



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN *ONE-EAST RESIDENCE*
SURABAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT BAJA BETON DENGAN SISTEM
RANGKA BRESING KONSENTRIS KHUSUS**

AHMAD LATHIEF
NRP 3113 100 097

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

Dosen Pembimbing II :
Data Iranata, ST., MT., Ph.D

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



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN *ONE-EAST RESIDENCE* SURABAYA
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA BETON
DENGAN SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS
KHUSUS**

AHMAD LATHIEF
NRP. 3113 100 097

Dosen Pembimbing :
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.
Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi sepuluh Nopember
Surabaya, 2017



FINAL ASSIGNMENT – RC14-1501

**PLANNING MODIFICATION OF ONE-EAST RESIDENCE
SURABAYA APARTMENT BUILDING STRUCTURE
USING STEEL CONCRETE COMPOSITE WITH
SPECIFIC CONCENTRICALLY BRACED FRAME (CBF)**

AHMAD LATHIEF
NRP. 3113 100 097

Supervisor Lecturer :
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.
Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

Civil Engineering Department
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya, 2017

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN *ONE-EAST RESIDENCE*
SURABAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR
KOMPOSIT BAJA BETON DENGAN SISTEM
RANGKA BRESING KONSENTRIS KHUSUS**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada :

Bidang Studi Struktur

Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AHMAD LATHIEF

NRP. 3113 100 097

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing :

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

NIP. 197301281998021002

Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

NIP. 198004302005011002



SURABAYA

JULI, 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN *ONE-EAST RESIDENCE* SURABAYA
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA BETON
DENGAN SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS
KHUSUS**

Nama Mahasiswa : Ahmad Lathief
NRP : 3113 100 097
Departemen : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
Data Iranata, ST., MT., Ph.D

Abstrak

Apartemen One-East Residence Surabaya merupakan gedung yang terdiri dari 29 lantai dan 3 lantai basemen yang pada awalnya didesain dengan menggunakan struktur beton bertulang dengan sistem struktur Rangka Gedung. Sebagai bahan studi perancangan bangunan ini dimodifikasi menggunakan struktur baja dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK) memakai jenis inverted V bresing. Sistem Rangka Bresing Konsentris merupakan pengembangan dari sistem portal tidak berpengaku atau lebih dikenal dengan Moment Resisting Frames (MRF). Sistem Rangka Bresing Konsentris dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Pada struktur gedung tinggi, kekakuan merupakan syarat penting untuk diperhatikan, karena kekakuan dapat menahan gaya beban lateral. Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku bresing yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur.

Telah dilakukan perhitungan modifikasi perencanaan struktur bangunan Apartemen One-East Residence Surabaya menggunakan sistem (*Concentrically Braced Frames*) jenis Inverted-V. Perhitungan struktur yang dilakukan mengacu pada SNI 1729:2015 “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional”, SNI 1726:2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan

Gedung”, SNI 1727:2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan dengan program bantu ETABS.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat atap dan lantai 10 cm, dimensi balok induk lantai dan balok induk atap menggunakan profil WF500.300.11.18, dimensi kolom lantai 1-5 CFT 800.800.40.40, dimensi kolom lantai 6-10 CFT 700.700.28.28, dimensi kolom lantai 11-15 CFT 600.600.19.19, dimensi kolom lantai 16-20 CFT 500.500.16.16, dimensi bresing menggunakan profil WF 350.250.9.14, base plate menggunakan plate dari katalog PT.Gunung Garuda dengan dimensi 100.100.6,5. Sambungan struktur utama direncanakan sebagai sambungan kaku dengan baut tipe *high tension bolt (HTB)*. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak diameter 60 cm dengan kedalaman 22 m.

Kata Kunci : *Baja-Beton komposit, Bresing Konsentris, Struktur Baja*

**PLANNING MODIFICATION OF ONE-EAST RESIDENCE
SURABAYA APARTMENT BUILDING STRUCTURE USING
STEEL CONCRETE COMPOSITE WITH SPECIFIC
CONCENTRICALLY BRACED FRAME (CBF)**

Student Name : Ahmad Lathief
Student Registry Number : 3113 100 097
Faculty : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor Lecturer : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D
Data Iranata, ST., MT., Ph.D

Abstract

Apartment One-East Residence Surabaya consist of 29 flors and 1 basement originally designed using reinforced concrete with moment resisting frame structural system. As a learning material, this building design is modified using steel composite structure with building frame structure with Specific Concentrically Braced Frame (CBF) using Inverted type of Bracing. CBF is the development of non stiff portal system that is better known as Moment Resisting Frames (MRF) CBF is developed as lateral brace with good stiffness level. In a tall building structure, stiffness is required because it can withstand lateral load. This System Stiffness occured because the existed bracing element is functioned as lateral brace occured in structure

Planning Modification of One East Apartment Building was calculated using Inverted V Type of CBF System. The structure calculation was referred on SNI 1729:2015.” Planning Procedures For Building Steel Structure, National Standardization Agency”, SNI 1726:2012 “Resisting Planning Standard from Earthquake for building structure”, SNI 1727:2013 “Minimum load for Designing Buildings and Other structures”. Structure Analysis and Modeling was done by using ETABS Program.

Calculation and Analysis resulted in 10 cm roof & floor plate thickness, WF 500.300.11.18. Profile for Roof Beam & Floor Beam, 1st-5th floor column dimension is CFT 800.800.40.40, 6th-10th floor column dimension is CFT 700.700.28.28, 11th-15th floor

column dimension is CFT 600.600.19.19, 16th-20th floor column dimension is CFT 500.500.16.16.WF 350.250.9.14 using bracing dimension, base plate was based on PT. Gunung Garuda catalogue with 100.100.6.5 dimension Main Structure Connector is planned as stiff connector with High Tension Bolt (HTB) screw type. Foundation Planning is using 60 cm diameters precasted spun piles with 22m depth.

Keyword : *Steel concrete composite, Concentrically Braced Frame, Steel Structure*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir berjudul “Modifikasi Perencanaan Struktur Apartemen *One-East Residence* Surabaya Menggunakan Struktur Komposit Baja Beton Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus ” dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah membantu penulis dalam pembuatan tugas akhir ini, mulai dari rencana, proses, hingga tahap penyusunan. Terutama untuk:

1. Allah SWT yang telah memberikan saya waktu untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ayah, Ibu, dan Kakak-Adik tercinta atas segala dukungannya serta kesabaran yang diberikan kepada penulis dalam menggapai cita-cita dan atas doa tulus yang diberikan untuk penulis.
3. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Data Iranata, ST., MT., Ph.D. selaku dosen wali dan juga dosen pembimbing yang sabar membimbing penulis agar cepat lulus dan tidak ada henti- hentinya memberikan semangat.
5. Seluruh dosen pengajar beserta staf karyawan di Jurusan Teknik Sipil, terima kasih atas ilmu-ilmu yang telah diberikan.
6. Mita Octavenia Widyawati tercinta yang telah memberikan doa, semangat dan dukungan serta pengertiannya kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
7. Teman-teman teknik sipil angkatan 2013 yang turut membantu dan memberikan semangat kepada penulis.
8. Teman dan juga keluarga satu kontrakan satu atap selama 4 tahun di Surabaya yang telah banyak membantu saya selama menjalani kuliah di ITS.

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang selalu memberi dukungan untuk penulis selama perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini, semoga jasa anda dibalas kebaikan oleh-Nya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih mempunyai banyak kekurangan sehingga masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak dalam perbaikan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat dan dapat menambah pengetahuan bagi para pembaca.

Surabaya, 19 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.2.1 Permasalahan Utama	2
1.2.2 Detail Permasalahan	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.3.1 Tujuan Utama	3
1.3.2 Detail Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Struktur Komposit	6
2.2.1 Balok Komposit.....	6
2.2.2 Kolom Komposit	6
2.3 Aksi Komposit.....	8
2.3.1 Balok non-Komposit	8
2.3.2 Balok Komposit.....	8
2.4 Struktur Gedung	9

2.5 Sistem Rangka.....	9
2.6 Struktur Basement	10
2.7 Pondasi.....	10
BAB III METODOLOGI	13
3.1 Umum.....	13
3.2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	13
3.3 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir	14
3.3.1 Studi Literatur.....	14
3.3.2 Pengumpulan Data.....	15
3.3.3 <i>Preliminary Design</i>	15
3.3.4 Pembebanan.....	16
3.3.5 Perencanaan Struktur Sekunder	25
3.3.6 Analisa dan Permodelan Struktur Utama	26
3.3.7 Kontrol Perencanaan Struktur Utama	28
3.3.8 Perencanaan Sambungan	41
3.3.9 Perencanaan Basement	45
3.3.10 Perencanaan Pondasi	46
3.3.11 Penggambaran Hasil Perencanaan	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Perencanaan Struktur Sekunder	51
4.1.1 Perencanaan Pelat	51
4.1.2 Perencanaan Balok Anak.....	54
4.1.3 Perencanaan Lift.....	60
4.1.4 Perencanaan Tangga	67
4.2 Analisa dan Permodelan Struktur	78

4.2.1 Data Gedung.....	78
4.2.2 Pembebanan Struktur Utama	81
4.2.3 Kombinasi Pembebanan	83
4.2.4 Pembebanan Gempa Dinamis	83
4.2.5 Faktor Reduksi Gempa	84
4.2.6 Faktor Keutamaan	84
4.2.7 Analisis Struktur.....	85
4.3 Perencanaan Elemen Struktur Primer	94
4.3.1 Perencanaan Batang Bresing	94
4.3.2 Perencanaan Balok Induk	101
4.3.3 Perencanaan Kolom.....	112
4.4 Perencanaan Sambungan	119
4.4.1 Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk	119
4.4.2 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk.	121
4.4.3 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Penumpu	124
4.4.4 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom	127
4.4.5 Sambungan Balok Induk dengan Kolom	130
4.4.6 Sambungan Antar Kolom	137
4.4.7 Sambungan Bresing dengan Kolom.....	140
4.4.8 Sambungan Bresing dengan Balok Induk.....	143
4.4.9 Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i>	146
4.5 Perencanaan Bangunan Bawah.....	153
4.5.1 Perencanaan Kolom Pedestal.....	153
4.5.2 Perencanaan Balok <i>Sloof</i>	155

4.5.3 Perencanaan Basement	158
4.5.4 Perencanaan Pondasi	160
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	185
5.1 Kesimpulan.....	185
5.2 Saran.....	186
DAFTAR PUSTAKA.....	187
LAMPIRAN.....	189
BIODATA PENULIS.....	191

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Balok Komposit dengan Penghubung Geser, dan Balok Baja yang Berselubung Beton	6
Gambar II.2 Profil baja terselubung beton dan profil baja kingcross	7
Gambar II.3 Profil baja berintikan beton	7
Gambar II.4 Lendutan Balok non-Komposit	8
Gambar II.5 Lendutan pada Balok Komposit	9
Gambar II.6 Kekakuan Sistem Rangka Bresing Konsentris	10
Gambar II.7 Struktur <i>Basement</i>	10
Gambar III.1 Flow Chart Perencanaan	14
Gambar III.2 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spectral 1 detik	17
Gambar III.3 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spectral 0,2 detik.....	18
Gambar III.4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum	24
Gambar III.5 Penentuan Simpangan Antar Tingkat.....	27
Gambar III.6 Potongan Balok Dengan Penghujung Geser Stud	33
Gambar III.7 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Baja Kanal	34
Gambar III.8 Rencana Bresing	40
Gambar III.9 Permodelan gaya uplift pelat basement.....	45
Gambar III.10 Permodelan Heaving.....	46
Gambar III.11 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom	49
Gambar III.12 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang	50
Gambar IV.1 Denah Pelat Lantai Atap	51
Gambar IV.2 Denah Penulangan Pelat Lantai Atap	52
Gambar IV.3 Denah Pelat Lantai Gedung	53
Gambar IV.4 Denah Penulangan Pelat	54
Gambar IV.5 Denah Balok Anak Atap.....	55

Gambar IV.6 Denah Balok Lantai Gedung.....	58
Gambar IV.7 Potongan Atas Lift.....	61
Gambar IV.8 Potongan Melintang Lift.....	62
Gambar IV.9 Sketsa Pembebanan Balok Penggantung Lift.....	63
Gambar IV.10 Diagram Momen Balok Penggantung Lift.....	65
Gambar IV.11 Analisa Lendutan Balok Penggantung Lift.....	67
Gambar IV.12 Denah Tangga.....	68
Gambar IV.13 Potongan Tangga.....	69
Gambar IV.14 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga.....	72
Gambar IV.15 Bidang M balok tangga.....	73
Gambar IV.16 Bidang D balok tangga.....	73
Gambar IV.17 Bidang N balok tangga.....	73
Gambar IV.18 Pembebanan Balok Penumpu Tangga.....	76
Gambar IV.19 Denah Struktur Gedung Apartemen.....	78
Gambar IV.20 Permodelan Gedung Apartemen.....	80
Gambar IV.21 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Surabaya.....	84
Gambar IV.22 Elemen Arah X.....	95
Gambar IV.23 Gaya Tekan dan Tarik Bresing Arah X.....	96
Gambar IV.24 Elemen Arah Y.....	98
Gambar IV.25 Gaya Tekan dan Tarik Bresing Arah Y.....	99
Gambar IV.26 Detail sambungan balok anak lantai ke balok induk.....	121
Gambar IV.27 Detail sambungan balok anak atap ke balok induk.....	123
Gambar IV.28 Detail sambungan balok utama tanggap ke balok penumpu tangga.....	126
Gambar IV.29 Detail sambungan balok penumpu tangga dengan kolom.....	129
Gambar IV.30 Tampak atas sambungan balok induk dengan kolom.....	136
Gambar IV.31 Potongan sambungan balok induk dengan kolom.....	136

Gambar IV.32 Detail sambungan antar kolom dimensi sama...	138
Gambar IV.33 Detail sambungan antar kolom dimensi berbeda	139
Gambar IV.34 Detail Sambungan Bresing dengan Kolom	142
Gambar IV.35 Detail sambungan bresing dengan balok induk.	145
Gambar IV.36 Arah Beban Sumbu X pada Base Plate	148
Gambar IV.37 Arah Beban Sumbu Y pada Base Plate	149
Gambar IV.38 Base Plate Pada Kolom.....	152
Gambar IV.39 Tampak Samping Base Plate dan Kolom Pedestal	152
Gambar IV.40 Hasil analisis kolom pedestal dengan menggunakan spcolumn	153
Gambar IV.41 Penulangan Kolom Pedestal	154
Gambar IV.42 Hasil SpColumn sloof sisi tumpuan.....	156
Gambar IV.43 Hasil SpColumn sloof sisi lapangan	157
Gambar IV.44 Penampang Melintang Balok Sloof	158
Gambar IV.45 Diagram Tegangan yang Terjadi pada Dinding Basement.....	158
Gambar IV.46 Denah Rencana Pondasi	161
Gambar IV.47 Konfigurasi tiang pancang pada pilecap tipe1 ..	176
Gambar IV.48 Geser Ponds akibat Kolom	178
Gambar IV.49 Geser Ponds akibat Tiang Pancang.....	180
Gambar IV.50 Daerah tulangan lentur sisi panjang	181

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel III-1 Kategori resiko bangunan gedung dan Non gedung untuk beban gempa	17
Tabel III-2 Faktor Keutamaan Gempa.....	17
Tabel III-3 Klasifikasi Situs	18
Tabel III-4 Koefisien Situs Fa	19
Tabel III-5 Koefisien Situs Fv	19
Tabel III-6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	20
Tabel III-7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik	20
Tabel III-8 Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	20
Tabel III-9 Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan Ct Dan x.....	21
Tabel III-10 Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil Perhitungan (SNI 1726:2012 Tabel 14).....	22
Tabel III-11 Simpangan Antar Tingkat (SNI 1726:2012 Tabel 16)	28
Tabel III-12 Tabel Penentuan Tebal Minimum Las Sudut	45
Tabel IV-1 Parameter Respon Gempa Wilayah Malang Untuk Kelas Situs D (Tanah sedang)	83
Tabel IV-2 Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	84
Tabel IV-3 Beban Gravitasi Tiap Lantai	85
Tabel IV-4 Rasio Partisipasi Massa.....	86
Tabel IV-5 Rasio Partisipasi Massa (lanjutan)	87
Tabel IV-6 Periode dan Frekuensi Struktur	88
Tabel IV-7 Reaksi dasar Struktur	90
Tabel IV-8 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	91
Tabel IV-9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X.....	92
Tabel IV-10 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y	93

Tabel IV-11 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y	94
Tabel IV-12 Rekapitulasi Analisa Struktur Seluruh Tipe Kolom	116
Tabel IV-13 Rekapitulasi Analisa Struktur Seluruh Tipe Kolom	117
Tabel IV-14 Rekapitulasi Analisa Struktur Seluruh Tipe Kolom	118
Tabel IV-15 Rekapitulasi perhitungan daya dukung tanah	175

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu permasalahan dalam pembangunan hunian yang letaknya strategis di kota Surabaya adalah keterbatasan lahan. Sedangkan, pesatnya perkembangan jumlah penduduk di Indonesia berdampak pada kebutuhan lahan hunian yang semakin tinggi dengan keterbatasan lahan yang ada. 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. Aset baru perusahaan MNC Group yaitu Apartemen One East Residence adalah salah satu dari gedung bertingkat yang ada di kawasan strategis di kota Surabaya.

Gedung ini terdiri dari 29 Lantai dan 3 Lantai basement, dengan hanya memiliki luas tanah 1950 m². Bangunan ini secara keseluruhan dibangun dengan beton bertulang biasa dengan menggunakan sistem 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 ulang dengan menggunakan struktur beton-baja komposit dan penambahan bresing konsentris sebagai sistem penahan gaya lateral.

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 sistem komposit adalah (1) Penghematan berat baja, (2) Kekakuan lantai meningkat, (4) Kapasitas menahan beban lebih besar (Salmon, 1991).

Sistem penahan gaya lateral yang digunakan dalam modifikasi gedung Apartement One East Residence ini adalah sistem struktur Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus . Sistem ini dipilih karena memiliki keuntungan yang tidak dimiliki system 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 Kosentris yang memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasar peraturan yang berlaku di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ada dalam modifikasi perencanaan stuktur gedung Apartemen One-East Residence Surabaya dengan sistem rangka bresing kosentris khusus permasalahan yang ditinjau antara lain :

1.2.1 Permasalahan Utama

Bagaimana merencanakan modifikasi Gedung Apartemen One-East Residence Surabaya dengan menggunakan sistem rangka bresing kosentris khusus ?

1.2.2 Detail Permasalahan

1. Bagaimana perencanaan preliminary design dimensi struktur?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga, dan balok penggantung lift?
3. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi balok dan kolom?
4. Bagaimana merencanakan bresing konsentris khusus ?

5. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur pada program bantu?
6. Bagaimana merencanakan sambungan yang akan diterapkan sesuai kriteria struktur?
7. Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan beban dan kondisi tanah yang ada?
8. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik?

1.3 Maksud dan Tujuan

Secara garis besar, tujuan dari penyusunan tugas akhir modifikasi perencanaan gedung Apartemen One-East Residence Surabaya, adalah sebagai berikut:

1.3.1 Tujuan Utama

Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah untuk memperoleh hasil perencanaan struktur komposit gedung Apartemen One-East Residence Surabaya dengan menggunakan sistem rangka bresing konsentris khusus

1.3.2 Detail Tujuan

1. Merencanakan preliminary design dimensi struktur.
2. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga, dan balok penggantung lift.
3. Merencanakan struktur primer yang meliputi bresing konsentris, balok, dan kolom.
4. Merencanakan bresing konsentris khusus.
5. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu.
6. Merencanakan sambungan yang akan diterapkan sesuai dengan kriteria struktur.
7. Merencanakan pondasi yang sesuai dengan beban dan kondisi tanah yang ada.
8. Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Perencanaan gedung ini dimaksudkan sebagai bahan studi sehingga tidak mempertimbangkan aspek ekonomi
2. Perencanaan ditinjau dari segi teknik saja seperti, perencanaan balok anak, tangga, balok induk, kolom pondasi, dan analisa struktur menggunakan program bantu.
3. Tidak membahas detail metode pelaksanaan

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dan dapat mengaplikasikan teori yang didapat selamat kuliah.
2. Tersedianya rancangan gedung Apartement One-East Residence Surabaya dengan baja komposit dan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK).
3. Memberikan alternatif sistem struktur lain yang lebih efisien

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

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 merupakan pengembangan dari sistem portal tidak berpengaku atau yang lebih dikenal sebagai *Moment Resisting Frame* (MRF). Sistem ini dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki kekakuan yang lebih baik dibanding MRF. Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral struktur.

2.2 Struktur Komposit

Struktur komposit (*composite*) merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Sedangkan 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.

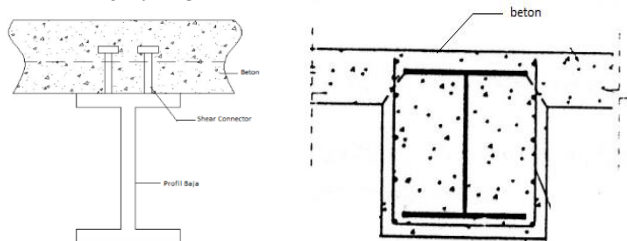
2.2.1 Balok Komposit

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 II.1 Balok Komposit dengan Penghubung Geser, dan Balok Baja yang Berselubung Beton

(Sumber : Isdarmanu, Marwan. Diktat Kuliah Struktur Baja)

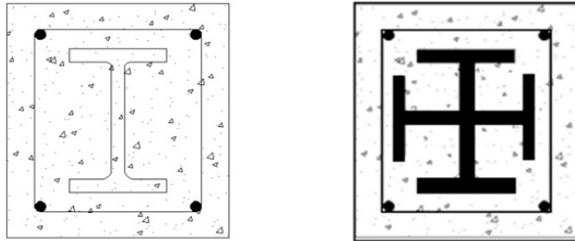
2.2.2 Kolom Komposit

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

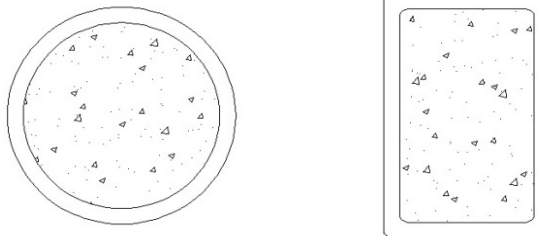


Gambar II.2 Profil baja terselubung beton dan profil baja kingcross

(Sumber : Isdarmanu, Marwan Diktat Kuliah)

b. Kolom baja berintikan beton

Kolom komposit dengan penampang baja berongga yang diisi dengan beton



Gambar II.3 Profil baja berintikan beton

(Sumber : Isdarmanu, Marwan Diktat Kuliah)

Pada kolom baja berselubung beton, penambahan beton akan menunda kegagalan lokal 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

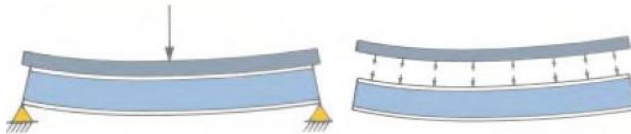
Kolom komposit menjadi solusi efektif bagi permasalahan yang ada pada desain yang praktis. Salah satunya, yaitu jika beban yang terjadi pada struktur kolom sangat besar, maka penambahan material beton pada struktur kolom dapat memikul beban yang terjadi, sehingga ukuran profil baja yang dipergunakan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

2.3 Aksi Komposit

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

2.3.1 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.



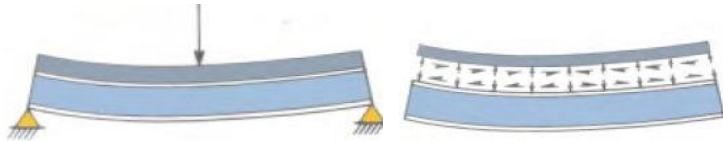
Gambar II.4 Lendutan Balok non-Komposit

(Sumber : *Salmon dkk, 1991*)

2.3.2 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.



Gambar II.5 Lendutan pada Balok Komposit
(Sumber : Salmon dkk, 1991)

2.4 Struktur Gedung

Pembagian keterangan gedung diatur dalam SNI1726:2012 pasal 7.3.2 . Adapun penggolongannya sebagai berikut :

1. Struktur Gedung Beraturan

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

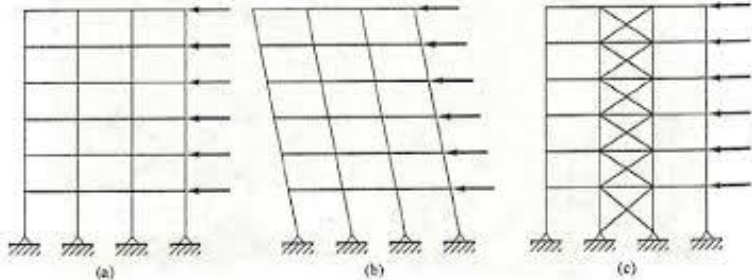
2. Struktur Gedung Tidak Beraturan

Pengaruh gempa rencana struktur menggunakan analisa respons dinamik.

2.5 Sistem Rangka

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

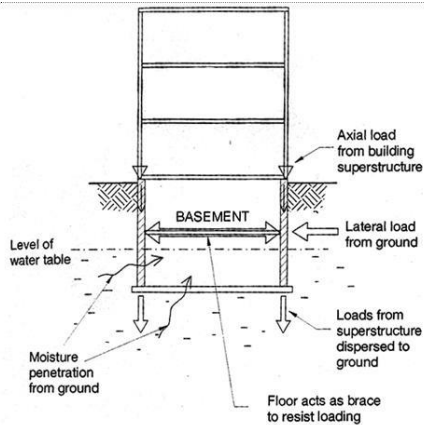


Gambar II.6 Kekakuan Sistem Rangka Bresing Konsentris

(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 II.7 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.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

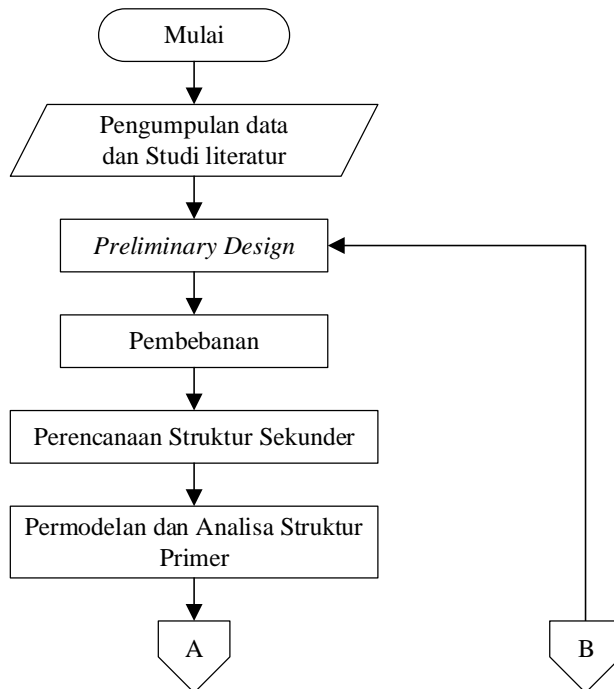
BAB III METODOLOGI

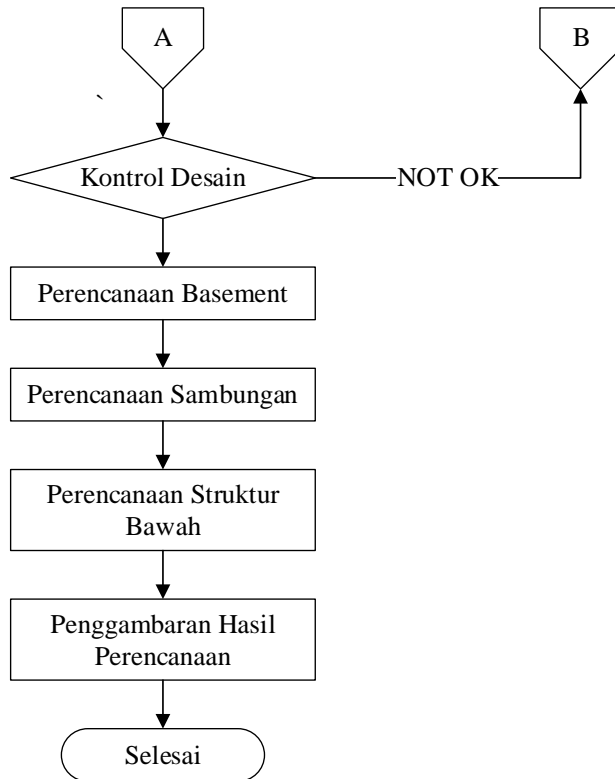
3.1 Umum

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, kita perlu menyusun langkah – langkah yang harus dilakukan, dimulai dari pengumpulan data hingga tujuan akhir dari tugas akhir ini. Dengan disusunnya langkah – langkah sebelum mengerjakan tugas akhir ini, diharapkan akan membantu kita dalam mengerjakan tugas akhir ini

3.2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah – langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini, dapat dilihat dalam *flow chart* dibawah ini :





Gambar III.1 Flow Chart Perencanaan

3.3 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Berdasarkan diagram alir diatas, maka metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Studi Literatur

Mencari literatur dan peraturan (*Building Code*) yang akan menjadi acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, adapun beberapa literatur dan jurnal dalam pengerjaan tugas akhir ini. Untuk peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. SNI 1729:2015
Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional.
2. SNI 1726:2012 dan *Seismic Provision AISC 2010*
Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung.
3. SNI 1727:2013
Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

3.3.2 Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data bangunan dan data tanah gedung Apartemen *One-East Residence* Surabaya. Berikut adalah data umum dari bangunan:

1. Nama Gedung : Apartemen *One-East Residence* Surabaya
2. Lokasi : Jl. Raya Kertajaya Indah no. 79, Mulyorejo, Surabaya Timur
3. Fungsi : Apartemen
4. Jumlah Lantai : 29 Lantai; 3 Basement
5. Tinggi Gedung : 124 meter
6. Material struktur : Beton Bertulang
7. Sistem Struktur : *Moment Resisting Frame*
8. Kondisi tanah : Tanah keras
9. Data tanah : Terlampir

3.3.3 Preliminary Design

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

1. Nama Gedung : Apartemen *One-East Residence* Surabaya
2. Lokasi : Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya
3. Fungsi : Apartemen
4. Jumlah lantai : 19 Lantai (Modifikasi); 1 Basement
5. Tinggi gedung : 71,5 meter
6. Material struktur : Baja – beton Komposit
7. Sistem struktur : Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK)
8. Mutu Baja : BJ 41

9. Mutu Beton : $f'c$ 30 (struktur Sekunder)
: $f'c$ 40 (struktur Primer)

3.3.4 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada pada struktur yang dihitung berdasarkan PPIUG 1983, SNI 1727:2013, *Seismic Provision AISI* 2010 dan SNI 1726:2012. Pembebanan yang digunakan adalah :

3.3.4.1 Beban Mati

Beban mati terdiri atas berat seluruh material elemen struktur pembangun gedung serta perlengkapan permanen di dalam gedung berdasarkan SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983.

3.3.4.2 Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban akibat fenomena alam seperti beban angin, beban salju, beban hujan, dan beban akibat banjir. Beban hidup untuk bangunan sekolah atau perkuliahan adalah sebesar 250 kg/m^2 dan untuk beban diatap adalah sebesar 100 kg/m^2 .

3.3.4.3 Beban Angin

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

3.3.4.4 Beban Gempa

Beban gempa merupakan semua beban gempa statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat beban gempa tersebut. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya yang terjadi di dalam struktur tersebut terjadi akibat gerakan tanah akibat gempa tersebut. Gempa rencana ditetapkan berdasarkan respon spectrum desain SNI 1726:2012 dimana langkah langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kategori resiko bangunan gedung I-IV (SNI 1726:-2012 Pasal 4.1.2)

Tabel III-1 Kategori resiko bangunan gedung dan Non gedung untuk beban gempa

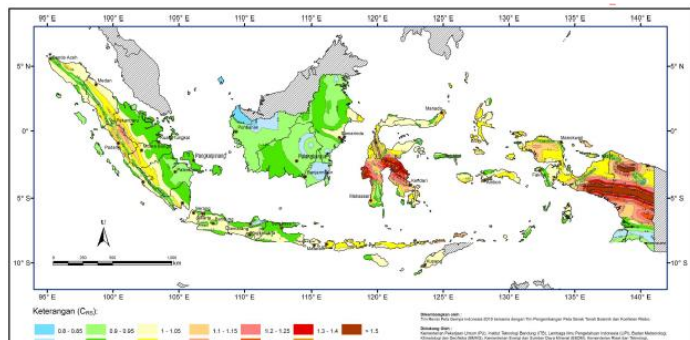
Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dengan resiko rendah terhadap jiwa manusia	I
Semua gedung lain	II
Gedung dengan resiko tinggi terhadap jiwa manusia	III
Gedung yang ditunjukkan untuk fasilitas penting	IV

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

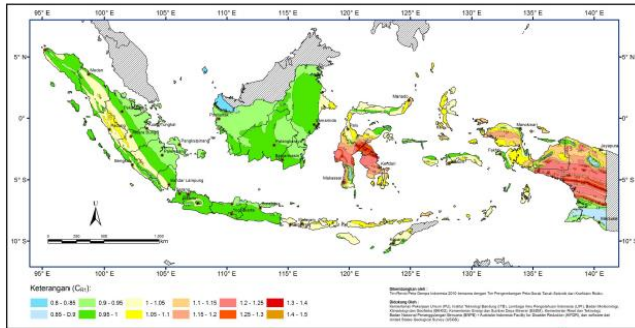
Tabel III-2 Faktor Keutamaan Gempa

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

3. Menentukan parameter percepatan tanah (S_s, S_1) (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2)



Gambar III.2 Koefisien resiko terpetakan, perioda respon spectral 1 detik



Gambar III.3 Koefisien risiko terpetakan, periode respon spectral 0,2 detik

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

Tabel III-3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{V}_2 (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 $\bar{S}_u < 25kPa$			

5. Menentukan faktor koefisien situs (F_a , F_v) (SNI 1726:2012 Pasal 6.2)

Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa MCEr di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait (F_v). Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) ditentukan dengan perumusan berikut:

$$SMS = Fa \times Ss \quad (3.2)$$

$$SM1 = Fv \times S1 \quad (3.3)$$

Keterangan :

Ss adalah parameter respons spectral percepatan gempa MCER ditetapkan untuk perioda pendek

$S1$ adalah parameter respons spectral percepatan gempa MCER ditetapkan untuk perioda 1,0 detik

Menghitung parameter percepatan desain (S_{DS}, S_{D1}) (SNI 1726:2012 Pasal 6.3)

Tabel III-4 Koefisien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R ditetapkan 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				

Tabel III-5 Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R ditetapkan 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				

Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek (S_{DS}), dan pada periode 1 detik (S_{D1}) harus ditetapkan sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.5)$$

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

Tabel III-6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek

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

Tabel III-7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik

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

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

Tabel III-8 Faktor R, C_d dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^c	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)					
				Kategori desain seismik					
				B	C	D	E	F	
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan									
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	TB	TB	TB	

8. Melakukan analisis statik ekuivalen
- Menentukan periode fundamental perkiraan, T_a , (SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1).

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.6)$$

Keterangan :

C_t , dan x = koefisien parameter waktu getar perkiraan (Tabel 3.11)

h_n = tinggi struktur

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

Tabel III-9 Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan C_t Dan x

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

- Menentukan batas periode struktur

$$T \leq C_u \times T_a \quad (3.7)$$

Keterangan :

T_a = periode fundamental perkiraan

C_u = koefisien untuk batas atas periode hasil perhitungan (Tabel 3.10)

Tabel III-10 Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil
Perhitungan (SNI 1726:2012 Tabel 14)

Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1 s, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

- Menghitung gaya dasar seismik

$$V = C_s W \quad (3.8)$$

Keterangan:

C_s adalah koefisien respons seismik

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

- Menghitung koefisien respon seismik

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

Keterangan :

S_{DS} adalah percepatan spektrum respon desain dalam periode pendek

R adalah faktor modifikasi respon dalam tabel 3.10

I_e adalah faktor keutamaan hunian sesuai 3.4

Nilai C_s diatas tidak perlu melebihi :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.10)$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari :

$$C_s = 0.44 S_{DS} I_e \geq 0.01 \quad (3.11)$$

Untuk struktur berlokasi dimana $S1 \geq 0,6 g$, maka C_s harus tidak kurang dari :

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

Keterangan :

S_{D1} adalah Percepatan spektrum respon desain dalam periode 1,0 detik

T adalah Periode struktur dasar (detik)

S_1 adalah Percepatan spektrum respon maksimum

- Menghitung distribusi vertikal gaya gempa

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

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

Keterangan :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- untuk struktur dengan periode $\leq 0,5$ s, $k=1$
 - untuk struktur dengan periode $\geq 2,5$ s, $k=2$
 - untuk struktur dengan periode antara 0,5 s sampai 2,5 s, $k=2$ atau ditetapkan dengan interpolasi antara 1 dan 2
- Menghitung distribusi horizontal gaya di tiap lantai (SNI 1726:2012 pasal 7.8.4)(kN) harus ditentukan dari persamaan berikut :

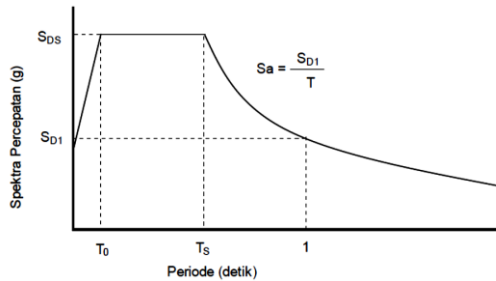
$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.14)$$

Keterangan :

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

9. Melakukan analisis modal respon spectrum

Analisis modal respon spectrum dilakukan menggambar grafik respon spectrum rencana ke dalam program analisis struktur. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spectrum dijelaskan pada Gambar 3.3



Gambar III.4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum

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

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

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

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

Pada $T > T_s$, respon spektra percepatan :

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

Dengan :

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

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

Kombinasi Pembebanan

Pembebanan sesuai dengan SNI 03:1729:2002, dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

- (1) 1,4D
- (2) 1,2D + 1,6L + 0,5 (La atau H)
- (3) 1,2D + 1,6 (La atau H) + (γ_L L atau 0,8 W)
- (4) 1,2D + 1,3W + γ_L L + 0,5 (La atau H)
- (5) 1,2D + 1,0E + γ_L L
- (6) 0,9D - 1,0W + γ_L L

3.3.5 Perencanaan Struktur Sekunder

3.3.5.1 Perencanaan Balok Tangga

3.3.5.2 Perencanaan Pelat Lantai

Direncanakan dan dikontrol sesuai SNI 2847:2013

$$\bullet \quad \beta = \frac{L_y}{L_x} > 2 \quad \rightarrow \text{One way Slab} \quad (3.20)$$

$$\bullet \quad \beta = \frac{L_y}{L_x} < 2 \quad \rightarrow \text{Two way Slab} \quad (3.21)$$

$$H \text{ min} = \frac{L_y(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \quad \dots(3.22)$$

Dalam Perencanaan ini, direncanakan menggunakan pelat bondek sehingga pelat lantai didesain menjadi pelat satu arah.

3.3.5.3 Perencanaan Balok Lift

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

$$\blacksquare \quad \phi M_n > M_u \quad (3.23)$$

Dimana :

M_n = Momen nominal balok

M_u = Momen ultimate yang terjadi

Agar dapat menahan lift yang direncanakan menggunakan lift dengan spesifikasi berikut:

- Lift Penumpang
 - Tipe lift : Passenger Elevators
 - Merk : HYUNDAI
 - Kapasitas : 15 Orang /1150 kg
 - Lebar pintu (opening width): 1000 mm

- Dimensi ruang luncur 1 Car: 2350x2100 mm²
- Dimensi sangkar (Car size)
 - Internal : 1800 x 1400 mm²
 - Eksternal : 1900 x 1570 mm²
- Dimensi ruang mesin (1 Car) : 2600 x 3800 mm²
- Lift Barang
 - Tipe lift : Passenger Elevators
 - Merk : HYUNDAI
 - Kapasitas : 15 Orang /1150 kg
 - Lebar pintu (opening width): 1000 mm
 - Dimensi ruang luncur 1 Car: 2350x2100 mm²
 - Dimensi sangkar (Car size)
 - Internal : 1800 x 1400 mm²
 - Eksternal : 1900 x 1570 mm²
 - Dimensi ruang mesin (1 Car) : 2600 x 3800 mm²

3.3.5.4 Perencanaan Balok Anak

Balok anak dikontrol terhadap lendutan jangka panjang dalam kondisi setelah komposit sesuai SNI 2847:2013 pasal 14-8-4

$$\bullet \quad \Delta n = \frac{5}{384} \times \frac{(qd+ql)L^4}{E \times I} \quad (3.24)$$

Dimana :

qd = Dead Load ql = Live Load

E = Modulus Elastisitas I = Momen Inersia

3.3.6 Analisa dan Permodelan Struktur Utama

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

3.3.7 Kontrol Struktur

3.3.7.1 Kontrol Partisipasi Massa

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

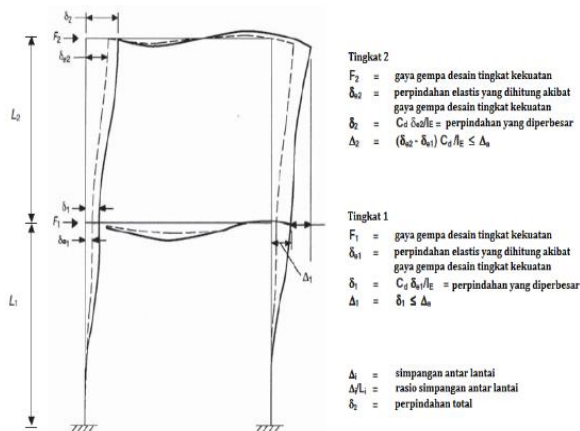
3.3.7.2 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Nilai gaya geser dasar hasil analisis respons spektrum, V_r , sebaiknya tidak kurang dari 85% (*fixed base*) dan 80% (*base isolation*) nilai gaya geser dasar hasil analisis statik ekuivalen, V . Bila nilai $V_r < V$, nilai V_r harus dikalikan dengan $0,85 V/V_r$ (SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1) dan $0,85 V/V_r$ (SNI 1726:2012 pasal 12.6.2.2)

3.3.7.3 Kontrol Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat rencana harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Besarnya defleksi pada tingkat x , δ_x , dapat dihitung dengan Persamaan (3.23) (SNI 03:1726:2012 pasal 7.8.6). Sementara untuk perhitungan simpangan antar lantai ditunjukkan pada Gambar 3.5. Nilai simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin, h_{sx} , pada Tabel 3.11.

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.25)$$



Gambar III.5 Penentuan Simpangan Antar Tingkat

Tabel III-11 Simpangan Antar Tingkat (SNI 1726:2012 Tabel 16)

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dari dasar, dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

3.3.8 Kontrol Perencanaan Struktur Utama

Melakukan kontrol kemampuan struktur utama dari perencanaan yang sudah dilakukan. Desain elemen struktur primer dikontrol berdasarkan SNI 1729:2015 agar mampu memikul gaya-gaya yang terjadi. Perencanaan elemen struktur primer meliputi:

3.3.8.1 Balok Induk

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.26)$$

Dimana :

M_n = Momen nominal balok

M_u = Momen ultimate yang terjadi

ϕ = faktor reduksi = 0,9 (DFBK)

i. Kontrol Penampang

Untuk Sayap (flange) :

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

$$\lambda = \frac{b}{2tf} \leq \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.27)$$

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

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.28)$$

Untuk badan (web) :

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

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.29)$$

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

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.30)$$

Dimana :

bf = lebar sayap tf = tebal sayap

h = tinggi profil tw = tebal

fy = kuat leleh profil baja

fr = tegangan tekan residual pada plat sayap

ii. Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Lokal

Kelangsingan penampang kompak, tak kompak, dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan balok pada struktur baja tahan gempa, kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2002.

$$\begin{aligned} \text{a) Penampang kompak :} & \quad \lambda \leq \lambda_p \\ M_n = M_p = F_y \cdot Z_x & \quad (3.31) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Penampang non kompak:} & \quad \lambda_p < \lambda \leq \lambda_R \\ M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_R - \lambda_p} & \quad (3.32) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Penampang langsing:} & \quad \lambda > \lambda_R \\ M_n = M_r (\lambda_r / \lambda)^2 & \quad (3.33) \end{aligned}$$

Untuk elemen plat sayap

iii. Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Lateral

Tahanan komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang yang berdekatan, L . Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2002

$$\begin{aligned} \text{a) Bentang pendek: } L_b < L_p \\ M_n = M_p \leq 1,5 M_y & \quad (3.34) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Bentang menengah: } L_p < L_b < L_r \\ M_n = C_b \left[M_R + (M_p - M_R) \frac{(L_R - L_B)}{(L_R - L_p)} \right] & \quad (3.35) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{c) Bentang panjang : } L_b > L_r \\ M_n = M_{cr} \leq M_p & \quad (3.36) \end{aligned}$$

iv. Kekuatan Lentur Balok Komposit Dengan Penghubung Geser

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

- Kuat Lentur Positif

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

$$\phi b = 0,9$$

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

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

$$\text{Untuk } \frac{h}{tw} \geq 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

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

• **Kuat Lentur Negatif**

Sesuai dengan SNI 1729:2015 pasal I2-b, Kekuatan lentur negatif harus ditentukan untuk penampang baja sendiri menurut persyaratan Bab F, atau ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit untuk keadaan batas leleh (momen plastis) dimana

$$\phi_b = 0,9$$

v. Kekuatan Struktur Selama Pelaksanaan

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

vi. Kuat Geser Rencana

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

$$V_u \leq \phi V_n \tag{3.37}$$

Keterangan :

$$\phi = \text{faktor tahanan} = 0,90$$

$$V_n = \text{tahanan geser nominal plat badan}$$

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

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v \tag{3.38}$$

Dengan ketentuan nilai C_v diambil sebagai berikut :

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

Maka,

$$C_v = 1.0 \quad (3.39)$$

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

Maka,

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.40)$$

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

Maka,

$$C_v = \frac{1.51 k_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 f_y} \quad (3.41)$$

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

$$\frac{h}{t_w} < 260 \quad (3.42)$$

Maka nilai $k_v = 5.0$

Keterangan :

A_w = Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut

t_w = Ketebalan badan

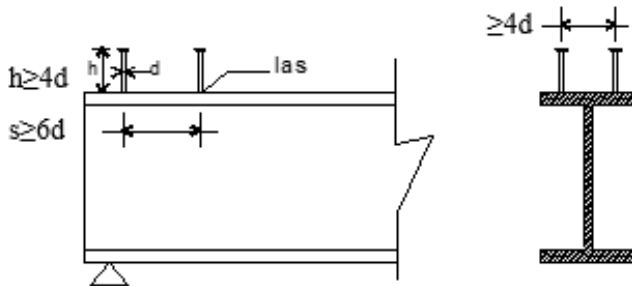
Sedangkan untuk balok komposit, yaitu balok yang terdiri dari profil baja dan beton digabung bersama untuk memikul beban lentur, memiliki prinsip dasar perhitungan antara lain :

- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen positif balok
 - Tegangan tekan pada beton = $0,85 f_c'$ → merata
 - Tegangan pada baja = f_y → tarik atau tekan : merata
- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen negatif balok
 - Tegangan tarik pada beton = 0
 - Tegangan tarik pada tulangan = f_{yr}
 - Tegangan pada baja = f_y → tekan atau tarik: merata.
- Distribusi tegangan elastis → distribusi linear
 - Tegangan maximum tekan pada beton = $0,85 f_c'$
 - Tegangan maximum pada baja = f_y → tekan atau Tarik

vii. **Shear Connector**

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

$$Q_n = 0,5 A_{sc} (\sqrt{f_c'} \cdot E_c) r_s \leq A_{sc} \cdot f_u \quad (3.43)$$



Gambar III.6 Potongan Balok Dengan Penghug Geser Stud

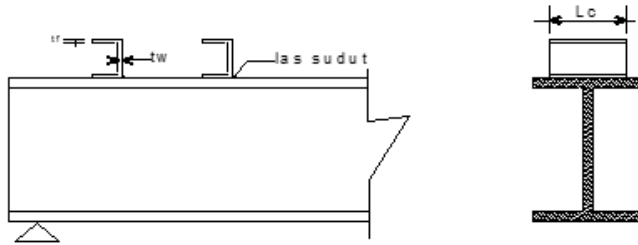
r_s = 1,00 untuk pelat beton biasa

r_s ≤ 1,00 untuk dek baja gelombang

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

E_c = Modulus elastisitas beton

b. Kekuatan *Shear-Connector* baja kanal



Gambar III.7 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Baja Kanal

$$Q_n = 0,3 (t_f + 0,5 t_w) L_c \sqrt{f_c' \cdot E_c} \quad (3.44)$$

c. Jumlah *Shear-Connector* yang dibutuhkan di sepanjang daerah tertentu

$$n = \frac{V_h}{Q_n}$$

dimana:

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

- Gaya Geser Horizontal Total (=Vh) → Pada Bidang Kontak Baja dengan Beton

a). Pada daerah momen positif:

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

- 1) $0,85 f_c' \cdot A_c$ → beton
- 2) $A_s \cdot f_y$ → profil baja
- 3) ΣQ_n → *shear connector*

b). Pada daerah momen negatif

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

- 1) $A_r \cdot f_{yr}$
- 2) ΣQ_n

Dimana: A_r = tulangan tarik pada pelat beton

f_{yr} = tegangan leleh tulangan.

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

3.3.8.2 Kolom

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

- Kriteria Untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan
 - Kontrol luas penampang minimum profil baja,

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.46)$$
 - Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton,

$$t \geq b \times \sqrt{\frac{f_y}{3e}} \quad (3.47)$$

- Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit CFT
Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sesuai dengan jenis profil nya yaitu:

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.48)$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.49)$$

$$\lambda_r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.50)$$

$$\lambda_r = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.51)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk Penampang Kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.52)$$

Dengan

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c (A_c + A_s r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.53)$$

- Untuk Penampang Non Kompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.54)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_s r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.55)$$

- Untuk Penampang Langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.56)$$

Penampang Terisi Beton

$$f_{cr} = \frac{9 E_s}{(\frac{b}{t})^2} \quad (3.57)$$

- Amplifikasi Momen

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

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i \quad (3.58)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.59)$$

Keterangan :

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

B_2 = Pengali untuk menghilangkan efek P- δ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur

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

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

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

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

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

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

- Pengali B1 untuk efek P- δ

$$B1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.60)$$

Dengan,

$\alpha = 1$ (DFBK)

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

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M1}{M2} \right) \quad (3.61)$$

Dengan $M1$ dan $M2$ dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung bagian komponen.

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

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.62)$$

Keterangan :

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

E = Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa

I = Momen inersia bidang lentur, mm⁴

L = Panjang komponen struktur, mm

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

- Pengali B2 untuk efek P- δ

$$B2 = \frac{1}{(1 - \frac{\alpha P_{Story}}{P_{eStory}})} \quad (3.63)$$

Dengan,

$\alpha = 1$ (DFBK)

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

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

$$P_{e \text{ story}} = RM \frac{HL}{\Delta H} \quad (3.64)$$

Dengan,

$$Rm = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{\text{story}}} \right) \quad (3.65)$$

L = Tinggi tingkat, mm

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

ΔH = Simpangan tingkat dalam orde pertama

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

- Momen Nominal

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.66)$$

Dimana :

M_n = Momen nominal balok

M_u = Momen ultimate yang terjadi

ϕ = faktor tahanan = 0,9

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

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.67)$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.68)$$

$$\lambda_r = 1,40 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.69)$$

Untuk Komponen Struktur Berpenampang kotak/persegi

- Untuk Penampang Kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.70)$$

- Untuk Penampang non kompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left[3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4 \right] \leq M_u \quad (3.71)$$

- Untuk Penampang Langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.72)$$

Dimana,

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

$$b_e = 1,92 \cdot t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.73)$$

- Kontrol Kombinasi Aksial dan Lentur

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

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

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.74)$$

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

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.75)$$

Keterangan :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

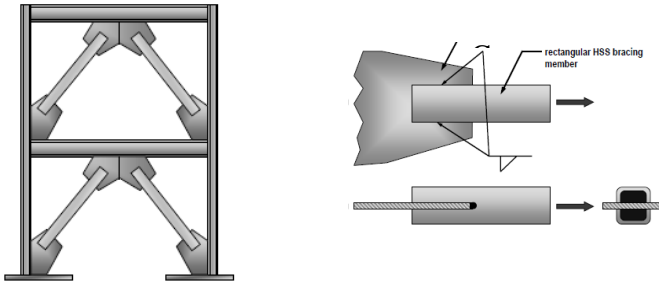
ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

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

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

3.3.8.3 Bresing Konsentris

Melakukan perencanaan terhadap bresing sendiri . Bresing harus direncanakan sebagai sekereng dari struktur, sehingga bresing direncanakan leleh terlebih dahulu. Kolom dan balok tidak diperbolehkan leleh sedikitpun. Pada perencanaan ini direncanakan menggunakan bresing konsentris khusus *inverted-v* dengan profil *WF*



Gambar III.8 Rencana Bresing

Bresing yang dipergunakan sebagai komponen penahan lateral harus memenuhi parameter berikut:

a. Parameter Kelangsingan

Batang bresing harus memenuhi syarat kelangsingan yaitu :

$$\frac{Kc \times L}{r} \leq \frac{1900}{\sqrt{f_y}} \quad (3.90)$$

Dimana :

Kc = faktor panjang efektif kolom

L = pengaruh beban hidup akibat pengguna gedung

r = jari jari girasi f_y = Tegangan leleh

b. Kuat Perlu

Batang bresing harus direncanakan sebagai nilai terkecil/minimum dari parameter berikut :

1. Kuat Tarik

Kuat nominal aksial tarik batang bresing yang ditetapkan adalah sebesar :

$$P_u = R_y \times f_y \times A_g \quad (3.91)$$

Dimana :

R_y = faktor modifikasi tegangan leleh

f_y = tegangan leleh bahan baja

A_g = luas penampang bruto

2. Kuat Tekan

Kuat nominal aksial Tekan batang bresing yang ditetapkan adalah sebesar:

$$P_u = 1,1 \times R_y \times A_g \times F_{cr} \quad (3.92)$$

Dimana :

R_y = faktor modifikasi tegangan leleh

A_g = luas penampang bruto F_{cr} = Tegangan kritis

3.3.9 Perencanaan Sambungan

Melakukan perencanaan terhadap sambungan. Dalam perencanaan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku yang timbul tidak menimbulkan pengaruh buruk terhadap struktur lain. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan berikut:

- Gaya-dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan;
- Deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan;
- Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya.

3.3.9.1 Sambungan Baut

- Kontrol jarak baut : (SNI 03:1729:2002 Ps. 13.4)
 - Jarak tepi minimum = 1,5db
 - Jarak tepi maksimum = (4tp + 100 mm) atau 200 mm
 - Jarak minimum antar baut = 3db
 - Jarak maksimum antar baut = 15tp atau 200 mm
- Kekuatan rencana baut
- a. Kekuatan rencana geser baut

$$\phi V_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \quad (3.76)$$

Dimana :

- m = jumlah bidang geser
 r_1 = 0,50 (tanpa ulir pada bidang geser baut)
 0,40 (ada ulir pada bidang geser baut)
 f_u^b = tegangan tarik putus baut
 A_b = luas bruto penampang baut

- b. Kekuatan rencana tumpu baut dengan plat

$$\phi_f Rn = \phi_f \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (3.77)$$

Dimana :

- d_b = diameter nominal baut t_p = tebal plat
 f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan plat
 ϕ_f = faktor reduksi (0,75)

- Kekuatan baut memikul beban tarik

Kekuatan rencana tarik dari baut :

$$\phi_f Tn = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (3.78)$$

Dimana :

- f_u^b = tegangan tarik putus baut
 A_b = luas bruto penampang baut
 ϕ_f = faktor reduksi (0,75)

- Baut mutu tinggi tipe gesek

- a. Baut hanya menerima beban geser (V_u)

Kuat geser nominal :

$$\phi Vn = \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot T_b \cdot m \quad (3.79)$$

Dimana :

- μ = koefisien geser
 m = jumlah bidang geser
 T_b = gaya tarik minimum
 ϕ = 1 (untuk lubang standar)
 0,85 (untuk lubang selot pendek dan lubang besar)
 0,70 (untuk lubang selot panjang \pm arah kerja beban)
 0,60 (untuk lubang selot panjang // arah kerja beban)

- b. Baut menerima beban kombinasi geser (V_u) dan tarik (T_u)

Disamping beban geser (V_u), baut juga menerima beban tarik (T_u), maka kuat geser nominal direduksi sebagai berikut :

$$Vd = \phi Vn \left[1 - \frac{Tu}{1,13Tb} \right] \quad (3.80)$$

- Sambungan Sendi (*Simple Connection*)

Sambungan simple connection ini direncanakan pada hubungan balok induk dengan balok anak.

a. Baut A

Baut tipe tumpu

Kuat geser :

$$\phi Rn = 0,8.r_1.f_u^b.A_b.m \quad (3.81)$$

Dimana :

m = jumlah bidang geser

r₁ = 0,50 (tanpa ulir pada bidang geser baut)

0,40 (ada ulir pada bidang geser baut)

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut

Kuat tumpu :

$$\phi Rn = 0,8.2.4.F_u.d_b.t_p \quad (3.82)$$

Dimana :

d_b = diameter nominal baut

t_p = tebal plat (diambil yang terkecil dari tebal profil siku (t) dengan tebal web profil WF (tw))

f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan plat

φRn = diambil harga terkecil dari kuat geser dan kuat tumpu.

Baut tipe gesek

$$\phi Vn = \phi.1,13.\mu.T_b.m \quad (3.83)$$

Dimana :

μ = koefisien geser (0,35)

m = jumlah bidang geser

T_b = gaya tarik minimum

φ = 1 (untuk lubang standar)

b. Baut B

φRn = diambil harga terkecil dari:

$$\text{Geser} \quad : \phi Rn = 0,8.r_1.f_u^b.A_b.m \quad (3.84)$$

$$\text{Tumpu} \quad : \phi Rn = 0,8.2,4.F_u.d_b.t_p \quad (3.85)$$

- Sambungan kaku (*Rigid Connection*)

Sambungan *rigid connection* ini direncanakan pada hubungan balok induk dengan kolom.

Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban geser (Pu) diterima sambungan pada badan (profil dobel siku)
- Beban momen (Mu) diterima oleh sayap balok yang kemudian diteruskan ke baja, lalu ke kolom (profil T)

$$2T = \frac{M_u}{d_b} \quad (3.86)$$

Dimana :

Db = jarak antara 2T atas dengan 2T bawah

Mu = adalah momen yang bekerja pada sambungan

Akibat gaya tarik 2T pada badan atau T pada satu flens, ujung flens menumpu pada kolom mengakibatkan flens kolom menjungkit. Maka timbul gaya Q (*Prying Force*). Gaya pada baut bertambah Q menjadi :

$$B = T + Q \quad (3.87)$$

3.3.9.2 Sambungan Las

a. Tebal Rencana Las

Tebal rencana las tumpul dibagi menjadi 2 jenis, yaitu las tumpul penetrasi penuh dan las tumpul penetrasi sebagian sebagaimana diatur dalam SNI 1729:2015 bab J mengenai desain sambungan las.

b. Las Sudut

Ukuran minimum las sudut, selain dari las sudut yang digunakan untuk memperkuat las tumpul, ditetapkan sesuai tabel berikut :

Tabel III-12 Tabel Penentuan Tebal Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal , t (mm)	Tebal minimum las sudut, tw (mm)
$t < 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
15T	6

c. Kekuatan Las Sudut

Kekuatan las sudut harus mampu memikul gaya terfaktor per satuan panjang las (R_u). Kekuatan las sudut harus mampu menahan R_u dengan batasan:

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

Dimana :

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \text{ (las)} \quad (3.88)$$

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_u) \text{ (bahan dasar)} \quad (3.89)$$

Keterangan :

f_{uw} = tegangan tarik putus logam las

f_u = tegangan tarik putus bahan dasar

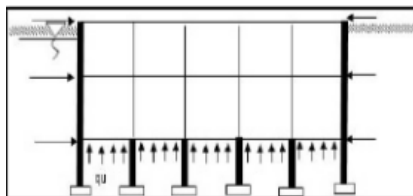
t_e = tebal efektif las (mm)

3.3.10 Perencanaan Basement

3.3.10.1 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. dan dapat diperoleh tulangan berapa yang dipergunakan :

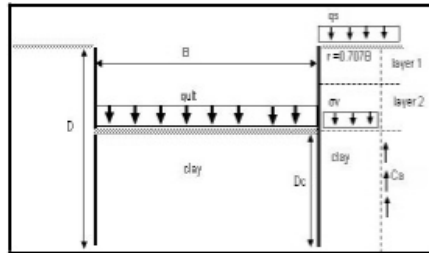
$$\frac{M_u}{\rho \times b \times x \times d} = A_s \text{ tulangan} \quad (3.93)$$



Gambar III.9 Permodelan gaya uplift pelat basement

3.3.10.2 Kontrol Terhadap Bahaya Behaving

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 kontrol kedalaman dinding terhadap bahaya *heave*.



Gambar III.10 Permodelan Heaving

3.3.11 Perencanaan Pondasi

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

3.3.11.1 Perencanaan Tiang Pancang

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

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (3.94)$$

Dimana:

Q_{ult} = Ultimate pile capacity

Q_e = End-bearing capacity

Q_f = Side friction capacity

W = Berat tiang

Besarnya Q_e dapat ditentukan dengan menggunakan teori daya dukung sebagai berikut:

$$Q_e = \Delta(CN_c + \sigma_v N_q + 0,5 \gamma DN\gamma) \quad (3.95)$$

Dimana:

Δ = Luas dasar penampang tiang

c = cohesi

σ_v = Tegangan vertikal tanah pada dasar tiang

γ = Berat volume tanah

D = Diameter tiang

N_c, N_q, N_γ = Faktor- faktor daya dukung

Sedangkan besarnya Q_f menggunakan rumus:

$$Q_f = \int_0^L \phi \tau dz = \int_0^L \phi (Ca + k\sigma_v \tan \phi_a) dz \quad (3.96)$$

Dimana:

τ_a = Kekuatan geser tanah

Ca = Kekuatan tekanan tanah

σ_n = Tegangan normal antara tiang dan tanah

ϕ_a = Sudut geser antara tiang dan tanah

sehingga kapasitas daya dukung tiang berdiri sendiri adalah:

$$Q_{ult} = \Delta(CN_c + \sigma_v N_q + 0,5 \gamma DN\gamma) + \int_0^L \phi (Ca + k\sigma_v \tan \phi_a) dz - W \quad (3.97)$$

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

Perumusan efisiensi kelompok yang dipakai dengan menggunakan persamaan konversi Labarre:

$$E_k = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \quad (3.98)$$

Dimana:

m = Jumlah tiang dalam baris

n = Jumlah tiang dalam kolom

θ = Arc tg D/s (dalam derajat)

D = Diameter tiang

s = jarak antara pusat ke pusat tiang

Perkiraan jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (3.99)$$

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

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > P_{ijin} \quad (3.100)$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (3.101)$$

Dimana:

n = Jumlah tiang pancang

M_x = Momen yang bekerja pada arah X

M_y = Momen yang bekerja pada arah Y

X_{max} = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X

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

Σx^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu X

Σy^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu y

Untuk perhitungan jarak tiang ditentukan dengan persyaratan:

- Untuk jarak as ke as tiang pancang

$$2D < S < 2,5D \quad (3.102)$$
- Untuk jarak as tiang pancang ke tepi poer

$$1,5D < S_1 < 2D \quad (3.103)$$

3.3.11.2 Perencanaan Pilecap

a. Kontrol tebal minimum poer

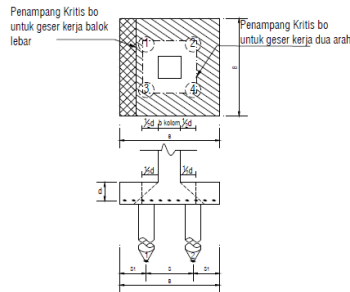
Menurut SNI 03-2847-2013 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

b. Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

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

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

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2}d$ dari muka kolom yang dipikul pondasi.



Gambar III.11 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom

c. Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.104)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.105)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.106)$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \quad (3.107)$$

d. Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.108)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda\sqrt{f'_c}b_o d \quad (3.109)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda\sqrt{f'_c}b_o d \quad (3.110)$$

$$V_c = 0,33\lambda\sqrt{f'_c}b_o d \quad (3.111)$$

Keterangan:

Bc = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

α = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

= 20 untuk kolom sudut

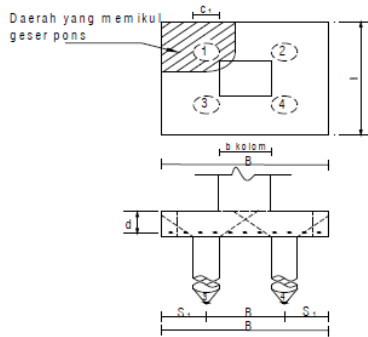
B0 = Parameter penampang kritis

d = Tinggi manfaat pelat

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

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat

pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.7 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar III.12 Kontrol Geser Pons Pada
Poer Akibat Tiang Pancang

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.112)$$

Dimana V_c diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.113)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.114)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.115)$$

3.3.12 Penggambaran Hasil Perencanaan

Hasil modifikasi perencanaan struktur dituangkan dalam gambar teknik sesuai hasil perhitungan dengan menggunakan software bantu AutoCAD.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

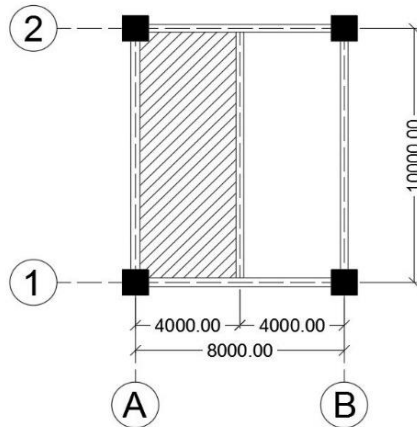
4.1 Perencanaan Struktur Sekunder

4.1.1 Perencanaan Pelat

Perencanaan lantai yang ada pada gedung ini menggunakan bondex dengan tabel perencanaan praktis yang ada dari super floor deck. Struktur lantai direncanakan menggunakan baris penyangga (one row props) selama proses pengerasan pelat beton. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Bondex menggunakan Tebal 1 mm
- Beton menggunakan mutu $f'_c = 30$ MPa
- Mutu baja tulangan $f_u = 480$ Mpa

4.1.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Atap



Gambar IV.1 Denah Pelat Lantai Atap
(sumber : Penulis)

Beban mati:

- Berat aspal 2 cm	= 28 kg/m ²
- Berat plafond + penggantung	= 18 kg/m ²
- Berat ducting dan plumbing	= 25 kg/m ² +
q_{Dtotal}	= 71 kg/m ²

Beban hidup:

- Lantai atap $q_{\text{Lantai}} = 97,893 \text{ kg/m}^2$

Beban berguna:

- $Q_U = q_D + q_L$
 $= 71 + 97,893$
 $= 168,893 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang = 4 m

- Beban berguna = 200 kg/m^2

Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 10 cm, dan tulangan negatif $1,07 \text{ cm}^2/\text{m}$

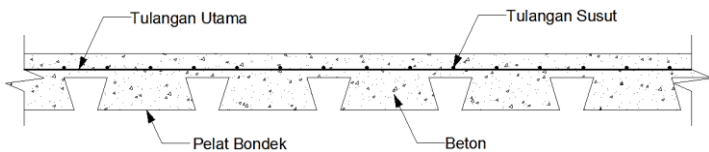
Digunakan tulangan $\emptyset 6$ ($A_s = 0,238 \text{ cm}^2$)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah:

- $n = \frac{1,07}{0,238} = 4,496 \text{ buah} = 5 \text{ buah}$

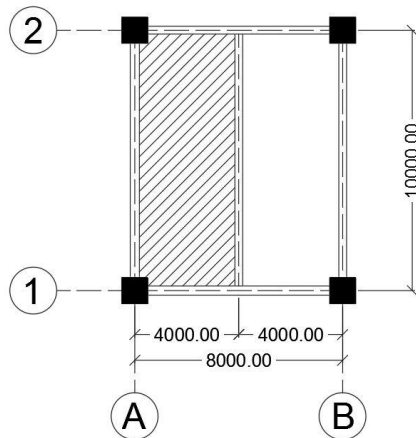
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$

- Jadi digunakan wire mesh $\emptyset 6$ sebagai tulangan negatif dan tulangan susut dengan jarak antar tulangan 200 mm



Gambar IV.2 Denah Penulangan Pelat Lantai Atap
 (sumber : Penulis)

4.1.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Gedung



Gambar IV.3 Denah Pelat Lantai Gedung
(sumber : Penulis)

Beban mati:

- Berat spesi 2 cm = 42 kg/m²
 - Berat keramik = 24 kg/m²
 - Berat plafond + penggantung = 18 kg/m²
 - Berat ducting dan plumbing = 25 kg/m² +
-
- $q_{Dtotal} = 109 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup:

- Lantai perkantoran $q_{Latap} = 195,786 \text{ kg/m}^2$

Beban berguna:

- $Q_U = q_D + q_L$
 $= 109 + 195,786$
 $= 304,786 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

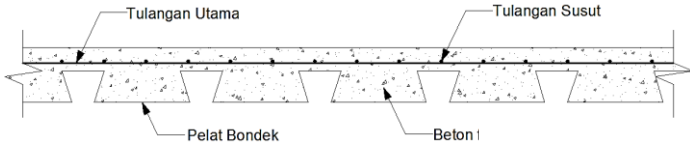
Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang = 4 m
- Beban berguna = 400 kg/m²
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 10 cm, dan tulangan negatif 1,07 cm²/m

Digunakan tulangan Ø6 ($A_s = 0,238 \text{ cm}^2$)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah:

- $n = \frac{1,07}{0,238} = 4,496$ buah = 5 buah
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{5} = 200$ mm
- Jadi digunakan wire mesh Ø6 sebagai tulangan negatif dan tulangan susut dengan jarak antar tulangan 200 mm



Gambar IV.4 Denah Penulangan Pelat
(sumber : Penulis)

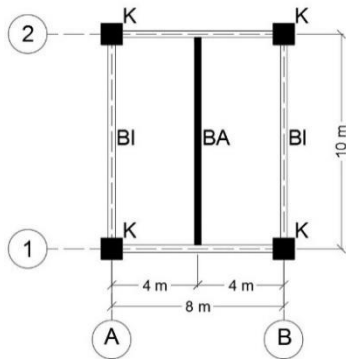
4.1.2 Perencanaan Balok Anak

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 Atap

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 450 x 300 x 10 x 15, dengan data- data sebagai berikut:

d	$= 434$ mm	i_x	$= 18,6$ cm
bf	$= 299$ mm	i_y	$= 7,04$ cm
tf	$= 15$ mm	Z_x	$= 2287$ cm ³
tw	$= 10$ mm	Z_y	$= 681$ cm ³
A	$= 135$ cm ²	S_x	$= 2160$ cm ³
q	$= 106$ kg/m	S_y	$= 448$ cm ³
I_x	$= 46800$ cm ⁴	r	$= 24$ cm
I_y	$= 6690$ cm ⁴	h	$= d - 2(tf+r)$
F_y	$= 250$ Mpa (BJ-41)		$= 356$ mm



Gambar IV.5 Denah Balok Anak Atap
(sumber : Penulis)

Pembebanan pada balok anak lantai atap

Beban mati

Berat pelat bondek	= 10,1 kg/m ²
Berat aspal (2cm) 2 x 14	= 28kg/m ²
Berat beton (10 cm) 0,1x 2400	= 240 kg/m ²
Berat plafond + penggantung 11 + 7	= 18kg/m ²
Berat ducting dan plumbing	= <u>25kg/m²</u>
	= 321,1 kg/m ²

Berat perhitungan pelat lantai

$$321,1 \text{ kg/m}^2 \times 4 \text{ m} = 1284,4 \text{ kg/m}$$

Berat profil

$$= \underline{106 \text{ kg/m}}$$

$$q_D = 1390,4 \text{ kg/m}$$

Beban hidup SNI 1727-2013

$$q_L = 4 \text{ m} \times 97,89 \text{ kg/m}^2 = 391,6 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor :

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

$$= 1,2 \cdot 1390,4 + 1,6 \cdot 391,6 = 2294,99 \text{ kg/m}$$

Gaya dalam pada balok anak lantai atap

Momen yang terjadi

$$M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2294,99 \times 10^2$$

$$= 28687,421 \text{ kg.m}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 2294,99 \times 10$$

$$= 11474,968 \text{ kg}$$

Kontrol tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{299}{2(15)} = 9,97$$

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

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

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{356}{10} = 35,6$$

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

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 32,4 < 106,25 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2549,29 \cdot 2287 = 5830227,45 \text{ kg.cm}$$

$$= 58303,27 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 58303,27$$

$$= 52472 \text{ kg.m} > 28687,421 \text{ kg.m} \dots \text{OK!}$$

Kontrol tekuk lateral

Jarak pengaku lateral (L_b) = 100 cm.

$$L_p = 350,453 \text{ cm}$$

$$L_r = 1023,583 \text{ cm}$$

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

Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

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

karena $\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \quad 32,4 < 69,57 \rightarrow$ Plastis

maka $V_n = 0,6 f_y A_w$

$$= 0,6 \times 2549,29 \times (43,4 \times 1) = 66383,5 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \cdot 66383,5 \text{ kg}$$

$$= 59745,2 \text{ kg} > 11474,97 \text{ kg} \rightarrow \text{OK !}$$

Kontrol lendutan

$$L = 1000 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1000}{360} = 2,778 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(3,91571 + 13,904) \times 1000^4}{20039432,43 \times 46800}$$

$$= 2,479 \text{ cm}$$

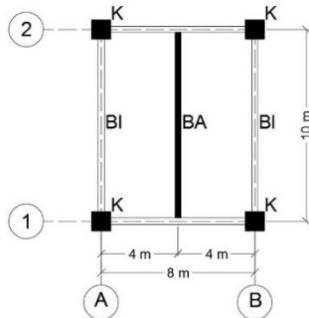
$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 2,479 \text{ cm} < 2,778 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}$$

“ Profil WF 450 x 300 x 10 x 15 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap ”

4.1.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai

Balok anak yang terletak pada lantai akan difungsikan sebagai perkantoran direncanakan menggunakan profil WF 450 x 300 x 11 x 18, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 440 mm	ix	= 18,6 cm
bf	= 300 mm	iy	= 7,04 cm
tf	= 18 mm	Zx	= 2728 cm ³
tw	= 11 mm	Zy	= 822 cm ³
A	= 157,4 cm ²	Sx	= 2550 cm ³
q	= 124 kg/m	Sy	= 510 cm ³
Ix	= 56100 cm ⁴	r	= 24 cm
Iy	= 8110 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 356 mm



Gambar IV.6 Denah Balok Lantai Gedung
(sumber : Penulis)

- **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 0,1 x 2400	= 240 kg/m ²
Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18 kg/m ²
Berat ducting dan plumbing	<u>= 25 kg/m²</u>
	= 359,10 kg/m ²
359,10 kg/m ² x 4 m	= 1436,4 kg/m
Berat profil	<u>= 124,0 kg/m</u>
q_D	= 1560,4 kg/m
 - **Beban hidup (SNI 1727:2013)**
 - $q_L = 4 \text{ m} \times 195,786 \text{ kg/m}^2 = 783,14 \text{ kg/m}$
 - **Beban berfaktor :**

q_U	= 1,2 . q_D + 1,6 . q_L
	= 1,2 . 1560,4 + 1,6 . 783,14 = 3125,507 kg/m
 - **Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok**
 - **Momen:**

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 3125,507 \cdot 10^2 = 39068,841 \text{ kg} \cdot \text{m}$$
 - **Gaya Geser:**

$$Vu = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 3125,507 \cdot 10 = 15627,54 \text{ kg}$$

- Kontrol Tekuk Lokal

- Pelat sayap:

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \cdot 18} = 8,33$$

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

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

- Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 32,36$$

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

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

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2728 \text{ cm}^3 \times 2549,29 \text{ kg/m}^2$$

$$= 6954464,6 \text{ kg.cm} = 69544,6 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 69544,6$$

$$= 62590,2 \text{ kg.m} > 39068,8 \text{ kg.m} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$\text{Jarak penahan lateral (Lb)} = 100 \text{ cm}$$

$$L_p = 357,423 \text{ cm} \text{ Dari Tabel (Lp \& Lr)}$$

$$L_r = 1118,741 \text{ cm}$$

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

- Kontrol Geser

$$V_u = 15627,5 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{356}{11} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$32,36 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

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

$$= 0,6 \times 2549,29 \times (44 \times 1,1) = 74031,4 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \cdot 74031,4 \text{ kg}$$

$$= 66628,3 \text{ kg} > 15627,5 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

- Lendutan

$$L = 1000 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1000}{360} = 2,778 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(7,831 + 15,604) \times 1000^4}{20039432,43 \times 56100}$$

$$= 2,667 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 2,667 \text{ cm} < 2,778 \text{ cm} \rightarrow \text{OK !}$$

“ Profil WF 450 x 300 x 11 x 18 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai gedung”

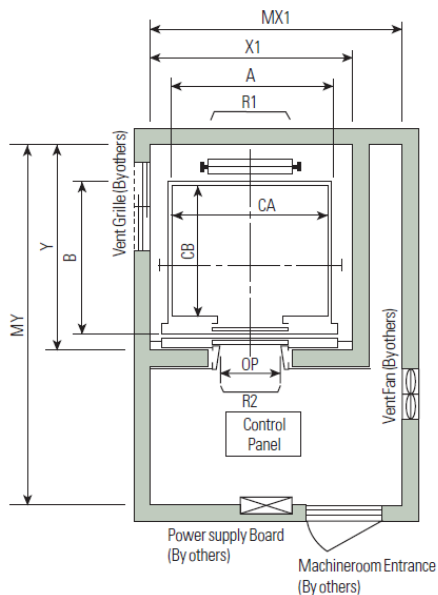
4.1.3 Perencanaan Lift

Pada perencanaan balok lift ini akan dilakukan perencanaan pada balok dimana lift akan digantung / ditempatkan yang terletak pada bagian paling atas gedung.

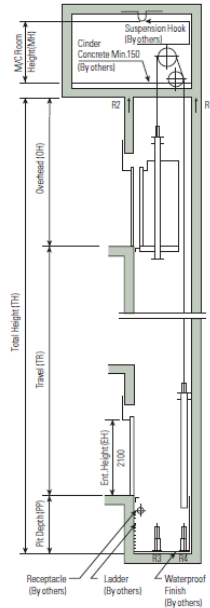
4.1.3.1 Spesifikasi Lift

Pada gedung ini menggunakan lift penumpang dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

- Tipe lift : *Luxen*
- Merk : **HYUNDAI ELEVATOR**
- Kapasitas : 15 Orang / 1150 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 1000 mm
- Dimensi ruang sangkar
 - Internal : 1800 x 1400 mm²
 - Eksternal : 1260 x 1570 mm²
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 1 Car : 2350 x 2100 mm²
- Dimensi ruang mesin : 2600 x 3800 mm²
- Beban reaksi ruang mesin : $R_1 = 6600$ kg
 $R_2 = 5100$ kg



Gambar IV.7 Potongan Atas Lift
(*sumber : Hyundai passenger elevator catalogue*)



Gambar IV.8 Potongan Melintang Lift
(sumber : Hyundai passenger elevator catalogue)

4.1.3.2 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 300 mm	ix	= 12,5 cm
bf	= 200 mm	iy	= 4,71 cm
tf	= 12 mm	Zx	= 823 cm ³
tw	= 8 mm	Zy	= 244 cm ³
A	= 72,38 cm ²	Sx	= 771 cm ³
q	= 56,8 kg/m	Sy	= 160 cm ³
Ix	= 11300 cm ⁴	r	= 18 cm
Iy	= 1600 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 288 mm

- Pembebanan

Beban terpusat *lift* (P)

$$k_1 = 0.6$$

$$k_2 = 1.3$$

$$v = 1$$

$$\Psi = 1 + k_1 + k_2 + v = 1 + 0.6 + 1.3 + 1 = 1.78$$

$$PU_1 = R_1 \cdot \Psi = 6600 \times \Psi = 13200 \text{ kg (maksimum)}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot \Psi = 5100 \times \Psi = 10200 \text{ kg}$$

$$PU = 13200 \text{ kg}$$

Beban mati merata (q_D)

$$\text{Berat sendiri profil} = 56,8 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Sambungan (10\% \times q)} = \underline{5,68 \text{ kg/m} +}$$

$$q_{D\text{total}} = 62,48 \text{ kg/m}$$

Beban hidup merata (q_L)

Digunakan untuk *maintenance*

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

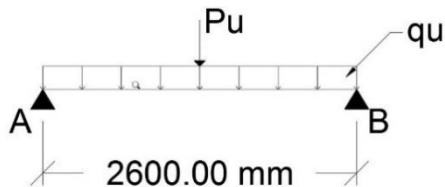
$$q_L = 100 \times 1 = 100 \text{ kg/m}^2$$

Beban merata ultimate (q)

$$q = 1.2 \times q_D + 1.6 \times q_L$$

$$= 1.2 \times 62,48 + 1.6 \times 100 = 234.976 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan reaksi perletakan



Gambar IV.9 Sketsa Pembebanan Balok Penggantung Lift
(sumber : Penulis)

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_B \times 3 - \frac{1}{2} \times q \times 3^2 - PU \times 1.5 = 0$$

$$R_B = \frac{\frac{1}{2} \times 234,976 \times 2,6^2 + 13200 \times 1.3}{2,6} = 6905,47 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \times 3 - \frac{1}{2} \times q \times 3^2 - PU \times 1.5 = 0$$

$$R_A = \frac{\frac{1}{2} \times 234,976 \times 2,6^2 + 13200 \times 1.3}{2,6} = 6905,47 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = R_A + R_B - q \times 2,6 - PU$$

$$= 6905,47 + 6905,47 - 234,976 \times 2,6 - 13200$$

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

- Perhitungan gaya dalam

Karena beban simetris gaya momen maksimum terletak pada tengah bentang, dan gaya geser maksimum terletak pada perletakan

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{8} \times q \times L^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times L$$

$$= \frac{1}{8} \times 234,976 \times 2,6^2 + \frac{1}{4} \times 13200 \times 2,6$$

$$= 8778,55 \text{ kg m}$$

$$V_{\text{maks}} = R_A = 6905,47 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

Sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 12} = 8.333$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$$\left. \vphantom{\lambda_p} \right\} \frac{b_f}{2t_f} < \lambda_p$$

Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{240}{8} = 30$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$$\left. \vphantom{\lambda_p} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

profil tersebut termasuk penampang kompak, sehingga

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$M_n = 823 \times 2549,29 = 2098066 \text{ kgcm} = 20980,66 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u \rightarrow \emptyset = 0.9$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 20980,66 = 18882,59 \text{ kg.m}$$

$$M_u = 8775,55 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u \dots (\text{OK})$$

- Kontrol tekuk lateral

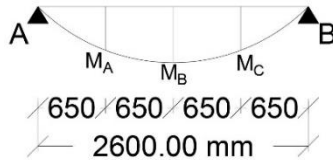
$$L_b = 260 \text{ cm (panjang bentang)}$$

$$L_p = 234,465 \text{ cm}$$

$$L_r = 742,890 \text{ cm}$$

$L_b < L_p < L_r =$ bentang menengah, sehingga :

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



Gambar IV.10 Diagram Momen Balok Penggantung Lift
(sumber : Penulis)

$$M_{\max} = M_B = 8778,55 \text{ kgm}$$

$$M_A = M_C$$

$$= R_A \times L/4 - \frac{1}{2} \times q \times L/4^2$$

$$= 6905,47 \times 2,6/4 - \frac{1}{2} \times 234,976 \times 2,6/4^2$$

$$= 4438,92 \text{ kgm}$$

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

$$C_b = \frac{12,5 \times 8778,55}{2,5 \times 8778,55 + 3 \times 4438,92 + 4 \times 8778,55 + 3 \times 4438,92} \leq 2,3$$

$$C_b = 1.311 < 2.3 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$M_p = Z_x \times f_y = 823 \times 2549.29 \\ = 2098065,67 \text{ kgcm} = 20980,7 \text{ kgm}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r) = 771 \times (2549.29 - 700) \\ = 1425802,59 \text{ kgcm} = 14258 \text{ kgm}$$

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

$$M_n = 1.311 \left[14258 + (20980,7 - 14258) \frac{742,9 - 260}{742,9 - 234,5} \right]$$

$$M_n = 27065,2 \text{ kgm} > M_p = 20980,7 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 27065,2 = 24358,7 \text{ kgm}$$

$$M_u = 8778,55 \text{ kgm} < \emptyset M_n = 11976,6 \text{ kgm} \dots \mathbf{OK}$$

- Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{240}{8} = 30$$

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

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 30 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = 69,57 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

Kondisi plastis, sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v \\ = 0,6 \times 2549.29 \times (30 \times 0,8) \times 1 \\ = 36709,8 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 36709,8 = 33038,8 \text{ kg}$$

$$V_u = 6905,47 \text{ kg} < \emptyset V_n \dots \mathbf{OK}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{260}{360} = 0.722 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5((q_D + q_L)/100)l^2}{384 \cdot EI_x} + \frac{P \cdot l^2}{48 EI_x} \\ = \frac{5((62,48 + 100)/100)260^4}{384 \times 2039432 \times 11300} + \frac{13200 \times 260^3}{48 \times 2039432 \times 11300} \\ = 0.0042 + 0.2097 \\ = 0.214 \text{ cm} < f_{ijin} \dots \mathbf{OK}$$



Gambar IV.11 Analisa Lendutan Balok Penggantung Lift
(sumber : Penulis)

“ Profil WF 300 x 200 x 8 x 12 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift”

4.1.4 Perencanaan Tangga

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

4.1.4.1 Data Tangga Lantai

- Tinggi antar lantai = 350 cm
- Tinggi bordes = 175 cm
- Lebar bordes = 100 cm
- Panjang tangga = 300 cm
- Lebar tangga = 125 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi injakan (t) = 17,5 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm

- Perencanaan jumlah injakan tangga :
Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga

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

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

Dimana :

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

- Perhitungan jumlah injakan tangga

Tinggi injakan (t) = 17,5 cm

Jumlah tanjakan = $\frac{(350/2)}{17,5}$ = 11 buah

Jumlah injakan (n) = 11 - 1 = 10 buah

$60 \text{ cm} \leq (2 \times 17,5 + 30) \leq 65 \text{ cm}$

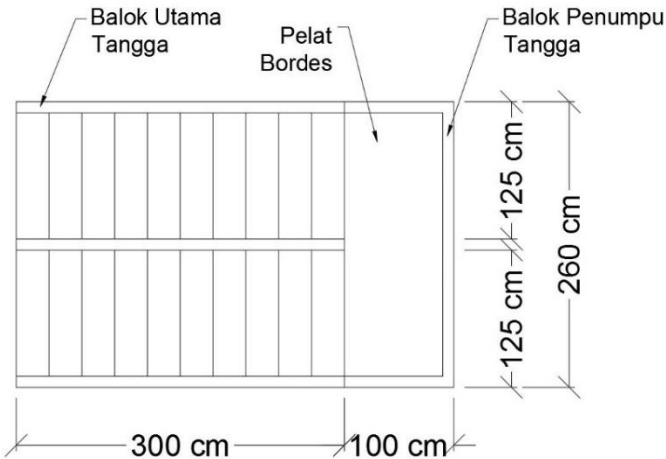
$60 \text{ cm} \leq (65) \leq 65 \text{ cm} \dots \text{OK !}$

Lebar bordes = 100 cm

Lebar tangga = 125 cm

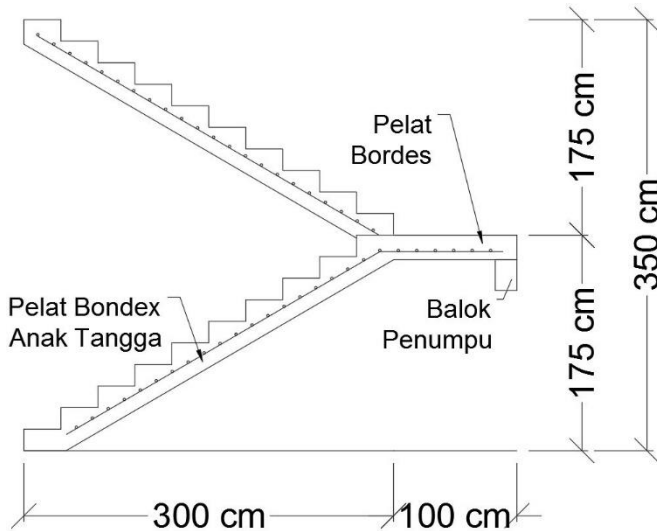
$a = \text{arc tg} \left(\frac{175}{300} \right) = 30,3^\circ$

$25^\circ < 30,3^\circ \leq 40^\circ \dots \text{OK !}$



Gambar IV.12 Denah Tangga

(sumber : Penulis)



Gambar IV.13 Potongan Tangga
(sumber : Penulis)

4.1.4.2 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Berat jenis baja = 7850 kg/m^3

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

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

a. Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

Berat keramik = $(0,175 + 0,3/0,3) \times 24 = 36 \text{ kg/m}^2$

Berat spesi = $0,175 + 0,3/0,3 \times 21 = 33,25 \text{ kg/m}^2$

$$q_D = 71,25 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

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

Beban berguna = $q_D + q_L = 559,69 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$

b. Perencanaan Bondek

Bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga.

Bentang = 125 cm

Tebal pelat beton = 9 cm

Tulangan Negatif = 1,11 cm²/m

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

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

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

“Jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 330”

4.1.4.3 Perencanaan Pelat Bordes

- a. Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban Mati

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

$$\text{Berat spesi} = \frac{1 \times 21}{3} = 7 \text{ kg/m}^2$$

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

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

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

- b. Perencanaan Bondek

Bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga.

Bentang = 125 cm

Tebal pelat beton = 9 cm

Tulangan Negatif = 1,11 cm²/m

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

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

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

“Jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 330”

4.1.4.4 Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 x 150 x 6 x 9, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d &= 194 \text{ mm} & i_x &= 8,3 \text{ cm} \\
 bf &= 150 \text{ mm} & i_y &= 3,61 \text{ cm} \\
 tf &= 9 \text{ mm} & Z_x &= 296 \text{ cm}^3 \\
 tw &= 6 \text{ mm} & Z_y &= 103 \text{ cm}^3 \\
 A &= 39,01 \text{ cm}^2 & S_x &= 277 \text{ cm}^3 \\
 q &= 30,6 \text{ kg/m} & S_y &= 67,6 \text{ cm}^3 \\
 I_x &= 2690 \text{ cm}^4 & r &= 13 \text{ cm} \\
 I_y &= 507 \text{ cm}^4 & h &= d - 2(tf+r) \\
 F_y &= 250 \text{ Mpa (BJ-41)} & &= 152 \text{ mm} \\
 \text{Tebal pelat anak tangga} &= 9 \text{ cm} \\
 \text{Tebal rata-rata (tr)} &= (30/2) + \sin(30,3^\circ) = 7,56 \text{ cm} \\
 \text{Tebal total} = 9 + 7,56 &= 16,56 \text{ cm} = 0,1656 \text{ m}
 \end{aligned}$$

a. Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat } 0,16 \times 0,125 / 2 \times 2400 / \cos 30,3 &= 287,54 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat bondek } 10,1 \times 0,125 / 2 / \cos 30,3 &= 7,308 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat keramik } 38,125 / 2 &= 23,75 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat spesi } 38 \times 0,155 / 2 &= 20,78 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat railing tangga} &= 10 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat balok} &= 30,6 \text{ kg/m} + \\
 &= 379,98 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan 10\%} &= 37,99 \text{ kg/m} + \\
 q_{D1} &= 417,98 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 488,44 \times 0,125 / 2 = 305,28 \text{ kg/m}$$

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

$$= 1,2 \times 417,98 + 1,6 \times 305,28 = 990,02 \text{ kg/m}$$

b. Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat } 0,09 \times 0,125 / 2 \times 2400 &= 135 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat bondek } 10,1 \times 0,125 / 2 &= 6,313 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat keramik } 24 \times 0,125 / 2 &= 15 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat spesi } 21 \times 0,125 / 2 &= 13,125 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

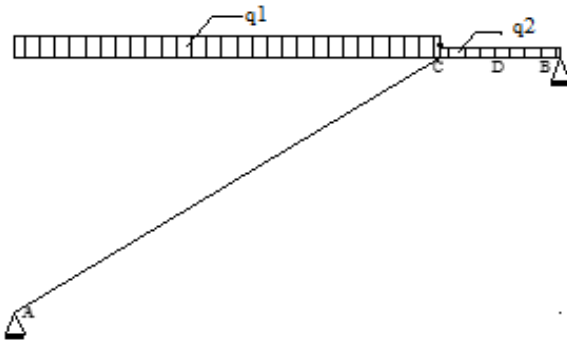
$$\begin{aligned}
 \text{Berat railing tangga} &= 10 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat balok} &= 30,6 \text{ kg/m} + \\
 &= 210,04 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat penyambung 10\%} &= 21,004 \text{ kg/m} + \\
 q_{D2} &= 231,04 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_{L2} = 488,44 \times 0,125/2 = 305,28 \text{ kg/m}$$

$$q_{U2} = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 231,04 + 1,6 \times 305,28 = 765,69 \text{ kg/m}$$



Gambar IV.14 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga
(sumber : Penulis)

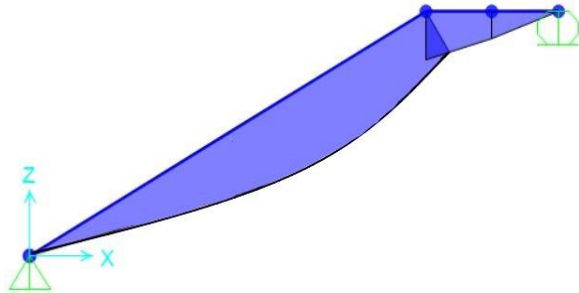
c. Perhitungan pembebanan

Analisa pembebanan dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP2000 dan didapatkan gaya dalam sebagai berikut:

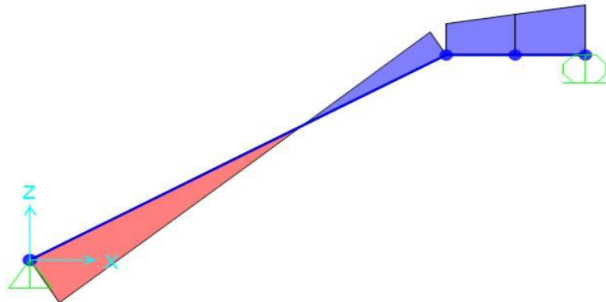
Momen Maksimum : 2274,24 kg.m

Geser Maksimum : 2125,24 kg

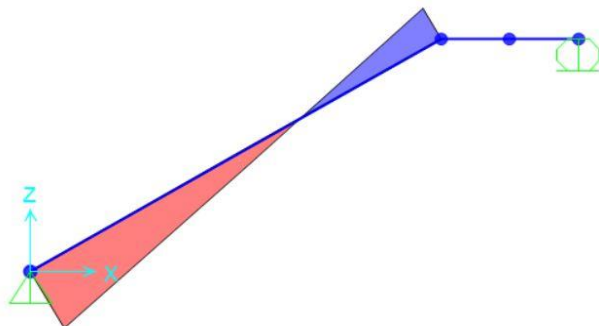
Tekan Maksimum : -1239,72 kg



Gambar IV.15 Bidang M balok tangga
(sumber : Penulis)



Gambar IV.16 Bidang D balok tangga
(sumber : Penulis)



Gambar IV.17 Bidang N balok tangga
(sumber : Penulis)

d. Kontrol penampang profil

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,333$$

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

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

Pelat badan :

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

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

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

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 296 = 754590 \text{ kg.cm} \\ &= 7545,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7545,9 \\ &= 6791,31 \text{ kg.m} \geq 2274,24 \text{ kg.m} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

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

$$L_p = 179,707 \text{ cm}$$

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

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

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 296 = 754590 \text{ kg.cm} \\ &= 7545,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7545,9 \\ &= 6791,31 \text{ kg.m} \geq 2274,24 \text{ kg.m} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

e. Kontrol kuat geser

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

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

maka $V_n = 0,6 f_y A_w$

$$= 0,6 \times 2549,29 \times (19,4 \times 0,6) = 17804,2 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 17804,2 \text{ kg}$$

$$= 16023,8 \text{ kg} \geq 2125,24 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

f. Kontrol lendutan

- Batang a-c

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{\sqrt{(300)^2 + (125)^2}}{360} = 0,9648 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,1963 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,1963 \text{ cm} < 0,9648 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

- Batang b-c

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1}{360} = 0,2778 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,0722$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,0722 \text{ cm} < 0,2778 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

“ Profil WF 200 x 150 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai balok utama tangga”

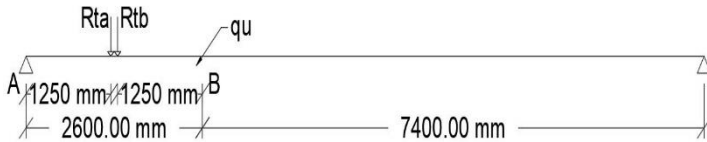
4.1.4.5 Balok Penumpu Tangga

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

D	= 194 mm	ix	= 8,3 cm
bf	= 150 mm	iy	= 3,61 cm
tf	= 9 mm	Zx	= 296 cm ³
tw	= 6 mm	Zy	= 103 cm ³
A	= 39,01 cm ²	Sx	= 277 cm ³
q	= 30,6 kg/m	Sy	= 67,6 cm ³
Ix	= 2690 cm ⁴	r	= 13 cm
Iy	= 507 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 150 mm

a. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (R_b) dan (R_a) 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 IV.18 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_a = 4644,74 \text{ kg}$$

$$R_b = 325,3 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

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

$$\text{Berat dinding CITICON}(t=0,175)$$

$$\begin{aligned} (600 \times 1 \times 3,5 \times 0,175)/2 &= 183,75 \text{ kg/m} + \\ &= 214,35 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan 10\%} &= 21,435 \text{ kg/m} + \\ &= 235,79 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Reaksi perletakan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_{vb} \cdot 10 - R_a \cdot 1,35 - R_b \cdot 1,25 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 10^2 = 0$$

$$\begin{aligned} R_{vb} &= \frac{4644,74 \times 1,35 + 325,3 \times 1,25 + \frac{1}{2} \times 235,79 \times 10^2}{10} \\ &= 1846,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_{va} \cdot 10 - R_a \cdot 8,75 - R_b \cdot 8,65 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 10^2 = 0$$

$$\begin{aligned} R_{va} &= \frac{4644,75 \times 8,75 + 325,3 \times 8,65 + \frac{1}{2} \times 235,79 \times 10^2}{10} \\ &= 5481,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\sum V &= R_{va} + R_{vb} - R_a - R_b - q \times 10 \\ &= 5481,26 + 1846,63 - 4644,74 - 325,3 - (235,79 \times 10) \\ &= 0 \dots \text{OK} !\end{aligned}$$

c. Momen maksimum
 $M_{\max} = 5397,81 \text{ kg.m}$

d. Gaya geser
 $V_U = R_{vb} = 1846,63 \text{ kg}$

e. Kontrol penampang profil
 Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap :

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

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

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

maka penampang kompak

Pelat badan :

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

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

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

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

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2549,26 \cdot 296 = 754589,998 \text{ kg.cm}$$

$$= 7545,9 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7545,9$$

$$= 6791,31 \text{ kg.m} \geq 5397,81 \text{ kg.m} \dots \text{OK} !$$

Kontrol terhadap tekuk lateral

$$L_b = 125 \text{ cm}$$

$$L_p = 179,707 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$, bentang pendek.

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

f. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kontrol Geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{150}{6} = 25 ; \frac{1100}{\sqrt{fy}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \rightarrow 25 < 69,57 \rightarrow \text{plastis}$$

maka $V_n = 0,6 fy A_w$

$$= 0,6 \times 2549,29 \times (19,4 \times 0,6) = 17804,2 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 17804,2 \text{ kg}$$

$$= 16023,8 \text{ kg} > 1846,63 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

g. Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1000}{360} = 2,7778 \text{ cm}$$

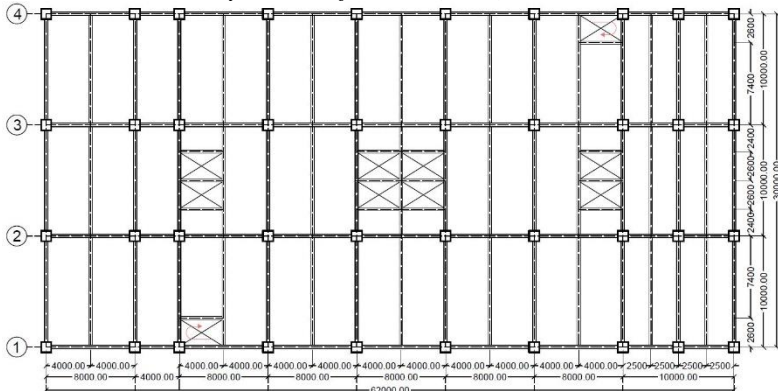
$$f^o = 1,1516 \text{ (didapatkan dari program bantu SAP200)}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 1,1516 \text{ cm} < 2,7778 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

“ Profil WF 200 x 150 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai balok penumpu tangga”

4.2 Analisa dan Permodelan Struktur

Permodelan struktur atas pada tugas akhir ini menggunakan sistem *centrically braced frames* (CBF). Sistem struktur CBF



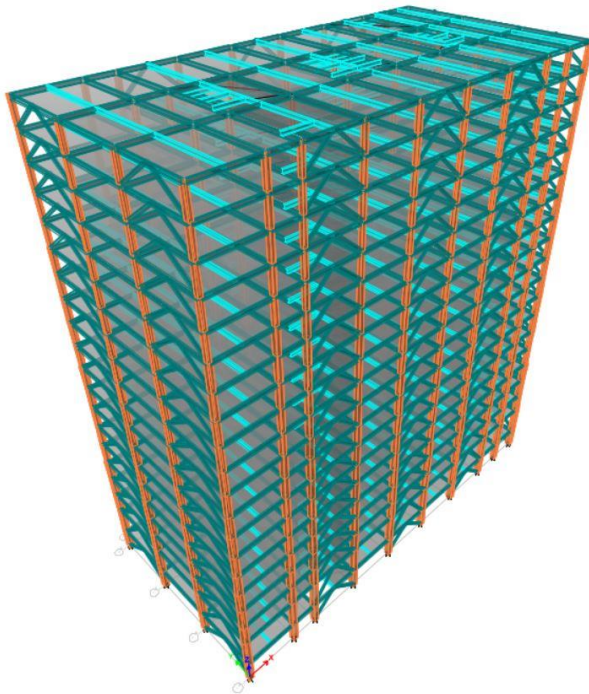
Gambar IV.19 Denah Struktur Gedung Apartemen

ini berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa bumi. Struktur yang akan direncanakan merupakan bangunan apartemen 19 lantai dengan tambahan 1 lantai basement, dengan denah rencana struktur adalah sebagai berikut:

(sumber : Penulis)

Pada gambar 4.19 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 ETABS. Pada program ETABS, struktur apartemen 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 ETABS:



Gambar IV.20 Permodelan Gedung Apartemen
(sumber : Penulis)

4.2.1 Data Gedung

Data-data perencanaan Gedung *One East Residence* Surabaya direncanakan dalam struktur adalah sebagai berikut :

- Mutu Baja : BJ41
- Mutu Beton : 30 MPa (sekunder)
: 40 MPa (Primer)
- Lebar : 30 m
- Panjang : 62 m
- Tinggi total : 71,5 m
- Tinggi antar lantai
 - Lantai basement : 3,5 m
 - Lantai 1 : 5 m

- Lantai 2-19 : 3,5 m
- Tebal pelat
 - Pelat atap : 10 cm
 - Pelat lantai : 10 cm
- Profil kolom
 - Lantai 1-5 : 80×80×4
 - Lantai 6-10 : 70×70×2.8
 - Lantai 11-15 : 60×60×1.9
 - Lantai 15-20 : 50×50×1.6
- Profil balok induk
 - Lantai 1-20 : 500×300×11×18
- Profil balok anak
 - Lantai 1-19 : 450×300×11×18
 - Lantai Atap : 450×300×10×15
- Profil balok tangga
 - Utama : 200×150×6×9
 - Penumpu : 200×150×6×9

4.2.2 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada SNI 1727-2013 dan dari brosur dengan rincian sebagai berikut:

4.2.2.1 Beban Mati

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 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 1 cm
- 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	kg/m ²
Berat Beton 0,1 x 2400	= 240	kg/m ²
Beban Aspal, t = 2cm = 2 x 14	= 28	kg/m ²
Beban rangka dan Plafon = (50+7)	= 18	kg/m ²
Ducting Plumbing	= 25	kg/m ²
	<u> </u>	
	= 321,1	kg/m ²

b. Pelat Lantai Gedung

Berat Pelat Bondek	= 10,1	kg/m ²
Berat Beton 0,1 x 2400	= 240	kg/m ²
Beban Spesi, t = 1 cm = 1 x 21	= 21	kg/m ²
Beban Keramik, t = 1 cm = 1 x 24	= 24	kg/m ²
Beban rangka dan Plafon = (11+7)	= 18	kg/m ²
Ducting Plumbing	= 25	kg/m ²
	<u> </u>	
	= 338,1	kg/m ²

4.2.2.2 Beban Hidup

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

Lantai atap	= 100 kg/m ²
Lantai apartemen	= 200 kg/m ²

4.2.2.3 Beban Gempa

Berdasarkan wilayah gempa, kota Surabaya termasuk dalam wilayah gempa zona 3. 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.

4.2.3 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 :

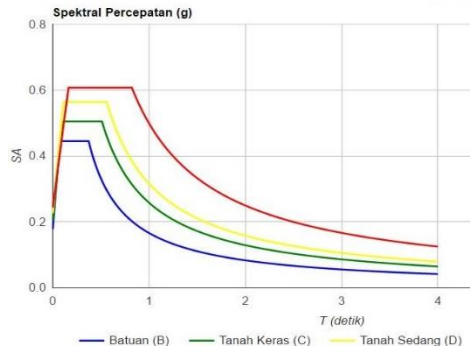
DL : Beban mati LL : Beban hidup
 E : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah
 Ω : Faktor kuat cadang struktur sebesar 2,2 sesuai tabel 15.2-1 SNI 1729-2015 untuk struktur rangka bresing konsentris

4.2.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Perencanaan struktur Gedung Apartemen *One East Residence* ini terdiri dari 20 tingkat dengan 1 basement yang memiliki ketinggian total 71,5 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.

Tabel IV-1 Parameter Respon Gempa Wilayah Malang Untuk Kelas Situs D (Tanah sedang)

PGA(g)	0,328	PSA (g)	0,328
S _S (g)	0,668	S _{MS} (g)	0,668
S _I (g)	0,249	S _{M1} (g)	0,249
C _{RS}	0,99	S _{DS} (g)	0,445
C _{R1}	0,927	S _{D1} (g)	0,166
F _{PGA}	1,000	T ₀ (detik)	0,075
F _A	1,000	T _S (detik)	0,373
F _V	1,000		



Gambar IV.21 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Surabaya
(sumber : Puskim.pu.go.id)

4.2.5 Faktor Reduksi Gempa

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

Tabel IV-2 Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa
(sumber : SNI:1726:2012)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_u (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan								
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB

4.2.6 Faktor Keutamaan

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 3.1 bangunan termasuk kategori II sehingga pada Tabel 3.2 diperoleh nilai $I_e = 1$.

4.2.7 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*)
- Kontrol sistem ganda (*Dual System*)

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 ETABS pada semua struktur gedung yang ditinjau dengan kombinasi 1D+1L. Hasil perbandingan analisa dengan ETABS dengan perhitungan manual tidak boleh melebihi batasan 5%.

Dari Analisa yang telah dilakukan, pada tabel 4.3 berikut adalah rekap pembebanan gravitasi pada gedung.

Tabel IV-3 Beban Gravitasi Tiap Lantai

Lantai	DD+DL	Lantai	DD+DL
Atap	939753.4289	10	1307611.637
19	1187409.429	9	1307611.637
18	1187409.429	8	1307611.637
17	1187409.429	7	1307611.637
16	1187409.429	6	1307611.637
15	1236259.909	5	1378641.813
14	1236259.909	4	1378641.813
13	1236259.909	3	1378641.813
12	1236259.909	2	1509440.229
11	1236259.909	1	1378641.813
Total Beban		Σ	25432756.35

Pembebanan yang diinputkan pada ETABS haruslah mendekati yang telah dihitung secara manual sehingga pembebanan pada ETABS dapat dikatakan benar. Berikut adalah pembebanan gravitasi yang didapatkan dari ETABS

Didapatkan total beban mati (DEAD dan DEAD++) dan beban hidup sehingga total beban gravitasi pada ETABS (1D+1L) sebesar 26410000.79 kg.

Sehingga didapatkan data sebagai berikut:

$$W_{\text{total Manual}} = 25432756.35 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total ETABS}} = 26410000.79 \text{ kg}$$

Selisih perhitungan manual dengan ETABS = 3,84%, atau yaitu lebih kecil dari syarat selisih 5%, Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS telah **benar**

4.2.7.1 Kontrol Partisipasi Massa

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

Pada perhitungan ini digunakan bantuan program ETABS untuk mendapatkan hasil partisipasi massa seperti pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel IV-4 Rasio Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0.0000011	0.7380	0
Modal	2	0.7438	0.7380	0
Modal	3	0.7438	0.7381	0
Modal	4	0.7438	0.8715	0
Modal	5	0.8800	0.8715	0
Modal	6	0.8800	0.8715	0

Tabel IV-5 Rasio Partisipasi Massa (lanjutan)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	7	0.8800	0.9104	0
Modal	8	0.9197	0.9104	0
Modal	9	0.9197	0.9284	0
Modal	10	0.9197	0.9284	0
Modal	11	0.9379	0.9285	0
Modal	12	0.9380	0.9406	

Dari di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 92% pada moda ke 8 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%.

4.2.7.2 Kontrol Periode Alami Fundamental

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

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (\text{nilai } C_t \text{ dan } x \text{ diambil dari tabel 15 SNI 03-1726-2012})$$

$$C_t = 0,0731 \cdot x = 0,75$$

$$h_n = 71.5$$

$$T_a = 0,0731 \cdot 71.5^{0.75} = 1,79 \text{ detik}$$

$$\text{Dengan nilai } S_{D1} = 0,166, \text{ maka } C_u = 1,6$$

Sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$$T = C_u \cdot T_a = 1,79 \cdot 1,6 = 2,876 \text{ detik}$$

Pada tabel 4.6 didapat $T_c = 2,742$ detik. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T$. Jadi analisis struktur apartemen *One East Residence* masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

Tabel IV-6 Periode dan Frekuensi Struktur

TABLE: Modal Periods and Frequencies			
Case	Mode	Period	Frequency
		sec	cyc/sec
Modal	1	2.742	0.365
Modal	2	2.3	0.435
Modal	3	1.75	0.571
Modal	4	0.911	1.097
Modal	5	0.761	1.314
Modal	6	0.584	1.711
Modal	7	0.505	1.979
Modal	8	0.413	2.423
Modal	9	0.353	2.836
Modal	10	0.318	3.145
Modal	11	0.28	3.573
Modal	12	0.27	3.709

4.2.7.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

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

Rumus geser statik adalah:

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

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{DS}}{R} \\
 &= \frac{0,445}{1} \\
 &= 0,445
 \end{aligned}$$

Nilai tidak boleh lebih dari:

$$\begin{aligned}
 C_{s \max} &= \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} \\
 &= \frac{0,166}{2,742 \cdot \left(\frac{6}{1}\right)} \\
 &= 0,01568 < 0,0742 \\
 &\text{(NOT OK)}
 \end{aligned}$$

Dan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned}
 C_{s \min} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0,01 \\
 &= 0,044 \cdot 0,445 \cdot 1 > 0,01 \\
 &= 0,01958 \geq 0,01 \rightarrow \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka: } C_{s \min} &< C_s > C_{s \max} \\
 0,01958 &< 0,0742 > 0,01568
 \end{aligned}$$

Maka yang dipakai $C_{s \max} = 0,01568$

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:

$$\begin{aligned}
 S_1 &\geq 0,6g \\
 0,249 &< 5,886 \\
 \text{(Rumus tidak dipakai)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diperoleh $S_1 < 0,6g$, maka rumus diatas tidak digunakan, sehingga nilai C_s yang digunakan adalah $C_{s \min} = 0,01958$

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

Tabel IV-7 Reaksi dasar Struktur

TABLE: Base Reactions			
Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
1.4DL	0.00	0.00	364862.41
1.2D + 1.6L	0.00	0.00	422313.61
0.9DL + Ex Max	5596.00	1404.59	234554.41
0.9DL + Ex Min	-5596.00	-1404.59	234554.41
0.9DL + Ex-1 Max	5596.00	1404.59	234554.41
0.9DL + Ex-1 Min	-5596.00	-1404.59	234554.41
0.9DL + Ey Max	1678.86	4681.70	234554.41
0.9DL + Ey Min	-1678.86	-4681.70	234554.41
1.2DL + 0.5LL+ Ey Max	1678.86	4681.70	346981.21
1.2DL + 0.5LL+ Ey Min	-1678.86	-4681.70	346981.21
0.9DL + Ey-1 Max	1678.86	4681.70	234554.41
0.9DL + Ey-1 Min	-1678.86	-4681.70	234554.41
1.2DL + 0.5LL+ Ey-1 Max	1678.86	4681.70	346981.21
1.2DL + 0.5LL+ Ey-1 Min	-1678.86	-4681.70	346981.21
1.2DL + 0.5LL+ Ex Max	5596.00	1404.59	346981.21
1.2DL + 0.5LL+ Ex Min	-5596.00	-1404.59	346981.21
1.2DL + 0.5LL+ Ex-1 Max	5596.00	1404.59	346981.21
1.2DL + 0.5LL+ Ex-1 Min	-5596.00	-1404.59	346981.21
1D + 1L	0.00	0.00	301100.01

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\
 &= 0,01958 \cdot 30110001\text{kg} \\
 &= 589554 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

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

Tabel IV-8 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	605605.05	151264.19
Gempa Arah Y	188253.06	502746.91

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

Arah-x :

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

$$605605.05 \text{ kg} > 0,85 \cdot 589554 \text{ kg}$$

$$605605.05 \text{ kg} > 501121 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

Arah-y :

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

$$502746.91 \text{ kg} < 0,85 \cdot 589554 \text{ kg}$$

$$502746.91 \text{ kg} < 501121 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh bahwa kontrol respon spektrum telah memenuhi syarat.

4.2.7.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan

Untuk kontrol drift pada SNI 1726:2912, dirumuskan sebagai berikut :

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

Dimana:

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

C_d = faktor pembesaran defleksi (4)

I_e = faktor keutamaan gedung (1,0)

Δ_a = $0,020h_{xx}$

ρ = Faktor redudansi (1,0)

Tabel IV-9 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	hi	Δx	Δx_e	Δ	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Atap	3500	43.111	1.250	6.250	70	70	OK
Lantai 18	3500	41.861	1.535	7.675	70	70	OK
Lantai 17	3500	40.326	1.721	8.605	70	70	OK
Lantai 16	3500	38.605	1.875	9.375	70	70	OK
Lantai 15	3500	36.730	2.029	10.145	70	70	OK
Lantai 14	3500	34.701	2.066	10.330	70	70	OK
Lantai 13	3500	32.635	2.157	10.785	70	70	OK
Lantai 12	3500	30.478	2.229	11.145	70	70	OK
Lantai 11	3500	28.249	2.289	11.445	70	70	OK
Lantai 10	3500	25.960	2.358	11.790	70	70	OK
Lantai 9	3500	23.602	2.359	11.795	70	70	OK
Lantai 8	3500	21.243	2.401	12.005	70	70	OK
Lantai 7	3500	18.842	2.440	12.200	70	70	OK
Lantai 6	3500	16.402	2.476	12.380	70	70	OK
Lantai 5	3500	13.926	2.512	12.560	70	70	OK
Lantai 4	3500	11.414	2.508	12.540	70	70	OK
Lantai 3	3500	8.906	2.511	12.555	70	70	OK
Lantai 2	3500	6.395	2.475	12.375	70	70	OK
Lantai 1	5000	3.920	3.028	15.140	100	100	OK
Basement	3500	0.892	0.892	4.460	70	70	OK

Tabel IV-10 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	hi	Δx	Δx_e	Δ	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Atap	3500	51.955	1.696	8.480	70	70	OK
Lantai 18	3500	50.259	1.897	9.485	70	70	OK
Lantai 17	3500	48.362	2.110	10.550	70	70	OK
Lantai 16	3500	46.252	2.291	11.455	70	70	OK
Lantai 15	3500	43.961	2.448	12.240	70	70	OK
Lantai 14	3500	41.513	2.542	12.710	70	70	OK
Lantai 13	3500	38.971	2.635	13.175	70	70	OK
Lantai 12	3500	36.336	2.716	13.580	70	70	OK
Lantai 11	3500	33.62	2.784	13.920	70	70	OK
Lantai 10	3500	30.836	2.849	14.245	70	70	OK
Lantai 9	3500	27.987	2.886	14.430	70	70	OK
Lantai 8	3500	25.101	2.927	14.635	70	70	OK
Lantai 7	3500	22.174	2.968	14.840	70	70	OK
Lantai 6	3500	19.206	2.999	14.995	70	70	OK
Lantai 5	3500	16.207	3.018	15.090	70	70	OK
Lantai 4	3500	13.189	2.998	14.990	70	70	OK
Lantai 3	3500	10.191	2.932	14.660	70	70	OK
Lantai 2	3500	7.259	2.773	13.865	70	70	OK
Lantai 1	5000	4.486	3.353	16.765	100	100	OK
Basement	3500	1.133	1.133	5.665	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.

4.2.7.5 Kontrol Sistem Ganda (*Dual System*)

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan Rangka Bresiing

Tabel IV-11 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	kN	%	kN	%
SRBKK	3585.37	59.20	2726.29	54.23
SRPM	2470.68	40.80	2301.18	45.77
Total	6056.05	100	5027.47	100

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih **besar** dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual sistem.

4.3 Perencanaan Elemen Struktur Primer

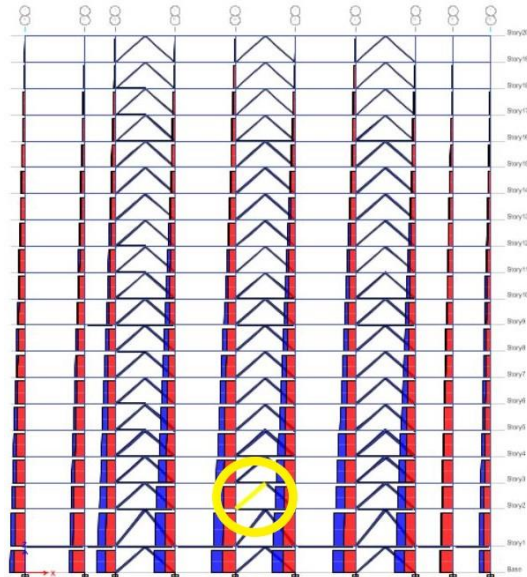
Setelah melakukan permodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS, elemen- elemen struktur akan dianalisa sesuai dengan ketentuan- ketentuan perencanaan struktur berdasarkan SNI 1729-2015.

4.3.1 Perencanaan Batang Bresiing

Analisa struktur bresiing dilakukan pada kedua bidang (arah X dan arah Y), yang masing-masing arah di analisa satu sisi bidang yang mempunyai gaya aksial tarik dan tekan terbesar sehingga untuk sisi yang lain disamakan.

4.3.1.1 Bresing Arah Memanjang

Pada perhitungan arah x dipilih bresing yang menerima beban terbesar, yaitu pada lantai 3 frame D3



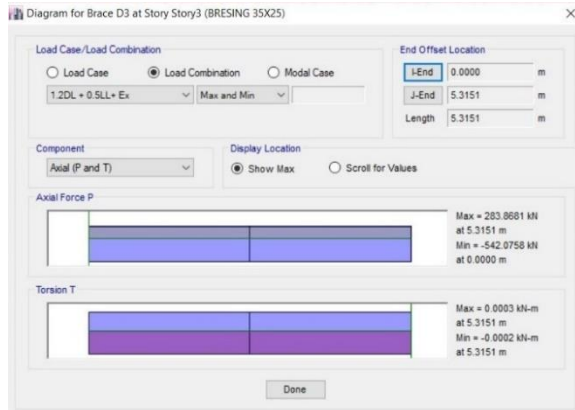
Gambar IV.22 Elemen Arah X

(sumber : Penulis)

Pada *bresing* arah X direncanakan menggunakan profil WF 350 x 250 x 9 x 14 dengan data- data sebagai berikut:

d	$= 340 \text{ mm}$	i_x	$= 14,6 \text{ cm}$
bf	$= 250 \text{ mm}$	i_y	$= 6 \text{ cm}$
tf	$= 14 \text{ mm}$	Z_x	$= 1360 \text{ cm}^3$
tw	$= 9 \text{ mm}$	Z_y	$= 444 \text{ cm}^3$
A	$= 101,5 \text{ cm}^2$	S_x	$= 1280 \text{ cm}^3$
q	$= 79,7 \text{ kg/m}$	S_y	$= 292 \text{ cm}^3$
I_x	$= 21700 \text{ cm}^4$	r	$= 20 \text{ cm}$
I_y	$= 3650 \text{ cm}^4$	h	$= d - 2(tf+r)$
F_y	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 272 \text{ mm}$
L	$= 531,51 \text{ cm}$		

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



Gambar IV.23 Gaya Tekan dan Tarik Bresing Arah X

$$P_u = -54207,6 \text{ kg (tekan)} \quad P_u = 28386,81 \text{ kg (tarik)}$$

- **Kontrol penampang**

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{250}{2 \cdot 14} = 8,92$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/f_y} = 0,38 \cdot \sqrt{200000/250} = 10,74$$

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

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{272}{9} = 30,22$$

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

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

- **Kontrol kuat tekan rencana**

direncanakan tumpuan sendi-sendi, $k_c = 1$

$$\frac{k_c \times L}{i} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ dengan } L = 5,3151 \text{ meter}$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 133,22$$

$$\lambda_x = \frac{1 \times 531,51}{14,6} = 36,41$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 531,51}{6} = 88,59 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda = 88,59 < 166,02 \dots \text{ (OK)}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{88,59}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,997$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,997} = 1,534$$

Kekuatan Nominal

$$N_n = Ag \times \frac{fy}{\omega} = 101,5 \times \frac{2500}{1,534} = 168651,9 \text{ kg}$$

Kekuatan Rencana

$$\phi_c N_n = 0,85 \times 168651,9 \text{ kg} = 143354,1 \text{ kg}$$

$$Nu \leq \phi_c N_n$$

$$54207,58 \text{ kg} \leq 143354,1 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

- Kontrol kuat tarik rencana

Bresing tarik

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

$$= 1,5 \cdot 2500 \cdot 101,5 = 388129,5 \text{ kg}$$

Kuat Rencana Leleh

$$\phi N_n = 0,90 \times fy \times Ag = 232877,7 \text{ kg} \text{ (menentukan)}$$

Kuat Rencana Putus

$$\phi N_n = 0,750 \times fu \times Ae$$

$$A_n = 101,5 - (6 \times 2,075 \times 0,9) = 90,295 \text{ cm}^2$$

$$N_n = 0,750 \times 4100 \times 90,295$$

$$= 254818,3$$

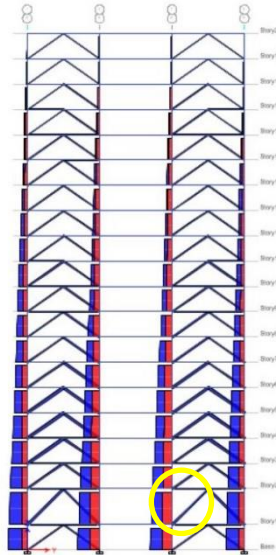
$$Nu \leq \phi N_n$$

$$28386,81 \text{ kg} \leq 229336,5 \text{ kg} \dots \text{ (OK)}$$

“ Profil WF 350 x 250 x 9 x 14 dapat digunakan sebagai balok bresing arah memanjang”

4.3.1.2 Bresing Arah Melintang

Pada perhitungan arah y dipilih bresing yang menerima beban terbesar, yaitu pada lantai 2 frame D14

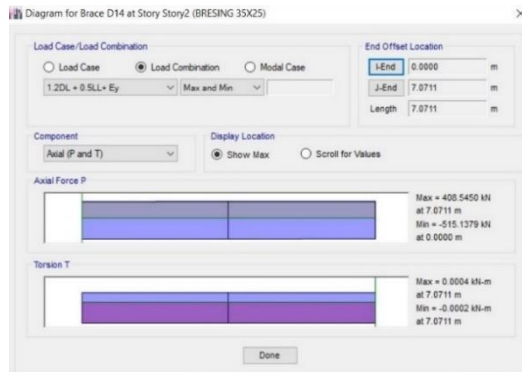


Gambar IV.24 Elemen Arah Y
(sumber : Penulis)

Pada *bresing* arah Y direncanakan menggunakan profil WF 350 x 250 x 9 x 14 dengan data- data sebagai berikut:

d	= 250 mm	i_x	= 10,8 cm
bf	= 250 mm	i_y	= 6,29 cm
tf	= 14 mm	Z_x	= 963 cm ³
tw	= 9 mm	Z_y	= 288 cm ³
A	= 92,18 cm ²	S_x	= 867 cm ³
q	= 72,4 kg/m	S_y	= 292 cm ³
I_x	= 10800 cm ⁴	r	= 16 cm
I_y	= 3650 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
F_y	= 250 Mpa (BJ-41)		= 192 mm
L	= 610,33 cm		

Hasil dari output ETABS, dengan kombinasi 1,2D+0,5L+1EY untuk bresing arah y diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar IV.25 Gaya Tekan dan Tarik Bresing Arah Y
(sumber : Penulis)

$$P_u = -51513,8 \text{ kg (tekan)} \quad P_u = 40854,5 \text{ kg (tarik)}$$

- **Kontrol penampang**

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{250}{2.14} = 8,92$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/f_y} = 0,38 \cdot \sqrt{200000/250} = 10,74$$

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

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{272}{9} = 30,22$$

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

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

- **Kontrol kuat tekan rencana**

direncanakan tumpuan sendi-sendi, $k_c = 1$

$$\frac{k_c \times L}{i} \leq \frac{2625}{\sqrt{f_y}} \text{ dengan } L = 6,1033 \text{ meter}$$

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

$$\lambda_x = \frac{1 \times 707,11}{14,6} = 48,43$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 707,11}{6} = 117,85 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda = 117,85 < 166,02 \dots \text{ (OK)}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{117,85}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,326$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,092} = 1,326$$

Kekuatan Nominal

$$N_n = Ag \times \frac{fy}{\omega} = 101,2 \times \frac{2500}{1,326} = 1428721,6 \text{ kg}$$

Kekuatan Rencana

$$\phi_c N_n = 0,85 \times 1428721,6 \text{ kg} = 109413,4 \text{ kg}$$

$$Nu \leq \phi_c N_n$$

$$51513,79 \text{ kg} \leq 109413,4 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

- **Kontrol kuat tarik rencana**

Bresing tarik

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

$$= 1,5 \cdot 2500 \cdot 101,5 = 388129,5 \text{ kg}$$

Kuat Rencana Leleh

$$\phi N_n = 0,90 \times fy \times Ag = 232877,7 \text{ kg} \text{ (menentukan)}$$

Kuat Rencana Putus

$$\phi N_n = 0,750 \times fu \times Ae$$

$$A_n = 101,5 - (6 \times 2,075 \times 0,9) = 90,295 \text{ cm}^2$$

$$N_n = 0,750 \times 4100 \times 90,295$$

$$= 254818,3 \text{ kg}$$

$$Nu \leq \phi N_n$$

$$40854,5 \text{ kg} \leq 254818,3 \text{ kg} \dots \text{ (OK)}$$

“ Profil WF 350 x 250 x 9 x 14 dapat digunakan sebagai balok bresing arah melintang”

4.3.2 Perencanaan Balok Induk

4.3.2.1 Balok Induk Arah Memanjang

Balok induk arah memanjang direncanakan menggunakan profil WF 500×300×11×18, dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d &= 488 \text{ mm} & i_x &= 20,8 \text{ cm} \\
 bf &= 300 \text{ mm} & i_y &= 7,04 \text{ cm} \\
 tf &= 18 \text{ mm} & Z_x &= 3100 \text{ cm}^3 \\
 tw &= 11 \text{ mm} & Z_y &= 824 \text{ cm}^3 \\
 A &= 163,5 \text{ cm}^2 & S_x &= 2910 \text{ cm}^3 \\
 q &= 128 \text{ kg/m} & S_y &= 541 \text{ cm}^3 \\
 I_x &= 71000 \text{ cm}^4 & r &= 26 \text{ cm} \\
 I_y &= 8110 \text{ cm}^4 & h &= d - 2(tf+r) \\
 F_y &= 250 \text{ Mpa (BJ-41)} & &= 400 \text{ mm} \\
 L &= 800 \text{ cm} & &
 \end{aligned}$$

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

$$\text{Beton : } f_c' = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad h_r = 5.4 \text{ cm}$$

$$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2 \quad t_{\text{pelat}} = 10 \text{ cm}$$

a. Kondisi Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil analisa program ETABS, diperoleh gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:

$$M_{\text{max}} : 24317 \text{ kgm} \quad M_{\text{min}} : -24317 \text{ kgm}$$

$$V_{\text{max}} : 12460,12 \text{ kg}$$

- Kontrol Penampang
- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda_f = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

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

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

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{488}{11} = 36,36$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,34$$

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

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot f_y = 3100 \times 2500 \\ &= 7902800,65 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7902800,65$$

$$= 8509500 \text{ kg.cm} \geq 2431774 \text{ kg.cm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 100 \text{ cm}$$

$$L_p = 350,453 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p$, keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan. SNI 1729:2015 F2.2

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \rightarrow \frac{400}{11} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$41 \leq 69,5 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w C_v \quad \text{SNI 1729:2015 G2.1}$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (4,88 \times 1,1) \times 1$$

$$= 82107,55 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 82107,55 \text{ kg}$$

$$= 73896,79 \text{ kg} > 12460,12 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f^0 Etabs = 0,397 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,397 \text{ cm} < 2,22 \text{ cm (OK)}$$

b. Kondisi Setelah Komposit

Pada kondisi setelah komposit, berdasarkan hasil ETABS , diperoleh nilai gaya dalam maksimum sebagai berikut :

$$M_{\max} : 33185,32 \text{ kgm} \quad M_{\min} : -33182,93 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} : 18277,07 \text{ kg}$$

Zona Momen Positif

Menghitung Momen Nominal

- Lebar Efektif

$$B_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} \times L = \frac{1}{4} \times 800 = 200 \text{ cm}$$

$$B_{\text{eff}} \leq S = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

Dipakai $B_{\text{eff}} = 200 \text{ cm}$ SNI 1729:2015 I3.1.1a

- Kriteria Penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{488}{11} = 36,36$$

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

$\lambda < \lambda_p$, momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis. SNI 1729:2015 I3.2.2a

$$\begin{aligned} C &= 0,85 f'c' t_{\text{plat}} b_{\text{eff}} \\ &= 0,85 \times 400 \times 10 \times 200 \\ &= 680000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s F_y \\ &= 163,5 \times 2500 = 416809 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= A_s F_y / 0,85 f'c' b_{\text{eff}} \\ &= 416809 / 0,85 \times 400 \times 200 = 6,13 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d1 &= h_r + t_b - a/2 \\ &= 5,4 + 10 - 6,13/2 \\ &= 12,34 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d2 = d/2 = 48,8/2 = 24,4 \text{ cm}$$

$$e = d1 + d2 = 12,34 + 24,4 = 36,74 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= T \times e \\ &= 416809 \times 36,74 \\ &= 15311573,69 \text{ kg.cm} = 152115,74 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0,90$$

$$0,9 \times 152115,74 \text{ kgm} \geq 33185,32 \text{ kgm}$$

$$137804,16 \text{ kgm} \geq 33185,32 \text{ kgm} \dots (\text{OK})$$

- Kontrol Lendutan

$$\text{Batas Lendutan Maksimum } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2,22 \text{ cm}$$

$$f^o \text{ etabs} = 0,4093$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,4093 \text{ cm} \leq 2,22 \text{ cm}$$

- Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{488}{11} = 36,36$$

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

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 53,68 \times 1 = 82107,55 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1.0 \quad \text{SNI 1729:2015 G2.1}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 73896,79 \text{ kg} \geq 18277,07 \text{ kg}$$

Zona Momen Negatif

Dipasang tulangan pada pelat beton berjumlah 10 $\emptyset 12$ disepanjang b_{eff} . Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$T = n \cdot A_r \cdot f_y$$

$$= 10 \times (1/4 \times \pi \times 1,2^2) \times 2500$$

$$= 28831,797 \text{ kg}$$

- Gaya tekan nominal maksimum menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$P_{yc} = A_s \times f_y$$

$$= 163,5 \times 2500$$

$$= 416809 \text{ kg}$$

- Gaya pada sayap profil T_f

$$T_f = b_f \times t_f \times f_y$$

$$= 30 \times 1,8 \times 2500 = 137661,69 \text{ kg}$$

- Gaya pada badan profil

$$\begin{aligned} T_w &= (P_{yc} - T)/2 - T_f \\ &= (416809 - 28831,797)/2 - 137661,69 \\ &= 56326,914 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jarak garis netral

$$\begin{aligned} a_w &= \frac{T_w'}{f_y \times t_w} = \frac{56326,914}{2500 \times 1.1} \\ &= 20,09 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= \frac{(T_f \times 0,55 t_f) + (T_w (t_f + 0,5 a_w))}{T_f + T_w} \\ &= \frac{(137661,69 \times 0,55 \times 1,8) + (56326,91 (1,8 + 0,5 \times 20,09))}{37661,69 + 56326,91} = 4,07 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_3 = d/2 = 24,4 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= h_r + t_b - c \\ &= 5,4 + 10 - 2 = 13,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Perhitungan Momen Negatif

$$\begin{aligned} M_n &= T_x (d_1 + d_2) + P_{cy} \times (d_3 - d_2) \\ &= 28831,7973 (13,4 + 4,07) + 416809 (24,4 - 4,07) \\ &= 89745,081 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.09$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 89745,081 = 80770,573 \text{ kgm}$$

$$80770,573 \text{ kgm} \geq 33185,32 \text{ kgm}$$

c. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe *stud* dengan data sebagai berikut:

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

$$A_{sc} = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ Mpa} \approx 40 \text{ kg/mm}^2$$

$$\begin{aligned} E_c &= 0,041 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c'} \\ &= 0,041 \times 2400^{1,5} \sqrt{35} \\ &= 30488,125 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$Q_n = 0.5 A_{sc} \sqrt{f_c'} E_c \leq R_g R_p A_{sa} F_u \text{ SNI 1729:2015 I8.2a}$$

$$Q_n = 0.5 \times 132,733 \sqrt{40} \times 30488,125$$

$$= 73289,531 \text{ N}$$

$$= 7328,95 \text{ kg/stu}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0.75 \times 132,73 \times 41 = 4161,99 \text{ kg/stud}$$

$$Q_n = 4161,99 \text{ kg/stud}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{416809}{2 \times 4161,99} = 50,07 = 52 \text{ buah}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{28831,797}{2 \times 8718,5} = 3,46 = 4 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{400}{2 \times 52} = 3,84 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{200}{4} = 7,69 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$$

4.3.2.2 Balok Induk Arah Melintang

Balok induk arah memanjang direncanakan menggunakan profil WF 500×300×11×18, dengan data sebagai berikut :

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$d = 488 \text{ mm}$$

$$i_x = 20,8 \text{ cm}$$

$$b_f = 300 \text{ mm}$$

$$i_y = 7,04 \text{ cm}$$

$$t_f = 18 \text{ mm}$$

$$Z_x = 3100 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 11 \text{ mm}$$

$$Z_y = 824 \text{ cm}^3$$

$$A = 163,5 \text{ cm}^2$$

$$S_x = 2910 \text{ cm}^3$$

$$q = 128 \text{ kg/m}$$

$$S_y = 541 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 71000 \text{ cm}^4$$

$$r = 26 \text{ cm}$$

$$I_y = 8110 \text{ cm}^4$$

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa (BJ-41)} = 400 \text{ mm}$$

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

$$\text{Beton : } f_c' = 400 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$h_r = 5,4 \text{ cm}$$

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

$$t_{\text{pelat}} = 10 \text{ cm}$$

a. Kondisi Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil analisa program ETABS, diperoleh gaya dalam maksimum balok dari kombinasi beban 1,2DL + 1,6LL sebagai berikut:

Mmax : 16926,05 kgm

Vmax : 11391,4 kg

- Kontrol Penampang
- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda_f = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

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

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{488}{11} = 36,36$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,34$$

$\lambda_w < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = Z_x \cdot fy = 3100 \times 2500$$

$$= 7902800,65 \text{ kg.cm}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7902800,65$$

$$= 8509500 \text{ kg.cm} \geq 1692605 \text{ kg.cm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 100 \text{ cm}$$

$$L_p = 350,453 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p$, keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

SNI 1729:2015 F2.2

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \rightarrow \frac{400}{11} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$41 \leq 69,5 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \quad \text{SNI 1729:2015 G2.1} \\ &= 0,6 \times 2500 \times (4,88 \times 1,1) \times 1 \\ &= 82107,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 82107,55 \text{ kg} \\ &= 73896,79 \text{ kg} > 11391,4 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1000}{360} = 2,778 \text{ cm} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f^0 \text{ Etabs} = 0,475 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,475 \text{ cm} < 2,22 \text{ cm (OK)}$$

b. Kondisi Setelah Komposit

Pada kondisi setelah komposit, berdasarkan hasil ETABS , diperoleh nilai gaya dalam maksimum sebagai berikut :

$$M_{\max} : 17952,26 \text{ kgm} \quad M_{\min} : -28288,96 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} : 16673,1 \text{ kg}$$

Zona Momen Positif

Menghitung Momen Nominal

- Lebar Efektif

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} \times L = \frac{1}{4} \times 1000 = 250 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq S = 4 \text{ m} = 500 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai } B_{eff} = 250 \text{ cm} \quad \text{SNI 1729:2015 I3.1.1a}$$

- Kriteria Penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{488}{11} = 36,36$$

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

$\lambda < \lambda_p$, momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis. SNI 1729:2015 I3.2.2a

$$C = 0.85 f_c' t_{plat} b_{eff}$$

$$= 0.85 \times 400 \times 10 \times 250$$

$$= 1190000 \text{ kg}$$

$$T = A_s F_y$$

$$= 163,5 \times 2500 = 416809 \text{ kg (menentukan)}$$

$$a = A_s F_y / 0.85 f_c' b_{eff}$$

$$= 416809 / 0,85 \times 400 \times 250$$

$$= 4,91 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_b - a/2$$

$$= 5,4 + 10 - 4,91/2$$

$$= 16,95 \text{ cm}$$

$$d2 = d/2 = 48,8/2 = 24,4 \text{ cm}$$

$$e = d1 + d2 = 16,95 + 24,4 = 41,35 \text{ cm}$$

$$Mn = T \times e$$

$$= 416809 \times 41,35$$

$$= 17234294,62 \text{ kg.cm} = 172342,95 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn \geq Mu \rightarrow \phi = 0,90$$

$$0,9 \times 172342,95 \text{ kgm} \geq 28288,9 \text{ kgm}$$

$$155109 \text{ kgm} \geq 28288,9 \text{ kgm} \dots (\text{OK})$$

- Kontrol Lendutan

$$\text{Batas Lendutan Maksimum } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1000}{360} = 2,778 \text{ cm}$$

$$f^p \text{ etabs} = 0,4093$$

$$f^p \leq f_{ijin} \rightarrow 0,4093 \text{ cm} \leq 2,22 \text{ cm}$$

- Kontrol Geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{488}{11} = 36,36$$

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

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0.6 F_y A_w C_v \\
 V_n &= 0,6 \times 2500 \times 53,68 \times 1 \\
 &= 82107,55 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1.0 \quad \text{SNI 1729:2015 G2.1}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 73896,79 \text{ kg} \geq 18277,07 \text{ kg}$$

Zona Momen Negatif

Dipasang wiremesh pada pelat beton berjumlah 10 $\phi 6$ disepanjang b_{eff} . Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned}
 T &= n \cdot A_r \cdot f_y \\
 &= 10 \times (1/4 \times \pi \times 0,06^2) \times 2500 \\
 &= 12814,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya tekan nominal maksimum menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned}
 P_{yc} &= A_s \times f_y \\
 &= 163,5 \times 2500 \\
 &= 416809 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya pada sayap profil T_f

$$\begin{aligned}
 T_f &= b_f \times t_f \times f_y \\
 &= 30 \times 1,8 \times 2500 \\
 &= 137661,69 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya pada badan profil

$$\begin{aligned}
 T_w &= (P_{yc} - T) / 2 - T_f \\
 &= (416809 - 12814,1) / 2 - 137661,69 \\
 &= 64335,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jarak garis netral

$$\begin{aligned}
 a_w &= \frac{T_w'}{f_y \times t_w} = \frac{64335,7}{2500 \times 1.1} \\
 &= 22,94 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{(T_f \times 0,55 t_f) + (T_w (t_f + 0,5 a_w))}{T_f + T_w} \\
 &= \frac{(137661,69 \times 0,55 \times 1,8) + (64335,7 (1,8 + 0,5 \times 22,94))}{37661,69 + 64335,7} \\
 &= 4,84 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$d_3 = d/2 = 24,4 \text{ cm}$$

$$d_1 = hr + tb - c \\ = 5.4 + 10 - 2 = 17,4 \text{ cm}$$

- Perhitungan Momen Negatif

$$M_n = T_x(d_1 + d_2) + P_{cy} \times (d_3 - d_2) \\ = 12814,1 (17,4 + 4,84) + 416809 (24,4 - 4,84) \\ = 84376,8 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0.09$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \rightarrow 0.90 \times 84376,8 = 75939,2 \text{ kgm}$$

$$75939,2 \text{ kgm} \geq 28289 \text{ kgm}$$

c. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe *stud* dengan data sebagai berikut:

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

$$A_{sc} = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ Mpa} \approx 40 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_c = 0,041 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c} \\ = 0,041 \times 2400^{1,5} \sqrt{35} \\ = 30488,125 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0.5 A_{sc} \sqrt{f_c} E_c \leq R_g R_p A_{sa} F_u \text{ SNI 1729:2015 I8.2a}$$

$$Q_n = 0.5 \times 132,733 \sqrt{40} \times 30488,125 \\ = 73289,531 \text{ N} \\ = 7328,95 \text{ kg/stu}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0.75 \times 132,73 \times 41 = 4161,99 \text{ kg/stud}$$

$$Q_n = 4161,99 \text{ kg/stud}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{416809}{2 \times 4161,99} = 50,07 = 51 \text{ buah}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{28831,797}{2 \times 8718,5} = 3,46 = 4 \text{ buah}$$

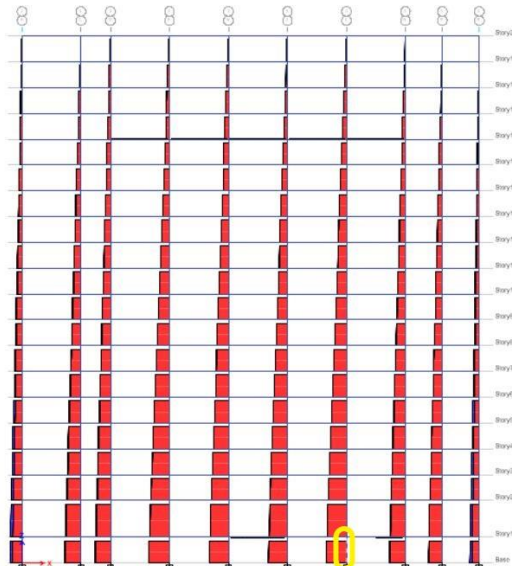
Jarak antar penghubung geser

$$S = \frac{L'}{N} = \frac{800}{51+2} = 14,54 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

4.3.3 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur vertikal yang memikul beban gravitasi dan gempa serta meneruskannya beban struktur di atasnya ke elemen struktur di bawahnya. Dalam tugas akhir ini, direncanakan dimensi dan tipe kolom dibagi menjadi 4 tiap 5 lantai.

4.3.3.1 Analisa Struktur Kolom



Gambar 4.24 Potongan dan distribusi gaya dalam
(sumber : Penulis)

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai dasar s/d 5. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 800 x 800 x 40 x 40 dan panjang kolom 500 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	= 800	mm	$I_x = 1110434$	cm^4
bf	= 800	mm	$Z_x = 33071$	cm^3
tw	= 40	mm	$i_x = 30,7$	cm
tf	= 40	mm	$f_y = 250$	Mpa
A	= 1175	mm^2	$f'_c = 40$	Mpa

Dari hasil analisis ETABS didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

$$P_u = 1386898,44 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 54162,59 \text{ kgm} \quad M_{uy} = 15165,5 \text{ kgm}$$

- **Kuat nominal tekan kolom komposit**

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{1175}{5776 + 1175} \times 100\%$$

$$= 16,9\% \geq 4\% \text{ (OK)}$$

- Kontrol kuat tekan

$$\lambda = \frac{d}{t} = \frac{800}{40} = 20$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 20 \leq 63,92 \Rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = F_y A_s + C_2 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 1175 + 0,85 \times 250 (5776 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 4901340 \text{ kg}$$

$$\phi P_{no} = 0,75 \times 4901340 = 3676005 \text{ kg}$$

- **Kuat nominal lentur**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{800}{40} = 20$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,92$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 20 \leq 63,92 \Rightarrow$ penampang kompak

- Kontrol kuat lentur

$$M_n = M_p$$

$$M_p = Z_x \times f_y$$

$$= 33071 \times 2500$$

$$= 82677500 \text{ kg.cm} = 826775 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 826775 = 744097,5 \text{ kgm}$$

- Interaksi aksial lentur

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1386898,44}{3676005} = 0,377 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi :

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

$$= \frac{1386898,44}{3676005} + \frac{8}{9} \left(\frac{54162,59}{744097,5} + \frac{15165,5}{744097,5} \right)$$

$$= 0,46 \leq 1 \text{ (OK)}$$

- **Kekuatan lentur dan aksial orde kedua**

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan

berdasarkan persamaan berikut ini :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt}$$

Dari hasil analisa ETABS didapat :

$$M_1 = 91,23 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 2037,17 \text{ kgm}$$

$$P_{\text{story}} = 42231360,95 \text{ kg}$$

$$P_{nt} = 1708471 \text{ kg}$$

Sehingga :

$$C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2}$$

$$= 0,6 - 0,4 \frac{91,23}{2037,17} = 0,582$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 2000000 \times 1110434}{(1 \times 350)^2} = 87676354,35 \text{ kg}$$

- Arah sumbu X

Dari hasil analisa ETABS didapat :

$$H = 8454,29 \text{ kg}$$

$$\Delta H = 3,92 \text{ mm}$$

$$P_{lt} = 3696,27 \text{ kg}$$

$$M_{lt} = 52561,9 \text{ kgm}$$

Sehingga :

$$P_{e \text{ story}} = R_M \frac{HL}{\Delta H}$$

$$= 0,85 \frac{8454,29 \times 500}{3,92} = 9166003,189 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e \text{ story}}}}$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{42231360,95}{9166003,189}} = 0,277 < 1 \quad \text{maka digunakan } 1$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt}$$

$$= 1708471 + 1 \times 3696,27$$

$$= 1712167 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}}$$

$$= \frac{0,582}{1 - \frac{1712167}{87676354,35}} = 0,593 < 1 \quad \text{maka digunakan } 1$$

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$= 1 \times 2037,17 + 1 \times 52561,9$$

$$= 54599,07 \text{ kgm}$$

- Arah sumbu Y

Dari hasil analisa SAP2000 didapat :

$$H = 2538,93 \text{ kg}$$

$$\Delta H = 4,486 \text{ mm}$$

$$P_{lt} = 1110,24 \text{ kg}$$

$$M_{lt} = 15772,72 \text{ kgm}$$

Sehingga :

$$P_{e \text{ story}} = R_M \frac{HL}{\Delta H}$$

$$= 0,85 \frac{2538,93 \times 500}{4,486} = 2405361,681 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}} = \frac{1}{1 - \frac{42231360,95}{2405361,681}} = 0,06 < 1 \quad \text{maka digunakan } 1$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \\ = 1708471 + 1 \times 1110,24 \\ = 1709581 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}} = \frac{0,582}{1 - \frac{1709581}{87676354,35}} = 0,6 < 1 \quad \text{maka digunakan } 1$$

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\ = 1 \times 2037,17 + 1 \times 15772,72 \\ = 17809,89 \text{ kgm}$$

- Interaksi

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1712167}{3676005} = 0,466 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \\ = \frac{1712167}{3676005} + \frac{8}{9} \left(\frac{54599,07}{744097,5} + \frac{17809,89}{744097,5} \right) \\ = 0,552 \leq 1 \text{ (OK)}$$

Sehingga kolom A mampu menahan beban gravitasi dan simpangan dari bresing

4.3.3.2 Rekapitulasi Perhitungan Kolom

Tabel IV-12 Rekapitulasi Analisa Struktur Seluruh Tipe Kolom

Parameter	Satuan	Lantai 6-10	Lantai 11-15	Lantai 16-20
Profil		CFT 700×700×28	CFT 600×600×19	CFT 500×500×16
h lantai	cm	350	350	350
d	mm	700	600	500
bf	mm	700	600	500
tw = tf	mm	28	19	16
A	cm ²	732	432	303
Zx	cm ³	18281	9348	9348
Ix	cm ⁴	543470	240522	240522

Tabel IV-13 Rekapitulasi Analisa Struktur Seluruh Tipe Kolom

Parameter	Satuan	Lantai 6-10	Lantai 11-15	Lantai 16-20
Pu	kg	1015854.24	662331.28	324411.85
Mux	kg.m	9161.23	3860.86	6525.54
Muy	kg.m	3384.25	7360.23	3124.67
Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit				
As/(Ac+As)	%	13.95	11.35	11.45
Keterangan		OK	OK	OK
Rasio tebal terhadap lebar				
λ		25	31.58	31.25
λ_p		63.92	63.92	63.92
Sifat Penampang		<i>kompak</i>	<i>kompak</i>	<i>kompak</i>
Pno = Pp	kg	3365385.6	2227707.4	1553970.4
$\emptyset P_p$	kg	2524039.2	1670780.55	1165477.8
Keterangan		OK	OK	OK
Kuat Nominal Lentur				
Rasio tebal terhadap lebar				
λ		25	31.58	31.25
λ_p		63.92	63.92	63.92
Sifat Penampang		<i>kompak</i>	<i>kompak</i>	<i>kompak</i>
Mn	kg.m	45702500	23370000	13652500
$\emptyset M_n$	kg.m	411322.5	210330	122872.5
Keterangan		OK	OK	OK
Interaksi Aksial Lentur				
$P_r/P_c \geq 2$		0.402	0.396	0.278
Interaksi ≤ 1		0.4296	0.4438	0.3482
Keterangan		OK	OK	OK
Orde Kedua				
M1	kg.m	1037.17	1740.91	2231.8
M2	kg.m	2405.99	2743.44	2950.06
Pstory	kg	22088775.19	20075423.59	9718117.67
Pnt	kg	1253267.13	818662.31	397359.4
Cm		0.428	0.346	0.297
Pe1	kg	87572798.43	38756848.81	38756848.81

Tabel IV-14 Rekapitulasi Analisa Struktur Seluruh Tipe Kolom

Parameter	Satuan	Lantai 6-10	Lantai 11-15	Lantai 16-20
Arah X				
H	kg	3308.39	318.88	2692.41
ΔH	mm	13.926	25.96	43.961
P1t	kg	3289.73	2378.79	4237.46
M1t	kg.m	7310.29	5796.41	1189.19
Pe story	kg	706768.65	36543.45	182205.13
B2		0.0331	0.0018	0.0191
Pr	kg	1256556.86	821041.1	401596.86
B1		0.4338	0.3537	0.3005
Mr	kg.m	9716.28	8539.85	4139.25
Arah Y				
H	kg	992.71	956.78	807.89
ΔH	mm	16.207	30.836	43.961
P1t	kg	988.47	715.72	359.74
M1t	kg.m	2194.68	1739.41	1271.61
Pe story	kg	260320.69	131869.08	78104.06
B2		0.0062	0.0031	0.0019
Pr	kg	1709459.47	1709186.72	1708830.74
B1		0.5937	0.5937	0.5937
Mr	kg.m	4231.85	3776.58	3308.78
Interaksi Orde Kedua				
$Pr/P_c \geq 0,2$		0.4978	0.4914	0.3446
Interaksi ≤ 1		0.5280	0.5435	0.3985
Keterangan		OK	OK	OK

4.4 Perencanaan Sambungan

4.4.1 Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak lantai dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai tumpuan sederhana (sendi). Pada sambungan ini direncanakan dengan menggunakan profil siku 60 x 60 x 6.

Berikut adalah perhitungan sambungan BA-BI :

Balok anak WF 450x300x11x18, $t_w = 11$ mm

Balok induk WF 500x300x11x18, $t_w = 11$ mm

Pelat siku 60x60x6, $t_p = 6$ mm

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Baut tipe tumpu,

$$F_{ub} = 5000 \text{ kg/cm}^2 \quad d_b = 12 \text{ mm}$$

$$A_b = 113,14 \text{ mm}^2 = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5$$

$$m = 2$$

Gaya yang bekerja,

$$V_u = 11189,2 \text{ kg}$$

a. Sambungan Pada Badan Balok Anak:

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 1,13 \\ &= 4241,15 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\ &= 9933,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{11189,2}{4241,15} = 2,64 \text{ bh} \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut diameter 12 mm

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\ &= 3 \times 1,2 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 2db \\ &= 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ cm} \sim \text{pakai } 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Sambungan Pada Badan Balok Induk

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset.Vn &= \emptyset \cdot r_1 \cdot fu \cdot m \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 1,13 \\ &= 4241,15 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.Rn &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\ &= 9933,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset.Rn} = \frac{2 \times 11189,2}{4241,15} = 5,27 \text{ bh} \approx 6 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut diameter 12 mm pada setiap sisi

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \\ &= 3 \times 1,2 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 2db \\ &= 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ cm} \sim \text{pakai } 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

c. Kontrol kekuatan pelat siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

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

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ lubang} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang di bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= (4 + 2 \times 2,5) \times 0,6 = 5,4 \text{ cm}^2 \\ A_g \times 0,9 \times f_y \times 0,6 &= 5,4 \times 0,9 \times 2500 \times 0,6 \\ &= 7290 \text{ kg} \end{aligned}$$

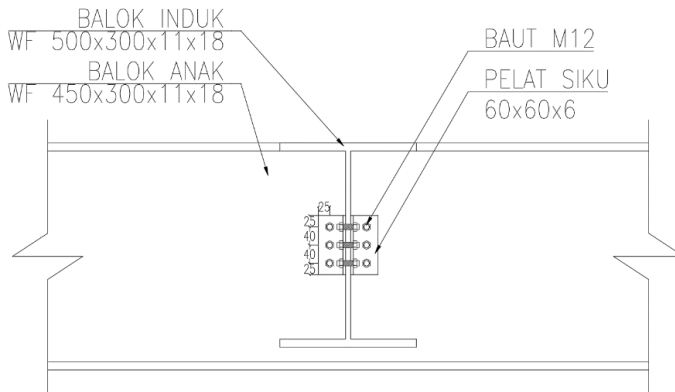
- Kontrol putus

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - \sum d. \text{ lubang} \times tp \\ &= 5,4 - 2 \times 1,35 \times 0,6 \\ &= 3,78 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & A_n \times 0,75 \times f_u \times 0,6 \\
 & = 3,78 \times 0,75 \times 4100 \times 0,6 \\
 & = 7111,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2 \times 7111,6 = 14223,2 \text{ kg} \geq V_u = 11189,2 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$



Gambar IV.26 Detail sambungan balok anak lantai ke balok induk

(sumber : penulis)

4.4.2 Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak atap dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai tumpuan sederhana (sendi). Pada sambungan ini direncanakan dengan menggunakan profil siku 60 x 60 x 6.

Berikut adalah perhitungan sambungan BA-BI :

Balok anak WF 450x300x10x15, $t_w = 10 \text{ mm}$

Balok induk WF 500x300x11x18, $t_w = 11 \text{ mm}$

Pelat siku 60x60x6, $t_p = 6 \text{ mm}$

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \qquad f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Baut tipe tumpu,

$$F_{ub} = 5000 \text{ kg/cm}^2 \qquad d_b = 12 \text{ mm}$$

$$A_b = 113,14 \text{ mm}^2 = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5$$

$$m = 2$$

Gaya yang bekerja,

$$V_u = 8988,49 \text{ kg}$$

a. Sambungan Pada Badan Balok Anak:

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset.V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 1,13 \\ &= 4241,15 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\ &= 9933,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\emptyset.R_n} = \frac{11189,2}{4241,15} = 2,64 \text{ bh} \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut diameter 12 mm

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3d_b \\ &= 3 \times 1,2 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 2d_b \\ &= 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ cm} \sim \text{pakai } 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Sambungan Pada Badan Balok Induk

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset.V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 1,13 \\ &= 4241,15 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\ &= 9933,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\emptyset.R_n} = \frac{2 \times 11189,2}{4241,15} = 4,24 \text{ bh} \approx 6 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut diameter 12 mm pada setiap sisi

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \\ &= 3 \times 1,2 = 3,6 \text{ cm} \sim \text{pakai } 4 \text{ cm} \\ \text{Jarak ke tepi} &= 2db \\ &= 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ cm} \sim \text{pakai } 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

c. Kontrol kekuatan pelat siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

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

\varnothing lubang = 12 mm + 1,5 mm (lubang di bor)

$$= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

- Kontrol leleh

$$A_g = (4 + 2 \times 2,5) \times 0,6 = 5,4 \text{ cm}^2$$

$$A_g \times 0,9 \times f_y \times 0,6$$

$$= 5,4 \times 0,9 \times 2500 \times 0,6$$

$$= 7290 \text{ kg}$$

- Kontrol putus

$$A_n = A_g - \sum d. \text{ lubang} \times t_p$$

$$= 5,4 - 2 \times 1,35 \times 0,6 = 3,78 \text{ cm}^2$$

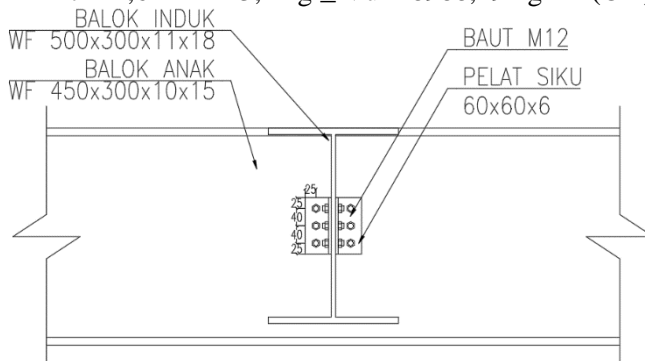
$$A_n \times 0,75 \times f_u \times 0,6$$

$$= 3,78 \times 0,75 \times 4100 \times 0,6$$

$$= 7111,6 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2 \times 7111,6 = 14223,2 \text{ kg} \geq V_u = 8988,49 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$



Gambar IV.27 Detail sambungan balok anak atap ke balok induk
(sumber : penulis)

4.4.3 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Penumpu

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan simple connection. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Pada sambungan ini direncanakan dengan menggunakan profil siku 40 x 40 x 4.

Berikut adalah perhitungan sambungan :

Balok utama tangga WF 200x150x6x9, $t_w = 6$ mm

Balok penumpu tangga WF 200x150x6x9, $t_w = 6$ mm

Pelat siku 40x40x4, $t_p = 4$ mm

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Baut tipe tumpu,

$$F_{ub} = 5000 \text{ kg/cm}^2 \quad d_b = 8 \text{ mm}$$

$$A_b = 50,266 \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,4$$

$$m = 2$$

Gaya yang bekerja,

$$V_u = 4644,74 \text{ kg}$$

a. Sambungan pada badan balok utama

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5040 \cdot 2 \cdot 0,503 \\ &= 1507,96 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 3612,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{4644,74}{1507,96} = 3,08 \text{ bh} \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut diameter 8 mm

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S3)} &= 3d_b \\ &= 3 \times 0,8 = 2,4 \text{ cm} \\ &= \text{pakai } 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d}(4tp+100) \text{ atau } 200\text{mm} \\ &= 12 \text{ s/d } 116 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= \text{pakai } 2,5 \text{ cm}$$

$$(S2) = 1,25db \text{ s/d } (12tp) \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 10 \text{ s/d } 48 \text{ mm}$$

$$= \text{pakai } 1,8 \text{ cm}$$

b. Sambungan pada balok penumpu tangga

• Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset.Vn &= \emptyset \cdot r_1 \cdot fu \cdot m \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5040 \cdot 2 \cdot 0,503 \\ &= 1507,96 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

• Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.Rn &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 3612,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

• Jumlah baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset.Vn} = \frac{4644,74}{1507,96} = 3,08 \text{ bh} \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut diameter 8 mm

• Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S3)} &= 3db \\ &= 3 \times 0,8 = 2,4 \text{ cm} \\ &= \text{pakai } 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d}(4tp+100) \text{ atau } 200\text{mm} \\ &= 12 \text{ s/d } 116 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= \text{pakai } 2,5 \text{ cm}$$

$$(S2) = 1,25db \text{ s/d } (12tp) \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 10 \text{ s/d } 48 \text{ mm}$$

$$= \text{pakai } 1,8 \text{ cm}$$

c. Kontrol kekuatan pelat siku penyambung

Dipakai siku penyambung 40 x 40 x 4

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

\emptyset lubang = 8 mm + 1,5 mm (lubang di bor)

$$= 9,5 \text{ mm} = 0,95 \text{ cm}$$

$$L = S1 + S2 + S3$$

$$= 2,5 + 1,8 + 2,5 = 6,8 \text{ cm}$$

- Kontrol leleh

$$A_g = (2,5 + 1,8 + 2,5) \times 0,6 = 2,72 \text{ cm}^2$$

$$A_g \times 0,9 \times f_y \times 0,6$$

$$= 2,72 \times 0,9 \times 2500 \times 0,6$$

$$= 3744 \text{ kg}$$

- Kontrol putus

$$A_n = A_g - \sum d. \text{ lubang} \times t_p$$

$$= 2,72 - 2 \times 0,95 \times 0,6$$

$$= 1,96 \text{ cm}^2$$

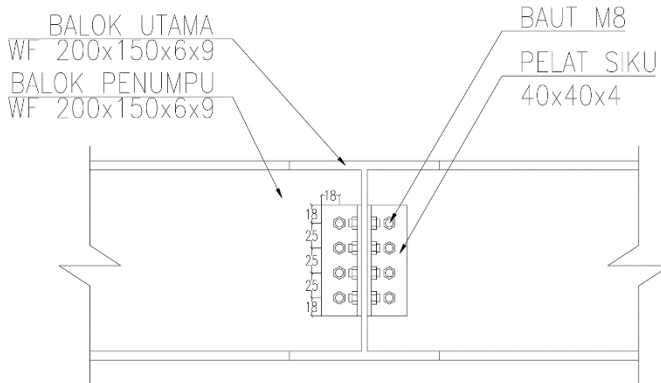
$$A_n \times 0,75 \times f_u \times 0,6$$

$$= 1,96 \times 0,75 \times 4100 \times 0,6$$

$$= 3687,5 \text{ kg (menentukan)}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2 \times 3687,5 = 7375 \text{ kg} \geq V_u = 4644,74 \text{ kg (OK)}$$



Gambar IV.28 Detail sambungan balok utama tanggap ke balok penumpu tangga
(sumber : penulis)

4.4.4 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Sambungan ini direncanakan dengan *single plate connection (shear tab)*.

Berikut adalah perhitungan sambungan

Balok penumpu tangga WF 200x150x6x9, $t_w = 6$ mm

Single plate connection 40x4, $t_p = 4$ mm

$$f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 500 \text{ kg/cm}^2$$

Baut tipe tumpu,

$$F_{ub} = 5000 \text{ kg/cm}^2 \quad d_b = 10 \text{ mm}$$

$$A_b = 78,54 \text{ mm}^2 = 0,785 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,4 \quad m = 2$$

Gaya yang bekerja,

$$V_u = 4336,85 \text{ kg}$$

a. Sambungan pada badan balok penumpu

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset.V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 0,785 \\ &= 2356,19 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 5000 \\ &= 5400 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut

$$n = \frac{V_u}{\emptyset.V_n} = \frac{4336,85}{2356,19} = 1,84 \text{ bh} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 10 mm

- Jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S3)} &= 3d_b \\ &= 3 \times 1 = 3 \text{ cm} \\ &= \text{pakai 3 cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d}(4t_p+100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 15 \text{ s/d } 100 \text{ mm} \\ &= \text{pakai 2 cm} \end{aligned}$$

b. Sambungan pada badan kolom

Gaya yang terjadi

$$P_u = 4336,85 \text{ kg}$$

$$M_u = 3 \times 4336,85 = 13010,6 \text{ kg.cm}$$

Misal $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A = 1 \times 10 = 10 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{d^2}{3} = 11,11 \text{ cm}^3$$

$$\phi f_n = \phi \times 0,6 \times E 70 = 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \times 1$$

$$\phi f_n = 2214 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat P_u :

$$f_{vp} = \frac{4336,85 \text{ kg}}{10 \text{ cm}^2} = 433,69 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat M_u :

$$f_{hm} = \frac{13010,6 \text{ kg.cm}}{11,11 \text{ cm}^3} = 1170,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_{hm}^2 + f_{vp}^2} =$$

$$f_{total} = \sqrt{433,69^2 + 1170,95^2} = 1248,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi f_n} = \frac{1248,68}{2214,45} = 0,56$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,56}{0,707} = 0,798 \text{ cm}$$

Syarat – syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{plat} = 22 \text{ mm}$, $a_{min} = 6 \text{ mm}$

$$a_{eff \max} = 1,41 \cdot \frac{f_u}{f_{E70.xx}} \cdot t_p = 1,41 \cdot \frac{4100}{70,70,3} \cdot 0,6 = 0,7 \text{ cm}$$

Dipakai $a_{min} = 6 \text{ mm}$

Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor) :

$$d1 = 10 + 1,5 = 11,5 \text{ mm} = 1,15 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 20 + 30 = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

Kuat geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_L$$

$$= (L - n \times d1) \times t_L$$

$$= (10 - 2 \times 1,15) \times 0,6 = 8,62 \text{ cm}^2$$

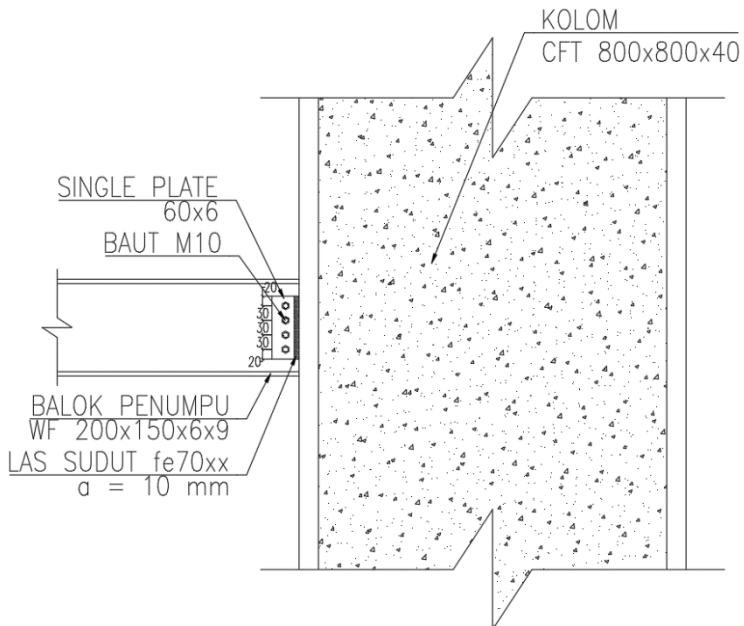
Kuat rencana

$$V_n = \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv})$$

$$= 0,75 \times (0,6 \times 5000 \times 8,62) = 19395 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$19395 \text{ kg} > 4336,85 \text{ kg (OK)}$$



Gambar IV.29 Detail sambungan balok penumpu
tangga dengan kolom
(sumber : penulis)

4.4.5 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan antar balok induk – kolom direncanakan sebagai sambungan kaku (*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, dimana sambungan memikul beban geser P_u dan momen M_u . Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

Balok Induk	: WF 500 x 300 x 11 x 18
Kolom	: CFT 800 x 800 x 40
Mutu las	: Fe _{110xx}
Mutu Baut	: Disesuaikan
Mutu Diafragma Plate	: BJ 50

Didapatkan gaya pada sambungan akibat kapasitas penampang

$$\begin{aligned} Mu &= 1,1 \cdot R_y \cdot Z_x \cdot f_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 3100 \times 2500 \\ &= 127875 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu1 &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 127875/10 \\ &= 25575 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$Vu2 = 22836,68 \text{ kgm (dari program ETABS)}$$

$$\begin{aligned} Vu_{tot} &= Vu1 + Vu2 \\ &= 25575 + 22836,68 \\ &= 48411,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Perencanaan pelat penyambung

- Kontrol Kuat geser baut pada badan balok

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut M20 mm ($A_g = 3,14 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 14 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2 \cdot 3,14 \\ &= 19438,61 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 1,4 \cdot 4100 \\ &= 20664 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}Td &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot fu \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot 3,14 \\ &= 14578,95 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset \cdot Vn} = \frac{48411,7}{19438,61} = 2,49 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 baut pada satu pelat

Kontrol Jarak Baut

$$\text{Jarak baut ketepi} = S1 = 50 \text{ mm}$$

$$1,5db \leq S1 \leq 4tp + 100$$

$$30 \leq 50 \leq 156 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } S1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = S = 100 \text{ mm}$$

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$60 \leq 100 \leq 210 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } S = 100 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 50 + (3-1) \times 80 + 50 = 200 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 50 + 50 = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

- Perencanaan kekuatan sambungan las pada kolom

Direncanakan las dengan $te = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$A_1 = te \cdot (2 \cdot d_{\text{plat}})$$

$$= 1 \times 2 \times (30)$$

$$= 60 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2 \times \left(\frac{1}{12} \times 60^3 \right)$$

$$= 4500 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 2 \times \left(\frac{60^2}{3} \right) = 1536 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Vu}{A} = \frac{48411,17}{60} = 806,86 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$f_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{12787500}{1536} = 8325,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{806,862^2 + 8325,2^2} \\ = 8364,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{\text{total}}}{f_{u_{\text{las}}}} = \frac{8364,2}{3479,85} = 2,4 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{2,4}{0,707} = 3,3 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 30 mm

- Kontrol Pelat Penyambung

Direncanakan pelat penyambung 300 x 100 x 14

Mutu Pelat Baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Diameter lubang dibuat dengan bor sehingga

$$20 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} = 21,5 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t$$

$$= (L - n \cdot \text{diameter lubang}) \times 1,4 \text{ cm}$$

$$= (30 - 2 \times 2,15) \times 1,4 \text{ cm}$$

$$= 32,97 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = \phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv})$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times 32,97$$

$$= 72995,58 \text{ kg} > 48411,7 \text{ kg}$$

b. Perhitungan diaphragm plate

- Sambungan diaphragm Plate dengan Kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2 cm (rencana tebal pelat)

Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ($f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$T = \frac{Mu}{d} = \frac{12787500}{40} = 319687,5 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$\phi R_n = 0,9 \times t_e \times f_y$$

$$= 0,9 \times 2 \times 2500 = 4500 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_{las} = t_e \cdot \text{lebar pelat} = 2 \times 40 = 80 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{total} = \frac{319687,5}{80}$$

$$= 3996,09 \text{ kg/cm}^2 < \phi R_n = 4500$$

- Sambungan 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 M30 mm ($A_b = 7,07 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A490 ($f_u = 10350 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 20 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 1 \cdot 7,07$$

$$= 27434,94 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 4100$$

$$= 44280 \text{ kg}$$

Kuat tarik baut:

$$T_d = \phi \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 10350 \cdot 7,07$$

$$= 41152,409 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} = \frac{319687,5}{27434,94} = 11,65 \approx 12 \text{ buah}$$

Dipasang 6 buah baut di tiap sisi sayap

Kontrol Jarak Baut

$$\text{Jarak baut ketepi} = S1 = 50 \text{ mm}$$

$$1,5db \leq S1 \leq 4tp + 100$$

$$36 \leq 50 \leq 160 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = S = 90 \text{ mm}$$

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$72 \leq 90 \leq 225 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 50 + 5 \times 90 + 50 = 550 \text{ mm} = 55 \text{ cm}$$

- **Kekuatan Diaphragm Plate**

Dipakai baut tipe tumpu 24 mm

Mutu pelat baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

Diameter lubang dibuat dengan bor sehingga

$$30 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} = 31,5 \text{ mm}$$

A_g = panjang pelat . t_p

$$= 55 \cdot 2 \text{ cm}$$

$$= 110 \text{ cm}^2$$

A_n = A_g – Aperlemahan

$$= 110 - (2 \times 2 \times 3,15)$$

$$= 97,4 \text{ cm}^2$$

Kontrol terhadap patah

$$T \leq 0,9 \cdot A_n \cdot F_u$$

$$319688 \text{ kg} \leq 3599406 \text{ kg} \quad \text{(OK)}$$

c. Perhitungan pelat buhul pengaku

- **Sambungan las sudut pada kolom**

- Bahan las sudut yang di gunakan adalah E_{70xx}

- Tebal efektif las sudut rencana, $t_e = 1 \text{ cm}$

- Kuat nominal las sudut

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot F_{E70xx})$$

$$= 0,75 \times 1 \times 0,6 \times 70 \times 70,3$$

$$= 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

- Luas las sudut

$$A_{las} = 2 \cdot (20 + 22,5) = 95 \text{ cm}^2$$

- Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$P_{u_h} = T = 319687,5 \text{ kg}$$

$$P_{u_v} = V_u = 48411,7 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{319687,5}{95} = 3365,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{48411,7}{95} = 509,597 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(\sum f_v)^2 + (\sum f_h)^2}$$

$$= \sqrt{(509,597)^2 + (3365,13)^2} = 3403,5 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal efektif las sudut \geq

$$t_e \geq \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{3403,5}{2214,45} = 1,54 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{1,54}{0,707} = 2,18 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 2,2 cm

- Kontrol tekuk pelat buhul

Lebar pelat = 475 mm

$$t_p = 15 \text{ mm}$$

$$A_g = 475 \times 15 = 7125 \text{ mm}^2$$

$$I_{plat} = 89309,896 \text{ mm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{89309,896}{7125}} = 3,54$$

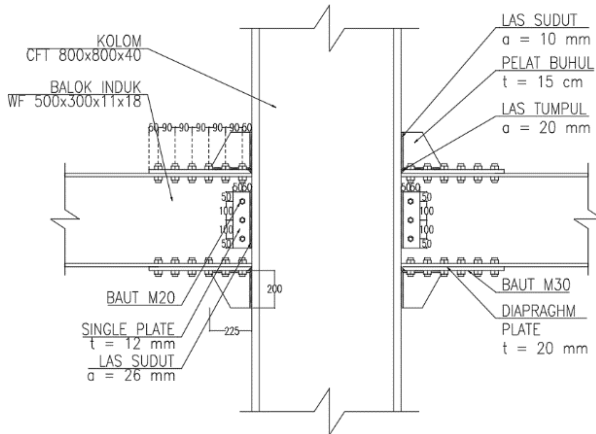
$$\lambda = \frac{L_k}{r} = \frac{47,5}{3,54} = 13,42$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \lambda \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \times 13,42 \times \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,15$$

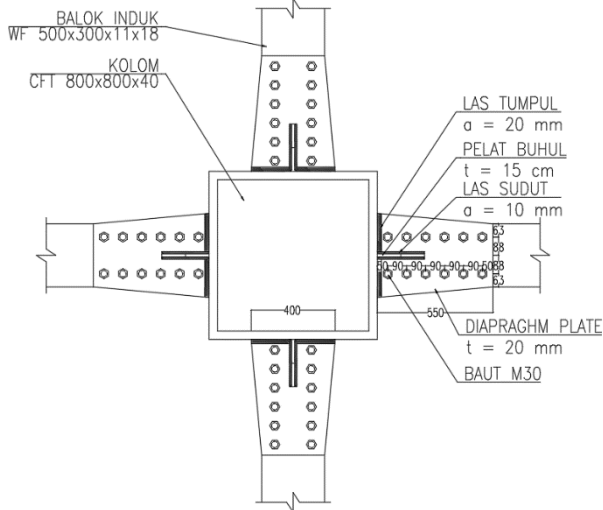
$$\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow \omega = 1$$

$$\phi N_n = 0,85 \cdot A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 0,85 \cdot 71,25 \cdot \frac{2500}{1} = 151406 \text{ kg}$$

$$\phi N_n > N_u = 151406 \text{ kg} > 48411,7 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$



Gambar IV.30 Tampak atas sambungan balok induk dengan kolom
(sumber : penulis)



Gambar IV.31 Potongan sambungan balok induk dengan kolom
(sumber : penulis)

4.4.6 Sambungan Antar Kolom

4.4.6.1 Kolom Berdimensi Sama

Kolom akan disambung menggunakan sambungan las dengan plat tambahan dengan tebal 50 mm. Dari hasil analisa ETABS, diperoleh gaya maksimum pada kolom dengan data gaya sebagai berikut :

$$P_u = 1386898 \text{ kg}$$

$$V_u = 9479,8 \text{ kg}$$

$$M_u = 54162,59 \text{ kgm}$$

Misal $t_e = 4 \text{ cm}$ (Tebal kolom yang ditinjau)

$$A = 4 \times (4 \times 80,0) = 1280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = (b+d)^3/6 = 682666,7 \text{ cm}^4$$

$$I_y = (b+d)^3/6 = 682666,7 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \cdot d + (d^2/3) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \cdot d + (d^2/3) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$F_{u\text{las}} = 0,75 \times 0,6 \times F_{e90xx} \times t_e$$

$$F_{u\text{las}} = 0,75 \times 0,6 \times 90 \times 70,3 \times 4$$

$$F_{u\text{las}} = 11388,6 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat P_u

$$F_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{1386898}{1280} + \frac{54162,59}{8533,33} = 1089,86 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat V_u

$$F_h = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{9479,8}{1280} + \frac{54162,59}{8533,33} = 13,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{total}} = (F_h^2 + F_v^2)^{0,5}$$

$$= (13,75^2 + 1089,86^2)^{0,5} = 1089,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{F_{\text{total}}}{F_{u\text{las}}} = \frac{1089,95}{11388,6} = 0,096$$

$$a_{\text{las}} = \frac{0,096}{0,707} = 0,14 \text{ cm}$$

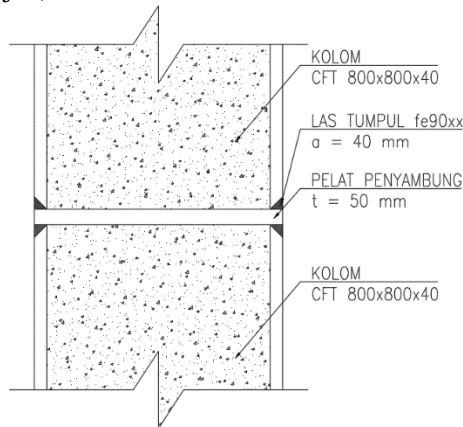
Syarat Tebal Kaki las

$$\text{Tebal minimum} = \text{Tebal plat} = 50 \text{ mm}, a_{\text{min}} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{\text{eff max las}} = \frac{0,6 \times F_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times F_{e90xx}}$$

$$= \frac{0,6 \times 4100 \times 50}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 90 \times 70,3} = 2,29 \text{ cm}$$

Sehingga diambil las dengan $a = 4$ cm (d disesuaikan dengan tebal kolom yang ditinjau)



Gambar IV.32 Detail sambungan antar kolom dimensi sama
(sumber : penulis)

4.4.6.2 Kolom Berdimensi Beda

Kolom akan disambung menggunakan sambungan las dengan plat tambahan dengan tebal 50 mm. Dari hasil analisa ETABS, diperoleh gaya maksimum pada kolom dengan data gaya sebagai berikut :

$$P_u = 10115854 \text{ kg}$$

$$V_u = 4494,59 \text{ kg}$$

$$M_u = 9161,23 \text{ kgm}$$

Misal $t_e = 2,8 \text{ cm}$

$$A = 4 \times (2,8 \times 70,0) = 784 \text{ cm}^2$$

$$I_x = (b+d)^3/6 = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$I_y = (b+d)^3/6 = 457333,3 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \cdot d + (d^2/3) = 6533,33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \cdot d + (d^2/3) = 6533,33 \text{ cm}^3$$

$$F_{u_{las}} = 0,75 \times 0,6 \times F_{e90xx} \times t_e$$

$$F_{u_{las}} = 0,75 \times 0,6 \times 90 \times 70,3 \times 2,8$$

$$F_{u_{las}} = 7972,02 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat P_u

$$F_v = \frac{Pu}{A} + \frac{Mu}{S_x} = \frac{1015854}{784} + \frac{9161,23}{6533,33} = 1297,135 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat V_u

$$F_h = \frac{V_u}{A} + \frac{Mu}{S_x} = \frac{4494,59}{784} + \frac{9161,23}{6533,33} = 7,135 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{total} = (F_h^2 + F_v^2)^{0,5} = (7,135^2 + 1297,135^2)^{0,5} = 1297,154 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{F_{total}}{F_{ulas}} = \frac{1297,154}{7972,02} = 0,17$$

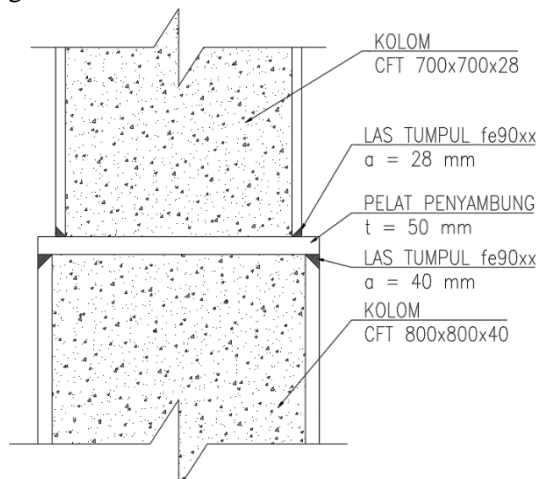
$$a \text{ las} = \frac{0,17}{0,707} = 0,23 \text{ cm}$$

Syarat Tebal Kaki las

Tebal minimum = Tebal plat = 50 mm, a min = 6 mm

$$a_{\text{eff max las}} = \frac{0,6 \times F_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times F_e 90xx} = \frac{0,6 \times 4100 \times 50}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 90 \times 70,3} = 2,29 \text{ cm}$$

Sehingga diambil las dengan a = 2,8 cm (disesuaikan dengan tebal kolom yang ditinjau), Untuk sambungan bagian kolom bagian bawah pelat, digunakan a las dari perhitungan kolom dengan dimensi yang sama



Gambar IV.33 Detail sambungan antar kolom dimensi berbeda
(sumber : penulis)

4.4.7 Sambungan Bresing dengan Kolom

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing.

Sesuai peraturan SNI 03-1729-2002 butir 15.11.3 mengenai kuat perlu sambungan dinyatakan bahwa kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisis yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

$P_{\text{tekan}} = 54207,6 \text{ kg}$ (kuat perlu yang menentukan)

$R_y \cdot f_y \cdot A_g = 1,5 \times 2400 \times 79,7 = 298875 \text{ kg}$

- **Sambungan baut pada batang bresing**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu $f_u 8250 \text{ kg/cm}^2$ baut M20mm, pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1=0,5$), tebal pelat buhul = 15 mm.

$$A_b = \frac{1}{4} \pi 2^2 = 3,14 \text{ cm}^2$$

Profil bresing WF 350 x 250 x 9 x 14

- Kuat geser (ϕV_n) :

$$\phi \cdot f_u^b \cdot r_1 \cdot A_b \cdot m = 0,75 \times 8250 \times 0,5 \times 3,14 \times 1 = 9719,3 \text{ (menentukan)}$$

- Kuat tumpu (ϕR_n) :

$$\phi \cdot 2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t_p = 0,75 \times 2,4 \times 4100 \times 2 \times 0,9 = 13284 \text{ kg}$$

Dipakai $\phi V_n = 9719,3 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{54207,6}{9719,3} = 5,58 = \text{dipakai 6 buah baut}$$

Dipasang 2 buah 3 baris.

- Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = $1,5 d_b \text{ s/d } (4t_p + 100 \text{ mm})$ atau 200mm
 = 30mm s/d 136mm atau 200mm
 = Dipakai 50mm

Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200mm
 = 60mm s/d 135mm atau 200mm
 = Dipakai 80mm

- **Sambungan las sudut pada kolom**

- Bahan las sudut yang di gunakan adalah E_{70xx}

- Tebal efektif las sudut rencana, $t_e = 1 \text{ cm}$

- Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_{nw} &= 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot F_{E70xx}) \\ &= 0,75 \times 1 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Luas las sudut

$$A_{\text{las}} = 2 \cdot (30+42) = 144 \text{ cm}^2$$

- Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 4 \text{ m} ; t = 5 \text{ m}$$

$$M = \sqrt{4^2 + 5^2} = 6,4031$$

$$\cos \phi = \frac{4}{6,4031} = 0,625$$

$$\sin \phi = \frac{5}{6,4031} = 0,781$$

$$P_{u_h} = 0,625 \times 54207,6 = 33863,2 \text{ kg}$$

$$P_{u_v} = 0,781 \times 54207,6 = 42329 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{33863,2}{152} = 235,161 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{42329}{152} = 293,951 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}f_{\text{total}} &= \sqrt{(\Sigma f_v)^2 + (\Sigma f_h)^2} \\ &= \sqrt{(235,161)^2 + (293,951)^2} \\ &= 376,442 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Tebal efektif las sudut \geq

$$t_e \geq \frac{f_{\text{total}}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{f_{\text{total}}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{376,442}{2214,45} = 0,17 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,17}{0,707} = 0,24 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 10 mm

- **Kontrol tekuk pelat buhul**

Lebar pelat = 720 mm $t_p = 15$ mm

$A_g = 720 \times 15 = 10800$ mm²

$I_{plat} = 3110400$ mm⁴

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{3110400}{10800}} = 16,97$$

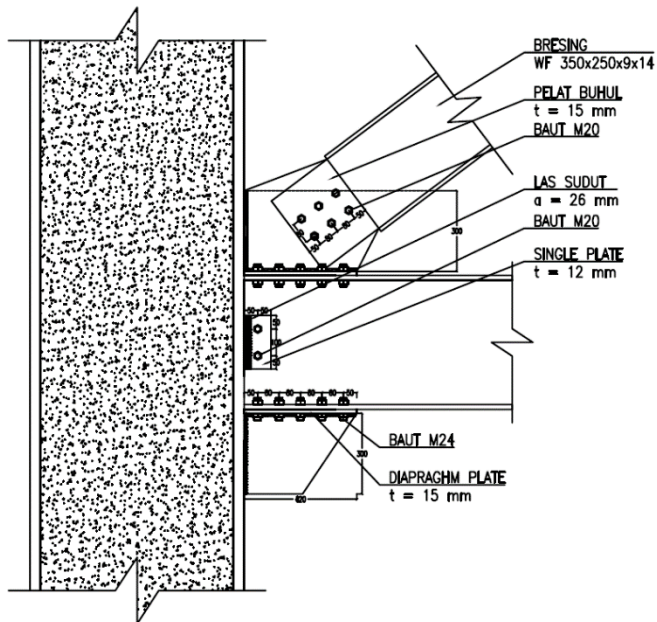
$$\lambda = \frac{L_k}{r} = \frac{72}{16,97} = 4,24$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \lambda \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \times 4,24 \times \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,04$$

$$\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow \omega = 1$$

$$\phi N_n = 0,85 \cdot A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 0,85 \cdot 108 \cdot \frac{2400}{1} = 229500 \text{ kg}$$

$$\phi N_n > N_u = 229500 \text{ kg} > 54207,6 \text{ kg... (OK)}$$



Gambar IV.34 Detail Sambungan BRESING dengan Kolom
(sumber : penulis)

4.4.8 Sambungan Bresing dengan Balok Induk

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing.

Sesuai peraturan SNI 03-1729-2002 butir 15.11.3 mengenai kuat perlu sambungan dinyatakan bahwa kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisis yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

$P_{tekan} = 54207,6$ kg (kuat perlu yang menentukan)

$R_y \cdot f_y \cdot A_g = 1,5 \times 2400 \times 79,7 = 298875$ kg

- **Sambungan baut pada batang bresing**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu f_u 8250kg/cm² baut M20mm, pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1=0,5$), tebal pelat buhul = 15 mm.

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = 3,14 \text{ cm}^2$$

Profil bresing WF 350 x 250 x 9 x 14

- Kuat geser (ϕV_n) :

$$\phi \cdot f_u^b \cdot r_1 \cdot A_b \cdot m = 0,75 \times 8250 \times 0,5 \times 3,14 \times 1 \\ = 9719,3 \text{ (menentukan)}$$

- Kuat tumpu (ϕR_n) :

$$\phi \cdot 2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t_p = 0,75 \times 2,4 \times 4100 \times 2 \times 0,9 \\ = 13284 \text{ kg}$$

Dipakai $\phi V_n = 9719,3$ kg

- Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{54207,6}{9719,3} = 5,58 = \text{dipakai 6 buah baut}$$

Dipasang 2 buah 3 baris.

- Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak ke tepi} = 1,5 d_b \text{ s/d } (4t_p + 100\text{mm}) \text{ atau } 200\text{mm} \\ = 30\text{mm s/d } 136\text{mm atau } 200\text{mm} \\ = \text{Dipakai } 50\text{mm}$$

Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200mm
 = 60mm s/d 135mm atau 200mm
 = Dipakai 80mm

• **Sambungan las sudut pada kolom**

- Bahan las sudut yang di gunakan adalah E_{70xx}
- Tebal efektif las sudut rencana, $t_e = 1\text{ cm}$
- Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned}\phi. R_{nw} &= 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot F_{E70xx}) \\ &= 0,75 \times 1 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Luas las sudut

$$A_{\text{las}} = 2 \cdot (80) = 160 \text{ cm}^2$$

- Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 4\text{m} ; t = 5\text{m}$$

$$M = \sqrt{4^2 + 5^2} = 6,4031$$

$$\cos \phi = \frac{4}{6,4031} = 0,625$$

$$\sin \phi = \frac{5}{6,4031} = 0,781$$

$$P_{uh} = 0,625 \times 54207,6 = 33863,2 \text{ kg}$$

$$P_{uv} = 0,781 \times 54207,6 = 42329 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{33863,2}{160} = 211,645 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{42329}{160} = 264,556 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}f_{\text{total}} &= \sqrt{(\Sigma f_v)^2 + (\Sigma f_h)^2} \\ &= \sqrt{(211,645)^2 + (264,556)^2} \\ &= 338,797 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Tebal efektif las sudut \geq

$$t_e \geq \frac{f_{\text{total}}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{f_{\text{total}}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{338,797}{2214,45} = 0,15 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,15}{0,707} = 0,22 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 10 mm

- **Kontrol tekuk pelat buhul**

Lebar pelat = 800 mm

$t_p = 15$ mm

$A_g = 800 \times 15 = 12000$ mm²

$I_{plat} = 426666,7$ mm⁴

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{426666,7}{12000}} = 5,96$$

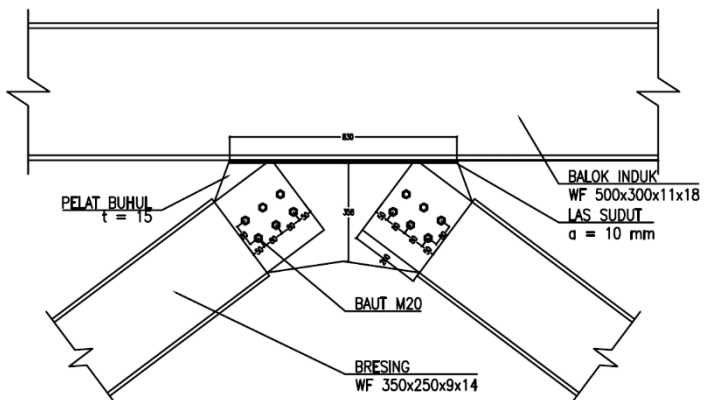
$$\lambda = \frac{Lk}{r} = \frac{80}{5,96} = 13,42$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \lambda \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \times 13,41 \times \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,15$$

$\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow \omega = 1$

$$\phi N_n = 0,85 \cdot A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 0,85 \cdot 120 \cdot \frac{2400}{1} = 255000 \text{ kg}$$

$\phi N_n > N_u = 255000 \text{ kg} > 54207,6 \text{ kg} \dots (\text{OK})$



Gambar IV.35 Detail sambungan bresing dengan balok induk
(sumber : penulis)

4.4.9 Sambungan Kolom dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* dibawah ini menggunakan *fixed plate* hasil modifikasi dari katalog PT. Gunung Garuda dengan ukuran

$$H = 100 \text{ cm}$$

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$t_p = 65 \text{ mm} = 6,5 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis ETABS didapat gaya yang bekerja pada kolom CFT 800x800x4 lantai dasar adalah :

$$P_u = 1386898 \text{ kg}$$

$$M_u = 74827,8 \text{ kgm}$$

$$V_u = 9479,8 \text{ kg}$$

a. Sambungan Las pada Base Plate :

Direncanakan las sudut pada daerah bawah kolom pada profil hollow section 800x800x40 sehingga didapat :

Missal $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 70,0) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682667 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682667 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3} \right) = 80 \times 80 + \left(\frac{80^2}{3} \right) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3} \right) = 80 \times 80 + \left(\frac{80^2}{3} \right) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$f_{u_{\text{las}}} = \phi \times 0,6 \times F_{E70xx} \times t_e$$

$$f_{u_{\text{las}}} = 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \times 1$$

$$f_{u_{\text{las}}} = 2214,45 \text{ Kg/cm}^2$$

Akibat Pu:

$$f_p = \frac{Pu}{A} + \frac{Mx}{Wx} = \frac{1386898}{280} + \frac{7482780}{8533,3}$$

$$f_p = 5830,1 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat Vu:

$$f_p = \frac{Vu}{A} + \frac{Mx}{Wx} = \frac{9479,8}{280} + \frac{7482780}{8533,3}$$

$$f_v = 910,745 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(5830,1)^2 + (910,75)^2} = 5900,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{5900,8}{2214,45} = 2,66 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{2,66}{0,707} = 3,77 \text{ cm}$$

Syarat – syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{plat} = 70 \text{ mm}$

$$a_{eff \max} = 1,41 \cdot \frac{fu}{f_{E70xx}} \cdot tp = 1,41 \cdot \frac{4100}{70.70,3} \cdot 7,0 = 8 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 4 \text{ cm}$

b. Perhitungan Base Plate :

- Cek eksentrisitas gaya

$$ex = \frac{Mux}{Pu} = \frac{7482780}{1386898} = 5,39 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \cdot 100 \text{ cm} = 16,67 \text{ cm} > e = 5,39 \text{ cm}$$

Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur

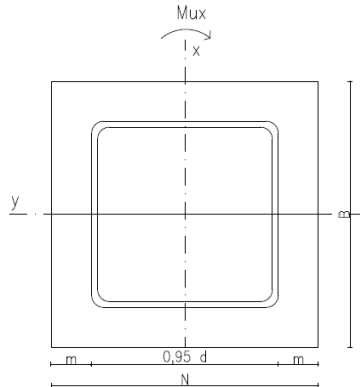
terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis)

Direncanakan diameter baut : 30mm = 3 cm

Direncanakan Dimensi Beton 120 x 120 cm ($A_2 = 12100 \text{ cm}^2$):

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{120 \times 120}{100 \times 100}} = 1,2$$

- Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar IV.36 Arah Beban Sumbu X pada Base Plate

Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B.N} = \frac{1386898}{100 \times 100} = 138,69 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban M_{ux}

$$f_{pb} = \frac{6.M_{ux}}{B.N^2} = \frac{6 \times 7482780}{100 \times 100^2} = 44,897 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p(max)} = f_{pa} + f_{pb} = 138,69 + 44,897 = 183,59 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang bisa diterima kolom beton

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 40 = 30,6 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 306 \text{ kg/cm}^2 > f_{p(\text{max})} = 183,59 \text{ kg/cm}^2$$

(memenuhi syarat)

Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat:

$$m = \frac{(N - 0,95 \times D)}{2} = \frac{(100 - 0,95 \times 80)}{2} = 12 \text{ cm}$$

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

$$M_{upl} = \left(183,59 - 2 \times 44,89 \times \frac{12}{100} \right) \times \left(\frac{12^2}{2} \right) + \left(2 \times 44,89 \times \frac{12}{100} \right) \times \left(\frac{12^2}{3} \right)$$

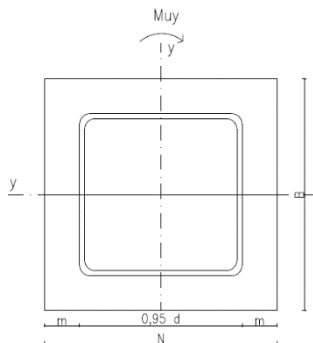
$$M_{upl} = 12959,6 \text{ kg.cm}$$

Menentukan tebal base plate :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{\phi \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 12959,6}{0,9 \times 2500}} = 4,79 \text{ cm} < 6,5 \text{ cm}$$

- Perencanaan akibab beban sumbu Y



Gambar IV.37 Arah Beban Sumbu Y pada Base Plate

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B.N} = \frac{1386898}{100 \times 100} = 138,69 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban M_{ux}

$$f_{pb} = \frac{6.M_{ux}}{B.N^2} = \frac{6 \times 6595970}{100 \times 100^2} = 39,58 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p(max)} = f_{pa} + f_{pb} = 138,69 + 39,58 = 178,27 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang bisa diterima kolom beton

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 40 = 30,6 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 306 \text{ kg/cm}^2 > f_{p(max)} = 178,27 \text{ kg/cm}^2$$

(memenuhi syarat)

Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1cm pelat:

$$m = \frac{(N - 0,95 \times D)}{2} = \frac{(100 - 0,95 \times 80)}{2} = 12 \text{ cm}$$

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

$$M_{upl} = \left(178,27 - 2 \times 39,58 \times \frac{12}{100} \right) \times \left(\frac{12^2}{2} \right) + \left(2 \times 39,58 \times \frac{12}{100} \right) \times \left(\frac{12^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 12607,2 \text{ kg.cm}$$

Menentukan tebal base plate :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4.M_{upl}}{\phi \cdot f_y}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 12607,2}{0,9 \times 2500}} = 4,7 \text{ cm} < 6,5 \text{ cm}$$

karena tebal yang didapat kurang dari tebal pelat penguat dengan spesifikasi dari brosur, maka tebal baseplate yang dipakai yaitu 6,5 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 (ts)

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f \rightarrow 0,5 \times 4 = 2 \text{ cm}$$

Direncanakan tebal pengaku 2 kali tebal disambung, maka dipakai tebal pelat pengaku (ts) = 4 cm”

- Perhitungan Baut Angkur

- Gaya tarik yang terjadi pada angkur

$$T = \frac{f_p \max \cdot A \cdot B}{2} - P_u = \frac{183,59 \cdot 100 \cdot 100}{2} - 1386898$$

$$= -468966 \text{ kg}$$

“Karena $1/6 h > e$, maka dipasang angkur praktis”

Dipakai baut angkur M30 mm mutu F1554 Grade 105 dengan $f_u = 7381,5 \text{ kg/cm}^2$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 7381,5 \times 7,07$$

$$= 19570,2 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\phi R_n = 2,4 \cdot \phi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 6,5 \cdot 4100$$

$$= 143910 \text{ kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$T_d = \phi \cdot 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

$$= 0,75 \times 0,75 \times 7381,5 \times 7,07$$

$$= 29349,42 \text{ kg}$$

- Kontrol geser

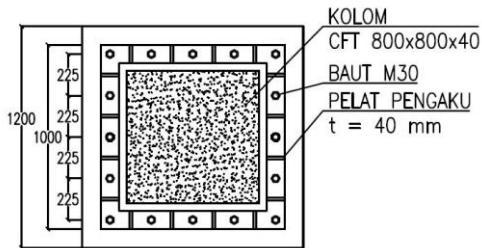
$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{947980}{19570,2} = 4,84$$

- Kontrol tarik

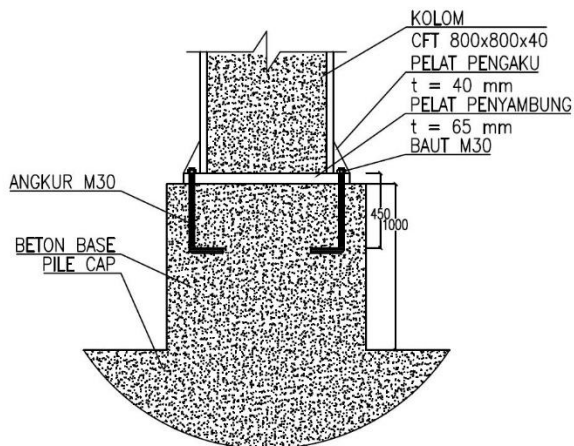
$$n = \frac{T}{\phi V_n} = \frac{468966}{19570,2} = 15,98 \approx 16 \text{ buah}$$

Untuk pelat landas dipasang 16 baut

- Panjang Baut Angkur ($12 \text{ in} \times 2,54 = 30,48 \text{ cm}$)
 $\lambda d = 15 \cdot db \rightarrow 15 \cdot 3,0 \text{ cm} = 45 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$
 Maka panjang angkur yang dibutuhkan 45 cm.
 Direncanakan dipasang hingga 100 cm setebal Pedestal.



Gambar IV.38 Base Plate Pada Kolom
(sumber : penulis)



Gambar IV.39 Tampak Samping Base Plate dan Kolom Pedestal
(sumber : penulis)

4.5 Perencanaan Bangunan Bawah

4.5.1 Perencanaan Kolom Pedestal

Struktur pedestal berfungsi untuk menghubungkan kolom baja dengan struktur dibawahnya menggunakan sambungan base plate. Besarnya gaya dalam hasil analisa pada program ETABS adalah sebagai berikut :

$$M_x = 59997,2 \text{ kg.m} \quad P_u = 1708471 \text{ kg}$$

$$M_y = 69181,6 \text{ kg.m} \quad V_u = 14641,8 \text{ kg}$$

Dimensi pedestal :

$$B = 120 \text{ cm} \quad A_g = 14400 \text{ cm}^2$$

$$H = 120 \text{ cm}$$

Mutuh bahan :

$$f'_c = 40 \text{ Mpa} \quad f_y = 420 \text{ Mpa}$$

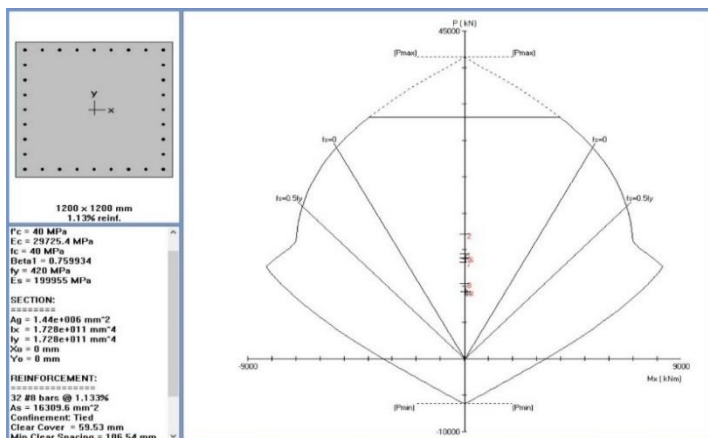
- **Penulangan utama pedestal**

Tulangan utama D25, $A_s = 490,873 \text{ mm}^2$

Selimut beton (c) = 40 mm

$$d' = 1250 - 50 - 14 - (0,5 \times 25) = 1123,5 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan software spcolumn, didapatkan rasio tulangan utama (ρ) = 1,31 %



Gambar IV.40 Hasil analisis kolom pedestal dengan menggunakan spcolumn
 (sumber : penulis)

Jumlah tulangan butuh

$$A_s = \rho \times b \times d'$$

$$= 1,13 \times 1200 \times 1123,5 = 15234,7 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan utama 32D25 (dipasang merata 4 sisi) dengan jarak 130 mm

$$A_s = 32 \times 490,873$$

$$= 15707,9 \text{ mm}^2 \geq 15234,7 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- **Penulangan geser pedestal**

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \times \left[1 + \frac{Nu}{14 Ag} \right]$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 1200 \times 1133,5 \times \left[1 + \frac{17084710}{14 \times 1440000} \right]$$

$$V_c = 2625470 \text{ N} = 262547 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 262547 = 196910 \text{ kg}$$

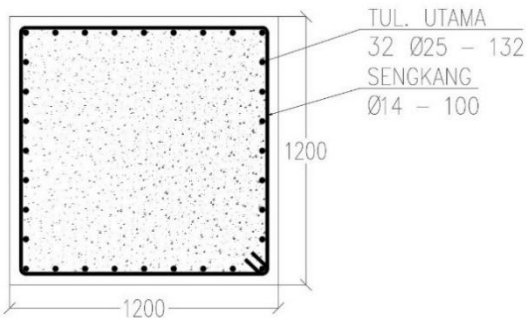
$$\emptyset V_c \geq V_u$$

$$196910 \text{ kg} \geq 14641,8 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Sehingga tidak diperlukan tulangan geser, namun dalam pelaksanaan tetap dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 14$ dengan jarak yang paling minimum dari berikut :

$$- 6 d_b = 6 \times 14 = 84 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan geser $\emptyset 14$ -100 mm



Gambar IV.41 Penulangan Kolom Pedestal
(sumber : penulis)

4.5.2 Perencanaan Balok Sloof

Struktur balok *sloof* berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (*pilecap*) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok *sloof* merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (*pilecap*). Besarnya gaya dalam yang terjadi pada balok *sloof* adalah akibat dari berat balok *sloof* sendiri dan beban dinding yang menumpu di atasnya.

Data –data balok *sloof* :

$$L = 10000 \text{ mm}$$

$$b \geq L/20 = 10000/20 = 500 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

Mutu bahan :

$$f'c = 40 \text{ Mpa} \quad Fy = 420 \text{ Mpa}$$

Tinggi dinding = 3,5 m

Berat dinding = 250 kg/m²

$$\beta = 0,832 \quad (f'c = 40 \text{ Mpa})$$

Gaya aksial kolom = 1708471 kg

$$\begin{aligned} \text{Gaya aksial sloof} &= 10 \% \times 1708471 \text{ kg} \\ &= 170847 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tegangan tarik yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan ijin tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,7 \times \sqrt{f'c}$$

$$= 0,7 \times \sqrt{40} = 4,43 \text{ Mpa}$$

Tegangan yang terjadi (Fr) :

$$f_r = \frac{\text{Aksial Sloof}}{0,8 \times b \times h} = \frac{170847}{0,8 \times 500 \times 800} = 4,4 \text{ Mpa}$$

$$f_r \leq f_{ijin} \text{ (OK)}$$

Pembebanan *sloof* :

Beban merata (qd)

$$\text{Berat sendiri} = 0,5 \times 0,8 \times 2400 = 960 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 250 \times 3 = 875 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total qd} = 1835 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,4 \text{ qd} = 1,4 \times 1835 \text{ kg/m} = 2569 \text{ kg/m}$$

$$= 25690 \text{ N/mm}$$

Balok *sloof* merupakan balok menerus, sehingga perhitungan momen untuk tumpuan digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien menurut SNI 2847:2013 pasal 8.3.3 adalah sebagai berikut :

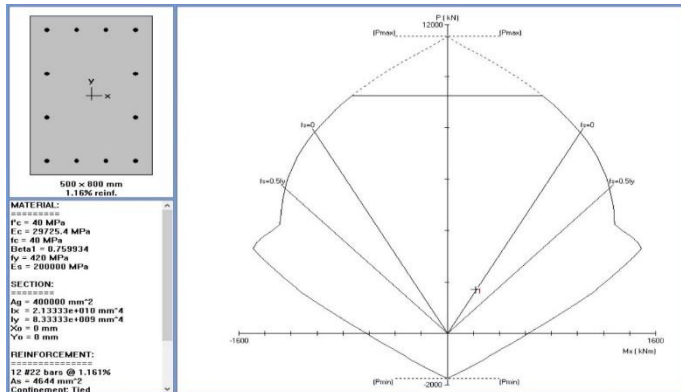
$$M_{tumpuan} = \frac{1}{12} x qu x l^2$$

$$M_{lapangan} = \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{12}\right) x qu x l^2 = \frac{1}{24} x qu x l^2$$

a. Penulangan lentur sisi tumpuan

Dengan menggunakan software spcolumn, direncanakan menggunakan Tulangan D 22,

$$\begin{aligned} M_{tumpuan} &= \frac{1}{12} x 25690 x 10^2 \\ &= 214083 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



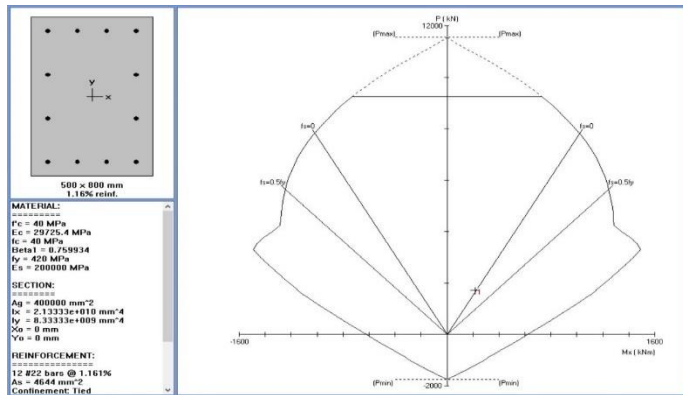
Gambar IV.42 Hasil SpColumn sloof sisi tumpuan
(sumber : penulis)

didapatkan rasio tulangan (ρ) = 1,161%, dan tulangan dipakai 12D22 dengan jarak 100 mm

b. Penulangan lentur sisi lapangan

Dengan menggunakan software spcolumn, direncanakan menggunakan Tulangan D 22,

$$\begin{aligned} M_{tumpuan} &= \frac{1}{24} x 25690 x 10^2 \\ &= 107,042 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



Gambar IV.43 Hasil SpColumn sloof sisi lapangan
 (sumber : penulis)

didapatkan rasio tulangan (ρ) = 1,161%, dan tulangan dipakai 12D22 dengan jarak 100 mm

c. Penulangan geser balok sloof

$$\begin{aligned} V_u &= 0,5 \times q_u \times l \\ &= 0,5 \times 25690 \times 10 \\ &= 12845 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung dengan persamaan berikut ini,

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 500 \times 732 = 38579,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 38579,8 \text{ kg} = 28934,8 \text{ kg}$$

$$\phi V_c \geq V_u \text{ (OK)}$$

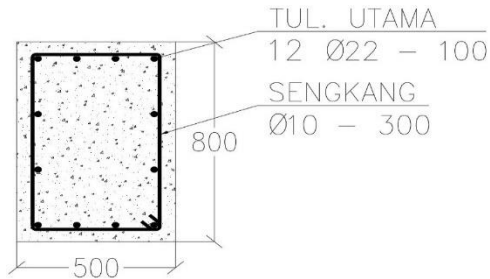
Sehingga tidak diperlukan tulangan geser, namun dalam pelaksanaan tetap dipasang tulangan geser praktis $\phi 10$ mm dengan jarak yang paling minimum dari berikut :

- 300 mm

- $d/2 = 532/2 = 266$ mm

Pakai 300 mm,

Digunakan tulangan geser $\varnothing 10-300$

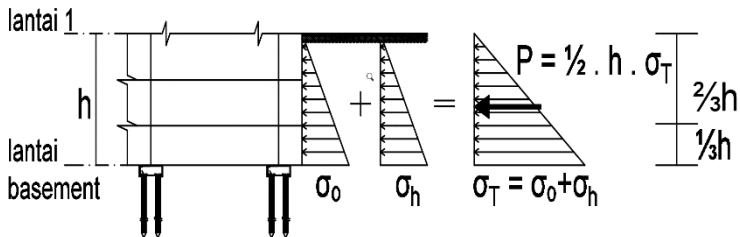


Gambar IV.44 Penampang Melintang Balok Sloof
(sumber : penulis)

4.5.3 Perencanaan Basement

Perencanaan *basement* menggunakan dinding geser yang juga difungsikan sebagai penahan tanah. Tinggi *basement* yang direncanakan memiliki ketinggian 3.5 m.

a. Penulangan Dinding *Basement*



Gambar IV.45 Diagram Tegangan yang Terjadi pada Dinding *Basement*

(sumber : penulis)

Data perencanaan *basement* adalah sebagai berikut:

Mutu beton ($f'c$) = 30 MPa

Mutu baja (f_y) = 400 MPa

Tebal dinding *basement* (t) = 450 mm

Diameter tulangan = 2 mm

Tinggi dinding *basement* = 3,5 m

$$\begin{aligned}\text{Tebal selimut beton} &= 40 \text{ mm} \\ d &= 450 - 40 - 22 - \frac{22}{2} \\ &= 377 \text{ mm}\end{aligned}$$

Beban Lateral berdasarkan SNI1727:2013 untuk tanah lanau inorganik dan lempung 13,35 kN/m² per meter kedalaman. Sehingga pada kedalaman 3,5 meter didapat tekanan tanah lateral sebesar 46,73 kN/m.

Dari hasil analisis perhitungan tekanan tanah horizontal didapat:

$$\begin{aligned}P &= 0,5 \times 3,5 \times 46,73 \\ &= 81,769 \text{ kN} = 81769 \text{ N} \\ Mu &= 81769 \times 3500/3 = 95396875 \text{ Nmm} \\ Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{95396875}{0,9} \\ &= 105996527 \text{ Nmm} \\ Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{105996527}{1000 \times 377^2} \\ &= 0,746 \\ m &= \frac{fy}{0,85f'c} = \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,69 \\ P_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,746}{400}} \right) = 0,00189 \\ \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,0035 \\ As &= \rho \times bw \times d = 0,0035 \times 1000 \times 377 \\ &= 1319,5 \text{ mm}^2 \\ AD22 &= 380 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{As}{AD22} = \frac{1319,5}{380} = 3,47 \approx 4 \\ s &= \frac{1000}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan D22-250

- **Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Basement**

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.2 yang menyatakan bahwa tebal dinding *basement* eksterior dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.

Dinding basement yang dipakai 450 mm.

- **Kontrol Rasio Tulangan**

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.3.3 menyatakan bahwa rasio minimum luas tulangan horizontal terhadap luas beton bruto, ρ_t , harus 0,0025.

$$\frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{3 \times 380}{1000 \times 450} = 0,00253 \geq 0,0025 \text{ (OK)}$$

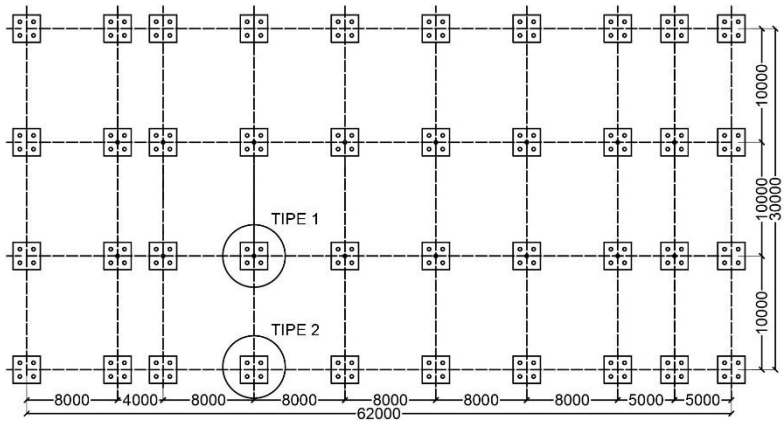
4.5.4 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan yang ada di atasnya untuk diteruskan ke lapisan tanah.

4.5.4.1 Perencanaan Tiang Pancang

Pondasi pada gedung perkantoran ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : A1
- *Concrete cross section* : 1571 cm²
- Berat : 393 kg/m
- *Bending moment crack* : 17 tm
- *Bending momen ultimate* : 25,5 tm
- *Allowable axial load* : 252,7 tm



Gambar IV.46 Denah Rencana Pondasi
(sumber : penulis)

a. Daya dukung tanah tiang pancang tunggal

Dalam menghitung daya dukung tiang pancang tunggal diperlukan data tanah yang berada pada lokasi bangunan. Pada tugas akhir ini digunakan data tanah berdasarkan hasil *Standard Penetration Test* (SPT). Daya dukung pondasi tiang pancang tunggal ditentukan oleh perlawanan tanah pada ujung tiang (Q_p) dan unsur lekatan lateral tanah (Q_s).

Perhitungan daya dukung tanah tersebut dihitung menggunakan metode Luciano Decourt, untuk pile cap tipe 1 direncanakan dengan diameter tiang adalah 60 cm pada kedalaman 22 meter :

$$A_{\text{ujung}} = 0,25 \times \pi \times 60^2$$

$$= 2828,57 \text{ cm}^2$$

$$\text{Keliling} = \pi \times 60$$

$$= 188,57 \text{ cm}$$

$$N_p = (32,5 + 23 + 22,5) / 3$$

$$= 26$$

$$\alpha = 1 \text{ (driven pile)}$$

$$\begin{aligned}
 K &= 40 \text{ t/m}^2 \\
 N_s &= \frac{(1+2+3+10+19+32,5+28,5+23+22,5+23)}{10} \\
 &= 16,45 \\
 \beta &= 1 \text{ (driven pile)} \\
 q_s &= \beta x \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \\
 &= 1x \left(\frac{16,45}{3} + 1 \right) \\
 &= 6,48 \text{ t/m}^2 \\
 A_s &= \text{keliling tiang} \times \text{kedalaman tiang} \\
 &= (188,57/100) \times 22 \\
 &= 41,49 \text{ m}^2 \\
 Q_p &= \alpha \times N_p \times K \times A_{\text{ujung}} \\
 &= 1 \times 26 \times 40 \times (0,2829) \\
 &= 294,5 \text{ ton} \\
 Q_s &= 268,97 \text{ ton} \\
 Q_1 &= 563,02 \text{ ton} \\
 Q_1/SF &= 187,67 \\
 P_{\text{ijin}} &= Q_1 \times \frac{4}{3} \\
 &= 187,67 \times \frac{4}{3} \\
 &= 250,231
 \end{aligned}$$

P_{ijin} tiang adalah yang paling kritis antara daya dukung tanah dengan allowable axial load dari spesifikasi pile yang dipilih, yaitu = 252,7 ton. Karena P_{ijin} daya dukung tanah lebih kecil maka, P_{ijin} 1 tiang adalah 250,231 ton

Tabel IV-15 Rekapitulasi perhitungan daya dukung tanah

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	N' (koreksi)	Np	α	K (t/m ²)	Ns	β	qs (t/m ²)	As (m ²)	Qp (ton)	Qs (ton)	Q1 (ton)	Qu/SF (ton)	Qu x 4/3 (ton)
Lapisan 1	0	0	0	0	0.33	1	12	0.00	1	1.00	0.00	1.13	0.00	1.13	0.38	0.503
Lapisan 2	2	2	1	1	1.00	1	12	1.00	1	1.33	3.77	3.39	5.03	8.42	2.81	3.743
Lapisan 3	4	2	2	2	1.83	1	40	1.50	1	1.50	7.54	20.73	11.31	32.05	10.68	14.244
Lapisan 4	6	2	2.5	2.5	2.50	1	12	1.50	1	1.50	11.31	8.48	16.97	25.45	8.48	11.313
Lapisan 5	8	2	3	3	5.17	1	12	2.00	1	1.67	15.09	17.53	25.14	42.67	14.22	18.966
Lapisan 6	10	2	10	10	10.67	1	12	4.00	1	2.33	18.86	36.19	44.00	80.19	26.73	35.641
Lapisan 7	12	2	23	19	20.50	1	12	7.00	1	3.33	22.63	69.55	75.43	144.98	48.33	64.437
Lapisan 8	14	2	50	32.5	26.67	1	12	11.25	1	4.75	26.40	90.48	125.40	215.88	71.96	95.946
Lapisan 9	16	2	42	28.5	28.00	1	12	13.71	1	5.57	30.17	95.00	168.10	263.10	87.70	116.933
Lapisan 10	18	2	31	23	24.67	1	12	14.88	1	5.96	33.94	83.69	202.24	285.93	95.31	127.082
Lapisan 11	20	2	30	22.5	22.83	1	40	15.72	1	6.24	37.71	258.24	235.37	493.60	164.53	219.380
Lapisan 12	22	2	31	23	26.00	1	40	16.45	1	6.48	41.49	294.05	268.97	563.02	187.67	250.231
Lapisan 13	24	2	50	32.5	29.33	1	40	17.91	1	6.97	45.26	331.75	315.43	647.18	215.73	287.636
Lapisan 14	26	2	50	32.5	32.50	1	40	19.13	1	7.38	49.03	367.57	361.59	729.15	243.05	324.068
Lapisan 15	28	2	50	32.5	32.50	1	40	20.15	1	7.72	52.80	367.57	407.51	775.07	258.36	344.477
Lapisan 16	30	2	50	32.5	32.50	1	40	21.04	1	8.01	56.57	367.57	453.24	820.81	273.60	364.805
Lapisan 17	32	2	50	32.5	32.50	1	40	21.80	1	8.27	60.34	367.57	498.83	866.40	288.80	385.067

Karena Pijin tiang adalah yang paling kritis maka untuk *pilecap* tipe 2 dipih pada lapisan 11 kedalaman 20 meter dengan harga Pijin didapat, yaitu = 219,38 ton

b. Daya dukung tiang pancang kelompok

Tiang pancang dalam grup disatukan dengan menggunakan *pilecap* (kepala tiang) diatasnya. Pada tugas akhir ini ada 2 tipe *pilecap* dengan konfigurasi tiang pancang yang berbeda. Berikut contoh perhitungan untuk *pilecap* tipe 1.

Direncanakan *pilecap* persegi panjang dua arah dengan data sebagai berikut :

Dimensi *pilecap* = 540 cm x 360 cm x 100 cm

Jumlah tiang = 6 tiang

Jumlah baris (m) = 3 tiang

Jumlah kolom (n) = 2 tiang

Jarak antar tiang (S)

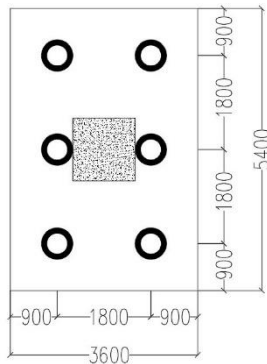
$$S = 2D \leq S \leq 3D$$

$$= 120 \leq S \leq 180, \text{ pakai } S = 180 \text{ cm}$$

Jarak tiang pancang ke tepi *pilecap*

$$S_1 = 1,5D$$

$$= 90 \text{ cm}$$



Gambar IV.47 Konfigurasi tiang pancang pada *pilecap* tipe1
(sumber : penulis)

Karena jarak antar tiang digunakan ≥ 3 diameter maka tidak perlu memperhitungkan pengaruh dari sebuah group tiang pondasi atau yang disebut koefisien efisiensi ce.

c. Repartisi beban-beban diatas tiang kelompok

Apabila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh *pilecap* (kepala tiang) berlaku beban-beban vertikal (P_u), Horizontal (V) dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang dihitung sebagai berikut :

Beban maksimum yang terjadi akibat kombinasi pembebanan $1D + 1L + 1E$ pada pilecap tipe 1 adalah sebagai berikut :

$$P_u = 1320353 \text{ kg}$$

$$M_x = 73154,99 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 75606,63 \text{ kg.m}$$

$$x = 0,9 \text{ meter}$$

$$y = 1,8 \text{ meter}$$

$$\Sigma y^2 = 6 \times 0,9^2 = 4,86 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 6 \times 1,8^2 = 13 \text{ m}^2$$

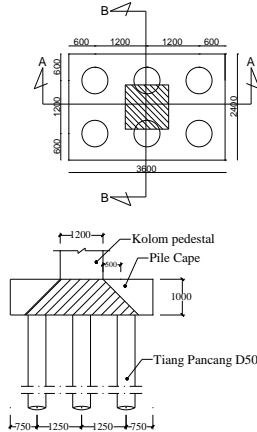
$$\begin{aligned} P_v &= \frac{P_u}{n} + \frac{M_x \times y}{\Sigma y^2} + \frac{M_y \times x}{\Sigma x^2} \\ &= \frac{1320353}{6} + \frac{73154,99 \times 1,8}{13^2} + \frac{75606,63 \times 0,9}{4,86^2} \\ &= 244220,48 \text{ kg} \\ &= 244,221 \text{ ton} \leq P_{\text{ijin grup}} = 250,231 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

4.5.4.2 Perencanaan *Pilecap*

a. Kontrol geser *ponds*

- Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1.



Gambar IV.48 Geser Ponds akibat Kolom
(sumber : penulis)

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)

$$= 1000/1000 = 1$$

Tebal efektif balok poer :

$$d' = 1000 - 50 - (1/2 \cdot 25) = 937,5 \text{ mm}$$

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

$$b_o = 2 (1000 + 937,5) + 2 (1000 + 937,5) = 8150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1. \sqrt{40} \times 8150 \times 937,5 \\ &= 24645013,3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left(\frac{40.919}{8476}\right) 1. \sqrt{40} \times 8150 \times 937,5 \\ &= 18454854 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333.1. \sqrt{40} \times 8150 \times 937,5 \\ &= 16091743,98 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $16091743,98 \text{ N} = 1609174 \text{ kg}$

$$\emptyset V_c = 0,75 \cdot 1609174 \text{ Kg} > V_u$$

$$\emptyset V_c = 1206880,798 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= V + W_{\text{beton}} - n \times P_{\text{ijin grup}} \\ &= 1320353 + (2400 \times 1 \times 2,0375^2) - 2 \times 165679,8 \\ &= 841875,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

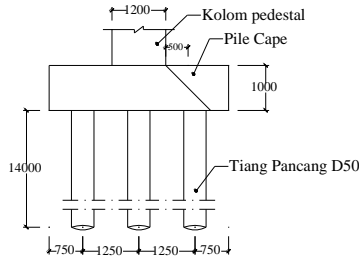
$$\emptyset V_c > V_u \text{ (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Pancang

$$\beta = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat)} = 1000/1000 = 1$$

$$\begin{aligned} b_o &= (\pi \times (600 + 937,5)) \\ &= 4830.2 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar IV.49 Geser Ponds akibat Tiang Pancang
(sumber : penulis)

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1. \sqrt{40} \times 4830.2 \times 937,5 \\ &= 14606173,17 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left(\frac{40.937,5}{4830.2} \right) 1. \sqrt{40} \times 4830.2 \times 937,5 \\ &= 18454854,78 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333.1. \sqrt{40} \times 4830.2 \times 937,5 \\ &= 9536971,89 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $9536971,89 \text{ N} = 953697,2 \text{ Kg}$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 953697,2 \text{ Kg} > P_{ijin}$$

$$\phi V_c = 715272,89 \text{ kg} > P_{ijin} = 250230,57 \text{ kg (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran *poer* memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat pancang.

b. Penulangan *pilecap*

Penulangan lentur *pilecap* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada muka pedestal. Beban yang bekerja

adalah $P_{ijin\ grup}$ dan berat dari *pilecap* sendiri. Berikut adalah data-data untuk perhitungan tulangan lentur pada pilecap tipe 1 :

Sisi bawah pilecap :

Tulangan utama D25 mm, $A_s = 491,07\text{ mm}^2$

Sisi atas pilecap :

Tulangan utama D19 mm, $A_s = 283,64\text{ mm}^2$

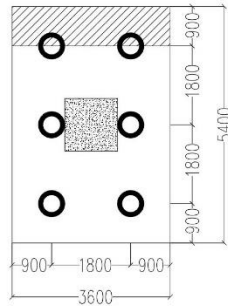
Selimut beton (c) = 75 mm

Mutu bahan :

$$f'_c = 40\text{ Mpa}$$

$$f_y = 420\text{ Mpa}$$

a. Penulangan lentur sisi panjang



Gambar IV.50 Daerah tulangan lentur sisi panjang

(sumber : penulis)

$$d' = 1000 - 75 - 25 - 0,5 \times 25 = 887,5\text{ mm}$$

$$P = P_{ijin\ grup} = 244,22\text{ ton} = 2442205\text{ N}$$

$$n = 2$$

$$\begin{aligned} W_{u\text{pilecap}} &= 1,2 \times 2400 \times 3,6 \times 1 \\ &= 10368\text{ kg/m} = 103,68\text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= P a - \frac{1}{2} W_{ux} \cdot L^2 \\ &= 2 \times 2442205 \times 1200 - 0,5 \times 103,68 \times 2100^2 \\ &= 5632677033\text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5632677033}{0,9} = 6258530037\text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,356$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{6258530037}{3600 \times 887,5^2} = 2,21$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}}\right) \times \frac{1}{m} \\ &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,356 \cdot 2,21}{420}}\right) \times \frac{1}{12,356} \\ &= 0,0054 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0054$$

Tulangan butuh sisi bawah pilecap

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d^2 \\ &= 0,0054 \times 3600 \times 887,5 \\ &= 17373,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$\begin{aligned} n &= A_{S_{\text{perlu}}} / A_{S_{\text{tulangan}}} \\ &= 17373,67 / 491,07 \\ &= 35,38 \approx 36 \text{ buah} \end{aligned}$$

jarak tulangan

$$\begin{aligned} &= (3600 - 2 \times 75 - 2 \times 25 - 25) / (36-1) \\ &= 96,43 \text{ mm} \approx 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D25-95 jumlah 36 buah

Tulangan butuh sisi atas pilecap

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d^2 \times 0,5 \\ &= 0,0054 \times 3600 \times 887,5 \times 0,5 \\ &= 8686,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

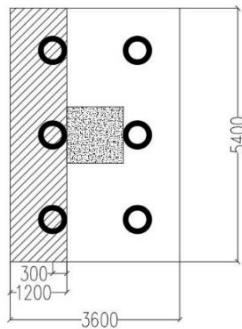
$$\begin{aligned} n &= A_{S_{\text{perlu}}} / A_{S_{\text{tulangan}}} \\ &= 8686,84 / 283,64 \\ &= 30,63 \approx 36 \text{ buah} \end{aligned}$$

jarak tulangan

$$\begin{aligned} &= (3600 - 2 \times 75 - 2 \times 19 - 19) / (36-1) \\ &= 96,43 \text{ mm} \approx 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19-95 jumlah 36 buah

b. Penulangan lentur sisi pendek



Gambar 4.19 Daerah tulangan lentur sisi pendek
(sumber : penulis)

$$d' = 1000 - 75 - 0,5 \times 25 = 912,5 \text{ mm}$$

$$P = \text{Pijin grup} = 244,22 \text{ ton} = 2442205 \text{ N}$$

$$n = 3$$

$$\begin{aligned} W_{u_{\text{pilecap}}} &= 1,2 \times 2400 \times 5,4 \times 1 \\ &= 15552 \text{ kg/m} = 155,52 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= n P a - \frac{1}{2} W_{ux} \cdot L^2 \\ &= 3 \times 2442205 \times 300 - 0,5 \times 155,52 \times 1200^2 \\ &= 2086009888 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2086009888}{0,9} = 2317788764 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,356$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2317788764}{5400 \times 912,5^2} = 0,52$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \times \frac{1}{m} \\ &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,356 \cdot 0,52}{420}} \right) \times \frac{1}{12,356} = 0,0012 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0018$$

Tulangan butuh sisi bawah pilecap

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d'$$

$$= 0,0018 \times 5400 \times 912,5$$

$$= 5913 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = A_{S_{\text{perlu}}} / A_{S_{\text{tulangan}}}$$

$$= 5913 / 491,07$$

$$= 12,04 \approx 13 \text{ buah}$$

jarak tulangan

$$= (5400 - 2 \times 75 - 2 \times 25 - 25) / (13-1)$$

$$= 276,19 \text{ mm} \approx 270 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D25-270 jumlah 13 buah

Tulangan butuh sisi atas pilecap

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d' \times 0,5$$

$$= 0,0054 \times 3600 \times 912,5 \times 0,5$$

$$= 2956,5 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = A_{S_{\text{perlu}}} / A_{S_{\text{tulangan}}}$$

$$= 2956,5 / 283,64$$

$$= 10,42 \approx 13 \text{ buah}$$

jarak tulangan

$$= (5400 - 2 \times 75 - 2 \times 19 - 19) / (13-1)$$

$$= 283,75 \text{ mm} \approx 270 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D19-270 jumlah 13 buah

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. *Preliminary design* gedung apartemen *One-East Residence* didesain menggunakan balok profil WF komposit, kolom menggunakan kolom profil CFT (*Concrete Filled-Steel Tube*), pelat yang digunakan untuk gedung adalah pelat bondek dari brosur ONESTELL BONDEK.
2. Perencanaan struktur sekunder disimpulkan sebagai berikut
 - a. Pelat lantai atap dan gedung menggunakan bondek dengan tebal 1 mm dengan pelat beton tebal 100 mm dan dipasang wiremesh Ø6-200 sebagai tulangan negatif dan tulangan susut.
 - b. Balok anak atap menggunakan profil WF 450x300x10x15 dan untuk balok anak lanati menggunakan profil WF450x300x11x18.
 - c. Balok penggantung lift menggunakan profil WF 300x200x8x12
 - d. Balok utama dan penumpu tangga menggunakan profil WF 200x150x6x9.
3. Berdasarkan hasil perencanaan balok induk menggunakan profil WF 500x300x11x18 dan untuk kolom menggunakan concrete filled tube (CFT), dimensi kolom lantai 1-5 CFT 800.800.40.40, dimensi kolom lantai 6-10 CFT 700.700.28.28, dimensi kolom lantai 11-15 CFT 600.600.19.19, dimensi kolom lantai 16-20 CFT 500.500.16.16.
4. Berdasarkan hasil perencanaan bresing konsentris arah melintang dan memanjang menggunakan profil WF 350x250x9x14.
5. Rancangan struktur pada sistem bresing konsentris ini yaitu gedung apartemen one-east residence surabaya yang

menggunakan sistem penahan gempa bresing konsentris, di bebani menurut SNI:1727:2013, serta telah memenuhi 5 kontrol gempa SNI:1726:2012.

6. Perencanaan sambungan di desain menggunakan kombinasi beban ultimate yang didapat dari output ETABS. Dalam perencanaan ini, sambungan yang diunakan adalah sambungan las dan baut.
7. Hasil perhitungan struktur bawah didapatkan dimensi kolom pedestal 1200 mm x 1200 mm (tulangan utama 32D25, tulangan geser $\text{Ø}14$ -100), dimensi balok sloof adalah 500 mmm 800 mm (tulangan lentur 12D22, tulangan geser $\text{Ø}10$ -300), dan pondasi menggunakan pondasi tiang pancang dari produk PT. WIKA Beton D60 cm dengan kedalaman 22 meter.
8. Hasil perencanaan struktur dapat dilihat pada lampiran berupa gambar teknik.

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 dan seefisien mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- G. Salmon, Charles & E. Johnson, Jhon . 1991 . Struktur Baja desain dan Perilaku Jilid 2 Edisi Kedua . Jakarta . Erlangga
- Michae; D. Engelhardt . 2007 . Design of Seismic Resistant Steel Building Structures . Austin . American Institut of Steel Construction
- 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
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan . 1983 , Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 , Bandung , Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Leon,Roberto & Griffis,Larry . 2013 . Composite Column Design . Saudi Arabia . King Fahd University
- 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
- 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.

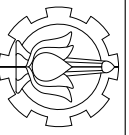
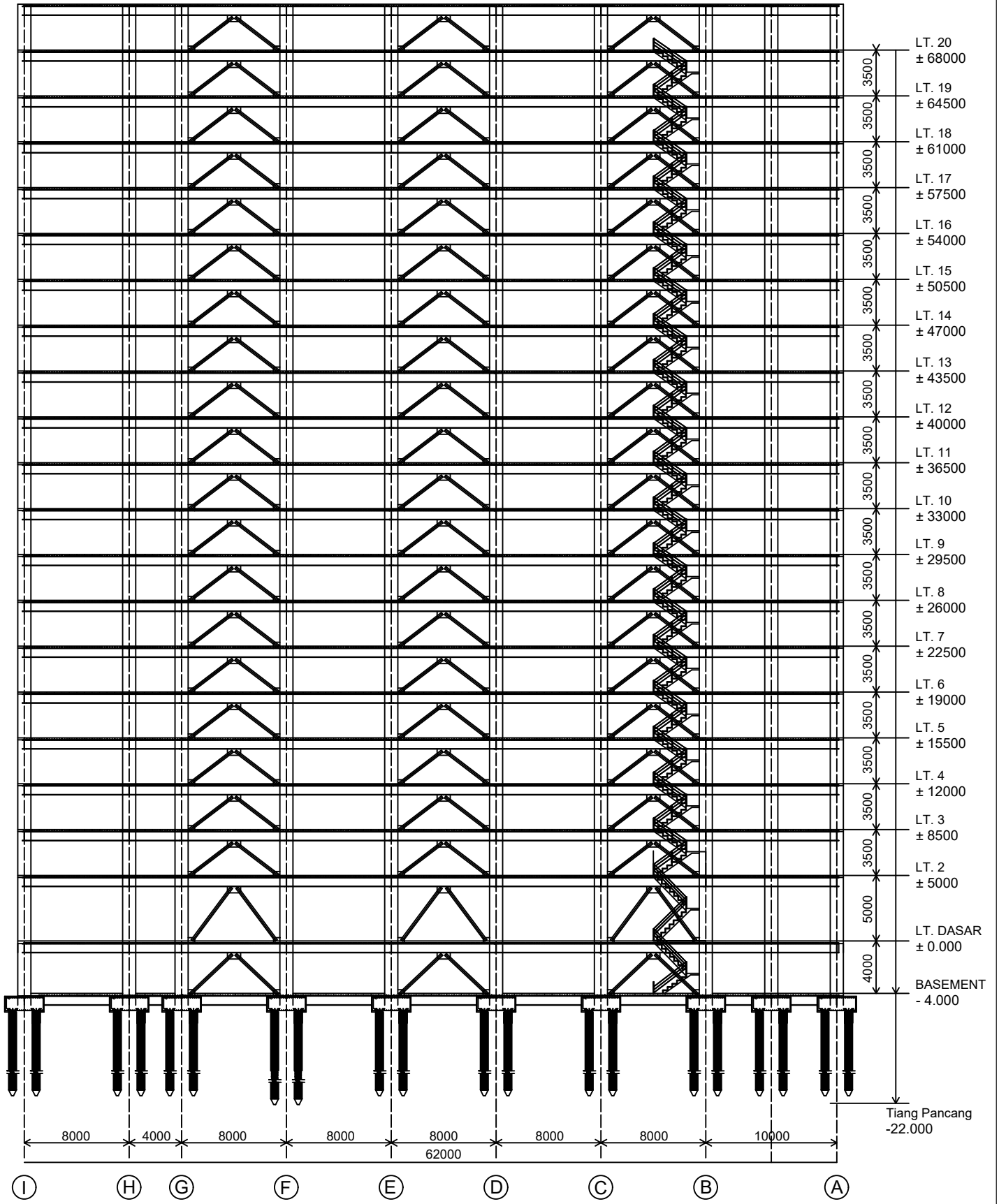
Standard Nasional Indonesia. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013*. Badan Standarisasi Nasional.

Wahyudi, Herman .1999 . *Daya Dukung Pondasi Dangkal*.
Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS

puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.
tanggal : 16 April 2017. 14:00 WIB.

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
 Apartemen One East Residence
 Surabaya Menggunakan Struktur
 Komposit Baja Beton Dengan Sistem
 Rangka B्रेसing Kosestris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
 3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

KETERANGAN

Satuan dalam mm
 BI : WF 800x300x14x22
 BA : WF 500x300x11x18

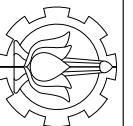
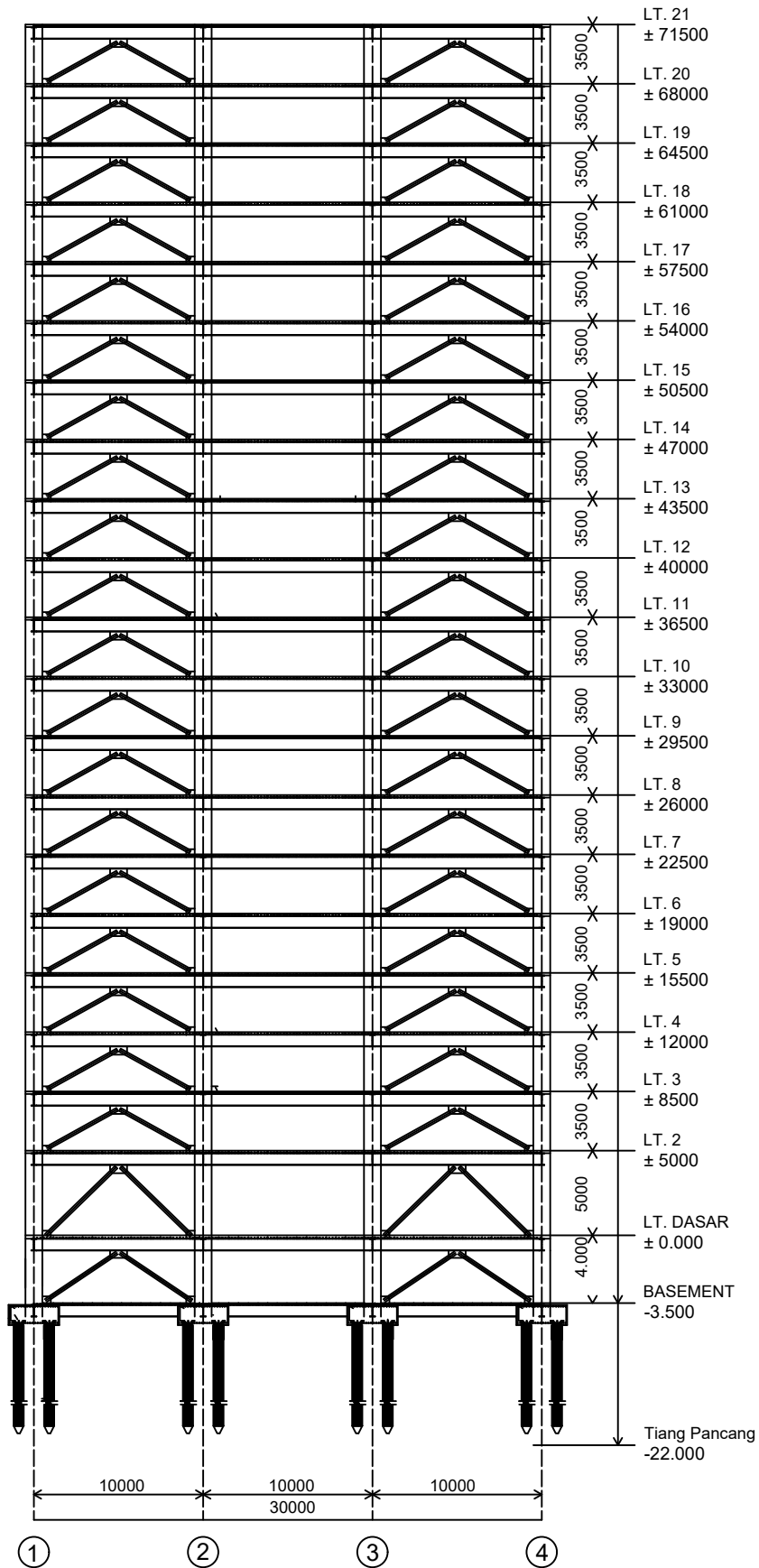
JUDUL GAMBAR

Tampak Memanjang

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
1	18

CATATAN

1:400



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
 Apartemen One East Residence
 Surabaya Menggunakan Struktur
 Komposit Baja Beton Dengan Sistem
 Rangka B्रेसing Koseentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
 3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

KETERANGAN

Satuan dalam mm

JUDUL GAMBAR

Tampak Melintang

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
2	18

CATATAN

SKALA GAMBAR 1:400



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka B्रेसing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3113100097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., Ph.D.

KETERANGAN

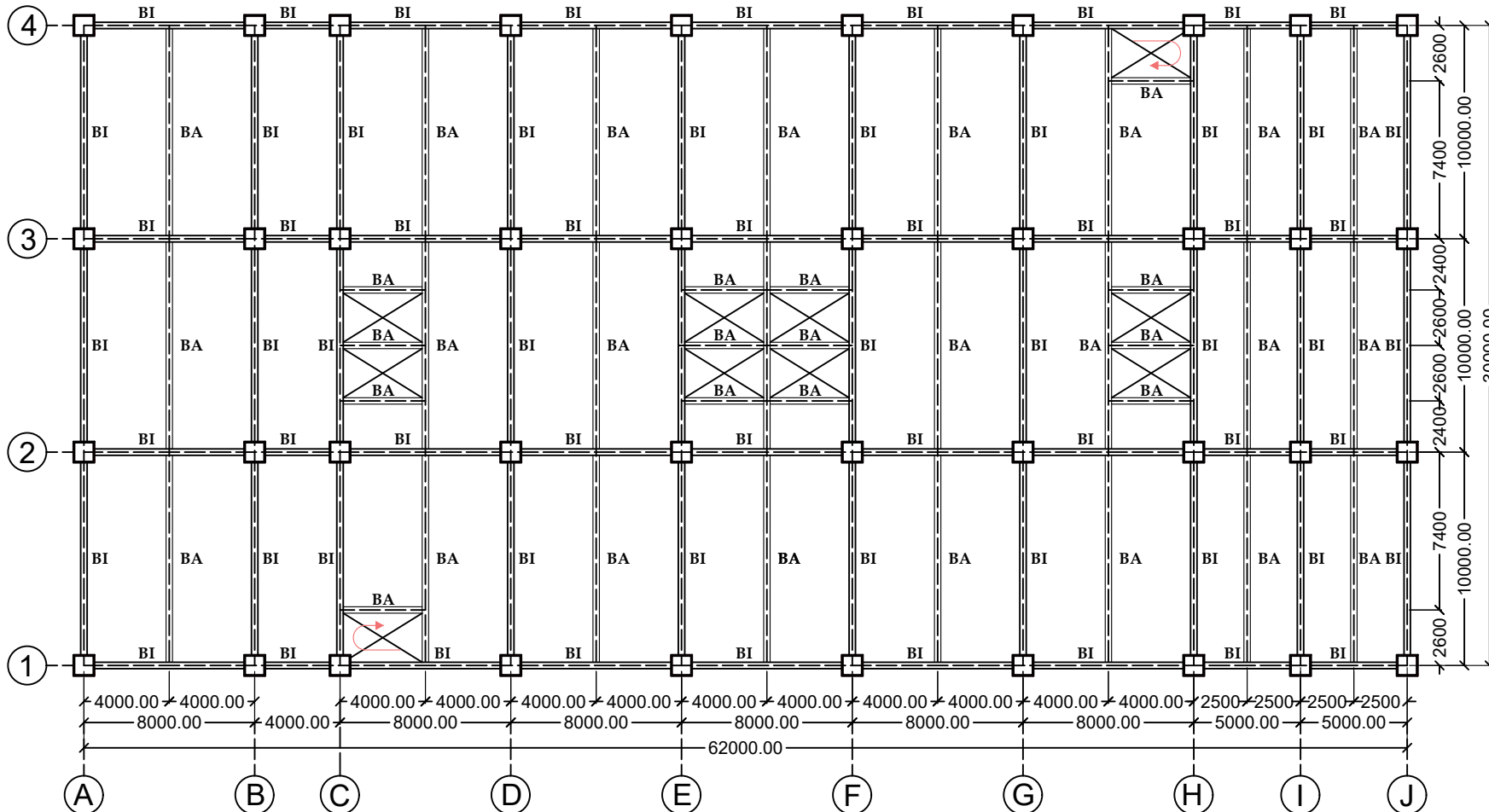
Satuan dalam mm

BI : WF 800x300x14x22
BA : WF 500x300x11x18

JUDUL GAMBAR

Denah Pembalokan
Lantai 1-10

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
3	18
SKALA	CATATAN
1:300	
REVISI	TANGGAL





Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
 Apartemen One East Residence
 Surabaya Menggunakan Struktur
 Komposit Baja Beton Dengan Sistem
 Rangka B्रेसing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
 3113100097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., Ph.D.

KETERANGAN

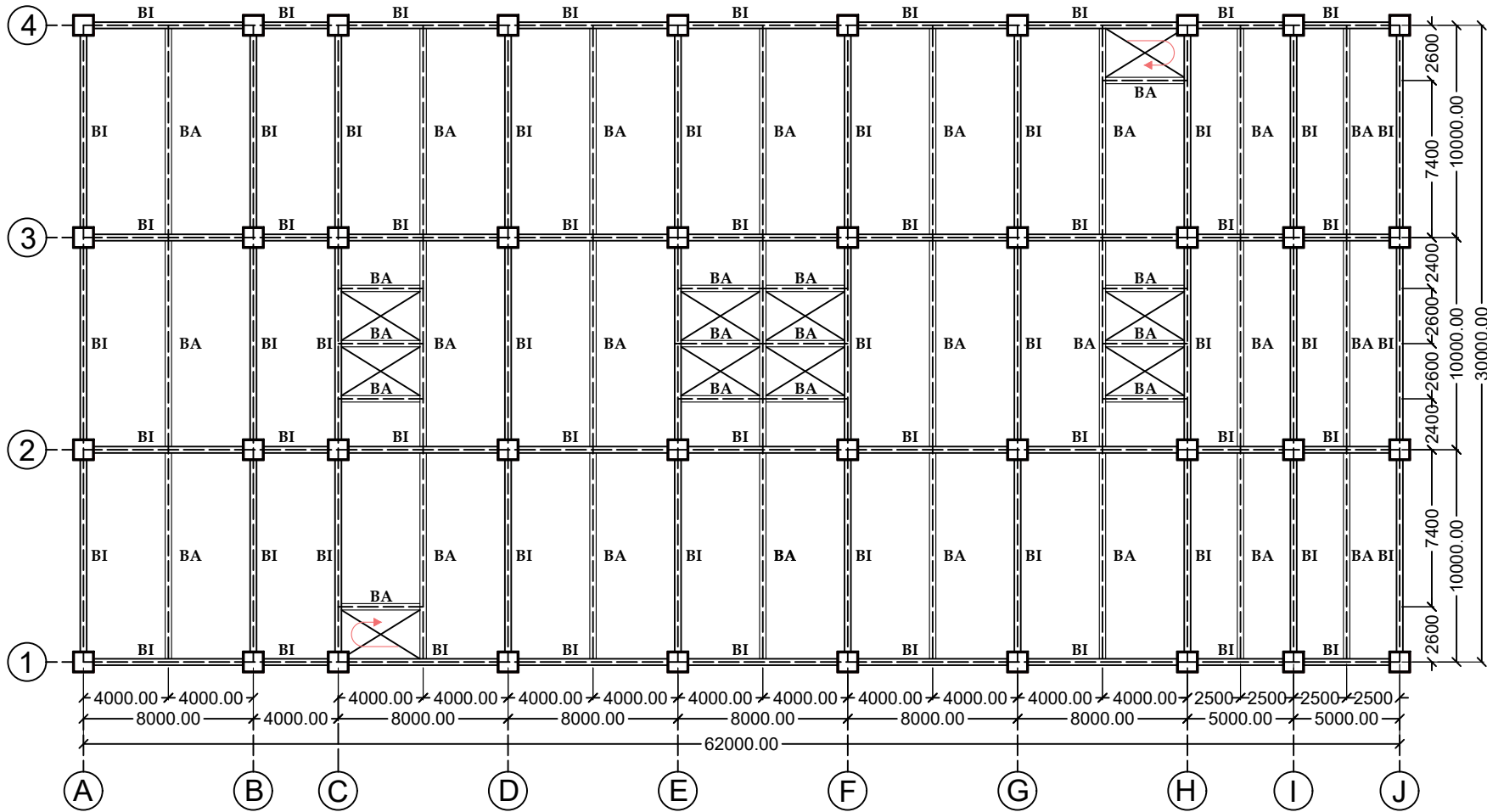
Satuan dalam mm

BI : WF 700x300x14x22
 BA : WF 500x300x11x18

JUDUL GAMBAR

Denah Pembalokan
 Lantai 11-19

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
4	18
SKALA	CATATAN
1:300	
REVISI	TANGGAL





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka B्रेसing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3113100097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., Ph.D.

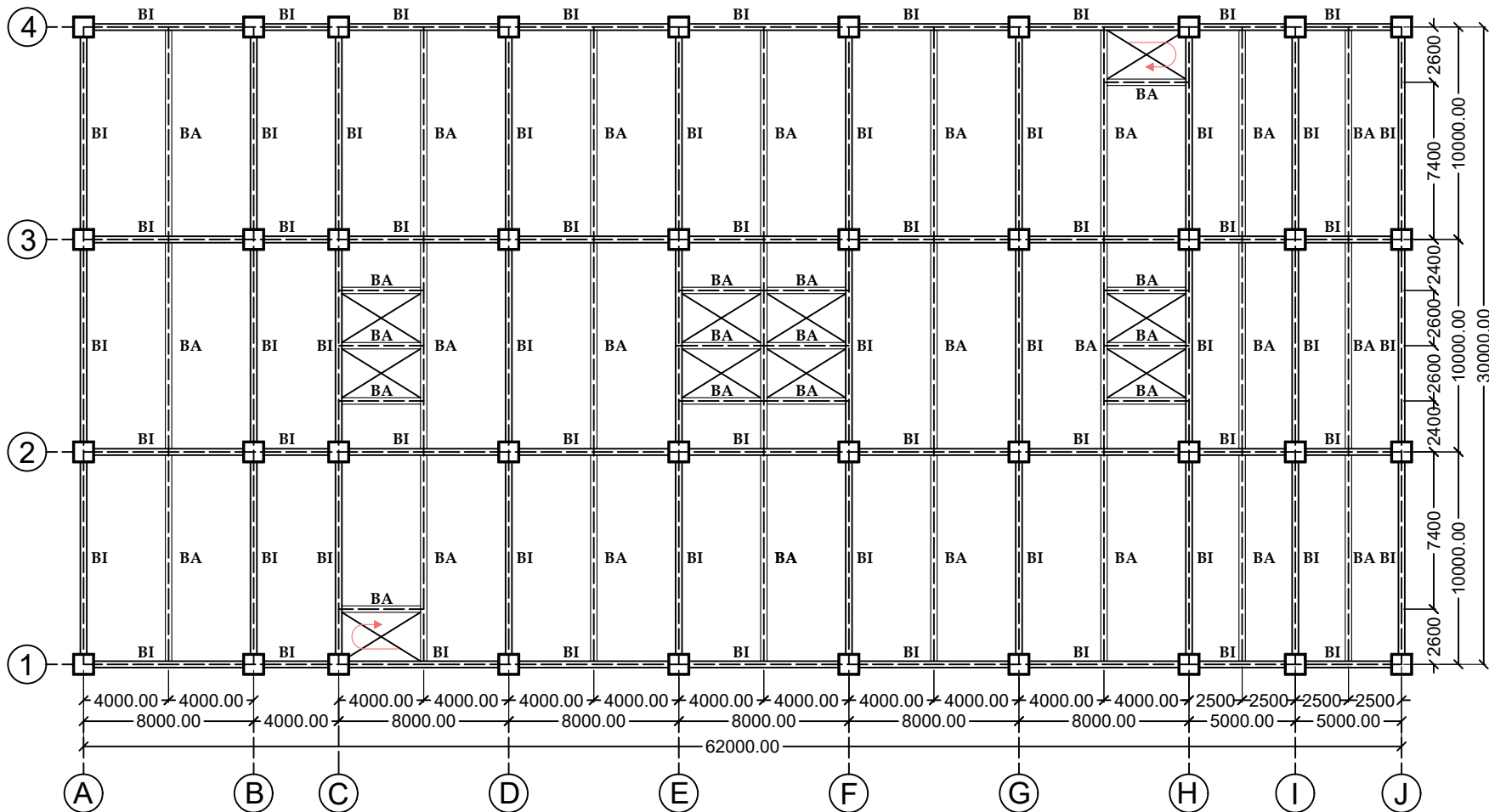
KETERANGAN

Satuan dalam mm

BI : WF 700x300x14x22
BA : WF 400x300x11x18

JUDUL GAMBAR

Denah Pembalokan
Lantai 20



NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
5	18
SKALA	CATATAN
1:300	
REVISI	TANGGAL



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
 Apartemen One East Residence
 Surabaya Menggunakan Struktur
 Komposit Baja Beton Dengan Sistem
 Rangka B्रेसing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
 31 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

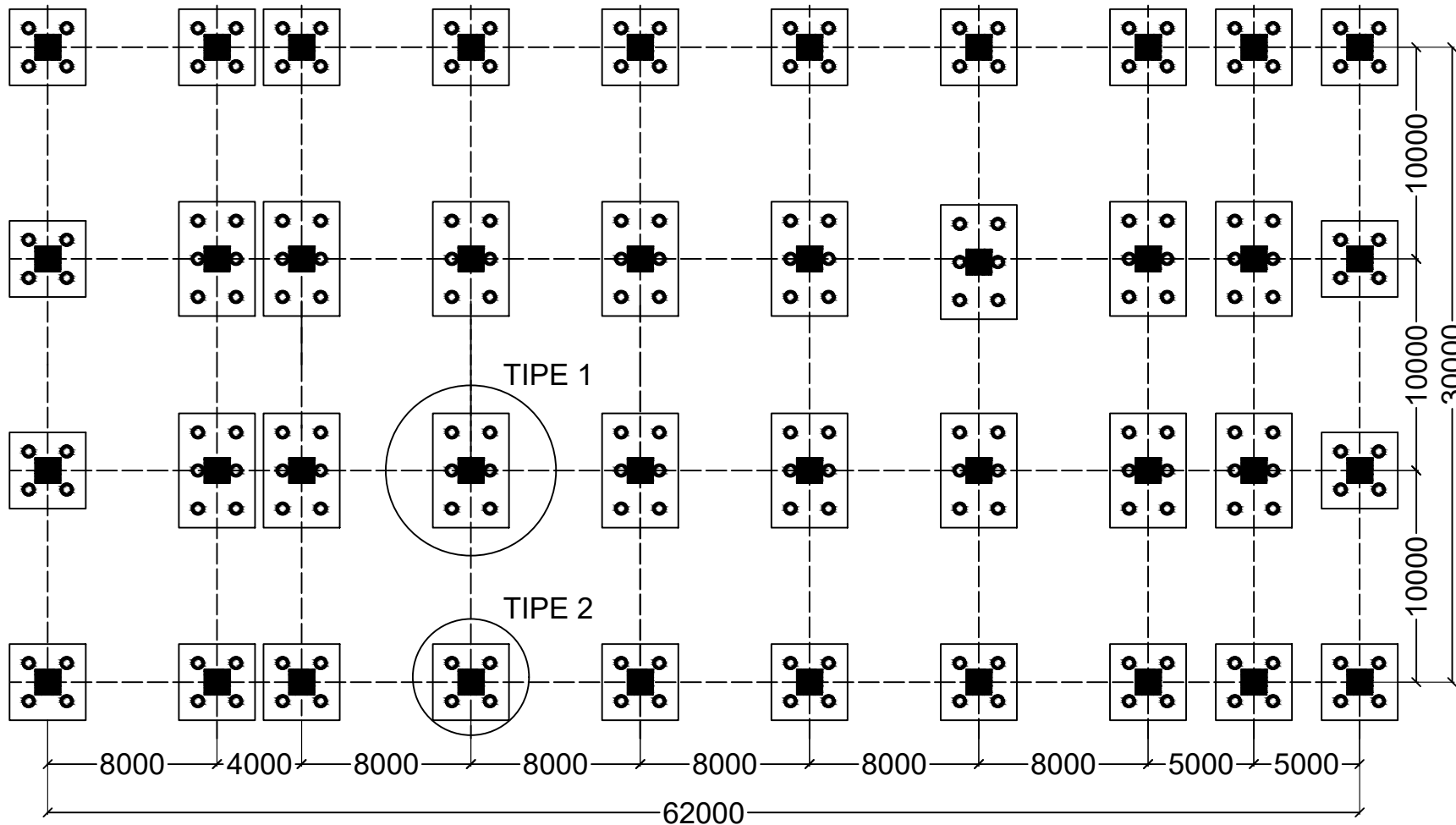
Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

Satuan dalam mm
 Tipe 1 : 6 Tiang Pancang
 Kedalaman 22 m
 Tipe 2 : 4 Tiang Pancang
 Kedalaman 20 m

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi



NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
6	18
SKALA	CATATAN
1:300	
REVISI	TANGGAL



Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

**Modifikasi Perencanaan Struktur
 Apartemen One East Residence
 Surabaya Menggunakan Struktur
 Komposit Baja Beton Dengan Sistem
 Rangka B्रेसing Kosentris Khusus**

MAHASISWA

Ahmad Lathief
 3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., Ph.D.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., Ph.D.

KETERANGAN

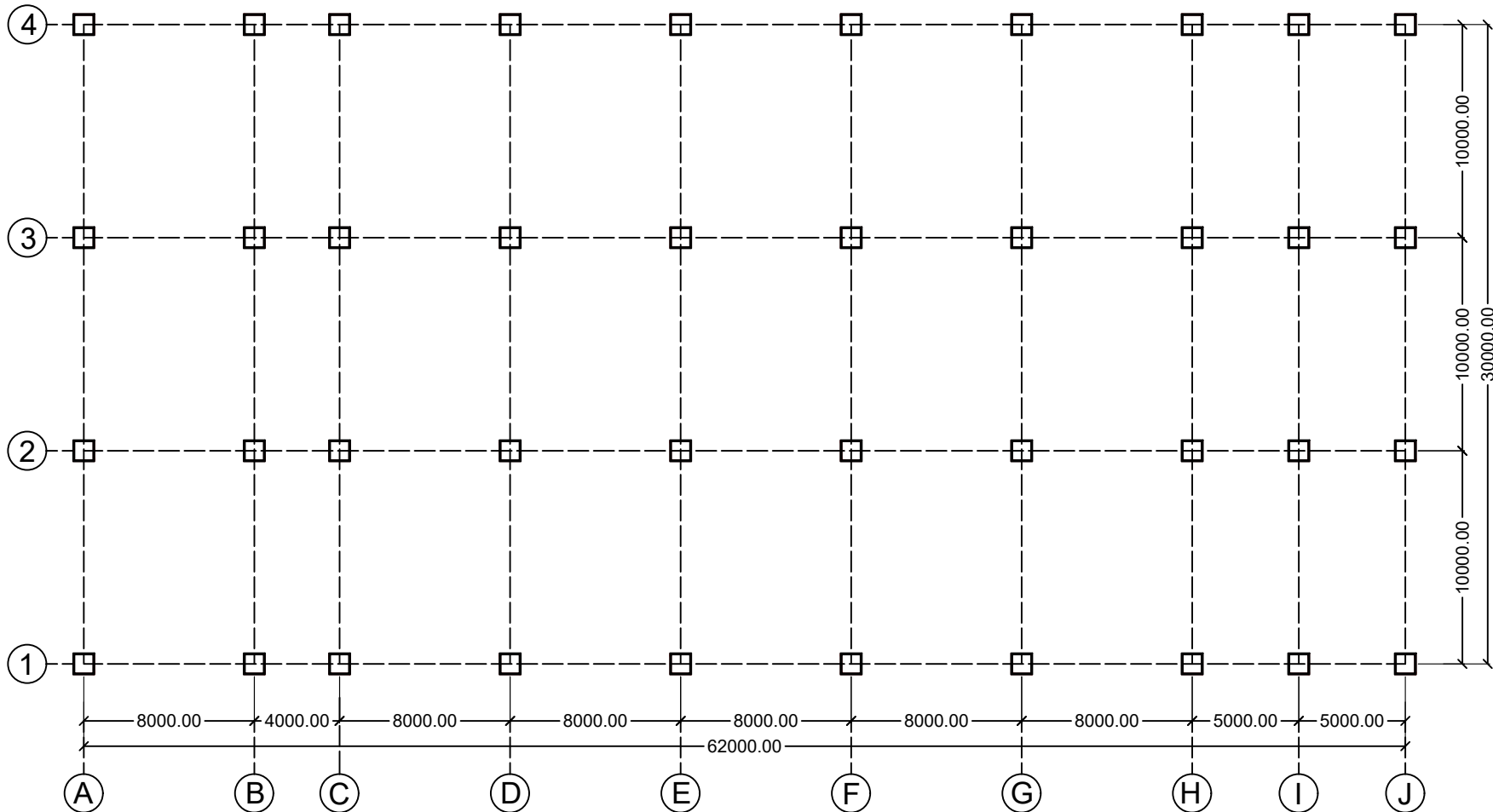
Satuan dalam mm

- Kolom lt. 1-5 : CFT 800x800x40
- Kolom lt. 6-10 : CFT 700x700x28
- Kolom lt. 11-15 : CFT 600x600x19
- Kolom lt. 16-20 : CFT 500x500x16

JUDUL GAMBAR

Denah kolom

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
7	18
SKALA	CATATAN
1:300	
REVISI	TANGGAL





Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
 Apartemen One East Residence
 Surabaya Menggunakan Struktur
 Komposit Baja Beton Dengan Sistem
 Rangka B्रेसing Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
 3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

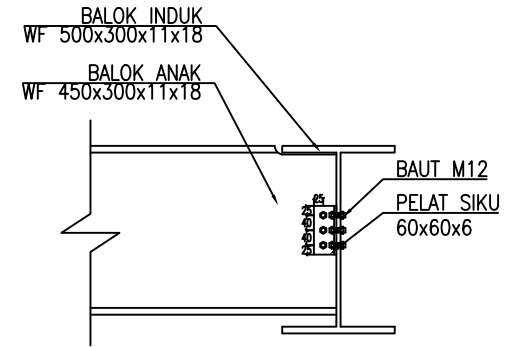
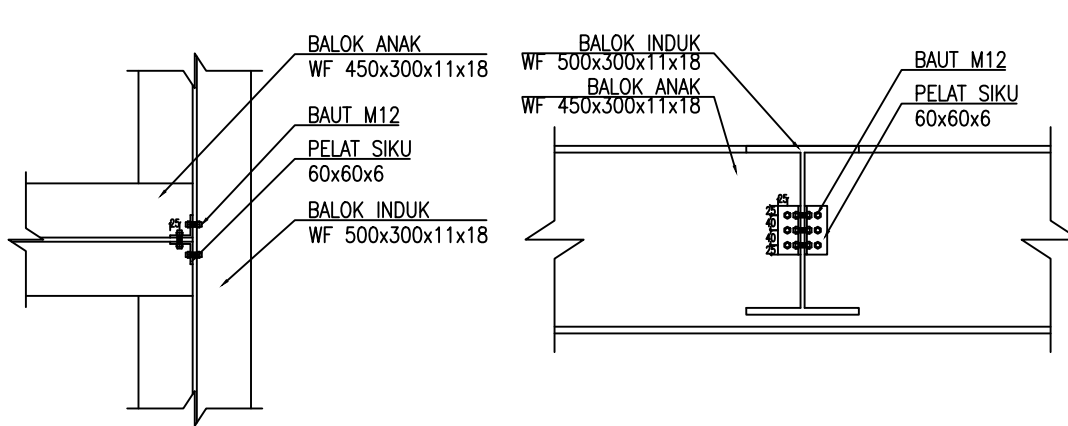
Detail Sambungan

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

8	18
---	----

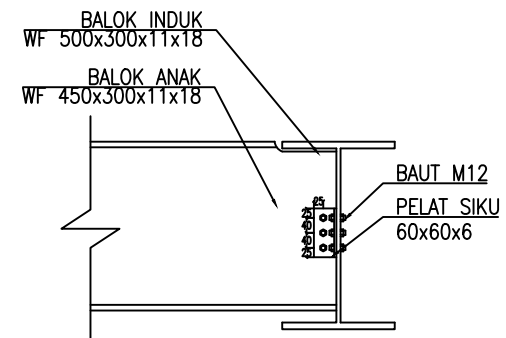
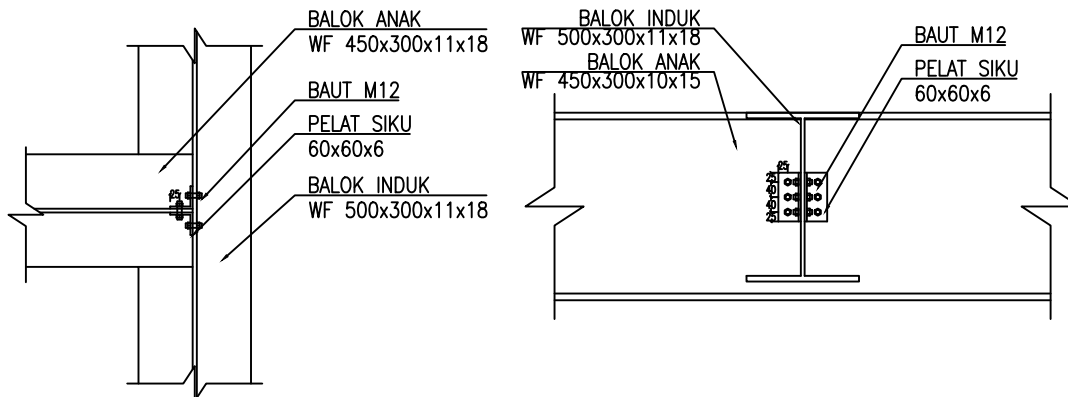
CATATAN

REVISI	TANGGAL
--------	---------



SAMBUNGAN BA LANTAI DENGAN BI

SKALA 1 : 20



SAMBUNGAN BA ATAP DENGAN BI

SKALA 1 : 20



JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka Bresing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

BA = BALOK ANAK
BI = BALOK INDUK

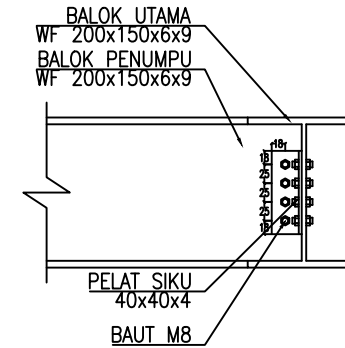
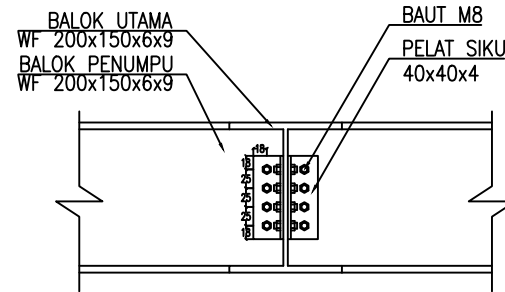
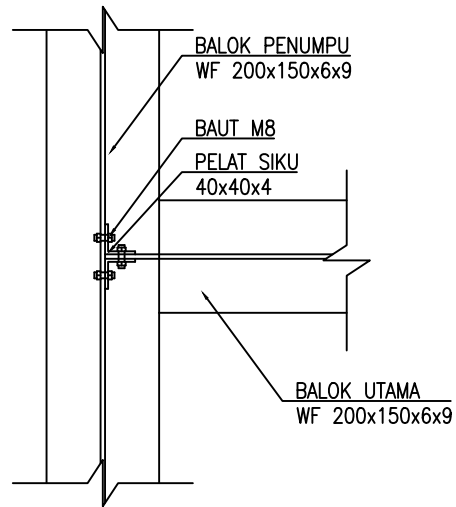
JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
9	18

CATATAN

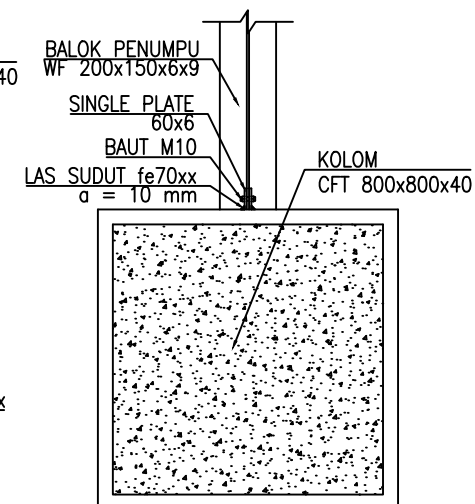
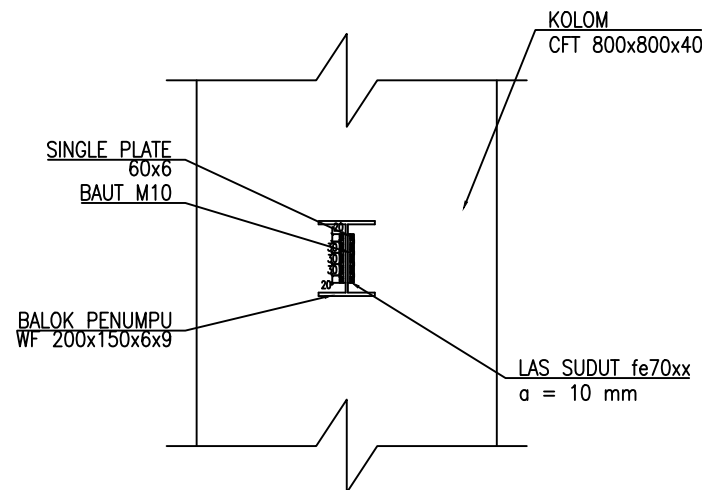
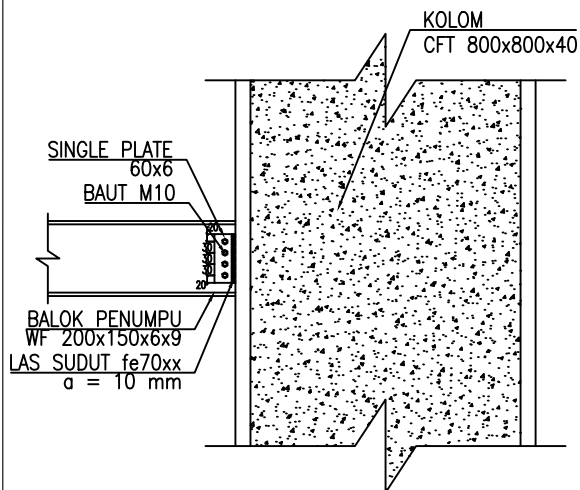
REVISI	TANGGAL



SAMBUNGAN BALOK TANGGA
DENGAN PENUMPU TANGGA



SKALA 1 : 40



SAMBUNGAN BALOK PENUMPU
TANGGA DENGAN KOLOM



SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka Bresing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

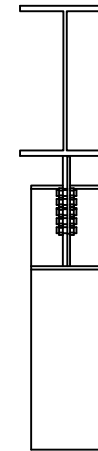
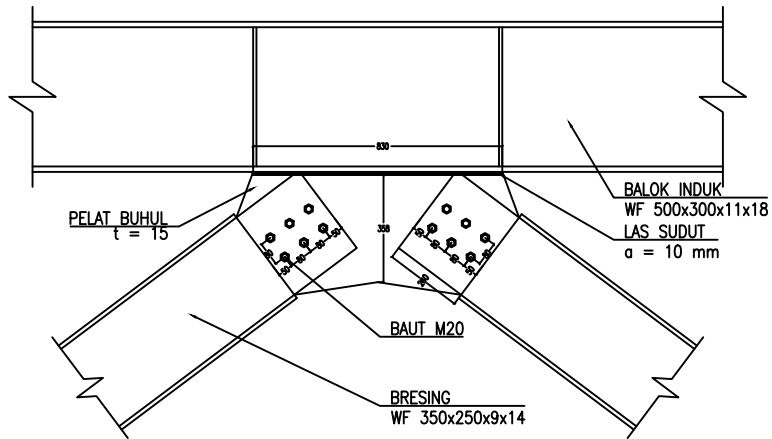
Detail Sambungan

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

10	18
----	----

CATATAN

REVISI	TANGGAL
--------	---------



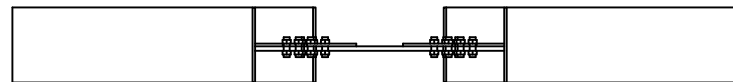
SAMBUNGAN BRESING ATAS

SKALA 1 : 25



SAMBUNGAN BRESING ATAS

SKALA 1 : 25



SAMBUNGAN BRESING ATAS

SKALA 1 : 25



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka Bresing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

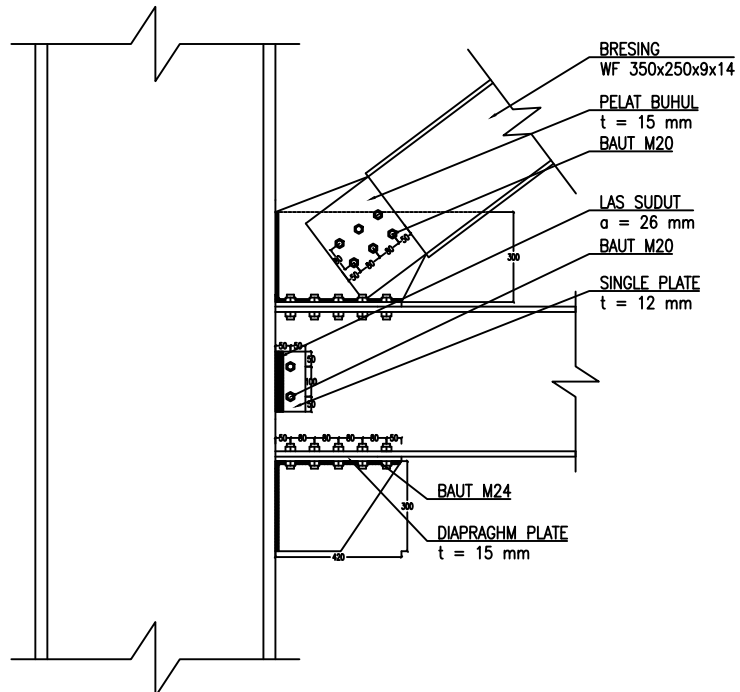
JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
11	18

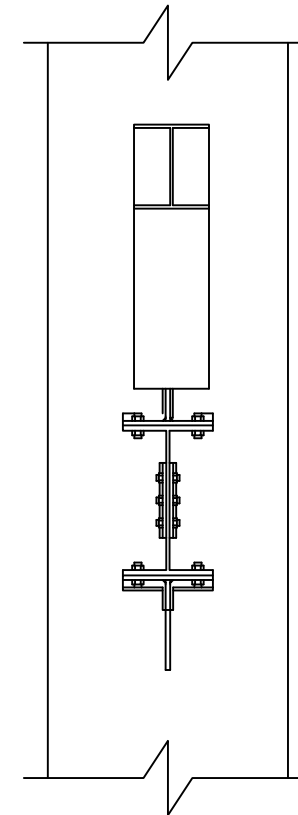
CATATAN

REVISI	TANGGAL



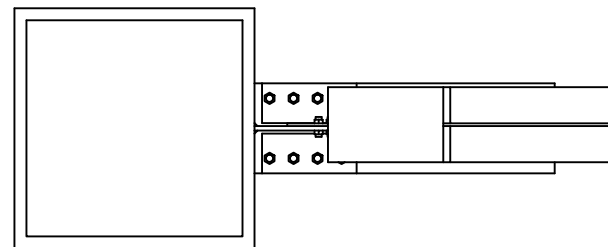
SAMBUNGAN BRESING BAWAH

SKALA 1 : 25



SAMBUNGAN BRESING BAWAH

SKALA 1 : 25



SAMBUNGAN BRESING BAWAH

SKALA 1 : 25



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka Bresing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

BA = BALOK ANAK
BI = BALOK INDUK

JUDUL GAMBAR

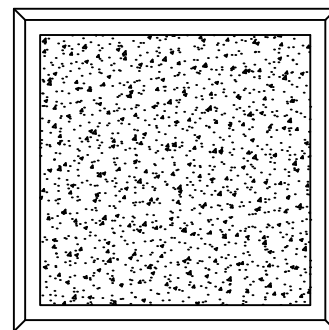
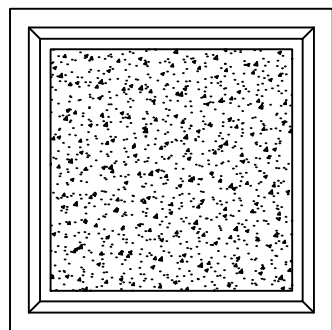
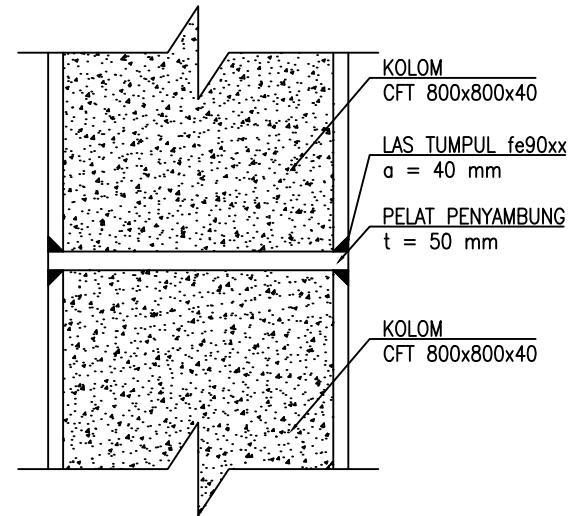
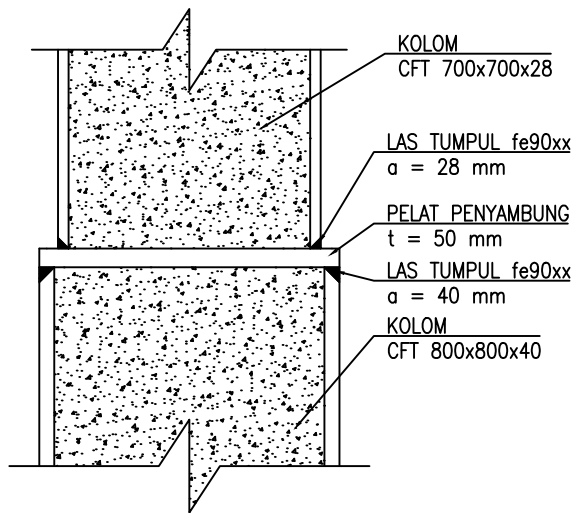
Detail Sambungan

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

12	18
----	----

CATATAN

REVISI	TANGGAL
--------	---------



**SAMBUNGAN KOLOM
BERBEDA DIMENSI**



SKALA 1 : 20



SAMBUNGAN ANTAR KOLOM

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka Bresing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

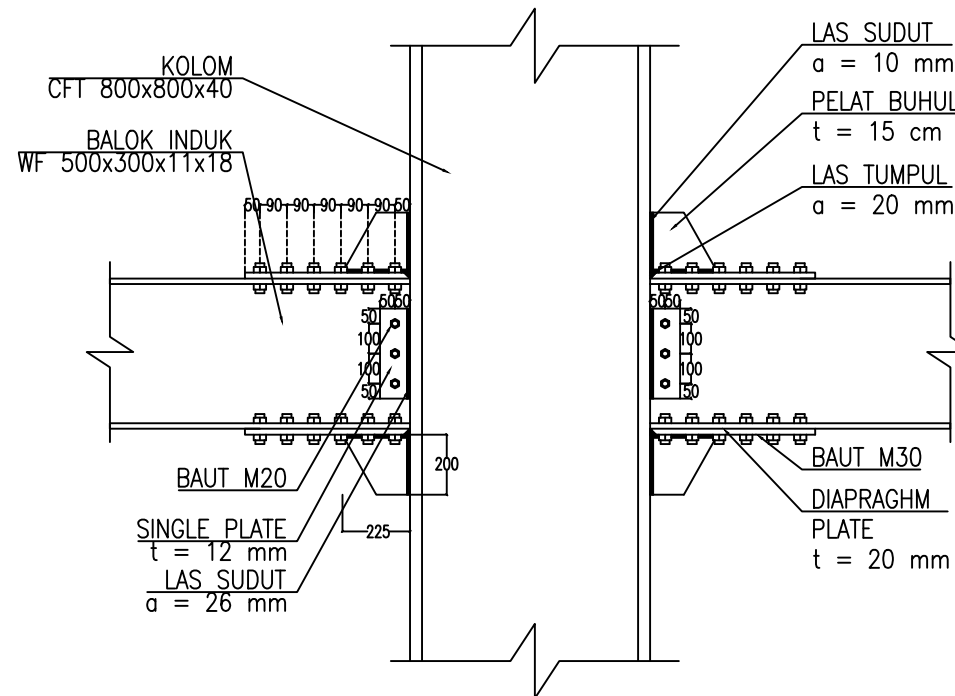
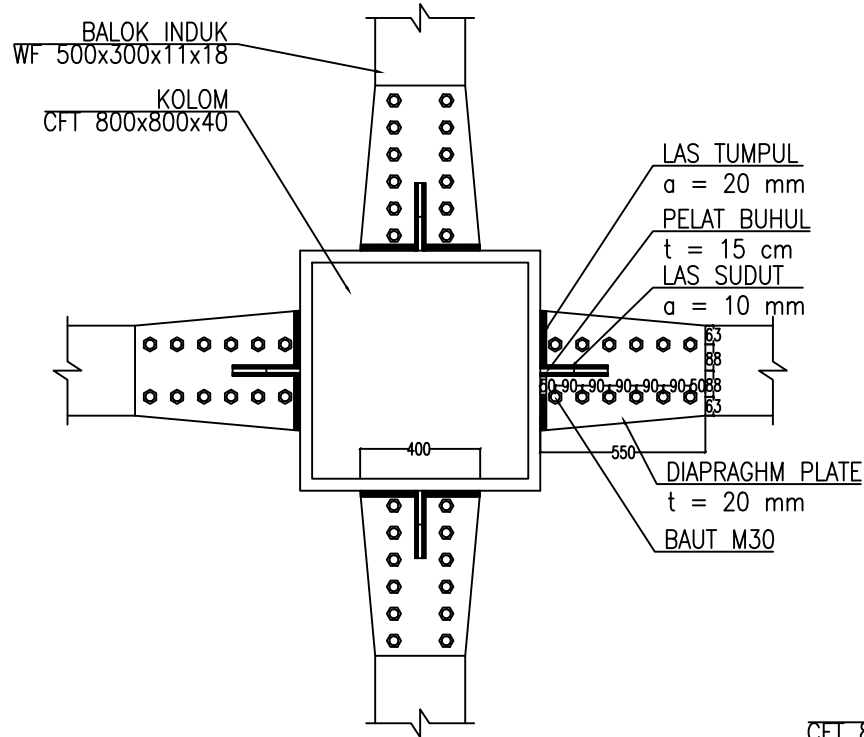
Detail Sambungan

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

13	18
----	----

CATATAN

REVISI	TANGGAL
--------	---------



SAMBUNGAN BI DENGAN KOLOM

SKALA 1 : 25



SAMBUNGAN BI DENGAN KOLOM

SKALA 1 : 25



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka Bresing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

BA = BALOK ANAK
BI = BALOK INDUK

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan

NO. GAMBAR | JML. GAMBAR

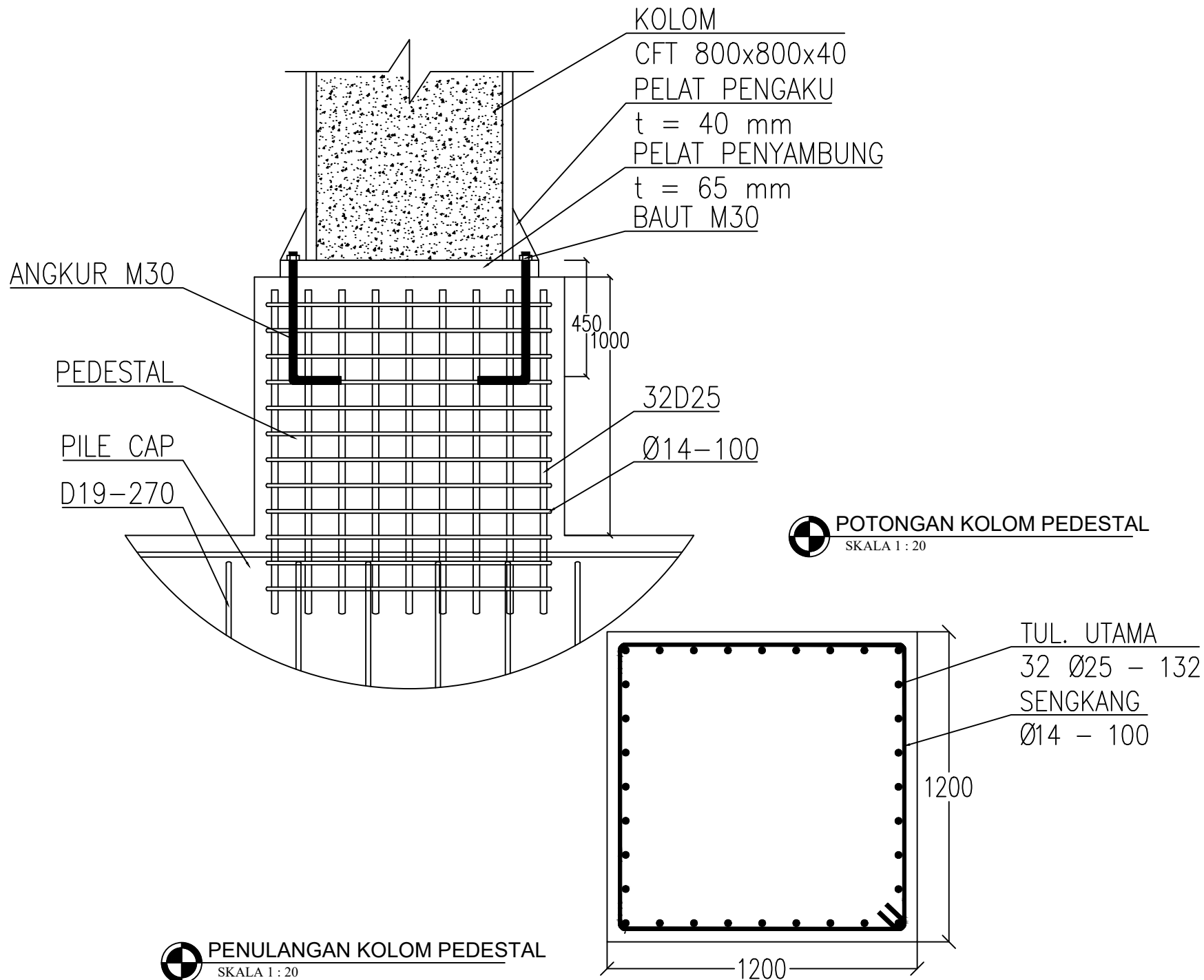
15

18

CATATAN

REVISI

TANGGAL





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka Bresing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan

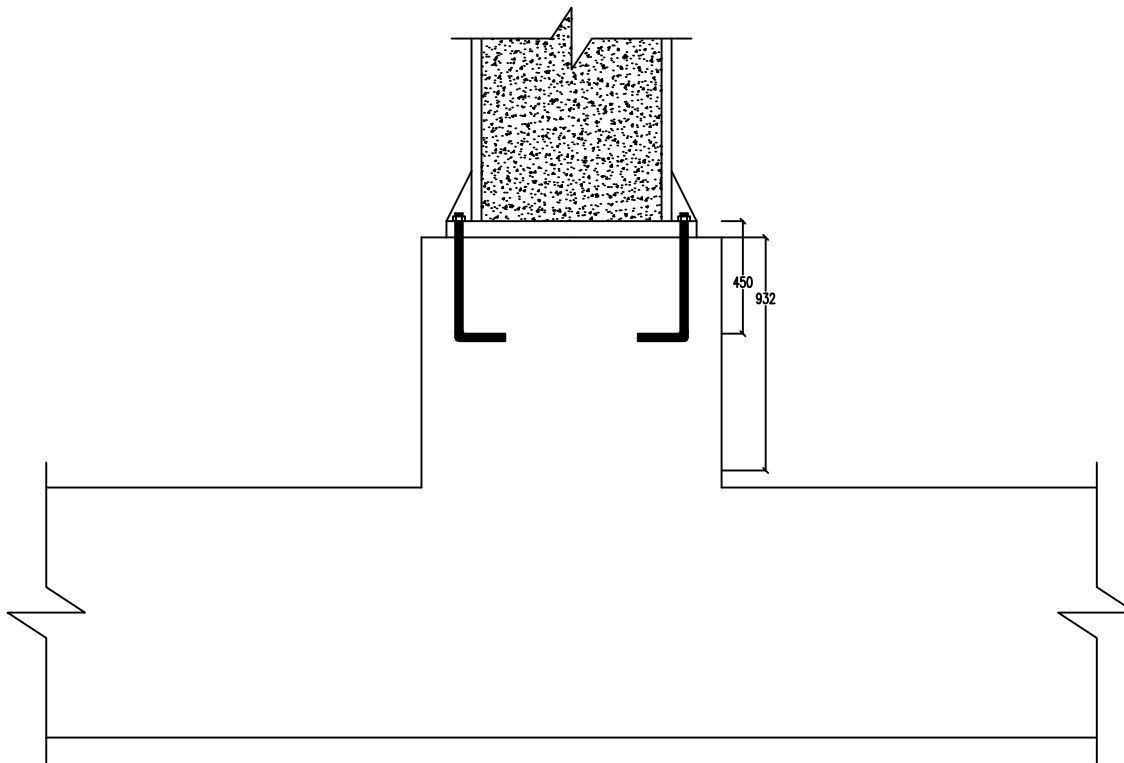
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

15

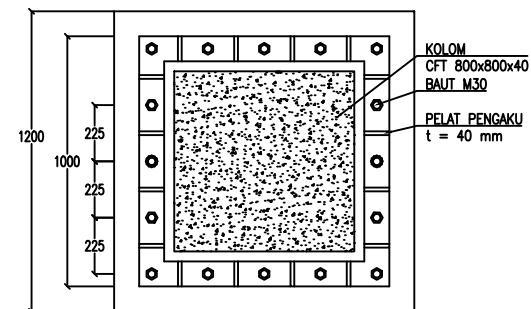
18

CATATAN

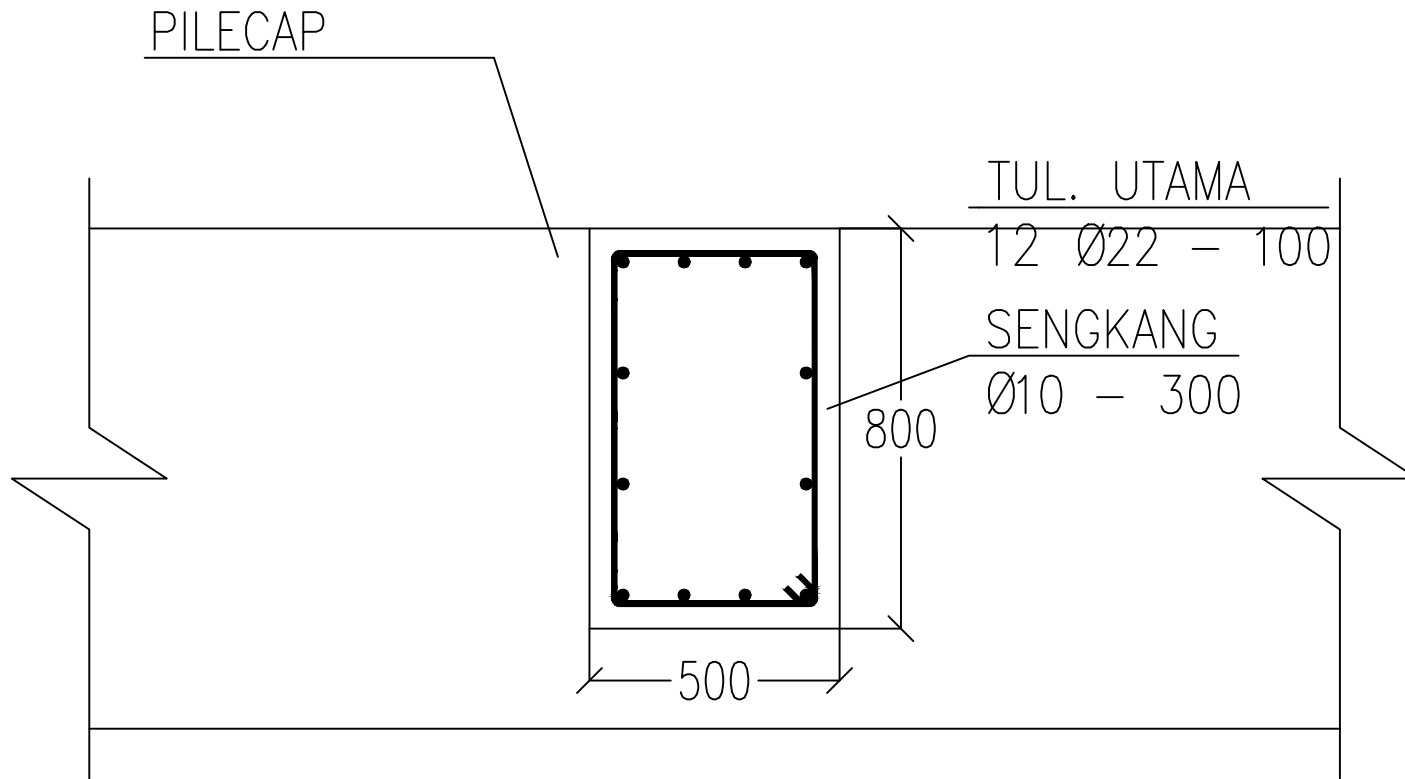
REVISI	TANGGAL
--------	---------



POTONGAN SAMBUNGAN KOLOM DENGAN
BASE PLATE
SKALA 1 : 20



SAMBUNGAN KOLOM DENGAN
BASE PLATE
SKALA 1 : 20



PENULANGAN SLOOF

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka Bresing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

16	18
----	----

CATATAN

REVISI	TANGGAL
--------	---------



JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Rangka B्रेसing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto, ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata, ST., MT., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

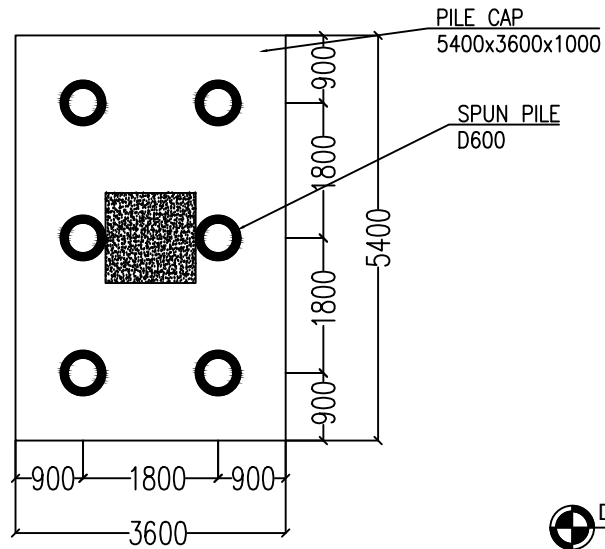
Detail Pondasi

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

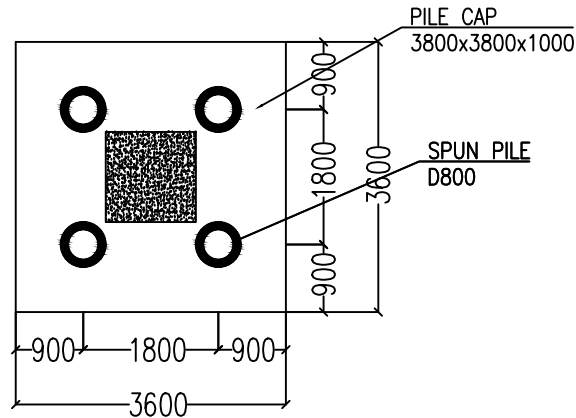
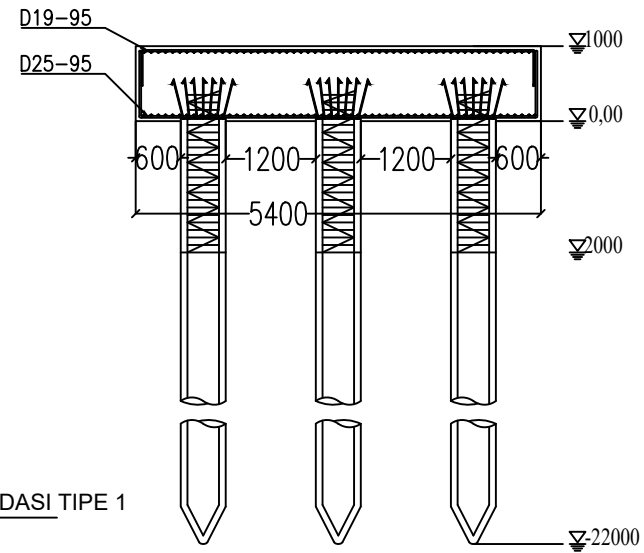
17	18
----	----

CATATAN

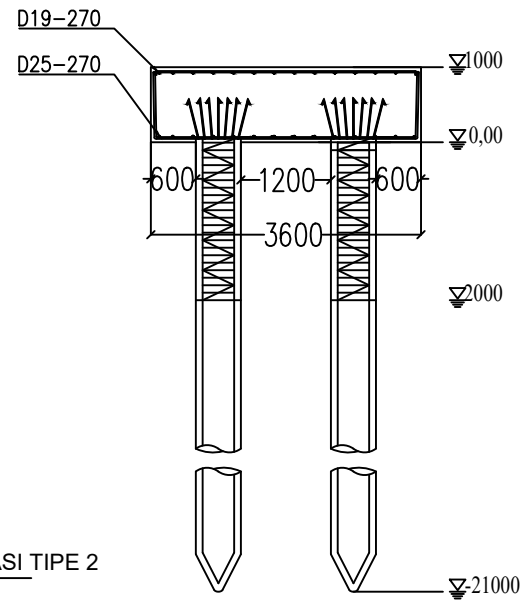
REVISI	TANGGAL
--------	---------



DETAIL PONDASI TIPE 1
SKALA 1 : 75



DETAIL PONDASI TIPE 2
SKALA 1 : 75





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur
Apartemen One East Residence
Surabaya Menggunakan Struktur
Komposit Baja Beton Dengan Sistem
Rangka Bresing Kosentris Khusus

MAHASISWA

Ahmad Lathief
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Budi Suswanto., ST., MT., PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Data Iranata., ST., MT., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

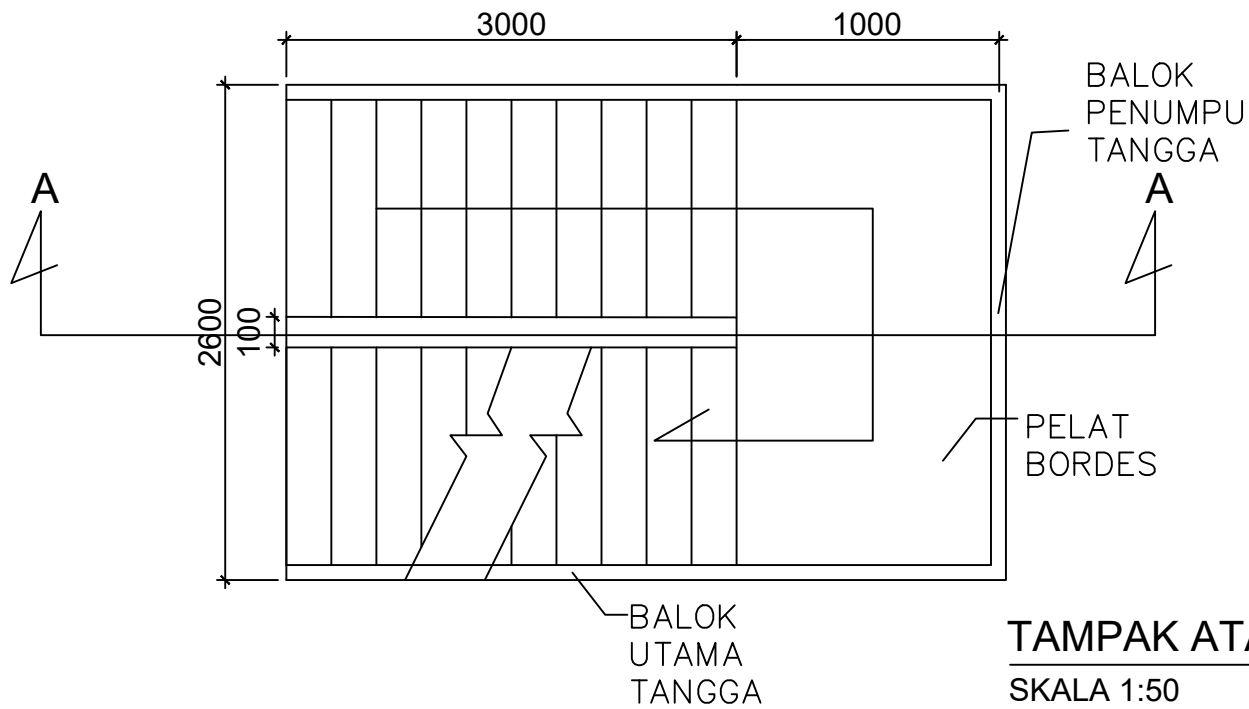
Detail Pondasi

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

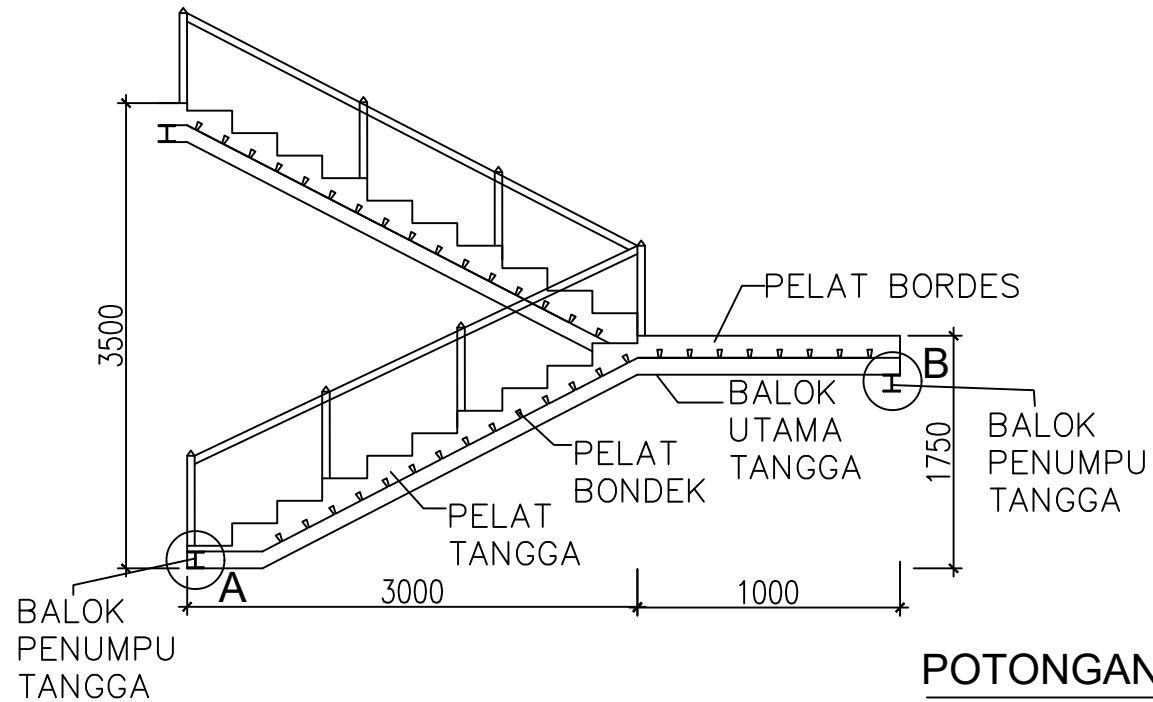
18	18
----	----

CATATAN

REVISI	TANGGAL
--------	---------



TAMPAK ATAS TANGGA
SKALA 1:50



POTONGAN A-A
SKALA 1:50

post code (//store-locator)

[HOME \(//\)](#)

[OUR PRODUCTS BY TYPE](#)

[OUR SOLUTIONS FOR](#)

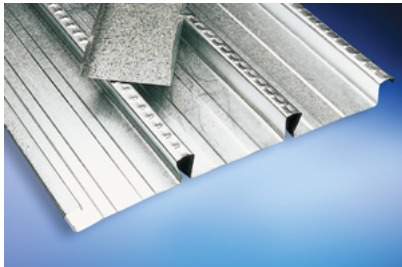
[TECHNICAL RESOURCES](#)

[SERVICES](#)

[ABOUT US \(//ABOUT-US\)](#)

[SUBSCRIBE](#) | [CONTACT US \(//CONTACT-US\)](#) | [ABOUT US \(//ABOUT-US\)](#)

BONDEK



BONDEK® is a highly efficient, versatile and robust formwork, reinforcement and ceiling system for concrete slabs in residential, commercial and civil projects. With a yield strength of 550 MPa, BONDEK® acts as a permanent formwork with minimal propping, and requires no stripping. Fast and easy to install with excellent spanning capabilities for greater strength and less deflection, BONDEK® works as a composite slab saving on concrete and reinforcement costs. BONDEK® is backed by a BlueScope Steel warranty and is available in a 590 mm width and 0.60, 0.75 and 1.00 mm thicknesses.

Associated Standards:

- AS 3600 : 2009 Concrete structures
- AS/NZS 1170 : 2002 Structural design actions
- AS 1397 Grade G550, Z350

AS 2327.1 : 2003 Composite structures - Simply supported beams

AS/NZS 4600 : 2005 Cold-formed steel structures

AS 3610 : 1995 Formwork for concrete

PRODUCT SIZES AND DETAILS

Product Code	Thickness (mm)	Length (m)
BD60	0.6	As required
BD75	0.75	As required
BD100	1	As required

- Effective Width = 590 mm, Height = 54 mm
- Efficient, versatile and robust formwork reinforcement and ceiling system for concrete slabs
- Minimal propping and no stripping of formwork is required

Ideal for: Floor slab construction in residential, commercial and many industrial applications.

MATERIAL SPECIFICATION

Thickness (mm)	Mass		Yield Strength (MPa)	Coverage (m ² /t)
	kg/m ²	kg/m		
0.60	8.52	5.03	550	117.3
0.75	10.50	6.20	550	95.2
1.00	13.79	8.14	550	72.5

Note: Coverage figures are approximations.

SPAN TABLES

Single Spans

Maximum Spans (mm) for Deflection L/240 Equal formwork spans

Slab Thickness (mm)	0.6 BMT* Bondek			0.75 BMT* Bondek			1.0 BMT* Bondek		
	No of props per slab span			No of props per slab span			No of props per slab span		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
100	2000	4800	5350	2150	5350	5350	2350	5350	5350
110	1900	4700	5750	2050	5700	5750	2250	5750	5750
120	1800	4550	6100	2000	5550	6100	2200	6100	6100
130	1750	4450	6450	1950	5400	6450	2150	6000	6450
140	1700	4350	6400	1900	5300	6850	2100	5900	6850
150	1650	4250	6200	1850	5200	7100	2050	5750	7200
160	1600	4150	6050	1750	5050	6900	2000	5650	7550
170	1550	4100	5850	1750	5000	6750	1950	5550	7500
180	1550	4000	5700	1700	4900	6550	1900	5400	7350
190	1500	3950	5550	1650	4750	6400	1850	5300	7200
200	1450	3850	5400	1600	4650	6250	1850	5200	7050
210	1400	3800	5300	1550	4550	6150	1800	5050	6900
220	1400	3750	5200	1550	4450	6000	1750	5000	6800
230	1350	3700	5050	1500	4350	5900	1700	4900	6650
240	1350	3600	4950	1500	4300	5800	1700	4800	6550
250	1.3	3.55	4.85	1.45	4.2	5.65	1.65	4.75	6.45

* - BMT = Base Metal Thickness (mm)

Two Span

Maximum Spans (mm) for Deflection L/240 Equal formwork spans

Slab Thickness (mm)	0.6 BMT* Bondek			0.75 BMT* Bondek			1.0 BMT* Bondek		
	No of props per slab span			No of props per slab span			No of props per slab span		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
100	2400	4800	5350	2900	5350	5350	3250	5350	5350
110	2350	4700	5750	2850	5400	5750	3150	5750	5750
120	2250	4550	6100	2750	5250	6100	3050	5800	6100
130	2200	4450	6450	2700	5100	6450	3000	5650	6450
140	2150	4350	6550	2650	5000	6850	2950	5550	6850
150	2100	4250	6400	2600	4850	7200	2850	5400	7200
160	2050	4150	6200	2500	4750	7100	2800	5250	7550
170	2050	4000	6050	2500	4600	6950	2750	5150	7700
180	2000	3900	5900	2450	4500	6750	2700	5000	7550
190	1950	3800	5750	2350	4400	6600	2650	4900	7350
200	1900	3700	5600	2300	4300	6450	2600	4800	7200
210	1900	3650	5450	2250	4200	6300	2500	4700	7100
220	1850	3550	5350	2200	4100	6200	2500	4600	6950
230	1850	3450	5200	2150	4050	6050	2450	4550	6850
240	1800	3400	5100	2150	3950	5950	2400	4450	6700
0.25	1750	3350	5000	2100	3900	5850	2350	4400	6600

* - BMT = Base Metal Thickness (mm)

Three Span

Maximum Spans (mm) for Deflection L/240 Equal formwork spans

Slab Thickness (mm)	0.6 BMT* Bondek			0.75 BMT* Bondek			1.0 BMT* Bondek		
	No of props per slab span			No of props per slab span			No of props per slab span		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
100	2400	4800	5350	2700	5350	5350	3000	5350	5350
110	2350	4700	5750	2600	5400	5750	2900	5750	5750
120	2250	4550	6100	2550	5250	6100	2850	5800	6100
130	2200	4450	6450	2500	5100	6450	2750	5650	6450
140	2100	4350	6550	2450	5000	6850	2700	5550	6850
150	2050	4250	6400	2350	4850	7200	2600	5400	7200
160	2000	4150	6200	2300	4750	7100	2550	5250	7550
170	1950	4000	6050	2250	4600	6950	2500	5150	7700
180	1900	3900	5900	2150	4500	6750	2450	5000	7550
190	1850	3800	5750	2100	4400	6600	2400	4900	7350
200	1800	3700	5600	2050	4300	6450	2350	4800	7200
210	1750	3650	5450	2050	4200	6300	2300	4700	7100
220	1700	3550	5450	2000	4100	6200	2250	4600	6950
230	1650	3450	5200	1950	4050	6050	2200	4550	6850
240	1650	3400	5100	1900	3950	5950	2150	4450	6700
0.25	1600	3350	5000	1850	3900	5850	2150	4400	6600

* - BMT = Base Metal Thickness (mm)

ACCESSORIES

Product Code	Description	Size (mm)
BDEND	Poly Filler Strip	-
BEF100	Edge Form	100
BEF120	Edge Form	120
BEF125	Edge Form	125
BEF150	Edge Form	150
BEF200	Edge Form	200
BEFM	Edge Form Made To Order	-
BEPP	End Plugs (poly)	-
PLINST	Infill Strip	-

• A range of special fixtures and fittings is available for use with LYSAGHT BONDEK®

S18

Other Products.

[KINGFLOR®](#) (/our-products/accessories/metal-decking/kingflor)

[CONDECK HP®](#) (/our-products/accessories/metal-decking/condeck-hp)

Related Products.

[Lenton® Fortress](#) (/our-products/accessories/punching-shear-reinforcement/lenton-fortress-ericco)

[Comb. Deck Chair](#) (/our-products/accessories/plastic-bar-chairs/plastic-bar-chair-combination-deck-chair)

[GRIPTEC® Couplers](#) (/our-products/accessories/mechanical-

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Bangkalan, pada tanggal 24 Mei 1996 dengan nama lengkap Ahmad Lathief. Penulis merupakan anak nomor empat dari 6 bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis yaitu TK Dewi Sartika, MIN Model Kamal, MTs PP Amanatul Ummah, dan MAN 3 Malang. Setelah lulus dari MAN 3 Malang, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya pada tahun 2013 melalui jalur SBMPTN dan terdaftar dengan NRP 3113100097. Selama kuliah di Jurusan Teknik Sipil ITS, penulis sangat tertarik pada bidang studi Struktur terutama pada gedung baja. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini penulis mengambil topik bahasan mengenai sistem rangka bresing. Prestasi yang didapat penulis selama masa kuliah adalah menjuarai kompetisi bergengsi di kalangan mahasiswa teknik sipil indonesia (KJI XI) pada tahun 2015 yaitu sebagai juara 1 kompetisi jembatan indonesia kategori jembatan pejalan kaki canai dingin. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email: **ahmdlathief@gmail.com**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUSWANTO, ST., MT., PhD
NAMA MAHASISWA	: AHMAD LATHIEF
NRP	: 3113100097
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN ONE - EAST RESIDENCE SURABAYA MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA BETON DENGAN SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS KHUSUS
TANGGAL PROPOSAL	: 17 MARET 2017
NO. SP-MMTA	: 027867

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	15/03/2017	Perencanaan Struktur Sekunder	Permodelan	
2	5/04/2017	Permodelan / Analisa Struktur	Perhitungan Struktur Primer	
3	24/05/2017	Perhitungan struktur primer	Sambungan	
4	9/06/2017	Perhitungan sambungan	- Gambar detail sambungan - Laporan	
5	12/06/2017	Gambar / detail sambungan Pondasi	Bangunan bawah	
6	16/06/2017	Basemen & pondasi - Penulangan pilecap - jml tiang		



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04

rev01

NAMA PEMBIMBING	: DATA IRANATA, ST., MT., PhD
NAMA MAHASISWA	: AHMAD LATHIEF
NRP	: 3113100097
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN ONE - EAST RESIDENCE SURABAYA MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA BETON DENGAN SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS KHUSUS
TANGGAL PROPOSAL	: 17 MARET 2017
NO. SP-MMTA	: 027867

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	17/03 2017	Perhitungan struktur sekunder	Perencanaan	
2	5/05 2017	Perencanaan - Kontrol periode - Partisipasi massa	Kontrol beban Kontrol sistem ganda	
3	26/05 2017	Kontrol perencanaan → OK	Perhitungan struktur primer	
4	30/05 2017	Perhitungan struktur primer - BRESING - Balok induk	Perhitungan kolom	
5	2/06 2017	Perhitungan kolom	Perencanaan sambungan 10 sambungan	
6	9/06 17	Perhitungan sambungan	Basement dan pondasi	
7	16/06 17	Basement & pondasi (pilecap)		