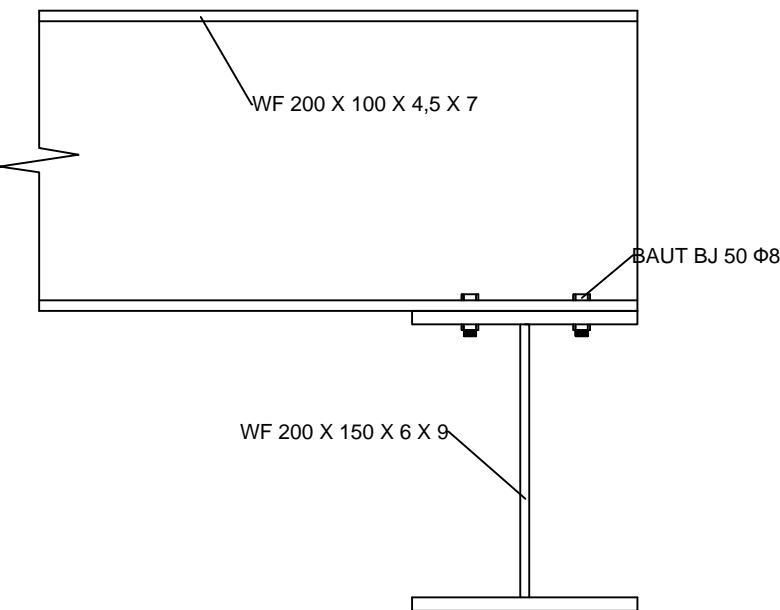
DETAIL BALOK PENUMPU TANGGA DENGAN BALOK UTAMA TANGGA
SKALA 1:5



DETAIL BALOK PENUMPU TANGGA DENGAN KOLOM
SKALA 1:5



TAMPAK DEPAN DETAIL B
SKALA 1:5



TAMPAK SAMPING DETAIL B
SKALA 1:5



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

TAMPAK ATAS
SAMBUNGAN BALOK
DILUAR LINK X DENGAN
KOLOM

NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

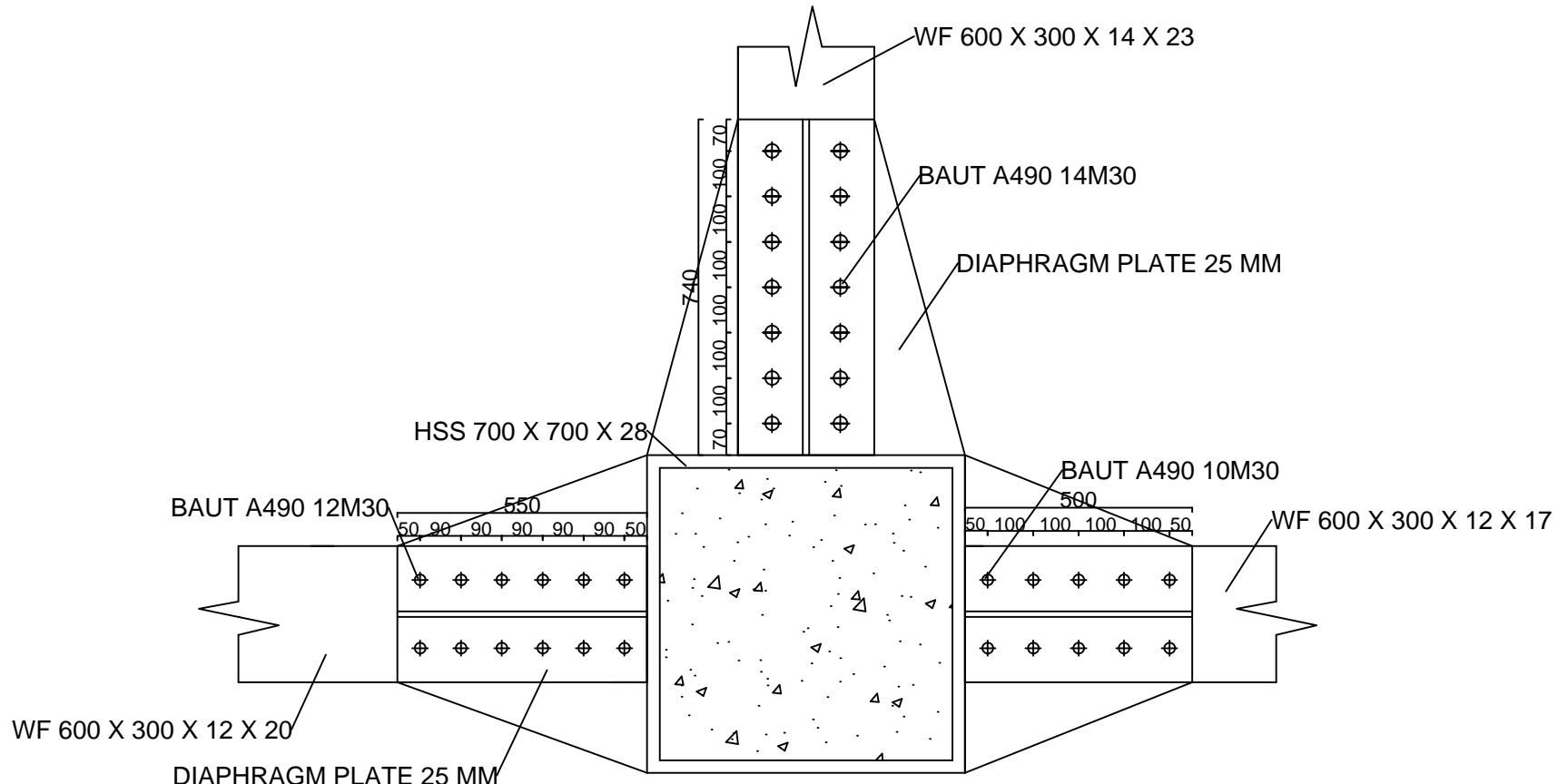
14 31

SKALA

1 : 15

CATATAN

BALOK DILUAR LINK X : WF 600.300.12.20
BALOK INDUK X : WF 600.300.12.17



**TAMPAK ATAS SAMBUNGAN BALOK DILUAR
LINK X DENGAN KOLOM**

SKALA 1:15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
DILUAR LINK X DENGAN
KOLOM

NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

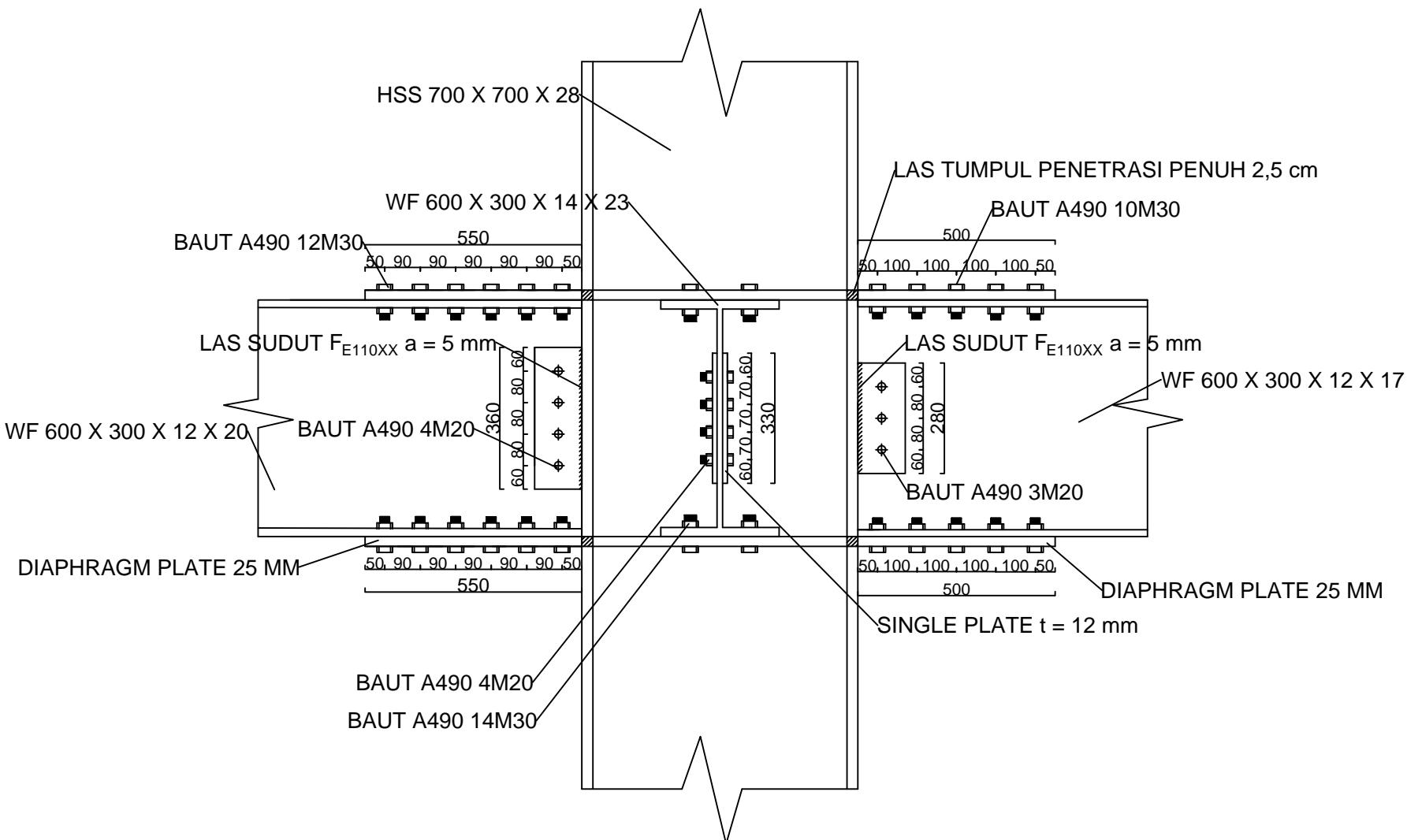
15 31

SKALA

1 : 15

CATATAN

BALOK DILUAR LINK X : WF 600.300.12.20
BALOK INDUK X : WF 600.300.12.17



SAMBUNGAN BALOK DILUAR LINK X DENGAN KOLOM

SKALA 1:15



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

TAMPAK ATAS SAMBUNGAN
BALOK DILUAR LINK Y DENGAN
KOLOM

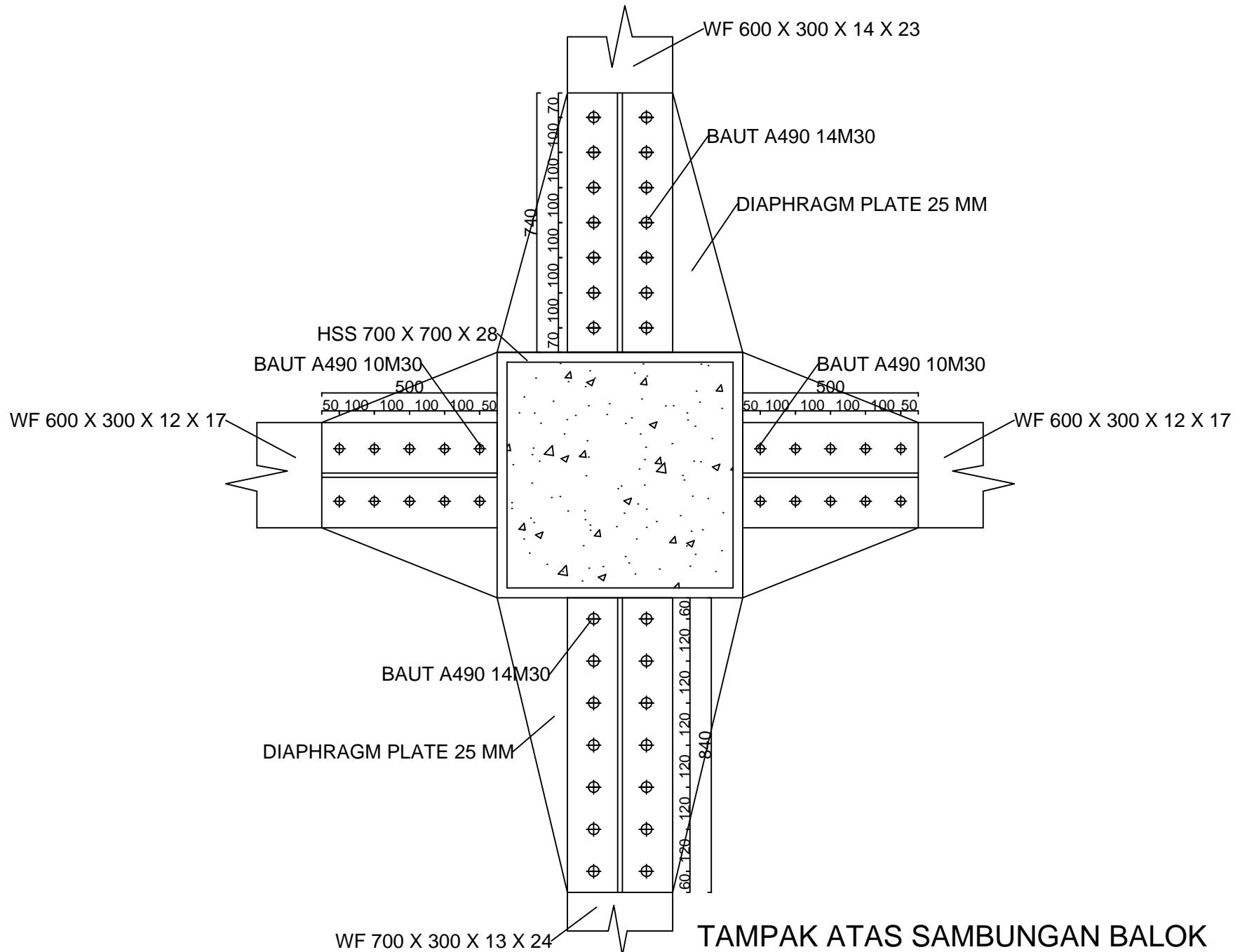
NOMOR I EMBAR

16 | 31

SKALA

1 : 15

CATATAN



TAMPAK ATAS SAMBUNGAN BALOK DILUAR LINK Y DENGAN KOLOM

SKALA 1:15



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY

3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
DILUAR LINK Y DENGAN
KOLOM

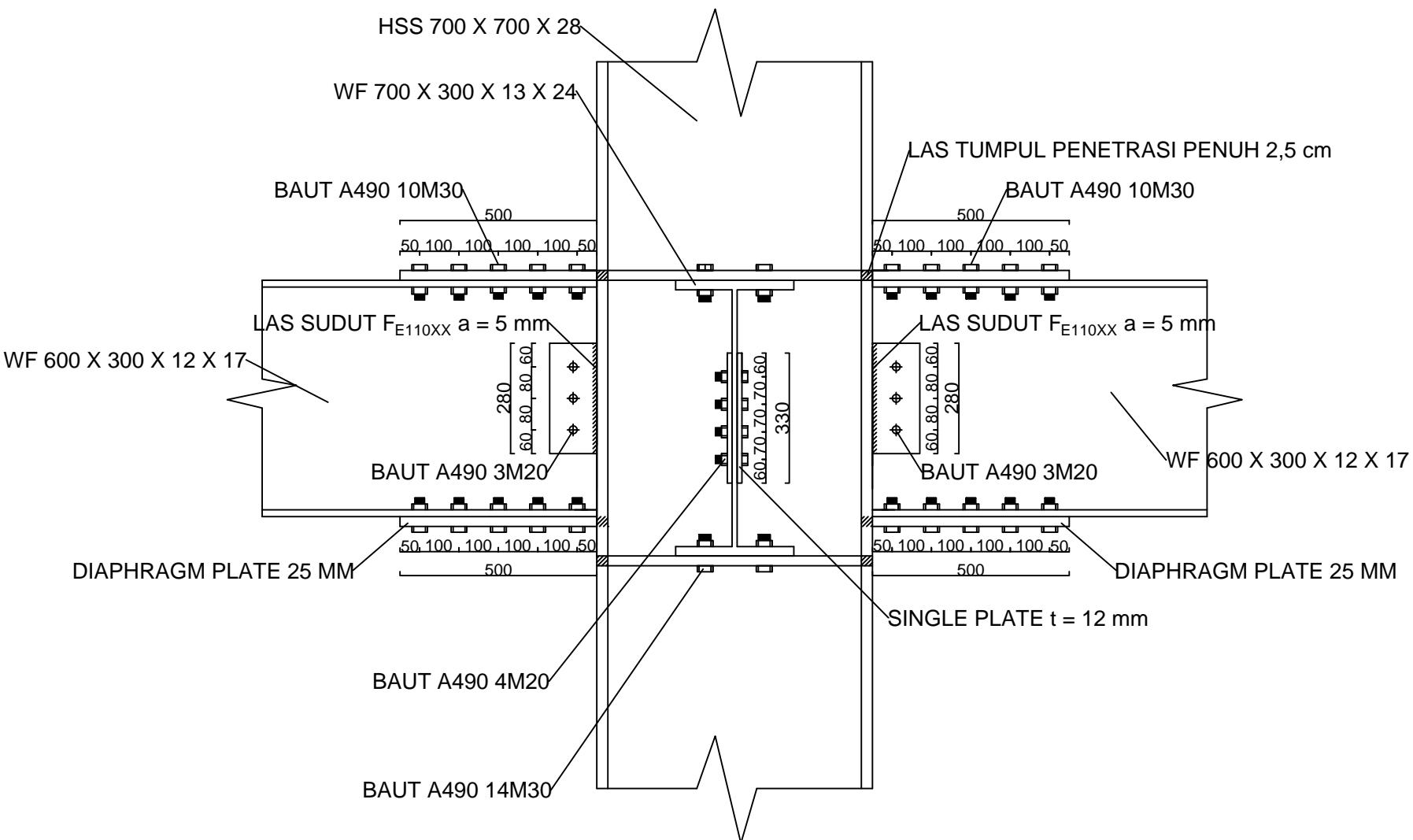
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
17	31

SKALA

1 : 15

CATATAN

BALOK DILUAR LINK Y : WF 600.300.12.20
BALOK INDUK Y : WF 600.300.12.17



SAMBUNGAN BALOK DILUAR LINK Y DENGAN KOLOM

SKALA 1:15



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

PORTAL LINK X

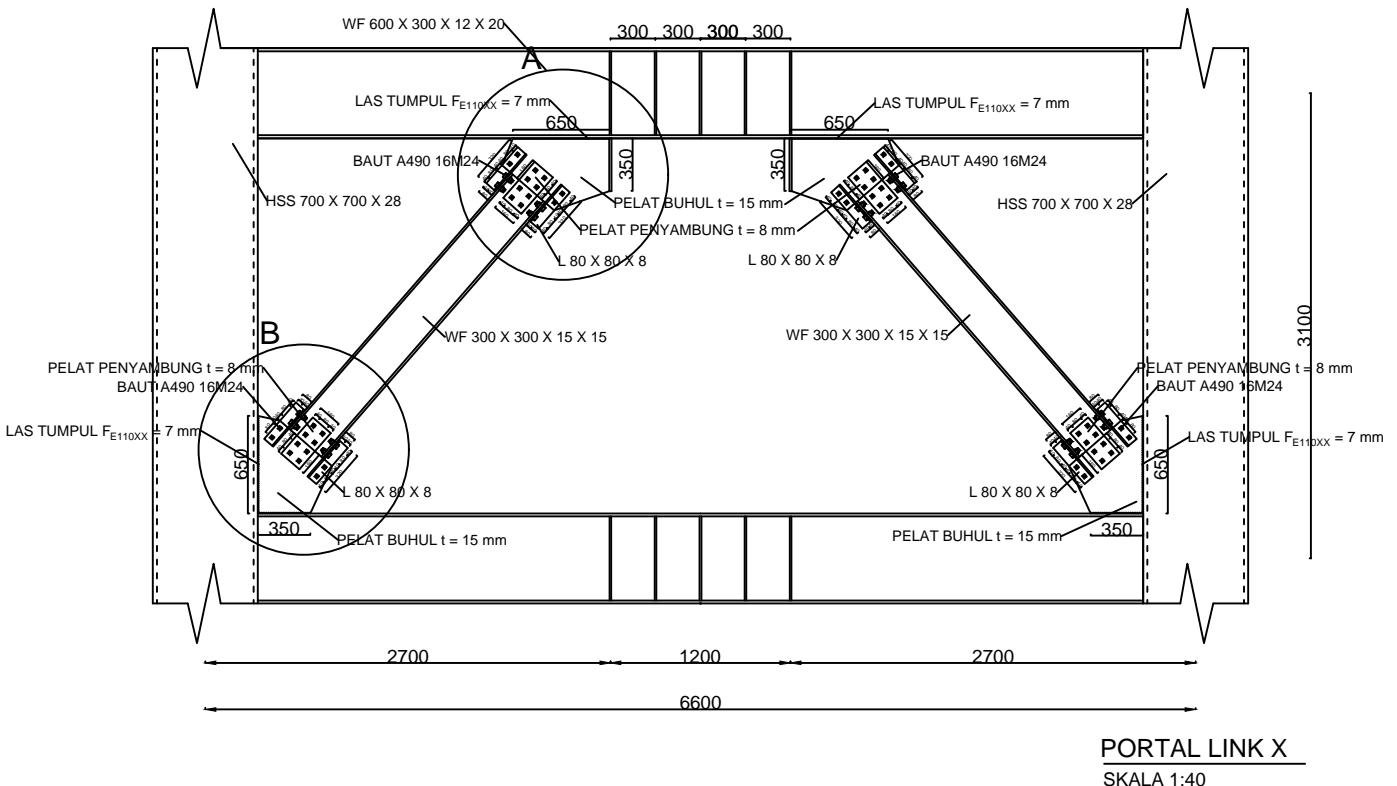
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

18 31

SKALA

1 : 50

CATATAN



PORTAL LINK X

SKALA 1:40



WF 600 X 300 X 12 X 20

300

LAS TUMPUL F_{E110XX} = 7 mm

650

BAUT A490 16M24

350

PELAT BUHUL $t = 15$ mm

PELAT PENYAMBUNG $t = 8$ mm

L 80 X 80 X 8

WF 300 X 300 X 15 X 15

DETAIL A SAMBUNGAN BALOK LINK X DAN BRACING ARAH X

SKALA 1:10

JURUSAN TEKNIK SIPIL
S TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK LINK X DAN BRACING ARAH X

NOMOR I EMBAR | JUMLAH I EMBAR

19 | 31

SKALA

1 : 10

CATATAN



PELAT PENYAMBUNG $t = 8$ mm

BAUT A490 16M24

LAS TUMPUL $F_{E110XX} = 7$ mm

650

HSS 700 X 700 X 28

350

PELAT BUHUL $t = 15$ mm

WF 300 X 300 X 15 X 15

L 80 X 80 X 8

DETAIL B SAMBUNGAN KOLOM DAN BRACING ARAH X

SKALA 1:10

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM
DAN BRACING ARAH X

NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
20	31

SKALA

1 : 10

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

PORTAL LINK Y

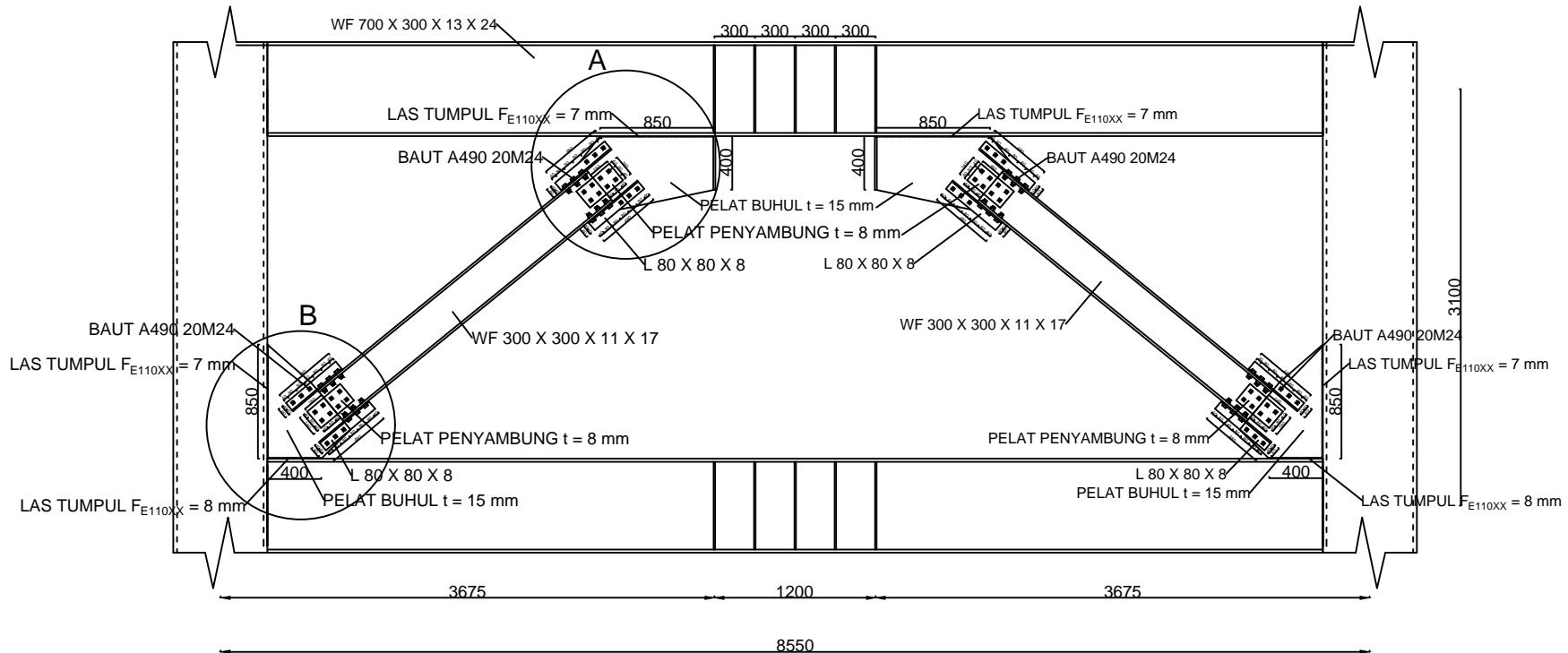
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

21 31

SKALA

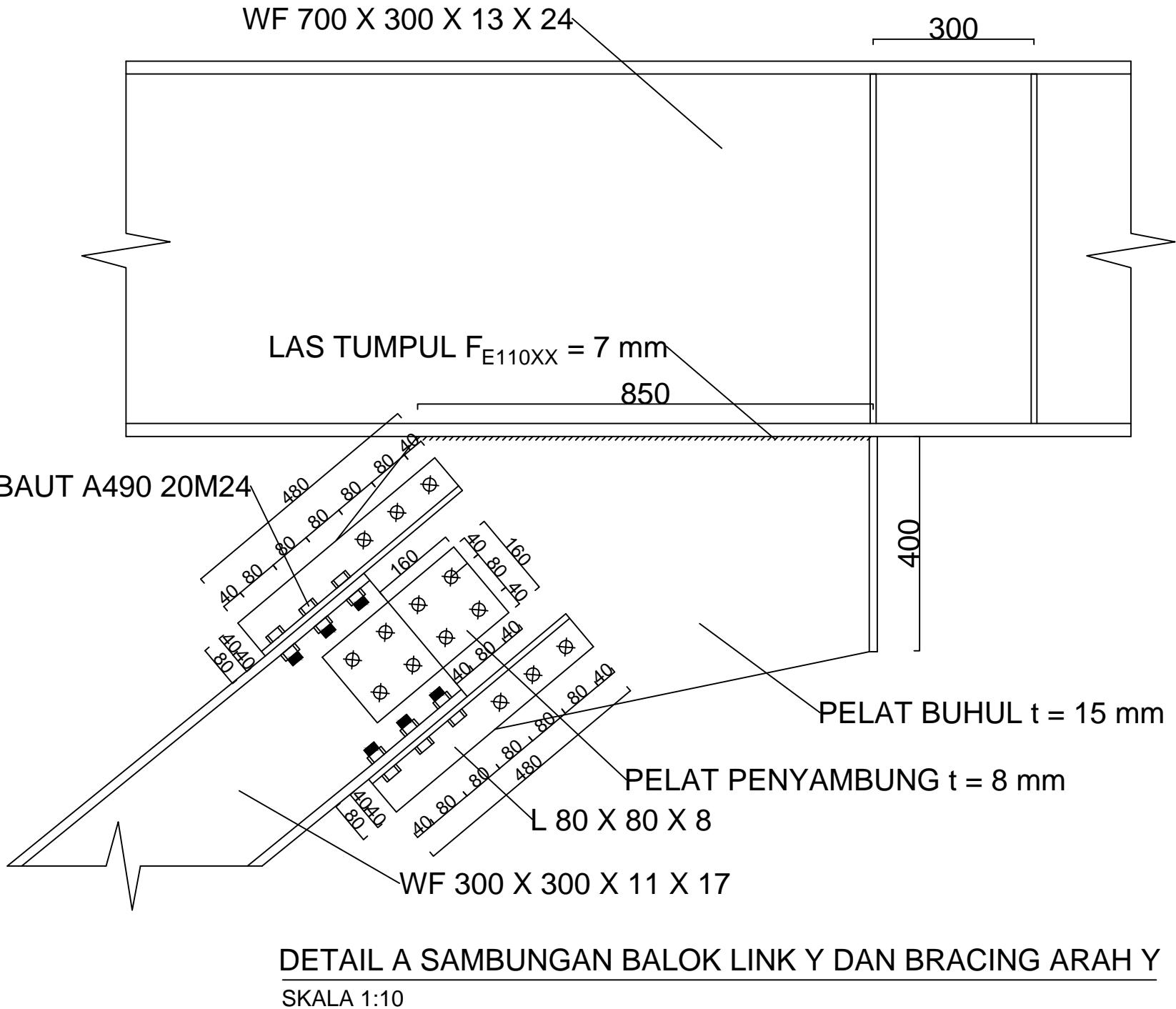
1 : 50

CATATAN



PORTAL LINK Y

SKALA 1:50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK LINK
Y DAN BRACING ARAH Y

NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------------	---------------

22	31
----	----

SKALA

1 : 10

CATATAN



LAS TUMPUL F_{E110XX} = 7 mm | BAUT A490 20M24 | PELAT PENYAMBUNG t = 8 mm

~~PELAT PENYAMBUNG t = 8 mm~~

BAUT A490 20M24

BAUT A490 20M24

850

400

PELAT BUHUL t = 15 mm

LAS TUMPUL F_E110XX = 8 mm

DETAIL B SAMBUNGAN KOLOM DAN BRACING ARAH Y

SKALA 1:10

JURUSAN TEKNIK SIPIL
S TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
T TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM DAN BRACING ARAH Y

NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------------	---------------

23 | 31

4 / 8

— 1 —

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN
KOLOM

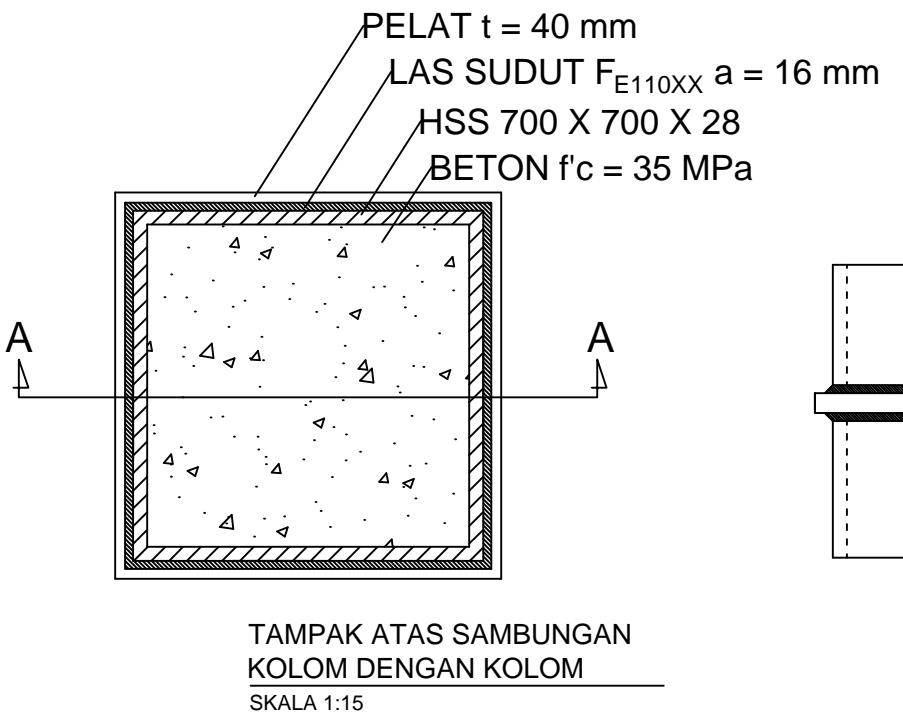
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------------	---------------

24	31
----	----

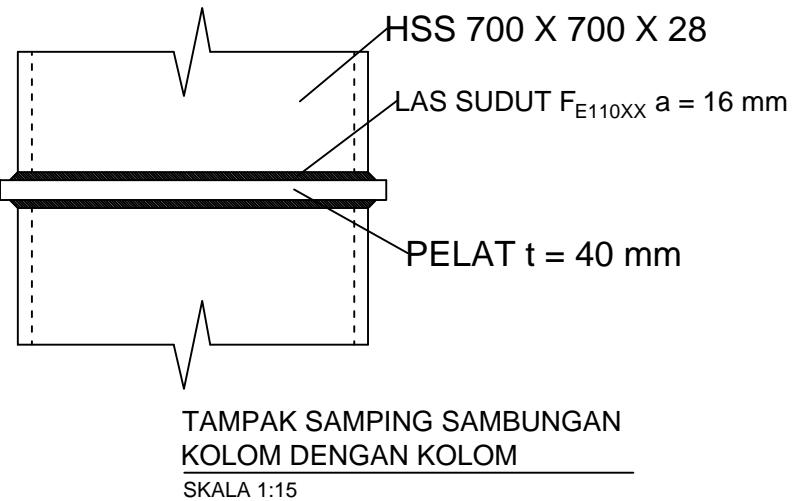
SKALA

1 : 15

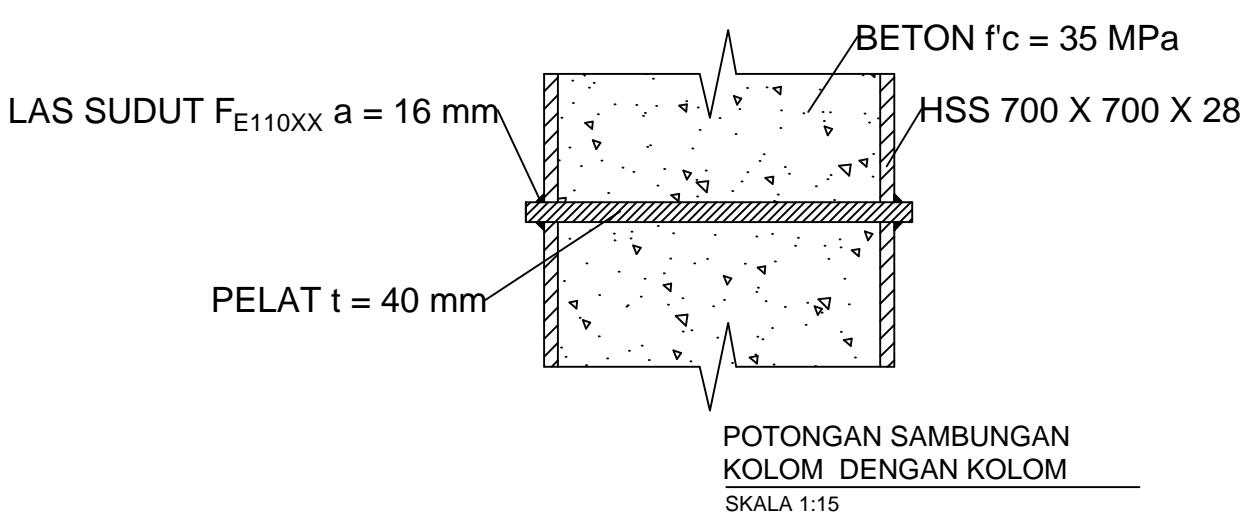
CATATAN



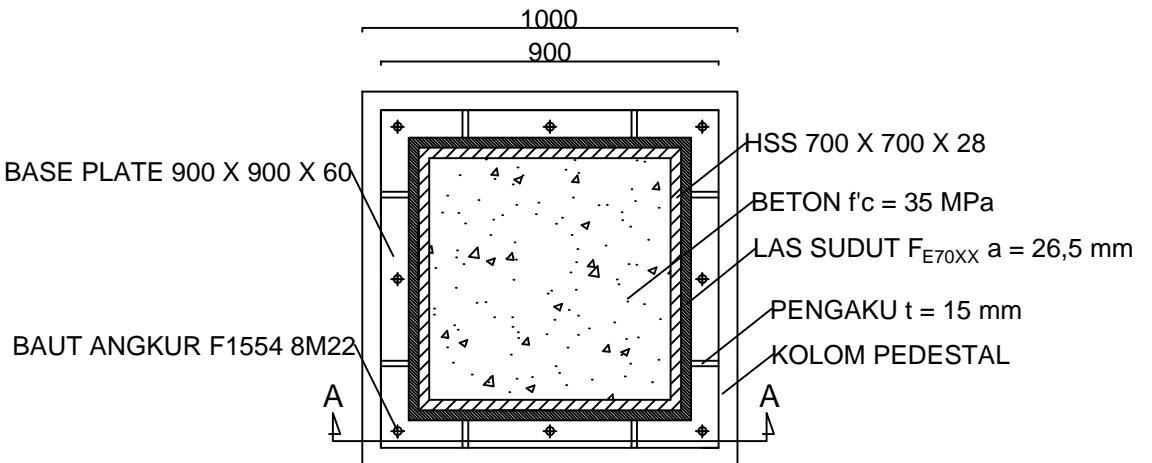
TAMPAK ATAS SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN KOLOM
SKALA 1:15



TAMPAK SAMPING SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN KOLOM
SKALA 1:15

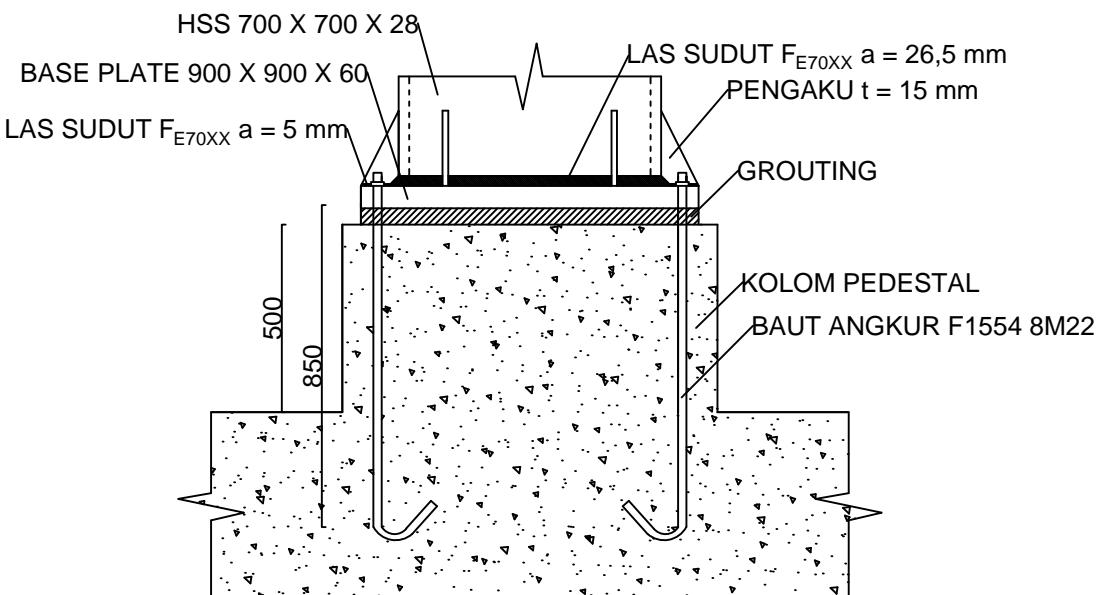


POTONGAN SAMBUNGAN
KOLOM DENGAN KOLOM
SKALA 1:15



TAMPAK ATAS SAMBUNGAN KOLOM DENGAN BASEPLATE

SKALA 1:20



TAMPAK SAMPING SAMBUNGAN KOLOM DENGAN BASEPLATE

SKALA 1:20

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM
DENGAN BASEPLATE

NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
25	31

SKALA

1 : 20

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY

3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

DENAH PONDASI

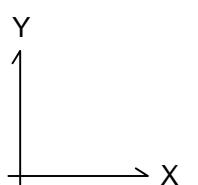
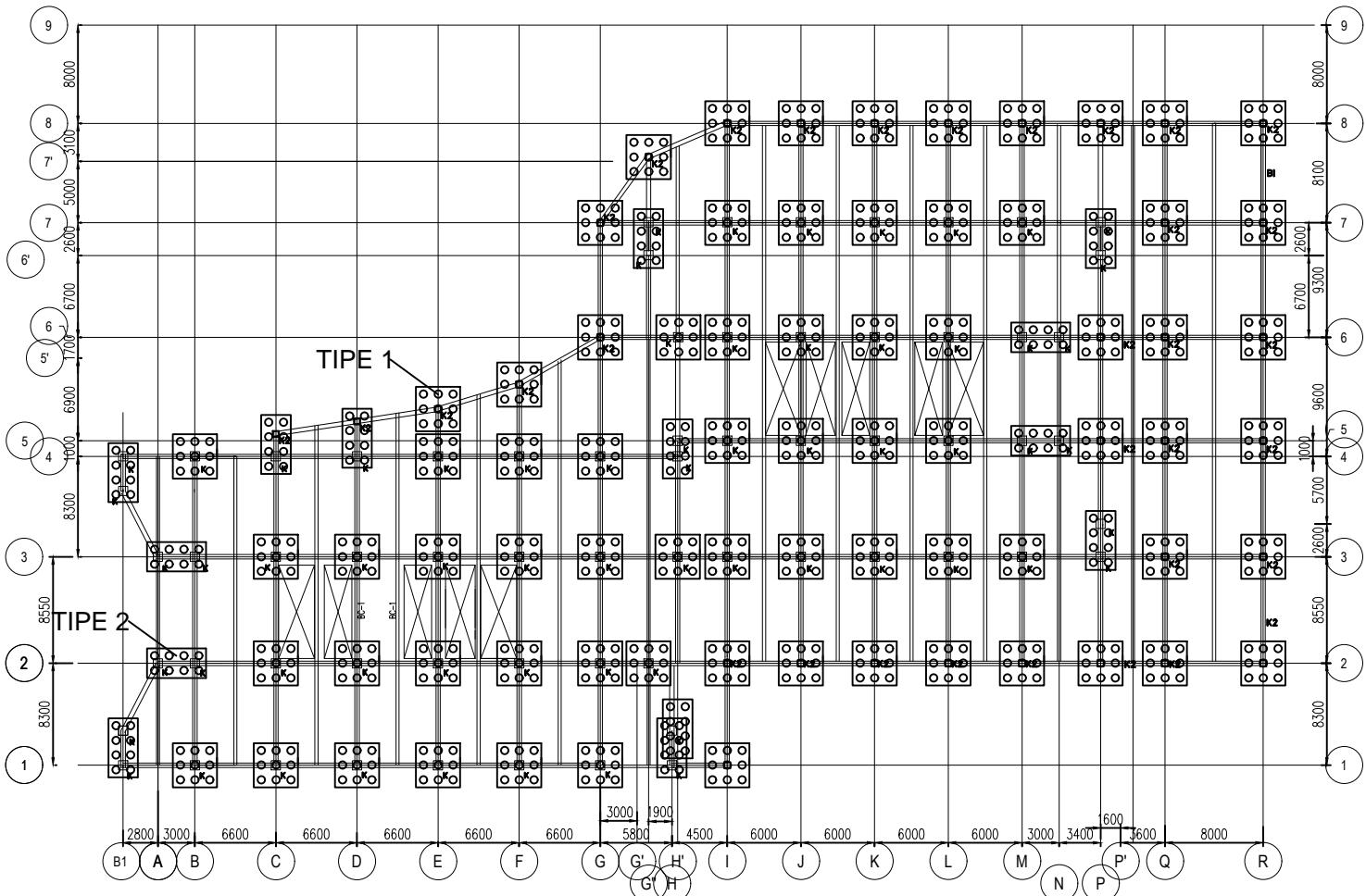
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------------	---------------

26	31
----	----

SKALA

1 : 400

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

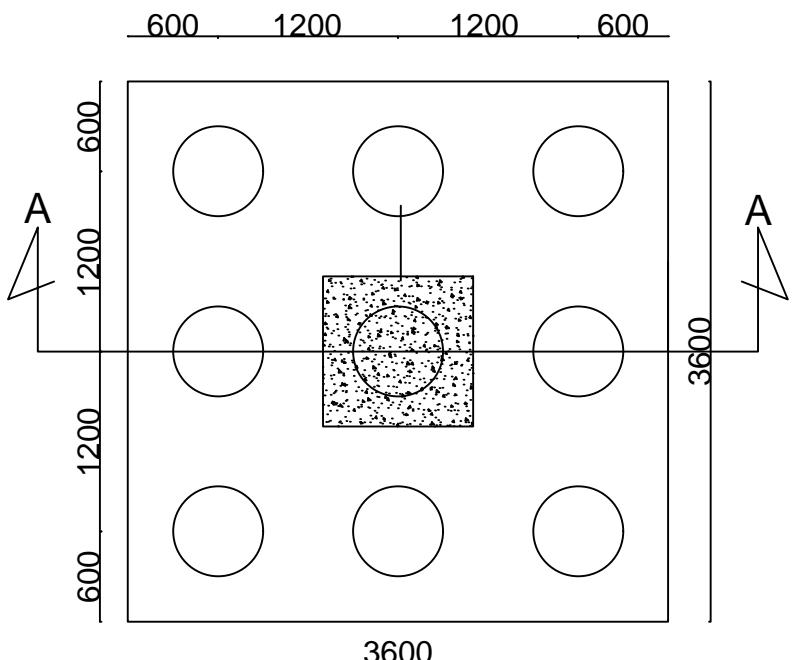
AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

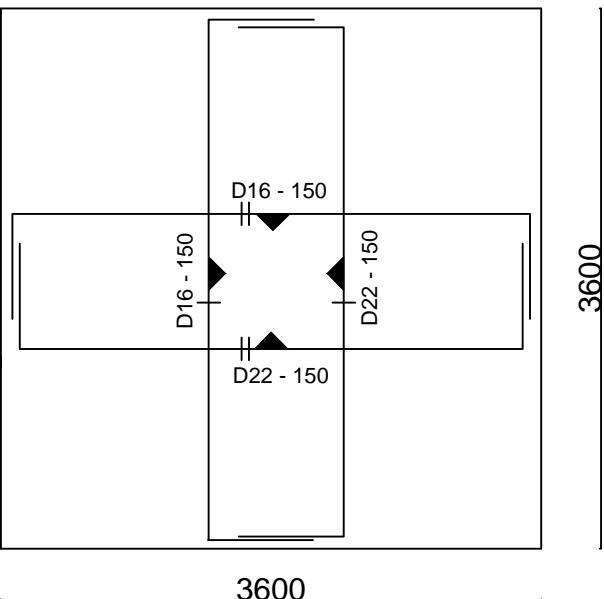
NAMA GAMBAR

DETAIL PONDASI TIPE 1



DETAIL PONDASI TIPE 1

SKALA 1:50



PENULANGAN POER TIPE 1

SKALA 1:50

NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

27 31

SKALA

1 : 50

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

POTONGAN PONDASI TIPE 1

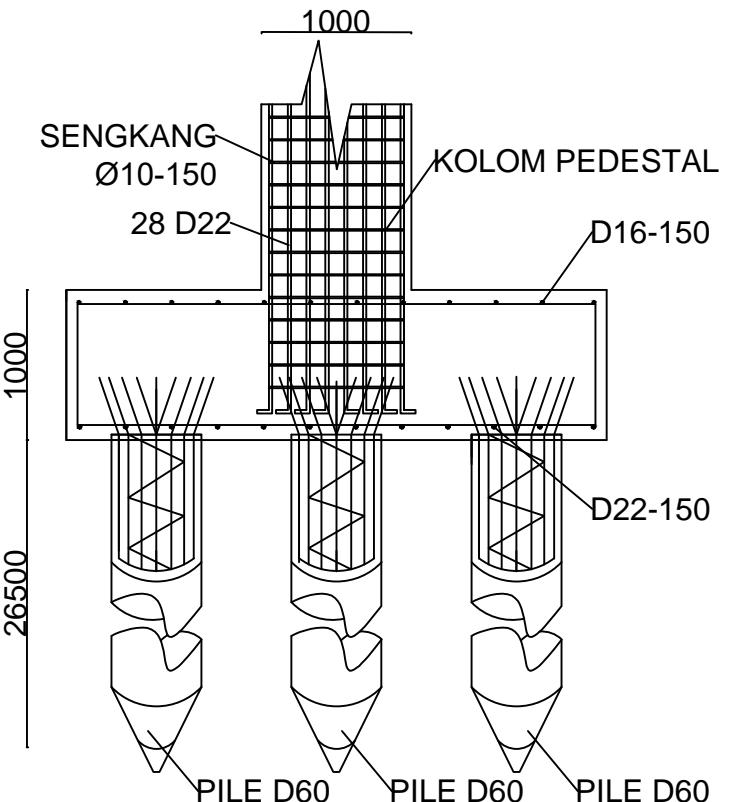
NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

28 31

SKALA

1 : 50

CATATAN



POTONGAN A TIPE 1

SKALA 1:50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

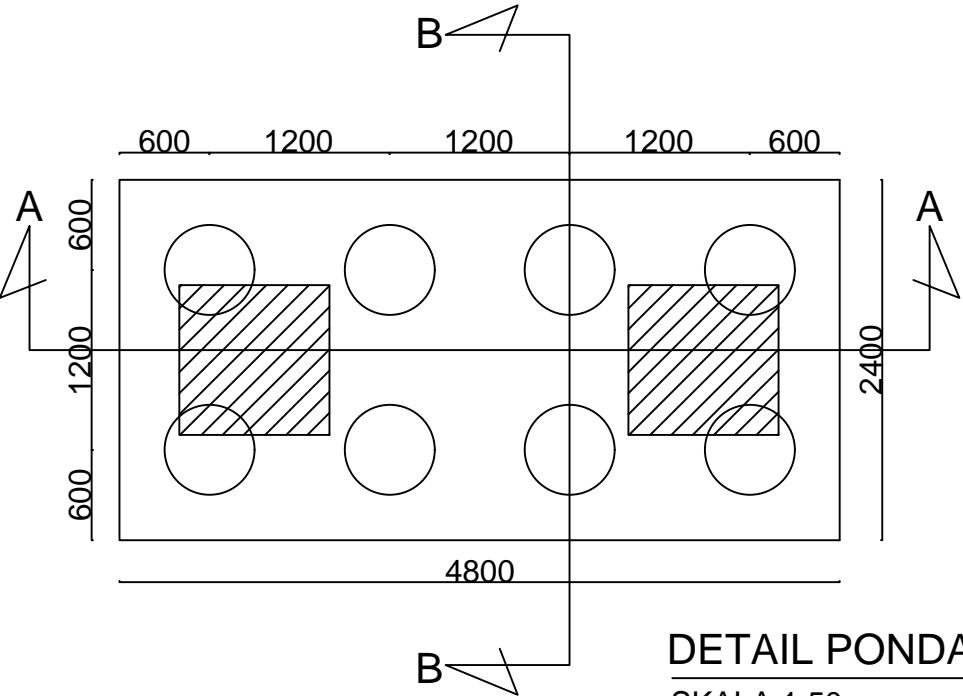
DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

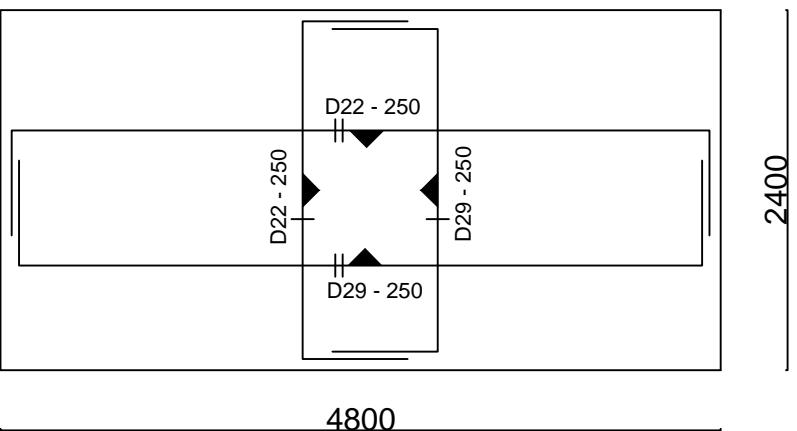
DETAIL PONDASI TIPE 2

SKALA 1:50



PENULANGAN POER TIPE 2

SKALA 1:50



NOMOR LEMBAR JUMLAH LEMBAR

29 31

SKALA

1 : 50

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY
3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

POTONGAN PONDASI TIPE 2

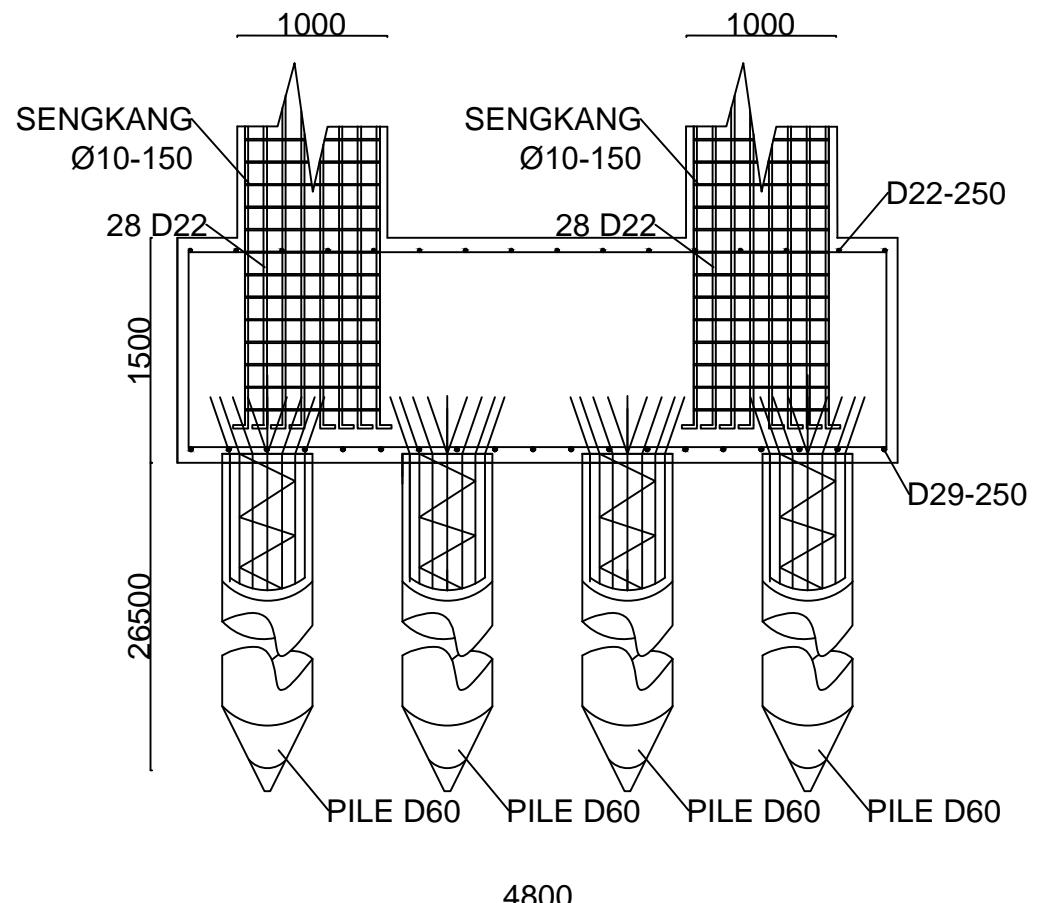
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
--------------	---------------

30	31
----	----

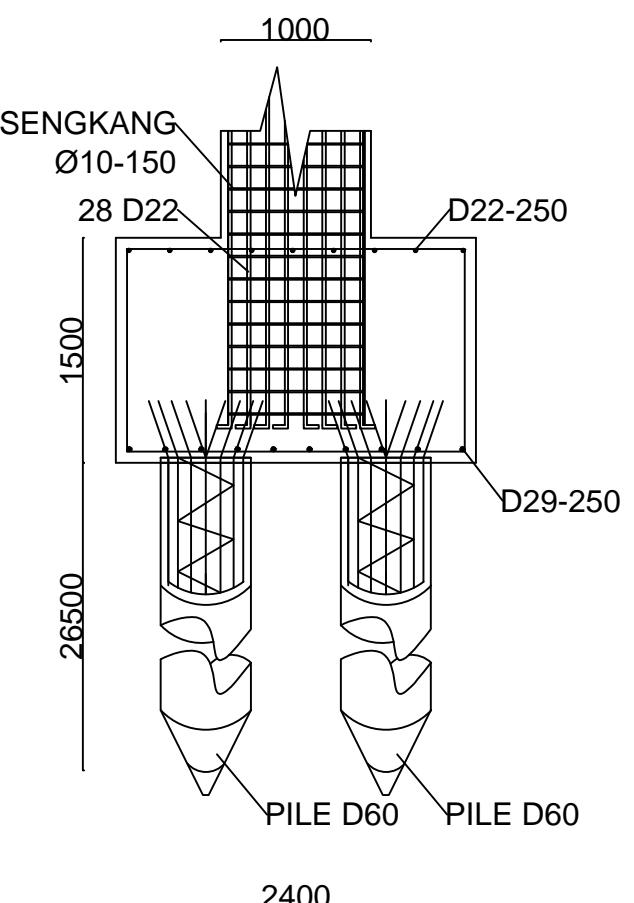
SKALA

1 : 50

CATATAN



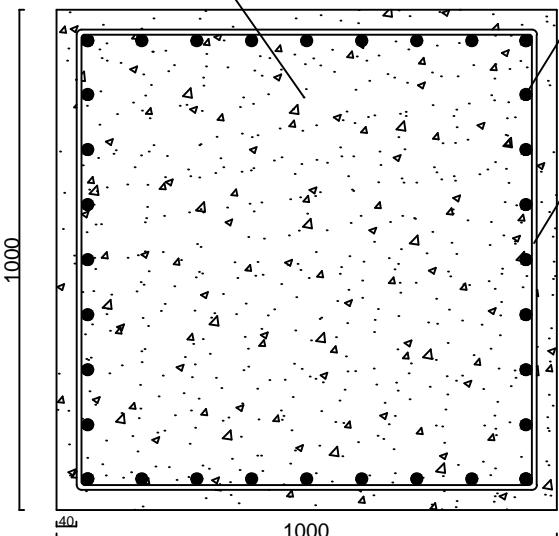
POTONGAN A TIPE 2
SKALA 1:50



POTONGAN B TIPE 2
SKALA 1:50

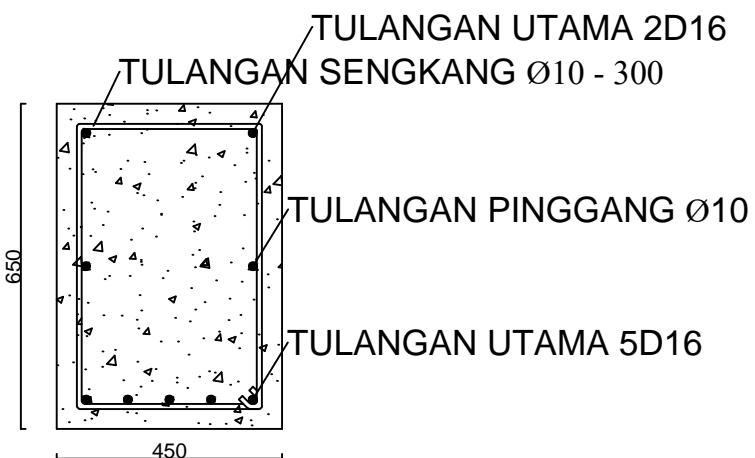


KOLOM PEDESTAL
1000 x 1000



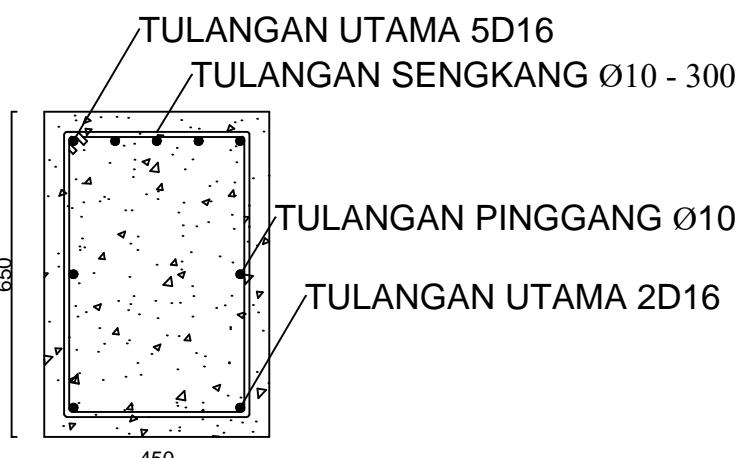
DETAIL KOLOM PEDESTAL

SKALA 1:15



DETAIL PENULANGAN SLOOF LAPANGAN

SKALA 1:15



DETAIL PENULANGAN SLOOF TUMPUAN

SKALA 1:15

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA
KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA
BERPENGAKU EKSENTRIS

NAMA DAN NRP MAHASISWA

AHMAD ZAKY

3113100071

DOSEN KONSULTASI

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.

Ir. ISDARMANU, M.Sc.

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
KOLOM PEDESTAL
DAN SLOOF

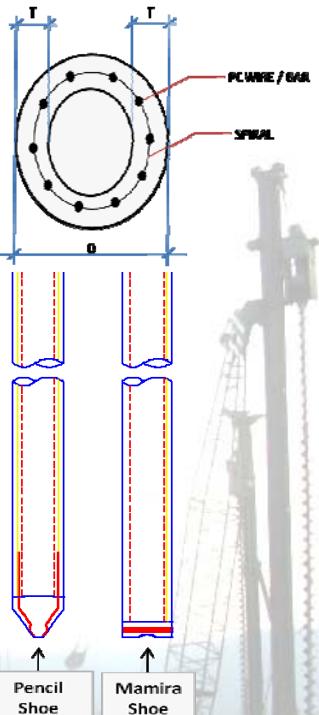
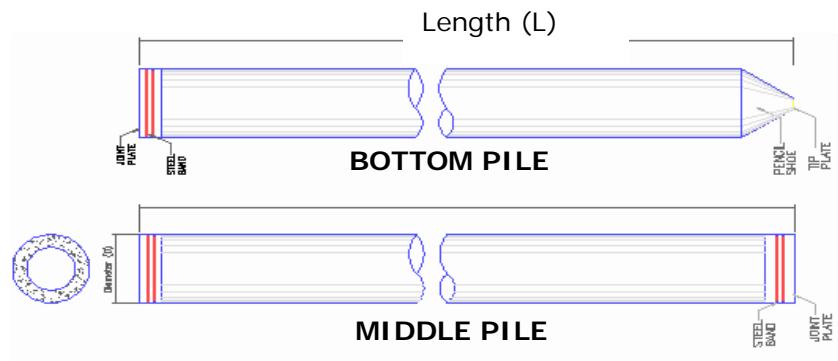
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
31	31

SKALA

1 : 15

CATATAN

Shape and Dimension



Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.60
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
		C				123.60	229.90	552.90
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10



CITICON
BATA RINGAN

Tabel Luasan Dinding Pengisi dengan Kolom Praktis

Table Extents Wall Charger with Column Practical

Kondisi luasan dinding pengisi terjepit 4 sisi

Tinggi Dinding (m)	Panjang Dinding (m)							
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
2,50	75	75	75	100	100	100	100	100
3,00	75	75	100	100	100	125	125	125
3,50	100	100	100	125	125	125	150	150
4,00	125	125	125	125	125	150	150	175
4,50	150	150	150	150	150	150	175	175

*Tebal Bata Ringan Citicon dalam mm

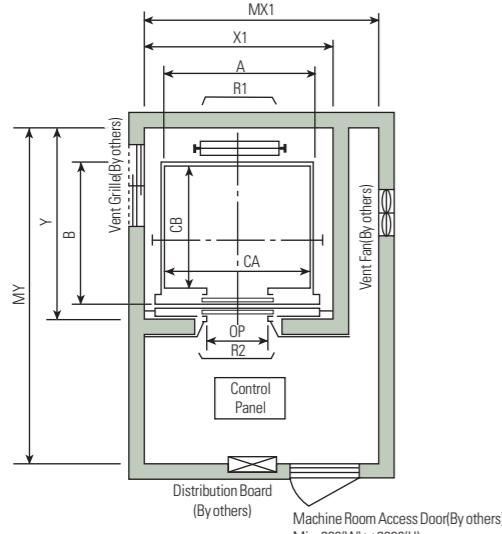
Kondisi luasan dinding pengisi terjepit 3 sisi

Tinggi Dinding (m)	Panjang Dinding (m)							
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
2,50	75	75	100	100	100	125	125	125
3,00	75	100	100	125	125	125	150	150
3,50	100	100	125	125	150	150	150	175
4,00	125	125	125	125	150	150	175	200
4,50	150	150	150	150	150	175	200	200

*Tebal Bata Ringan Citicon dalam mm

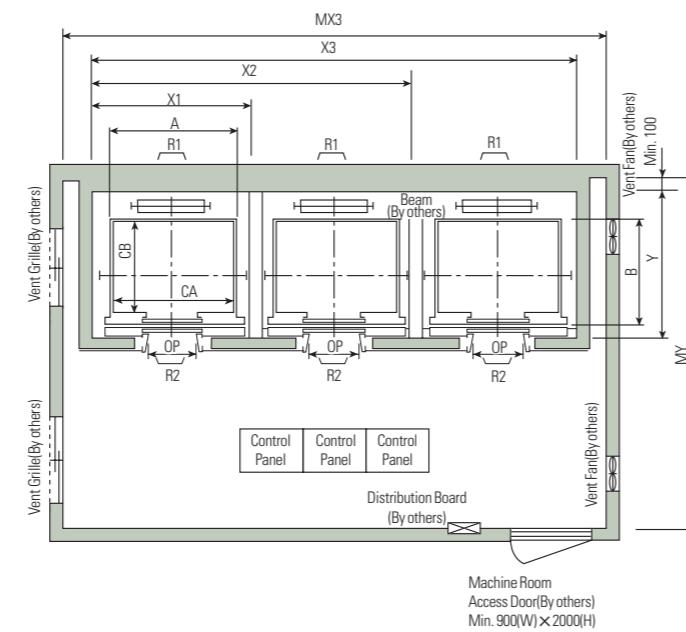
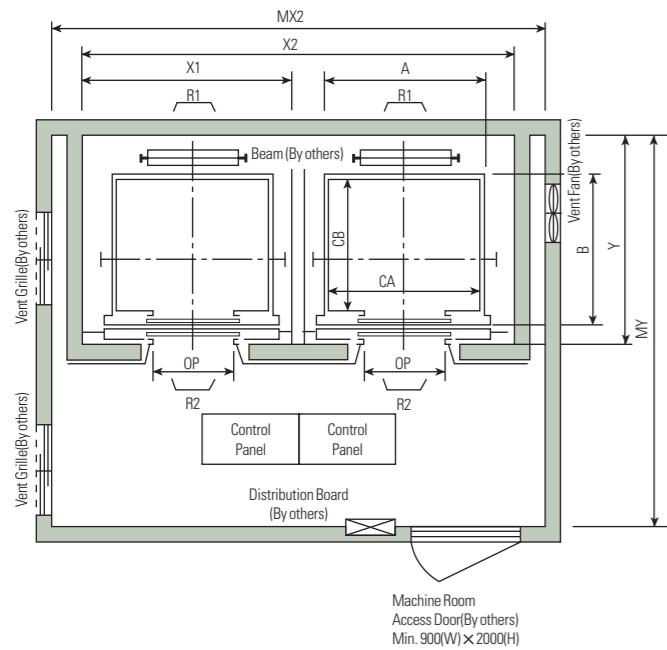
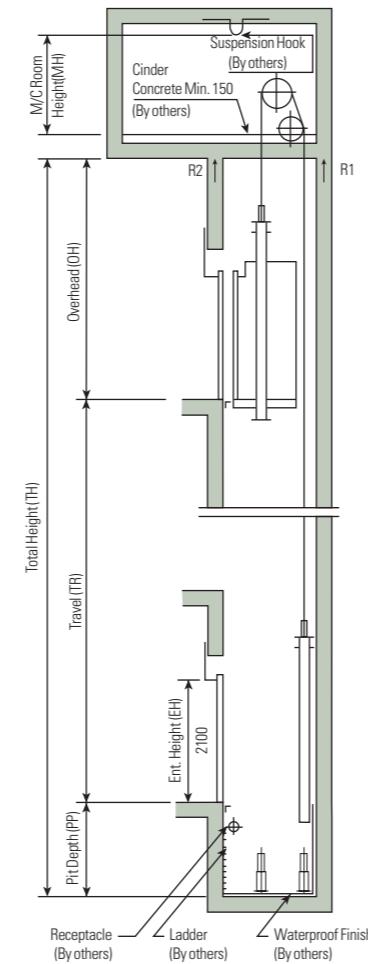
Layout Plan – Geared Elevators 1~1.75m/sec

Plan of Hoistway & Machine Room



Note: Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner(if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg		OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400×850	1460×1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300	
	8	550	800	1400×1030	1460×1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700	
	9	600	800	1400×1100	1460×1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900	
	10	700	800	1400×1250	1460×1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200	
	11	750	800	1400×1350	1460×1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400	
	13	900	900	1600×1350	1660×1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100	
1.5	15	1000	900	1600×1500	1660×1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400	
	17	1150	1000	1800×1500	1900×1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900		6600	5100	10800	8500
		1100	2000×1350	2100×1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800						
	20	1350	1000	1800×1700	1900×1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200		7800	6000	11800	9100
		1100	2000×1500	2100×1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000						
1.75	24	1600	1100	2000×1750	2100×1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300		8500	6800	13100	9900
			2150×1600	2250×1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200						

Notes : 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings,

the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.

2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.

3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.

4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)

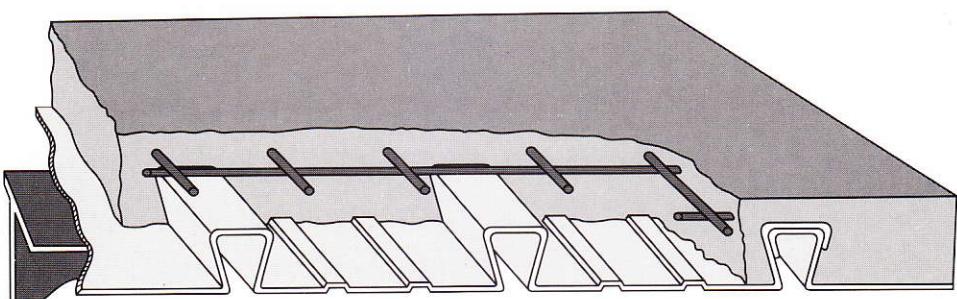
Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)	
			1.0	1.5
1.0	4200	1400	2200	
1.5	4400	1600	2400	
1.75	4600	1800	2400	

Notes : 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.

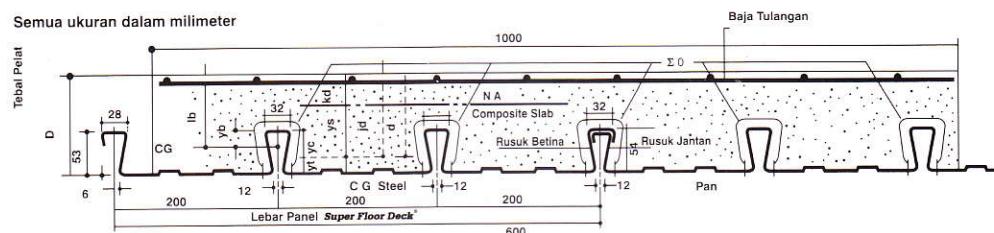
2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

3. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

Super Floor Deck®



PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG *Super Floor Deck®* PERLEBAR 1000 MM

Tebal Pelat mm	Berat per satuan luas kg / m ²	Luas penampang mm ²	Penampang efektif penuh Yc mm	Yt mm	Momen lentur positif			Momen lentur negatif			le	Gaya reaksi aman untuk perlakatan tepi			Gaya reaksi aman untuk perlakatan tengah		
					I _p $10^8 \times mm^4$	Z _{pc} $10^3 \times mm^3$	Z _{pt} $10^3 \times mm^3$	I _n $10^6 \times mm^4$	Z _{nc} $10^3 \times mm^3$	Z _{nt} $10^6 \times mm^4$		10 mm perlakatan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Increm, Per 10 mm KN	max	10 mm perlakatan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Increm, Per 10 mm KN	Max KN
					0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76

Catatan : I_p = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Notes

In = idem untuk daerah momen negatif

Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Znc = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Ie = momen inersia ekivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

Zpc = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

= Ip (1.26 - 0.26 I_p/In)

Zpt = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKТИS

Super Floor Deck® 0.75 MM	BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT						BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT						BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT																											
	BERBAGI BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M ²	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	700	1000																		
	TIANG PENYANGGA PROPING	BENTANG SPAN M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT REINF DEPTH CM																									
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65					
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00				
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65				
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	2.25	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04				
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	2.50	9	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92				
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.75	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33					
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	3.00	10	10	10	11	12	13	9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74	9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75									
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	3.25	11	11	11	12	13	14	10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22	10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12									
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	3.50	12	12	12	12	13	15	11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71	11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51									
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	3.75	13	13	13	13	14		11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09			11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81											
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	4.00	14	14	14	14	15		12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55			12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17											
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	4.50							13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53			13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95															
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	5.00							15	6.20	15	7.27	15	8.90			15	4.90	15	5.73	15	6.58																			

Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN

- BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA

- MUTU BAJA TULANGAN U - 48

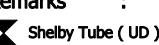
BORING LOG

Project No. : 1S.14093
 Project : GRAND DHIKA CITY
 Location : Jatiwarna, Bekasi - Jawa Barat

Sta & Offset : -
 Elevation : -
 GWL : -1.00 m
 Start Date : 19/08/2014
 Finish Date : 27/08/2014
 Bore Depth : 50.00 m
 Core Dia. : 7.30 cm
 Casing Dia. : 8.90 cm

Borhole Coor. : 0712698 - 9301722
 Driller : Firman Cs
 Hammer Type : Automatic Trip Hammer
 Energy (65 % - 75 %)

Log No. : DB 8

Remarks :
 Shelby Tube (UD)  Rock Core  Casing
 Disturbed Sample (DS)  Split Spoon  Bag Sample

Depth (m)	Legend	Symbol	Description	Sampling		Standard Penetration Test						Laboratory Test														
				Depth (m)	Sample	Blows Per Each 15 cm			N - Value			Strength Test			Type	C_s / C_f (kg/m ²)	ϕ_u / ϕ'_f (°)	q_u (kg/m ²)	Gs	e	Atterberg Limit (%)					
						N1	N2	N3	N	10	20	30	40	50	60						Wn	LL	PL	LI		
1	ML		CLAYEY SILT Reddish brown, moist, soft, low plasticity	1	<input type="checkbox"/>	1	1	2	3							UU	-	-	-	1.65	2.65	1.53	57.49	64.40	40.28	0.71
2				2	<input checked="" type="checkbox"/>	1	2	2	4																	
3	MH		CLAYEY SILT Grey, moist, stiff, high plasticity DB8 - UD1 : 3.00 - 3.50 m	3	<input type="checkbox"/>											UU	0.65	11.12	-	1.58	2.64	1.67	60.16	71.70	43.34	0.59
4				4	<input checked="" type="checkbox"/>	3	4	5	9																	
5	MH		CLAYEY SILT Greyish brown, moist, stiff, high plasticity DB8 - UD2 : 5.00 - 5.50 m	5	<input type="checkbox"/>											UU	0.65	11.12	-	1.58	2.64	1.67	60.16	71.70	43.34	0.59
6				6	<input checked="" type="checkbox"/>	4	5	7	12																	
7	ML		CEMENTED SILT Greyish yellow, moist, hard, low plasticity	7												UU	-	-	-	1.65	2.65	1.53	57.49	64.40	40.28	0.71
8				8	<input checked="" type="checkbox"/>	18	39	20	>50																	
9				9																						
10				10	<input checked="" type="checkbox"/>	12	17	21	38																	
11	MH		CLAYEY SILT Brownish grey, moist, very stiff, high plasticity	11												UU	0.30	10.42	-	1.35	2.65	3.02	104.67	70.85	39.17	2.07
12				12	<input checked="" type="checkbox"/>	9	10	13	23																	
13	ML		CEMENTED SILT Greyish yellow, moist, hard, high plasticity	13												UU	-	-	-	1.35	2.65	3.02	104.67	70.85	39.17	2.07
14				14	<input checked="" type="checkbox"/>	14	17	22	39																	
15	MH		SILT Greyish black, moist, very stiff, high plasticity DB8 - UD3 : 15.00 - 15.50 m	15	<input type="checkbox"/>											UU	0.30	10.42	-	1.35	2.65	3.02	104.67	70.85	39.17	2.07
16				16	<input checked="" type="checkbox"/>	7	8	9	17																	
17	SP		CEMENTED SAND Greyish black, moist, very dense, poorly graded	17												UU	-	-	-	1.35	2.65	3.02	104.67	70.85	39.17	2.07
18				18	<input checked="" type="checkbox"/>	17	25	34	>50																	
19	SP		FINE SAND Black, wet, medium dense, poorly graded	19												UU	-	-	-	1.35	2.65	3.02	104.67	70.85	39.17	2.07
20				20	<input checked="" type="checkbox"/>	10	13	16	29																	
21	GW		SANDY GRAVEL Black, wet, very dense, well graded	21												UU	-	-	-	1.35	2.65	3.02	104.67	70.85	39.17	2.07
22				22	<input checked="" type="checkbox"/>	21	45	20	>50																	
23				23																						
24				24	<input checked="" type="checkbox"/>	27	45	20	>50																	
25	SP		SAND Black, wet, dense to very dense, poorly graded	25												UU	-	-	-	1.35	2.65	3.02	104.67	70.85	39.17	2.07
26				26	<input checked="" type="checkbox"/>	14	28	35	>50																	
27				27																						
28				28	<input checked="" type="checkbox"/>	12	20	22	42																	
29				29																						
30				30	<input checked="" type="checkbox"/>	16	24	31	>50																	

BORING LOG

Project No. : 1S.14093
Project : GRAND DHIKA CITY
Location : Jatiwarna, Bekasi - Jawa Barat

Sta & Offset :	-	Borhole Coor. :	0712698 - 9301722	Log No.
Elevation :	-	Driller :	Firman Cs	
GWL :	-1.00 m	Hammer Type :	Automatic Trip Hammer	
Start Date :	19/08/2014		Energy (65 % - 75 %)	
Finish Date :	27/08/2014	Remarks :		
Bore Depth :	50.00 m	 Shelby Tube (UD)	 Rock Core	 Casing
Core Dia. :	7.30 cm	 Disturbed Sample (DS)	 Split Spoon	 Bag Sample
Casing Dia. :	8.90 cm			

Remarks :			
 Shelby Tube (UD)	 Rock Core	 Casing	
 Disturbed Sample (DS)	 Split Spoon	 Bag Sample	



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 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Endah Wahyuni , ST., M.Sc., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: AHMAD ZAKY
NRP	: 3113100071
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SIBE
TANGGAL PROPOSAL	: 17 JANUARI 2017
NO. SP-MMTA	: 014562

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	17/3 2017	- Struktur sekunder (pelat, balok anak, Balok lift, tangga, penumpu tangga dkk.)	- perbaikan perhitungan tendutan ijin pada balok anak.	<i>CB</i>
	7/4.2017	- Permodelan Struktur (define plat, balok link, balok diluar link, pembebaran)	- pelat dibuat per balok induk - input constant diaphragma	<i>CB</i>
	17/4.2017	- Kontrol Permodelan Struktur (sistem ganda).	- Frame balok link dibuat joint u/ sambungan bresing dg balok - ikuti cara 75:25 u/ bresing	<i>CB</i>
	24/4.2017	- Kontrol Permodelan Struktur (tambah bresing)	- tampilkan perhitungan base shear.	<i>CB</i>
	2/5.2017	- Kontrol Permodelan Struktur (sistem ganda tolak bka)	- Gaya yg diterima bresing harus mendekati 75%.	<i>CB</i>
	13/6 - 2017	- Struktur Bangunan bawas. (pondasi)	- Potong gedung agar h=72m. - Ganti menganti SASE biasa - selesaikan perhitungan kontrol permodelan struktur. - Cek lagi: skrg brkt rumus p_{bal} & p_{max} . - Masukkan tabel ng.	<i>CB</i>



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

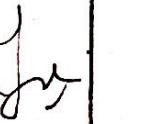
Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	Jr. ISDARMANU
NAMA MAHASISWA	: AHMAD ZAKY
NRP	: 3113100 071
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN GRAND KAMALA LAGOON MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SRBE
TANGGAL PROPOSAL	: 17 JANUARI 2017
NO. SP-MMIA	: 014562

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	22/3 2017	- Struktur Sekunder (Pelat, Balok Anak, Balok lift)	<ul style="list-style-type: none"> - Gambar pot. tangga - Spesifikasi dijelaskan diawal - Perbaikan perhitungan Mn pada kontrol belok. - Perbaiki perhitungan pembelahan. - Perbaikan gambar. 	
2.	27/3 2017	- Struktur Sekunder (Balok Penumpu tangga, Balok Utama, Pelat tangga, Bordes).	<ul style="list-style-type: none"> - Rumus Aw = d - tw. d (tinggi badan kotor). Perbaiki gambar - jarak pengaku link. Ry = 1,5 Kapasitas geser penampang BDL. 	
3.	26/3 2017	- Struktur Primer (Link, Balok tiular link, Bressing)	<ul style="list-style-type: none"> Rumus Aw = d - tw. d (tinggi badan kotor). Perbaiki gambar - jarak pengaku link. Ry = 1,5 Kapasitas geser penampang BDL. Bressing cek SNI lagi kelangsungan . 	
4.	30/3 2017	- Struktur Primer (Balok Induk, kolom)	<ul style="list-style-type: none"> - Cek balok komposit / tidak. - Jarak penghubung geser dibedakan. - kalkulasi penghitungan geser dikalikan faktor reduksi; - Atas Y ditambah D tulangan. - Sambungan bawa gambar. - tp tertipis (BI & BA). - tangga di gambar rd (lubang slot panjang) - di badan ada nomen apa gak? nomen di saung? - jumlah baut max. 7 buah. 	
5.	7/4-2017	- Sambungan Sambungan	<ul style="list-style-type: none"> - 	

BIODATA PENULIS



Ahmad Zaky

Lahir di Bandarlampung pada tanggal 21 Juni 1995. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDS Alkautsar Bandarlampung (2000-2006), SMP N 2 Bandarlampung (2007-2010), SMA N 2 Bandarlampung (2010-2013), dan pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan Sarjana (S-1) di Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, terdaftar dengan NRP 3113 100 071. Penulis mengambil bidang studi struktur dengan judul tugas akhir **“Modifikasi Perencanaan Apartemen Grand Kamala Lagoon menggunakan Struktur Baja Komposit dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris”**. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan dan organisasi yang ada di kampus ITS.

Contact Person:

Email : ahmadzaky.21@gmail.com