



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG FAKULTAS ILMU DAN ADMINISTRASI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MENGGUNAKAN
SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS
KHUSUS**

HANIEF HARIS SETIAWAN
NRP 3113 100 030

Dosen Pembimbing I :
Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II :
Ir. Isdarmanu, M.Sc

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



FINAL PROJECT - RC141501

**PLANNING MODIFICATION OF ADMINISTRATION
DEPARTMENT BRAWIJAYA UNIVERSITY BUILDING
STRUCTURE BY USING SPESIFIC CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES**

**HANIEF HARIS SETIAWAN
NRP 3113 100 030**

**Major Supervisor
HARUN AL RASYID, ST., MT., Ph.D
Ir. ISDARMANU M.Sc**

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

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG FAKULTAS ILMU DAN ADMINISTRASI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MENGGUNAKAN
SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS
KHUSUS**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

HANIEF HARIS SETIAWAN
NRP. 3113 100 030

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing :

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D. (.....)
NIP. 198308082008121003

Ir Isdarmanu M.Sc

NIP. 194709191976031001 (.....)



**SURABAYA
JANUARI, 2017**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU DAN ADMINISTRASI UNIVERSITAS
BRAWIJAYA MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA
BRESING KONSENTRIS KHUSUS**

Nama Mahasiswa : Hanief Haris Setiawan
NRP : 3113 100 030
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D
Ir. Isdarmanu M.Sc

Abstrak

Gedung baru Fakultas Ilmu Administrasi (FIA) UB merupakan sebuah bangunan perkuliahan yang terdiri dari 12 lantai dan semi basement yang pada awalnya didesain menggunakan struktur beton bertulang biasa dengan system struktur Moment Resisting Frame (MRF) . Perencanaan yang sebelumnya didesain dengan ukuran kolom dan balok yang relative besar sehingga menambah berat sendiri dan akan membebani pondasi.

Dalam tugas akhir ini dilakukan perencanaan ulang menggunakan struktur baja komposit dengan system rangka bresing konsentris khusus dengan jenis inverted V. Sistem rangka bresing konsentris khusus dikembangkan sebagai penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik dibanding system Moment Resisting Frame (MRF) sehingga lebih tepat untuk diterapkan pada gedung yang tinggi

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat atap 11 cm, pelat lantai gedung 11 cm, dimensi balok induk WF600.200.13.23, dimensi kolom CFT 600.600.15.15, dimensi bresing WF300.200.9.14, *base plate* menggunakan *fixed plate* dari katalog Continental Steel. Sambungan struktur utama direncanakan sebagai sambungan kaku dengan baut yang telah disesuaikan. Perencanaan pondasi menggunakan bore pile diameter 80 cm dengan tulangan utama 16D13 dengan kedalaman 4 m yang dimulai dari elevasi -3,5m. Sloof ukuran 40 cm x 60 cm dengan tulangan utama 5D22 dan tulangan geser Ø10-300.

Kata Kunci : Baja-Beton komposit, Bresing Konsentris, Bangunan perkuliahan

**PLANNING MODIFICATION OF ADMINISTRATION
DEPARTMENT BRAWIJAYA UNIVERSITY BUILDING
STRUCTURE BY USING SPESIFIC CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES (EBF)**

Student Name : Hanief Haris Setiawan
Student Registry Number : 3113 100 030
Major : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor : Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D
Ir. Isdarmanu M.Sc

Abstrack

The new building Administration Department Brawijaya University consist of 12 floors and a semi-basement originally designed using Reinforced Concrete with Moment Resisting Frame Structural System. In original design, the dimension of the columns and beams relatively large so it will affect to its self weight and this case will aggravating the foundation performance .

In this Final Project, The New Building will be modified using the Composite Steel with Spesific Concentrically Braced Frame (CBF) System Structure with Inverted V Brace. Concentrically Braced Frame developed as a Lateral Force Resisting and has a good level of rigidity than Moment Resisting Frame System Structure (MRF) and this design more precisely to be applied on this Building.

From analyzing and calculating, the results which are obtained are 11 cm thick plate of roof, 11 cm the plate of floor, WF600.200.13.23 the dimension of main beam, CFT 600.600.15.15 the dimension column, WF300.200.9.14 dimension of brace, base plate using fixed plate, from catalogue of Continental Steel. The main splicing structure is planned as rigid connection with suitable bolt. Foundation planning uses pile of Bore Pile with 80 cm diameter and 4 m depth that start from -3,5m from the surface. The dimension of Sloof is 40 cm X 60 cm with the main reinforcement 5D22 and shear reinforcement Ø 10-300.

Key words: Concrete-Steel Composite, Concentrically Braced Frame, University

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala berkat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul ” Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Ilmu Dan Administrasi Universitas Brawijaya Menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus”. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril dan materil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D. dan Ir Isdarmanu M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan tulus dalam memberikan bimbingan dan motivasi.
3. Teman-teman yang sangat membantu penyelesaian tugas ini Denny, Bryan dan Ilham dan Lainnya tidak bisa disebutkan satu persatu.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap laporan ini nantinya dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Penyusun

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Struktur Komposit	8
2.2.1 Balok Komposit.....	8
2.2.2 Kolom Komposit.....	9
2.3 Aksi Komposit.....	11

2.4	Struktur Gedung	13
2.5	Sistem Rangka Bresing Konsentris.....	14
2.6	Struktur Basement	15
2.7	Pondasi	16
BAB III METODOLOGI		21
3.1	Umum.....	21
3.2	Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir	22
3.3	Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir	23
	3.3.1 Pengumpulan Data.....	23
	3.3.2 Studi Literatur.....	23
	3.3.3 Preliminary Design	24
	3.3.4 Pembebanan.....	24
	3.3.5 Perencanaan Struktur Sekunder	32
3.4	Konsep Perencanaan Struktur Baja.....	33
	3.4.1 Desain Balok	33
	3.4.2 Desain Kolom.....	38
	3.4.3 Desain Balok- Kolom.....	39
	3.4.4 Perencanaan Bresing Konsentris	42
	3.4.4.1 Parameter Kelangsingan	42
	3.4.4.2 Kuat Perlu	42

3.5	Sambungan	43
3.6	Pondasi	44
3.6.1	Kontrol Perencanaan Pondasi	45
3.6.2	Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang.....	45
3.6.3	Perhitungan daya dukung Selimut Tiang	45
3.6.4	Perhitungan daya dukung Ultimate Tiang	46
3.7	Perencanaan Basement	46
3.6.1	Perencanaan Pelat Basement	46
3.6.2	Kontrol Terhadap Bahaya Heaving	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		49
4.1	Perencanaan Struktur Sekunder	49
4.1.1	Perencanaan Pelat Lantai.....	49
4.1.2	Perencanaan Balok Anak.....	52
4.1.3	Perencanaan Balok Lift	60
4.1.4	Perencanaan Tangga dan Bordes	66
4.2	Pemodelan Struktur	82
4.2.1	Pembebanan Struktur Utama	83
4.2.2	Berat Total Bangunan.....	86
4.2.3	Kombinasi Pembebanan	86
4.2.4	Pembebanan Gempa Dinamis	86
4.2.5	Permodelan Pelat Sebagai Diafragma.....	87

4.2.6	Arah Pembebanan	87
4.2.7	Parameter Respon Spectrum Rencana	87
4.2.8	Faktor Reduksi Gempa (R).....	89
4.2.9	Faktor Keutamaan (I)	89
4.2.10	Analisis Struktur.....	90
4.3	Perencanaan Elemen Struktur Primer	100
4.3.1	Perencanaan Batang Bresing	100
4.3.2	Perencanaan Balok Induk	107
4.3.3	Perencanaan Kolom.....	115
4.3.4	Perencanaan Sambungan	121
4.4	Perencanaan Struktur Bawah	148
4.4.1	Perencanaan Pelat Dinding Penahan Tanah.....	148
4.4.2	Perencanaan Pelat Basement	151
4.4.3	Perencanaan Tie Beam Basement.....	153
4.4.4	Perencanaan Pondasi Tiang Bor	157
4.4.5	Perencanaan Poer	163
4.4.6	Perencanaan Kolom Pedestal.....	174
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		179
5.1	Kesimpulan.....	179
5.2	Saran.....	180

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Potongan Memanjang dan Melintang Gedung FIA UB.....	1
Gambar 1.2	Denah Gedung FIA UB	2
Gambar 2.1	Balok Komposit Dengan Penghubung Geser	8
Gambar 2.2	Balok Baja yang diberi Selubung Beton	8
Gambar 2.3	Profil baja berselubung beton dan profil baja Kingcross.....	8
Gambar 2.4	Profil Baja Berintikan Beton.....	9
Gambar 2.5	Lendutan Balok non Komposit	11
Gambar 2.6	Lendutan pada Balok Komposit.....	12
Gambar 2.7	Kekakuan Sistem Rangka Bresing Konsentris	13
Gambar 2.8	Struktur Basement	14
Gambar 2.9	Jenis Pondasi Dangkal	17
Gambar 2.10	Jenis Pondasi Dalam.....	18
Gambar 3.1	Alur Perencanaan Struktur Baja.....	28
Gambar 3.2	Peta Spektra 0,2 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun.....	32
Gambar 3.3	Peta Spektra 1 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun	33
Gambar 3.4	Nilai kc Untuk Kolom Dengan Ujung-Ujung Ideal.....	40

Gambar 3.5	Nilai kc Untuk Komponen Struktur (A) Tidak Bergoyang (B) Bergoyang.....	40
Gambar 3.6	Pemodelan gaya uplift pelat basement.....	45
Gambar 3.7	Pemodelan Heaving.....	46
Gambar 4.1	Denah Pelat Lantai Gedung.....	50
Gambar 4.2	Detail Pelat Lantai Gedung.....	50
Gambar 4.3	Penulangan Lantai Perkantoran.....	51
Gambar 4.4	Denah Pelat Lantai Atap.....	52
Gambar 4.5	Detail Pelat Lantai Atap.....	52
Gambar 4.6	Penulangan Lantai Atap.....	53
Gambar 4.7	Denah Balok Lantai Atap.....	54
Gambar 4.8	Denah Balok Lantai Perkantoran.....	62
Gambar 4.9	<i>Lift</i>	63
Gambar 4.10	<i>Hoistway Section</i>	64
Gambar 4.11	Model Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i>	66
Gambar 4.12	Diagram Momen Balok Penggantung <i>Lift</i> ...	67
Gambar 4.13	Denah Tangga.....	71
Gambar 4.14	Tampak Samping Tangga.....	71
Gambar 4.15	Denah Bordes.....	73
Gambar 4.16	Tampak Samping Tangga.....	73
Gambar 4.17	Model Pembebanan Balok Utama Tangga....	76

Gambar 4.18	Bidang M Balok Tangga.....	78
Gambar 4.19	Bidang D Balok Tangga	79
Gambar 4.20	Bidang N Balok Tangga	79
Gambar 4.21	Analisa Lendutan Balok Utama Tangga	82
Gambar 4.22	Pembebanan Balok Penumpu Tangga.....	83
Gambar 4.23	Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga...	85
Gambar 4.24	Denah Struktur Gedung FIA UB	88
Gambar 4.25	Permodelan Gedung FIA UB.....	89
Gambar 4.26	Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Malang	95
Gambar 4.27	Daerah Kolom Yang Ditinjau	97
Gambar 4.28	Hasil Output SAP 2000 Kolom	98
Gambar 4.29	Element Arah X.....	108
Gambar 4.30	Gaya Tekan Bresing Arah X	109
Gambar 4.31	Gaya Tarik Bresing Arah X	109
Gambar 4.32	Element Arah Y.....	112
Gambar 4.33	Gaya Tekan Bresing Arah Y	113
Gambar 4.34	Gaya Tarik Bresing Arah Y	113
Gambar 4.35	Elemen Balok yang Ditinjau Arah X	116
Gambar 4.36	Gaya Dalam Balok Arah X	117
Gambar 4.37	Elemen Balok yang Ditinjau Arah Y	120
Gambar 4.38	Gaya Dalam Balok Arah Y	121

Gambar 4.39	Kolom CFT HSS 600.600.15.15	125
Gambar 4.40	Detail Pelat Siku pada Gelagar	130
Gambar 4.41	Detail Pelat Siku pada Gelagar	131
Gambar 4.42	Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk	132
Gambar 4.43	Detail Pelat Siku Pada Gelagar	134
Gambar 4.44	Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga	135
Gambar 4.45	Detail Pelat Siku pada Gelagar	136
Gambar 4.46	Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	137
Gambar 4.47	Pemodelan Sambungan Antar Kolom.....	139
Gambar 4.48	Sambungan Balok Induk dengan Kolom	141
Gambar 4.49	Sambungan Bracing dengan Pelat Buhul	148
Gambar 4.50	Arah Beban Sumbu X pada Base Plate	152
Gambar 4.51	Arah Beban Sumbu Y pada Base Plate	153
Gambar 4.52	Base Plate pada Kolom.....	156
Gambar 4.53	Tampak Samping Base Plate dan Kolom Pedestal	156
Gambar 4.54	Pemodelan Basement.....	158
Gambar 4.55	Gaya yang bekerja pada dinding basement ...	159
Gambar 4.56	Penampang Sloof 400 x 600	166
Gambar 4.57	Perencanaan Poer.....	171
Gambar 4.58	Tampak atas Kolom dan Poer	171

Gambar 4.59	Geser Ponds Akibat Tiang Pancang.....	171
Gambar 4.60	Pemodelan Perhitungan Penulangan arah X .	172
Gambar 4.61	Pemodelan Perhitungan Penulangan arah Y .	173
Gambar 4.62	Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan PCACOL	174
Gambar 4.63	Penulangan Kolom Pedestal	174

DAFTAR TABEL

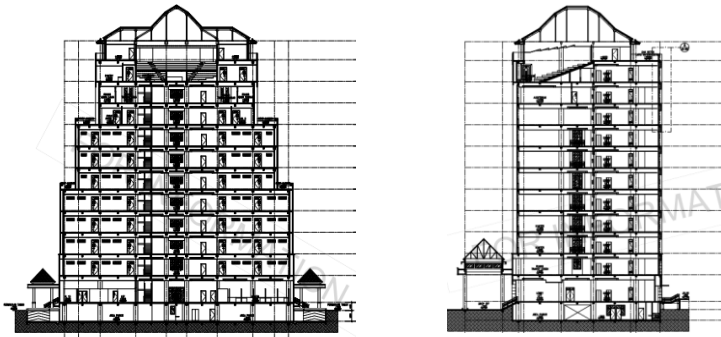
Tabel 3.1	Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung	23
Tabel 3.2	Koefisien Situs F_a	26
Tabel 3.3	Koefisien Situs F_v	26
Tabel 3.4	Klasifikasi Situs	28
Tabel 3.5	Kategori Resiko Gedung Dan Struktur Lainnya Untuk Beban Gempa.....	28
Tabel 3.6	Faktor Keutamaan Gedung	28
Tabel 3.7	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek	29
Tabel 3.8	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik	29
Tabel 3.9	Mencari Nilai ω	37
Tabel 4.1	Tabel Perhitungan N Rata-Rata	91
Tabel 4.2	Parameter Respon Gempa Wilayah Malang Untuk Kelas Situs B (Batuan).....	94
Tabel 4.3	Perhitungan Beban	98
Tabel 4.4	Rasio Partisipasi Massa	99
Tabel 4.5	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental	100

Tabel 4.6	Reaksi Dasar Struktur	102
Tabel 4.7	Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	107
Tabel 4.8	Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X.....	104
Tabel 4.9	Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y.....	105

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

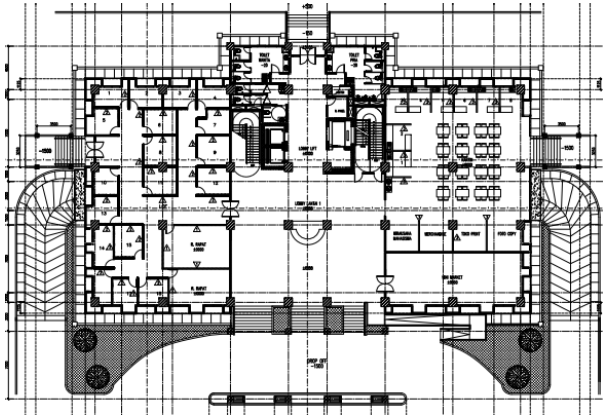
Salah satu permasalahan dalam pembangunan infrastruktur di kota Malang adalah keterbatasan lahan yang tersedia. Lahan yang semakin sempit membuat pembangunan gedung yang dahulu direncanakan melebar menjadi bertingkat. Sementara itu, untuk membangun sebuah gedung bertingkat dibutuhkan waktu yang cukup lama dalam pengerjaannya. Kemajuan teknologi terutama di bidang konstruksi membuat pemilik gedung(owner) hanya akan memilih bahan mana yang lebih cepat pengerjaannya, ekonomis, dan kuat untuk struktur utama gedung tersebut . Gedung baru Fakultas Ilmu Administrasi Universitas Brawijaya (FIA UB) adalah salah satu dari gedung perkuliahan bertingkat yang ada di Kota Malang



Gambar 1.1 Potongan memanjang dan melintang Gedung FIA UB

Gedung ini terdiri dari 12 Lantai dan 1 lantai semi basement, dimana di setiap lantainya terdapat ruangan dengan bentang balok terpanjang, yaitu 7 meter. Bangunan ini secara keseluruhan dibangun dengan elemen struktur beton bertulang dengan system struktur Moment Resisting Frame. Untuk

mendapatkan kinerja struktur yang lebih baik dan lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pembebanan serta kekakuan bangunan, maka elemen struktur beton bertulang tersebut akan direncanakan menggunakan struktur beton-baja komposit dan penambahan bresing konsentris khusus sebagai system penahan gaya lateral.



Gambar 1.2 Denah Gedung FIA UB

Penggunaan baja komposit akan memanfaatkan seluruh penampang untuk menerima beban karena adanya interaksi antara komponen struktur baja dan beton dengan karakteristik dasar bahan yang dioptimalkan, sehingga dengan penampang yang lebih kecil, beban yang mampu dipikul sama dengan beton bertulang biasa

Keunggulan dalam system komposit adalah (1) Penghematan berat baja, (2) Penampang balok yang digunakan lebih kecil, (3) Kekakuan lantai meningkat, (4) Kapasitas menahan beban lebih besar (Salmon,1991)

Sistem penahan gaya lateral yang digunakan dalam modifikasi gedung Fakultas Ilmu dan Administrasi ini adalah system struktur Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus .

Sistem ini dipilih karena memiliki keuntungan yang tidak dimiliki sistem lain, yaitu lebih mudah dalam hal perbaikan kerusakan struktur. Selain itu, Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK) membuat elemen struktur akan menjadi lebih kaku. Peraturan yang dipergunakan pada modifikasi perencanaan ini menggunakan peraturan terbaru SNI 1729-2015 tentang Spesifikasi untuk bangunan gedung baja structural, SNI 1726-2012 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, PPIUG 1983 dan SNI 1727-2013 mengenai Peraturan Pembebanan

Tujuan akhir dari Tugas Akhir ini adalah menghasilkan perencanaan struktur gedung menggunakan material Baja dengan sistem penahan lateral Bresing Konsentris yang memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasar peraturan yang berlaku di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka untuk perencanaan struktur gedung FIA Universitas Brawijaya dengan sistem rangka bresing konsentris khusus, permasalahan yang ditinjau antara lain:

a. Permasalahan Utama

Bagaimana merencanakan modifikasi Gedung Fakultas Ilmu dan Administrasi (FIA)Universitas Brawijaya dengan menggunakan system struktur bresing konsentris khusus ?

b. Detail Permasalahan

1. Bagaimana menentukan preliminary design penampang profil baja yang akan dipilih?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak dan tangga?
3. Bagaimana cara menghitung pembebanan setelah adanya modifikasi?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000?

5. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom baja?
6. Bagaimana merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perencanaan struktur?
7. Bagaimana merencanakan struktur bawah yang menggunakan bore pile ?
8. Bagaimana menuangkan hasil bentuk desain dan analisa ke dalam bentuk gambar teknik ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dalam penulisan proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Tujuan Utama

Memperoleh hasil perencanaan struktur baja gedung Fakultas Ilmu dan Administrasi (FIA) Universitas Brawijaya dengan menggunakan system struktur bresing konsentris khusus

b. Detail Tujuan

1. Mampu merencanakan preliminary design penampang profil baja yang akan dipilih.
2. Mampu merencanakan struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak dan tangga.
3. Mampu menentukan pembebanan yang terjadi dengan adanya modifikasi.
4. Mampu memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000.
5. Mampu merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom baja.
6. Mampu merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perencanaan struktur.
7. Mampu merencanakan struktur bawah yang menggunakan bore pile
8. Dapat menuangkan hasil bentuk desain dan analisa ke dalam bentuk gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah yang telah diuraikan di atas, maka diperlukan pembatasan masalah yang meliputi :

1. Perencanaan gedung ini dimaksudkan sebagai bahan studi sehingga tidak mempertimbangkan aspek ekonomi
2. Desain struktur berdasarkan pada SNI 1729-2015
3. Pembebanan dihitung berdasarkan SNI 1727-2013 dan dengan pertimbangan dari PPIUG 1983
4. Perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012
5. Tidak membahas detail metode pelaksanaan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa diharapkan dari modifikasi perencanaan ini adalah:

1. Hasil akhir dari modifikasi perencanaan ini dapat menjadi referensi untuk perencanaan gedung dengan menggunakan struktur baja.
2. Memberikan alternative struktur lain yang lebih efisien

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada abad ke-19, muncul material baru yang dinamakan dengan baja yang merupakan perpaduan antara unsur besi dan karbon dimana material baja ini memiliki kadar karbon yang lebih sedikit daripada kadar besi tuangnya . Sejak akhir abad ke-19, metode pengolahan baja yang murah dikembangkan secara luas. Kerangka baja yang menyanggah konstruksi pelat beton bertulang yang dicor di tempat, sebelumnya direncanakan dengan asumsi pelat beton dan baja bekerja secara terpisah dalam menahan beban. Pengaruh komposit dari baja dan beton yang bekerja bersamaan tidak diperhitungkan. Pengabaian ini didasarkan pada alasan bahwa lekatan antara lantai atau pelat beton dengan puncak balok baja tidak dapat diandalkan. Namun dengan berkembangnya teknik pengelasan, pemakaian alat penyambung geser (shear connector) mekanis menjadi praktis untuk menahan gaya geser horizontal yang timbul ketika batang terlentur (Salmon & Johnson, 1991)

Struktur baja komposit dalam aplikasinya berperan sebagai elemen dari bangunan, baik sebagai kolom, balok dan pelat. Struktur balok komposit terdiri dari dua tipe, yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit terselubung beton. Kolom komposit dapat berupa pipa baja yang dicor beton atau baja profil yang terselimuti beton dengan tulangan longitudinal dan diikat dengan tulangan lateral. Pada struktur pelat komposit digunakan pelat beton yang bagian bawahnya diperkuat dek baja bergelombang. (Widiarsa & Deskata, 2007)

Sistem struktur Bresing Konsentris Khusus merupakan pengembangan dari system portal tidak berpengaku atau yang lebih dikenal sebagai Moment Resisting Frame(MRF). Sistem ini dikembangkan sebagai system penahan gaya lateral dan memiliki kekakuan yang lebih baik dibanding MRF. Kekakuan system ini

terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral struktur

2.2 Struktur Komposit

Batang komposit adalah batang yang terdiri dari profil baja dan beton yang digabung untuk memikul beban tekan atau lentur. Batang pemikul lentur disebut dengan balok komposit, sedangkan batang pemikul tekan disebut dengan kolom komposit

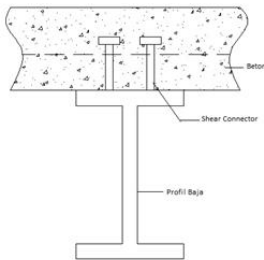
2.2.1 Balok Komposit

Balok adalah elemen struktur penahan beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Balok dirancang untuk menahan dan mentransfer beban menuju elemen kolom

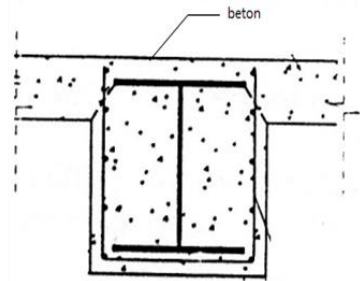
2.2.1.1 Tipe Balok Komposit

Ada dua tipe dari balok komposit, antara lain:

- a. Balok komposit dengan penghubung geser
- b. Balok baja yang diberi selubung beton



*Gambar 2.1 Balok komposit
Dengan penghubung geser*



*Gambar 2.2 Balok baja
yang diberi selubung
beton*

Sumber : Isdarmanu, Marwan . Diktat Kuliah Struktur Baja

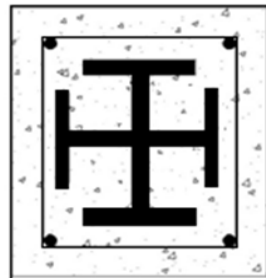
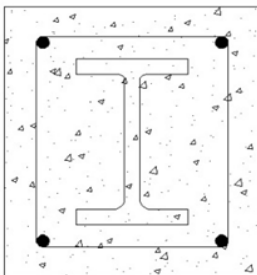
2.2.2 Kolom Komposit

2.2.2.1 Tipe Kolom Komposit

Ada dua tipe kolom komposit, yaitu :

a. Kolom baja berselubung beton

Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya

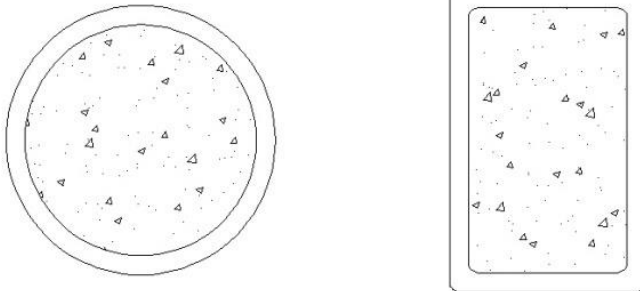


*Gambar 2.3 Profil baja berselubung beton dan profil
baja kingcross*

*Sumber : Isdarmanu, Marwan . Diktat Kuliah Struktur
Baja 2*

b. Kolom baja berintikan beton

Kolom komposit dengan penampang baja berongga yang diisi dengan beton



Gambar 2.4 Profil baja berintikan beton

Sumber : Isdarmanu, Marwan . Diktat Kuliah Struktur Baja 2

Pada kolom baja berselubung beton, penambahan beton akan menunda kegagalan local pada profil baja serta memiliki ketahanan terhadap korosi yang lebih baik ketimbang kolom baja berintikan beton. Material baja pada kolom baja berselubung beton berfungsi sebagai penahan beban yang terjadi setelah beton mengalami kegagalan.

Pada kolom baja terisi beton, material baja berfungsi sebagai wadah bagi cor coran beton dan berfungsi paling krusial bagi perencanaan. Kolom baja terisi beton memiliki keuntungan pada saat dilaksanakan di lapangan, karena pengerjaannya cepat dan tidak sukar dalam pengerjaannya

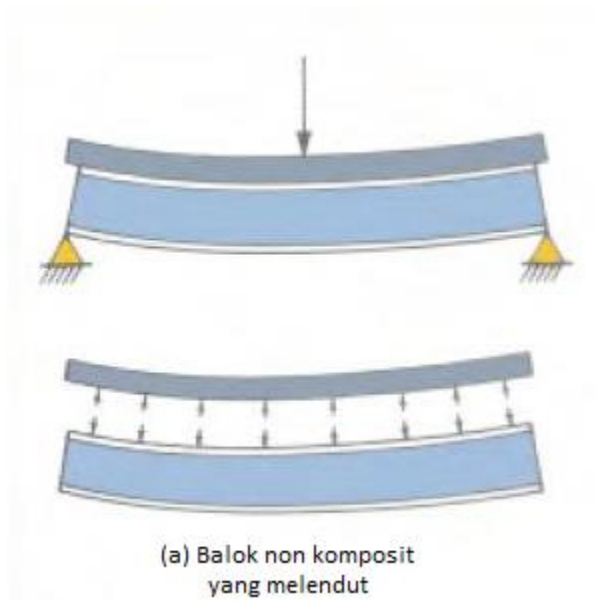
Kolom komposit menjadi solusi efektif bagi permasalahan yang ada pada desain yang praktis. Salah satunya, yaitu jika beban yang terjadi pada struktur kolom sangat besar, maka penambahan material beton pada struktur kolom dapat memikul beban yang terjadi, sehingga ukuran profil baja yang dipergunakan tidak terlalu besar (*Leon & Griffis, 2005*)

2.3 Aksi Komposit

Aksi komposit terjadi apabila dua batang structural pemikul beban seperti pada pelat beton dan balok baja sebagai penyangganya dihubungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi dalam satu kesatuan

a. Balok non-komposit

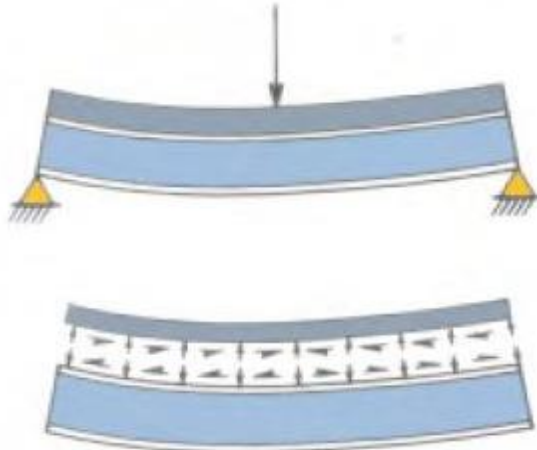
Pada balok non komposit, pelat beton dan balok baja tidak bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan karena tidak terpasang alat penghubung geser. Apabila balok non komposit mengalami defleksi pada saat dibebani, maka permukaan bawah pelat beton akan tertarik dan mengalami perpanjangan, sedangkan permukaan atas dari balok baja akan tertekan dan mengalami perpendekan.



Gambar 2.5 Lendutan Balok non Komposit
Sumber : Salmon dkk, 1991

b. Balok komposit

Pada balok komposit, pelat beton dan balok baja bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan karena terpasang alat penghubung geser. Apabila balok komposit mengalami defleksi pada saat dibebani. Pada bidang kontak tersebut bekerja gaya geser vertikal dan horizontal, dimana gaya geser horizontal tersebut akan menahan perpanjangan serat bawah pelat dan perpendekan serat atas balok baja



(b) Balok komposit yang melendut

Gambar 2.6 Lendutan pada balok komposit

Sumber : Salmon dkk, 1991

2.4 Struktur Gedung

Pembagian keteraturan gedung diatur dalam SNI 1726-2012 pasal 7.3.2 . Adapun penggolongannya sebagai berikut :

1. Struktur Gedung Beraturan

Pengaruh gempa rencana struktur gedung beraturan dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa static ekuivalen

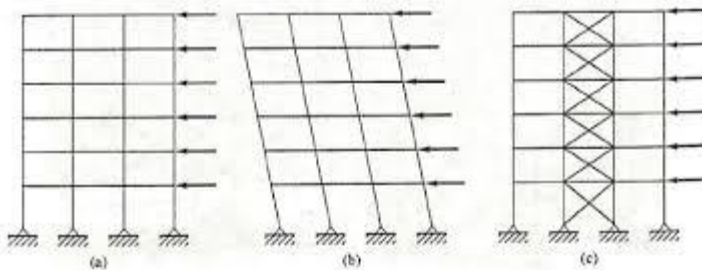
2. Struktur Gedung Tidak Beraturan

Pengaruh gempa rencana struktur menggunakan analisa respons dinamik

2.5 Sistem Rangka Bresing Konsentris(SRBK)

Pada struktur gedung tinggi, kekakuan merupakan syarat penting untuk diperhatikan, karena kekakuan dapat menahan gaya beban lateral. Adanya aksi gaya beban lateral pada portal dapat menimbulkan momen lentur, puntir, gaya geser dan gaya aksial pada semua elemen struktur. Gaya gaya tersebut menyebabkan perlemahan pada struktur tersebut . Dan untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan rangka pengaku bresing

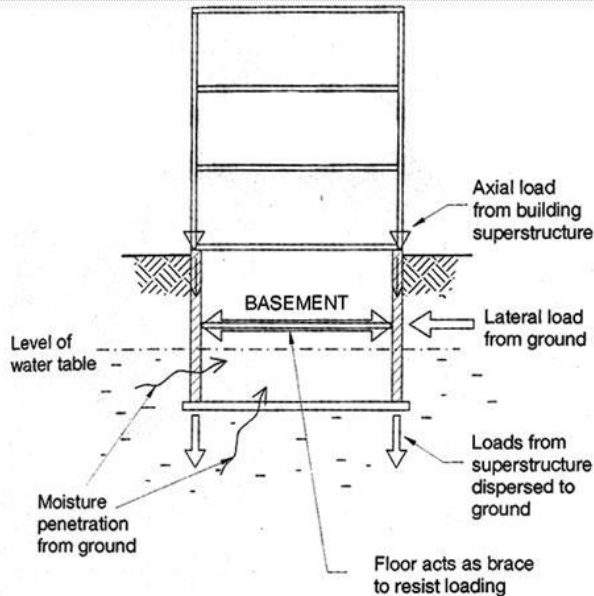
Sistem Rangka Bresing Konsentris merupakan pengembangan dari system Moment Resisting Frame (MRF). Sistem Rangka Bresing Konsentris dikembangkan sebagai system penahan gaya lateral dan memiliki kekakuan lebih baik dibanding Moment Resisting Frame. Sistem ini menerapkan penyerapan energy melalui pelelehan pelat buhul. Sistem ini daktilitasnya kurang begitu baik sehingga kegagalannya ditentukan oleh tekuk bresing.



*Gambar 2.7 Kekakuan Sistem Rangka Bresing Konsentris
Sumber : Salmon dkk, 1991*

2.6 Struktur Basement

Perencanaan dinding basement dapat juga difungsikan sebagai dinding penahan tanah. Karena lantai basement berada di bawah tanah, maka dinding basement mengalami tegangan tanah, tegangan air tanah horizontal dan akibat kendaraan



Gambar 2.8 Struktur Basement

Sumber : Heinemann, 1987

2.7 Pondasi

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

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

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

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

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

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

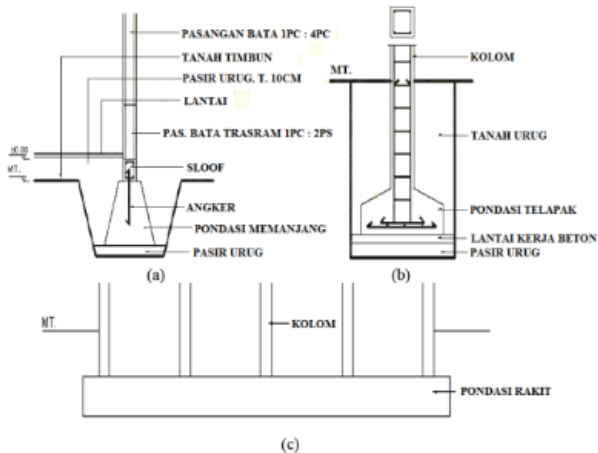
Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.9b)

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 2.9a)

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 2.9c)



Gambar 2.9 Jenis Pondasi Dangkal
(Suyono Sostrodarsono, Kazua 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 :

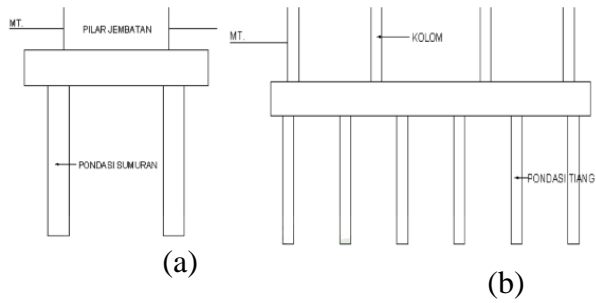
a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

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 2.2d)

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. (Gambar2.2e)



Gambar 2.10 Jenis Pondasi Dalam
(Suyono Sostrodarsono, Kazuo Nakazawa.1984)

Halaman ini sengaja dikosongkan

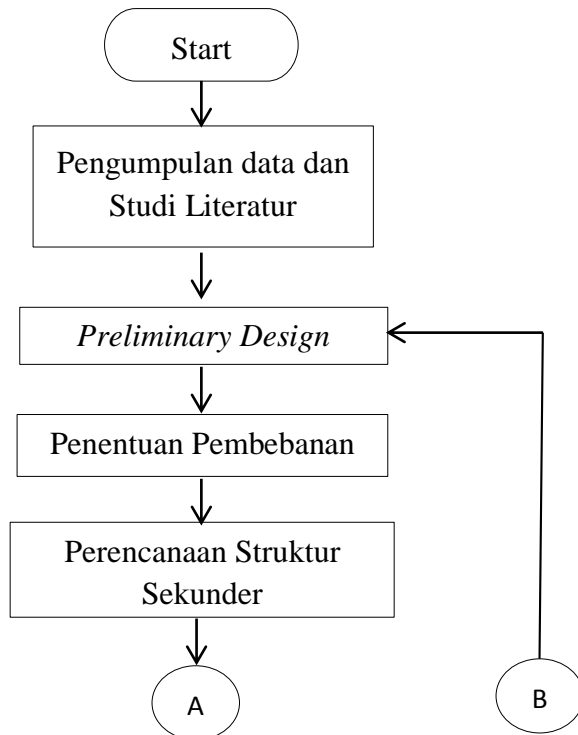
BAB III METODOLOGI

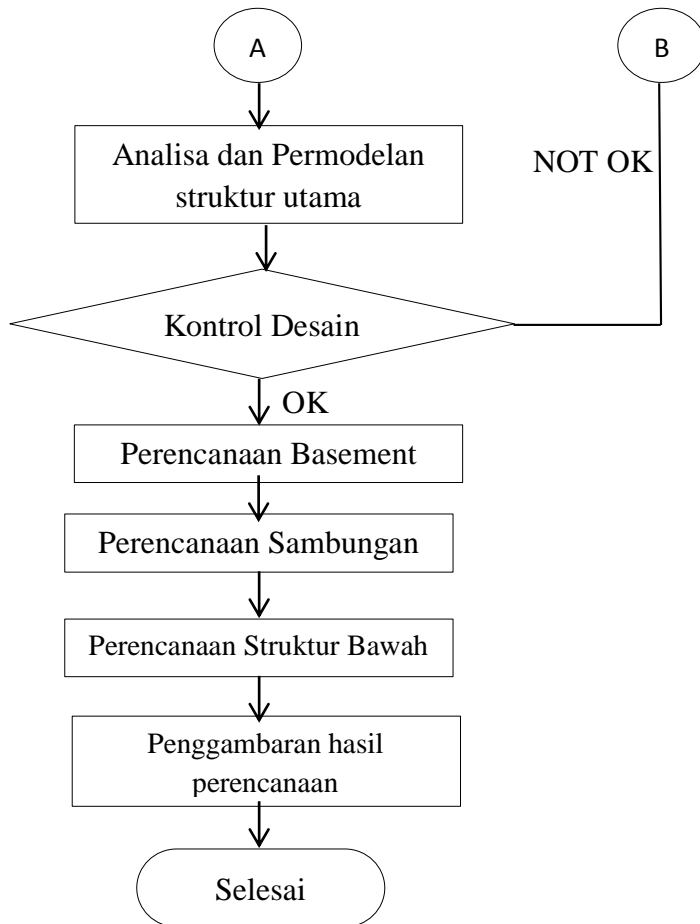
3.1 Umum

Sebelum mengerjakan Tugas Akhir, maka perlu disusun langkah langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaannya dimulai dari pengumpulan dan studi terhadap literatur beserta pedoman perancangan, hingga mencapai tujuan akhir dari analisa struktur yang akan disajikan.

3.2 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.1 Alur Perencanaan Struktur Baja

3.3 Metodologi pengerjaan tugas akhir

Dari diagram alir diatas, dapat dijelaskan metodologi yang dipergunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Pengumpulan data

Mencari data umum bangunan dan data tanah Fakultas Ilmu dan Administrasi Universitas Brawijaya

Data umum bangunan :

1. Nama Gedung : Gedung Fakultas Ilmu Administrasi(FIA), Universitas Brawijaya
2. Lokasi : Jl.M.T.Haryono, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur
3. Fungsi : Bangunan Perkuliahan/Sekolah
4. Jumlah Lantai : 1 Basement dan 12 Lantai
5. Tinggi Gedung : 48,5 meter
6. Material struktur: Beton Bertulang
7. Kondisi tanah : Tanah keras
8. Data tanah : Terlampir

3.3.2 Studi Literatur

Melakukan studi terhadap literature yang berkaitan dengan topic Tugas Akhir mengenai perencanaan bangunan struktur baja komposit. Literatur yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

1. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 1729-2015)
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)
3. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah Dan Gedung (SNI 03-1726-2012)
4. Peraturan Pembebanan Indonsia Untuk Gedung (PPIUG 1983)

5. Buku ajar Struktur Baja 2 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
6. Buku ajar pondasi dangkal Herman Wahyudi

3.3.3 Preliminary Design

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

1. Nama Gedung : Gedung Fakultas Ilmu Administrasi(FIA), Universitas Brawijaya
2. Lokasi : Jl.M.T.Haryono, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur
3. Fungsi : Bangunan Perkuliahan/Sekolah
4. Jumlah Lantai : 1 Basement dan 12 Lantai
5. Tinggi Gedung : 48,5 meter
6. Material struktur: Baja Beton Komposit
7. Sistem struktur : Sistem Rangka B्रेसing Konsentris

3.3.4 Pembebanan

3.3.4.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat struktur sendiri,dinding,pelat, finishing arsitektur dan seluruh peralatan tetap yang tidak terpisahkan dari gedung tersebut. Pembebanan berdasarkan PPIUG 1983 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung

Nama bahan bangunan dan komponen gedung	Berat sendiri
Bahan bangunan	
Baja	7850 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³

Komponen gedung	
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Aspal, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding setengah bata	250 kg/m ²
Plafond	11 kg/m ²
Penggantung langit – langit	7 kg/m ²
Penutup lantai tanpa adukan per cm tebal	24 g/m ²

(Sumber: PPIUG 1983)

3.3.4.2 Beban Hidup

Beban hidup untuk bangunan sekolah atau perkuliahan adalah sebesar 250 kg/m² dan untuk pekerja di atap adalah sebesar 100 kg/m²

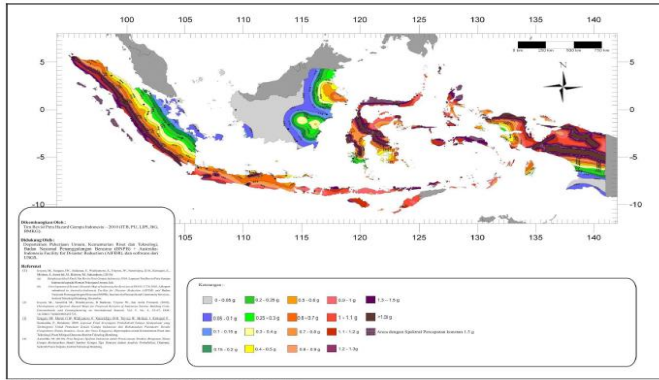
3.3.4.3 Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya angin tekan dan angin hisap yang bekerja secara tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Besarnya beban angin diatur dalam PPIUG 1983 pasal 4.2 untuk bangunan jauh dari laut adalah sebesar 25 kg/m²

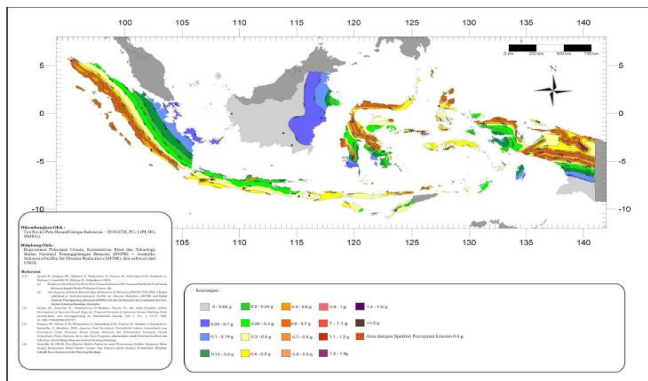
3.3.4.4 Beban Gempa

Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 2500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 2% selama umur gedung 50 tahun. Terdapat 2 buah peta wilayah gempa, yaitu untuk gempa dengan periode $T = 0,2$ detik dan gempa dengan periode $T = 1$ detik. Grafik respons spektrum tidak disediakan, melainkan harus direncanakan sendiri menggunakan parameter-parameter percepatan yang dapat dihitung berdasarkan wilayah gempa dan struktur gedung yang dibangun. Langkah-langkah membuat respons spektrum desain adalah sebagai berikut:

a. Menentukan S_s (diperoleh dari peta gempa dengan periode ulang 2500 tahun dan $T=0,2$ detik) dan S_1 (diperoleh dari peta gempa dengan priode ulang 2500 tahun dan $T= 1$ detik)



Gambar 3.2 Peta Spektra 0,2 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun (Sumber: SNI 03-1726-2012)



Gambar 3.3 Peta Spektra 1 Detik Untuk Periode Ulang Gempa 2500 Tahun (Sumber: SNI 03-1726-2012)

b. Menentukan jenis tanah dan koefisien situs

Setelah jenis tanah ditentukan, dengan nilai S_s dan S_1 yang diperoleh dilangkah awal maka f_a dan f_v akan diperoleh melalui tabel.

Tabel 3.2 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1.25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) -Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat Pasal 6.9.1

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

Tabel 3.3 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda pendek, $T=1,0$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) -Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat Pasal 6.9.1

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

c. Menghitung S_{MS} dan S_{MI}

S_{MS} dan S_{MI} (parameter spektrum respon percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

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

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

d. Menghitung parameter percepatan desain
Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan periode 1 detik S_{D1} harus ditentukan melalui persamaan berikut:

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

$$S_{D1} = 2/3 S_{MI} \quad (3.4)$$

e. Spektrum respons desain

- Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.6)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS}

- Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.7)$$

$$T_s = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.8)$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.9)$$

- Sesuai pasal 5.3, jenis tanah dikelompokkan menjadi 6 bagian, dengan pembagiannya berdasarkan besaran percepatan rambat gelombang geser rata-rata (v_s), nilai hasil

test penetrasi standar rata-rata (N), dan kuat geser nilai rata-rata.

Tabel 3.4 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{V}_p (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{cs}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, dan 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25kPa$			

(Sumber: SNI 1726-2012)

- Sesuai pasal 4.1.2, menentukan kategori resiko struktur bangunan gedung atau non gedung. Pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan faktor keutamaan.

Tabel 3.5 Kategori Resiko Gedung Dan Struktur Lainnya Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dengan resiko rendah terhadap jiwa manusia	I
Semua gedung lain	II
Gedung dengan resiko tinggi terhadap jiwa manusia	III
Gedung yang ditunjukkan untuk fasilitas penting	IV

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

Tabel 3.6 Faktor Keutamaan Gedung

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

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

- f. Kategori Desain Gempa
 Sesuai pasal 6.5, struktur harus memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini.

Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

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

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

Tabel 3.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

Nilai S_I	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} \leq 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DS} \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

g. Gaya geser dasar gempa dan beban lateral gempa

Sesuai pasal 7.8, gaya dasar seismik V dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W \quad (3.10)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

W = koefisien respons seismik

Koefisien respons seismik, C_s harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.11)$$

Nilai C_s yang dihitung diatas tidak boleh melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{T \cdot R}{I_e}\right)} \quad (3.12)$$

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.13)$$

Untuk struktur yang berlokasi di S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.14)$$

Keterangan:

C_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek

C_{D1} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda 1 detik

S_1 = parameter percepatan spektrum respons maksimum yang ditetapkan

T = perioda struktur dasar (detik)

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan hunian

Sesuai pasal 7.8.3 gaya gempa lateral yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

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

Keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x

h_i dan h_x = perioda struktur dasar (detik)

R = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur

Sesuai pasal 7.8.4 gaya tingkat desain gempa di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^N F_i \quad (3.16)$$

Keterangan:

F_i = bagian dari gaya geser dasar seismik yang timbul di tingkat i

3.3.5 Perencanaan Struktur Sekunder

Direncanakan dan dikontrol sesuai SNI 1729-2015 pasal H1.1 yang berisi

Bila $\frac{Pr}{Pc} \geq 0,2$, maka

$$\frac{Pr}{Pc} + \left(\frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right) \leq 1 \quad (3.17)$$

$$\text{Bila } \frac{Pr}{Pc} \leq 0,2 \text{ , maka}$$

$$\frac{Pr}{2Pc} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right) \leq 1 \quad (3.18)$$

Dimana :

Pr = Kekuatan aksial perlu

Pc = Kekuatan aksial tersedia

Mr = Kekuatan lentur perlu arah x

Mc = Kekuatan lentur tersedia

x = Indeks sehubungan sumbu kuat lentur

y = Indeks sehubungan sumbu lemah lentur

3.4 Konsep Perencanaan Struktur Baja

3.4.1 Desain Balok

Pada elemen balok bekerja gaya lentur dan gaya geser. Kapasitas lentur dan gaya geser harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\phi_m M_n > M_u \quad (3.19)$$

$$\phi_s V_n > V_u \quad (3.20)$$

Dengan ϕ_m adalah faktor reduksi lentur dan ϕ_s adalah faktor reduksi geser yang nilainya sebesar 0,9. Pada perencanaan elemen balok, gaya- gaya luar yang bekerja diperbesar dengan 1,1 kali dan nilainya harus lebih besar atau sama dengan 1,1 Ry Vn.e/2

(untuk lentur) dan $1,1 R_y V_n$ (untuk geser). Nilai geser dan momen (V_u dan M_u) untuk perencanaan balok diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan-persamaan tersebut.

Pada perencanaan elemen balok harus dilakukan pengecekan terhadap hal-hal sebagai berikut:

- a. Cek terhadap kelangsingan penampang sayap (*flange*):

- Penampang kompak

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (3.21)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.22)$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \quad (3.23)$$

badan (*web*):

- Penampang kompak

$$\lambda = \frac{h-2(tf+r)}{tw} \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (3.24)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (3.25)$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y - f_r}} \quad (3.26)$$

Jika $\lambda > \lambda_r$, maka penampang termasuk penampang langsing, dimana:

λ = faktor kelangsingan penampang

C = batas kelangsingan untuk penampang kompak

h = tinggi penampang

bf = lebar sayap

tw = tebal badan

tf = tebal sayap

f_y = tegangan leleh baja

r = jari-jari kelengkungan

λ_r = batas kelangsingan untuk penampang non kompak

f_r = tegangan residu, untuk penampang buatan pabrik 70

Mpa dan jika penampang buatan dilas 115 Mpa

b. Cek terhadap kapasitas lentur penampang

- Penampang kompak

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

$$M_p = 1, 12. Sx. fy \quad (3.28)$$

- Penampang tidak kompak

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_r} \right) \quad (3.29)$$

$$M_p = 1, 12. Sx. fy \quad (3.30)$$

- Untuk Penampang langsing

$$M_n = M_r \left(\frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 \quad (3.31)$$

Secara umum harus dipenuhi persamaan:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.32)$$

Keterangan:

M_n = momen nominal

M_r = momen batas tekuk

c. Cek terhadap tekuk torsi lateral

- Bentang pendek

Syarat bentang pendek: $L_b < L_p$

$$L_p = 1, 76. r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.33)$$

Kapasitas lentur: $M_n = M_p$

- Bentang menengah

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

$$L_r = \frac{x_1 r_y}{f_y - f_r} \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 (f_y - f_r)^2}} \quad (3.34)$$

$$x_1 = \frac{\pi}{s_x} \sqrt{\frac{G.J.E.A}{2}} \quad (3.35)$$

$$x_2 = \frac{4.C_w}{I_y} \left(\frac{s_x}{G.J} \right)^2 \quad (3.36)$$

$$C_w = \frac{1}{24} \cdot t_f \cdot b^3 \cdot (h - 2t_f)^2 \quad (3.37)$$

Kapasitas lentur:

$$M_n = C_b \cdot \left[M_p - (M_p - M_r) \cdot \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \quad (3.38)$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{maks}}{2,5 \cdot M_{maks} + 3 \cdot M_a + 4 \cdot M_b + 3 \cdot M_c} \leq M_p \quad (3.39)$$

Keterangan:

C_b = koefisien pengali momen tekuk lateral

M_{maks} = harga absolute momen max pada segmen tanpa pengaku lateral pada sebuah balok (L_b).

L_b = panjang bentang antara dua pengaku lateral

L_p = panjang bentang maksimum untuk balok yang dapat menerima beban plastis

L_r = panjang bentang minimum balok yang kekuatannya mulai ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral

M_A = momen pada $\frac{1}{4}$ bentang L_b

M_B = momen pada $\frac{1}{2}$ bentang L_b

M_C = momen pada $\frac{3}{4}$ bentang L_b

E = Modulus elastisitas baja

r_y = jari-jari girasi terhadap sumbu y (sumbu lemah)

G = Modulus geser baja

J = konstanta punter torsi

x_1, x_2 = koefisien perhitungan momen tekuk torsi lateral

C_w = kostanta warping penampang

• Bentang panjang

Syarat bentang panjang: $L_b > L_r$

Kapasitas lentur: $M_n = M_{cr} \leq M_p$

$$M_{cr} = C_b \cdot \frac{\pi}{L_b} \cdot \sqrt{G \cdot J \cdot E \cdot I_y} \cdot \sqrt{1 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{G \cdot J \cdot L_b^2}} \quad (3.40)$$

Keterangan:

M_{cr} = momen kritis terhadap tekuk lateral

d. Cek nominal geser

Kuat geser balok tergantung perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (t_w)

- Pelat badan leleh (Plastis)

$$1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \quad (3.41)$$

Sehingga,

$$V_n = 0,69 \cdot f_y \cdot A_w \quad (3.42)$$

- Pelat badan menekuk inelastic (*Inelastic Buckling*)

$$1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \quad (3.43)$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.44)$$

Sehingga,

$$V_n = 0,9 \frac{k_n E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \quad (3.45)$$

Kontrol kuat geser rencana:

$$V_u \leq \phi V_n \rightarrow \phi = 0,9 \quad (3.46)$$

Keterangan:

V_n = kapasitas nominal geser penampang

V_u = kapasitas geser perlu

A_w = luas pelat badan ($A_w = d \cdot t_w$)

a = jarak pengaku vertikal plat badan

h = tinggi penampang

e. Kontrol kuat tarik

- Kuat leleh

$$P_n \leq f_y A_g \quad (3.47)$$

$$P_u \leq \phi P_n, \text{ dimana } \phi = 0,9 \quad (3.48)$$

- Kuat Putus

$$P_n \leq f_u A_g \quad (3.49)$$

$$P_u \leq \phi P_n, \text{ dimana } \phi = 0,7 \quad (3.50)$$

3.4.2 Desain Kolom

Kolom merupakan elemen struktur yang menerima gaya tekan. Kolom menahan beban aksial melalui titik centroid. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor, N_u harus memenuhi syarat:

$$N_u \leq \phi N_n \rightarrow \phi = 0,85 \quad (3.51)$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \quad (3.52)$$

- Kontrol elemen penampang sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf}; \lambda_p = \frac{250}{\sqrt{f_y}} \quad (3.53)$$

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{penampang tidak langsing}$$

$$\lambda > \lambda_r \rightarrow \text{penampang langsing}$$

- Kontrol elemen penampang Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw}; \lambda_p = \frac{665}{\sqrt{f_y}} \quad (3.54)$$

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{penampang tidak langsing}$$

$$\lambda > \lambda_r \rightarrow \text{penampang langsing}$$

- Kelangsingan komponen struktur

- Kelangsingan elemen penampang $< \lambda_r$

- Kelangsingan komponen struktur tekan

$$\lambda_r = \frac{L_k}{i} \leq 200 \rightarrow L_k = k_c \cdot L \quad (3.55)$$

- Cek terhadap tekuk lentur

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3.56)$$

- Ketentuan untuk nilai λ_c

Tabel 3.9 Mencari Nilai ω

$\lambda_c \leq 0,25$	$\omega = 1$
$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2$	$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$
$\lambda_c \geq 0,25$	$\omega = 1,25\lambda_c^2$

(Sumber: SNI 1729-2015)

- Perbandingan kekakuan kolom terhadap kekakuan penahan ujung ujungnya (kekakuan baloknya)

$$G = \frac{\sum \left(\frac{I}{L}\right)_c}{\sum \left(\frac{I}{L}\right)_b} \quad (3.57)$$

Keterangan:

I_c = Momen inersia kolom

L_c = Panjang kolom

I_b = Momen inersia balok

L_b = Panjang balok

Ketentuan:

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

3.4.3 Desain Balok- Kolom

- Persamaan interaksi antara gaya normal tekan dan lentur:
 - Momen lentur dominan

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0,20 \rightarrow \frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,00 \quad (3.58)$$

- Gaya aksial dominan

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} < 0,20 \rightarrow \frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,00 \quad (3.59)$$

Keterangan:

P_u = Gaya normal tekan akibat beban terfaktor

M_{ux} dan M_{uy} = Momen lentur (amplifikasi) terhadap sumbu x dan sumbu y

P_n = Kekuatan nominal tekan

M_{nx} dan M_{ny} = Kekuatan nominal lentur terhadap sumbu x dan sumbu y

$\Phi_c = 0,85$ faktor reduksi untuk kuat tekan

$\Phi_b = 0,90$ faktor reduksi untuk kuat lentur

- Amplifikasi momen

- Amplifikasi momen untuk elemen tidak bergoyang

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} \quad (3.64)$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crb}} \right)} \geq 1,00 \quad (3.65)$$

$$C_m = 0,6 - 0,4\beta \leq 1,0 \rightarrow \beta = \frac{M_1}{M_2} \quad (3.66)$$

- Amplifikasi momen untuk elemen bergoyang

$$M_u = \delta_b \cdot M_{nt} + \delta_s \cdot M_{lt} \quad (3.67)$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{\sum N_u}{\sum N_{crs}} \right)} \quad (3.68)$$

$$N_{crb} = N_{crs} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A_g \quad (3.69)$$

Keterangan:

M_{ntu} = momen berfaktor pada analisa orde pertama yang diakibatkan oleh beban tidak menimbulkan goyangan (beban gravitasi)

δ_b = Faktor amplifikasi, untuk memasukan pengaruh P- δ

N_u = Gaya tekan berfaktor

N_{crb} = Gaya tekan kritis Euler untuk elemen tidak bergoyang (k-untuk tidak bergoyang)

C_m = 1; elemen dengan ujung-ujung sederhana

C_m = 0,85; elemen dengan ujung-ujung kaku

M_{lt} = momen berfaktor pada analisa orde pertama yang diakibatkan beban yang menimbulkan pergoyangan (beban lateral)

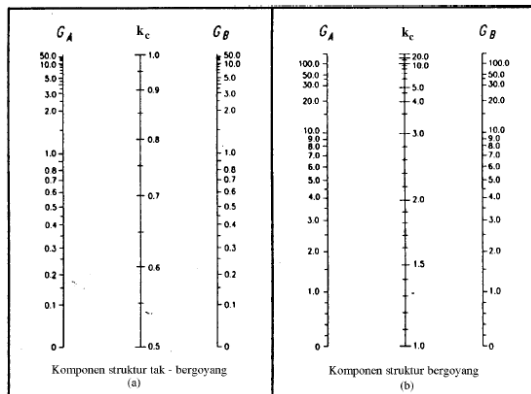
δ_s = Faktor amplifikasi, untuk memasukan pengaruh P- Δ

$\sum N_u$ = jumlah gaya tekan berfaktor seluruh kolom dalam satu tingkat yang ditinjau

ΣN_{crs} = jumlah gaya kritis Euler untuk element bergoyang, (k-bergoyang) dalam satu tingkat yang ditinjau

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai k_c teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai k_c yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung						

Gambar 3.4 Nilai k_c Untuk Kolom Dengan Ujung-Ujung Ideal (Sumber: SNI-03-1729-2002)



Gambar 3.5 Nilai k_c Untuk Komponen Struktur (A) Tidak Bergoyang (B) Bergoyang (Sumber: SNI-03-1729-2002)

3.4.4 Perencanaan Bresing Konsentris

Melakukan perencanaan terhadap bresing sendiri . Bresing harus direncanakan sebagai sekering(fuse) dari struktur, sehingga bresing direncanakan leleh terlebih dahulu. Kolom dan balok tidak diperbolehkan leleh sedikitpun . Bresing yang dipergunakan sebagai komponen penahan lateral harus memenuhi parameter berikut :

3.4.4.1 Parameter Kelangsingan

Batang bresing harus memenuhi syarat kelangsingan yaitu :

$$\frac{Kc \times L}{r} \leq \frac{1900}{\sqrt{fy}} \quad (3.70)$$

Dimana : Kc = faktor panjang efektif kolom

L = pengaruh beban hidup akibat pengguna gedung

r = jari jari girasi

fy = Tegangan leleh

3.4.4.2 Kuat Perlu

3.4.4.2.1 Kuat Tarik

Kuat nominal aksial Tarik batang bresing yang ditetapkan adalah sebesar :

$$Pu = Ry \times fy \times Ag \quad (3.71)$$

Dimana :

Ry = faktor modifikasi tegangan leleh

Fy = tegangan leleh bahan baja

A_g = Luas penampang bruto

3.4.4.2.2 Kuat Tekan

Kuat nominal aksial Tekan batang bresing yang ditetapkan adalah sebesar :

$$P_u = 1,1 \times R_y \times A_g \times F_{cr} \quad (3.72)$$

Dimana :

R_y = faktor modifikasi tegangan leleh

A_g = Luas penampang bruto

F_{cr} = Tegangan kritis

3.5 Sambungan

Perencanaan sambungan dalam Tugas Akhir ini berdasarkan SNI 03-1729-2002

- Sambungan baut

Kuat geser:

$$V_d = \phi_f \cdot V_n = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (3.73)$$

Kuat tumpu:

$$R_d = \phi_f \cdot V_n = 2,4 \phi_f \cdot d_b \cdot t_r \cdot f_u \quad (3.74)$$

“Dari nilai V_d dan R_d dipilih nilai terkeci”

Jumlah baut (n):

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} \quad (3.75)$$

Dimana:

ϕ_f = Faktor reduksi kekuatan fraktur (0,85)

r_1 = 0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

= 0,4 untuk baut ada ulir pada bidang geser

f_u^b = Tegangan tarik putus baut

A_b = Luas bruto penampang baut

f_u = Tegangan tarik putus yang terendah dari baut dan pelat

t_p = Tebal tertipis pelat

- Kontrol jarak baut

Jarak tepi minimum = 1,5 db

Jarak tepi maksimum = $(4t_p + 100 \text{ mm})$ atau 200 mm

Jarak minimum antar baut = 3 db

Jarak maksimum antar baut = 15 t_p atau 200 mm

Kontrol kekuatan pelat:

$$\phi P_n = 0,75 \times 0,6 \times A_n v \quad (3.76)$$

$$\phi P_n > V_n \quad (3.77)$$

3.6 Pondasi

Setelah menghitung beban struktur atas secara keseluruhan, maka kita harus meneruskan beban tersebut ke struktur bawah (pondasi) yang direncanakan menggunakan bored pile dengan metode *Luciano-Decourt*. Langkah-langkah yang dikerjakan dalam perencanaan struktur tersebut adalah:

1. Menghitung beban total dari struktur atas
2. Mencari data tanah dan menghitung daya dukung tanah
3. Menghitung daya dukung ujung tiang
4. Menghitung daya dukung selimut tiang
5. Menghitung daya dukung ultimate pondasi

3.6.1 Kontrol Perencanaan Pondasi

Melakukan control kemampuan pondasi dari perencanaan yang telah dilaksanakan sesuai dengan persyaratan.

3.6.2 Perhitungan Daya Dukung Ujung tiang (Qb)

Perhitungan daya dukung ujung tiang didasarkan pada perhitungan N-SPT yang kemudian diinput pada rumus :

$$Q_b = A_b \times 38 \times \underline{N} \quad (3.84)$$

Dimana :

- Q_b = Daya dukung ultimate ujung tiang
- A_b = Luas Penampang ujung tiang bor
- N = Rata rata nilai N-SPT dari daerah antara 8D diatas ujung tiang dengan 4D dibawah ujung tiang
- D = Diameter pondasi
- L_b = Kedalaman penetrasi tiang pada lapisan ujung tanah keras

3.6.3 Perhitungan daya dukung selimut tiang (Qs)

Perhitungan daya dukung selimut tiang didasarkan pada nilai SPT dan luas per lapisan tanah apabila tanah per lapisan memiliki sifat yang berbeda dengan rumus :

$$Q_s = (N_{spt1} \times A_{lapisan1}) + (N_{spt2} \times A_{lapisan2}) + \dots + (N_{sptn} \times A_{lapisan n}) \quad (3.85)$$

3.6.4 Perhitungan daya dukung ultimate tiang (Qu)

Perhitungan daya dukung ultimate tiang didasarkan pada nilai daya dukung selimut(Q_s) dan daya dukung ujung(Q_b) dengan rumus :

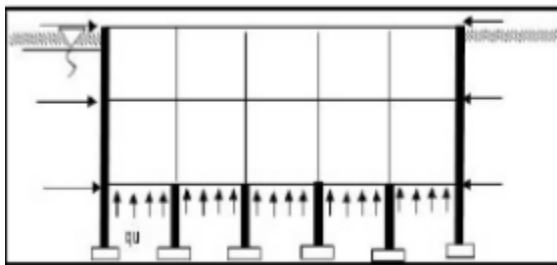
$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (3.86)$$

3.7 Perencanaan Basement

3.7.1 Perencanaan Pelat Basement

Pelat didesain untuk menerima gaya uplift dari air tanah, sehingga dari gaya uplift tersebut yang membentuk beban merata di bawah basement. Dari gaya uplift dan gaya tekanan tanah horizontal maka dapat menghasilkan output momen terhadap pelat basement kearah x dan y. Selanjutnya dapat diperoleh ukuran tulangan berapa yang dipergunakan sesuai dengan rumus di bawah ini :

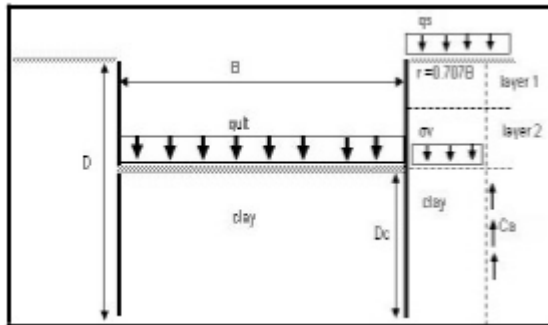
$$\frac{M_u}{\rho \times b \times d} = A_s \text{ tulangan} \quad (3.87)$$



Gambar 3.6 Permodelan gaya uplift pelat basement

3.7.2 Kontrol terhadap bahaya heaving

Karena berkurangnya tegangan efektif atau overburden akibat ekskavasi, maka ditakutkan lapisan tanah lunak akan mengalir ke dalam lubang galian dan terjadi *heave*. Keadaan yang demikian perlu adanya control kedalaman dinding terhadap bahaya *heave*



Gambar 3.7 Permodelan Heaving

BAB IV Hasil dan Pembahasan

4.1 Perencanaan Struktur Sekunder

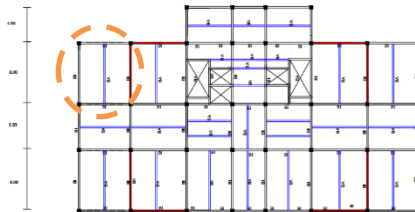
Perencanaan Struktur Sekunder meliputi perencanaan pelat lantai, balok anak, balok lift dan tangga

4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai

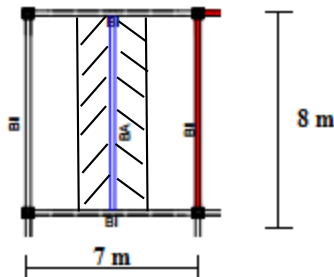
Perencanaan lantai yang ada pada gedung ini menggunakan Bondex dengan table perencanaan praktis yang ada dari SUPER FLOOR DECK. Struktur lantai direncanakan dengan menggunakan satu baris penyangga (one row props) selama proses pengerasan pelat beton. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Bondex Menggunakan Tebal 0,75 mm
- Beton menggunakan mutu K-250 kg/cm²

4.1.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Gedung



Gambar 4.1 Denah Pelat Lantai Gedung



Gambar 4.2 Detail Pelat Lantai Gedung

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm 0,02 x 2200 = 44 kg/m²
 - Berat keramik 1 cm 1 x 24 = 24 kg/m²
 - Berat plafon + penggantung 11 +7 = 18 kg/m²
 - Berat *ducting* dan *plumbing* _____ = 10 kg/m² +
- $$q_{Dtotal} = 96 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup :

- Lantai Gedung perkuliahan $q_{Llantai} = 250 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L$
- = 96 + 250
- = 346 kg/m² $\approx 400 \text{ kg/m}^2$

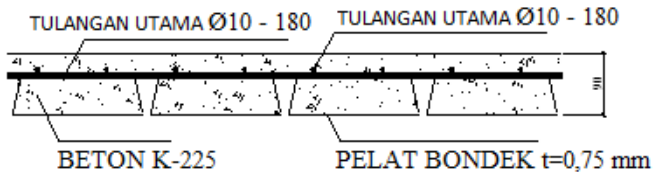
Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang 3,5 m
- Beban berguna = 400 kg/m²
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 11 cm, dan tulangan negatif 4,09 cm²/m

Digunakan tulangan Ø 10 ($A_s = 0,7857 \text{ cm}^2$)

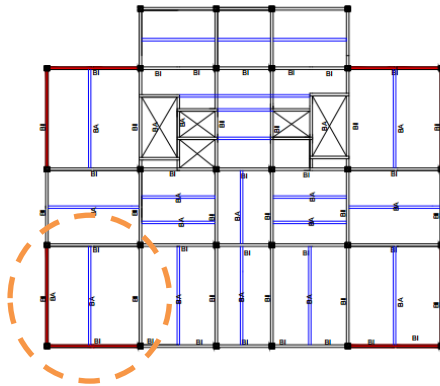
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{4,09}{0,7857} = 5,2055 \approx 6$ buah
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{6} = 166,66 \text{ mm} \approx 180 \text{ mm}$
- Jadi dipasang tulangan negatif Ø 10 – 180

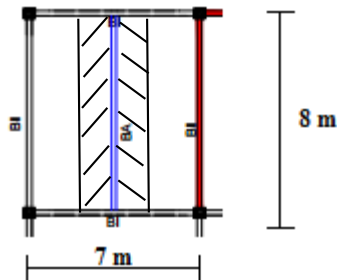


Gambar 4.3 Penulangan Pelat Lantai Gedung

4.1.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Atap



Gambar 4.4 Denah Pelat Lantai Atap



Gambar 4.5 Detail Pelat Lantai Atap

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ruangan apartemen ini menggunakan SNI 1727-2013

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm 0,02 x 2200 = 44 kg/m²
 - Berat keramik 1 cm 1 x 24 = 24 kg/m²
 - Berat plafon + penggantung 11 + 7 = 18 kg/m²
 - Berat ducting dan plumbing = 10 kg/m² +
- $$q_{Dtotal} = 96 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup :

- Lantai Atap $q_L = 100 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

$$- Q_u = q_D + q_L = 96 + 100 = 196 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$$

Data-data perencanaan pelat bondek

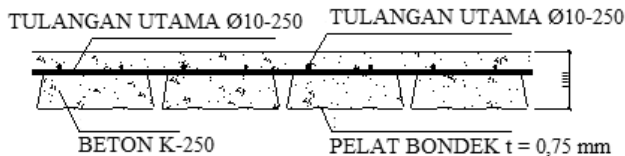
- Bentang = 3,5 m
- Beban berguna = 200 kg/m²
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 11 cm, dan tulangan negatif 2,90 cm²/m
Digunakan tulangan Ø10 (As = 0,785 cm²)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

$$- n = \frac{2,90}{0,785} = 3,69 = 4 \text{ buah}$$

$$- \text{jarak antar tulangan} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

- jadi dipasang tulangan negatif Ø 10 – 250



Gambar 4.6 Penulangan Lantai Atap

4.1.2 Perencanaan Balok Anak

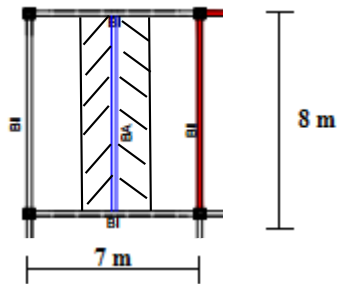
Fungsi dari balok anak adalah menerima beban dari pelat lantai lalu meneruskan serta membagi beban yang dipikul ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder, sehingga didalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

4.1.2.1 Perencanaan Balok Anak Lantai Atap

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 6 x 9, dengan data- data sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} d & = 346 \text{ mm} & i_x & = 14,5 \text{ cm} \\ bf & = 174 \text{ mm} & i_y & = 3,88 \text{ cm} \\ tf & = 9 \text{ mm} & Z_x & = 792 \text{ cm}^3 \end{array}$$

t_w	$= 6 \text{ mm}$	$Z_y = 139 \text{ cm}^3$
A	$= 52,68 \text{ cm}^2$	$S_x = 641 \text{ cm}^3$
q	$= 41,4 \text{ kg/m}$	$S_y = 91 \text{ cm}^3$
I_x	$= 11100 \text{ cm}^4$	$r = 14 \text{ cm}$
I_y	$= 792 \text{ cm}^4$	$h = d - 2(tf+r)$
F_y	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$	$= 300 \text{ mm}$



Gambar 4.7 Denah Balok Lantai Atap

- **Beban- Beban Yang Bekerja**
 - **Beban Mati**

Berat pelat bondek	$= 10,1 \text{ kg/m}^2$
Berat beton $0,09 \times 2400$	$= 216 \text{ kg/m}^2$
Berat plafon + penggantung $11 + 7$	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Berat ducting dan plumbing	$= 10 \text{ kg/m}^2$
	<hr/>
	$= 254,1 \text{ kg/m}^2$
$254,1 \text{ kg/m}^2 \times 3,5 \text{ m}$	$= 889 \text{ kg/m}$
Berat profil	$= 41,4 \text{ kg/m}$
	<hr/>
	$q_D = 930,4 \text{ kg/m}$
 - **Beban hidup (SNI 1727:2013)**

$q_L = 3,5 \text{ m} \times 100 \text{ kg/m}^2$	$= 350 \text{ kg/m}$
---	----------------------
 - **Beban berfaktor :**

$q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$	
$= 1,2 \cdot 930,4 + 1,6 \cdot 350$	$= 1676,48 \text{ kg/m}$
- **Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok**

- Momen:

$$Mu = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot L^2 = \frac{1676,48 \times 8 \times 8}{8}$$

$$= 13411,84 \text{ kg m}$$

- Gaya Geser:

$$Vu = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot L = \frac{1676,48 \times 8}{2}$$

$$= 6705,92 \text{ kg}$$

- Kontrol Kuat Momen Lentur

- Pelat sayap:

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{174}{2 \cdot 9} = 9,66$$

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

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{6} = 50$$

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

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times fy \\ &= 792 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1980000 \text{ kg.cm} = 19800 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 100 cm

$L_p = 179,333 \text{ cm}$ } Dari Tabel (L_p & L_r)

$$L_r = 473,487 \text{ cm}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\ &= 792 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1980000 \text{ kg.cm} = 19800 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 139 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 347500 \text{ kg.cm} = 3475 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Persamaan Interaksi

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

$$\frac{13411,84}{0,9 \times 19800} + \frac{0}{0,9 \times 3475} \leq 1,0 \rightarrow 0,752 < 1,0 \text{ (OK)}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 5093,89 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{300}{6} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$50 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (30 \times 0,6) = 27000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot 27000 \text{ kg} \\ &= 24300 \text{ kg} > 6705,92 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Lendutan

- $f_{ijin} = \frac{L}{180} \rightarrow \frac{800}{180} = 4,44 \text{ cm}$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qdl + qll) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(930,4 + 350) \cdot 10^{-2} \cdot 800^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 11100} \right)$$

$$= 3,076 \text{ cm}$$

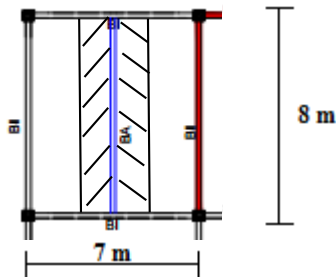
$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 3,076 \text{ cm} > 4,444 \text{ cm} \quad (OK)$$

“Profil WF 350 x 175 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap”

4.1.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai Gedung

Balok anak yang terletak pada lantai akan difungsikan sebagai perkantoran direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 400 mm	i_x	= 16,8 cm
bf	= 200 mm	i_y	= 4,54 cm
tf	= 13 mm	Z_x	= 1286 cm ³
tw	= 8 mm	Z_y	= 266 cm ³
A	= 84.12 cm ²	S_x	= 1190 cm ³
q	= 66,0 kg/m	S_y	= 174 cm ³
I_x	= 23700 cm ⁴	r	= 16 cm
I_y	= 1740 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
F_y	= 250 Mpa (BJ-41)		= 342 mm



Gambar 4.8 Denah Balok Lantai Perkantoran

- **Beban- Beban Yang Bekerja**
 - **Beban Mati**

Berat pelat bondek	= 10,1	kg/m ²
Berat spesi 2 x 21	= 42	kg/m ²
Berat tegel	= 24	kg/m ²
Berat beton 0,11 x 2400	= 264	kg/m ²
Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m ²
Berat ducting dan plumbing	<u>= 10</u>	<u>kg/m²</u>
	= 368,10	kg/m ²
368,10 kg/m ² x 3,5 m	= 1288,35	kg/m
Berat profil	<u>= 66,0</u>	<u>kg/m</u>
	<u>q_D = 1354,35</u>	<u>kg/m</u>
 - **Beban hidup (SNI 1727:2013)**

q _L = 3,5 m x 250 kg/m ²	= 875	kg/m
--	-------	------
 - **Beban berfaktor :**

q _U = 1,2 . q _D + 1,6 . q _L		
= 1,2 . 1354,35 + 1,6 . 875	= 3025,22	kg/m
- **Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok**
 - *Momen:*

$$Mu = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot L^2 = \frac{3025,22 \times 8 \times 8}{8}$$

$$= 24201,76 \text{ kg m}$$
 - *Gaya Geser:*

$$Vu = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot L = \frac{3025,22 \times 8}{2}$$

$$= 12100,88 \text{ kg}$$
- **Kontrol Kuat Momen Lentur**
 - **Pelat sayap:**

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 13} = 7,69$$

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

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{342}{8} = 42,75$$

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

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times fy \\ &= 1286 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 3215000 \text{ kg.cm} = 32150 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 100 cm

$L_p = 226,003 \text{ cm}$ } Dari Tabel (L_p & L_r)

$L_r = 658,357 \text{ cm}$ }

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times fy \\ &= 1286 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 3215000 \text{ kg.cm} = 32150 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times fy \\ &= 266 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 665000 \text{ kg.cm} = 6650 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Persamaan Interaksi

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

$$\frac{24201,76}{0,9 \cdot 32150} + \frac{0}{0,9 \cdot 6650} \leq 1,0 \rightarrow 0,71 < 1,0 \rightarrow (\text{OK})$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 12100,88 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{256}{5,5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$42,75 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times (40 \times 0,8) = 48000 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \cdot 48000 \text{ kg}$$

$$= 43200 \text{ kg} > 12100,88 \text{ kg (OK)}$$

- Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{800}{360} = 2,222 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qdl + ql) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(1354,35 + 875) \cdot 10^{-2} \cdot 800^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 23700} \right) = 1,76 \text{ cm}$$

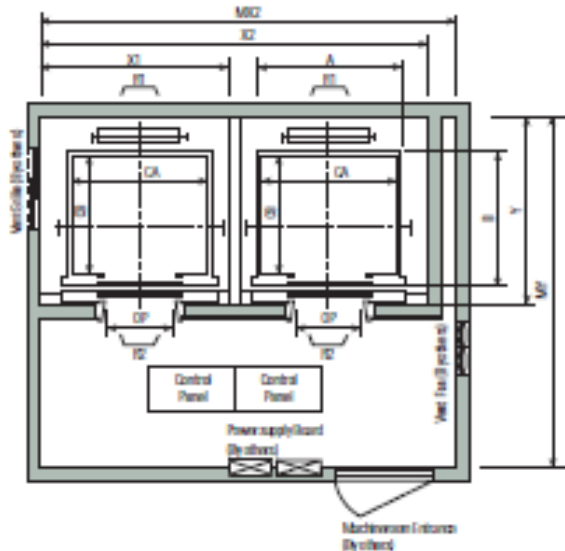
$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 2,222 \text{ cm} > 1,76 \text{ cm (OK)}$$

“ Profil WF 400 x 200 x 8 x 13 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai perkantoran”

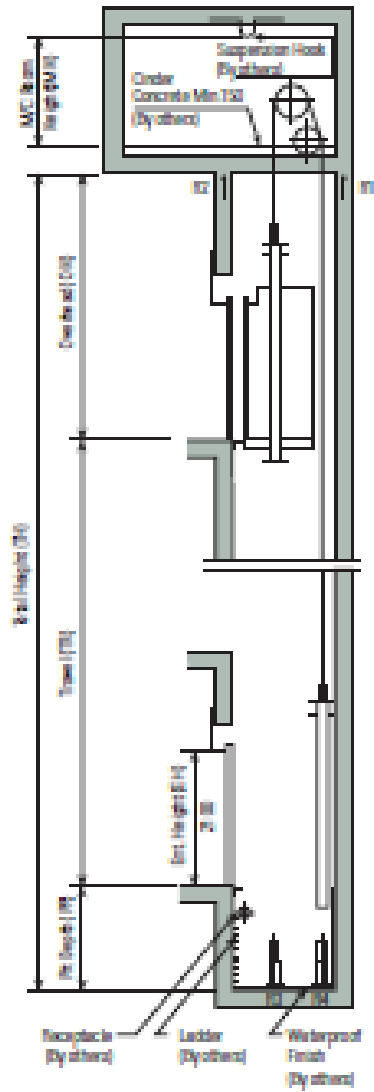
4.1.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift 1 Car

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

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 13 Orang / 900 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Internal car : 1700 x 1520 mm²
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 1 Car : 2250 x 2100 mm²
- Beban reaksi ruang mesin : $R_1 = 4200$ kg
 $R_2 = 2700$ kg



Gambar 4.9 Lift



Gambar 4.10 Hoistway Section

Perencanaan Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 300 mm	ix	= 12,4 cm
bf	= 150 mm	iy	= 3,29 cm
tf	= 9 mm	Zx	= 522 cm ³
tw	= 6,5 mm	Zy	= 104 cm ³
A	= 46,78 cm ²	Sx	= 481 cm ³
q	= 36,7 kg/m	Sy	= 67,7 cm ³
Ix	= 7210 cm ⁴	r	= 13 cm
Iy	= 508 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 256 mm

- **Pembebanan Balok Penggantung Lift**

- **Beban mati**

$$\text{Berat profil balok penggantung lift} = 36,70 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan (10\%)} = \underline{3,67 \text{ kg/m}}$$

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

- **Beban hidup**

Digunakan beban hidup untuk *maintenance*

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

- **Beban merata ultimate**

$$q_u = 1,2 \times q_d + 1,6 \times P$$

$$= (1,2 \times 40,37) + (1,6 \times 100) = 208,44 \text{ kg/m}$$

- **Beban terpusat lift**

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

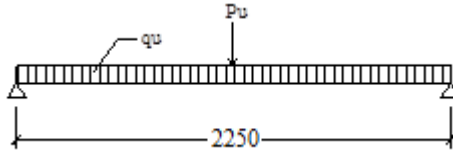
Pada tabel perencanaan lift diperoleh:

$$PU_1 = R_1 \cdot (1+100\%)$$

$$= 4200 \times (1+100\%) = 8400 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 PU_2 &= R_2 \cdot (1+100\%) \\
 &= 2700 \times (1+100\%) = 5400 \text{ kg} \\
 \text{Dipilih beban PU terbesar} &= 8400 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Gaya Dalam Balok Penggantung Lift



Gambar 4.11 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift

- Reaksi perletakan

$$\begin{aligned}
 Ra &= Rb = \frac{1}{2} \times qu \times L + \frac{1}{2} \times Pu \\
 &= \frac{1}{2} \times 208,44 \times 2,25 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 8400 \\
 &= 4434,395 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 Mmax &= \frac{1}{8} \times qu \times L^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times L \\
 &= \frac{1}{8} \times 208,44 \times 2,25 \text{ m} + \frac{1}{4} \times 8400 \times 2,25 \text{ m} \\
 &= 4783,62375 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$\begin{aligned}
 Vu &= Ra \\
 &= 4434,395 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Kuat Momen Lentur

- Pelat sayap:

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{2.9} = 8,33$$

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

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

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

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

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

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 225 cm

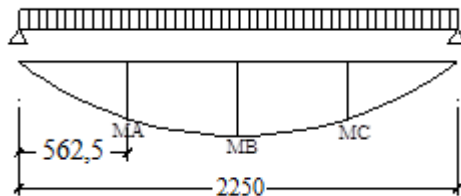
$L_p = 163,78 \text{ cm}$ } Dari Tabel (L_p & L_r)

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

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Menengah

Karena bentang menengah, maka:

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



Gambar 4.12 Diagram Momen Balok Peggantung Lift

$$\begin{aligned}
 M_A &= M_C \\
 &= R_A \times (L/4) - q_u \times (L/4) \times (L/8) \\
 &= 4434,395 \times 0,5625 - 208,44 \times 0,5625 \times 0,28125 \\
 &= 2461,371 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= M_{\text{Max}} \\
 &= 4783,62375 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{12,5 \cdot 4783,62375}{2,5 \cdot 4783,62375 + 3 \cdot 2461,371 + 4 \cdot 4783,62375 + 3 \cdot 2461,371} \\
 &= 1,3098 \leq 2,3 \text{ (plastis)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 522 \cdot 2500 = 1305000 \text{ kg.cm} = 13050 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= S_x \cdot (f_y - f_r) \\
 &= 481 \cdot (2500 - 700) = 865800 \text{ kg.cm} = 8658 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cb \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \\
 &= 1,31 \left[8658 + (13050 - 8658) \frac{478,2 - 400}{478,2 - 163,78} \right] \\
 &= 12734,31 \text{ kg.m} < M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_n
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 12734,31 \text{ kg.m} \\
 &= 11460,88 \text{ kg.m} \geq 4783,62375 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 4434,395 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{256}{6,5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$39,38 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times (30 \times 0,65) = 29250 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

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

$$= 26325 \text{ kg} > 4434,395 \text{ kg (OK)}$$

- Lentutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{225}{360} = 0,625 \text{ cm}$$

Lentutan akibat beban

$$f^o = \frac{5((qdl+ql)/100)l^4}{384 \cdot EI_x} + \frac{P \cdot l^3}{48 EI_x}$$

$$f^o = \frac{5 \times ((40,37+100)/100) \times 225^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 7210} + \frac{8400 \times 225^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 7210}$$

$$= 0,141 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f^o \rightarrow 0,625 \text{ cm} > 0,141 \text{ cm (OK)}$$

“ Profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift”

4.1.4 Perencanaan Tangga dan Bordes

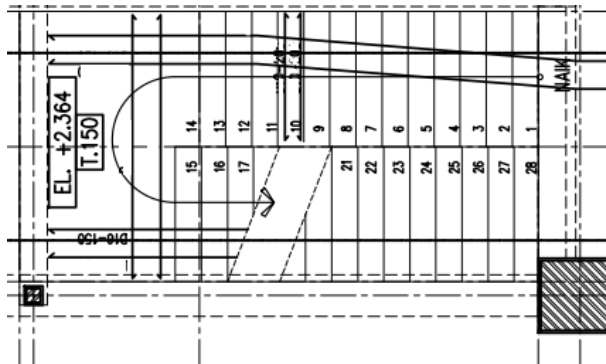
Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada gedung perkuliahan Fakultas Ilmu dan Administrasi Universitas Brawijaya ini struktur tangga direncanakan menggunakan konstruksi dari dek baja yang dicor beton.

4.1.4.1 Perencanaan Tangga

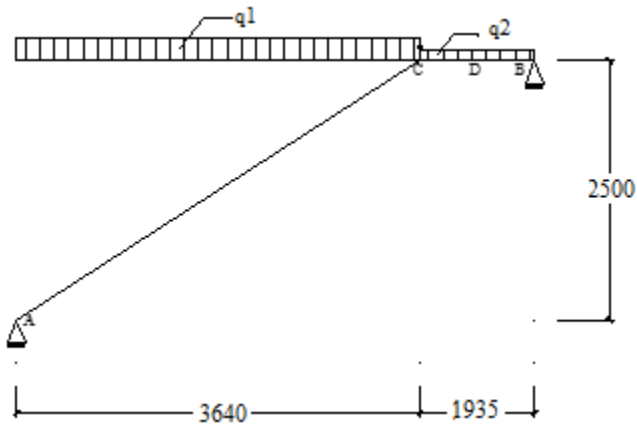
Data Teknis Tangga

- Mutu baja = BJ-41
- Tinggi antar lantai = 500 cm
- Tinggi bordes = 250 cm
- Panjang tangga = 364 cm
- Lebar tangga = 145 cm
- Lebar bordes = 193,5 cm
- Lebar injakan (*i*) = 28 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm

- Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga
 $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
 $25^\circ < a < 40^\circ$
 Dimana :
 t = tinggi injakan (cm)
 i = lebar injakan (cm)
 a = kemiringan tangga
- Perhitungan Jumlah Injakan dan Kemiringan Tangga
 Tinggi injakan (t) = 17 cm
 Jumlah tanjakan = $\frac{(500/2)}{17} = 14,705 \text{ buah} = 15 \text{ buah}$
 Jumlah injakan (n) = $15 - 1 = 14 \text{ buah}$
 $60 \text{ cm} \leq (2 \times 17 + 28) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} < (62) < 65 \text{ cm (OK)}$
 Lebar bordes = 193,5 cm
 Lebar tangga = 145 cm
 $a = \text{arc tg} \left(\frac{(500/2)}{364} \right) = 34,48^\circ > 40^\circ$



Gambar 4.13 Denah Tangga



Gambar 4.14 Tampak Samping Tangga

- Tebal efektif Pelat Tangga

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 1 &= 0,5 \times i \times t \\ &= 0,5 \times 28 \times 17 \\ &= 238 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 2 &= 0,5 \times (i^2 + t^2)^{0,5} \times d \\ &= 0,5 \times (28^2 + 17^2)^{0,5} \times d \\ &= 16,5d \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Luas } \Delta 1 = \text{Luas } \Delta 2$$

$$238 \text{ cm}^2 = 16,5d$$

$$d \text{ efektif} = 14,42 \text{ cm}$$

- Perencanaan Pelat Beton Anak Tangga

Anak tangga terbuat dari beton dan pelat beton anak tangga menggunakan pelat beton dengan deck baja. Struktur pelat beton anak tangga direncanakan menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis berdasar brosur “SUPER FLOOR DECK”

- Tebal deck baja = 0,75 mm
- Mutu Beton = 30 MPa
- Mutu Baja U-48 = 4800 kg/cm²

- Berat Jenis Beton = 2400 kg/cm³
- Tipe Pelat = Bentang Tunggol
- Tulangan Susut = Wire Mesh diameter 5 mm

Beban Mati :

- Berat ekivalen anak tangga 24 x 14,42 = 346,08 kg/m²
 - Berat spesi 2 cm 0,02 x 2200 = 44 kg/m²
 - Berat keramik 1 cm 1 x 24 = 24 kg/m²
- $$q_{\text{Dtotal}} = 414,08 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup:

Beban hidup pada tangga diambil sebesar 480 kg/m² sesuai SNI 1727-2013 tabel 4.1

Beban Berguna

$$Q_u = Q_d + Q_l = 414,08 + 480 = 894,08 \text{ kg/m}^2$$

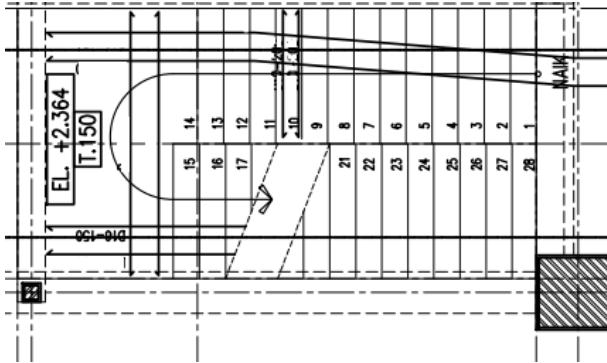
Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang 1,45 m \approx 1,5 m
- Beban berguna = 894 kg/m² \approx 1000 kg/m²

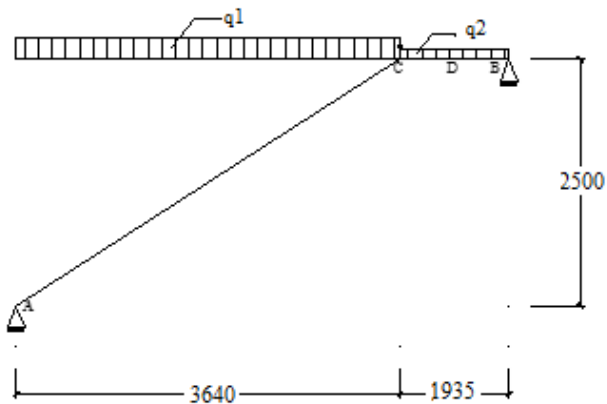
Bentang tunggal tanpa tulangan negative, diperoleh tebal pelat sebesar 9 cm

4.1.4.2 Perencanaan Bordes

Anak tangga terbuat dari beton dan pelat beton anak tangga menggunakan pelat beton dengan deck baja. Struktur pelat beton anak tangga direncanakan menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis berdasar brosur "SUPER FLOOR DECK"



Gambar 4.15 Denah Bordes



Gambar 4.16 Tampak Samping Tangga

Pelat Bordes

- Tebal deck baja = 0,75 mm
- Mutu Beton = 30 MPa
- Mutu Baja U-48 = 4800 kg/cm²
- Berat Jenis Beton = 2400 kg/cm²
- Tipe Pelat = Bentang Tunggal
- Tulangan Susut = Wire Mesh diameter 5 mm

Beban Mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat spesi } 2 \text{ cm } 0,02 \times 2200 &= 44 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Berat keramik } 1 \text{ cm } 1 \times 24 &= 24 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{\text{Dtotal}} &= 68 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Hidup:

Beban hidup pada tangga diambil sebesar 480 kg/m^2 sesuai SNI 1727-2013 tabel 4.1

Beban Berguna

$$Q_u = Q_d + Q_l = 68 + 480 = 548 \text{ kg/m}^2$$

Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang $1,935 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$
- Beban berguna $= 548 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm , dan tulangan negatif $2,03 \text{ cm}^2/\text{m}$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$ ($A_s = 0,7857 \text{ cm}^2$)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{2,03}{0,7857} = 2,583 \approx 3$ buah
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

4.1.4.3 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan menggunakan 2 buah balok WF pada sisi kanan dan kiri tangga dengan rencana di atas dua tumpuan sederhana yang menerima beban merata yang berasal dari berat sendiri balok, beban bordes dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8, dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d &= 248 \text{ mm} & i_x &= 10,4 \text{ cm} \\
 bf &= 124 \text{ mm} & i_y &= 2,79 \text{ cm} \\
 tf &= 8 \text{ mm} & Z_x &= 305 \text{ cm}^3 \\
 tw &= 5 \text{ mm} & Z_y &= 63 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll}
 A & = 32,68 \text{ cm}^2 & S_x & = 285 \text{ cm}^3 \\
 q & = 25,7 \text{ kg/m} & S_y & = 41,1 \text{ cm}^3 \\
 I_x & = 3540 \text{ cm}^4 & r & = 12 \text{ cm} \\
 I_y & = 255 \text{ cm}^4 & h & = d - 2(tf+r) \\
 F_y & = 250 \text{ Mpa (BJ-41)} & & = 208 \text{ mm}
 \end{array}$$

- Perencanaan Pembebanan Anak Tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat anak tangga } 414,08 \text{ kg/m}^2 \times 1,45/2 = 300,208 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat Bondek } 0,09 \times 1,45/2 \times 2400 = 156,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok } 25,7 / \cos(34,48) = \underline{31,17 \text{ kg/m}} +$$

$$q_{d1} = 487,985 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 480 \times 1,45/2 = 348 \text{ kg/m}$$

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

$$= 1,2 \times 487,985 + 1,6 \times 348$$

$$= 1142,382 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan Pembebanan Dan Gaya Dalam Bordes

Beban mati

$$\text{Spesi dan Keramik } = 1,45/2 \times 68 = 49,3 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat Bondek } = 1,45/2 \times 0,09 \times 2400 = 156,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok Tangga } 31,17 \text{ kg/m} = \underline{31,17 \text{ kg/m}} +$$

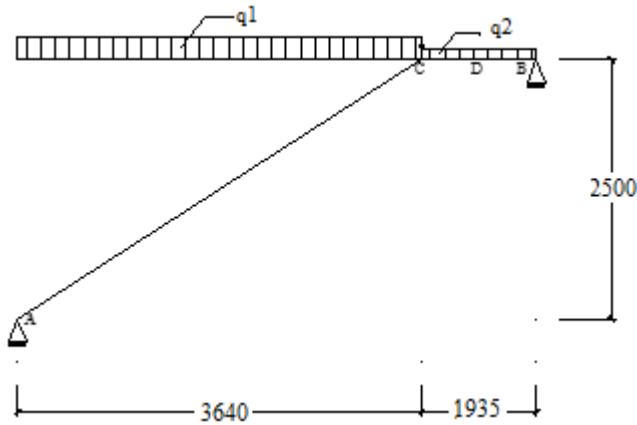
$$q_{d2} = 237,37 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L2} = 480 \times 1,45/2 = 348 \text{ kg/m}$$

$$q_{U2} = 1,2 q_{D2} + 1,6 q_{L2}$$

$$= 1,2 \times 237,37 + 1,6 \times 348 = 841,644 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.17 Model Pembebanan Balok Utama Tangga

- Perhitungan pembebanan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_b \cdot (3,64 + 1,935) = q_{u1} \cdot 3,64 \cdot 3,64/2 + q_{u2} \cdot (3,64 + 1,935/2)$$

$$R_b = \frac{1142,382 \times 3,64 \times 3,64/2 + 841,644 \times (3,64 + \frac{1,935}{2})}{5,575}$$

$$= 2052,55 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a \cdot (3,64 + 1,935) = q_{u1} \cdot 3,64 \cdot (3,64 + 3,64/2 + 1,935) + q_{u2} \cdot (1,935^2/2) = 0$$

$$R_a = \frac{1142,382 \times 3,64 \times 3,755 + 841,644 \times 1,872}{5,575}$$

$$= 3083,383 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = R_a + R_b - q_{u1} \times 3,64 - q_{u2} \times 1,935$$

$$= 3083,383 + 2052,55 - 1142,382 \cdot 3,64 - 841,644 \cdot 1,935$$

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

Bidang M

- a - c :

$$M_x = R_a \cdot x - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot x^2$$

$$= 3083,833 \cdot x - \frac{1}{2} 1142,382 \cdot x^2$$

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

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

$$x = 3,64 \text{ m}$$

$$M_c = 3083,383 \cdot 3,64 - \frac{1}{2} \cdot 1142,382 \cdot 3,64^2 = 3655,46 \text{ kg.m}$$

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

$$\frac{dM_x}{dx} = 3083,383 - 1142,382 \cdot x = 0$$

$$x = 2,7 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 3083,383 \cdot 2,7 - \frac{1}{2} \cdot 1142,382 \cdot 2,7^2 \\ = 4161,151 \text{ kg.m}$$

- b - c :

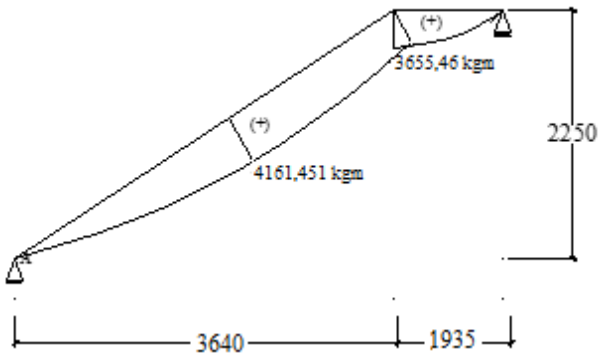
$$M_x = R_b \cdot x - \frac{1}{2} q u_2 \cdot x^2 - p \cdot x \\ = 887,10 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 353,01 \cdot x^2 - 5,58 \cdot x$$

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

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

$$x = 1,935 \text{ m}$$

$$M_c = 3655,46 \text{ kg.m}$$



Gambar 4.18 Bidang M Balok Tangga

Bidang D

- a - c :

$$D_x = R_a \cdot \cos(32,74^\circ) - q u_1 \cdot x \cdot \cos(32,74^\circ) \\ = 3083,383 \cdot \cos(34,48^\circ) - 1142,382 \cdot x \cdot \cos(34,48^\circ)$$

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

$$D_{a_{ka}} = 3083,383 \cdot \cos(34,48^\circ) - 1142,382 \cdot 0 \cdot \cos(34,48^\circ) \\ = 2541,7 \text{ kg}$$

$$x = 3,64 \text{ m}$$

$$D_{c_{ki}} = 3083,383 \cdot \cos(34,48^\circ) - 1142,382 \cdot 3,64 \cdot \cos(34,48^\circ) \\ = -886,055 \text{ kg}$$

- b - c :

$$D_x = -R_b + q_u \cdot x^2 + p_1 \\ = -886,055 + 841,644 \cdot x + 5,58$$

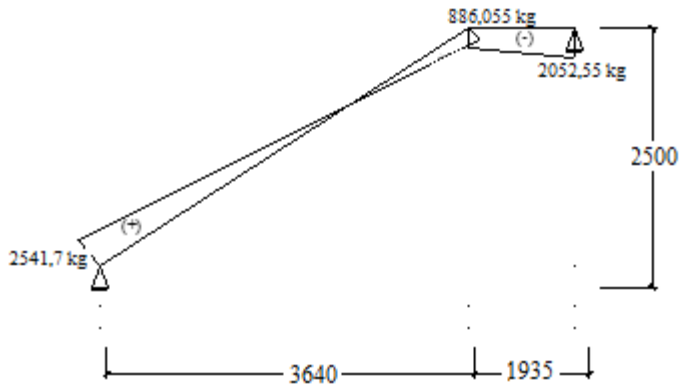
$$x = 0 \text{ m}$$

$$D_{b_{ki}} = -886,055 + 841,644 \cdot 0 + 5,58 \\ = -886,055 \text{ kg}$$

$$x = 1,935$$

$$D_{b_{ki}} = -886,055 - 841,644 \cdot 1,935$$

$$D_{b_{ki}} = -2052,55 \text{ kg}$$



Gambar 4.19 Bidang D Balok Tangga

Bidang N

- a - c :

$$N_x = 3083,383 \cdot \sin(34,48^\circ) - 1142,382 \cdot x \cdot \sin(34,48^\circ)$$

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

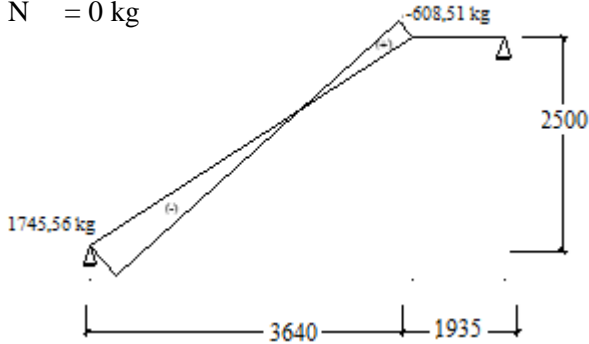
$$N_{a_{ka}} = 3083,383 \cdot \sin(34,48^\circ) - 1142,382 \cdot 0 \cdot \sin(34,48^\circ) \\ = 1745,56 \text{ kg}$$

$$x = 3,64 \text{ m}$$

$$N_{Cki} = 3083,383 \cdot \sin(34,48^\circ) - 1142,382 \cdot 3,64 \cdot \sin(34,48^\circ) \\ = -608,51 \text{ kg}$$

- c - b :

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



Gambar 4.20 Bidang N Balok Tangga

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat sayap :

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

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak

- Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{248 - 2(8 + 12)}{5} = 41,60$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 305$$

$$= 762500 \text{ kg.cm}$$

$$= 7625 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$\begin{aligned} L_b &= 20 \text{ cm (jarak antara pengikat bondek ke balok tangga)} \\ L_p &= 138,88 \text{ cm} \\ L_r &= 404,55 \text{ cm} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} L_b \\ L_p \\ L_r \end{aligned}} \right\} \text{ Dari Tabel (} L_p \text{ \& } L_r \text{)}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times f_y \\ &= 305 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \emptyset_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \emptyset_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7625 \\ &= 6863 \text{ kg.m} \geq 4161,151 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$
- Kontrol Geser

$$V_u = 2541,7 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{208}{5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$41,60 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

Maka, $V_n = 0,6 f_y A_w$

$$= 0,6 \times 2500 \times (24,8 \times 0,5) = 18600 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 18600 \text{ kg} \\ &= 16740 \text{ kg} > 2541,7 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$
- Persamaan Interaksi Tekan - Lentur

$$L = \sqrt{(364)^2 + (250)^2} = 441,58 \text{ cm}$$

$$K_c = 1 \text{ (sendi - rol)}$$

$$\lambda = k_c \times L = 1,0 \times 441,58 = 441,58$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi \cdot i_x} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{441,58}{\pi \cdot 10,4} \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$= 1,167 \rightarrow \lambda_c < 1,25$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,167} = 1,76$$

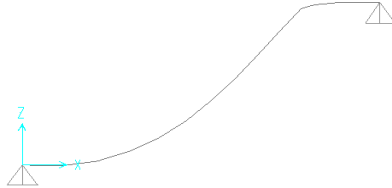
$$P_n = \frac{A_g \times f_y}{\omega} = \frac{32,68 \times 2500}{1,76} = 46440,85 \text{ kg}$$

$$\emptyset P_n = 0,85 \times 46440,85 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 &= 39474,72 \text{ kg} \\
 \frac{Pu}{\phi Pn} &= \frac{886,055}{39474,72} = 0,02 < 0,2 \text{ maka rumus interaksi 2} \\
 &= \frac{Pu}{2\phi Pn} + \left[\frac{Mux}{\phi bMnx} + \frac{Muy}{\phi bMny} \right] \leq 1,0 \\
 &= \frac{886,055}{2 \cdot 39474,72} + \left[\frac{4161,051}{6863} + 0 \right] \leq 1,0 \\
 &= 0,61 < 1 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{\sqrt{(364)^2 + (250)^2}}{240} = 1,84$$



Gambar 4.21 Analisa Lendutan Balok Utama Tangga
Berdasar analisa program SAP 2000, diperoleh lendutan max
balok utama tangga (f^0) = 0,564 cm (Hasil analisa SAP)

$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,564 \text{ cm} < 1,84 \text{ cm}$ (OK).

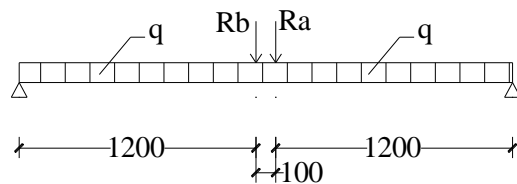
4.1.4.4 Perencanaan Balok Penumpu Tangga

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 248 mm	ix	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	iy	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 305 cm ³
tw	= 5 mm	Zy	= 63 cm ³
A	= 32,68 cm ²	Sx	= 285 cm ³
q	= 25,7 kg/m	Sy	= 41,1 cm ³
Ix	= 3540 cm ⁴	r	= 12 cm
Iy	= 255 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm

- **Pembebanan**

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



Gambar 4.22 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_a = 3038,383 \text{ kg}$$

$$R_b = 2052,255 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 25,7 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban dinding } 2,25 \times 100 &= 225 \text{ kg/m} + \\ &= 250,7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan } 10\% &= 25,07 \text{ kg/m} + \\ &= 275,77 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Reaksi Perletakan**

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_{vb} \cdot 3 - R_a \cdot 1,535 - R_b \cdot 1,435 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3^2 = 0$$

$$\begin{aligned} R_{vb} &= \frac{3038,383 \times 1,3 + 2052,25 \times 1,2 + \frac{1}{2} \times 275,77 \times 3^2}{3} \\ &= 2424,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_{va} \cdot 3 - R_b \cdot 1,535 - R_a \cdot 1,435 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3^2 = 0$$

$$R_{va} = \frac{2052,25 \times 1,535 + 3038,383 \times 1,435 + \frac{1}{2} \times 275,77 \times 3^2}{3}$$

$$= 2917,08 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\sum V &= R_{va} + R_{vb} - R_a - R_b - q \times 3,85 \\ &= 2424,79 + 2917,08 - 3038,383 - 2052,25 - 275,77 \times 3 \\ &= 0 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

- Perhitungan Gaya Dalam

Momen maksimum

$$\begin{aligned}M_{\max} &= R_{va} \times 1,25 - R_a \times 0,125 - \frac{1}{2} \times q \times 1,485^2 \\ &= 2917,08 \times 1,485 - 3038,38 \times 0,05 - \frac{1}{2} \times 275,77 \times 1,485^2 \\ &= 3875,877 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Gaya geser

$$V_U = - R_{va} = - 2917,08 \text{ kg}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat sayap :

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

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

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

- Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{248 - 2(12+8)}{5} = 41,6$$

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

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

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 305 \\ &= 762500 \text{ kg.cm} \\ &= 7625 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 120 cm

$L_p = 138,88 \text{ cm}$ } Dari Tabel (L_p & L_r)

$L_r = 331,236 \text{ cm}$ }

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek

Karena bentang menengah, maka:

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times f_y \\ &= 305 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 3875,877 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 1248,2 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{208}{5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$41,6 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

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

$$= 0,6 \times 2500 \times (24,8 \times 0,5) = 18600 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 18600 \text{ kg}$$

$$= 16740 \text{ kg} > 2917,08 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{250}{240} = 1,04$$



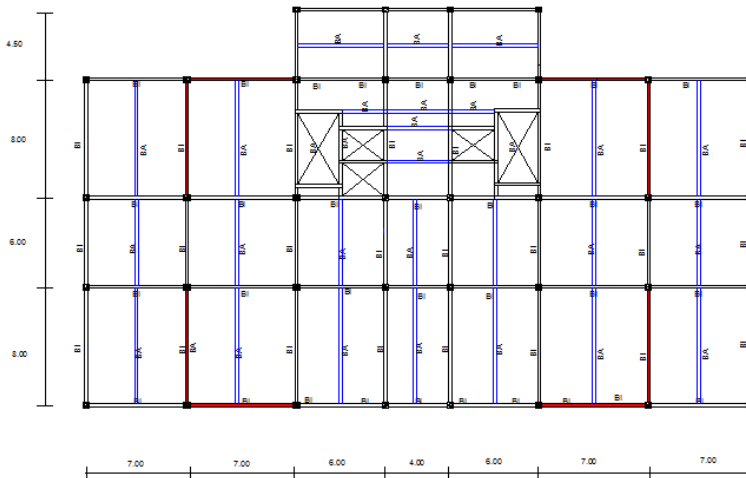
Gambar 4.23 Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga

$$f^o = 0,21 \text{ cm (Hasil analisa SAP)}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,21 \text{ cm} < 1,04 \text{ cm (OK)}$$

4.2 Permodelan Struktur

Permodelan struktur atas pada tugas akhir ini menggunakan sistem *concentrically braced frames* (CBF). Sistem struktur CBF ini berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa bumi. Struktur yang akan direncanakan merupakan bangunan perkuliahan 12 lantai dengan tambahan 1 lantai basement, dengan denah rencana struktur adalah sebagai berikut:

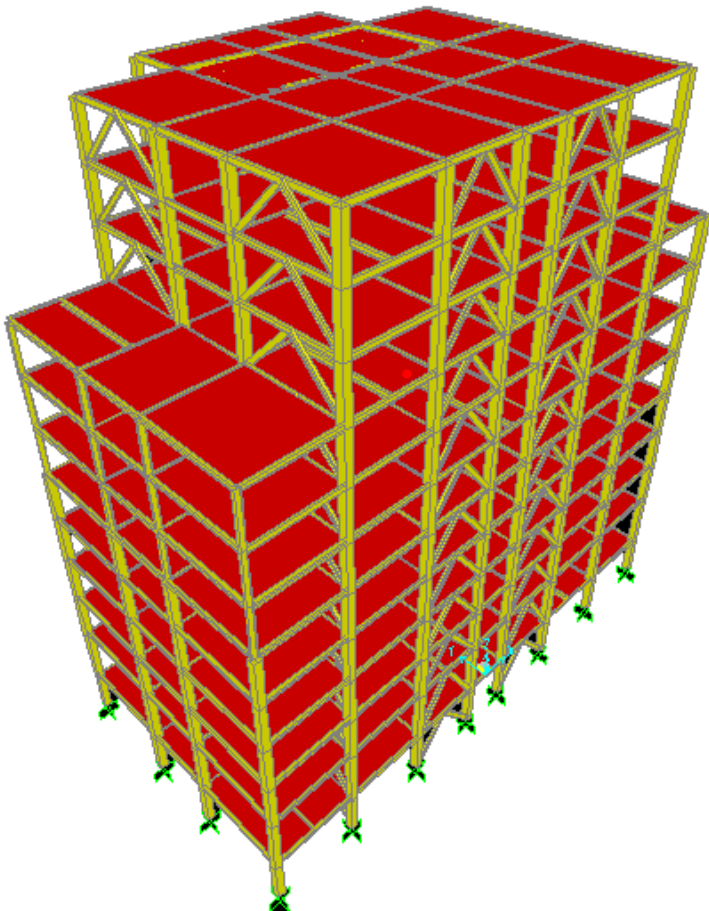


Gambar 4.22 Denah Struktur Gedung FIA UB

Pada gambar 5.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horizontal gambar. Sistem rangka baja yang direncanakan pada tugas akhir ini menggunakan Inverted V CBF yang dipasang pada bagian tertentu.

Permodelan struktur perkantoran dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program SAP 2000, struktur perkantoran akan dimodelkan sesuai dengan kondisi sesungguhnya, sehingga akan membantu dalam perencanaan agar memenuhi persyaratan yang berada di SNI-1729-2002 (Baja) dan SNI-1726-2012 (Gempa).

Berikut adalah permodelan yang dilakukan dalam program SAP 2000:



Gambar 4.23 Permodelan Gedung FIA UB

4.2.1 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada SNI 1727-2013 dan dari brosur dengan rincian 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 yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek $10,1 \text{ kg/ m}^2$
- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bressing dll memiliki berat jenis 7850 kg/m^3
- Berat dinding bata ringan hebel 100 kg/ m^2
- Berat spesi sebesar 22 kg/ m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/ m^2 untuk setiap ketebalan 1cm
- Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/ m^2
- Beban lift merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir.

Dengan rincian pembebanan sebagai berikut :

a. Pelat Atap

Berat Pelat Bondek	= $10,1 \text{ kg/m}^2$
Berat Beton $0,09 \times 2400$	= 216 kg/m^2
Beban Aspal, $t = 1 \text{ cm} = 1 \times 14$	= 14 kg/m^2
Beban rangka dan Plafon = $(50+7)$	= 18 kg/m^2
Ducting Plumbing	= 10 kg/m^2
	= $268,1 \text{ kg/m}^2$

b. Pelat Lantai Gedung

Berat Pelat Bondek	= $10,1 \text{ kg/m}^2$
Berat Beton $0,09 \times 2400$	= 216 kg/m^2
Beban Spesi, $t = 2 \text{ cm} = 2 \times 21$	= 42 kg/m^2
Beban Keramik, $t = 1 \text{ cm} = 1 \times 24$	= 24 kg/m^2
Beban rangka dan Plafon = $(11+7)$	= 18 kg/m^2
Ducting Plumbing	= 10 kg/m^2
	= $320,1 \text{ kg/m}^2$

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/m^2 . Beban hidup yang bekerja pada perkantoran ini adalah sebagai berikut:

- Lantai atap = 100 kg/m^2
- Lantai perkantoran = 250 kg/m^2

3. Beban gempa (*Earthquake Load*)

Berdasarkan wilayah gempa, kota Malang termasuk dalam wilayah gempa zona 4. 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.

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:

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

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

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

Tabel 4.1 Tabel Perhitungan N Rata-Rata

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal	N	Tebal/N
Lapisan 1	0	-	0	-
Lapisan 2	3	3	24	0.125
Lapisan 3	6	3	>50	0.0428
Lapisan 4	9	3	>50	0.0428
Total		9		0.2106

$$\tilde{N} = \frac{9}{0,2106} = 42,73$$

Dari perhitungan nilai N rata-rata di atas diperoleh jenis tanah kategori tanah sedang

4.2.2 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 konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan.

Pada perencanaan tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari analisis menggunakan program SAP 2000 untuk kombinasi 1D +1L.

4.2.3 Kombinasi Pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 1729-2015 sebagai berikut::

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 0,5 LL $\pm \Omega E$
- 0,9 DL $\pm \Omega E$

Keterangan :

DL : Beban mati

LL : Beban hidup

E : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Ω : Faktor kuat cadang struktur sebesar 2,2 sesuai tabel 15.2-1 SNI 1729-2015 untuk struktur rangka bresing konsentris

4.2.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Perencanaan struktur Gedung FIA UB ini terdiri dari 12 tingkat dengan 1 basement yang memiliki ketinggian total 48,5 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan

pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726-2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.2.5 Permodelan Pelat Sebagai Diafragma

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.1.2. Keberadaan pelat beton atau dek metal yang diberi penutup (*topping*) beton, pada saat menerima beban gempa dapat berfungsi sebagai penyalur beban gempa pada struktur primer atau dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku. Dalam permodelan dimodelkan sebagai thin membrane

4.2.6 Arah Pembebanan

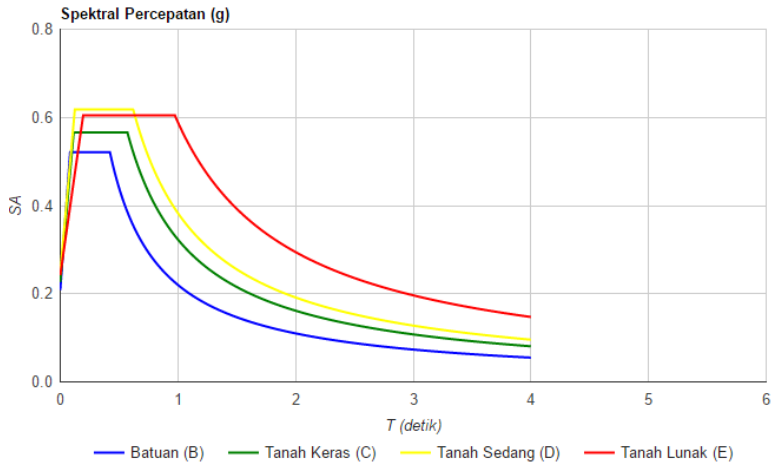
Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah sembarang, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat ortogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat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

4.2.7 Parameter Respon Spectrum Rencana

Dalam perencanaan bangunan, ada beberapa metode perhitungan pengaruh gempa, satu di antaranya adalah *response spectrum*. Gempa merupakan getaran yang tentu saja 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 Malang dengan kondisi tanah sedang.

Tabel 4.2 Parameter Respon Gempa Wilayah Malang Untuk Kelas Situs B (Batuan)

PGA (g)	0,399
S _S (g)	0,781
S _I (g)	0,330
C _{RS}	1,003
C _{R1}	0,921
F _{PGA}	1,000
F _A	1,000
F _V	1,000
PSA (g)	0,399
S _{MS} (g)	0,781
S _{M1} (g)	0,330
S _{DS} (g)	0,521
S _{D1} (g)	0,220
T ₀ (detik)	0,084
T _S (detik)	0,422



Gambar 4.25 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Malang

4.2.8 Faktor Reduksi Gempa (R)

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

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kual- lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3/4	2	3/4	TB	TB	10 ^f	10 ^f	T ^f

4.2.9 Faktor Keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung direncanakan sebagai bangunan Perkantoran, pada tabel 3.6 bangunan termasuk kategori II sehingga pada Tabel 3.7 diperoleh nilai $I_e = 1$.

4.2.10 Analisis Struktur

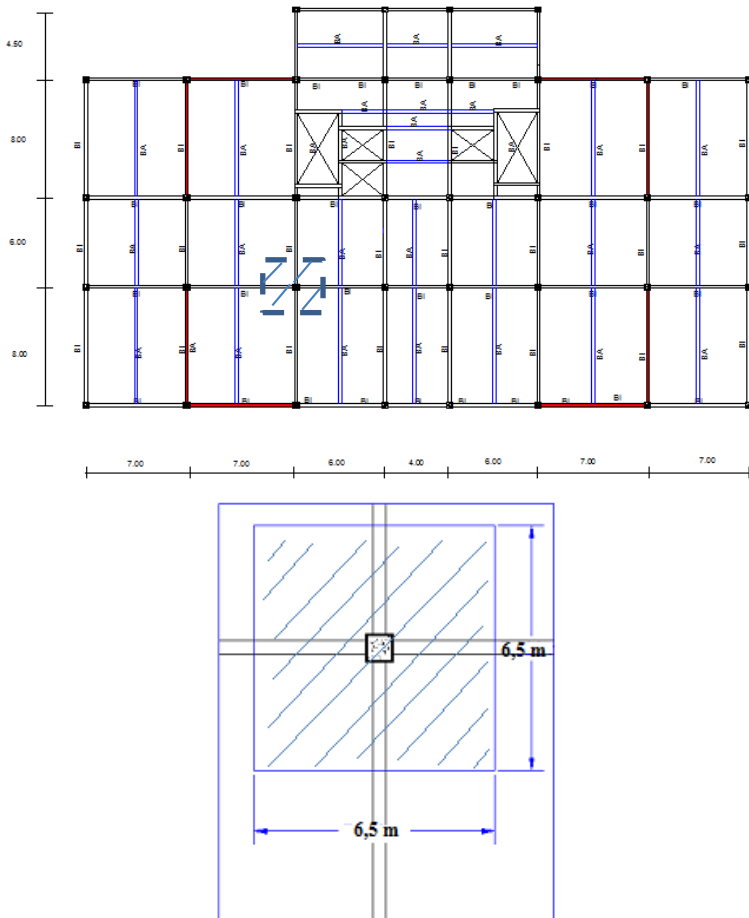
Hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan- batasan tertentu untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Kontrol- kontrol tersebut adalah sebagai berikut:

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Sebelum melakukan kontrol- kontrol diatas, untuk membuktikan hasil permodelan struktur sesuai dengan keadaan sesungguhnya, maka dibutuhkan pemeriksaan secara manual. Pembuktian ini bisa dilakukan dengan cara membandingkan hasil analisa SAP2000 pada satu kolom yang ditinjau dengan kombinasi 1D+1L. Hasil perbandingan analisa dengan SAP 2000 dengan perhitungan manual tidak boleh melebihi batasan 5%.

Dari hasil analisis struktur juga, dipilih gaya dalam maksimum yang terjadi pada masing- masing elemen struktur sebagai kontrol kapasitas penampang.

- **Kontrol Permodelan Struktur**



Gambar 4.26 Daerah Kolom Yang Ditinjau

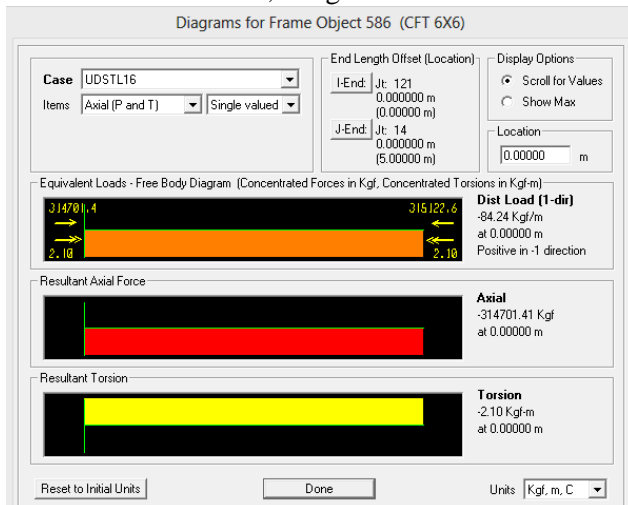
Luas area yang ditinjau = $6.5 \text{ m} \times 6.5 \text{ m} = 42,25 \text{ m}^2$

Perhitungan beban mati dan beban hidup disajikan dalam bentuk tabel:

Tabel 4.3 Perhitungan Beban

Keterangan	Berat	Jumlah	Panjang	Luas	Berat (kg)
ql lantai	250 kg/m ²	10	-	42,25 m ²	105625
ql atap	100 kg/m ²	1	-	42,25 m ²	4225
qd lantai	320,1 kg/m ²	10	-	42,25 m ²	135242.25
qd atap	268,1 kg/m ²	1	-	42,25 m ²	11327.225
Kolom	896,56 kg/m	10	4 m	-	35862.55
BI Lantai	166 kg/m	10	6.5 m	-	10790
BA Lantai	66 kg/m	10	6.5 m	-	4290
BI Atap	66 kg/m	1	6.5 m	-	429
BA Atap	41,4 kg/m	1	6.5 m	-	269.1
Total					308060.1

Dari hasil analisa SAP2000 pada kolom As C-2 diperoleh beban aksial sebesar 314701,41 kg.



Gambar 4.27 Hasil Output SAP 2000 Kolom
 Selisih perhitungan antara perhitungan manual dan hasil sap
 2000 adalah sebagai berikut:

$$314701.41 \text{ kg} - 308060.1 \text{ kg} = 6641,31 \text{ kg}$$

Sehingga diperoleh persentase:

$$\frac{6641,31}{308060.1} \times 100 = 2,15\% < 5\% \text{ (OK)}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh kesimpulan bahwa permodelan telah mendekati keadaan sesungguhnya.

- **Kontrol Partisipasi Massa**

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90% dari massa aktual dari masing- masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau ((SNI 1726-2012 pasal 7.9.1).

Pada perhitungan ini digunakan bantuan program SAP2000 untuk mendapatkan hasil partisipasi massa seperti pada tabel 5.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Rasio Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.0003236	0.626	0.00001898
MODAL	Mode	2	0.718	0.628	0.00001902
MODAL	Mode	3	0.722	0.729	0.00003482
MODAL	Mode	4	0.722	0.838	0.0001886
MODAL	Mode	5	0.859	0.838	0.0001893
MODAL	Mode	6	0.859	0.843	0.000764
MODAL	Mode	7	0.86	0.906	0.0007645
MODAL	Mode	8	0.86	0.906	0.626
MODAL	Mode	9	0.866	0.906	0.654
MODAL	Mode	10	0.866	0.918	0.657
MODAL	Mode	11	0.897	0.918	0.662

MODAL	Mode	12	0.914	0.918	0.687
-------	------	----	-------	-------	-------

Dari tabel 5.2 di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 91% pada moda ke 12 dan partisipasi massa arah Y sebesar 91% pada moda ke 7 . 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%.

- **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)

$$C_t = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 48.5$$

$$T_a = 0,0731 \cdot 48.5^{0.75} = 1,4306 \text{ detik}$$

Dengan nilai $S_{D1} = 0,22$, maka $C_u = 1,5$

Sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$$T = T_a \cdot C_u = 1,4306 \cdot 1,5 = 2,1459 \text{ detik}$$

Tabel 4.5 Periode dan Frekuensi Struktur

TABLE: Modal Periods And Frequencies				
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	2.108415	0.47429
MODAL	Mode	2	1.53497	0.65148
MODAL	Mode	3	1.296825	0.77111
MODAL	Mode	4	0.693055	1.4429
MODAL	Mode	5	0.48424	2.0651
MODAL	Mode	6	0.412112	2.4265
MODAL	Mode	7	0.387028	2.5838

MODAL	Mode	8	0.307888	3.2479
MODAL	Mode	9	0.286687	3.4881
MODAL	Mode	10	0.26519	3.7709
MODAL	Mode	11	0.255254	3.9177
MODAL	Mode	12	0.250241	3.9962

Dari tabel di atas didapat $T_c = 2,1084$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \cdot T$. Jadi analisis struktur apartemen Mulyorejo masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

- **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 ekuivalen, maka gaya gempa harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$ (SNI 1726-2012 Pasal 7.9.4.1)

Rumus geser statik adalah:

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

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{1,0}{6/1} = 0,1666$$

Nilai tidak boleh lebih dari:

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,22}{2,0145 \cdot \left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0321 < 0,125$$

(Not OK)

Dan tidak boleh kurang dari:

$$C_{s \min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0,01$$

$$= 0,044 \cdot 0,521 \cdot 1 > 0,01$$

$$= 0,0229 \geq 0,01 \rightarrow (OK)$$

$$\text{Maka: } C_{s \min} < C_s > C_{s \max}$$

$$0,0229 < 0,125 > 0,0321$$

Maka yang dipakai $C_{s \max} = 0,0321$

Jika nilai $S_1 \geq 0,6g$, maka nilai C_s diperoleh dengan menggunakan persamaan: $C_s = \frac{0,5 S_1}{(R/I)}$

Syarat:

$$S_1 \geq 0,6g$$

$$0,330 < 5,886 \text{ (Rumus tidak dipakai)}$$

Dari perhitungan diperoleh $S_1 < 0,6g$, maka rumus diatas tidak digunakan, sehingga nilai C_s yang digunakan adalah $C_{smin} = 0,0229$

Dari analisis struktur yang sudah dilakukan, diperoleh berat total struktur Perkantoran Unesa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Reaksi Dasar Struktur

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
UDSTL9	Combination		-1.25E-08	3.578E-08	8305726.53
UDSTL10	Combination		-1.69E-08	4.783E-08	10982234.17
UDSTL11	Combination	Max	35225.26	1775.77	8328205.85
UDSTL11	Combination	Min	-35225.26	-1775.77	8324582.49
UDSTL12	Combination	Max	206403.62	10297.97	8329844.43
UDSTL12	Combination	Min	-206403.62	-10297.97	8322943.9
UDSTL13	Combination	Max	35225.26	1775.77	5341207.31
UDSTL13	Combination	Min	-35225.26	-1775.77	5337583.95
UDSTL14	Combination	Max	206403.62	10297.97	5342845.89
UDSTL14	Combination	Min	-206403.62	-10297.97	5335945.36
UDSTL15	Combination		-8.92E-09	2.556E-08	5932661.81
UDSTL16	Combination		-1.28E-08	3.628E-08	8347061.81

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 8347061,81 kg. Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\
 &= 0,0229 \cdot 8347061,81 \text{ kg} \\
 &= 191147.69 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 4.7 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	214612.56	61921.086
Gempa Arah Y	64389.786	206403.62

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

- Arah-x :
 - $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$
 - $214612,56 \text{ kg} > 0,85 \cdot 191147.69 \text{ kg}$
 - $214612,56 \text{ kg} > 162475,536 \text{ kg} \dots \text{ok}$
- Arah-y :
 - $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$
 - $206403,62 \text{ kg} < 0,85 \cdot 191147,69 \text{ kg}$
 - $206403,62 \text{ kg} < 162475.536,1 \text{ kg} \dots \text{ok}$

Dari perhitungan diatas, diperoleh bahwa gaya geser dasar ragam (V_t) lebih besar dari gaya geser dasar (V) sehingga gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis tidak perlu diperbesar dan untuk analisis selanjutnya menggunakan analisis respons spektrum.

- **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 didasar 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)

$\Delta_a = 0,020h_{sx}$

ρ = Faktor redudansi (1,0)

Tabel 4.8 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat
Beban Gempa Arah X

Lantai	hi	Δ_{xe}	Δ_x	Δ	Δ_a	Δ_a/ρ	$\Delta \leq \Delta_a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Atap	4000	12.8	51.2	3.2	80	80	OK
Lantai 11	4000	12	48	3.56	80	80	OK
Lantai 10	4000	11.11	44.44	4.04	80	80	OK
Lantai 9	4000	10.1	40.4	4.4	80	80	OK
Lantai 8	4000	9	36	4.8	80	80	OK
Lantai 7	4000	7.8	31.2	4.8	80	80	OK
Lantai 6	4000	6.6	26.4	5.2	80	80	OK
Lantai 5	4000	5.3	21.2	5.2	80	80	OK
Lantai 4	4000	4	16	5.2	80	80	OK

Lantai 3	4000	2.7	10.8	4.8	80	80	OK
Lantai 2	4000	1.5	6	4.8	80	80	OK
Lantai 1	5000	0.3	1.2	0	100	100	OK
Basement	3500	0.3	1.2	1.2	70	70	OK

Tabel 4.9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	hi	Δx_e	Δx	Δ	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Atap	4000	5.8	23.2	1.2	80	80	OK
Lantai 11	4000	5.5	22	0.8	80	80	OK
Lantai 10	4000	5.3	21.2	2	80	80	OK
Lantai 9	4000	4.8	19.2	1.2	80	80	OK
Lantai 8	4000	4.5	18	2	80	80	OK
Lantai 7	4000	4	16	2	80	80	OK
Lantai 6	4000	3.5	14	2.4	80	80	OK
Lantai 5	4000	2.9	11.6	2.4	80	80	OK
Lantai 4	4000	2.3	9.2	2.8	80	80	OK
Lantai 3	4000	1.6	6.4	2.4	80	80	OK
Lantai 2	4000	1	4	3.2	80	80	OK
Lantai 1	5000	0.2	0.8	0.8	100	100	OK
Basement	3500	0	0	0	70	70	OK

Dari hasil analisa tabel di atas maka analisis struktur memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

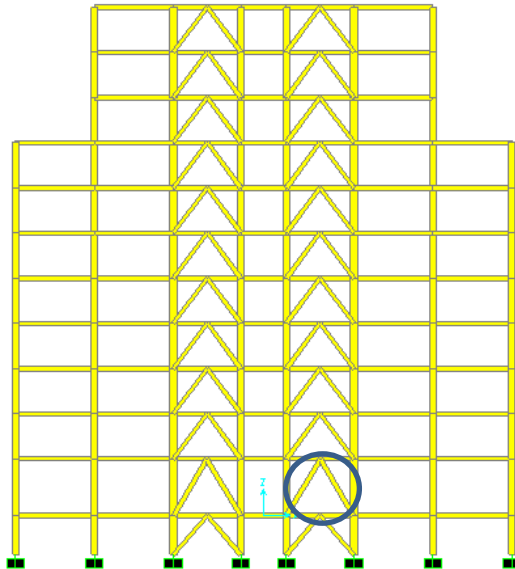
4.3 Perencanaan Elemen Struktur Primer

Setelah melakukan permodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu SAP 2000, elemen- elemen struktur akan dianalisa sesuai dengan ketentuan- ketentuan perencanaan struktur berdasarkan SNI 1729-2015.

4.3.1 Perencanaan Batang Bresing

4.3.2.1 Perencanaan Bresing arah Memanjang

Pada perhitungan arah x dipilih bresing yang menerima beban terbesar, yaitu pada lantai 1 pada elemen 1365



Gambar 4.28 Element Arah X

Pada *bresing* arah X direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 9 x 14 dengan data- data sebagai berikut:

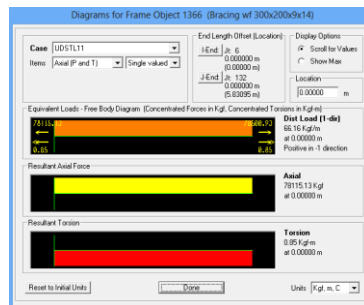
d	= 298 mm	i_x	= 12,6 cm
bf	= 201 mm	i_y	= 4,77 cm
tf	= 14 mm	Z_x	= 963 cm ³

$$\begin{aligned}
 tw &= 9 \text{ mm} & Zy &= 288 \text{ cm}^3 \\
 A &= 83,36 \text{ cm}^2 & Sx &= 893 \text{ cm}^3 \\
 q &= 65,4 \text{ kg/m} & Sy &= 189 \text{ cm}^3 \\
 Ix &= 13300 \text{ cm}^4 & r &= 28 \text{ cm} \\
 Iy &= 1900 \text{ cm}^4 & h &= d - 2(tf+r) \\
 Fy &= 250 \text{ Mpa (BJ-41)} & &= 234 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil dari output SAP 2000, dengan kombinasi 1,2D+0,5L+1EX untuk bracing arah x diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 4.29 Gaya Tekan *Bresing* Arah X



Gambar 4.30 Gaya Tarik *Bresing* Arah X

$$\begin{aligned}
 Pu &= -118285,44 \text{ kg (tekan)} \\
 Pu &= 78115,13 \text{ kg (tarik)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 14} = 7,14$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{fy}} = 8,54$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{234}{9} = 26$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

- **Kontrol kuat tekan rencana**

direncanakan tumpuan sendi-sendi, $k_c = 1$

$$\frac{k_c \times L}{i} \leq \frac{2625}{\sqrt{fy}} \text{ dengan } L = 5,83 \text{ meter}$$

$$\frac{2625}{\sqrt{250}} = 166,02$$

$$\lambda_x = \frac{1 \times 583}{12,6} = 46,26$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 583}{4,77} = 122,22 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda = 122,22 < 166,02 \dots \text{ (OK)}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{122,22}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,126$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,126} = 1,59$$

- Kekuatan Nominal

$$N_n = Ag \times \frac{f_y}{w} = 83,36 \times \frac{2500}{1,59} = 153589,74 \text{ kg}$$
- Kekuatan Rencana

$$\phi_c N_n = 0,85 \times 153589,74 \text{ kg} = 126551,2 \text{ kg}$$

$$Nu \leq \phi_c N_n$$

$$118285,44 \text{ kg} \leq 126551,2 \text{ kg (OK)}$$
- **Kontrol kuat tarik rencana**

Bresing tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot Ag$$

$$= 1,5 \cdot 2500 \cdot 83,36 = 315450 \text{ kg}$$

Kuat Rencana Leleh

$$\phi \cdot N_n = 0,90 \times f_y \times Ag = 187560 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat Rencana Putus

$$\phi \cdot N_n = 0,750 \times f_u \times Ae$$

$$A_n = 83,36 - (6 \times 2,075 \times 0,9) = 72,155 \text{ cm}^2$$

$$U = 1 - x/l = 1 - (1,5/1,6) = 0,9$$

$$A_e = 0,9 \times 72,155 = 64,94 \text{ cm}^2$$

$$N_n = 0,750 \times 4100 \times 64,94$$

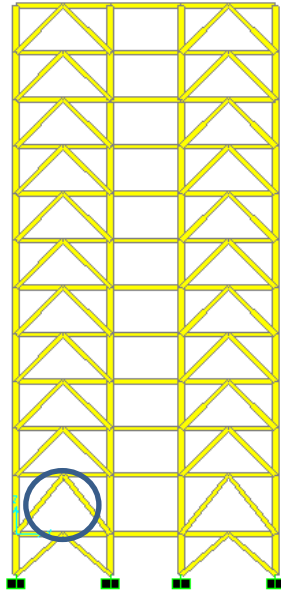
$$= 199690,5 \text{ kg}$$

$$Nu \leq \phi \cdot N_n$$

$$78115,13 \text{ kg} \leq 187560 \text{ kg ... (OK)}$$

4.3.2.2 Perencanaan Bresing arah Melintang

Pada perhitungan arah y dipilih bresing yang menerima beban terbesar, yaitu pada lantai 1 pada elemen 1437

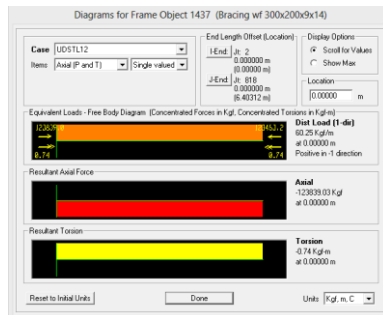
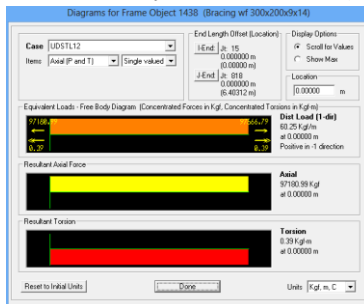


Gambar 4.31 Element Arah Y

Pada *bresing* arah Y direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 9 x 14 dengan data- data sebagai berikut:

d	= 298 mm	ix	= 12,6 cm
bf	= 201 mm	iy	= 4,77 cm
tf	= 14 mm	Zx	= 963 cm ³
tw	= 9 mm	Zy	= 288 cm ³
A	= 83,36 cm ²	Sx	= 893 cm ³
q	= 65,4 kg/m	Sy	= 189 cm ³
Ix	= 13300 cm ⁴	r	= 28 cm
Iy	= 1900 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 234 mm

Hasil dari output SAP 2000, dengan kombinasi 1,2D+0,5L+1EX untuk bresing arah x diperoleh gaya dalam sebesar:

Gambar 4.32 Gaya Tekan *Bresing* Arah YGambar 4.33 Gaya Tarik *Bresing* Arah Y

$P_u = -123839,03 \text{ kg}$ (tekan)

$P_u = 97180,99 \text{ kg}$ (tarik)

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 14} = 7,14$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{f_y}} = 8,54$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{234}{9} = 26$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

- **Kontrol kuat tekan rencana**

direncanakan tumpuan sendi-sendi, $kc = 1$

$$\frac{kc \times L}{i} \leq \frac{2625}{\sqrt{fy}} \text{ dengan } L = 5,83 \text{ meter}$$

$$\frac{2625}{\sqrt{250}} = 166,02$$

$$\lambda_x = \frac{1 \times 583}{12,6} = 46,26$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 583}{4,77} = 122,22 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda = 122,22 < 166,02 \dots \text{ (OK)}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{122,22}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,126$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,126} = 1,59$$

- Kekuatan Nominal

$$N_n = Ag \times \frac{fy}{w} = 83,36 \times \frac{2500}{1,59} = 153589,74 \text{ kg}$$

- Kekuatan Rencana

$$\phi_c N_n = 0,85 \times 153589,74 \text{ kg} = 126551,2 \text{ kg}$$

$$Nu \leq \phi_c N_n$$

$$123839,03 \text{ kg} \leq 126551,2 \text{ kg (OK)}$$

- **Kontrol kuat tarik rencana**

Kuat Rencana Leleh

$$\phi.N_n = 0,90 \times f_y \times A_g = 187560 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat Rencana Putus

$$\phi.N_n = 0,750 \times f_u \times A_e$$

$$A_n = 83,36 - (6 \times 2,075 \times 0,9) = 72,155 \text{ cm}^2$$

$$U = 1 - x/l = 1 - (1,5/1,6) = 0,9$$

$$A_e = 0,9 \times 72,155 = 64,94 \text{ cm}^2$$

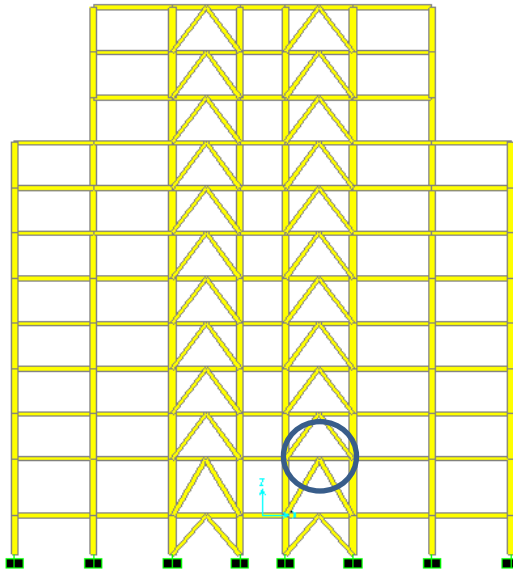
$$N_n = 0,750 \times 4100 \times 64,94 = 199690,5 \text{ kg}$$

$$N_u \leq \phi.N_n$$

$$97180,99 \text{ kg} \leq 187560 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

4.3.2 Perencanaan Balok Induk

4.3.2.1 Balok Induk Arah Memanjang

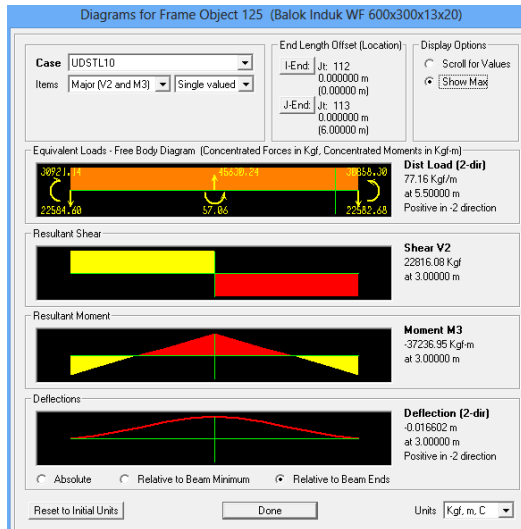


Gambar 4.34 Element Balok yang Ditinjau Arah X

Balok memanjang arah X direncanakan menggunakan profil WF 600 x 200 x 13 x 23, dengan data- data sebagai berikut:

d	$= 612 \text{ mm}$	i_x	$= 28,6 \text{ cm}$
bf	$= 200 \text{ mm}$	i_y	$= 6,53 \text{ cm}$
tf	$= 23 \text{ mm}$	Z_x	$= 3778 \text{ cm}^3$
tw	$= 13 \text{ mm}$	Z_y	$= 728 \text{ cm}^3$
A	$= 211,5 \text{ cm}^2$	S_x	$= 3380 \text{ cm}^3$
q	$= 166 \text{ kg/m}$	S_y	$= 602 \text{ cm}^3$
I_x	$= 103000 \text{ cm}^4$	r	$= 28 \text{ cm}$
I_y	$= 3180 \text{ cm}^4$	h	$= d - 2(tf+r)$
F_y	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 556 \text{ mm}$

Hasil dari output SAP 2000, dengan kombinasi 1,2D+1,6L untuk perencanaan balok arah memanjang (arah x), diambil gaya dalam balok terbesar pada frame object 125, diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 6.8 Gaya Dalam Balok Arah X

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Max}} &= 37236,95 \text{ kgm} \\ \nu_{\text{Max}} &= 22816,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang

Tekuk Lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2.26} = 4,37$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{556}{14} = 39,71$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

Tekuk Lateral

Lb = 150 cm (terdapat lateral support)

Lp = 214,553 cm

Lr = 545,796 cm

$L_b < L_p < L_r \rightarrow M_n = M_p = Z_x \cdot F_y$

- Kapasitas momen penampang
 Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_n = Z_x \cdot f_y$
 $= 3778 \times 2500 = 8535000 \text{ kg.cm}$
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 8535000 \text{ kg.cm}$
 $= 7681500 \text{ kg.cm}$
- Cek kemampuan penampang terhadap momen
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$
 $76815 \text{ kgm} \geq 37236,95 \text{ kgm} \dots (\text{OK})$
- Kontrol penampang akibat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{556}{14} = 39,71: \frac{1100}{\sqrt{fy}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\begin{aligned} \text{maka, } V_n &= 0,6 \times fy \times A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (55,6 \times 1,3) \\ &= 108240 \text{ kg} \\ \emptyset V_n &= 0,9 \times 108240 \text{ kg} \\ &= 97578 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &\geq V_u \\ 97578 \text{ kg} &\geq 22816 \text{ kg} \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Kontrol penampang akibat adanya bresing

$$\alpha = \arctan(5/3) = 59^\circ$$

$$\begin{aligned} P_{ub} &= (R_y F_y A_g - 0,3 P_n) \sin \alpha \\ &= (1,5 \cdot 250 \cdot 83,36 - 0,3 \cdot 123839) \sin 59 \\ &= 23854,8202 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ub} &= 0,25 \times 23854,8202 \times 6 \\ &= 35782,2303 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Direncanakan terdapat lateral support, sehingga tercapai bentang pendek ($M_n = Z_x \cdot F_y$)

$$M_n = 8535000 \text{ kgcm} = 85350 \text{ kgm}$$

$$M_{ub} < \emptyset M_n$$

$$35782,2303 < 0,9 \times 85350$$

$$35782,2303 \text{ kgm} < 76815 \text{ kgm} \dots (\text{OK})$$

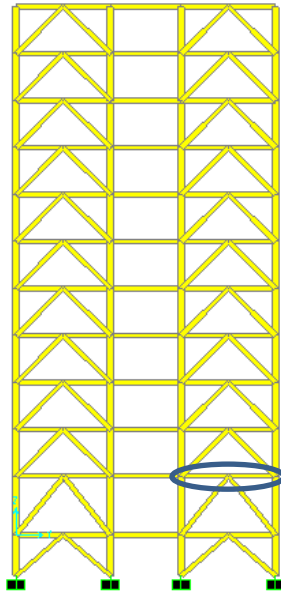
- Kontrol penampang akibat lendutan

$$\text{Lendutan Izin} = \frac{l}{360} = \frac{600}{360} = 1,66666 \text{ cm}$$

$$\text{Hasil cek lendutan pada SAP 2000} = 1,2624 \text{ cm}$$

$$1,2624 \text{ cm} \leq 1,6666 \text{ cm} \dots (\text{OK})$$

4.3.2.2 Balok Induk Arah Melintang



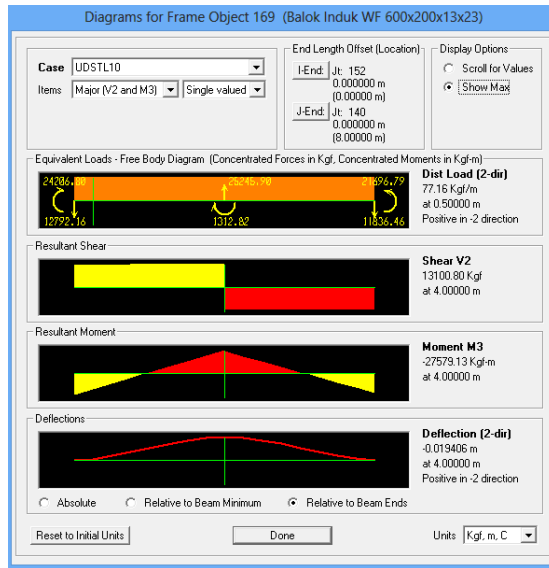
Gambar 4.35 Element Balok yang Ditinjau Arah Y

Balok melintang arah Y direncanakan menggunakan profil WF 600 x 200 x 13 x 23, dengan data- data sebagai berikut:

d	$= 612 \text{ mm}$	i_x	$= 28,6 \text{ cm}$
bf	$= 200 \text{ mm}$	i_y	$= 6,53 \text{ cm}$
tf	$= 23 \text{ mm}$	Z_x	$= 3778 \text{ cm}^3$
tw	$= 13 \text{ mm}$	Z_y	$= 728 \text{ cm}^3$
A	$= 211,5 \text{ cm}^2$	S_x	$= 3380 \text{ cm}^3$
q	$= 166 \text{ kg/m}$	S_y	$= 602 \text{ cm}^3$
I_x	$= 103000 \text{ cm}^4$	r	$= 28 \text{ cm}$
I_y	$= 3180 \text{ cm}^4$	h	$= d - 2(tf+r)$
F_y	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 556 \text{ mm}$

Hasil dari output SAP 2000,dengan kombinasi 1,2D+1,6L untuk perencanaan balok arah memanjang(arah x) , diambil gaya

dalam balok terbesar pada frame object 169, diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 4.36 Gaya dalam Balok arah Y

$$\mu_{u \text{ Max}} = 27579,13 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ Max}} = 13100,80 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

Tekuk Lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2.26} = 4,37$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{556}{14} = 39,71$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

Tekuk Lateral

$L_b = 150$ cm (terdapat lateral support)

$L_p = 214,553$ cm

$L_r = 545,796$ cm

$L_b < L_p < L_r \rightarrow M_n = M_p = Z_x \cdot F_y$

- Kapasitas momen penampang
 Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_n = Z_x \times f_y$
 $= 3778 \times 2500 = 8535000$ kg.cm
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 8535000$ kg.cm
 $= 7681500$ kg.cm
- Kapasitas momen penampang
 Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_n = Z_x \times f_y$
 $= 3778 \times 2500 = 8535000$ kg.cm
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 8535000$ kg.cm
 $= 7681500$ kg.cm
- Cek kemampuan penampang terhadap momen
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$
 $76815 \text{ kgm} \geq 27579,13 \text{ kgm} \dots$ (OK)
- Kontrol penampang akibat geser
 $\frac{h}{tw} = \frac{556}{14} = 39,71; \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = 69,57$
 $\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$

$$\begin{aligned}
 \text{maka, } V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (55,6 \times 1,3) \\
 &= 108240 \text{ kg} \\
 \emptyset V_n &= 0,9 \times 108240 \text{ kg} \\
 &= 97578 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_n &\geq V_u \\
 97578 \text{ kg} &\geq 13100,80 \text{ kg} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang akibat adanya bresing

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \arctan(5/4) = 51,34^\circ \\
 P_{ub} &= (R_y F_y A_g - 0,3 P_n) \sin \alpha \\
 &= (1,5 \cdot 250 \cdot 83,36 - 0,3 \cdot 123839) \sin 51,34 \\
 &= 21731,39 \text{ kg} \\
 M_{ub} &= 0,25 \times 21731,39 \times 8 \\
 &= 43462,78 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Direncanakan terdapat lateral support, sehingga tercapai bentang pendek ($M_n = Z_x \cdot F_y$)

$$\begin{aligned}
 M_n &= 8535000 \text{ kgcm} = 85350 \text{ kgm} \\
 M_{ub} &< \emptyset M_n \\
 43462,78 &< 0,9 \times 85350 \\
 43462,78 \text{ kgm} &< 76815 \text{ kgm} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Kontrol penampang akibat lendutan

$$\begin{aligned}
 \text{Lendutan Izin} &= \frac{l}{360} = \frac{800}{360} = 2,2222 \text{ cm} \\
 \text{Hasil cek lendutan pada SAP 2000} &= 1,4737 \text{ cm} \\
 1,4737 \text{ cm} &\leq 2,2222 \text{ cm} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

4.3.3 Perencanaan Kolom

Pada perencanaan kolom, perhitungan pada kolom didasarkan pada lantai 1 elemen 99. Direncanakan menggunakan Kolom CFT (Concrete Filled Steel Tube) dengan panjang kolom 350 cm. berikut data- data profil yang digunakan:

H	= 600 mm	ix	= 18,996 cm
B	= 600 mm	iy	= 18,996 cm
tf	= 15 mm	Zx	= 13949,5937 cm ³
tw	= 15 mm	Zy	= 13949,5937 cm ³
A	= 177.5 cm ²	Fy	= 250 Mpa (BJ-41)
Ix	= 407080 cm ⁴		
Iy	= 407080 cm ⁴		

Hasil dari output SAP 2000 diperoleh gaya- gaya yang bekerja pada kolom paling maximum sebagai berikut:

Frame 99

(1,2D + 1,6L)

Pu	= 478977 kg
Mux	= 1178,77 kgm
Muy	= 548,48 kgm

(EARTHQUAKE)

Pu	= 370330,46 kg
Mux	= 5339,59 kgm
Muy	= 18500 kgm

Frame 1518

(1,2D + 1,6L)

Pu	= 23687,15 kg
Mux	= 21579,53 kgm
Muy	= 5960,14 kgm

(EARTHQUAKE)

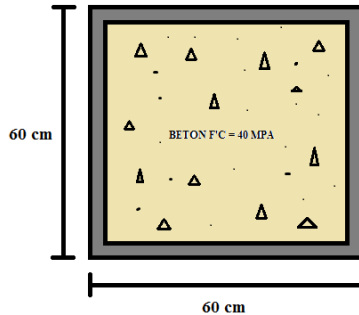
Pu	= 2081,96 kg
Mux	= 6621,66 kg
Muy	= 6892,78 kg

Bahan :

BJ 41 : $F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

CASING HSS 600.600.15.15



Gambar 4.37 Kolom CFT HSS 600.600.15.15

- Kuat nominal tekan kolom komposit

- Kontrol luas penampang minimum profil baja:

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{177,75}{3422,25 + 177,75} \times 100\%$$

$$= 4,93\% \geq 4\% \dots (OK)$$

- Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{min} = \frac{b \times \sqrt{f_y}}{\sqrt{3E}} = \frac{600 \times \sqrt{250}}{\sqrt{3 \times 2 \times 10^5}} = 12,24 \text{ mm} \leq 15 \text{ mm (OK)}$$

- Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{600}{2 \times 15} = 20$$

$$\lambda_p = \frac{2,26 \times \sqrt{E}}{\sqrt{f_y}} = 65,24$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut:

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 F'_c (A_c + A_w E_s/E_c)$$

$$P_p = 2500 \times 177,75 + 0,85 \times 400(3422,25 + 0)$$

$$P_p = P_{\text{nominal}} = 1607940 \text{ kg}$$

- Momen nominal Kolom

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{600}{2 \times 15} = 20$$

$$\lambda_p = \frac{1,12x\sqrt{E}}{\sqrt{fy}} = 31,43$$

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

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 2500 \times 13949,59375 = 34873984,375 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq M_p = 21579,53 \text{ kgm} \leq 34873984,375 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang = Dkolom-Dbalok

$$L_b = 400 - 61,2 = 338,8 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{F_y}} = 945,427 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{Bentang pendek (} M_n = M_p \text{)}$$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y$$

$$= 3949,5937 \times 2500$$

$$= 34873984,375 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq M_p = 21579,53 \text{ kgm} \leq 34873984,375 \text{ kgm}$$

- Kekuatan lentur dan Axial Orde Kedua

Momen lentur dan axial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut

$$M_r = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \quad (\text{SNI 1729:2015 A-8-1})$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \cdot P_t \quad (\text{SNI 1729:2015 A-8-2})$$

dengan

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

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - aP_r/P_{el}} > 1,00$$

$$Pe1 = \frac{\pi^2 x EI}{(KL)^2}$$

$$B2 = \frac{1}{1 - \frac{a \cdot P_{story}}{Pe \text{ Story}}}$$

$$Pe_{Story} = \frac{Rm \cdot H \cdot L}{\Delta H}$$

Keterangan

Mr	= Kekuatan lentur orde kedua dari kombinasi beban DFBK(Desain Faktor Beban dan Ketahanan) atau DKI (Desain Kemampuan Ijin)
B1	= Pengali untuk menghitung P-δ arah tekan lentur
B2	=Pengali untuk menghitung P-δ arah Translasi
Mlt	=Momen orde pertama akibat hanya translasi lateral struktur
Mnt	=Momen orde pertama akibat DFBK atau DKI
Plt	=Aksial orde pertama akibat hanya translasi lateral struktur
Pnt	=Aksial orde pertama akibat DFBK atau DKI
Pr	=Kekuatan aksial orde kedua dari kombinasi beban DFBK atau DKI
Cm	= Koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral
Pe1	= Tekuk kritis elastis komponen struktur tanpa translasi lateral pada ujung komponen struktur
K1	= Faktor panjang efektif (1,0)
a	= 1,0 (DFBK) ; 1,6 (DKI)
Pstory	= Beban vertical total didukung tingkat dengan kombinasi DFBK atau DKI
Pe _{story}	= Kekuatan tekuk kritis elastis
P _{mf}	= Beban vertical total kolom untuk rangka pemikul momen, bernilai 0 untuk angka berbresing
Rm	= $1 - 0,15 \frac{P_{mf}}{P_{story}}$

FRAME 99

- Arah Sumbu X :
 - Kontrol Momen terhadap beban gravitasi (1,2D+1,6L)
Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
 $M1 = 474,01 \text{ kgm}$
 $M2 = 1178,77 \text{ kgm}$
 $C_m = 0,3176$
 $P_{e1} = 95811035,27 \text{ kg}$
 $B1 = 0,3793 < 1,0 \text{ use } 1,0$
 - Kontrol Momen terhadap beban lateral(1,2D+0,5L+Ex)
Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
 $P_{\text{story}} = 1585058409,63 \text{ kg}$
 $P_{\text{estory}} = 1,0279 \times 10^{10} \text{ kg}$
 $B2 = 1,12 > 1,0$
 $M_{rx} = (1,0 \times 1178,77) + (1,12 \times 5339,59)$
 $= 7159,1108 \text{ kgm}$
- Arah Sumbu Y :
 - Kontrol Momen terhadap beban gravitasi(1,2D+1,6L)
Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
 $M1 = 3395,42 \text{ kgm}$
 $M2 = 4533,74 \text{ kgm}$
 $C_m = 0,3004$
 $P_{e1} = 95811035,27 \text{ kg}$
 $B1 = 0,365 < 1,0 \text{ use } 1,0$
 - Kontrol Momen terhadap beban lateral(1,2D+0,5L+Ey)
Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:
 $P_{\text{story}} = 1585058409,63 \text{ kg}$
 $P_{\text{estory}} = 1,0279 \times 10^{10} \text{ kg}$
 $B2 = 1,108 > 1,0$
 $M_{ry} = (1,0 \times 548,48) + (1,108 \times 18500)$
 $= 21046,8 \text{ kgm}$

Kuat Aksial Orde Kedua

$$\begin{aligned} Pr &= 478977 + 1,108 \times 370330,46 \\ &= 889303,149 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Pn = 1607940 \text{ kg}$$

$$\frac{Pr}{\phi Pn} = \frac{889303,149}{0,9 \times 1607940} = 0,614 \geq 0,2$$

digunakan rumus interaksi sebagai berikut :

$$\frac{Pr}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{889303,149}{0,9 \times 1607940} + \frac{8}{9} \left(\frac{7159,1108}{348739,84375} + \frac{21046,8}{348739,84375} \right)$$

$$0,694 < 1,00$$

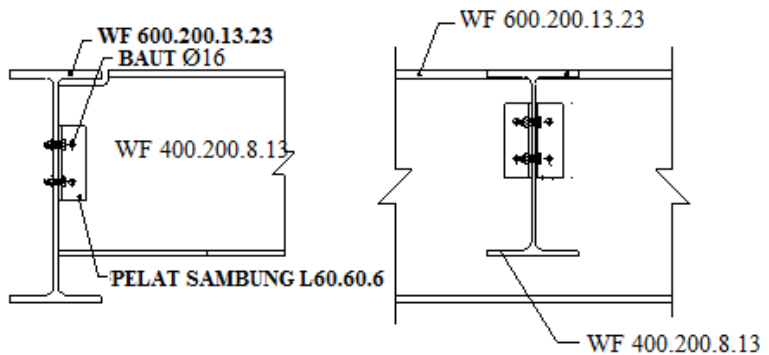
Hasil Kontrol Interaksi diperoleh $0,694 \leq 1,00$, maka kolom dapat dipakai

4.3.4 Perencanaan Sambungan

4.3.4.1 Sambungan Balok Anak Lantai Gedung dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak lantai perkantoran dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 12100,88 kg, dengan dimensi balok anak WF400.200.8.13 dan balok induk WF600.200.13.23. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4.38 Detail Pelat Siku Pada Gelagar

-Sambungan Pada Badan Balok Anak:

\varnothing baut = 16 mm ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$)

Mutu baut BJ.50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\varnothing.V_n &= \varnothing \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 2,01 \\ &= 7539,82 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing.R_n &= \varnothing \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,8 \cdot 4100\end{aligned}$$

$$= 9446,4 \text{ kg (menentukan)}$$

$$n = \frac{Vu}{\emptyset \cdot Rn} = \frac{12100,88}{9446,4} = 1,708 \text{ bh} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Sambungan Pada Badan Balok Induk:

\emptyset baut = 16 mm ($Ab = 2,01 \text{ cm}^2$)

Mutu baut BJ.50 ($fu = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\emptyset \cdot Vn = \emptyset \cdot r_1 \cdot fu \cdot m \cdot Ab$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 2,01$$

$$= 7539,82 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\emptyset \cdot Rn = \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,6 \cdot 4100$$

$$= 7084,8 \text{ kg (menentukan)}$$

$$n = \frac{Vu}{\emptyset \cdot Rn} = \frac{12100,88}{7084,8} = 1,708 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

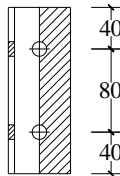
- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

BJ41 ($fu = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

\emptyset lubang = 16mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)

$$= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$$



Gambar 4.39 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

$$\begin{aligned} \varphi R_n &= \varphi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,5 = 13387,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\varphi R_n = 2 \times 13387,5 = 27675 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2\varphi R_n \rightarrow 12100,88 \text{ kg} < 27675 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut

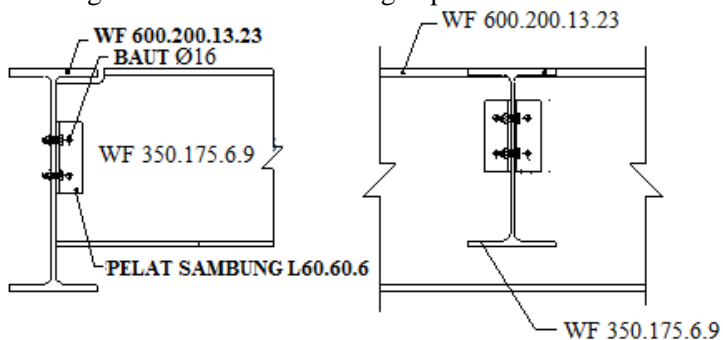
Jarak ke tepi = 1,5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm
= 21 mm s.d. 200 mm → Terpasang = 40cm

Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm
= 42 mm s.d 200 mm → Terpasang = 80mm

4.3.4.2 Sambungan Balok Anak Atap Dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak lantai perkantoran dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 6705,92 kg, dengan dimensi balok anak WF350.175.6.9 dan balok induk WF600.200.13.23. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4.40 Sambungan Balok Anak Dengan Balok Induk

- Sambungan Pada Badan Balok Anak:

$$\text{Øbaut} = 16 \text{ mm } (A_b = 2,01 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ.50 } (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 2,01 \\ &= 7539,82 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,8 \cdot 4100 \\ &= 9446,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{Ø.Rn}} = \frac{6705,92}{7539,82} = 0,92 \text{ bh} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Sambungan Pada Badan Balok Induk:

$$\text{Øbaut} = 16 \text{ mm } (A_b = 2,01 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ.50 } (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 2,01 \\ &= 3768,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{Ø.Rn}} = \frac{6705,92}{3768,82} = 1,78 \approx 2 \text{ buah}$$

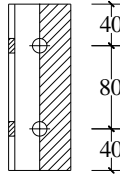
Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

\emptyset lubang = 16mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)
= 17,5 mm = 1,75 cm



Gambar 4.41 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

$$\begin{aligned} \varphi R_n &= \varphi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,5 = 13387,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\varphi R_n = 2 \times 13387,5 = 27675 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2\varphi R_n \rightarrow 6705,92 \text{ kg} < 27675 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1,5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm
= 21 mm s.d. 200 cm \rightarrow Terpasang = 40cm

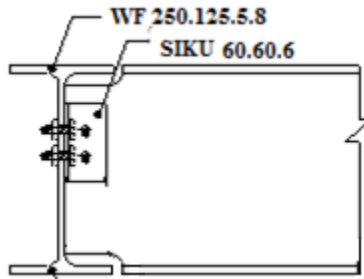
Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm
= 42 mm s.d 200 mm \rightarrow Terpasang = 80mm

4.3.4.3 Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan antara balok utama tangga dan balok penumpu tangga direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok utama, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok sebesar 2052,55 kg, dengan dimensi balok utama tangga yaitu WF 250 x 125 x 5 x 8 dan balok penumpu

tangga WF 250 x 125 x 5 x 8. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6



Gambar 4.42 Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga

- Sambungan balok utama tangga dengan siku:

$$\text{Øbaut} = 8 \text{ mm (} A_b = 0,5028 \text{ cm}^2\text{)}$$

$$\text{Mutu baut BJ-50 (} f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser (} r_1 = 0,5\text{)}$$

- Kuat geser baut:

$$\text{Ø.Vn} = \text{Ø} \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 0,5028$$

$$= 2138,7 \text{ kg (menentukan !)}$$

- Kuat tumpu baut

$$\text{Ø.Rn} = \text{Ø} \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 4100$$

$$= 2361,60 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{Ø.Rn}} = \frac{845,74}{2138,7} = 0,385 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 8 mm

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku:

$$\text{Øbaut} = 8 \text{ mm (} A_b = 0,5028 \text{ cm}^2\text{)}$$

$$\text{Mutu baut BJ-50 (} f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser (} r_1 = 0,5\text{)}$$

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 0,5028 \\ &= 1069,6 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

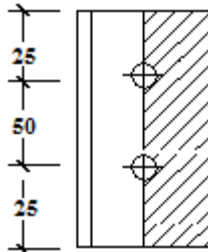
$$\begin{aligned}\emptyset.R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 4100 \\ &= 2361,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\emptyset.R_n} = \frac{2052,55}{1190,8} = 1,72 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 1 buah baut diameter 8 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung
Dipakai siku penyambung 60x60x6
BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
 \emptyset lubang = 8 mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)
= 9,5 mm = 0,95 cm

Luas bidang geser



Gambar 4.43 Detail Pelat Siku Pada Gelagar

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (10 - 2 \times 0,95) \times 0,6 = 4,86 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 4,86 = 8966,70 \text{ kg}\end{aligned}$$

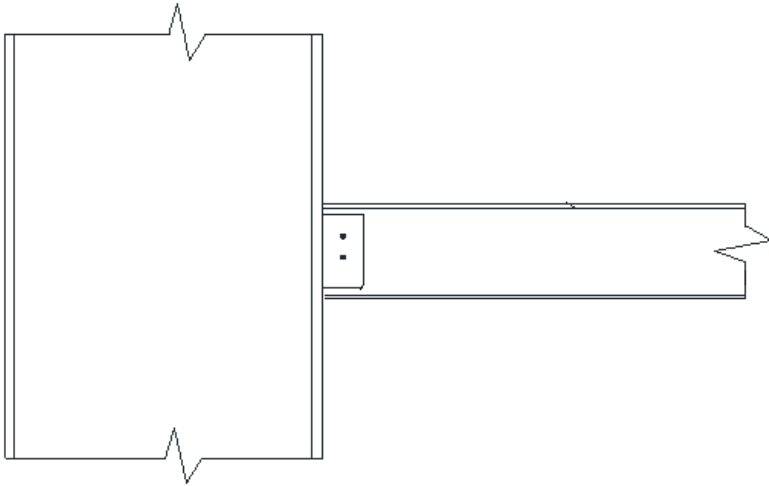
Syarat:

$$V_u \leq \phi R_n \rightarrow 2052,55 \text{ kg} < 8966,70 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

4.3.4.4 Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom

Sambungan antara balok anak lantai perkantoran dan balok induk 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 adalah sebesar 2917,08 kg dimensi balok balok penumpu tangga WF 250.125.5.8 . Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4.44 Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom

- Sambungan Pada Badan Balok Anak:
 - Øbaut = 10 mm ($A_b = 0,785 \text{ cm}^2$)
 - Mutu baut BJ.50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)
 - Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)
- Kuat geser baut:
 - $\phi \cdot V_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$
 - $= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 0,785$
 - $= 1471,875 \text{ kg (menentukan)}$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 4100 \\ &= 3690 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{Vu}{\emptyset.Rn} = \frac{2917,08}{1471,875} = 1,969 = 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 10 mm

- Kontrol Las Sudut

Direncanakan las dengan $te = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan F_{E70xx}

$$\begin{aligned}A_l &= te \cdot (2 \cdot d_{plat}) \\ &= 1 \times 2 \times (18) \\ &= 36 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_x &= 2 \times \left(\frac{1}{12} \times 18^3\right) \\ &= 972 \text{ cm}^4\end{aligned}$$

$$S_x = 2 \times \left(\frac{18^2}{3}\right) = 216 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{2917,05}{36} = 81,029 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = f_v = 81,029 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{81,029}{2214,45} = 0,037 \text{ cm}$$

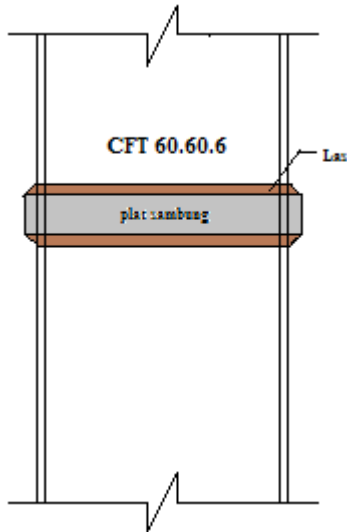
$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,037}{0,707} = 0,0517 \text{ cm} < (a \text{ min} = 3 \text{ mm})$$

dipakai las sudut dengan tebal 3 mm

4.3.4.5 Sambungan Antar Kolom

Kolom akan disambung menggunakan sambungan las dengan plat tambahan dengan tebal 50 mm. Dari hasil analisa SAP 2000, diperoleh gaya maksimum pada frame 99 dengan data gaya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_u &= -478977 \text{ kg} \\ V_u &= -472,22 \text{ kg} \\ M_u &= -1178,77 \text{ kgm} \end{aligned}$$



Gambar 4.45 Pemodelan sambungan antar kolom

Misal $t_c = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} A &= 4 \times (1 \times 60,0) = 240 \text{ cm}^2 \\ I_x &= (b+d)^3/6 = 288000 \text{ cm}^4 \\ I_y &= (b+d)^3/6 = 288000 \text{ cm}^4 \\ S_x &= b \cdot d + (d^2/3) = 4800 \text{ cm}^3 \\ S_y &= b \cdot d + (d^2/3) = 4800 \text{ cm}^3 \\ F_{u_{las}} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{e_{90xx}} \times t_e \end{aligned}$$

$$F_{u\text{las}} = 0,75 \times 0,6 \times 90 \times 70,3 \times 1$$

$$F_{u\text{las}} = 2847,15 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat P_u

$$F_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{478977}{240} + \frac{1178,77}{4800} = 2020,295 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat V_u

$$F_h = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{472,22}{240} + \frac{1178,77}{4800} = 26,52 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{total}} = (F_h^2 + F_v^2)^{0,5}$$

$$F_{\text{total}} = (26,52^2 + 2020,295^2)^{0,5}$$

$$F_{\text{total}} = 2020,469 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{F_{\text{total}}}{F_{u\text{las}}}$$

$$= \frac{2020,469}{2847,15} = 0,709$$

$$a_{\text{las}} = \frac{0,709}{0,707} = 1,003 \text{ cm}$$

Syarat Tebal Kaki las

Tebal minimum = Tebal plat = 50 mm, a min = 6 mm

$$a_{\text{eff max las}} = \frac{0,6 \times F_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times F_e 70xx}$$

$$= \frac{0,6 \times 4100 \times 50}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 70 \times 70,3}$$

$$= 2,94 \text{ cm}$$

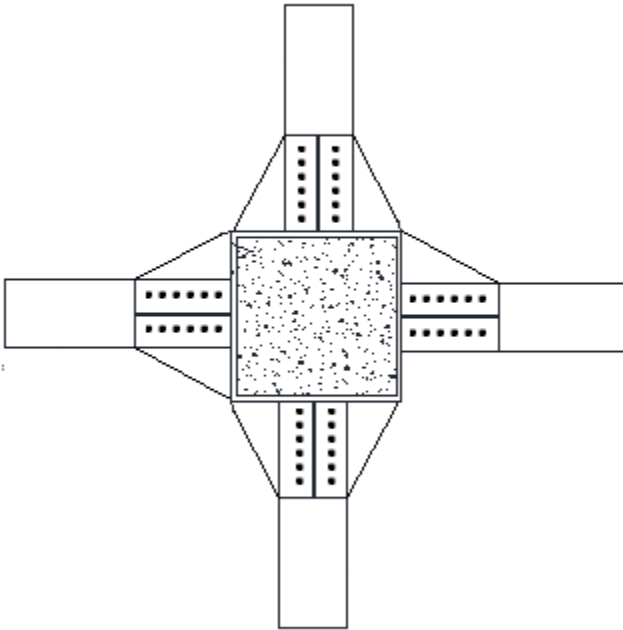
Sehingga diambil las dengan a = 1,5 cm

4.3.4.6 Sambungan Balok Induk Dengan Kolom

Sambungan antar balok induk – kolom direncanakan sebagai rigid connection, yang mana tumpuan pada balok

induk terletak sebagai tumpuan yang diberi pelat pengaku. Sambungan menggunakan las pada konsol ke kolom, baut dan pelat siku sebagai pelat penyambung. Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

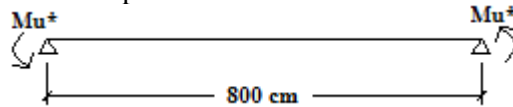
Balok Induk	: WF 600 x 200 x 13 x 23
Kolom	: CFT 600 x 600 x 15
Mutu las	: Fe _{110xx}
Mutu Baut	: Disesuaikan
Mutu Diafragma Plate	: BJ 50



Gambar 4.46 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Perhitungan gaya geser pada sambungan

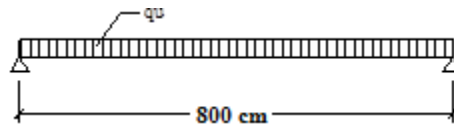
-Akibat kapasitas balok induk



$$\begin{aligned} Mu^* &= 1,1 \times Ry \times Zx \times Fy \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 3778 \times 2500 \\ &= 12389250 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu_1 &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 12389250/800 = 30740.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

-Akibat beban kombinasi 1,2D+0,5L dari balok induk



Dari program SAP 2000, diperoleh Vu akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned} Vu_2 &= 17119 \text{ kg} \\ Vu \text{ total} &= 30740.2 + 17119 \\ &= 47859,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perencanaan sambungan baut pada badan 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 20 mm ($A_g = 3,14 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 10 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \cdot r_1 \cdot fu \cdot m \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 1 \cdot 3,14 \\ &= 12193,31 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 4100 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}Td &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot fu \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 3,14 \\ &= 18289,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol geser

$$\begin{aligned}Vu &= \frac{Pu}{n} = \frac{47859,2}{4} \\ &= 11964,8 \text{ kg} < 12193,31 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

Kontrol tarik

$$\begin{aligned}f_{uv} &= \frac{Vu}{A} = \frac{11964,8}{3,14} = 3810,445 \text{ kg/cm}^2 \\ f_t &= (1,3 \times fu^b - 1,5 \times f_{uv}) \\ &= (1,3 \times 10350 - 1,5 \times 3810,445) \\ &= 7739,52 \text{ kg/cm}^2 < 10350 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Dipasang 4 baut pada satu sisi

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = S1 = 50 mm

$$1,5db \leq S1 \leq 4tp + 100$$

$$30 \leq 50 \leq 140 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = S = 100 mm

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$60 \leq 100 \leq 150 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 50 + (4-1) \times 100 + 50 = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 50 + 50 = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

- Perencanaan sambungan geser pada kolom

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$\begin{aligned} A_1 &= t_e \cdot (2 \cdot d_{\text{plat}} + 4 \cdot l_{\text{plat}}) \\ &= 1 \times (2 \times 40 + 4 \times 10) \\ &= 120 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= (2 \times (\frac{1}{12} \times 40^3)) + 4(\frac{1}{12} \times 40 \times 1^3 + \\ &\quad 40 \times 1 \times 20^2) \\ &= 74680 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = 74680 / 30,6 = 2440,5228 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{47859,2}{120} = 398,24 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$f_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{12389500}{2440,5228} = 5076,576 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{398,24^2 + 5076,576^2} \\ &= 5092,172 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$F_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{f_{u_{\text{las}}}} = \frac{5092,172}{3479,85} = 1,463 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{1,463}{0,707} = 2,069 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 2 cm

- Kontrol Pelat Penyambung

Direncanakan pelat penyambung 400 x 10

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

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t$$

$$= (L - n \cdot \text{diameter lubang}) \times 1 \text{ cm}$$

$$= (40 - 7 \times 2,15) \times 1 \text{ cm}$$

$$= 24,95 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = \phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv})$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times 24,95$$

$$= 55239,3 \text{ kg} > 39197,56 \text{ kg}$$

- Sambungan pada Diaphragm Plate dengan Kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2 cm

Mutu Pelat diaphragm plate BJ50 ($f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$)

$$T = \frac{Mu}{d} = \frac{12389250}{61,2} = 202438,725 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$\phi R_n = 0,9 \times t_e \times f_y$$

$$= 0,9 \times 2 \times 2900 = 5220 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_{las} = t_e \cdot d_{balok} = 2,5 \times 61,2 = 153 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{total} = \frac{202438,73}{153} = 1323,2 < \phi R_n = 5220 \text{ kg/cm}^2$$

- 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 24 mm ($A_g = 4,52 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 10 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 1 \cdot 4,52 \\ &= 17558 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 4100 \\ &= 17712 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 4,52 \\ &= 26337,54 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol geser

$$\begin{aligned}V_u &= \frac{P_u}{n} = \frac{202438,725 \text{ kg}}{12} \\ &= 16869,89 \text{ kg} < 17558 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

Kontrol tarik

$$\begin{aligned}f_{uv} &= \frac{V_u}{A} = \frac{16869,89}{4,52} = 3723,27 \text{ kg/cm}^2 \\ f_t &= (1,3 \times f_u^b - 1,5 \times f_{uv}) \\ &= (1,3 \times 10350 - 1,5 \times 3723,27) \\ &= 7870,095 \text{ kg/cm}^2 < 10350 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{(OK)}\end{aligned}$$

Dipasang 12 baut dengan dua sisi yang terdiri dari 6 baut

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$1,5d_b \leq S_1 \leq 4t_p + 100$$

$$36 \leq 50 \leq 140 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = S = 100 \text{ mm}$$

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$72 \leq 100 \leq 150 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 50 + ((6-1)/2) \times 100 + 50 = 550 \text{ mm} = 55 \text{ cm}$$

- Kekuatan Diaphragm Plate

Dipakai baut tipe tumpu 24 mm

Mutu pelat baja BJ50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_g = w.tw$$

$$= 55 \cdot 1 \text{ cm}$$

$$= 55 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - \text{Aperlemahan}$$

$$= 55 - (2 \times 2,55 \times 1)$$

$$= 49,9 \text{ cm}^2$$

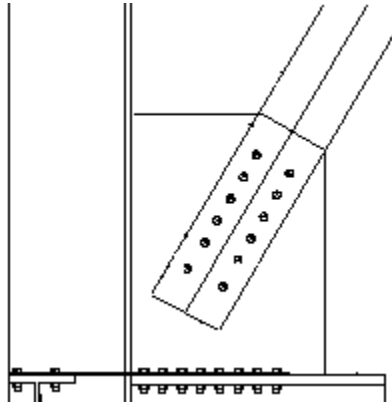
Terhadap patah

$$T \leq 0,9 \cdot A_n \cdot F_u$$

$$202438,725 \text{ kg} \leq 224550 \text{ kg} \dots \text{(OK)}$$

4.3.4.7 Sambungan pada Bresing ke Kolom

Sesuai peraturan SNI 1729-2015, mengenai kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu 1,25. $R_y.V_n$. Perhitungan didasarkan pada kekuatan nominal tekan dan nominal tarik yang telah dihitung pada perencanaan bresing. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, kekuatan nominal tarik lebih besar dari kekuatan nominal tekan, sehingga perencanaan sambungan juga didasarkan pada kekuatan nominal tekan dari bresing tersebut. Besar kekuatan nominal tekan diperoleh adalah sebesar 187560 kg



Gambar 4.47 Sambungan Bracing Dengan Pelat Buhul

- 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 = 10 mm

$$\begin{aligned}\Phi \cdot V_n &= \Phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 10350) \cdot 2 \cdot 4,52 \\ &= 23391 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\Phi \cdot R_n &= \Phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 4100 \\ &= 17712 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{187560}{17712} = 10,58 \approx 12 \text{ buah}$$

Dipasang 12 buah baut, sehingga pada masing masing flens dipasang 6 baut

Kontrol jarak baut

Jarak baut ketepi = $S1 = 50 \text{ mm}$

$$1,5db \leq S1 \leq 4tp + 100$$

$$45 \leq 50 \leq 140 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $S = 100 \text{ mm}$

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$90 \leq 100 \leq 150 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 50 + ((12-1)/2) \times 100 + 50 = 650 \text{ mm} = 65 \text{ cm}$$

- Sambungan las sudut pada plat buhul
Bahan las sudut yang digunakan adalah E_{70xx}

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1 \text{ cm}$

Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_{nw} &= 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Luas las sudut

$$\begin{aligned} A_{las} &= 2 \cdot (d+b) \\ &= 2 \cdot (100+80) = 360 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$\text{Cos } \emptyset = \text{Cos } 59^\circ = 0,5151$$

$$\text{Sin } \emptyset = \text{Sin } 59^\circ = 0,857$$

$$0,5151 \cdot Vu = 0,5151 \times 187560 = 96612 \text{ kg}$$

$$0,857 \cdot Vu = 0,857 \times 187560 = 160738 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{96612}{360} = 268,36 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{160738}{360} = 446,494 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{(\sum f_v)^2 + (\sum f_h)^2} \\ &= \sqrt{(268,36)^2 + (446,494)^2} \\ &= 520,93 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\emptyset \cdot R_{nw}} = \frac{520,93}{2214,45} = 0,235 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,235}{0,707} = 0,332 \text{ cm} < a \text{ min } (0,6 \text{ cm})$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 0,6 cm

4.3.4.8 Sambungan Kolom dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* dibawah ini menggunakan *fixed plate* dari katalog Continental Steel untuk profil HSS 600.600.15.15 dengan data – data sebagai berikut :

- Part Type = Mild Steel Plate
- H = 1000 mm
- B = 1000 mm
- $t_p = 60$ mm
- $q = 471,03 \text{ kg/m}^2$

Dari hasil analisa SAP 2000 didapat gaya- gaya yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_u &= 420177,6 \text{ kg} \\ M_{uX} &= 3099450 \text{ kg.cm} \\ M_{uY} &= 2665940 \text{ kg.cm} \\ V_u &= 11059,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perencanaan Sambungan Las Sudut pada Base Plate
Direncanakan las dengan $t_e = 1$ cm pada kaki kolom pada profil HSS 600.600.15.15 sehingga didapat :

$$A_{las} = 4 \times (d_{kolom}) = 4 \times 60 = 240 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(60 + 60)^3}{6} = 288000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(60 + 60)^3}{6} = 288000 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 60 \times 60 + \left(\frac{60^2}{3}\right) = 4800 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 60 \times 60 + \left(\frac{60^2}{3}\right) = 4800 \text{ cm}^3$$

$$f_{u_{las}} = \phi \cdot 0,6 \cdot F_{E90xx} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 90 \cdot 70,3 \cdot 1 \\ = 2847,15 \text{ Kg/cm}^2$$

Akibat Pu:

$$f_p = \frac{Pu}{A} + \frac{My}{S_x} = \frac{420177,5}{240} + \frac{3099450}{4800} \\ = 2396,46 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat Vu:

$$f_v = \frac{Vu}{A} + \frac{My}{S_y} = \frac{11059,15}{240} + \frac{3099450}{4800} \\ = 691,798 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{2396,46^2 + 691,798^2} \\ = 2494,314 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{2494,314}{2847,15} = 0,876 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,876}{0,707} = 1,24 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Syarat- syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{plat} = 60 \text{ mm}$

$$a_{eff \text{ max}} = 1,41 \cdot \frac{fu}{f_{E 90xx}} \cdot tp = 1,41 \cdot \frac{4100}{90 \cdot 70,3} \cdot 6 \\ = 5,48 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 1,24 \text{ cm}$

Perhitungan Base Plate

Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{3099450}{420177,5} = 7,37 \text{ cm}$$

$$1/6 \text{ h} = 1/6 \cdot 100 \text{ cm} = 16,67 \text{ cm} > e = 7,37 \text{ cm}$$

Karena $1/6 \text{ h} > e$, maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis)

Direncanakan diameter baut : $20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$

$$h' \geq w_e + c_1$$

$$w_e = \text{jarak baut ke tepi} = 2 \cdot d_b = 2 \cdot 2 = 4 \text{ cm}$$

$$c_1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \cdot 2 = 3,375 \text{ cm}$$

$$h' \geq 4 + 3,375 = 7,375 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5 \cdot h' = 100 - 0,5 \cdot 11,06 = 94,47 \text{ cm}$$

$$B = 100 \text{ cm}$$

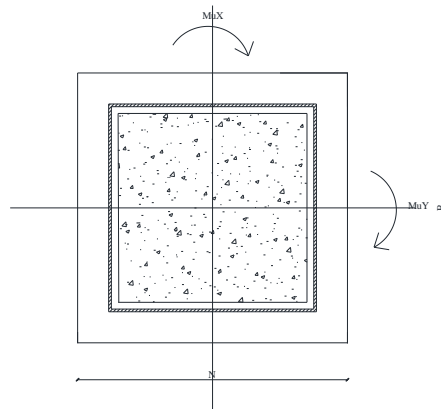
Dimensi beton :

Panjang : 1200 mm

Lebar : 1200 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{120 \cdot 120}{100 \cdot 100}} = 1,2$$

Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 4.48 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate

- Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{420177,5}{100 \cdot 100} = 42,01 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban M_u

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot N^2} = \frac{6 \cdot 3099450}{100 \cdot 100^2} = 18,59 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_{p \max} = f_{pa} + f_{pb} = 42,01 + 18,59 = 60,60 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan yang dapat diterima kolom
 $f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'c = 0,90 \times 0,85 \times 25 = 19,125 \text{ Mpa}$
 $f_{p \text{ avail}} = 191,25 \text{ kg/cm}^2 > f_{p \text{ max}} = 60,60 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$
- Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{100 - 0,95 \cdot 60}{2} = 21,5 \text{ cm}$$

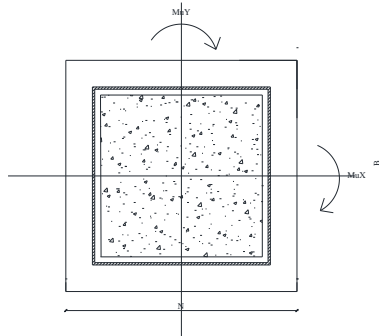
$$M_{upl} = \left(f_{p \text{ max}} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{3} \right)$$

$$= \left(60,60 - 2 \times 18,59 \cdot \frac{21,5}{100} \right) \cdot \left(\frac{21,5^2}{2} \right) + \left(2 \times 18,59 \times \frac{21,5}{100} \right) \left(\frac{21,5^2}{3} \right)$$

$$= 1284,302 \text{ kg.cm/cm}$$
- Menentukan tebal base plate
 $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 1284,3}{0,9 \cdot 2500}} = 1,27 \text{ cm} < 6 \text{ cm (OK)}$$

Perencanaan akibat beban sumbu Y



Gambar 4.49 Arah Beban Sumbu Y Pada Base Plate

- Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{420177,5}{100 \cdot 100} = 42,017 \text{ kg/cm}^2$$
- Akibat beban M_u

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot N^2} = \frac{6 \cdot 2665940}{100 \cdot 100^2} = 15,995 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal
 $f_{p \max} = f_{pa} + f_{pb} = 42,017 + 15,995 = 58,012 \text{ kg/cm}^2$
- Tekanan yang dapat diterima kolom
 $f_{p \text{ avail}} = \emptyset. 0,85. f'c = 0,9 \times 0,85 \times 25 = 19,125 \text{ Mpa}$
 $f_{p \text{ avail}} = 191,25 \text{ kg/cm}^2 > f_{p \max} = 58,01 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$
- Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat
 $m = \frac{N - 0,95.d}{2} = \frac{100 - 0,95 \cdot 60}{2} = 21,5 \text{ cm}$

$$M_{upl} = \left(f_{p \max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} - \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{3} \right)$$

$$= \left(58,01 - 2 \times 15,995 \cdot \frac{21,5}{100} \right) \cdot \left(\frac{21,5^2}{2} \right) + \left(2 \times \right.$$

$$\left. 15,995 - \frac{21,5}{100} \right) \cdot \left(\frac{21,5^2}{3} \right)$$

$$= 1110,894 \text{ kg.cm/cm}$$
- Menentukan tebal base plate
 $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 1110,894}{0,9 \cdot 2500}}$$

$$= 1,405 \text{ cm} < 6 \text{ cm}$$

 Pakai tebal base plate 2 cm

Perencanaan pelat pengaku

- Pelat pengaku direncanakan seperti dengan dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas.
- Dimensi pelat minimum menurut SNI-1729-2015 Pasal G3-3
 Tebal pelat pengaku minimum (t_s)
 $t_s \geq 0,5 \cdot t_f \rightarrow 0,5 \times 1,5 = 0,75 \text{ cm}$
 Direncanakan tebal pengaku 2x tebal disambung, maka
 ”tebal pelat pengaku (t_s) = 1,5 cm”

Perencanaan baut angkur

- Gaya tarik yang terjadi pada angkur

$$T = \frac{f_{p \max} \cdot A \cdot B}{2} - P_u = \frac{58,012 \cdot 100 \cdot 100}{2} - 420177,5$$

$$= 117177,5 \text{ kg}$$

“Karena $1/6 h > e$, maka dipasang angkur praktis”

Perhitungan Baut Angkur:

Dipakai baut angkur $\varnothing 20$ mm mutu F1554 Grade 105 dengan $f_u = 7381,5 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} \varphi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7381,5 \times 3,14 \\ &= 8696,1 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi R_n &= 2,4 \cdot \varphi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 4100 \\ &= 88560 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat rencana tarik

$$\begin{aligned} T_d &= \varphi \cdot 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 7381,5 \times 3,14 \\ &= 13044,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol geser

$$n = \frac{V_u}{\varphi V_n} = \frac{11059}{8696,1} = 1,27$$

Kontrol tarik

$$n = \frac{T}{\varphi V_n} = \frac{117177,5}{8696,43} = 11,47 \approx 12 \text{ buah}$$

Untuk pelat landas dipasang 12 baut

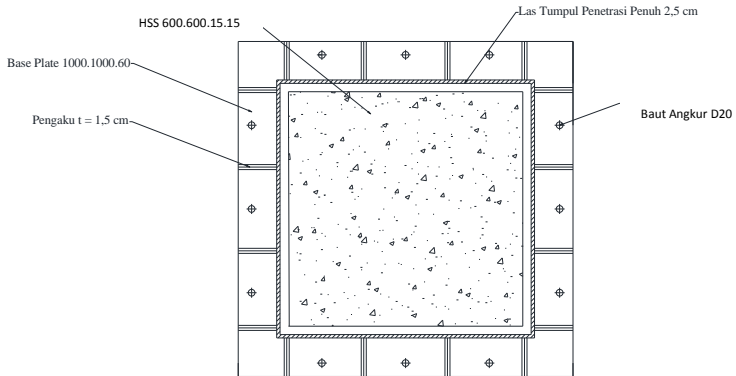
- Panjang Baut Angkur ($12 \text{ in} \times 2,54 = 30,48 \text{ cm}$)

$$\begin{aligned} \frac{\lambda d}{d_b} &= \frac{9fy}{10 \cdot \sqrt{f'c}} \times \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{\left(\frac{c + ktr}{d_b}\right)} \\ &= \frac{9 \times 250}{10 \cdot \sqrt{25}} \times \frac{1 \times 1,2 \times 1 \times 1}{3,0} \end{aligned}$$

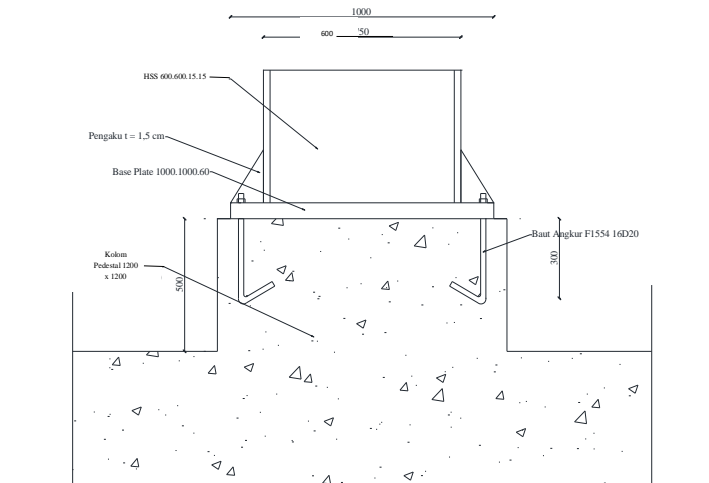
$$\lambda d = 18 \cdot d_b \rightarrow 18 \cdot 2,0 \text{ cm} = 36 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Maka panjang angkur yang dibutuhkan 40 cm.

Direncanakan dipasang hingga 150 cm setebal Pedestal



Gambar 4.50 Base Plate pada Kolom



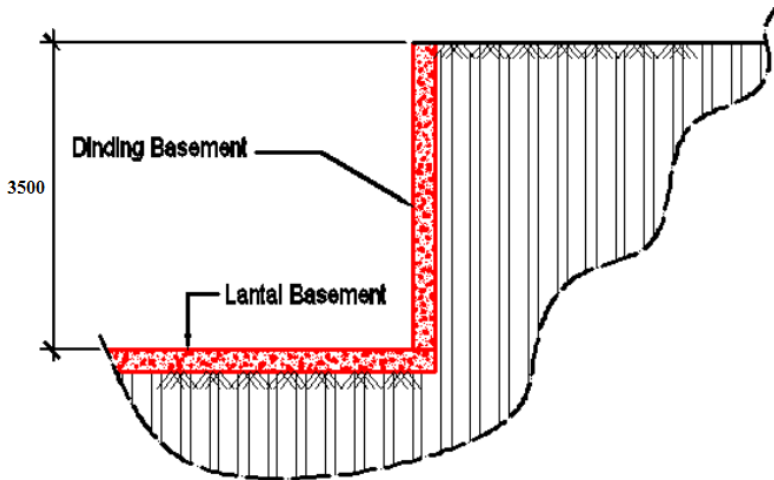
Gambar 4.51 Tampak Samping Base Plate dan Kolom Pedestal

4.4 Perencanaan Struktur Bawah

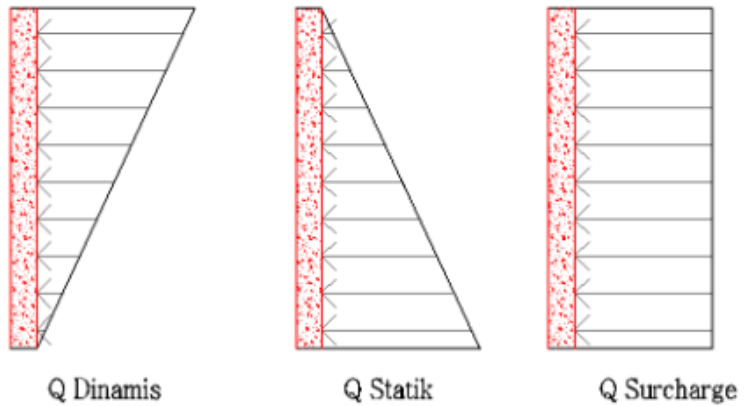
4.4.1 Perencanaan Pelat Dinding Penahan Tanah

Dinding struktur semi basement tidak seluruhnya berada di dalam tanah, karena setengah lantai paling bawah masuk ke dalam tanah, maka dinding luar yang terkena tekanan tanah digunakan pelat beton sebagai penahan tanah.

Agar dapat merencanakan konstruksi penahan tanah dengan tepat, maka perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan. Gaya horizontal disebabkan oleh tekanan tanah aktif horizontal yang diilustrasikan pada gambar dibawah ini



Gambar 4.52 Pemodelan basement



Gambar 4.53 Gaya yang bekerja pada dinding basement

- Q dinamis

Data tanah yang dipergunakan untuk mencari gaya dinamis:

$$\gamma_t = 1,759 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1,000 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma' = 1,759 - 1,000 = 0,759 \text{ t/m}^3$$

$$\theta = 38^\circ$$

$$C_u = 0$$

$$C = 0$$

$$\sigma = \gamma_t \times H$$

$$= 1,759 \times 3,5 = 6,1565 \text{ t/m}^2$$

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\theta}{2}\right)$$

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{0}{2}\right) = 1$$

$$P_\theta = \frac{1}{2} \left(\{k_a \cdot \gamma' + \gamma_w\} H_1 - 2C \cdot k_a^{0.5} \right) h_2$$

$$= \frac{1}{2} \left(\{1 \cdot 0,759 + 1\} 3,5 - 2 \cdot 0 \cdot k_a^{0.5} \right) 3,5$$

$$= 10,77382 \text{ t/m}^2$$

- Q static(Air)
 $Q = \gamma \times H$
 $= 1000 \times 3,5$
 $= 3500 \text{ kg/m}^2$
- Q surcharge
 $Q = q \times K_a$
 $= 800 \text{ kg/m}^2 \times 1$
 $= 800 \text{ kg/ m}^2$

Dari hasil analisa dengan program SAP 2000 dengan beban akibat tekanan tanah aktif, air, dan surcharge diperoleh beban maksimum sebesar 7689,06 kgm

Tebal Pelat Beton = 15 cm

D tulangan = 10 mm

d = t – decking = 150 – 20 – 0,5.10 = 125 mm

$$R_n = \frac{Mu}{0,8.b.d^2} = \frac{7689,06 \times 1000}{0,8 \times 1000 \times 125^2} = 0,615$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,615}{400}} \right) = 0,00308 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

As Perlu = 0,0035 x 1000 x 125 = 437,5 mm²

Dipasang Tulangan satu lapis Diameter 10-170 (As = 462 mm²)

4.4.2 Perencanaan Pelat Basement

Pelat basement merupakan plat di bawah tanah yang langsung berhubungan dengan tanah di bawah galian basement. Pelat ini didesain untuk menerima gaya uplift dari air tanah dan beban hidup berupa kendaraan yang parkir karena lantai basement ini difungsikan sebagai tempat parkir. Namun untuk mengetahui momen terbesar yang terjadi, dianggap kendaraan belum ada sehingga gaya yang bekerja hanya uplift pressure saja

Perhitungan tulangan plat basement menggunakan metode desain langsung SNI 2847-2013 dengan tebal pelat minimum tanpa balok interior tanpa penebalan dan tanpa balok pinggir adalah $l_n/30$

$$l_n/30 = 8000/30 = 266 \text{ mm} = 27 \text{ cm}$$

Diambil tebal pelat dasar = 27 cm

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2DL \\ &= 1,2(0,27 \times 2400) \\ &= 777,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$M_u = \frac{w_u \times l \times (l-b) \times (l-b)}{8} = 35965,224 \text{ kgm}$$

Faktor distribusi momen tepi eksterior ditahan penuh:

$$\text{-Mu pada tumpuan} = 0,65$$

$$\text{-Mu pada lapangan} = 0,35$$

	Momen negatif	Momen Positif
Mu	35965,224	19365,889
Faktor Distribusi	75%	75%
Momen lajur kolom	26973,92	14524,416
Momen lajur tengah	12587,83	6778,06

Penulangan pelat Basement

- **Penulangan jalur kolom**

Daerah Tumpuan

Diameter tulangan = 16 mm

Tebal selimut beton = 2 cm

$$d = 270 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 242 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + \frac{1}{2} \cdot 16 = 28 \text{ mm}$$

$$M_u = 26793,92 \text{ kgm}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{M_u}{0,8 \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{26793,92}{0,8 \cdot 400 \cdot (242 - 28) \cdot 1000 \cdot 242}$$

$$= 0,008102$$

$$\text{As tulangan} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,008102 \times 1000 \times 242$$

$$= 1960,8 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan lentur D16-100 (As = 1915 mm²)

Daerah Lapangan

Diameter tulangan = 16 mm

Tebal selimut beton = 2 cm

$$d = 270 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 242 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + \frac{1}{2} \cdot 16 = 28 \text{ mm}$$

Mu = 14524,416 kgm

$$\rho \text{ perlu} = \frac{Mu}{0,8 \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{14524,416}{0,8 \cdot 400 \cdot (242 - 28) \cdot 1000 \cdot 242}$$

$$= 0,0046$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0046 \times 1000 \times 242 \\ &= 1113,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan lentur D16-180 (As = 1117 mm²)

- **Penulangan jalur tengah**

Daerah Tumpuan

Diameter tulangan = 12 mm

Tebal selimut beton = 2 cm

$$d = 270 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 12 = 244 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + \frac{1}{2} \cdot 12 = 26 \text{ mm}$$

Mu = 12587,889 kgm

$$\rho \text{ perlu} = \frac{Mu}{0,8 \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{12587,889}{0,8 \cdot 400 \cdot (244 - 26) \cdot 1000 \cdot 244}$$

$$= 0,004$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,004 \times 1000 \times 244 \\ &= 976 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan lentur D12-100 ($A_s = 1131 \text{ mm}^2$)

Daerah Lapangan

Diameter tulangan = 12 mm

Tebal selimut beton = 2 cm

$d = 270 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 12 = 244 \text{ mm}$

$d' = 20 + \frac{1}{2} \cdot 16 = 26 \text{ mm}$

$M_u = 6778,06 \text{ kgm}$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{M_u}{0,8 \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{6778,06}{0,8 \cdot 400 \cdot (244 - 26) \cdot 1000 \cdot 244}$$

$$= 0,00396$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tulangan} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00396 \times 1000 \times 242 \\ &= 958,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan lentur D12-180 ($A_s = 1117 \text{ mm}^2$)

4.4.3 Perencanaan tie beam Basement

Untuk mendukung struktur basement, dilakukan perancangan *tie beam* yang menghubungkan poer-poe yang di atasnya terdapat struktur *retaining wall* basement. Desain penulangan pada *tie beam* akan direncanakan menggunakan tulangan baja. Hal tersebut dilaksanakan karena *tie beam* menerima kombinasi beban aksial dan lentur. Dalam perancangan *tie beam* ini diambil data:

Gaya aksial kolom yang ditinjau untuk perhitungan pondasi

P kolom = 420177 kg (tipe 2)

$P_u \text{ tie beam} = 42017,7 \text{ kg} = 420177 \text{ N}$

Dimensi tie beam = 40 cm x 60 cm

Mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa

Mutu beton (f_y) = 400 Mpa

Tulangan utama = 29 mm

Tulangan sengkang = 10 mm

Selimit beton = 50 mm

Tegangan ijin tarik beton:

$$f_{ijin} = 0,7 \times \sqrt{f'c} = 0,7 \times \sqrt{30} = 3,83 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi:

$$f_r = \frac{Pu}{\phi \cdot b \cdot h} = \frac{420177}{0,8 \cdot 400 \cdot 600} = 2,18 \text{ Mpa}$$

Penulangan Lentur *Tie Beam*

Berdasarkan RSNI 03-2847-2012 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{8000}{20} = 400 \text{ mm}^2$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 400 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Beban yang diterima sloof :

$$\begin{aligned} \text{- berat sendiri} &= 0,40 \times 0,60 \times 2400 = 576 \text{ kg/m} \\ \text{- berat dinding} &= \frac{4 \times 0,15 \times 2400}{2} = 1440 \text{ kg/m} + \\ &q_d = 2016 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada RSNI 03-2847-2012 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \times 2016 = 2419,2 \text{ kg/m} \\ M_{u \text{ tumpuan}} &= \frac{1}{12} \times q_u \times l^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 2419,2 \times 8^2 \\ &= 12902,4 \text{ kgm} = 129,024 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Pu_{Sloof} = 391163,6 \text{ N}$$

$$P_{\max} = 42,0177 \text{ ton}$$

$$P = 2 \times 42,0177 = 84,035 \text{ ton}$$

$$Q = (0,4 \times 0,6) \times 2,4 = 0,576 \text{ ton/m}$$

$$qu = 0,576 \text{ ton/m} \times 1,2 = 0,69 \text{ ton/m}$$

$$Mu = 12,902 \text{ ton.m} = 1,2902 \times 10^8 \text{ N.mm}$$

$$dx = 400 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 335,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1,2902 \times 10^8}{0,8} = 1,612 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{fy} \left(\frac{600}{600+fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,032513 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,032513 = 0,024384$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1,612 \times 10^8}{400 \times 339^2} = 3,58$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,58}{400}} \right) = 0,00969 > \rho_{\min} \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} As &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,00969 \times 1000 \times 335,5 = 3250,223 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ($As = 660,52 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3250,223}{660,52} = 4,92 \approx 5 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur atas 5D29

$$\begin{aligned} As &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \times 5 \\ &= 3303,93 \text{ mm}^2 > 3251,65 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} \times 2016 \times 8 = 8064 \text{ kg} = 80640 \text{ N}$$

Berdasarkan RSNI 03-2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$d = 600 - 50 - 10 - 29/2 = 525,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{420177}{14 \cdot 240000} \right) 1 \sqrt{30} \times 400 \times 525,5 \\ &= 220198 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 220198 = 165149 \text{ N} > V_u \text{ (OK)}$$

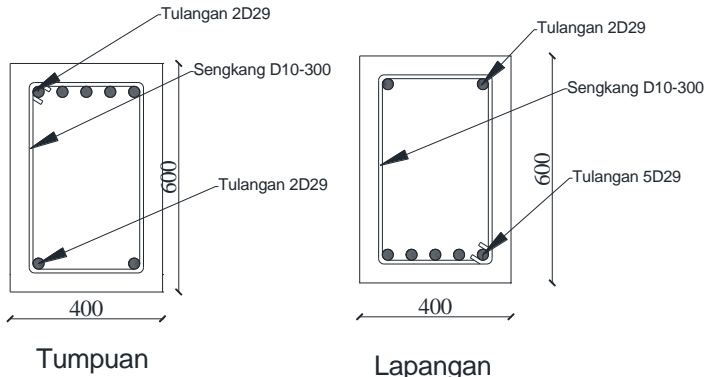
Berdasarkan RSNI 03-2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

$$\frac{d}{2} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

$$\frac{525,5}{2} = 262,75 \text{ mm} \rightarrow s = 300 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang $\varnothing 10 - 300 \text{ mm}$ (sengkang dua kaki)

Detail tulangan sloof



Gambar 4.54 Penampang Sloof 400 x 600

4.4.4 Perencanaan Pondasi Tiang Bor

4.4.4.1 Dimensi Penampang Tiang Bor

Data data untuk perhitungan pondasi tiang bor didasarkan pada pembebanan akibat beban mati, hidup dan gempa. Perhitungan analisa struktur atas dengan bantuan SAP 2000 diambil reaksi perletakan maksimum yang telah direkapitulasikan dalam tabel di bawah ini

Beban	P(kg)	Mx(kgm)	My(kgm)
Max	420177	30994,5	37063

Dari data tanah diperoleh korelasi tanah berdasarkan J.E BOWLES. Selanjutnya direncanakan diameter pondasi tiang bor sebesar :

$$D_s = 2,257 \sqrt{\frac{4201,77}{30000}} = 0,842 = 0,8 \text{ meter}$$

Direncanakan diameter badan pondasi tiang bor = 0,8 meter, diameter ujung pondasi direncanakan sama dengan Diameter badan

$$D_h = D_s = 0,8 \text{ meter}$$

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal	N	N koreksi (N')
Lapisan 1	0	0	0	0.00
Lapisan 2	3	3	24	24
Lapisan 3	6	3	50	50
Lapisan 4	9	3	50	50

4.4.4.2 Daya dukung tiang bor

Daya dukung tiang bor berasal dari tahanan ujung dan tahanan selimut tiang. Untuk mengevaluasi berapa kedalaman yang sesuai untuk tiang bor ini, dilakukan perhitungan mencari daya dukung pondasi menggunakan perumusan dari Luciano-Decourt(1982) karena perumusan ini dapat dipergunakan untuk seluruh jenis tanah.

$$Q_l = Q_p + Q_s$$

dimana :

Q_l = Daya dukung tanah maximum pada pondasi

Q_p = Resistance Ultimate di dasar Pondasi

Q_s = Resistance ultimate akibat lekatan lateral

$$Q_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

dimana :

N_p = Harga rata rata di sekitar 4B diatas hingga 4B dibawah dasar tiang pondasi (B=Diameter Pondasi)

K = Koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m², untuk tanah lempung

= 15 t/m², untuk tanah lempung berlanau

= 25 t/m², untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m², untuk tanah pasir

= 40 t/m², untuk lempung sangat kaku (Poulos)

A_p = Luas penampang dasar tiang

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

Dimana :

q_s = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m²

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

A_s = Keliling x Panjang Tiang Terbenam (Luas selimut)

$$\begin{aligned} Q_p &= (N_p \cdot K) \cdot A_p \\ &= \left\{ \left(\frac{30+50+50}{3} \right) \cdot 15 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,8}{4} \right) \right\} \\ &= 326,557 \text{ ton} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{43,33}{3} + 1 \right) \cdot (3,14 \cdot 0,84) = 194,1587 \text{ ton} \\
 Q \text{ total} &= 326,557 \text{ ton} + 194,1587 \text{ ton} \\
 &= 520,716 \text{ ton} \\
 P_{ijin} &= \left(\frac{Qu}{Sf} \right) \\
 P_{ijin} &= \left(\frac{520,716}{3} \right) \\
 &= 173,512 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

4.4.4.3 Penulangan Tiang Bor

Direncanakan diambil rasio tulangan untuk Bore Pile sebesar = 1,145 % dari program PCACOL, maka dipakai tulangan 16D13 ($A_s = 2123,716 \text{ mm}^2$) dengan sengkang spiral D10-150

4.4.4.4 Daya dukung tanah Tiang Pancang Kelompok

Untuk daya dukung group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi C_e .

$$\begin{aligned}
 Q_{L(\text{group})} &= Q_{L(1 \text{ tiang})} \times n \times C_e \\
 n &= \text{jumlah tiang dalam group}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Koefisien C_e

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

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

Dimana :

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris

n = jumlah baris tiang pancang

Θ = Arc tg D/s (dalam derajat)

4.4.4.5 Repetisi Beban Diatas 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 adalah

:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

dimana :

P_v = beban vertikal ekivalen

V = beban vertikal 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

Σx^2 = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

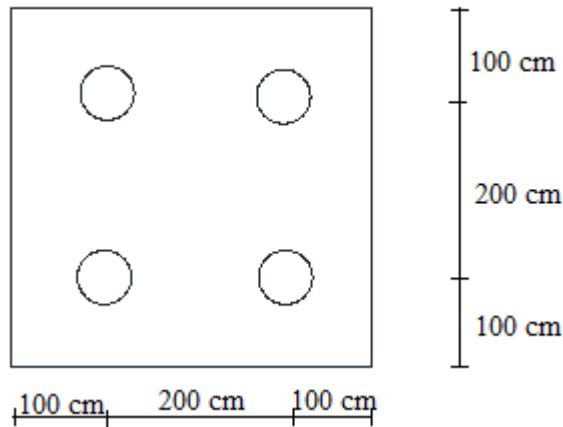
Σy^2 = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negative bila berlawanan dengan arah e.

4.4.4.6 Perhitungan Repetisi Beban Diatas Tiang Kelompok

Pondasi Tipe 1

Beban	P(kg)	M_x (kgm)	M_y (kgm)	Hx	Hy
Max	420177	30994,5	37063	11059	597
1,2D+0,5L+Ex	324638.09	25462.6	12401.2	10398	773
1,2D+0,5L+Ey	339609.39	29324	10816	14700	709
1D+1L	319069.35	23625.1	5065.7	8427	454



Gambar 4.55 Perencanaan Poer 1

$$E_k = 1 - \left(\text{arc tgn} \frac{800}{2000} \right) \left[\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \times 2 \times 2} \right]$$

$$= 0,84$$

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$\Sigma y^2 = 4 (1)^2 = 4 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 4 (1)^2 = 4 \text{ m}^2$$

Beban Tetap:

$$P_{D+L} = \frac{319069,35}{4} \pm \frac{23625,1 \times 1}{4^2} \pm \frac{5065,7 \times 1}{4^2}$$

$$= 81873,0125 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

Beban sementara:

$$P_{1,2D+0,5L+EX} = \frac{324638,09}{4} \pm \frac{25462,6 \times 1}{4^2} \pm \frac{12401,2 \times 1}{4^2}$$

$$= 83526,01 \text{ kg}$$

$$P_{D+L+EY} = \frac{339606,39}{4} \pm \frac{29324 \times 1}{4^2} \pm \frac{10816 \times 1}{4^2}$$

$$= 87410,3475 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

Beban Ultimate:

$$P_{D+L} = \frac{420177}{4} \pm \frac{30994 \times 1}{4^2} \pm \frac{37063 \times 1}{4^2}$$

$$= 109297,8125 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

Kontrol beban tetap

$$P_{\max} = 81873,0125 \text{ Kg} < Q_{\text{ijin}} = 173512 \text{ Kg (OK)}$$

Kontrol beban sementara

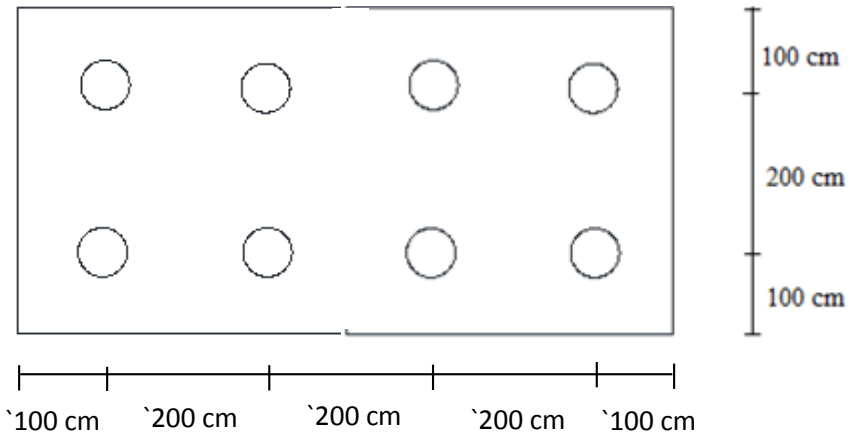
$$P_{\max} = 87410,3475 \text{ ton} < Q_{\text{ijin}} = 173512 \text{ Kg (OK)}$$

Kontrol beban ultimate

$$P_{\max} = 109297,8125 \text{ Kg} < Q_{\text{ijin}} = 173512 \text{ Kg (OK)}$$

Pondasi Tipe 2

Beban	P(kg)	Mx(kgm)	My(kgm)	Hx	Hy
Max	832650	25694,5	32210	11059	897
1,2D+0,5L+Ex	644638.09	21462.6	14420.2	10398	973
1,2D+0,5L+Ey	669609.39	21324	10816	14700	984
1D+1L	638138.7	18625.1	8265.4	8427	854



Gambar 4.56 Perencanaan Poer 2

$$E_k = 1 - \left(\text{arc tgn} \frac{800}{2000} \right) \left[\frac{(4-1)4 + (4-1)4}{90 \times 2 \times 4} \right]$$

$$= 0,64$$

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$\Sigma y^2 = 4(1)^2 + 4(3)^2 = 40 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 4(1)^2 = 4 \text{ m}^2$$

Beban Tetap:

$$P_{D+L} = \frac{638318,70}{8} \pm \frac{18625,1 \times 3}{40^2} \pm \frac{8265,4 \times 1}{4^2}$$

$$= 80318,0615 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

Beban sementara:

$$P_{1,2D+0,5L+EX} = \frac{644638,09}{8} \pm \frac{21462,6 \times 3}{40^2} \pm \frac{14420 \times 1}{4^2}$$

$$= 81368,25 \text{ kg}$$

$$P_{1,2D+0,5L+EY} = \frac{669609,39}{8} \pm \frac{21324,6 \times 3}{40^2} \pm \frac{10816 \times 1}{4^2}$$

$$= 84410,3475 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

Beban Ultimate:

$$P_{D+L} = \frac{832650}{8} \pm \frac{25694 \times 3}{40^2} \pm \frac{32210 \times 1}{4^2}$$

$$= 104848,44 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan})$$

Kontrol beban tetap

$$P_{\max} = 80318,0615 \text{ Kg} < Q_{\text{ijin}} = 173512 \text{ Kg} (\text{OK})$$

Kontrol beban sementara

$$P_{\max} = 81368,25 \text{ ton} < Q_{\text{ijin}} = 173512 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol beban ultimate

$$P_{\max} = 104848,44 \text{ Kg} < Q_{\text{ijin}} = 173512 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

4.4.5 Perencanaan Poer Dimensi Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Untuk penulangan D13, panjang penyaluran L_d diambil yang menentukan dari tiga perhitungan alternative, yaitu :

$$L_d = 0,25 \left(\frac{F_y}{\sqrt{F'c}} \right) \cdot D_{tulangan}$$

$$= 0,25 \left(\frac{410}{\sqrt{30}} \right) \cdot 13 = 243,28 \text{ mm}$$

$$L_d = 0,04 \cdot d_b \cdot f_y = 0,04 \cdot 13 \cdot 410 = 213,2 \text{ mm}$$

$$L_d = 40 \cdot b = 40 \times 13 = 520 \text{ mm}$$

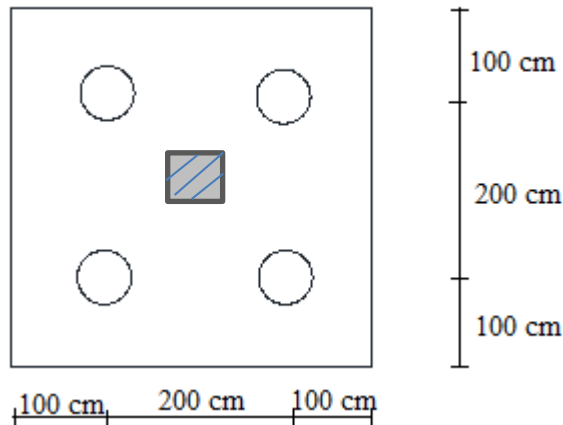
Berdasarkan panjang Penyaluran dari batang tulangan tersebut, maka direncanakan tebal Pile cap sebesar 1500 mm

Kontrol Geser Pons

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1.

Pondasi tipe 1

Akibat Kolom



Gambar 4.57 Tampak atas Kolom dan Poer

Untuk pondasi tapak non- prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) = $1200/1200 = 1$

Tebal efektif balok poer :

Arah x (dx) = $1500 - 75 - (1/2 \cdot 25) = 1412,75$ mm

Keliling penampang kritis :

$b_o = 2 (bk + d) + 2(hk + d)$

dimana : bk = lebar penampang kolom

hk = tinggi penampang kolom

d = tebal efektif poer

$b_o = 2 (1200 + 1412,75) + 2 (1200 + 1412,75) = 10451$ mm

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 10451 \times 1412,75$$

$$= 41243353,177 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 0,083 \times \left(\frac{40 \cdot 1412,75}{10451} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 10451$$

$$\times 1412,75$$

$$= 36293541,04 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \times 10451 \times 1412,75$$

$$= 26929483,545 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $26929483,545 \text{ N} = 2692948,3 \text{ Kg}$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 2692948,3 \text{ Kg} > P_u - P_{\text{mak}} \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 16157689,8 \text{ kg} > 420177 - (173,512 \times 1000)$$

$$= 16157689,8 \text{ kg} > 246665 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

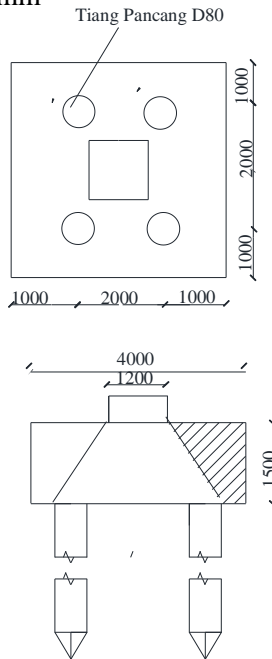
Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

Akibat Pancang

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek
(daerah beban terpusat) = $600/600 = 1$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (600 + 1412,75)) + (2 \times 600)$$

$$= 2780,81 \text{ mm}$$



Gambar 4.58 Geser Ponds Akibat Tiang Pancang

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1. \sqrt{35} \times 2780,81 \times 1412,75 \\
 &= 11853342,43 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{40 \cdot 1412,75}{2780,81}\right) 1. \sqrt{35} \times 2780,81 \times 1412,75 \\
 &= 39201504,76 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \cdot 1. \sqrt{35} \times 2780,81 \times 1412,75 \\
 &= 7739535,35 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 8406591 N = 7739,535 kN

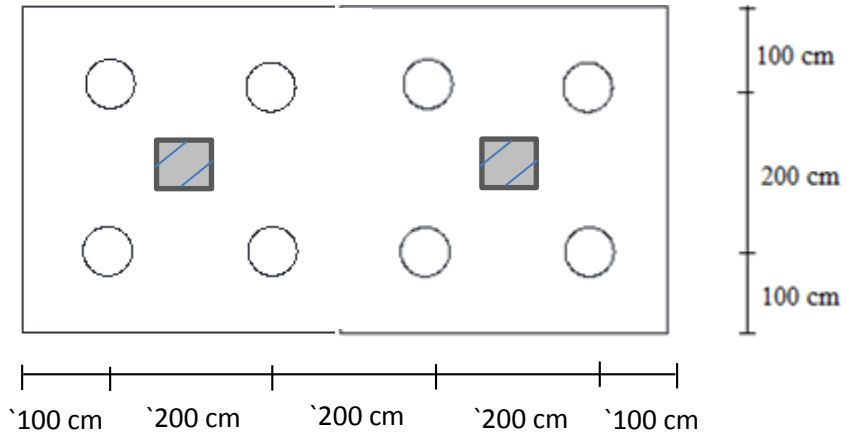
$$\emptyset V_c = 0,6 \cdot 773953,5 \text{ kg} > P_{\text{mak}}$$

$$\emptyset V_c = 464372,1 \text{ kg} > (173,512 \times 1000)$$

$$= 464372,1 \text{ kg} > 173512 \text{ kg (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat gaya dari pancang.

**Pondasi tipe 2
Akibat Kolom**



Gambar 4.59 Tampak atas Kolom dan Poer
Untuk pondasi tapak non- prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) = $1200/1200 = 1$

Tebal efektif balok poer :

$$\text{Arah x (dx)} = 1500 - 75 - (1/2 \cdot 25) = 1412,75 \text{ mm}$$

Keliling penampang kritis :

$$b_o = 2 (b_k + d) + 2(h_k + d)$$

dimana : b_k = lebar penampang kolom

h_k = tinggi penampang kolom

d = tebal efektif poer

$$b_o = 2 (1200 + 1412,75) + 2 (1200 + 1412,75) = 10451 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 10451 \times 1412,75 \\ &= 41243353,177 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left(\frac{40 \cdot 1412,75}{10451}\right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 10451 \\ &\quad \times 1412,75 \\ &= 36293541,04 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \times 10451 \times 1412,75 \\ &= 26929483,545 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 26929483,545 N = 2692948,3 Kg

$$\emptyset V_c = 0,6 \cdot 2692948,3 \text{ Kg} > P_u - P_{\text{mak}} \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 16157689,8 \text{ kg} > 420177 - (173,512 \times 1000) \\ &= 16157689,8 \text{ kg} > 246665 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

Akibat Pancang

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) = $600/600 = 1$

$$\begin{aligned} b_o &= (0,25 \times \pi \times (600 + 1412,75)) + (2 \times 600) \\ &= 2780,81 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{35} \times 2780,81 \times 1412,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 11853342,43 \text{ N} \\
 V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{40 \cdot 1412,75}{2780,81} \right) 1 \cdot \sqrt{35} \times 2780,81 \\
 &\quad \times 1412,75 \\
 &= 39201504,76 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \times 2780,81 \times 1412,75 \\
 &= 7739535,35 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 8406591 N = 7739,535 kN

$$\emptyset V_c = 0,6 \cdot 773953,5 \text{ kg} > P_{\text{mak}}$$

$$\emptyset V_c = 464372,1 \text{ kg} > (173,512 \times 1000)$$

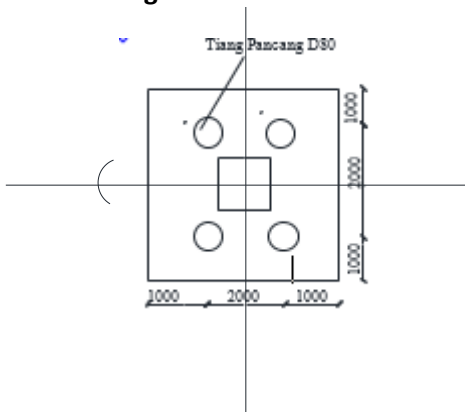
$$= 464372,1 \text{ kg} > 173512 \text{ kg (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat gaya dari pancang.

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 4.60 Pemodelan Perhitungan Penulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 173,512 \text{ ton} \\
 P &= 2 \times 173,512 = 347,042 \text{ ton} \\
 Q &= 4 \times 2,4 \times 1,5 = 14,4 \text{ ton/m} \\
 qu &= 14,4 \text{ ton/m} \times 1,2 = 17,28 \text{ ton/m} \\
 Mu &= P a - \frac{1}{2} qux. L^2 \\
 &= (347,042 \times 1) - (\frac{1}{2} \times 17,28 \times (1)^2) \\
 &= 338,402 \text{ tonm} \\
 &= 338402000 \text{ Nmm} \\
 dx &= 1500 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 24 = 1418 \text{ mm} \\
 dy &= 1500 - 70 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 24 = 1393,5 \text{ mm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{338402000}{0,8} = 423002500 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 13,45 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{410} = 0,0034 \\
 \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{fy} \left(\frac{600}{600+fy} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{410} \left(\frac{600}{600+410} \right) = 0,0314 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0314 = 0,02355 \\
 Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{423003500}{4000 \times 1418^2} = 0,052 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,052}{400}} \right) \\
 &= 0,001301 < \rho_{\min} \\
 \rho_{\text{alt}} &= \frac{4}{3} \times \rho_{\text{perlu}} \\
 &= \frac{4}{3} \times 0,001301 = 0,0017348 < \rho_{\min} \\
 \rho_{\text{alt}} < \rho_{\min} &\rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,0034
 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0034 \times 1000 \times 1418 = 4822 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

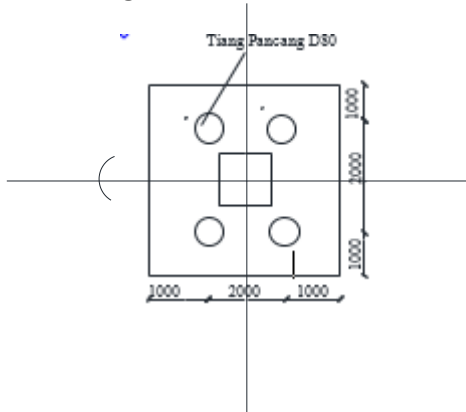
Digunakan Tulangan D24 ($A_s = 452,39 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4822}{452,39} = 10,66 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{10,66} = 93,80 \approx 100$$

Digunakan tulangan lentur atas D24–100 mm

Penulangan Arah Y



Gambar 4.61 Pemodelan Perhitungan Penulangan arah Y

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 173,512 \text{ ton} \\ P &= 2 \times 173,512 = 347,042 \text{ ton} \\ Q &= 4 \times 2,4 \times 1,5 = 14,4 \text{ ton/m} \\ q_u &= 14,4 \text{ ton/m} \times 1,2 = 17,28 \text{ ton/m} \\ M_u &= P a - \frac{1}{2} q_u x. L^2 \\ &= (347,042 \times 1) - (\frac{1}{2} \times 17,28 \times (1)^2) \\ &= 338,402 \text{ tonm} \\ &= 338402000 \text{ Nmm} \\ dx &= 1500 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 24 = 1418 \text{ mm} \\ dy &= 1500 - 70 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 24 = 1393,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{338402000}{0,8} = 423002500 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 13,45$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{410} = 0,0034$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{fy} \left(\frac{600}{600+fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{410} \left(\frac{600}{600+410} \right) = 0,0314 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0314 = 0,02355$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{423003500}{4000 \times 1418^2} = 0,052$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,052}{400}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,001301 < \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{alt}} = 4/3 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 4/3 \times 0,001301 = 0,0017348 < \rho_{\min}$$

$$\rho_{\text{alt}} < \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,0034$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

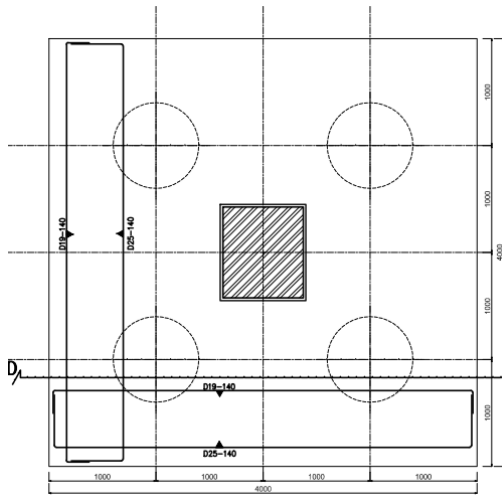
$$= 0,0034 \times 1000 \times 1393,5 = 4737,9 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D24 ($A_s = 452,39 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4737,9}{452,39} = 10,47 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{10,47} = 95,48 \approx 100$$

Digunakan tulangan arah Y D24–100 mm



Gambar 4.62 Pemodelan Penulangan Poer

4.4.6 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil analisis SAP 2000 pada pada kolom lantai Ground, adalah :

$$M_u = 30944 \text{ kg.m} = 125,8871 \text{ kN}$$

$$P_u = 420177 \text{ kg} = 4201770 \text{ N}$$

$$V_u = 11059,015 \text{ kg} = 110590,15 \text{ N}$$

Data perencanaan kolom :

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$h = 1200 \text{ mm}$$

$$A_g = 1440000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

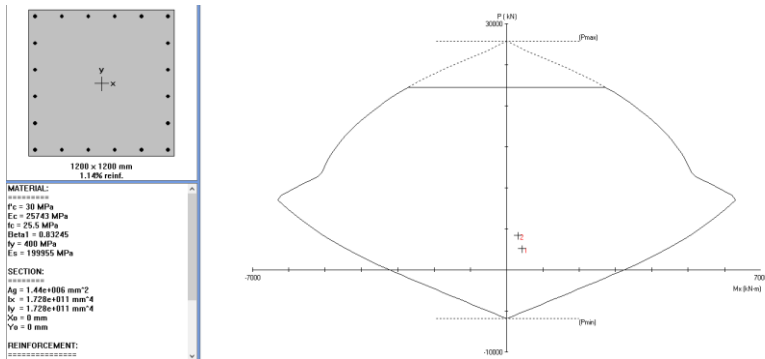
$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = \varnothing 25 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1200 - (50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 10) = 1135 \text{ mm}$$

Penulangan Lentur pada Kolom

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,14 \%$



Gambar 4.63 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA Col.

$$A_s = 0,0114 \cdot 1200 \cdot 1135 = 15526,8 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 24D25, $A_s = 15526,96 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.

Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 11059,015 \text{ kg} = 110590,15 \text{ N}$$

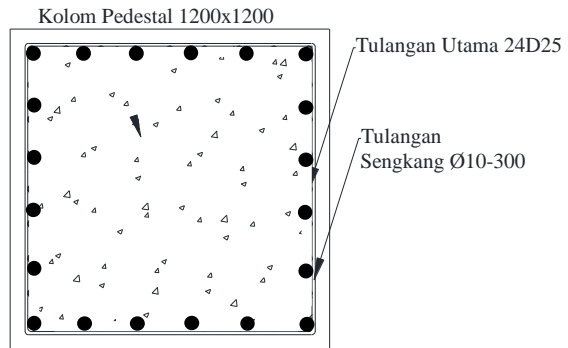
Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 2 \left(1 + \frac{420177}{14 \times 1440000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 1200 \times 1135 \\ &= 2538487,668 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 V_c = 0,6 \times 2538487,668 = 1523092,6 \text{ N}$$

Karena $V_u = 110590,1 \text{ N} < \phi V_c \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

Jadi dipasang tulangan geser praktis $\text{Ø}10 - 300$, sengkang dua kaki



Gambar 4.64 Penulangan Kolom Pedestal

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan struktur sekunder:
 - a. Pelat lantai atap menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK tebal 0,75 mm dengan pelat beton tebal 110 mm dan dipasang tulangan negatif \varnothing 10 – 250.
 - b. Pelat lantai gedung perkuliahan menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK tebal 0,75 mm dengan pelat beton tebal 110 mm dan dipasang tulangan negatif \varnothing 10 – 180.
 - c. Dimensi balok anak pada atap menggunakan profil WF 350 x 175 x 6 x 9 dengan mutu baja BJ-41.
 - d. Dimensi balok anak pada lantai perkantoran menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13 dengan mutu baja BJ-41.
 - e. Dimensi balok penggantung lift menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dengan mutu baja BJ-41.
 - f. Pelat tangga menggunakan SUPER FLOOR DECK dengan pelat beton tebal 9 cm tanpa tulangan negative dengan lebar injakan tangga 28 cm dan tinggi injakan 17 cm
 - g. Pelat bordes menggunakan SUPER FLOOR DECK dengan pelat beton tebal 9 cm dengan tulangan negative yang digunakan \varnothing 10 – 250.
 - h. Dimensi balok utama tangga menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dan dimensi balok penumpu tangga WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan mutu baja BJ-41.
2. Hasil perhitungan struktur primer:
 - a. Bresing arah X dan Y menggunakan profil WF 300 x 200 x 9 x 14

- b. Dimensi Balok Induk arah X dan Y menggunakan profil WF 600 x 200 x 13 x 23 dengan mutu baja BJ-41.
 - c. Dimensi kolom lantai menggunakan Concrete Filled Tube (CFT) 600 x 600 x 15 x 15 dengan BJ-411 dan isian beton dengan mutu 25 MPa
 - d. Perencanaan base plate menggunakan fixed plate dari katalog Continental Steel.
3. Hasil perhitungan struktur bawah:
- a. Struktur pondasi menggunakan pondasi bore pile \varnothing 80 cm dengan kedalaman 4 m yang dimulai dari elevasi -3,5m
 - b. Struktur Basement pada dinding menggunakan pelat beton tebal 15 cm dengan penulangan \varnothing 10-170 per meter panjang, dan pada pelat lantai basement menggunakan pelat beton tebal 27 cm sesuai peraturan SNI 2847-2013 dengan penulangan tumpuan pada jalur kolom \varnothing 16-100 dan pada daerah lapangan \varnothing 16-180, sedangkan pada penulangan jalur tengah daerah tumpuan menggunakan \varnothing 12-100 dan pada daerah lapangan \varnothing 12-180
 - c. Dimensi poer Tipe 1 direncanakan 4 m x 4 m x 1m, dengan tulangan lentur arah X D24–100 mm dan tulangan lentur arah Y D24–100 mm dan Tipe 2 direncanakan 8 m x 4 m x 1 m, dengan tulangan lentur arah X D24-100 dan tulangan Lentur arah Y D24-100
 - d. Dimensi kolom pedestal direncanakan 1200 mm x 1200 mm, dengan tulangan utama 24D25 dan tulangan geser \varnothing 10 – 300.
 - e. Dimensi sloof direncanakan 400 mm x 600 mm, dengan tulangan lentur 5D22 dan tulangan geser \varnothing 10 – 300.

5.2 Saran

Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *centrically braced frames* (CBF) lebih dalam dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, dan

estetika. Sehingga perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional . 2015 . SNI 1729-2015 :
Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural .
Jakarta . Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional . 2012 . SNI 1726-2012 :
Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk
Bangunan Gedung . Jakarta . Badan Standardisasi
Nasional
- Dewabroto, Wiryanto. 2005. *Evaluasi Kinerja Bangunan
Tahan Gempa Dengan SAP 2000*. [http://jurnalsipil
uph.files.wordpress.com/2006/12/vol1312.pdf](http://jurnalsipil
uph.files.wordpress.com/2006/12/vol1312.pdf)
- Badan Standardisasi Nasional . 2015 . SNI 2847-2013 :
Persyaratan beton structural untuk bangunan gedung.
Jakarta . Badan Standardisasi Nasional
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan . 1983 ,
Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung
1983 , Bandung , Yayasan Lembaga Penyelidikan
Masalah Bangunan
- G. Salmon, Charles & E. Johnson, Jhon . 1991 . Struktur
Baja desain dan Perilaku Jilid 2 Edisi Kedua . Jakarta
. Erlangga
- Leon,Roberto & Griffis,Larry . 2013 . Composite Column
Design . Saudi Arabia . King Fahd University
- Wahyudi, Herman .1999 . Daya Dukung Pondasi Dangkal.
Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS

Standard Nasional Indonesia. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012*. Badan Standarisasi Nasional, 2012.

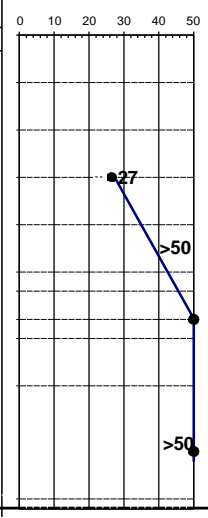
Standard Nasional Indonesia. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002*. Badan Standarisasi Nasional.

Standard Nasional Indonesia. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013*. Badan Standarisasi Nasional.

Widiarsa, Ida Bagus Rai, & Putu Deskarta . 2007 . Kuat Geser Baja Komposit Dengan Variasi Tinggi Penghubung Geser Tipe-T ditinjau Dari Uji Geser Murni. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol. 11, No 1



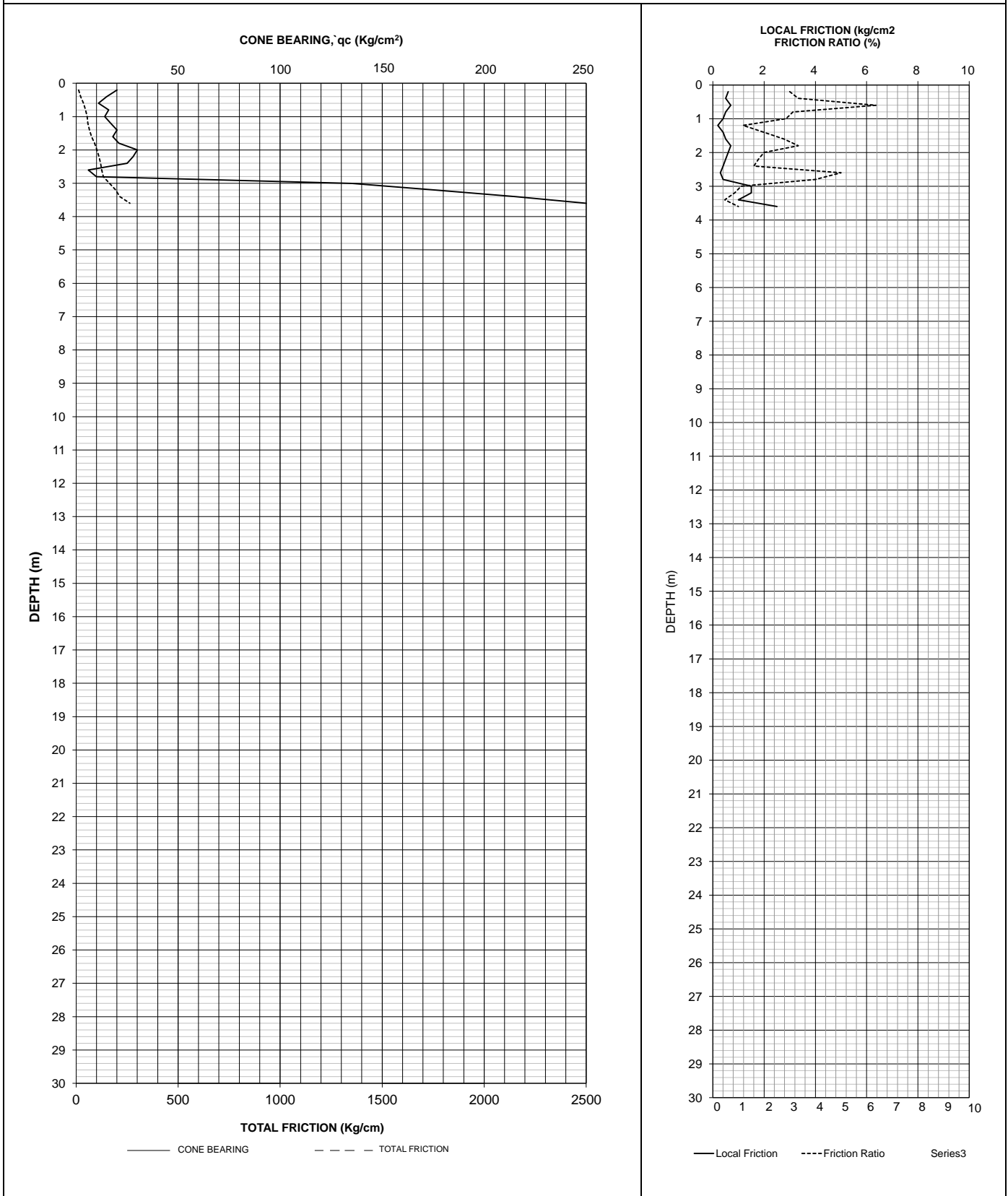
DRILLING LOG																	
NAMA PROYEK = <u>PEMBANGUNAN GEDUNG</u>		BORE TYPE : <u>Rotary drilling machine</u>		Remarks													
KLIEN = <u>PT. INDEKS REKATAMA</u>		MULAI : <u>20 Desember 2014</u>		UD = Undisturb Sample													
TITIK BOR = <u>BH-3</u>		SELESAI : <u>22 Desember 2014</u>		CS = Core Sample													
LOKASI = <u>DS. SUKOHARJO</u>		MASTER BOR : <u>OSIAS</u>		SPT = SPT Test													
<u>ORO-ORO OMBO, BATU - MALANG</u>																	
Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			N - Value
													15 cm	15 cm	15 cm		
START OF BORING																	
0.00	0.00																
1.00	-1.00																
2.00	-2.00				LEMPUNG BERLANAU		VERY STIFF	SPT = 27									
3.00	-3.00				PASIR												
4.00	-4.00																
5.00	-5.00					COKLAT TERANG											
6.00	-6.00							SPT > 50									
7.00	-7.00																
8.00	-8.00				PASIR BERBATU		VERY DENSE	SPT > 50									
9.00	-9.00				BATU			SPT > 50									
10.00	-10.00				PASIR			SPT > 50									
END OF BORING																	





Cone Penetrometer Test (CPT)

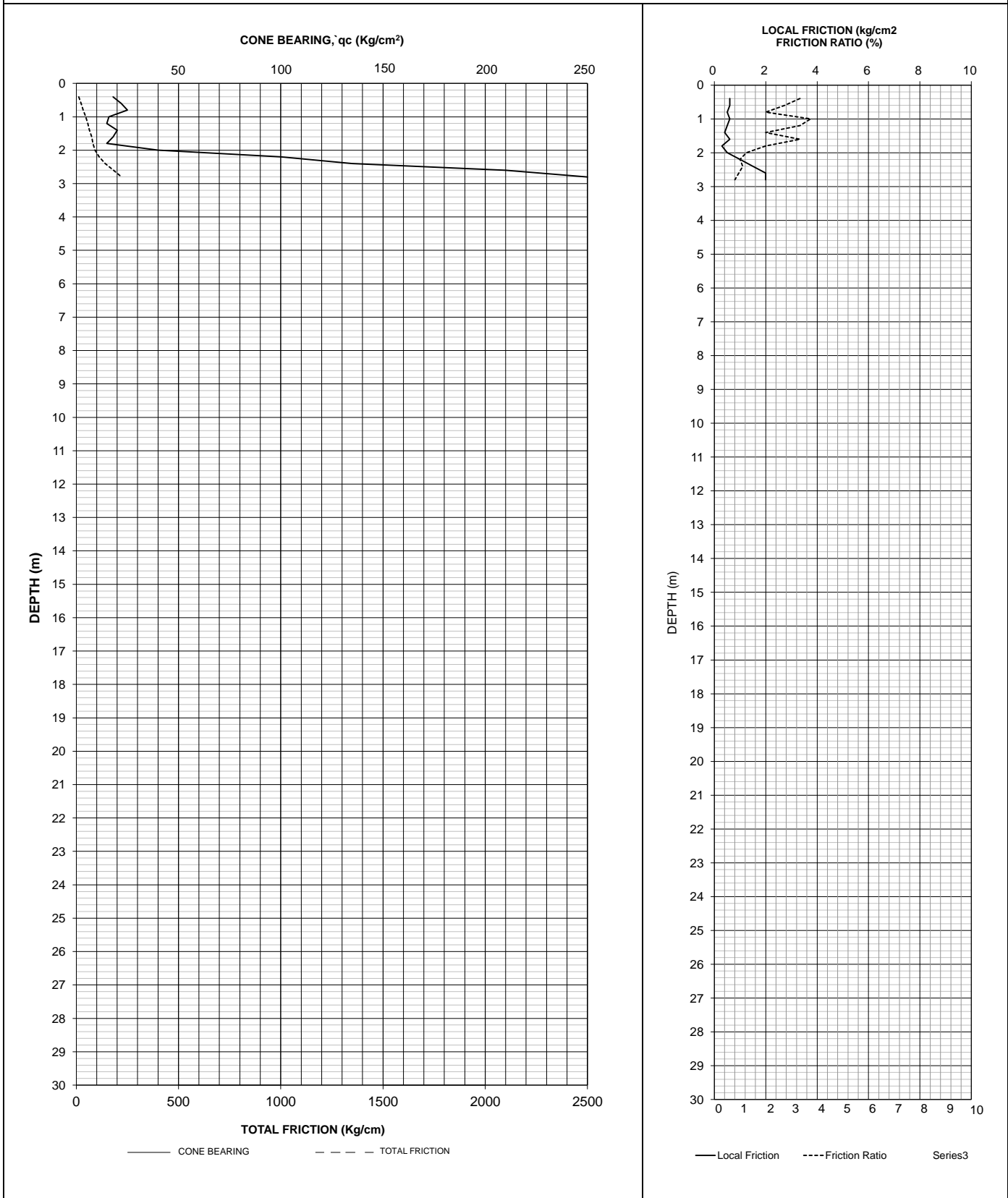
KLIEN	: PT. INDEKS REKATAMA	Master Sondir	: OSIAS
PROYEK	: GEDUNG	Tanggal	: 20 Desember 2014
TITIK	: S-1		
LOKASI	: DS. SUKOHARJO BATU, MALANG		





Cone Penetrometer Test (CPT)

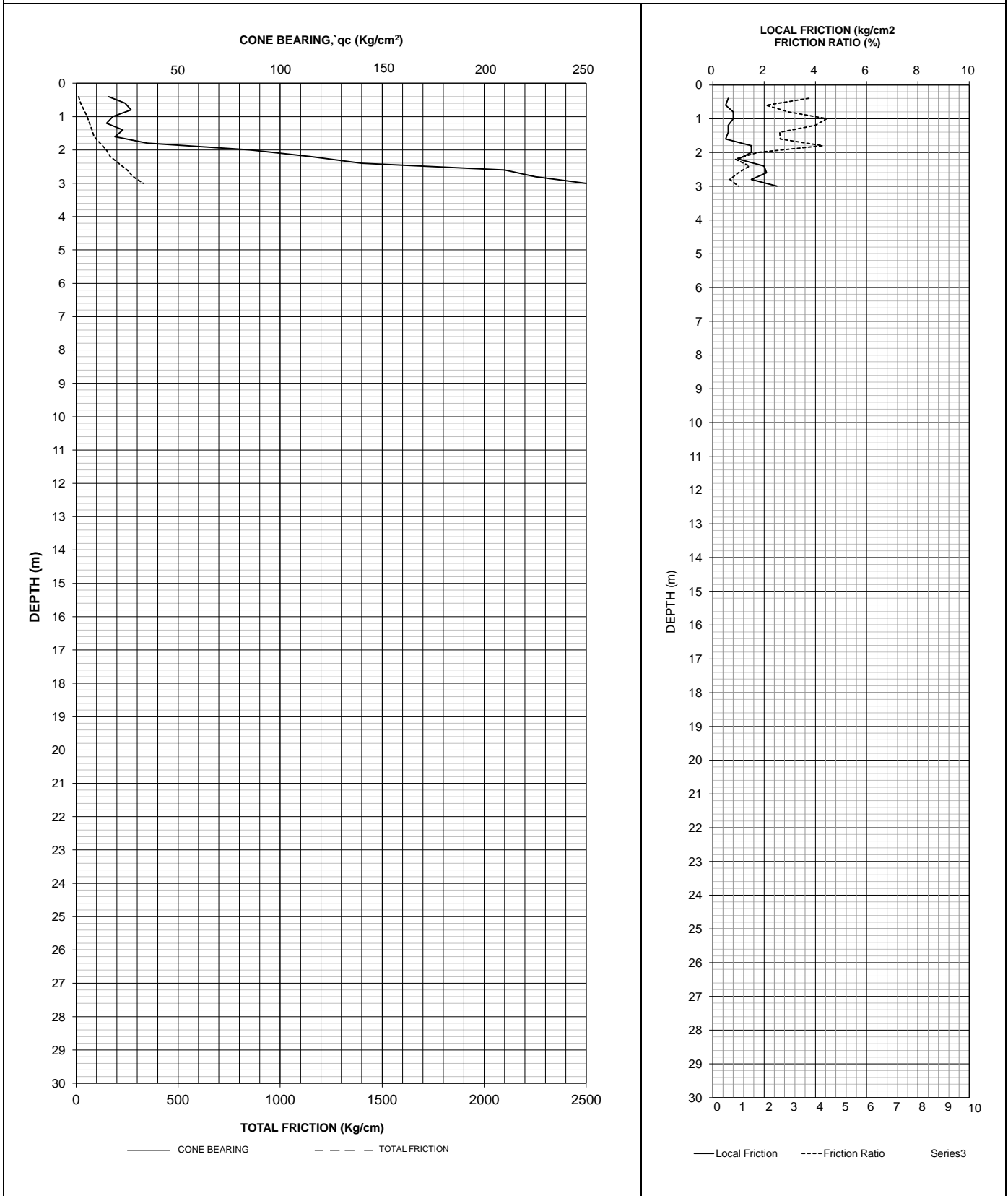
KLIEN	: PT. INDEKS REKATAMA	Master Sondir	: OSIAS
PROYEK	: GEDUNG	Tanggal	: 20 Desember 2014
TITIK	: S-2		
LOKASI	: DS. SUKOHARJO BATU, MALANG		



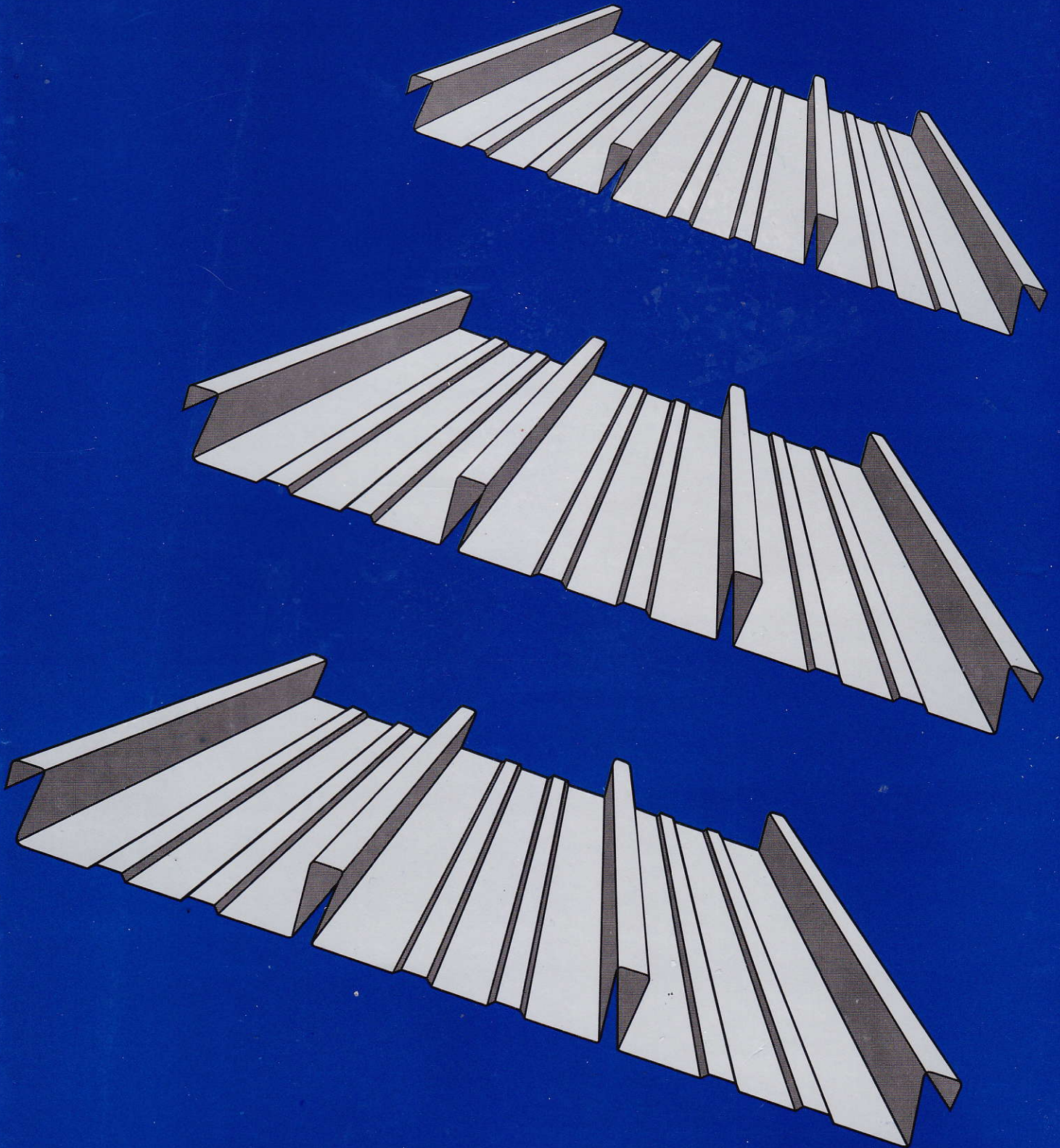


Cone Penetrometer Test (CPT)

KLIEN	: PT. INDEKS REKATAMA	Master Sondir	: OSIAS
PROYEK	: GEDUNG	Tanggal	: 20 Desember 2014
TITIK	: S-3		
LOKASI	: DS. SUKOHARJO BATU, MALANG		



Super Floor Deck®



Super Floor Deck® adalah bahan lembaran panel berbentuk plat gelombang yang terbuat dari baja struktural bermutu tinggi dengan High-tensile steel JIS 3302 (570 N/mm²), dan berfungsi sebagai bekisting tetap dan penulangan positif satu arah pada lantai beton bangunan bertingkat.

Tebal bahan yang tersedia adalah 0.75 mm dan 1.00 mm dengan lapisan seng minimum 220 gr/m².

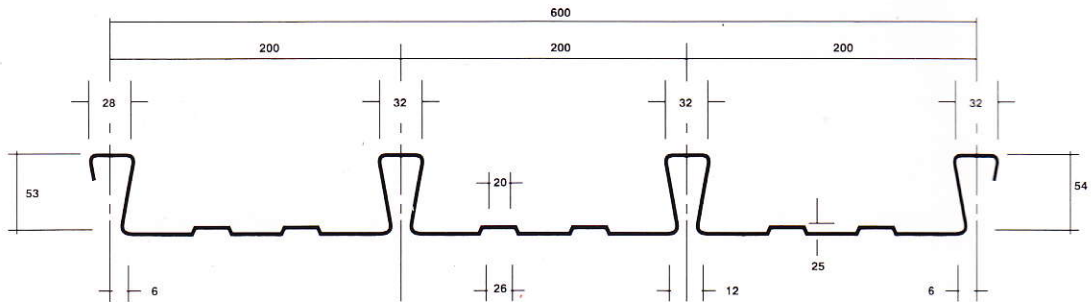
Super Floor Deck® dapat dipesan sesuai panjang yang dibutuhkan. Untuk memudahkan dalam pemasangan dan pengangkutan, dianjurkan panjang maximum 12 meter.

KEUNGGULAN-KEUNGGULAN **Super Floor Deck**®

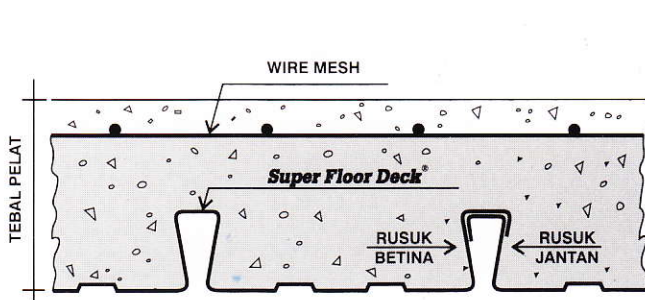
- pemasangan yang cepat dan mudah.
- Sebagai pengganti tulangan positif searah.
- Ketahanannya terhadap kebakaran lebih baik.
- Dapat difinishing dengan cat sebagai plafond.
- Baja berkekuatan tinggi yang memberlkan platform kerja yang lebih aman.

SPESIFIKASI

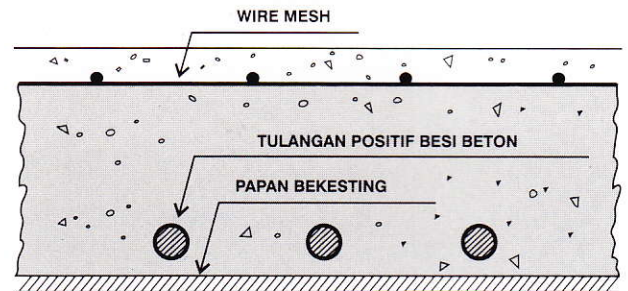
Bentuk gelombang dan ukuran **Super Floor Deck**®



Berat per satuan luas : 10,10 Kg/M² untuk ketebalan 0,75 mm
 Berat per satuan panjang : 6,06 Kg/M²



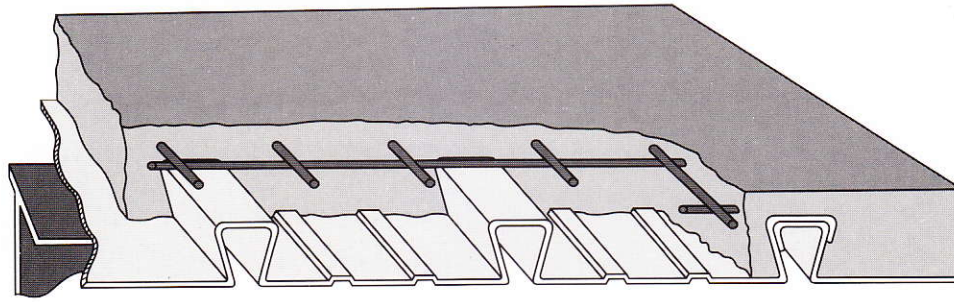
SUPER KOMPOSIT PELAT BETON



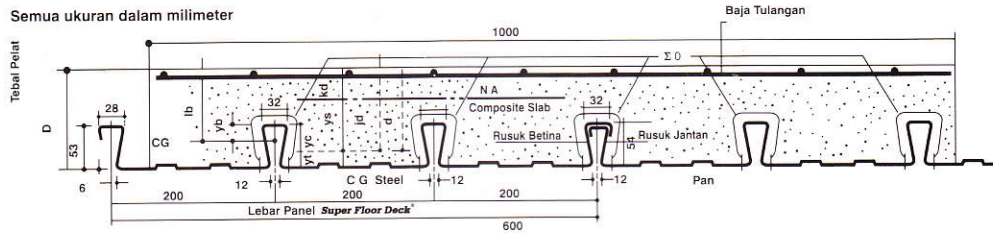
KONVESIONAL PELAT BETON

PERBANDINGAN	Jenis Bekisting	Bentang m	Beban kg/m ²	Tebal cm	Tulangan Positif
KONVENSIONAL PELAT BETON	Kayu	4.5	400	14	O 12 mm
SUPER KOMPOSIT PELAT BETON	Super Floor Deck ®	4.5	400	11	Tidak Perlu

Super Floor Deck®



PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG Super Floor Deck® PERLEBAR 1000 MM

Tebal Pelat mm	Berat per setuan luas kg / m ²	Luas penampang mm ²	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie 10 ⁸ x mm ⁴	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc mm	Yt mm	I _p 10 ⁴ x mm ⁴	Z _{pc} 10 ³ x mm ³	Z _{pt} 10 ³ x mm ³	I _n 10 ⁴ x mm ⁴	Z _{nc} 10 ³ x mm ³	Z _{nt} 10 ³ x mm ³		10 mm perletakan 10 mm O _f Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	max KN	10 mm perletakan 10 mm O _f Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	Max KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : I_p = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Z_{nc} = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

Notes

I_n = idem untuk daerah momen negatif

Z_{pc} = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

I_p = I_p (1.26 - 0.26 I_p)

Z_{nt} = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Z_{pt} = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck® 0.75 MM	BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT																						
	BEAN 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 PROPPING	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	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REINF. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF 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		
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00	
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65	
	2.25	9	9	9	9	9	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
	2.50	9	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	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33	
	3.00	10	10	10	11	12	13		9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75			
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12			
	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			
DUA BARIS PENYANGGA TWO 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						
	4.00	14	14	14	14	15		12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55					12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17						
	4.50							13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53								13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95							
5.00							15	6.20	15	7.27	15	8.90										15	4.90	15	5.73	15	6.58										

- Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN
 - BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA
 - MUTU BAJA TULANGAN U - 48

CARA PEMASANGAN

Lembaran **Super Floor Deck**® diletakkan diatas balok-balok pemikul (beam), baik diatas kontruksi beton maupun pada kontruksi baja, kemudian segera dimatikan/dipakukan atau di-las, jika perletakan di alas kontruksi baja. Hal tersebut untuk menghindari dari geseran perletakan lembaran **Super Floor Deck**® pada kedudukannya. Cara perletakan **Super Floor Deck**® pada umumnya minimum 5 cm dari bibir balok pemikul. Untuk sambungan arah memanjang, jarak perletakan **Super Floor Deck**® satu dengan lainnya diusahakan seminimal mungkin. Usahakan perletakan lembaran **Super Floor Deck**® bisa menutup dua atau tiga bentangan balok pemikul (continuous span), agar lebih praktis dan menghemat waktu baik dalam pemasangan maupun dalam pengangkutan. Lembaran **Super Floor Deck**® pada waktu beton masih basah berfungsi sebagai bekisting dan merupakan lantai kerja paling aman bagi pekerja lainnya. Tapi hindarkan terjadinya pemusatan beban diatas lembaran **Super Floor Deck**® yang belum berfungsi tersebut. Disarankan, gunakanlah papan balok kayu untuk lintasan jalan para pekerja.

CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BAJA

Setelah konstruksi baja selesai dipasang dan balok-balok (beam) nya sudah dilot water pas, lembaran **Super Floor Deck**® segera dipasang. Biasanya pada konstruksi baja pemasangan **Super Floor Deck**® dengan cara bentang menerus, kemudian dimatikan dengan las listrik atau paku tembak.

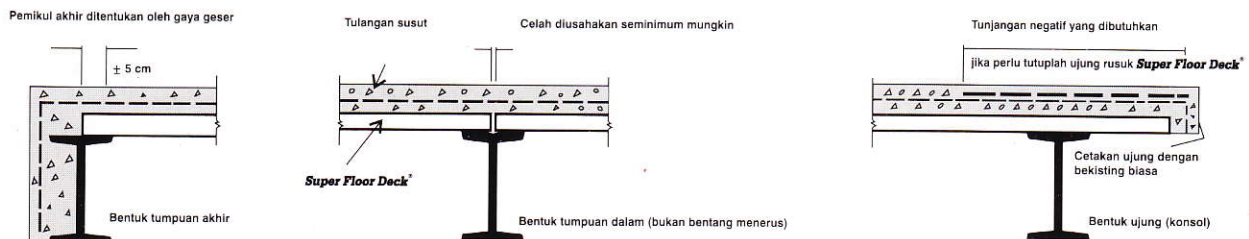
Syarat-syarat cara pengikatan

1. Dengan cara pengelasan:

Pada bagian ujung **Super Floor Deck**® dan dibawah kaki rusuk dilas dengan las cantum berdiameter 1 cm. Pada balok pemikul tengah, lembaran dilas pada bagian rata kaki rusuk betina disetiap lembaran **Super Floor Deck**®. Mutu kawat las yang digunakan berukuran 3,25 mm, dengan baja celulose AC/DC bermutu tinggi. Cara pengelasannya dilakukan dari atas ke bawah.

2. Dengan cara pemakuan:

Bisa dengan paku keling biasa atau paku tembak. Bisa juga menggunakan paku berdiameter 4 mm. Kalau balok pemikul baja (beam), diperhitungkan sebagai balok T komposit, maka bisa digunakan paku berdiameter 10- 16 mm dilas ke balok baja pemikul dan berfungsi sebagai penahan geser.



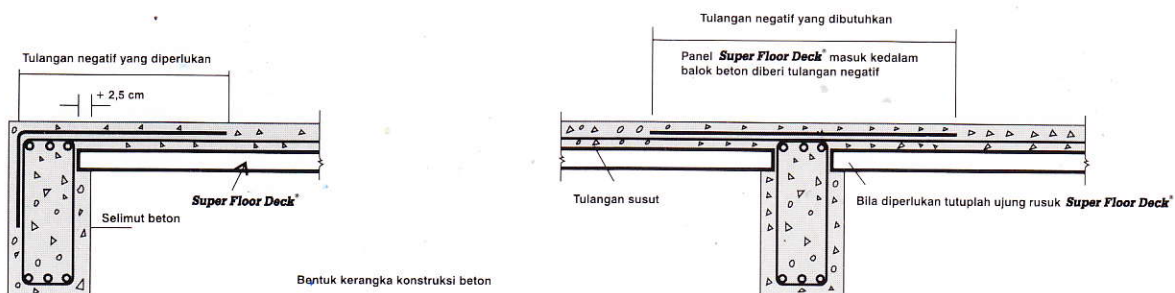
CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BETON

Memasang lembaran **Super Floor Deck**® di atas konstruksi beton pada umumnya dipasang sebagai bentang tunggal karena pengecoran balok dan lantai bersamaan, yaitu untuk menghemat waktu pekerjaan cor dan supaya menghasilkan balok T sesuai perencanaan.

Syarat-syarat cara pengikatan

1. Lembaran **Super Floor Deck**® dipasang diantara dua balok pemikul sebagai bentang tunggal. Ada dua cara pemasangan, yaitu lembaran **Super Floor Deck**® dimatikan pada balok pemikul yang sudah dicor atau diletakkan di atas papan bekisting balok pemikul/dinding dengan jarak 2,5 cm dari sisi balok, sebelum balok/dinding dicor.

2. Lembaran **Super Floor Deck**® dipasang di atas beberapa balok pemikul sebagai bentang menerus. Pada waktu pengecoran balok-balok pemikul, siapkan angkur-angkur atau stek besi yang akan ditanam ke dalam coran beton tadi. **Super Floor Deck**® diletakkan setelah dilubangi sesuai dengan jarak angkur-angkur atau stek besi tersebut. Setelah angkur-angkur/stek besi dibengkokkan, selanjutnya pengecoran dilaksanakan.

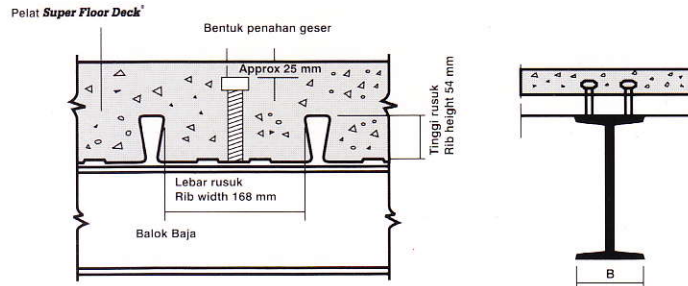


TIANG PENYANGGA SEMENTARA

Sebelum **Super Floor Deck** dicor dengan adukan beton, terlebih dahulu disangga oleh tiang penyangga sementara, terbuat dari kayu dolken atau papan, terutama untuk bentang besar. Hal ini untuk menghindari lendutan akibat pembebanan sementara **Super Floor Deck** belum berfungsi. Biasanya tiang penyangga sementara ini dilepas setelah beton berumur 7 sampai 14 hari.

PENAHAN GESER

Penahan geser dibutuhkan untuk ikatan antara lantai beton dengan balok pemikul dibawahnya. Terbuat dari besi beton dengan diameter antara 10 sampai 16 mm. Ada juga yang dibuat seeara khusus. Tinggi maksimum di bawah permukaan akhir plat beton 2 cm. Adapun jaraknya harus dihitung berdasarkan diagram gaya lintang balok.



TULANGAN SUSUT

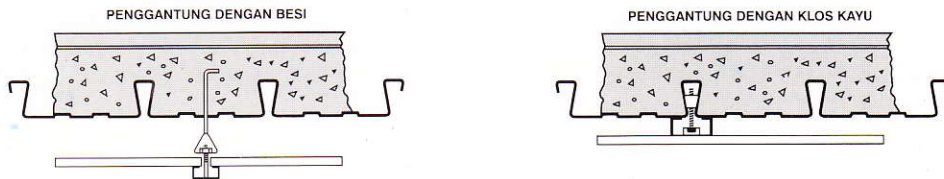
Disarankan memakai Tulangan Susut yang berfungsi selain untuk mengatasi keretakan lantai beton akibat perubahan temperatur dan juga menyebarkan pembebanan. Untuk plat tebal antara 9-12 cm, bisa digunakan jaring kawat berdiameter 5 mm dan 6 mm untuk tebal antara 13-16 cm

SYARAT-SYARAT MUTU BETON

Disarankan kekuatan tekanan karakteristik minimum 200 kg/Cm² (K-200) dan harus tercapai setelah beton berumur 28 hari dan harus memenuhi syarat - syarat PBI 1971 (NI - 2)

PEKERJAAN LANGIT-LANGIT

Langit-langit yang menggantung bisa dibuat penggantung dari kawat baja yang di tanam ke dalam plat beton sebelum di-cor. Atau pada alur gelombang **Super Floor Deck** dipasang rusuk dari kayu dan berfungsi sebagai pengikat. Penyemprotan dengan bahan plesteran seperti gips, vermikulit, bisa langsung disemprotkan kepermukaan bagian bawah **Super Floor Deck**



Mild Steel Plates

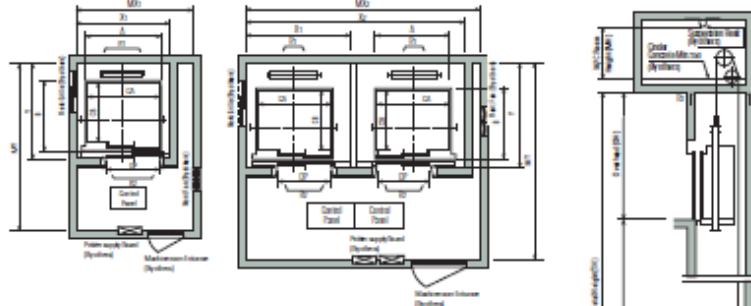
Metric units 7.85kg/mm³ = 0.7250 kg/mm³

Width x Length (ft)	4 x 8	6 x 16	8 x 10	8 x 20	6 x 20	8 x 20	10 x 20
Thickness	Weight	Weight / pc					
mm	kg/m ²	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1.2	0.875	36.0	-	43.8	-	-	-
1.5	1.094	36.0	-	54.7	-	-	-
1.6	1.167	37.3	-	58.3	-	-	-
1.8	1.396	41.3	-	68.3	-	-	-
2.3	1.877	53.7	-	83.0	-	-	-
2.6	1.896	60.7	-	94.8	-	-	-
3	2.198	70.0	-	109	219	-	-
3.2	2.334	74.7	-	117	-	-	-
4.0	2.917	93.3	187	146	292	350	-
4.5	3.382	105	210	164	328	394	-
5	3.647	117	233	180	365	438	-
6	4.376	140	280	219	438	525	793
6.35	4.621	148	296	232	463	556	741
7.5	5.470	175	350	273	547	654	875
8	5.894	187	373	290	583	700	934
9	6.564	210	420	328	654	788	1050
9.53	6.950	222	445	348	695	834	1112
10	7.250	233	467	365	729	875	1167
12	8.750	280	560	438	875	1050	1400
12.7	9.262	296	583	463	926	1111	1482
13	9.481	303	607	474	948	1138	1517
14	10.21	327	653	511	1021	1205	1624
15	10.94	350	700	547	1094	1313	1750
16	11.67	373	747	583	1167	1400	1867
18	13.13	430	840	656	1313	1575	2100
19	13.86	443	887	693	1386	1643	2217
20	14.59	467	934	729	1459	1750	2334
21	15.32	490	980	766	1532	1838	2450
22	16.04	513	1027	803	1604	1925	2567
24	17.50	540	1120	875	1750	2140	2861
25	18.23	563	1167	912	1823	2188	2917
26.4	18.52	583	1186	926	1852	2233	2964
28	20.42	653	1307	1021	2042	2450	3267
29	21.15	677	1354	1057	2115	2538	3384
30	21.88	700	1400	1094	2188	2625	3501
32	23.34	747	1494	1167	2334	2801	3728
35	25.32	817	1634	1277	2532	3064	4085
36	26.25	840	1680	1313	2625	3151	4201
38	27.71	887	1774	1386	2771	3326	4434
40	29.17	934	1867	1459	2917	3501	4666
44	32.08	1027	2054	1605	3208	3851	5134
45	32.82	1050	2100	1641	3282	3938	5251
50	36.47	1167	2334	1823	3647	4376	5824
55	40.11	1284	2567	2006	4011	4813	6418
57	41.57	1330	2660	2079	4157	4988	6651
60	43.76	1400	2861	2188	4376	5251	7001
63.5	46.31	1493	2994	2316	4631	5527	7410
65	47.42	1517	3034	2370	4742	5609	7565
70	51.05	1634	3267	2532	5105	6124	8148
75	54.70	1750	3501	2735	5470	6564	8750

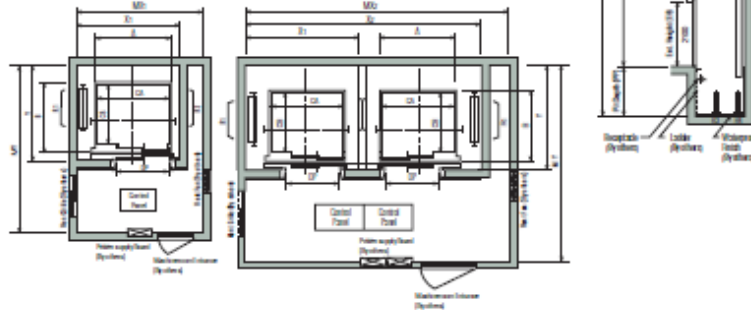
Layout Plan - LUXEN (Gearless Elevators) 1~ 2.5m/sec | Side open

Plan of Hoistway & Machine Room

Rear Drop



Side Drop



Overhead & Pit Depth

Speed (m/sec)	450 - 1000		1150 - 1600		M/C Room Height (MFC)
	Overhead (OH)	Pit Depth (PD)	Overhead (OH)	Pit Depth (PD)	
1.0	4700	1200	4700	1400	2200
1.3	4400	1400	4400	1300	2400
1.75	4300	1500	4300	1400	2400
2.0	4700	1500	4700	2000	2400
2.3	3900	2200	3900	2200	2400

- Note: 1. Above dimensions are applied for car height of 2200mm, for other applicable dimensions, contact us.
 2. In case of requested double rotation post, machine room height should be increased 200mm.
 3. Machine room temperature should be maintained below 45°C with ventilation fan and/or air conditioner if necessary and humidity below 85%.

Section of Hoistway

Standard Dimensions & Reactions

Manufacturer Standard

Speed (m/sec)	Capacity (Persons)	Capacity (kg)	Opening Type	Clear Opening OP	C/W Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)		
						Internal CA x CB	External A x B	1Car X1	2Cars X2	Y	1Car MX1	2Cars MX2	MY	R1	R2	R3	R4	
						CA x CB	A x B	X1	X2	Y	MX1	MX2	MY	R1	R2	R3	R4	
1.0	4	400	2-Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1140 x 1291	1800	2200	1600	1600	2800	2400	2400	2400	2000	3400	4300
						1100 x 1200	1140 x 1442	1800	2200	1900	1600	2800	2700	4000	2300	4000	4700	
	8	800				1100 x 1400	1140 x 1891	1800	2200	2100	1600	2800	2900	4700	2400	4300	8100	
						1400 x 1100	1440 x 1291	1800	2700	1600	2000	4000	3400					
	10	700				1100 x 1400	1140 x 1791	1800	2700	2000	2000	4000	4000	4200	2700	4100	4100	3400
						1100 x 1480	1140 x 1842	1800	2700	2100	2000	4000	3900	4800	2500	7100	3400	
12	900	1100 x 2000	1140 x 2191	1800	2700	2300	2000	4000	4300	4300	3100	2700	6100	4300				
		1100 x 2100	1140 x 2291	1800	2700	2300	2000	4000	4300	4300	3100	2700	6100					
1.75	10	1000	2-Panel Side Open	1100	Rear	2100 x 1100	2140 x 1291	2300	3000	1600	2300	3200	2400	2400	2400	2400	2400	2400
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
	17	1100				1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
	20	1200				1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
24	1400	1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000					
		1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000					
2.0	10	1000	2-Panel Side Open	1100	Rear	1000 x 1100	1000 x 1201	2300	3000	2300	2300	3200	2400	2400	2400	2400	2400	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
	17	1100				1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
	20	1200				1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
24	1400	1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000					
		1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000					

EN81 Standard

Speed (m/sec)	Capacity (Persons)	Capacity (kg)	Opening Type	Clear Opening OP	C/W Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)		
						Internal CA x CB	External A x B	1Car X1	2Cars X2	Y	1Car MX1	2Cars MX2	MY	R1	R2	R3	R4	
						CA x CB	A x B	X1	X2	Y	MX1	MX2	MY	R1	R2	R3	R4	
1.0	4	400	2-Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1140 x 1291	1800	2200	1600	1600	2800	2400	2400	2400	2000	3400	4300
						1100 x 1200	1140 x 1442	1800	2200	1900	1600	2800	2700	4000	2300	4000	4700	
	8	800				1100 x 1400	1140 x 1891	1800	2200	2100	1600	2800	2900	4700	2400	4300	8100	
						1400 x 1100	1440 x 1291	1800	2700	1600	2000	4000	3400					
	10	700				1100 x 1400	1140 x 1791	1800	2700	2000	2000	4000	4000	4200	2700	4100	4100	3400
						1100 x 1480	1140 x 1842	1800	2700	2100	2000	4000	3900	4800	2500	7100	3400	
12	900	1100 x 2000	1140 x 2191	1800	2700	2300	2000	4000	4300	4300	3100	2700	6100	4300				
		1100 x 2100	1140 x 2291	1800	2700	2300	2000	4000	4300	4300	3100	2700	6100					
1.75	10	1000	2-Panel Side Open	1100	Rear	2100 x 1100	2140 x 1291	2300	3000	1600	2300	3200	2400	2400	2400	2400	2400	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
	17	1100				1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
	20	1200				1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
24	1400	1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000					
		1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000					
2.0	10	1000	2-Panel Side Open	1100	Rear	1000 x 1100	1000 x 1201	2300	3000	2300	2300	3200	2400	2400	2400	2400		
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
	17	1100				1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
	20	1200				1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
						1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000	
24	1400	1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000					
		1000	1000	2300	2300	2100	4300	2400	2100	4300	4400	8100	11000					



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka Bresing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

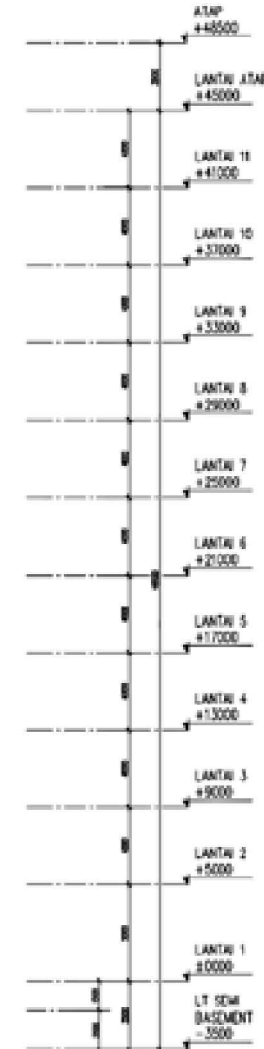
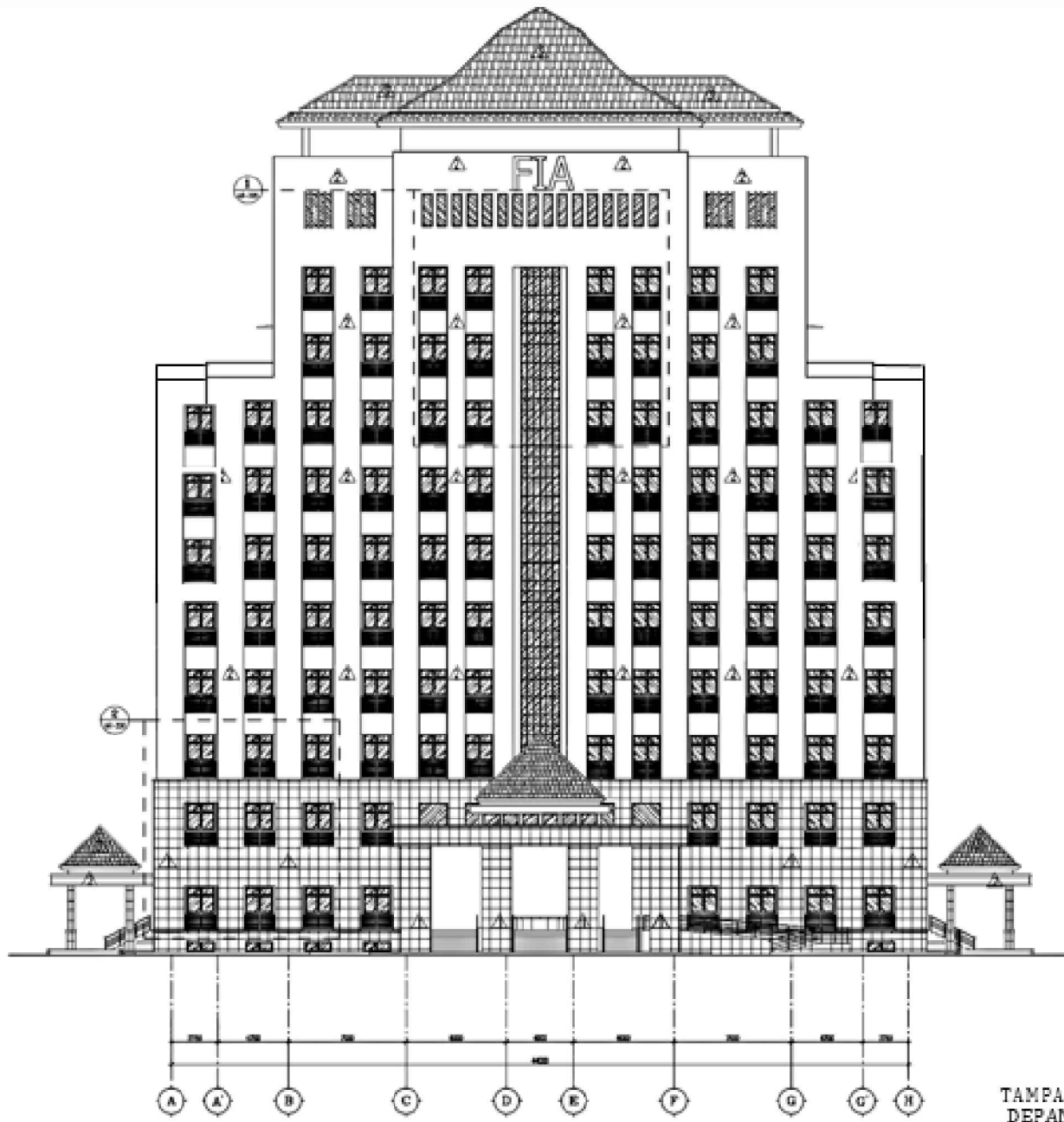
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

TAMPAK DEPAN BANGUNAN

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:450	1	19



TAMPAK
DEPAN



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka Bresiing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

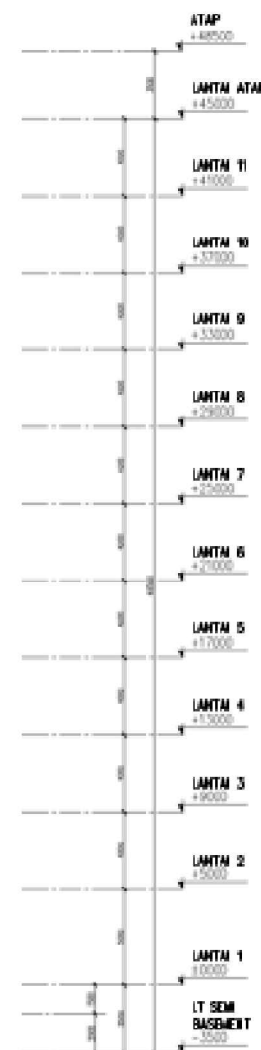
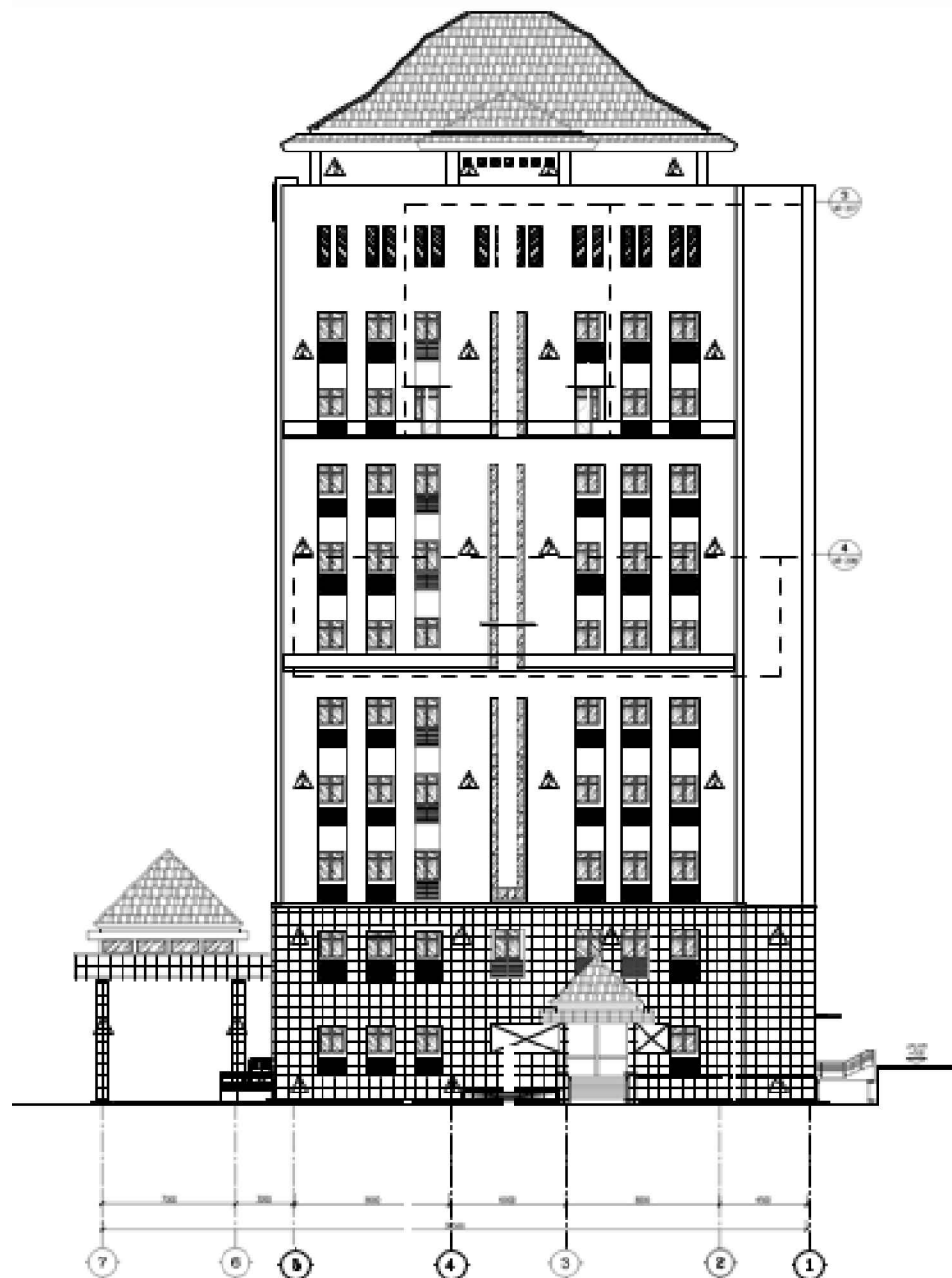
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

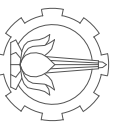
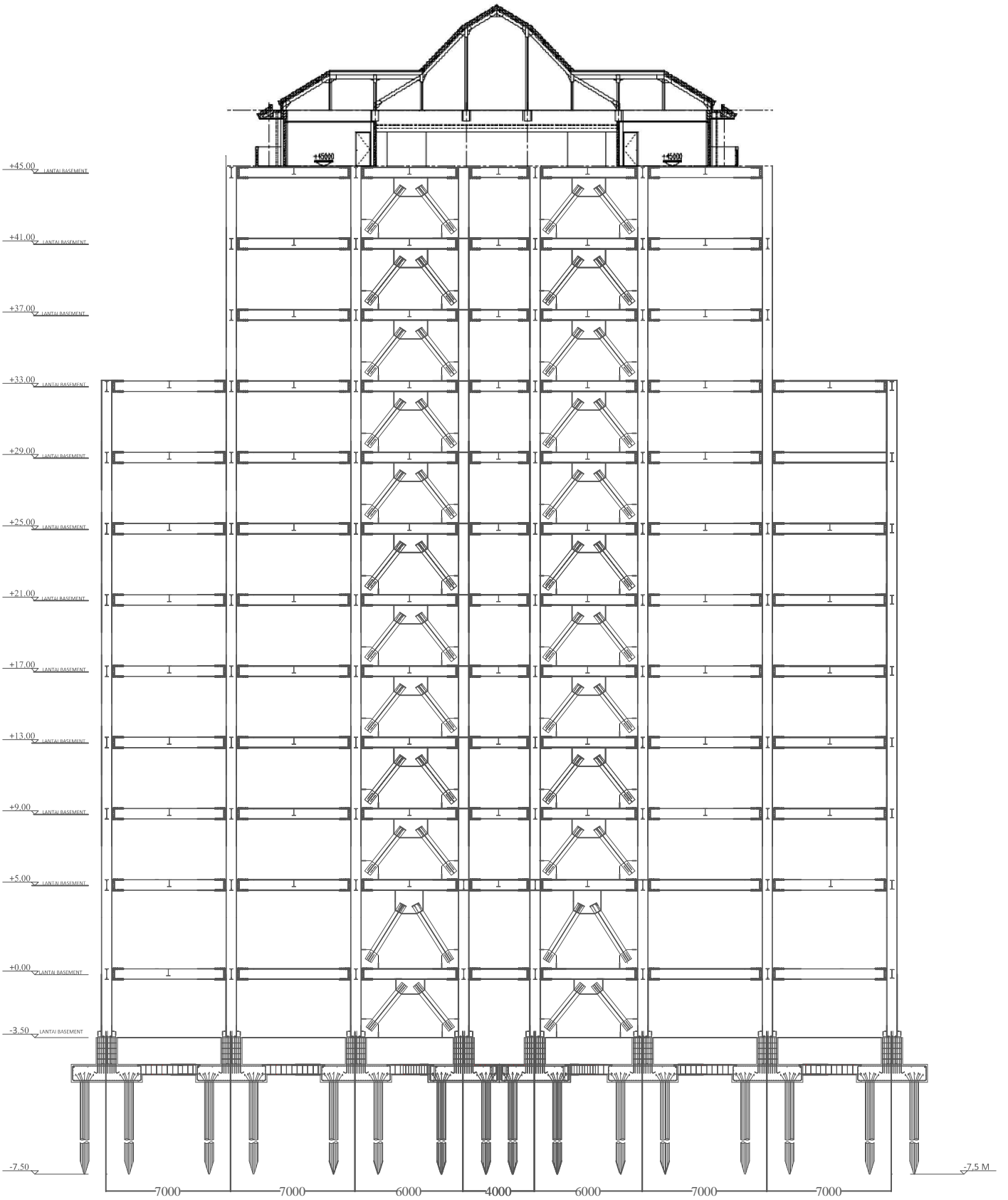
Nama Gambar

TAMPAK SAMPING BANGUNAN

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:450	2	19



TAMPAK SAMPING KANAN 1



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
struktur Gedung Kampus
UNESA Menggunakan Baja
Sistem Eccentrically Braced
Frames (EBF)

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST., MT., Ph.D
Ir. Isdarmannu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

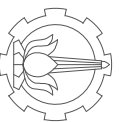
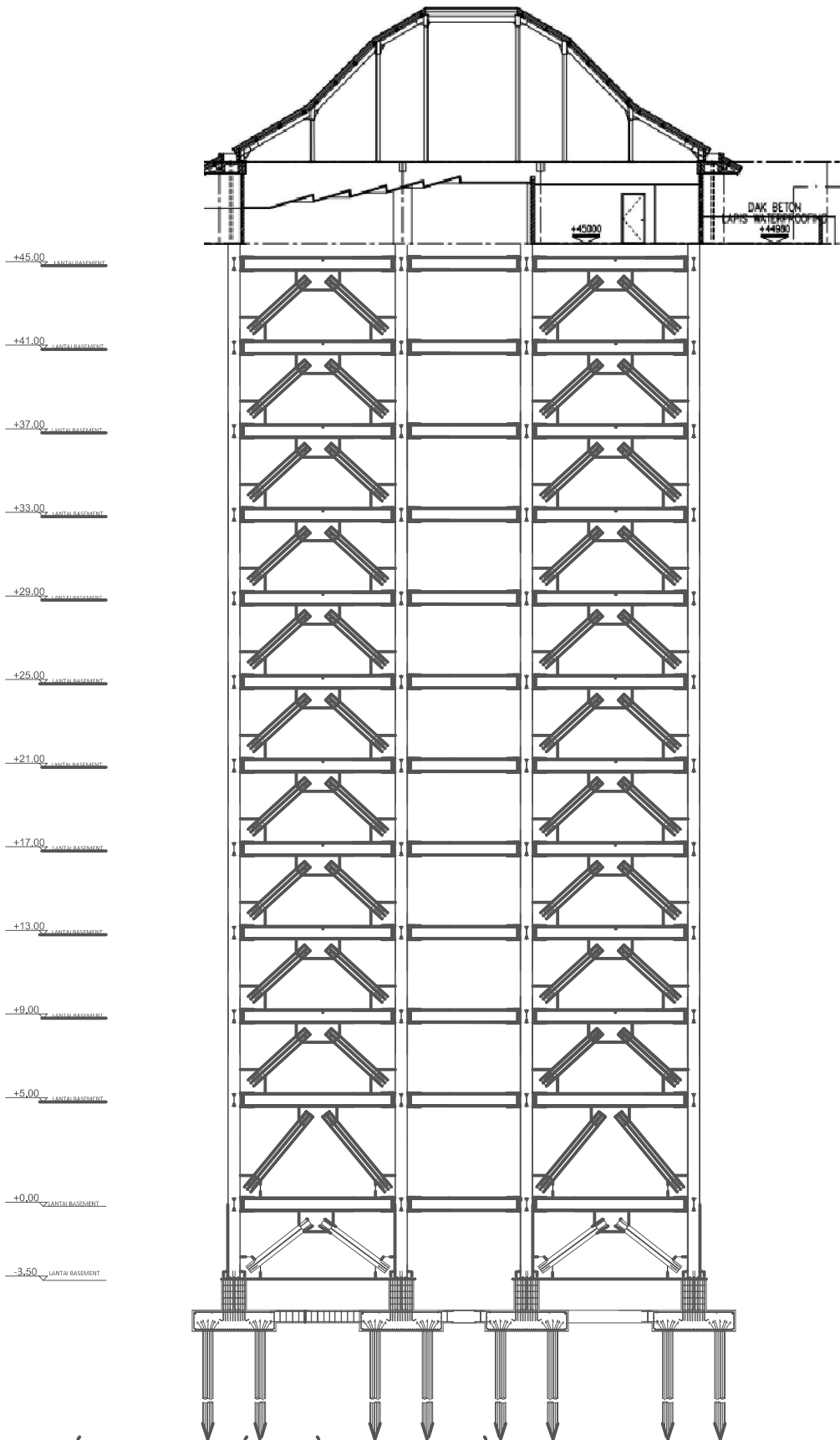
Hanief Harris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Potongan
Memanjang

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:300	3	24



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
struktur Gedung Fakultas Ilmu dan
Administrasi menggunakan sistem
Rangka Bresiing Konsentris

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D
Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hanief Haris Setiawan

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

No Gambar

Jumlah Gambar

1:300

4

24



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka Bresing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

BI : WF 600.200.13.23
BA : WF 400.200.8.13
Kolom: CFT 600.600.15.15
Brace : WF 300.200.9.14

Nama Mahasiswa

Hanief Haris Setiawan

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

DENAH PEMBALOKAN DAN
KOLOM LANTAI DASAR-LANTAI 9

Skala

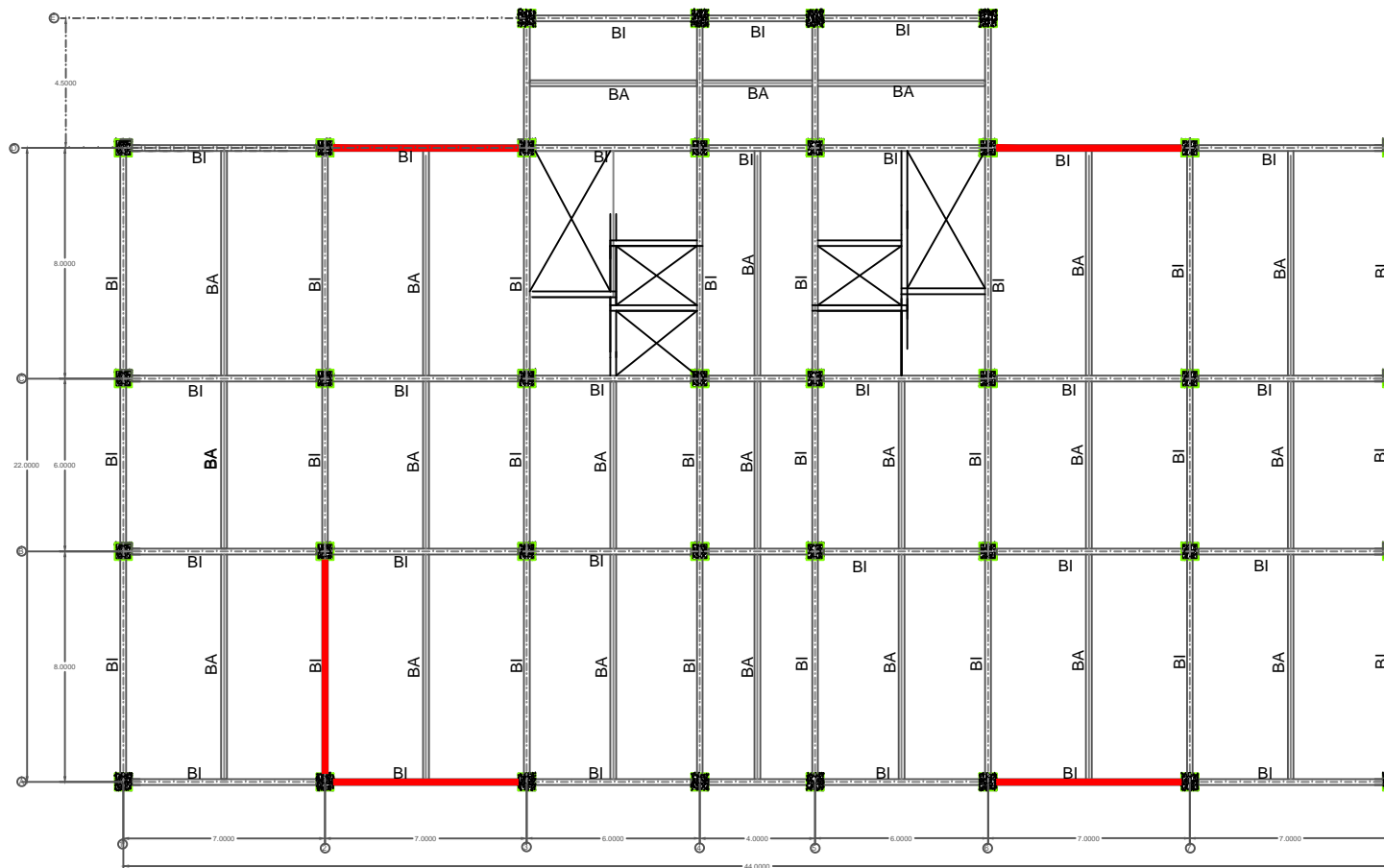
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1:250

5

24





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka Bresing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

BI : WF 600.200.13.23
BA : WF 400.200.8.13
Kolom: CFT 600.600.15.15
Brace : WF 300.200.9.14

Nama Mahasiswa

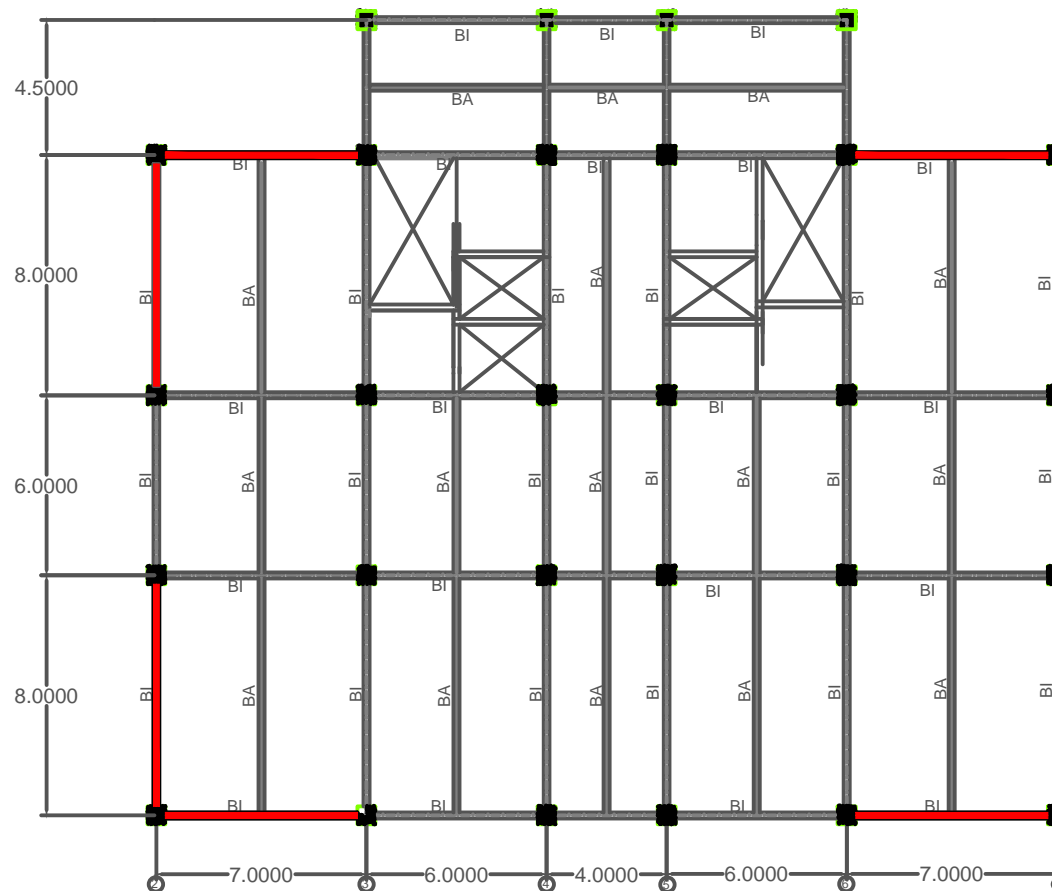
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH PEMBALOKAN DAN
KOLOM LANTAI 10-LANTAI ATAP

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:250	6	24





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka Bresing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

BI : WF 600.200.13.23
BA : WF 400.200.8.13
Kolom: CFT 600.600.15.15
Brace : WF 300.200.9.14

Nama Mahasiswa

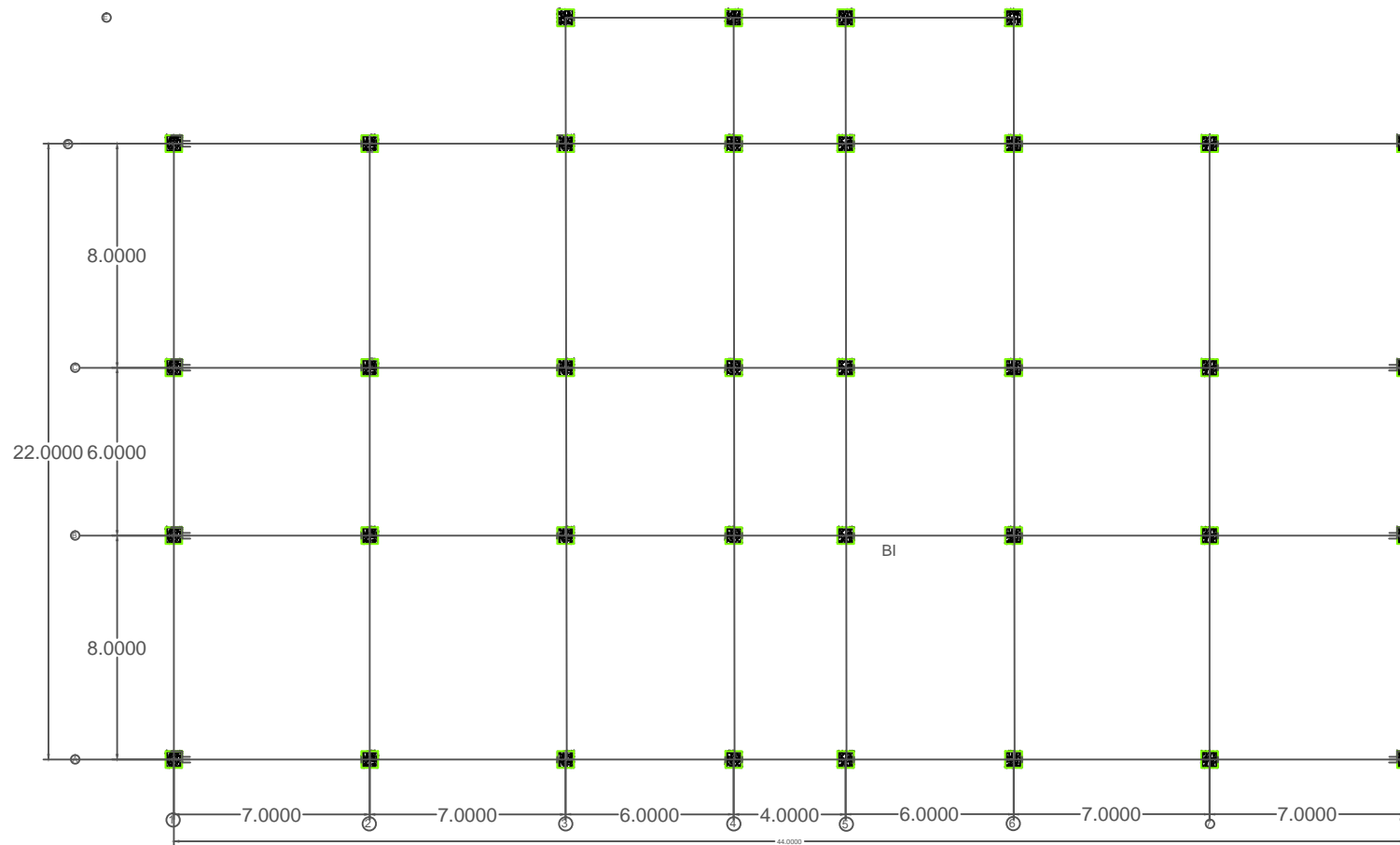
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH
KOLOM LANTAI DASAR-LANTAI 9

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:250	7	24





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka B्रेसing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

BI : WF 600.200.13.23
BA : WF 400.200.8.13
Kolom: CFT 600.600.15.15
Brace : WF 300.200.9.14

Nama Mahasiswa

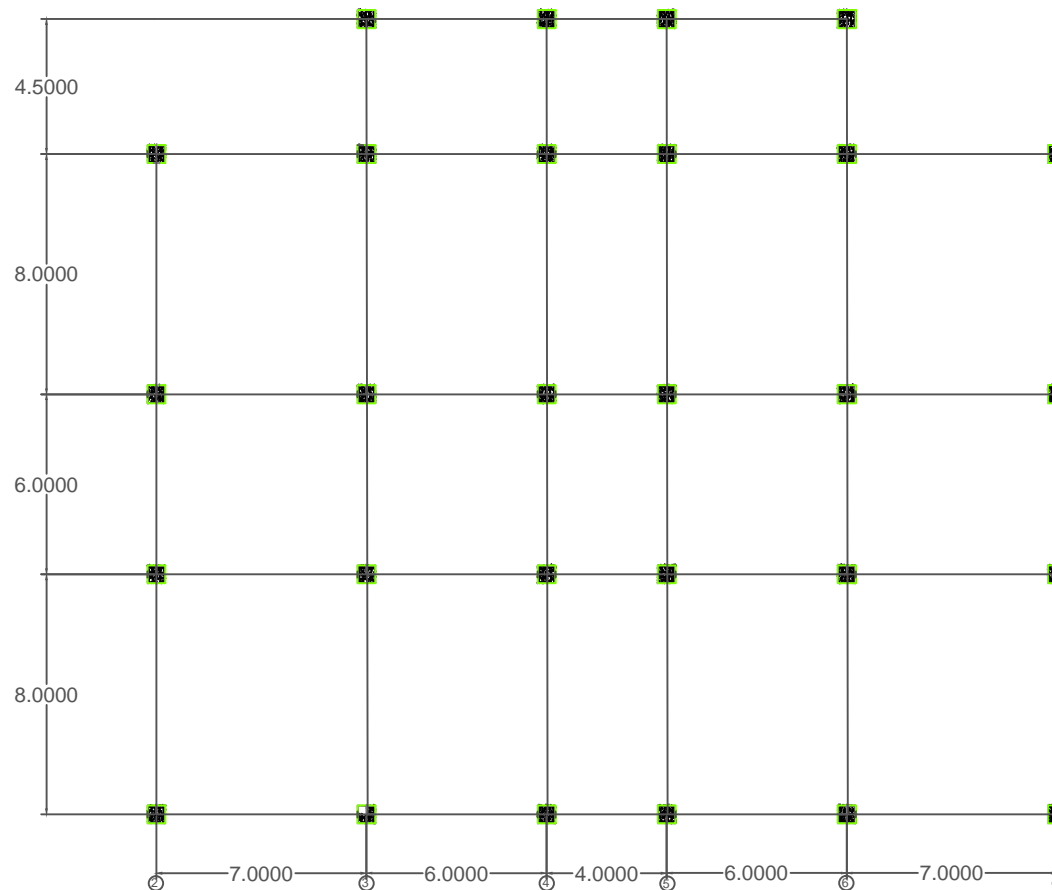
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH
KOLOM LANTAI 10-LANTAI ATAP

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:250	8	24





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka B्रेसing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

BI : WF 600.200.13.23
BA : WF 400.200.8.13
Kolom: CFT 600.600.15.15
Brace : WF 300.200.9.14

Nama Mahasiswa

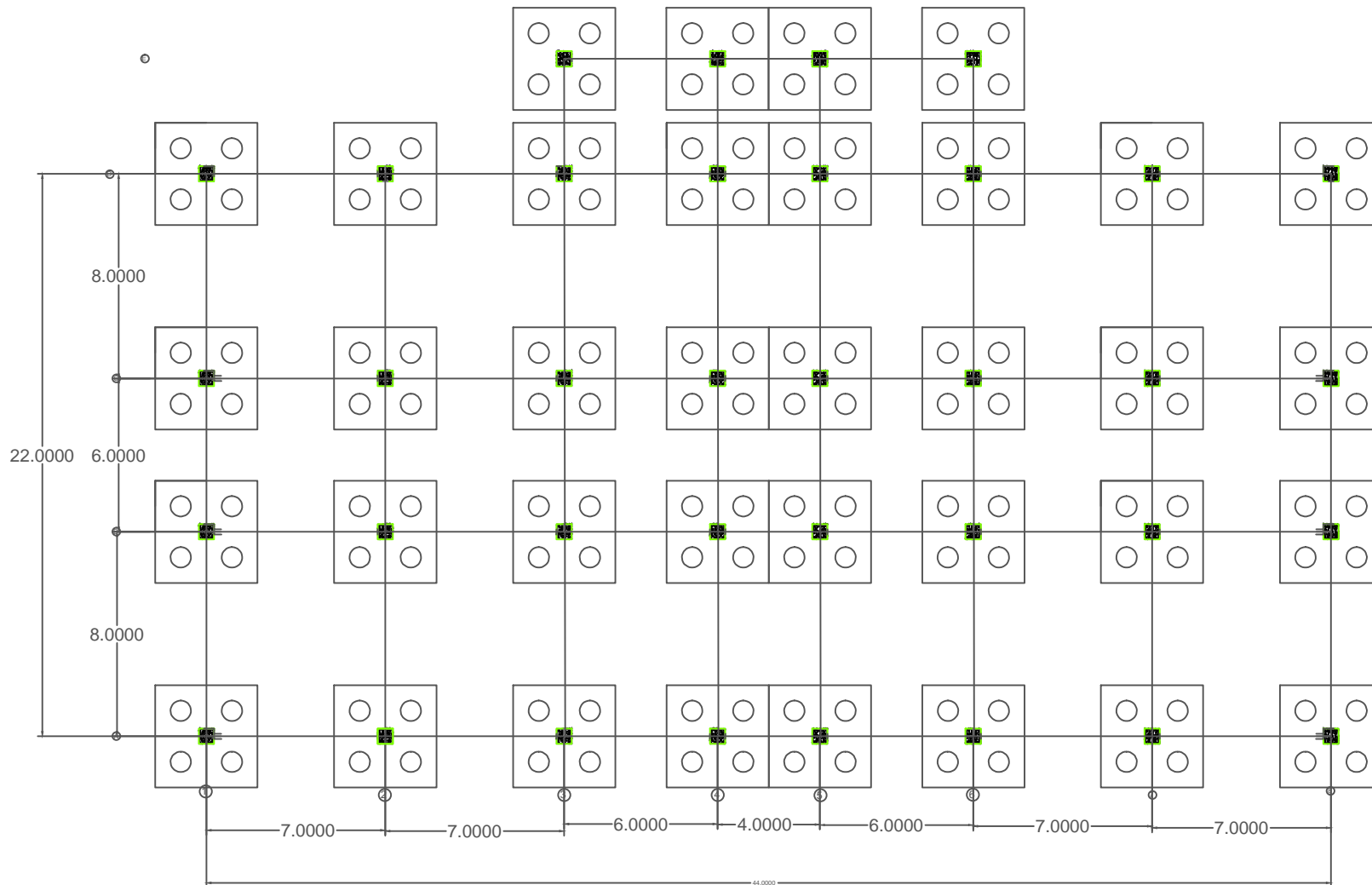
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DENAH
KOLOM LANTAI DASAR-LANTAI 9

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:250	9	24





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Gedung Fakultas Ilmu dan
Administrasi Universitas Brawijaya
menggunakan sistem Rangka
Bresing Konsentris

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D
Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

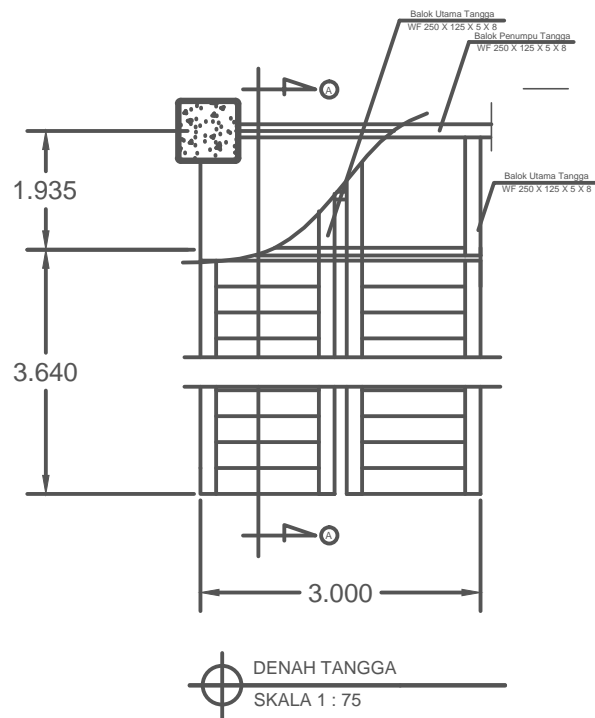
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

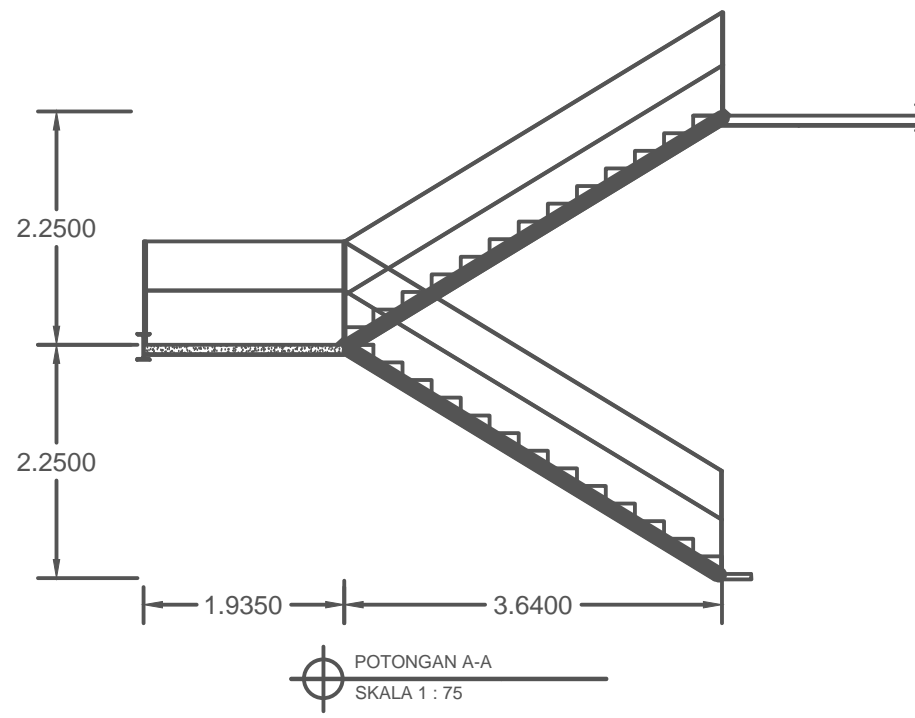
Nama Gambar

DETAIL TANGGA

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:75	10	19



DENAH TANGGA
SKALA 1 : 75



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 75



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka Bresiing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

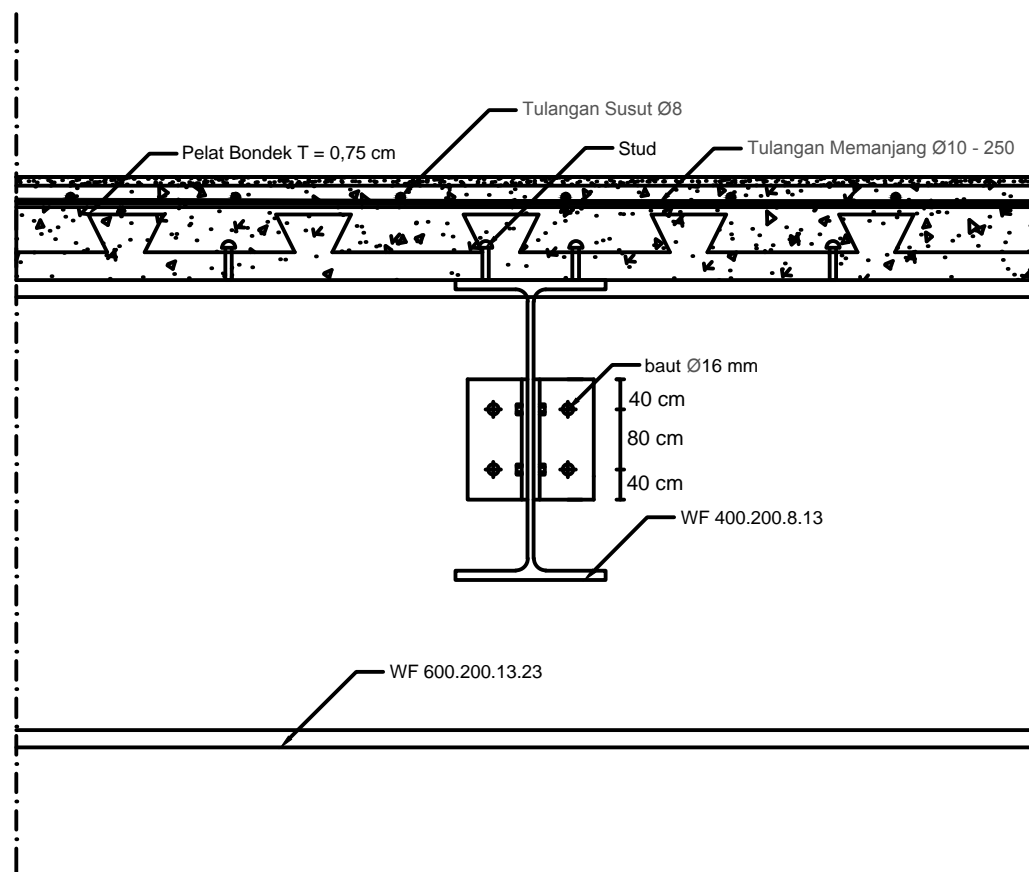
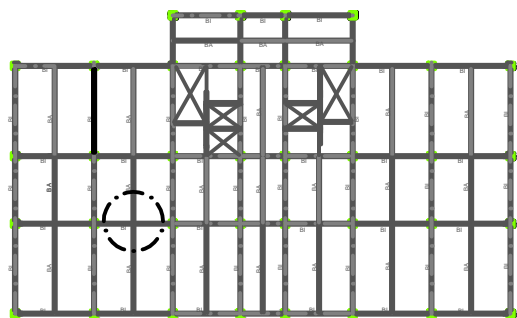
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DETAIL SAMBUNGAN
BALOK ANAK GEDUNG
PERKULIAHAN KE BALOK INDUK

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:100	11	19





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka Bresiing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

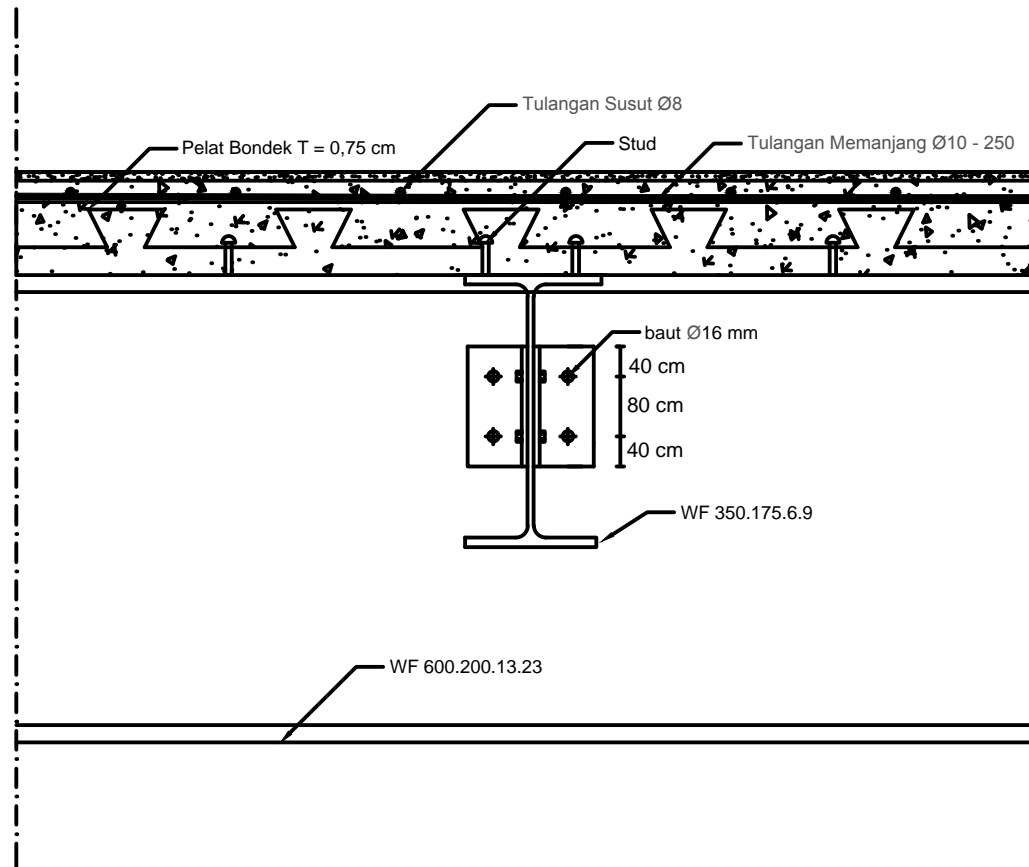
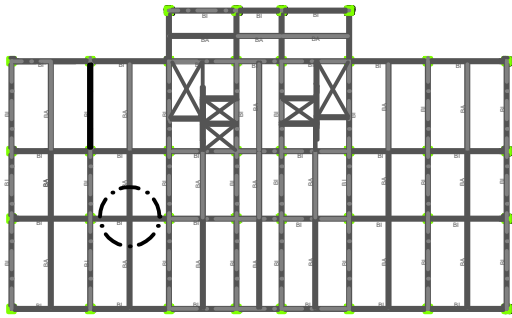
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DETAIL SAMBUNGAN
BALOK ANAK ATAP KE BALOK INDUK

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:100	12	19





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
struktur Gedung Fakultas Ilmu dan
Administrasi Universitas Brawijaya
Sistem Rangka Bresing Konsentris

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D
Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hanief Haris Setiawan

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail A Sambungan
Balok Induk ke Kolom

Skala

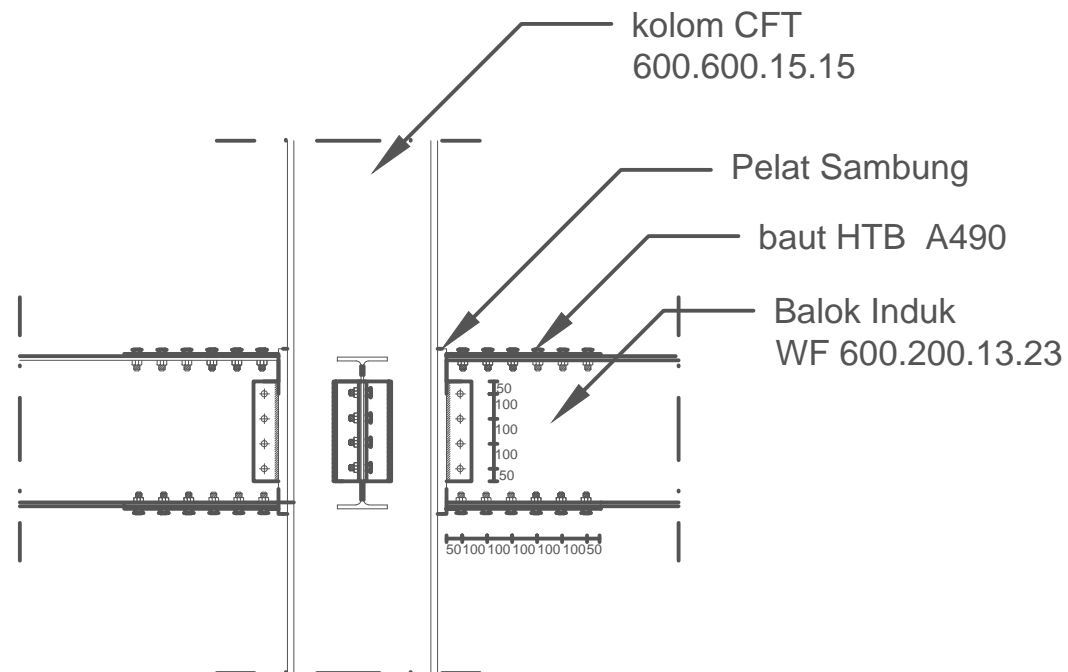
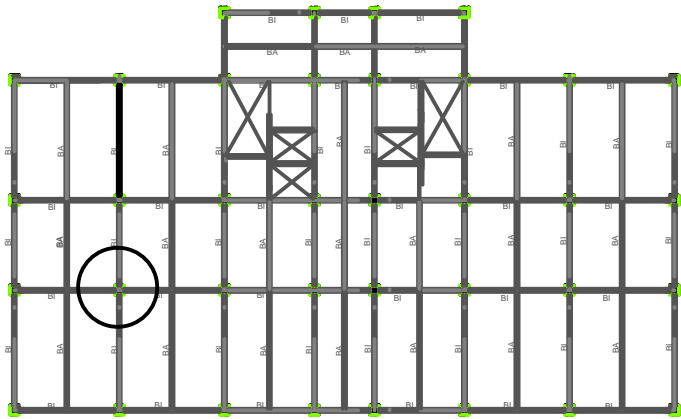
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1:30

13

19





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
struktur Gedung Fakultas Ilmu dan
Administrasi Universitas Brawijaya
Sistem Rangka Bresing Konsentris

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D
Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hanief Haris Setiawan

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail B Sambungan
Balok Induk ke Kolom

Skala

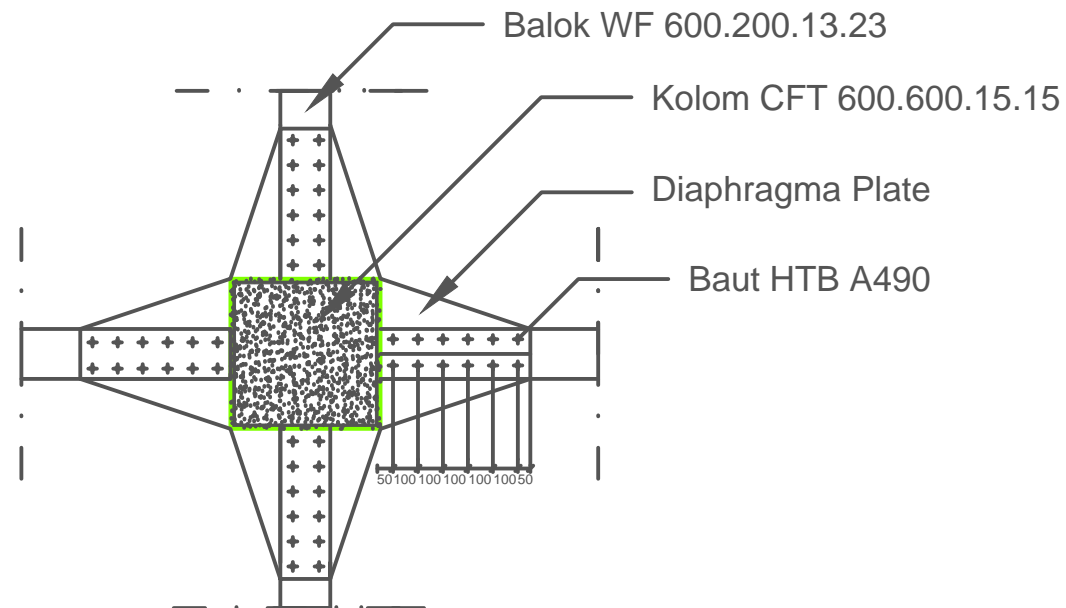
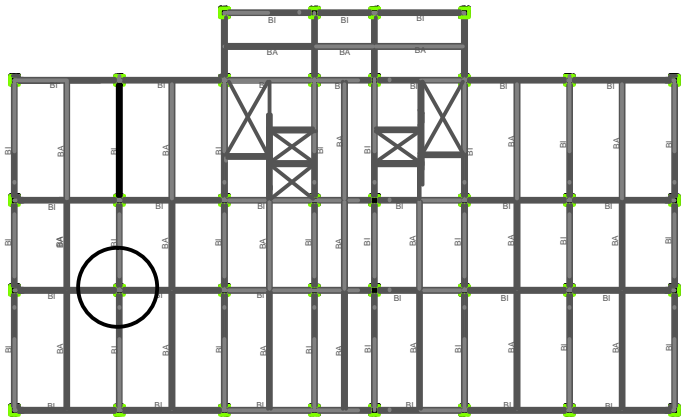
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1:30

14

19





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
struktur Gedung Fakultas Ilmu dan
Administrasi Universitas Brawijaya
Sistem Rangka Bresing Konsentris

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D
Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

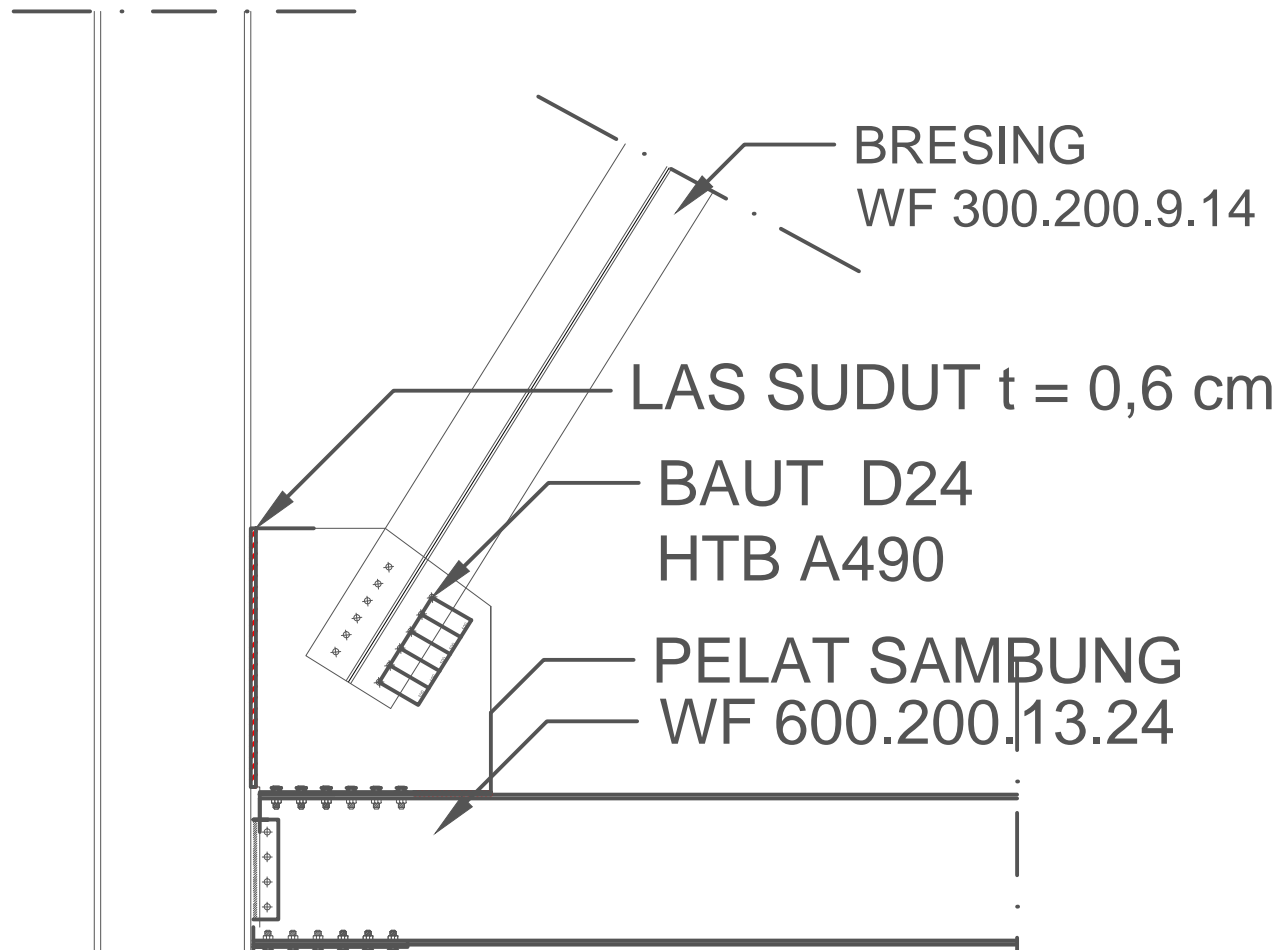
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Detail A Sambungan Bresing

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:30	15	19



DETAIL A BRESING
SKALA 1 : 30



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka Bresing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

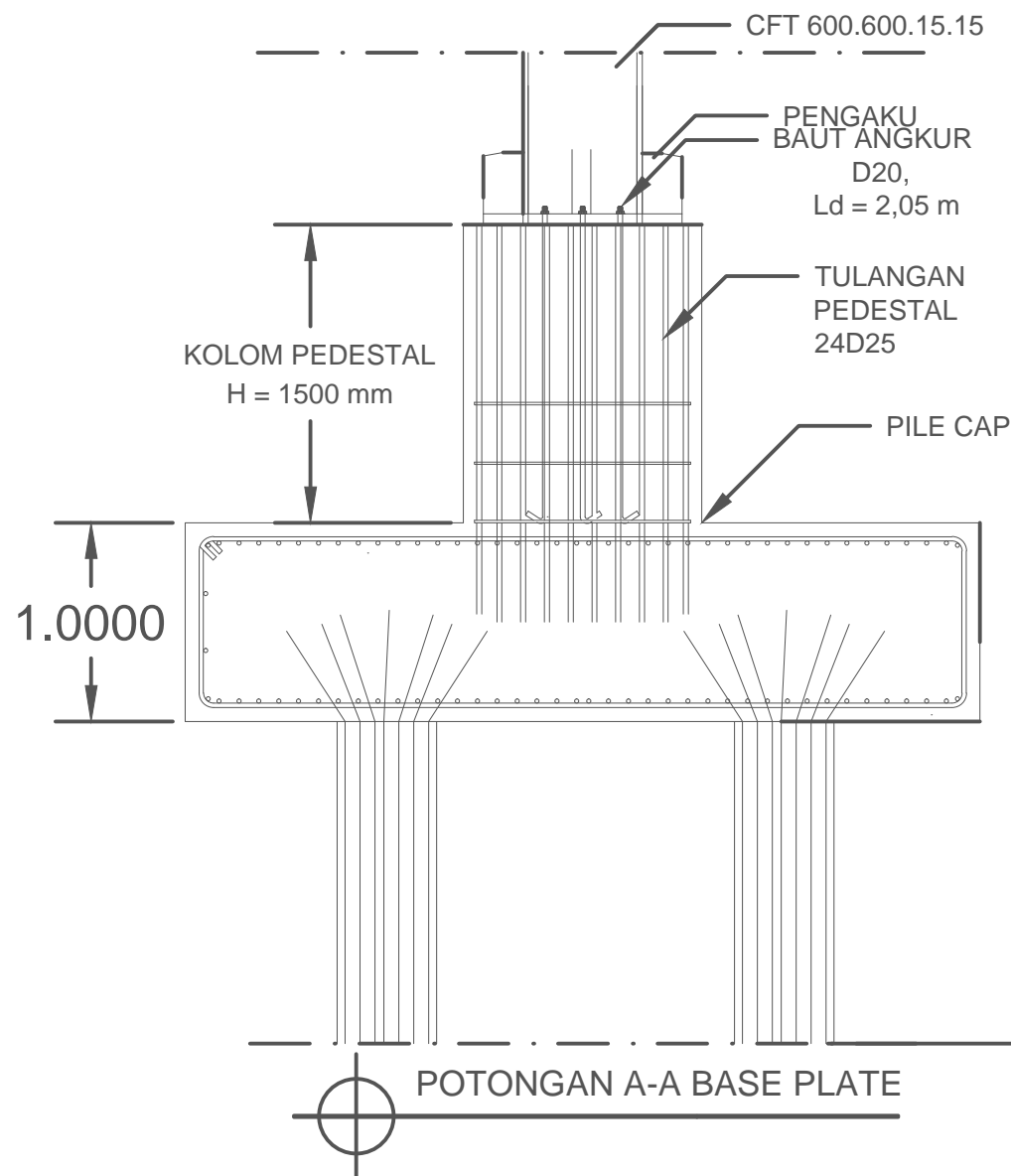
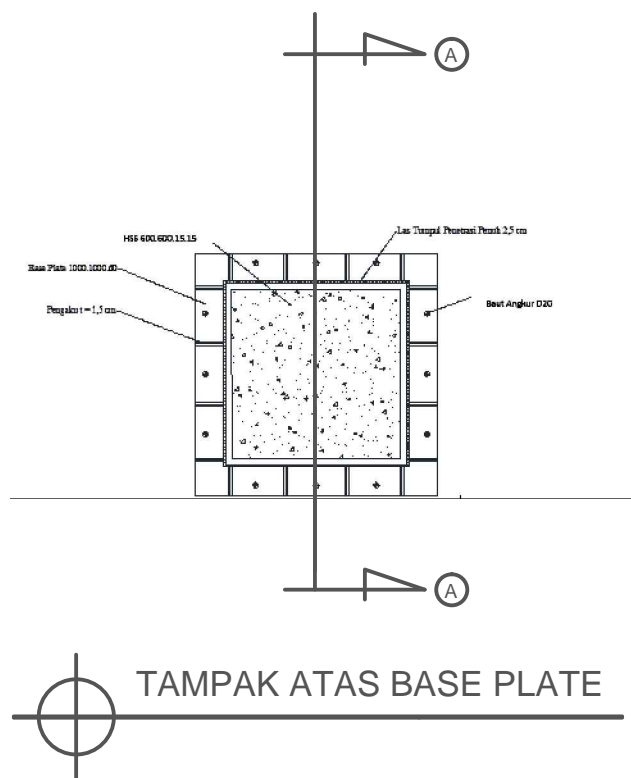
Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DETAIL BASE PLATE

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:40	17	19





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Gedung Fakultas Ilmu dan
Administrasi Universitas Brawijaya
menggunakan sistem Rangka
Bresing Konsentris

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D
Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hanief Haris Setiawan

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

DETAIL PILE CAP
TIPE 2

Skala

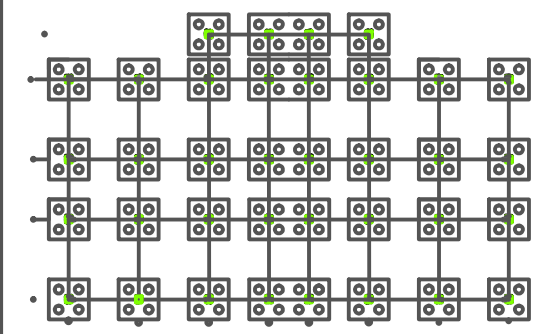
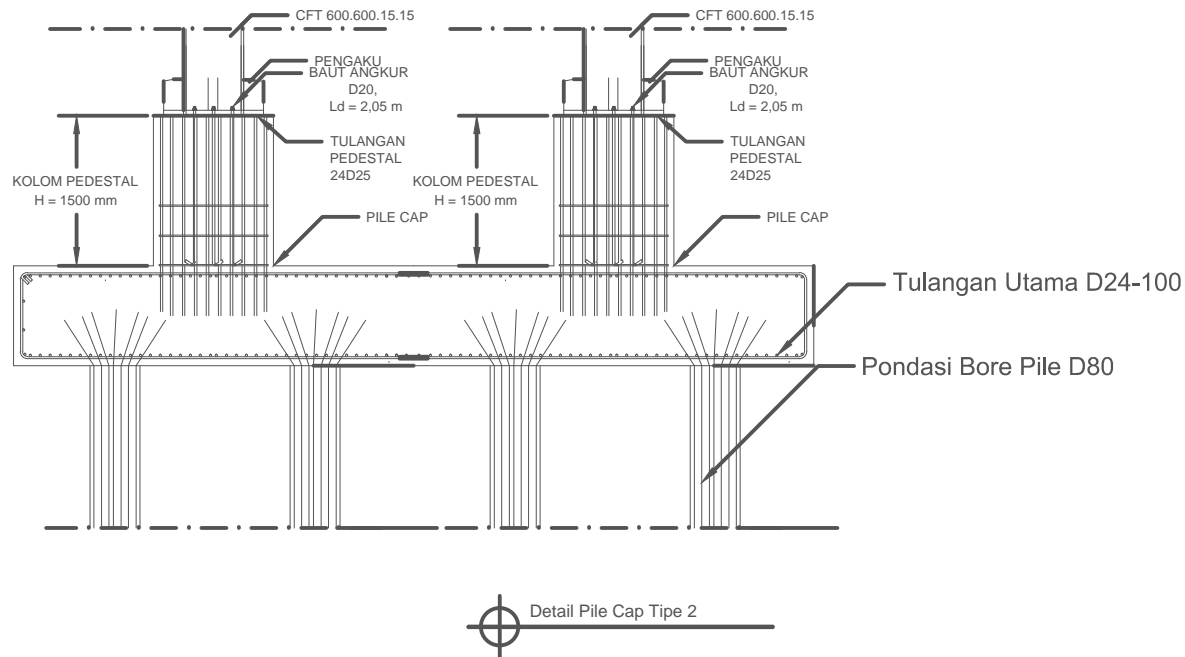
No
Gambar

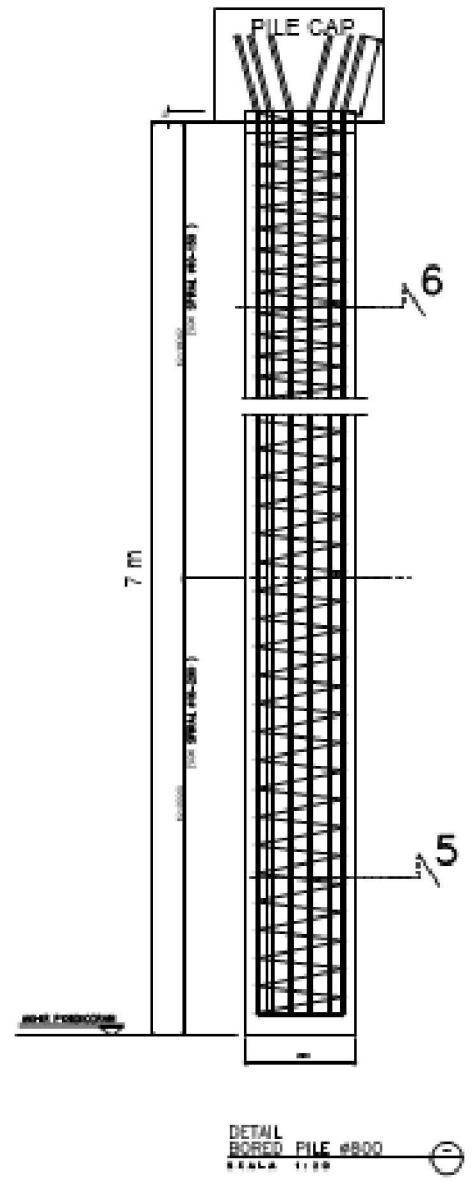
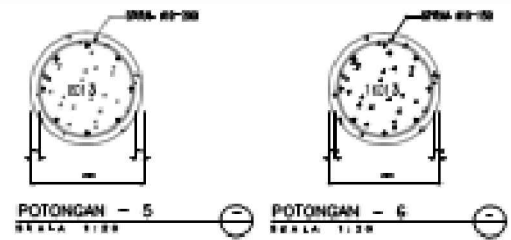
Jumlah
Gambar

1:75

18

19





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan
Struktur Gedung Fakultas Ilmu
dan Administrasi Universitas
Brawijaya sistem rangka Bresiing
Konsentris Khusus

Dosen Pembimbing

Harun Al Rasyid, ST.,MT.,Ph.D

Ir. Isdarmanu M.Sc

Keterangan

Nama Mahasiswa

Hanief Haris Setiawan

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DETAIL PENULANGAN BORE PILE

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1:65	19	19

BIODATA PENULIS



Hanief Haris Setiawan

Lahir di Surabaya pada tanggal 21 Juni 1995. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Hang Tuah X Juanda Surabaya (2001-2007), SMPN 35 Surabaya (2007-2010), SMA Negeri 15 Surabaya (2010-2013), dan pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan Sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi

Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 3113 100 030. Penulis mengambil bidang studi struktur dengan judul tugas akhir **“Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Ilmu Dan Administrasi Universitas Brawijaya Menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus”**.

Contact Person:

Email : haniefharis@gmail.com