



TUGAS AKHIR - RC184803

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG  
APARTEMEN GRAND DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN  
SISTEM *STEEL PLATE SHEAR WALL* (SPSW)  
AKIBAT TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019**

FAJAR RIZWANDHA PUTRA  
NRP. 0311164000024

Dosen Pembimbing  
Budi Suswanto S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



TUGAS AKHIR - RC184803

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG  
APARTEMEN GRAND DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN  
SISTEM *STEEL PLATE SHEAR WALL* (SPSW)  
AKIBAT TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019**

FAJAR RIZWANDHA PUTRA  
NRP. 0311164000024

Dosen Pembimbing  
Budi Suswanto S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





FINAL PROJECT - RC184803

**DESIGN MODIFICATION OF GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON APARTMENT  
BUILDING USING STEEL STRUCTURE WITH  
STEEL PLATE SHEAR WALL SYSTEM AS A  
RESULT OF REVIEW SNI GEMPA 1726:2019**

FAJAR RIZWANDHA PUTRA  
NRP. 0311164000024

Academic Supervisor  
Budi Suswanto S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering, Planning and Geo-Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
2020

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG  
APARTEMEN GRAND DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**FAJAR RIZWANDHA PUTRA**

NRP. 03111640000024

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir  
1. Budi Suswanto, S.T.



**SURABAYA  
JANUARI, 2020**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG  
APARTEMEN GRAND DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN  
SISTEM STEEL PLATE SHEAR WALL (SPSW)  
AKIBAT TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019**

**Nama Mahasiswa** : Fajar Rizwandha Putra  
**NRP** : 0311164000024  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Budi Suswanto S.T., M.T., Ph.D.

**ABSTRAK**

*Indonesia merupakan negara yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik dunia sehingga memiliki ancaman gempa yang cukup tinggi. Gempa bumi merupakan salah satu beban dinamis yang dapat menimbulkan gaya lateral yang sangat besar pengaruhnya dan sering menjadi faktor utama penyebab deformasi pada struktur baik dalam arah vertikal maupun dalam arah horizontal. Baja merupakan salah satu material yang baik digunakan dalam pembangunan struktur tahan gempa. Hal ini disebabkan sifat dari baja yang duktail. Salah satu sistem pada struktur bangunan baja yang dirancang untuk menahan gempa adalah sistem dinding geser pelat baja. Dinding geser plat baja adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari plat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur sehingga membentuk sebuah dinding penopang.*

*Dalam tugas akhir ini, Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon dimodifikasi menggunakan struktur baja beton komposit (Concrete Filled Tube) dengan sistem Steel Plate Shear Wall yang memiliki ketinggian 20 lantai dan 1 basement. Perhitungan struktur ini mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku di antaranya SNI 1726:2019 tentang Tata Cara*

*Perencanaan Tahan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, Steel Plate Shear Wall AISC 20 Steel Design Guide dan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban gempa dihitung dengan metode beban gempa dinamis respons spectrum, kemudian dianalisis dengan menggunakan program bantu komputer ETABS.*

*Dari analisis dan hasil perencanaan diperoleh hasil yaitu : Tebal pelat atap dan lantai 9 cm, dimensi balok induk WF 800x300x14x22, WF 700x300x13x20, dan WF 600x300x12x17, dimensi balok anak WF 500x200x11x9, WF 450x200x9x14, dan WF 400x200x8x13, dimensi kolom basement 1100x1100, dimensi kolom lantai 1-10 CFT 700x700x40x80, dimensi kolom lantai 11-20 CFT 600x600x25x50, dimensi kolom VBE CFT 800x800x32x64, dimensi HBE WF 800x300x14x22, tebal SPSW 4 mm. shearwall basement tebal 30 cm. Base plate menggunakan ukuran 1100x1100. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang precast diameter 50 cm kedalaman 18 m dan diameter 80 cm kedalaman 34 m.*

***Kata kunci : Gempa, Struktur Baja, Steel Plate Shear Wall***

# DESIGN MODIFICATION OF GRAND DHARMAHUSADA LAGOON APARTMENT BUILDING USING STEEL STRUCTURE WITH STEEL PLATE SHEAR WALL SYSTEM AS A RESULT OF REVIEW SNI GEMPA 1726:2019

**Student Name** : Fajar Rizwandha Putra  
**NRP** : 0311164000024  
**Department** : Civil Engineering FTSLK-ITS  
**Academic Supervisor** : Budi Suswanto S.T., M.T., Ph.D.

## ABSTRACT

*Indonesia is located at the confluence of three active tectonic plates of the world so potentially having a high earthquake threat. Earthquake is one of the dynamic loads that can produces a large lateral force and frequently become a major factor causing structural deformation, both in the vertical and horizontal direction. Steel is one of the proper materials used in the construction of earthquake resistant strucures. This is due to the ductile character of the steel. One of the systems in the steel structure that is designed to withstand an earthquake is the steel plate shearwall system. Steel plate shearwall is a lateral load retaining system which consists of a solid vertical steel plate that joins the beams and columns around which are mounted along the height of the structure to form a supporting wall.*

*In this final project, the Grand Dharmahusada Lagoon Apartment Building was modified by using a concrete steel structure composite (Concrete Filled Tube) with steel plate shearwall system that has a height of twenty floors and one basmenet. Calculation of this structure refers to the applicable regulations including SNI 1726:2019 Earthquake Resistance Planning Standars for Building and Non Building Structure, SNI 1729:2015 Specifications for Structural Steel Building, PPIUG 1983 Indonesian Regulations for buildings, AISC 20 Steel Design Guide and SNI 1727:2013 Minimum Load for the planning of*

*buildings and other structure. Earthquake load is calculated by using the dynamic earthquake spectrum response, then analyzed using program in the ETABS.*

*From the analysis and the results of planning obtained results, namely : thickness of roof plates and floors are 9 cm, the dimensionsof main beam are WF 800x300x14x22, WF 700x300x13x20, and WF 600x300x12x1, the dimensions of secondary beams are WF 500x200x11x9, WF 450x200x9x14, and WF 400x200x8x13, the dimension of basement column is 1100x1100, the dimension of the 1-10 floor columns CFT 700x700x40x80, the dimension of the 11-20 floor columns CFT 600x600x25x50, the dimension of VBE column is CFT 800x800x32x64, the dimension of HBE beam is WF 800x300x14x22, 4 mm SPSW thickness. Shearwall basement uses 30 cm thick. Base plate uses a size of 1100x1100. Planning foundation using 50 cm diameter precast pile with 18 depth and using 80 cm diameter precast pile with 34 depth*

***Keyword : Eartquake, Steel Structure, Steel Plate Shear Wall***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon Menggunakan Struktur Baja Dengan Sistem *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) Akibat Tinjauan SNI Gempa 1726-2019”.

Dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, atas segala doa dan usaha yang telah diberikan selama kuliah empat tahun ini.
2. Bapak Budi Suswanto S.T., M.T., Ph.D., sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan, bimbingan serta ilmunya dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Aniendhita Rizki Amalia, ST., MT selaku dosen konsultasi Proposal Tugas Akhir.
4. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D dan Bapak Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D selaku dosen mata kuliah struktur baja daktail
5. Bapak Christiono Utomo ST., MT., Ph.D selaku dosen wali.
6. Bapak Trijoko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS
7. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS
8. Teman-teman angkatan 2016 yang selalu membantu dan mendukung sesama.
9. Teman-teman CITRA yang selalu membantu dan mendukung sesama.
10. Beberapa kakak tingkat 2015 yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.
11. Rekan-rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Proposal Tugas Akhir ini.

Akhirnya semoga Allah SWT senantiasa menjadi Proposal Tugas Akhir ini sebagai amalan yang ikhlas mengharap kemuliaan ridlo-Nya dan memberikan manfaat serta kontribusi yang berarti kepada rekan-rekan semua.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	xxvi
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	3
1.2.1    Rumusan Masalah Utama.....	3
1.2.2    Rumusan Masalah Khusus.....	4
1.3    Tujuan.....	4
1.3.1    Tujuan Umum.....	4
1.3.2    Tujuan Khusus.....	4
1.4    Batasan Masalah.....	4
1.5    Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1    Umum.....	7
2.2    Sistem Struktur Gedung.....	7
2.3    Konsep <i>Strong Column Weak Beam</i> .....	8
2.4    Profil <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	8
2.4.1    Pengertian <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	8
2.4.2    Keuntungan dari <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	9
2.4.3    Kekurangan dari <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	10
2.4.4    Jenis Konfigurasi dari <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	10
2.5    Analisis dan Desain Struktur <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	11
2.5.1    Desain <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	11
2.5.2    Model <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	12
2.5.2.1 <i>Orthotropic Membrane Model</i> .....	12
2.6    Struktur Komposit.....	13
2.6.1    Pengertian.....	13

2.6.2	Kolom Komposit <i>Concrete Filled Steel Tube</i> (CFT)	13
2.6.2.1	Macam Bentuk <i>Concrete Filled Steel Tube</i>	14
2.6.3	Balok Komposit	14
2.6.4	<i>Steel Floor Deck</i>	16
2.6.5	Kelebihan Struktur Komposit	17
2.6.6	Kekurangan Struktur Komposit	17
2.7	Aksi Komposit	18
2.8	Penghubung Geser ( <i>Shear Connector</i> )	19
2.9	Sambungan	20
2.9.1	Sambungan Baut	21
2.9.2	Sambungan Las	22
2.10	Pondasi	23
2.11	Struktur Basement	27
<b>BAB III METODOLOGI</b>		<b>31</b>
3.1	Umum	31
3.2	Bagan Alir Perencanaan	31
3.3	Studi Literatur	32
3.4	Pengumpulan Data	32
3.4.1	Data Bangunan Sebelum Modifikasi	32
3.4.2	Data Bangunan Setelah Modifikasi	33
3.5	<i>Preliminary Design</i>	34
3.6	Analisis Pembebanan	34
3.6.1	Beban Mati	34
3.6.2	Beban Hidup	35
3.6.3	Beban Angin	36
3.6.4	Beban Gempa	37
3.6.4.1	Menentukan Kelas Situs	37
3.6.4.2	Menentukan Kategori Risiko Struktur Bangunan (SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2)	38
3.6.4.3	Menentukan Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2)	41
3.6.4.4	Penentuan Wilayah	41
3.6.4.5	Menentukan Koesfisien Situs (SNI 1726:2019 Pasal 6.2)	43

3.6.4.6	Menghitung $S_{MS}$ dan $S_{MI}$ (SNI 1726:2019 Pasal 6.2).....	44
3.6.4.7	Menghitung Parameter Percepatan Desain ( $S_{DS}$ , $S_{D1}$ ) (SNI 1726:2019 Pasal 6.3).....	44
3.6.4.8	Menentukan Kategori Desain Seismik (SNI 1726:2019 Pasal 6.5).....	45
3.6.4.9	Faktor Koefisien Modifikasi Respon (R), Faktor Pembesaran Defleksi (Cd) dan Faktor Kuat Lebih Sistem ( $\Omega_0$ ) Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2).....	46
3.6.4.10	Analisis Model Respon Spektrum .....	46
3.6.4.11	Analisis Statik Ekuivalen .....	47
3.6.4.12	Kombinasi Pembebanan .....	50
3.7	Beban Tanah.....	51
3.8	Perencanaan Struktur Sekunder .....	51
3.8.1	Perencanaan Tangga.....	51
3.8.2	Perencanaan Pelat Lantai.....	51
3.8.3	Perencanaan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	52
3.8.4	Perencanaan Balok Anak.....	52
3.9	Permodelan Struktur .....	52
3.10	Kontrol Perencanaan Struktur Utama Baja .....	52
3.10.1	Kontrol Desain .....	52
3.10.2	Balok (Horizontal Boundary Element) .....	53
3.10.3	Kolom (Vertical Boundary Element).....	62
3.10.4	Dinding Geser Pelat Baja ( <i>Steel Plate Shear Wall</i> ) .....	70
3.11	Sambungan.....	72
3.11.1	Baut.....	72
3.11.2	Sambungan Las .....	74
3.11.3	Base Plate .....	76
3.12	Perencanaan Struktur Bawah.....	78
3.12.1	Perencanaan Basement .....	78
3.12.2	Perhitungan Struktur Dinding <i>Basement</i> .....	78
3.12.3	Perencanaan Poer .....	79
3.12.3.1	Perencanaan Penulangan Lentur.....	81

3.12.3.2	Kontrol terhadap geser pondasi .....	81
3.12.4	Perencanaan Pondasi .....	83
3.12.3.1	Gaya yang Bekerja Pada Sebuah Tiang Pancang .....	83
3.12.3.2	Daya Dukung Tiang Pancang .....	83
3.12.3.3	Efisiensi Kelompok Tiang Pancang .....	86
3.12.3.4	Daya Dukung Bahan Tiang Pancang .....	87
3.13	Menyusun Gambar Rencana .....	87
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>89</b>
4.1	<i>Preliminary Design</i> .....	89
4.1.1	Perencanaan Dimensi Balok Induk Basement .....	89
4.1.2	Perencanaan Dimensi Balok Anak Lantai 1 .....	90
4.1.3	Perencanaan Dimensi Tebal Pelat Beton .....	91
4.1.4	Perencanaan Dimensi Kolom Basement .....	94
4.1.5	Perencanaan Dimensi <i>Shearwall Basement</i> .....	96
4.2	Perencanaan Struktur Sekunder .....	97
4.2.1	Umum .....	97
4.2.2	Perencanaan Pelat .....	97
4.2.2.1	Pelat Atap .....	97
4.2.2.2	Pelat Lantai Apartemen .....	100
4.2.2.3	Rekapitulasi Perhitungan Pelat Bondek .....	102
4.2.2.4	Pelat Lantai 1 Beton .....	102
4.2.2.5	Pelat Basement .....	107
4.2.3	Perencanaan Balok Anak .....	114
4.2.3.1	Balok Anak Lantai Atap .....	114
4.2.3.2	Balok Anak Lantai .....	118
4.2.3.3	Balok Anak Beton .....	123
4.2.4	Perencanaan Balok Lift .....	129
4.2.4.1	Spesifikasi Lift .....	129
4.2.4.2	Perencanaan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	131
4.2.4.3	Perencanaan Balok Penumpu <i>Lift</i> .....	135
4.2.5	Perencanaan Tangga .....	139
4.2.5.1	Data Perencanaan Tangga .....	139
4.2.5.2	Perencanaan Pelat Anak Tangga .....	141
4.2.5.3	Perencanaan Pelat Bordes .....	146
4.2.5.4	Perencanaan Balok Bordes .....	149

4.2.5.5	Perencanaan Balok Utama Tangga .....	153
4.2.5.6	Perencanaan Balok Penumpu Tangga.....	161
4.3	Pembebanan dan Analisis Struktur .....	166
4.3.1	Umum.....	166
4.3.2	Pembebanan Struktur Utama .....	167
4.3.2.1	Beban Mati .....	167
4.3.2.2	Beban Hidup.....	168
4.3.2.3	Beban Gempa .....	168
4.3.2.4	Klasifikasi Situs Tanah.....	171
4.3.2.5	Berat Total Bangunan.....	172
4.3.3	Kombinasi Pembebanan .....	173
4.3.4	Permodelan Struktur Utama .....	173
4.3.4.1	Permodelan 3D pada Program Bantu Analisis ETABS .....	173
4.3.5	Kontrol Desain .....	177
4.3.5.1	Penerimaan Beban Permodelan Struktur .....	178
4.3.5.2	Kontrol Partisipasi Massa.....	178
4.3.5.3	Kontrol Periode Alami Fundamental .....	181
4.3.5.4	Kontrol Gaya Geser Dasar ( <i>Base Shear</i> ) .....	182
4.3.5.5	Kontrol Simpangan Antar Lantai ( <i>Drfit</i> ) .....	185
4.3.5.6	Kontrol Sistem Ganda .....	187
4.4	Perencanaan Struktur Primer .....	188
4.4.1	Balok Induk Memanjang .....	188
4.4.2	Balok Induk Melintang.....	197
4.4.3	Penulangan Balok Induk Beton 40/70 .....	207
4.4.4	Perencanaan Kolom CFT ( <i>Concrete Filled Tube</i> ) .....	221
4.4.5	Perencanaan <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW) ....	228
4.4.6	Kontrol Desain <i>Horizontal Boundary Element</i> (HBE).....	230
4.4.7	Kontrol Desain <i>Vertically Boundary Element</i> (VBE).....	237
4.5	Perencanaan Sambungan .....	243
4.5.1	Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	243

4.5.2	Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom.....	246
4.5.3	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Atap	250
4.5.4	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lantai .....	253
4.5.5	Sambungan <i>Steel Plate Shear Wall</i> .....	257
4.5.6	Sambungan Balok Induk dan Kolom .....	259
4.5.7	Sambungan <i>Horizontal Boundary Element</i> dan <i>Vertically Boundary Element</i> .....	266
4.5.8	Sambungan Antar Kolom .....	273
4.5.9	Sambungan Antar Kolom Beda Dimensi .....	276
4.5.10	Sambungan Base Plate.....	281
4.6.1.1	Perencanaan Kolom.....	281
4.6.1.2	Syarat Komponen Struktur Kolom .....	282
4.6.1.3	Kontrol Spasi Tulangan .....	283
4.6.1.4	Cek Kapasitas Kolom Terhadap Beban Aksial ..	283
4.6.1.5	Cek Persyaratan <i>Strong Column Weak-Beam</i> ....	284
4.6.1.6	Desain Tulangan Transversal Kolom.....	284
4.6.1.7	Tulangan Transversal Sebagai Penahan Gaya Geser Menentukan Gaya Geser Desain .....	287
4.6.1.8	Sambungan Lewatan .....	290
4.6.1.9	Perencanaan Sambungan .....	291
4.5.11	Sambungan <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW) dengan Beton .....	298
4.5.12	Hubungan Balok Kolom .....	299
4.6	Perencanaan Bangunan Bawah.....	302
4.6.1	Perencanaan <i>Basement</i> .....	302
4.6.1.1	Perencanaan Dinding Penahan Tanah.....	302
4.6.1.2	Penulangan Dinding Penahan Tanah .....	310
4.6.2	Perencanaan Pondasi .....	314
4.6.2.1	Umum.....	314
4.6.2.2	Data Perencanaan Pondasi.....	315
4.6.2.3	Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal ...	316
4.6.2.4	Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok	320
4.6.2.5	Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang .....	323



4.6.2.6	Kontrol Kekuatan Tiang .....	327
4.6.3	Perencanaan Poer .....	339
4.6.4	Perencanaan Sloof .....	357
4.6.4.1	Penulangan Geser Sloof .....	362
4.6.5	Perencanaan Tulangan Tusuk Konde pada Tiang Pancang .....	364
4.6.5.1	Kontrol Dimensi Kolom .....	365
4.6.5.2	Penulangan Longitudinal Kolom .....	365
4.6.5.3	Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Pada Kolom .....	366
4.6.5.4	Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Pada Kolom .....	366
4.6.6	Data Perencanaan Dinding Geser .....	367
4.6.6.1	Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser .....	367
4.6.6.2	Perhitungan Kebutuhan Lapisan Tulangan .....	367
4.6.6.3	Penulangan Geser Vertikal dan Horizontal.....	368
4.6.6.4	Kontrol Rasio Tulangan Vertikal dan Horizontal .....	368
4.6.6.5	Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal .....	369
4.6.6.6	Perencanaan Dinding Terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur .....	369
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>371</b>
5.1	Kesimpulan .....	371
5.2	Saran.....	374
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>377</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>381</b>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Dinding Geser Plat Baja (SPSW) .....	11
Gambar 2.2	Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Dinding Geser Pelat Baja .....	12
Gambar 2.3	<i>Single Story Collapse Mechanism</i> .....	12
Gambar 2.4	<i>An Orthotropic Membrane Model of a SPSW</i> .....	13
Gambar 2.5	Profil Baja Berintikan Beton .....	14
Gambar 2.6	Balok Komposit dengan Penghubung Geser.....	15
Gambar 2.7	Balok Baja yang Diberi Selubung Beton .....	16
Gambar 2.8	Penampang Melintang <i>Steel Floor Deck</i> .....	17
Gambar 2.9	Defleksi Pada Balok Non-Komposit.....	18
Gambar 2.10	Defleksi Pada Balok Komposit.....	19
Gambar 2.11	Tipe-tipe <i>Shear Connector</i> .....	20
Gambar 2.12	Jenis Sambungan Baut dan Paku Keling.....	21
Gambar 2.13	Las Tumpul .....	22
Gambar 2.14	Las Sudut.....	22
Gambar 2.15	Pondasi Memanjang .....	24
Gambar 2.16	Pondasi Telapak .....	25
Gambar 2.17	Pondasi Rakit.....	25
Gambar 2.18	Pondasi Sumuran.....	26
Gambar 2.19	Pondasi Tiang.....	27
Gambar 2.20	Diagram Tekanan untuk Permukaan Tanah Urug Horizontal.....	27
Gambar 2.21	Susunan <i>Contiguous Bored Pile Wall</i> .....	28
Gambar 2.22	Penggunaan <i>Contiguous Bored Pile Wall</i> .....	29
Gambar 2.23	Bentuk <i>Secant Bored Pile Walls</i> .....	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	32
Gambar 3.2	Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respon Spektral 0,2 Detik.....	42
Gambar 3.3	Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respon Spektral 1 Detik.....	42
Gambar 3.4	Grafik Respon Spektrum .....	47
Gambar 3.5	Simpangan Antar Lantai.....	53
Gambar 3.6	Potongan Balok dengan Penghubung Geser Stud 61	

Gambar 3.7	Arah Beban Sumbu X pada Base Plate .....	77
Gambar 3.8	Tekanan Aktfi Pasif Tanah dan Air .....	79
Gambar 3.9	Penampang Kritis Pada Pondasi .....	80
Gambar 3.10	Bidang Geser Akibat Geser Satu Arah .....	82
Gambar 3.11	Bidang Kritis Akibat Geser Dua Arah .....	83
Gambar 3.12	Koordinasi Tiang Pancang Converse Labarre.....	86
Gambar 4.1	Potongan Denah Balok Induk yang Ditinjau .....	89
Gambar 4.2	Potongan Denah Balok Anak yang Ditinjau .....	91
Gambar 4.3	Denah Perencanaan Tebal Pelat Beton .....	92
Gambar 4.4	Ilustrasi Bentang Efektif .....	92
Gambar 4.5	Denah Letak Kolom yang Ditinjau .....	94
Gambar 4.6	Detail Denah Kolom yang Ditinjau .....	95
Gambar 4.7	Perencanaan Pelat Atap .....	98
Gambar 4.8	Penulangan Pelat Lantai Atap.....	99
Gambar 4.9	Perencanaan Pelat Lantai Apartemen .....	100
Gambar 4.10	Penulangan Pelat Lantai Apartemen .....	102
Gambar 4.11	Perencanaan Pelat Beton Lantai 1.....	102
Gambar 4.12	Ilustrasi Potongan Pelat Rencana.....	103
Gambar 4.13	Perencanaan Pelat Basement .....	107
Gambar 4.14	Denah Perencanaan Balok Anak Atap .....	114
Gambar 4.15	Pembebanan Pada Balok Anak Atap .....	115
Gambar 4.16	Gaya Momen Balok Anak Atap.....	116
Gambar 4.17	Gaya Geser Balok Anak Atap.....	116
Gambar 4.18	Denah Perencanaan Balok Anak Lantai.....	118
Gambar 4.19	Pembebanan Pada Balok Anak Lantai .....	120
Gambar 4.20	Gaya Momen Balok Anak Atap.....	120
Gambar 4.21	Gaya Geser Balok Anak Atap.....	120
Gambar 4.22	Denah Perencanaan Balok Anak Beton .....	123
Gambar 4.23	Permodelan Balok Anak dengan ETABS .....	124
Gambar 4.24	Gaya Dalam Balok Anak .....	124
Gambar 4.25	Denah Lift .....	130
Gambar 4.26	Potongan Melintang Lift.....	130
Gambar 4.27	Potongan Melintang Balok Lift .....	131
Gambar 4.28	Model Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	132
Gambar 4.29	Posisi Titik Momen yang Ditinjau .....	133

Gambar 4.30	Model Pembebanan Balok Penumpu <i>Lift</i> .....	136
Gambar 4.31	Sketsa Denah Tangga .....	140
Gambar 4.32	Potongan Tangga .....	141
Gambar 4.33	Pelat Anak Tangga .....	141
Gambar 4.34	Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Terbagi Merata .....	142
Gambar 4.35	Pembebanan Pelat Anak Tanga dengan Beban Merata dan Terpusat .....	142
Gambar 4.36	Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Terbagi Merata .....	144
Gambar 4.38	Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Merata dan Terpusat .....	144
Gambar 4.39	Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes .....	147
Gambar 4.40	Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Terbagi Rata .....	147
Gambar 4.41	Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terbagi Rata dan Terpusat.....	148
Gambar 4.42	Balok Bardes Tangga .....	149
Gambar 4.43	Pembebanan Pada Balok Bordes .....	150
Gambar 4.44	Posisi Titik Momen yang Ditinjau.....	151
Gambar 4.45	Pembebanan Pada Balok Utama Tangga .....	154
Gambar 4.46	Hasil <i>Joint Reaction</i> SAP2000 .....	155
Gambar 4.47	Bidang Momen.....	157
Gambar 4.48	Bidang D .....	158
Gambar 4.49	Bidang N .....	159
Gambar 4.50	Pembebanan Pada Balok Penumpu Tangga.....	162
Gambar 4.51	Profil Pengaku dan Tebal Pelat yang Digunakan .....	165
Gambar 4.52	Detail Profil yang Digunakan .....	165
Gambar 4.53	Denah Gedung.....	166
Gambar 4.54	Permodelan Struktur Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon.....	174
Gambar 4.55	Data Material (BJ-41).....	175
Gambar 4.56	Data material ( $F'_c$ 30 MPa).....	175

Gambar 4.57	Data <i>Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column</i> (RCFT).....	176
Gambar 4.58	Perencanaan <i>Steel Plate Shear Wall</i> (SPSW) ....	177
Gambar 4.59	<i>Meshing Options</i> Pada SPSW.....	177
Gambar 4.60	Balok Induk Memanjang yang Direncanakan ....	188
Gambar 4.61	Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sebelum Komposit.....	189
Gambar 4.62	Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sesudah Komposit.....	192
Gambar 4.63	Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang .....	193
Gambar 4.64	Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang .....	196
Gambar 4.65	Balok Induk Melintang yang Direncanakan .....	198
Gambar 4.66	Gaya Dalam Balok Induk Melintang Sebelum Komposit.....	199
Gambar 4.67	Gaya Dalam Balok Induk Melintang Sesudah Komposit.....	202
Gambar 4.68	Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Melintang.....	203
Gambar 4.69	Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Melintang.....	205
Gambar 4.70	Balok Induk Beton yang Direncanakan .....	207
Gambar 4.71	Gaya Dalam Balok Beton 40/70 .....	208
Gambar 4.72	Detail Ikatan Untuk Penyaluran Kait Standart ...	221
Gambar 4.73	Letak Kolom yang Direncanakan .....	222
Gambar 4.74	Desain SPSW Tipe 1 .....	228
Gambar 4.75	Desain SPSW Tipe 2 .....	229
Gambar 4.76	Balok <i>HBE</i> yang Direncanakan .....	231
Gambar 4.77	Letak Kolom <i>VBE</i> yang Direncanakan .....	237
Gambar 4.78	Hasil Diagram Interaksi Software XTRACT ....	242
Gambar 4.79	Hasil Analisis Beban pada Diagram Interaksi....	242
Gambar 4.80	Modelisasi VBE .....	243
Gambar 4.81	Sambungan Balok Utama dan Balok Penumpu Tangga.....	245

Gambar 4.82	Detail Pelat Penyambung Siku .....	245
Gambar 4.83	Detail Pelat Penyambung.....	247
Gambar 4.84	Sambungan Balok Penumpu dengan Kolom.....	249
Gambar 4.85	Tampak Potongan C-C .....	249
Gambar 4.86	Detail A Pelat Penyambung.....	250
Gambar 4.87	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Atap	250
Gambar 4.88	Potongan A-A Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Atap.....	251
Gambar 4.89	Detail Pelat Penyambung.....	253
Gambar 4.90	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lantai .....	254
Gambar 4.91	Potongan B-B Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lantai .....	254
Gambar 4.92	Detail Pelat Penyambung.....	256
Gambar 4.93	Sambungan Dinding Geser Pada HBE .....	258
Gambar 4.94	Sambungan Dinding Geser Pada VBE .....	258
Gambar 4.95	Potongan A-A Sambungan Dinding Geser Pada VBE.....	259
Gambar 4.96	Sambungan Balok Induk dan Kolom .....	260
Gambar 4.97	Potongan A-A Sambungan Balok Induk dan Kolom .....	260
Gambar 4.98	Detail Pelat Penyambung.....	262
Gambar 4.99	Detail Pelat Penyambung.....	265
Gambar 4.100	Detail Pelat Penyambung.....	268
Gambar 4.101	Sambungan HBE dan VBE.....	272
Gambar 4.102	Tampak Potongan A-A Sambungan HBE dan VBE .....	272
Gambar 4.103	Sambungan Antar Kolom .....	275
Gambar 4.104	Tampak Potongan A-A Sambungan Antar Kolom .....	275
Gambar 4.105	Letak Kolom yang Ditinjau .....	276
Gambar 4.106	Sambungan Antar Kolom Beda Dimensi .....	280
Gambar 4.107	Tampak Potongan A-A.....	281
Gambar 4.108	Hasil Output SpColumn .....	283
Gambar 4.109	Penentuan Gaya Geser Pada Kolom .....	287

Gambar 4.110 Momen yang Terjadi pada <i>Baseplate</i> .....	293
Gambar 4.111 Momen yang Terjadi pada <i>Baseplate</i> .....	295
Gambar 4.112 Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i> .....	297
Gambar 4.113 Tampak Potongan A-A Sambungan.....	298
Gambar 4.114 Luas Joint Efektif.....	300
Gambar 4.115 Denah Dinding Penahan Tanah.....	303
Gambar 4.116 Penentuan Titik dan Pembagian Lapisan Tanah	304
Gambar 4.117 Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp).....	308
Gambar 4.118 Denah Pondasi .....	315
Gambar 4.119 Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 .....	318
Gambar 4.120 Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 .....	319
Gambar 4.121 Pondasi Tiang Pancang Tipe 3 .....	320
Gambar 4.122 Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 1 .....	324
Gambar 4.123 Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 2 .....	325
Gambar 4.124 Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 3 .....	327
Gambar 4.125 Diagram Gaya Lateral Tiang.....	329
Gambar 4.126 Grafik Harga $f$ berdasarkan Jenis Tanah .....	329
Gambar 4.127 Grafik Harga $f_m$ Berdasarkan L/T .....	330
Gambar 4.128 Grafik Harga $f_d$ Berdasarkan L/T .....	332
Gambar 4.129 Daerah Kritis Geser Ponds Dua Arah .....	340
Gambar 4.130 Area Kritis Akibat 1 Tiang Pancang .....	342
Gambar 4.131 Permodelan 3D Pilecap Tipe 1 .....	343
Gambar 4.132 Momen dari ETABS (M11) .....	344
Gambar 4.133 Momen dari ETABS (M22) .....	346
Gambar 4.134 Daerah Kritis Geser Ponds Dua Arah .....	349
Gambar 4.135 Area Kritis Akibat 1 Tiang Pancang .....	351
Gambar 4.136 Permodelan 3D Pilecap Tipe 2.....	352
Gambar 4.137 Momen dari ETABS (M11) .....	353
Gambar 4.138 Momen dari ETABS (M22) .....	355
Gambar 4.139 Diagram Interaksi Sloof .....	359
Gambar 4.140 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn .....	359
Gambar 4. 141 Diagram Interaksi Sloof .....	361
Gambar 4.142 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn .....	362
Gambar 4.143 Penulangan Sloof.....	363
Gambar 4.144 Penulangan Sloof.....	364



Gambar 4.145	Diagram Interaksi Kolom Diameter 800 mm ..	366
Gambar 4.146	Konfigurasi Penulangan <i>Shearwall</i> Pier 1 .....	370
Gambar 4.147	Diagram Interaksi P-M <i>Shearwall</i> Pier 1 Arah X .....	370

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Berat Sendiri Bangunan dan Komponen Gedung.....	34
Tabel 3.2	Beban Hidup Pada Lantai Bangunan Gedung .....	35
Tabel 3.3	Klasifikasi Situs .....	37
Tabel 3.4	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa.....	38
Tabel 3.5	Faktor Keutamaan Gempa.....	41
Tabel 3.6	Koefisien Situs $F_a$ .....	43
Tabel 3.7	Koefisien Situs $F_v$ .....	43
Tabel 3.8	Kategori Resiko $S_{DS}$ .....	45
Tabel 3.9	Kategori Resiko $S_{D1}$ .....	45
Tabel 3.10	Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega$ Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	46
Tabel 3.11	Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	48
Tabel 3.12	Koefisien Untuk Batas Atas Periode yang Dihitung .....	48
Tabel 3.13	Throat Efektif dari Las Tumpul Penetrasi Joint Sebagian .....	75
Tabel 3.14	Ukuran Minimum Las Sudut .....	75
Tabel 3.15	Koefisien harga $\alpha$ dan $\beta$ .....	84
Tabel 4.1	Beban Mati Keseluruhan Bangunan .....	95
Tabel 4.2	Beban Mati Keseluruhan Bangunan (Lanjutan).....	96
Tabel 4.3	Beban Hidup Keseluruhan Bangunan.....	96
Tabel 4.4	Hasil Rekapitulasi Perhitungan Pelat Bondek .....	102
Tabel 4.5	Rekapitulasi Penulangan Pelat Beton .....	106
Tabel 4.6	Rekapitulasi Balok Anak.....	122
Tabel 4.7	Rekapitulasi Penulangan Balok Beton ....	129
Tabel 4.8	Ukuran Profil Perencanaan Tangga dengan Ketinggian 3,2 m.....	165

Tabel 4.9	Parameter Gempa Surabaya (Grand Dharmahusada Lagoon) Untuk Situs D ..	170
Tabel 4.10	Faktor $R$ , $C_d^b$ , dan $\Omega_0$ untuk sistem penahan gaya gempa.....	170
Tabel 4.11	Hasil Data Tanah Berdasarkan NSPT .....	171
Tabel 4.12	Hasil Perbandingan Berat pada ETABS dan Manual.....	178
Tabel 4.13	Rasio Partisipasi Massa .....	179
Tabel 4.14	Periode Struktur Analisis ETABS .....	181
Tabel 4.15	Gaya Dasar Hasil ETABS .....	183
Tabel 4.16	Gaya Geser Dasar Hasil Etabs Setelah <i>Scale Factor</i> .....	184
Tabel 4.17	Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah X.....	186
Tabel 4.18	Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah Y.....	186
Tabel 4.19	Reaksi Perletakan dan Presentasi Gaya Geser akibat Gempa arah X dan Y.....	187
Tabel 4.20	Hasil Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Beton .....	220
Tabel 4.21	Gaya Dalam Pada Kolom .....	281
Tabel 4.22	Rekapitulasi Persyaratan Dimensi Kolom	282
Tabel 4.23	Rekapitulasi Konfigurasi Tulangan Kolom .....	283
Tabel 4.24	Rekapitulasi Luas Penampang Sengkang	287
Tabel 4.25	Dimensi Perencanaan Dinding Penahan Tanah.....	303
Tabel 4.26	Parameter Tanah .....	303
Tabel 4.27	Tegangan Vertikal .....	305
Tabel 4.28	Tegangan Horizontal .....	307
Tabel 4.29	Tegangan Horizontal Air .....	308
Tabel 4.30	Nilai Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp).....	309
Tabel 4.31	Perhitungan Momen pada Kontrol Guling	309
Tabel 4.32	Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1 .....	318

Tabel 4.33	Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2 .....	319
Tabel 4.34	Perhitungan Tiang Pancang Kelompok Pondasi Tipe 1.....	321
Tabel 4.35	Perhitungan Tiang Pancang Kelompok Pondasi Tipe 2.....	322
Tabel 4.36	Perhitungan Tiang Pancang Kelompok Pondasi Tipe 3.....	323
Tabel 4.37	Hasil Perhitungan Gaya Per Tiang pada Pondasi Tipe 1.....	324
Tabel 4.38	Hasil Perhitungan Gaya Per Tiang pada Pondasi Tipe 2.....	326
Tabel 4.39	Hasil Perhitungan Gaya Per Tiang pada Pondasi Tipe 3.....	327
Tabel 4.40	Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 1 .....	328
Tabel 4.41	Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Pancang pada Poer 1 .....	331
Tabel 4.42	Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 2 .....	333
Tabel 4.43	Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Pancang pada Poer 2 .....	335
Tabel 4.44	Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 3 .....	336
Tabel 4.45	Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Pancang pada Poer 3 .....	338
Tabel 4.46	Rekapitulasi Tulangan pada Poer .....	357

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Secara geografis Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik yang bergerak relatif saling mendesak satu dengan lainnya. Ketiga lempeng tersebut adalah Lempeng Indo-Australia di sebelah Selatan, Lempeng Pasifik di sebelah Timur, dan Lempeng Eurasia di sebelah Utara. Akibatnya Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi di dunia, lebih dari 10 kali lipat tingkat kegempaan di Amerika Serikat (Arnold, 1986).

Gempa bumi merupakan salah satu beban dinamis yang dapat menimbulkan gaya lateral yang sangat besar pengaruhnya dan sering menjadi faktor utama penyebab deformasi pada struktur baik dalam arah vertikal maupun dalam arah horizontal. Besarnya simpangan pada struktur akibat pembebanan dinamis dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti redaman, massa struktur, dan kekakuan (Windah, 2011). Beberapa tahun terakhir ini banyak terjadi gempa bumi yang sering menelan korban, baik yang berupa harta benda maupun nyawa. Banyak tempat tinggal yang rusak bahkan hancur rata dengan tanah. Hal ini disebabkan karena struktur bangunan tersebut tidak kuat, sehingga tidak mampu menahan gaya gempa yang kuat. Sehingga dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus mempertimbangkan pemilihan material dan penggunaan peraturan-peraturan yang ada. Beberapa material yang sering digunakan dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa yaitu beton dan baja.

Beton merupakan bahan bangunan yang sering digunakan dalam perencanaan pembangunan struktur saat ini. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (Mulyono, 2004). Dalam penggunaannya, beton mempunyai beberapa keunggulan yaitu kemudahan bentuk, biaya

pemeliharaan yang kecil, tahan terhadap temperature tinggi, kekakuan dan kekuatan tekan yang baik. Namun, beton juga mempunyai kekurangan yaitu kuat tarik beton rendah sehingga mudah retak, beton mudah mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu sehingga perlu dibuat expansion joint untuk mencegah terjadinya retak-retak, beton lebih berat sehingga struktur bangunan akan mempunyai massa yang lebih berat, dan beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikombinasikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail terutama pada struktur bangunan tahan gempa. Seperti halnya beton, baja merupakan material yang digunakan dalam perencanaan pembangunan struktur (Marwan dan Isdarmanu, 2006). Hal ini disebabkan sifat dari baja yang daktail sehingga mampu memberikan deformasi yang besar sebelum mencapai keruntuhan dibawah pengaruh tegangan yang besar (Marwan dan Isdarmanu, 2006). Sifat ini membuat struktur baja mampu mencegah bangunan roboh secara tiba-tiba. Berat profil baja yang ringan juga mengurangi berat keseluruhan struktur sehingga beban lateral yang diterima menjadi lebih kecil dan membuat gedung menjadi lebih tahan gempa. Baja juga memiliki keuntungan-keuntungan lain seperti pemasangan yang lebih cepat dibanding material yang lain, kemudahan penyambungan dengan baut ataupun las, tahan terhadap tarik, dan ukuran lebih presisi karena dikerjakan di workshop.

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa diperlukan desain struktur yang kuat. Selain struktur harus kuat dalam menahan beban gempa, struktur tersebut juga harus daktail yaitu material daktail dimana material ini mampu mengalami deformasi inelastis yang besar tanpa kehilangan kekuatannya, elemen struktur dan penampang profil harus daktail, dimana sambungan tidak boleh leleh atau rusak. Oleh karena itu digunakan material baja sebagai struktur utama dengan mempertimbangkan keuntungan-keuntungan yang dimiliki oleh material baja. Keuntungan-keuntungan ini harus dipadukan dengan sistem struktur penahan beban lateral agar gedung lebih



tahan terhadap gempa. Sistem struktur penahan beban lateral tersebut adalah steel plate shear wall (dinding geser pelat baja) yang lebih murah dan cepat dalam pelaksanaannya dibandingkan dinding geser beton.

Dinding geser plat baja adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari plat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur sehingga membentuk sebuah dinding penopang. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa dinding geser plat baja menimbulkan kekakuan elemen elemen yang besar, kekuatan, dan sangat daktail (Bruneau dkk, 2005). Penggunaan dinding geser pelat baja juga dapat mengurangi penggunaan luas ruangan.

Sebagai bahan studi perencanaan, akan dilakukan modifikasi pada struktur gedung Grand Dharmahusada Lagoon dengan jumlah lantai 20 dan 1 lantai basement. Gedung yang berada dikota Surabaya sebelumnya didesain menggunakan struktur beton bertulang akan dimodifikasi dengan menggunakan struktur baja dengan sistem steel plate shear wall (dinding geser pelat baja). Modifikasi perencanaan ini dilakukan agar dapat menjadi rekomendasi untuk proyek lain yang serupa dan dapat memanfaatkan material baja sebagai bahan struktur gedung dengan pertimbangan keuntungan penggunaan material baja sebagai struktur gedung bertingkat.

Dengan demikian tujuan dari Tugas Akhir ini adalah merencanakan struktur bangunan baja dengan sistem steel plate shear wall (dinding geser pelat baja) yang sesuai dengan besarnya beban untuk meningkatkan kinerja bangunan gedung bertingkat tahan gempa.

## **1.2 Rumusan Masalah**

### **1.2.1 Rumusan Masalah Utama**

Bagaimana merencanakan Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon menggunakan struktur baja dengan sistem *steel plate shear wall* (SPSW) sesuai dengan peraturan yang berlaku

### 1.2.2 Rumusan Masalah Khusus

1. Bagaimana melakukan *preliminary design* ?
2. Bagaimana pembebanan terhadap apartemen Grand Dharmahusada Lagoon ?
3. Bagaimana merencanakan struktur sekunder dan struktur primer ?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisis struktur dengan menggunakan program bantu ?
5. Bagaimana merencanakan *steel plate shear wall* ?
6. Bagaimana merencanakan sambungan yang memenuhi persyaratan struktur baja ?
7. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dalam bentuk gambar teknik ?

### 1.3 Tujuan

#### 1.3.1 Tujuan Umum

Mendapatkan hasil perencanaan Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon menggunakan struktur baja dengan sistem *steel plate shear wall* (dinding geser pelat baja) sesuai dengan peraturan yang berlaku.

#### 1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mampu melakukan *preliminary design*
2. Mampu menghitung pembebanan yang terjadi
3. Mampu merencanakan struktur sekunder dan struktur primer
4. Mampu memodelkan dan menganalisis struktur dengan program bantu
5. Mampu merencanakan *steel plate shear wall*
6. Mampu merencanakan sambungan yang memenuhi persyaratan struktur baja
7. Mampu menuangkan hasil perencanaan dalam bentuk gambar

### 1.4 Batasan Masalah

1. Tidak menghitung dari segi analisis biaya arsitektural dan manajemen konstruksi
2. Tidak membahas detail metode pelaksanaan.

3. Tidak mempertimbangkan sistem sanitasi, utilitas bangunan, dan finishing.
4. Tidak ada studi perbandingan

### **1.5 Manfaat**

1. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan terhadap dunia teknik sipil dalam perencanaan gedung baja menggunakan sistem *steel plate shear wall* (SPSW)
2. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisasi.
3. Sebagai rekomendasi bagi dunia konstruksi yang berkaitan dengan bangunan baja yang menggunakan sistem dinding geser plat baja untuk menahan beban lateral.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon merupakan salah satu gedung apartemen bertingkat yang memiliki 42 lantai yang ada di kota Surabaya. Struktur bangunan gedung ini menggunakan bahan material beton bertulang pada bagian rangka gedung maupun untuk material penutup atapnya. Pada tugas akhir kali ini akan dimodifikasi menggunakan material baja dan menggunakan sistem *steel plate shear wall* yang tentunya akan meningkatkan kinerja gedung agar mampu menerima beban lateral atau gempa lebih kuat dan baik. Untuk itu dalam perencanaan modifikasi struktur Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon ini diperlukan data-data perencanaan dan pengetahuan tentang konstruksi baja dan sistemnya, serta perhitungan struktur untuk kemudian dilakukan perhitungannya.

#### **2.2 Sistem Struktur Gedung**

Ada beberapa sistem struktur yang umum digunakan sebagai penahan gaya gempa pada perencanaan gedung. Sistem tersebut yaitu Sistem Dinding Struktural, Sistem Rangka Gedung, Sistem Rangka Pemikul Momen, dan Sistem Ganda. Pada Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon digunakan sistem ganda dengan rangka pemikul khusus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan disertai dengan dinding geser pelat baja beton komposit. Perencanaan struktur juga disesuaikan dengan zona gempa yang terjadi.

Struktur sistem ganda adalah gabungan antara rangka pemikul momen dan dinding geser (*shear wall*) yang dapat bekerja bersamaan dalam menahan beban gempa. Pada struktur sistem ganda diharapkan keduanya dapat mengalami defleksi lateral yang sama. Dengan sistem ini, perancangan struktur juga lebih ekonomis dikarenakan dimensi rangka utama dapat diperkecil oleh penggunaan *shear wall*. Jika pada sistem rangka pemikul momen semakin tinggi struktur gedung, semakin besar

dimensi yang digunakan sehingga menyebabkan kemampuan struktur lebih banyak menahan berat sendiri. Sedangkan pada sistem struktur ganda, semakin tinggi gedung, maka semakin tebal *shear wall* yang dibutuhkan. Pemasangan *shear wall* dapat mengurangi simpangan antar tingkat gedung, hal ini terjadi karena besarnya kekakuan bangunan menjadi lebih besar dibandingkan bangunan gedung yang tidak menggunakan *shear wall*. Dengan adanya *shear wall*, dimensi rangka utama yaitu balok dan kolom dapat diperkecil.

### **2.3 Konsep *Strong Column Weak Beam***

Konsep "*strong column weak beam*" dalam sistem rangka pemikul momen khusus mengandung arti bahwa konstruksi kolom yang ada harus lebih kaku dari pada balok, sehingga kerusakan struktur ketika terjadi beban lateral/gempa, terlebih dahulu terjadi pada balok, lalu kerusakan struktur terjadi pada kolom. Dengan kata lain, balok-balok mendahului pembentukan sendi-sendi plastis yang tersebar di seluruh sistem struktur sebelum terjadi di kolom-kolom.

### **2.4 Profil *Steel Plate Shear Wall***

#### **2.4.1 Pengertian *Steel Plate Shear Wall***

Steel plate shear wall (dinding geser pelat baja) adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari plat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom disekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang (Bruneau dkk, 2005). Dinding geser plat baja mempunyai keuntungan dalam berbagai hal, contohnya dalam biaya, daktilitas, kekakuan awal yang tinggi, proses pengerjaan yang cepat di lapangan., namun fungsi utama dari dinding geser plat baja ini adalah untuk menahan beban lateral dan beban-beban horizontal yang terjadi.

Dinding geser plat baja secara efektif dan ekonomis mampu menahan beban angin dan beban gempa yang terjadi. Dinding geser plat baja ini terhubung ke sisi-sisi balok dan kolom yang bekerja bersama-sama dalam menahan beban angin dan beban gempa.

## 2.4.2 Keuntungan dari *Steel Plate Shear Wall*

Keuntungan dari *steel plate shear wall* antara lain :

### 1. Ketebalan Dinding

Ketebalan dinding geser plat baja lebih kecil daripada ketebalan dinding geser beton. Pada beberapa studi yang dilakukan, rata-rata ketebalan dinding geser pelat baja sekitar 5/8-3/4” atau sekitar 15,875-19,05 mm, sedangkan ketebalan dinding geser beton menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 yaitu minimum 10 cm. SPSW memberikan ruang yang lebih besar dibanding dengan dinding geser beton (Ashish dan Harshalata, 2014)

### 2. Berat Bangunan

Dari hasil studi, berat bangunan yang menggunakan dinding geser plat baja lebih ringan 18% dibandingkan dengan berat bangunan yang menggunakan dinding geser beton *core system*, yang mana hasil ini dapat mengurangi beban yang diterima fondasi akibat adanya beban gravitasi dan beban gempa (Seili dan Hooper, 2005).

### 3. Pekerjaan Konstruksi yang Cepat

Penggunaan dinding geser plat baja mengurangi waktu pekerjaan konstruksi. Tidak hanya cepat pada waktu pemasangan tetapi juga pada waktu perawatan. Hasil studi juga menunjukkan bahwa pengerjaan dinding geser plat baja jauh lebih mudah dari pada pengerjaan sistem rangka bresing konsentrik khusus (Seili dan Hooper, 2005).

### 4. Pengurangan Gaya

Penggunaan SPSW pada gedung terjadi pengurangan pada momen tekuk, gaya geser, defleksi, dan gaya aksial pada beberapa kolom pada gedung (Ashish dan Harshalata, 2014).

### 2.4.3 Kekurangan dari *Steel Plate Shear Wall*

Kekurangan dari *steel plate shear wall* diantara lain (Seili dan Hooper, 2005) :

#### 1. Kekakuan

Sistem dinding geser plat baja pada umumnya lebih lentur dibandingkan dengan dinding geser dari beton. Sehingga ketika menggunakan dinding geser plat baja pada gedung bertingkat tinggi perencanaan perlu menambahkan pengaku.

#### 2. Urutan Pekerjaan Konstruksi

Urutan pekerjaan konstruksi sangat perlu diperhatikan dalam pemasangan dinding geser plat baja untuk menghindari tekanan awal berlebihan pada dinding plat baja. Pada kasus di sebuah gedung, pengelasan plat sambung pada dinding geser ditunda sampai sebagian besar deformasi akibat beban mati dalam rangka terjadi dengan maksud untuk meringankan tekanan awal pada dinding geser plat baja.

### 2.4.4 Jenis Konfigurasi dari *Steel Plate Shear Wall*

Ada 2 jenis dinding geser plat baja, yaitu *core systems* dan *planar systems*. Berdasarkan susunan, ukuran, dan tinggi, dua jenis tersebut mempunyai keuntungan masing-masing.

#### 1. *SPSW Core Systems*

*Steel plate shear wall* (dinding geser plat baja) jenis ini cocok digunakan pada bangunan bertingkat menengah hingga bangunan bertingkat tinggi. Jenis dinding geser plat baja ini memberikan kekakuan terhadap puntir dan keruntuhan lebih baik. (Seilie dan Hooper, 2005)

#### 2. *Multiple Planar SPSW*

*Steel plate shear wall* (dinding geser plat baja) jenis ini cocok untuk bangunan bertingkat rendah dan untuk perkuatan gedung yang sudah ada. Dinding geser ini mempunyai kapasitas geser yang cukup



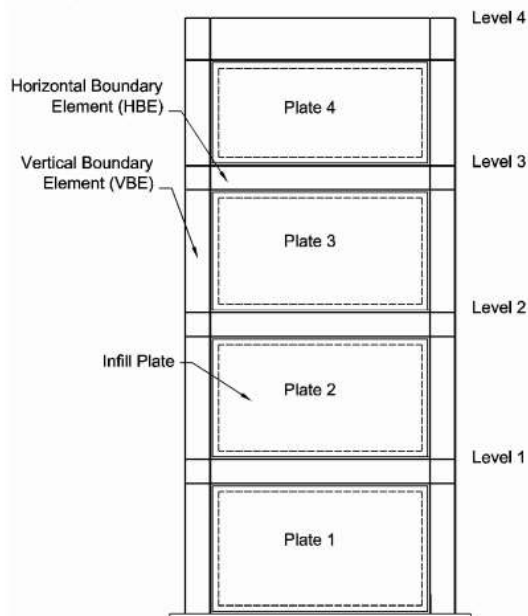
dengan kapasitas momen yang sedikit terbatas. (Seilie dan Hooper, 2005)

Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon yang mempunyai 42 lantai termasuk bangunan bertingkat tinggi dan letak shear wall berada di tengah struktur sehingga pada studi perencanaan ini menggunakan jenis SPSW *Core System*.

## 2.5 Analisis dan Desain Struktur *Steel Plate Shear Wall*

### 2.5.1 Desain *Steel Plate Shear Wall*

Dinding geser plat baja terdiri dari batang vertikal yang disebut dengan kolom (*Vertical Boundary Elements (VBE)*), batang horizontal yang disebut dengan balok (*Horizontal Boundary Elements (HBE)*), dan pelat pengisi tipis yang melengkung pada bidang geser dan membentuk bidang diagonal untuk menahan beban gempa. (Bruneau dkk, 2005) Seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.1**

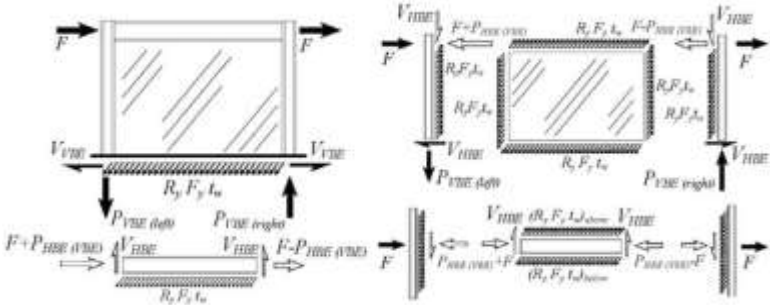


**Gambar 2.1** Dinding Geser Plat Baja (SPSW)  
(Sumber : Bruneau dkk, 2005)

**2.5.2 Model Steel Plate Shear Wall**

**2.5.2.1 Orthotropic Membrane Model**

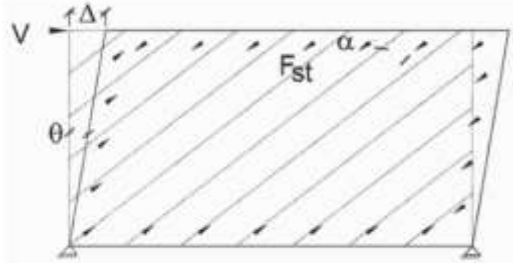
Pada model ini, pelat direncanakan dengan bentuk orthotropic (sifat elemen tergantung pada sumbu) dengan tekan dan perlawanan tarik yang berbeda pada pelat. Sumbu lokal pada elemen ditetapkan untuk menghitung sudut tegangan tarik,  $\alpha$  (Ericksen dan Sabelli, 2008). Pola desain dan perencanaan gaya-gaya yang bekerja pada dinding geser ditunjukkan pada **Gambar 2.2**



**Gambar 2.2** Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Dinding Geser Pelat Baja

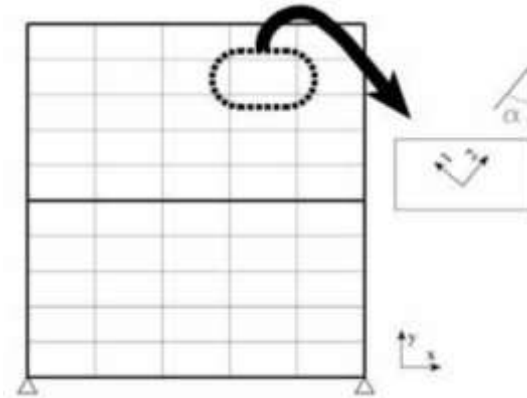
(Sumber : Deylami A. dan Rowghani-Kashani, 2011)

Contoh bentuk keruntuhan dan model orthotropic SPSW dapat dilihat pada **Gambar 2.3** dan **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.3** Single Story Collapse Mechanism

(Sumber : AISC Steel Design Guide 20)



**Gambar 2.4** *An Orthotropic Membrane Model of a SPSW*  
(Sumber : AISC Steel Guide 20)

## 2.6 Struktur Komposit

### 2.6.1 Pengertian

Struktur komposit merupakan gabungan antara sebuah profil baja dengan beton. Struktur komposit bisa digunakan pada balok maupun kolom, sesuai dengan beban yang dipikul. Struktur komposit balok digunakan untuk memikul lentur, sedangkan komposit kolom digunakan untuk memikul beban tekan.

### 2.6.2 Kolom Komposit *Concrete Filled Steel Tube (CFT)*

Kolom CFT merupakan kolom dengan tabung baja yang diisi beton. Sistem kolom CFT memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan baja biasa atau sistem beton bertulang. Salah satu keunggulannya dari interaksi antara tabung baja dan beton adalah tekuk lokal dari tabung baja tertunda oleh pengekangan beton, dan kekuatan struktur meningkat. (Morino dan Tsuda, 2003)

Selain alasan yang disebutkan sebelumnya, kolom CFT dipilih karena beberapa keuntungan sebagai berikut: (Morino dan Tsuda, 2003)

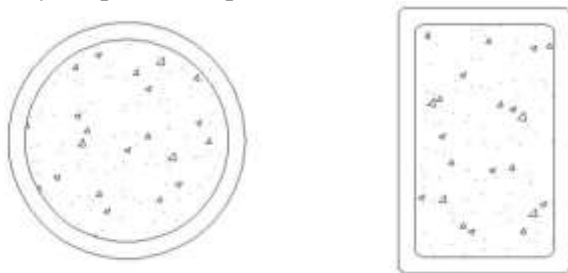
- 1) Tekuk lokal dari tabung baja dapat tertunda, karena adanya beton. Di sisi lain, kekuatan beton meningkat

dan berkurangnya spalling pada beton karena adanya tabung baja. Susut dan rangkai pada beton juga lebih kecil jika dibandingkan beton bertulang.

- 2) Rasio baja pada penampang CFT jauh lebih besar jika dibandingkan beton bertulang. Karena hal tersebut, dimensi kolom yang digunakan akan jauh lebih kecil, berat struktur akan lebih kecil sehingga dapat mengurangi beban pondasi.
- 3) Karena tabung baja juga berfungsi sebagai bekisting untuk beton, penggunaan kolom CFT lebih praktis dan dapat mengurangi sampah dari penggunaan bekisting.
- 4) Ditinjau dari segi biaya konstruksi, dan waktu pelaksanaan dan pengerjaannya di lapangan, penggunaan kolom CFT lebih efektif dan efisien

#### 2.6.2.1 Macam Bentuk *Concrete Filled Steel Tube*

Kolom CFT dapat dikategorikan menjadi dua kelompok, yaitu *Rectangular* CFT (RCFT) dan *Circular* (CCFT). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.5** berikut :



**Gambar 2.5** Profil Baja Berintikan Beton

(Sumber : Isdarmanu, Marwan, 2006)

#### 2.6.3 Balok Komposit

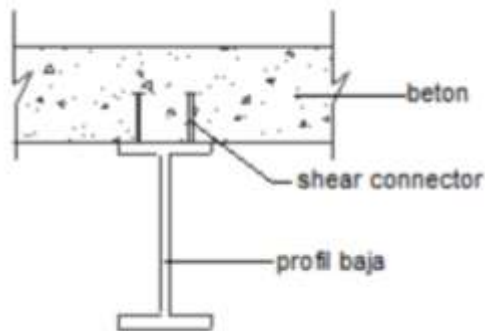
Balok adalah elemen struktur yang memikul beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Hal ini akan menyebabkan balok melentur (Spiegel dan Limbrunner, 1998). Balok komposit adalah sebuah balok yang kekuatannya

bergantung pada interaksi mekanis di antara dua atau lebih bahan. Pada dasarnya aksi komposit pada balok komposit dapat tercapai atau tidaknya tergantung dari penghubung gesernya. Biasanya penghubung geser diletakan di sayap atas profil baja. Hal ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya slip pada pelat beton dengan balok baja.

➤ Tipe-tipe balok komposit antara lain :

1) Balok Komposit Penuh

Untuk balok komposit penuh, penghubung geser harus disediakan dalam jumlah yang memadai sehingga balok mampu mencapai kuat lentur maksimumnya. Pada penentuan distribusi tegangan elastis, slip antara baja dan beton dianggap tidak terjadi (SNI 1729-2015). Balok Komposit penuh dengan penghubung geser dapat dilihat pada **Gambar 2.6**



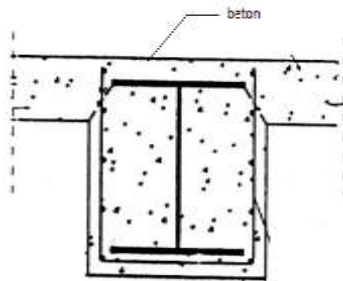
**Gambar 2.6** Balok Komposit dengan Penghubung Geser  
(Sumber : Marwan dan Isdarmanu, 2006)

2) Balok Komposit Parsial

Pada balok komposit parsial, kekuatan balok dalam memikul lentur dibatasi oleh kekuatan penghubung geser. Perhitungan elastis untuk balok seperti ini, seperti pada penentuan defleksi atau tegangan akibat beban layan, harus

- mempertimbangkan pengaruh adanya slip antara baja dan beton ( SNI 1729-2015)
- 3) Balok baja yang diberi selubung beton  
Walaupun tidak diberi selubung beton di semua permukaannya, dianggap bekerja secara komposit dengan beton selama hal-hal terpenuhi sesuai SNI 1729-2015 antara lain :
    - a) Tebal minimum selubung beton yang menyelimuti baja tidak kurang daripada 50 mm, kecuali yang disebutkan pada butir ke-2 dibawah.
    - b) Posisi tepi atas balok baja tidak boleh kurang daripada 40 mm dibawah sisi atas pelat beton dan 50 mm diatas sisi bawah pelat.
    - c) Selubung beton harus diberi kawat jaring atau baja tulangan dengan jumlah yang memadai untuk menghindari terlepasnya bagian selubung tersebut pada saat balok memikul beban.

Balok baja yang diberi selubung beton dapat dilihat pada **Gambar 2.7**

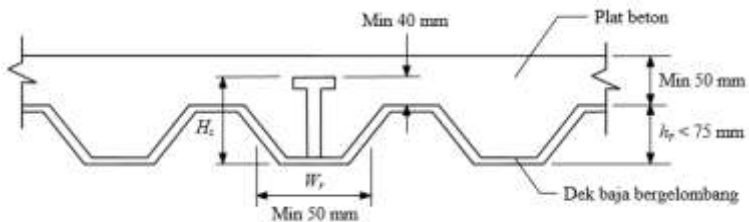


**Gambar 2.7** Balok Baja yang Diberi Selubung Beton  
(Sumber : Marwan dan Isdarmanu, 2006)

#### 2.6.4 *Steel Floor Deck*

*Steel floor deck* yaitu suatu material yang bisa difungsikan sebagai media pengganti konvensional berbentuk

papan lembar yang terbuat dari bahan baja galvanis berkekuatan tinggi. Biasanya *steel floor deck* dipakai sebagai pengganti bekisting dalam proses pembuatan lantai atau atap dari beton dan juga berfungsi sebagai penulangan positif satu arah. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mengeras. Arah dari gelombang dek baja biasanya diletakkan tegak lurus balok penopangnya (Tofik, 2017). Penampang melintang *steel floor deck* dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



**Gambar 2.8** Penampang Melintang *Steel Floor Deck*  
(Sumber : SNI 1729:2013)

### 2.6.5 Kelebihan Struktur Komposit

Struktur komposit dalam pemakaiannya memiliki beberapa kelebihan dasar yaitu :

1) Pengurangan berat baja

Pengurangan berat baja hingga 20-30% biasanya memungkinkan dengan mengambil kelebihan dari sistem komposit.

### 2.6.6 Kekurangan Struktur Komposit

Dalam pemakaian struktur komposit, tidak ada kekurangan penting tetapi harus ada kondisi-kondisi yang diperhatikan yaitu :

1) Defleksi jangka panjang yang disebabkan oleh creep dan shrinkage dari beton.

Hal ini harus diperhatikan apabila bagian tersebut menahan beban mati yang cukup besar, atau ketika

menerima beban hidup untuk durasi yang lama (Salmon dan Johnson, 1996).

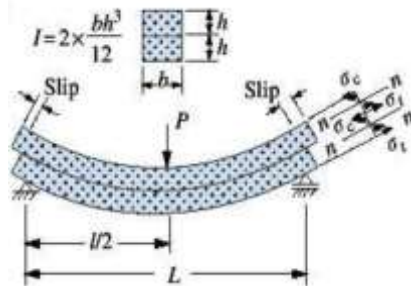
2) Pengaruh kontinuitas

Keuntungan aksi komposit berkurang pada daerah momen lentur negatif, hal ini dikarenakan hanya batang tulangan yang memberikan kontinuitas aksi komposit, sedangkan beton sendiri mengalami retak dan tidak memberikan pengaruh apapun (Salmon dan Johnson, 1996).

## 2.7 Aksi Komposit

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

Pada balok non-komposit pelat beton dan balok baja tidak bekerja bersamasama sebagai satu kesatuan karena tidak terpasang alat penghubung geser, sehingga masing-masing memikul beban secara terpisah. 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. Pada **Gambar 2.9** dibawah ini dapat dilihat defleksi yang terjadi pada balok non-komposit



**Gambar 2.9** Defleksi Pada Balok Non-Komposit

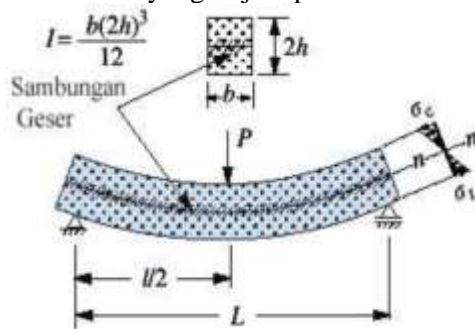
(Sumber : [www.dokumen.tips](http://www.dokumen.tips))

Tanggal Akses : 22 Juni 2019



Karena penghubung geser tidak terpasang pada bidang pertemuan antara pelat beton dan balok baja maka pada bidang kontak tersebut tidak ada gaya yang menahan perpanjangan serat bawah pelat dan perpendekan serat atas balok baja. Dalam hal ini, pada bidang kontak tersebut hanya bekerja gaya geser vertikal..

Sedangkan pada balok komposit, pada bidang pertemuan antara pelat beton dan balok baja dipasang alat penghubung geser (*shear connector*) sehingga pelat beton dan balok baja bekerja sebagai satu kesatuan. 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. Pada **Gambar 2.10** dibawah ini dapat dilihat defleksi yang terjadi pada balok komposit.



**Gambar 2.10** Defleksi Pada Balok Komposit

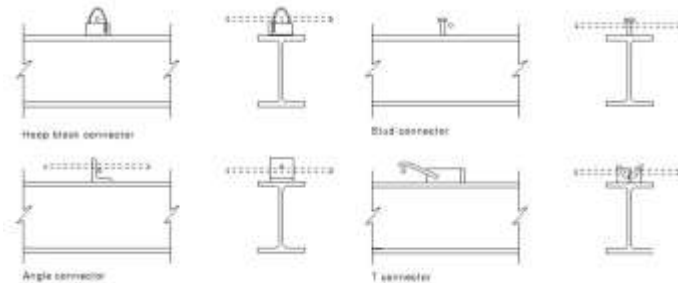
(Sumber : [www.dokumen.tips](http://www.dokumen.tips))

Tanggal Akses : 22 Juni 2019

## 2.8 Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan. Idealnya alat penghubung geser harus cukup kaku untuk menghasilkan interaksi penuh, namun hal ini akan memerlukan pengaku yang sangat tergar. Adapun jenis-jenis alat penghubung geser yang biasa digunakan adalah sebagai berikut dan dapat dilihat pada **Gambar 2.11** :

- Alat penyambung stud (*stud connector*) berkepala dan berbentuk pancing
- Alat penyambung kanal (*canal connector*)
- Alat penyambung spiral (*spiral connection*)
- Alat penyambung siku (*angle connector*)



**Gambar 2.11** Tipe-tipe *Shear Connector*

(Sumber : [www.dokumen.tips](http://www.dokumen.tips))

Tanggal Akses : 22 Juni 2019

Pada tugas akhir ini, alat penghubung geser yang digunakan berbentuk stud berkepala (*stud connector*).

## 2.9 Sambungan

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

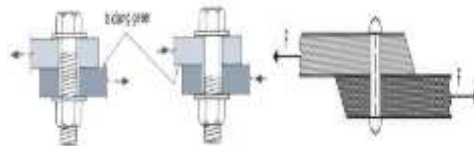
Sedangkan Tofik (2017) mengklasifikasikan jenis-jenis sambungan menjadi tiga, antara lain :

- 1) *Simple connection* (sambungan sendi)
  - Sambungan dapat memberikan perputaran pada ujung balok secara bebas.

- Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap elemen struktur yang disambung.
  - Detail sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi yang cukup.
  - Dapat memikul gaya reaksi yang bekerja.
- 2) *Semi-rigid connection* (antara *simple* dan *rigid*)
- Sambungan tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antara elemen yang disambung
  - Dianggap mempunyai kapasitas yang cukup untuk memberikan tahanan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut tersebut
  - Tingkat kapasitas tersebut terhadap beban yang bekerja ditetapkan berdasarkan percobaan
- 3) *Rigid connection*
- Sambungan dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut diantara elemen-elemen yang disambung.

### 2.9.1 Sambungan Baut

Dasar perhitungan untuk sambungan baut dan sambungan paku keling adalah sama. Hanya saja dalam tata cara pelaksanaannya maupun bahan yang digunakan berbeda. Pada penggunaan baut, pelaksanaannya lebih sederhana dibanding dengan penggunaan paku keling. Karena pada paku keling pemasangannya memerlukan pemanasan dan pemukulan, lebih banyak diperlukan waktu dan keahlian teknisnya. Beberapa jenis dari sambungan baut itu sendiri dapat diperhatikan dalam **Gambar 2.12** berikut.



**Gambar 2.12** Jenis Sambungan Baut dan Paku Keling

(Sumber :<http://blog.ub.ac.id>)

Tanggal Akses : 22 Juni 2019

## 2.9.2 Sambungan Las

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Definisi ini dapat diartikan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas (Wirjosumarto dan Okumura, 1996)

Terdapat dua jenis sambungan las, yaitu :

### 1) Las Tumpul

Las tumpul yaitu menghubungkan dua belah pelat yang mempunyai jarak tertentu (jarak tersebut dinamakan celah akar) dengan cara mendekatkan kedua sis yang akan disambung, kemudian mengisi celah akar tersebut dengan bahas las pengisi hingga membentuk sambungan. Sambungan las tumpul dapat dilihat pada **Gambar 2.13**



**Gambar 2.13** Las Tumpul  
(Sumber : <http://blog.ub.ac.id>)  
Tanggal Akses : 22 Juni 2019

### 2) Las Sudut

Las Sudut dapat terjadi dengan menyambung kedua bagian membentuk sudut siku-siku dan disambung pada ujung tersebut. Bentuk dari las sudut tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.14**



**Gambar 2.14** Las Sudut  
(Sumber : <http://blog.ub.ac.id>)  
Tanggal Akses : 22 Juni 2019

## 2.10 Pondasi

Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan. Fungsi pondasi adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi dan tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi, kedua hal tersebut akan menyebabkan merusakkan konstruksi yang berada di atas pondasi. Persyaratan umum yang harus dipenuhi oleh pondasi antara lain:

- a) Terhadap tanah dasar
  - Pondasi harus mempunyai bentuk, ukuran dan struktur sedemikian rupa sehingga tanah dasar mampu memikul gaya-gaya yang bekerja
  - Penurunan yang terjadi tidak boleh terlalu besar/tidak merata
  - Bangunan tidak boleh bergeser atau mengguling.
- b) Terhadap struktur pondasi sendiri
  - Struktur pondasi harus cukup kuat sehingga tidak pecah akibat gaya yang bekerja

Pemilihan jenis pondasi yang akan digunakan sebagai struktur bawah dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain kondisi tanah dasar, beban yang diterima pondasi, peraturan yang berlaku, biaya, kemudahan pelaksanaannya dan sebagainya. Berdasarkan elevasi kedalamannya, maka pondasi dibedakan menjadi pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*) (Das, 1998)

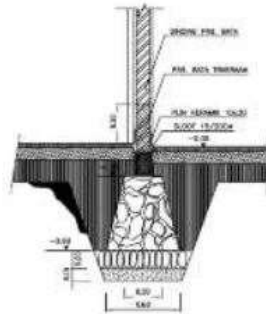
### 1. Pondasi Dangkal

Pondasi jenis ini biasanya dilaksanakan pada tanah dengan kedalaman tidak lebih dari 3 meter atau sepertiga dari lebar alas pondasi. Dengan kata lain, pondasi ini diterapkan pada tanah yang keras atau stabil yang mendukung struktur bangunan yang tidak terlalu berat dan tinggi, dengan kedalaman tanah keras kurang dari 3 meter. Pondasi dangkal tidak disarankan untuk dilaksanakan pada jenis tanah yang kurang stabil atau

memiliki kepadatan tanah yang buruk seperti tanah bekas rawa/gambut. Bila kondisi memaksa untuk dilaksanakan pada tanah yang kurang stabil, harus diadakan perbaikan tanah terlebih dahulu dengan sistem memakai cerucuk. Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

a) Pondasi Memanjang

Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (**Gambar 2.15**).



**Gambar 2.15** Pondasi Memanjang  
(Sumber : <http://docplayer.info/47175339>)  
Tanggal Akses : 22 Juni 2019

b) Pondasi Telapak

Pondasi ini kadang-kadang sering dijumpai pada lapisan tanah keras. Letaknya pada kedalaman lebih dari 1,5m dari permukaan tanah setempat. Bila digunakan pondasi menerus akan sangat mahal dan tidak efisien. Untuk mengantisipasinya dapat digunakan pondasi yang dibuat dibawah kolom-kolom pendukung bangunan disebut pondasi setempat. Jadi yang merupakan pondasi utama pendukung bangunan adalah pondasi setempat. Dasar pondasi telapak bisa berbentuk persegi panjang atau persegi. (**Gambar 2.16**).



**Gambar 2.16** Pondasi Telapak  
 (Sumber : <http://docplayer.info/47175339>)  
 Tanggal Akses : 22 Juni 2019

c) Pondasi Rakit

Pondasi rakit yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain. (**Gambar 2.17**).



**Gambar 2.17** Pondasi Rakit  
 (Sumber : <http://docplayer.info/47175339>)  
 Tanggal Akses : 22 Juni 2019

## 2. Pondasi Dalam

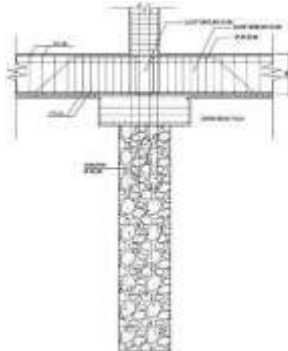
Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan dipermukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban

struktural dan kondisi permukaan tanah. Pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m dibawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk pondasi tiang pancang, dinding pancang dan caissons atau pondasi kompensasi. Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari.

Jenis-jenis pondasi dalam diantaranya, yaitu :

a) Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya berada pada kedalaman lebih dari 3 m. diameter sumuran biasanya antara 0,8 m – 1,00 m dan ada kemungkinan dalam satu bangunan diameternya berbeda-beda, ini dikarenakan masing-masing kolom berbeda bebannya. Disebut pondasi sumuran karena dalam pengerjaannya membuat lubang-lubang berbentuk sumur. (**Gambar 2.18**).



**Gambar 2.18** Pondasi Sumuran

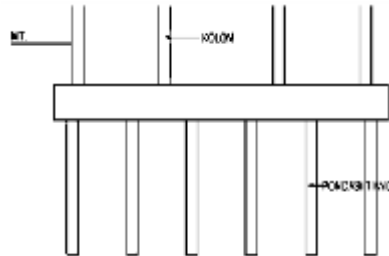
(Sumber : <http://docplayer.info/47175339>)

Tanggal Akses : 22 Juni 2019



b) Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (**Gambar 2.19**).

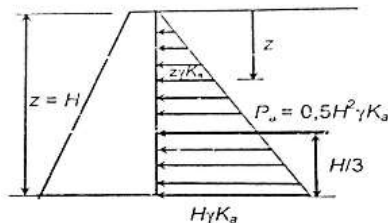


**Gambar 2.19** Pondasi Tiang

(Sumber : Sostrodarsono dan Kazuto, 1994)

## 2.11 Struktur Basement

Perencanaan dinding basement juga difungsikan sebagai dinding penahan tanah. Karena lantai basement berada di dalam tanah, maka seluruh dinding luar digunakan pelat beton sebagai penahan tanah. Dinding basement mengalami tekanan horizontal yang diakibatkan oleh tanah dan tekanan akibat air dibelakang dinding basement. Ilustrasi tekanan tanah dapat dilihat pada **Gambar 2.20**.



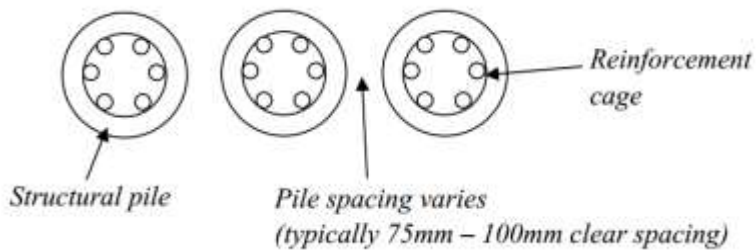
**Gambar 2.20** Diagram Tekanan untuk Permukaan Tanah Urug Horizontal

(Sumber : Hardiyamo, 2006)

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) merupakan salah satu komponen struktur bangunan utama untuk jalan raya, dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan dengan tanah berkontur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda. Secara singkat dinding penahan adalah dinding yang dibangun untuk menahan masa tanah di atas struktur atau bangunan yang dibuat. Untuk pembangunan gedung bertingkat banyak dengan jumlah basement lebih dari dua, konstruksi *retaining wall* menjadi sebuah keharusan. Apabila konstruksi ini tidak menggunakan *retaining wall* akan menghadapi berbagai macam kesulitan kedepannya. Dinding penahan tanah (*retaining wall*) sendiri dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat di mana stabilitasnya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Adapun beberapa jenis dinding penahan tanah dari tiang pancang (*bored pile*) yaitu :

1) *Contiguous Bored Pile Wall*

*Contiguous Bored Pile Wall* adalah struktur penahan tanah lateral yang terbuat dari susunan tiang pancang (*bored pile*) dipasang berdampingan satu sama lain dan diantaranya terdapat celah antara 75 mm sampai 100 mm (**Gambar 2.21**). Penggunaan *Contiguous Bored Pile Wall* dapat dilihat pada **Gambar 2.22**



**Gambar 2.21** Susunan *Contiguous Bored Pile Wall*

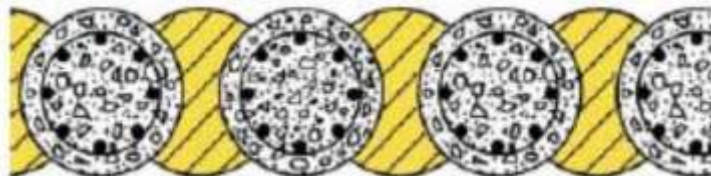
(Sumber : Niroumand dkk, 2012)



**Gambar 2.22** Penggunaan *Contiguous Bored Pile Wall*  
(Sumber : Niroumand dkk, 2012)

2) *Secant Bored Pile Walls*

Dinding penahan tanah ini secara umum mirip *contiguous bored pile*, namun diantara tiang-tiang pancang yang berdampingan tersebut dilakukan pengeboran yang mengiris bagian samping tiang pancang utama dan selanjut dipasang casing untuk pengecoran *secant pile*. Adanya pemasangan *secant pile* membuat celah antara tiang-tiang pancang tertutupi dan rembesan tidak bisa masuk karena terhalang dinding menerus tiang pancang tersebut. Bentuk *Secant Bored Pile Walls* dapat dilihat pada **Gambar 2.23**



**Gambar 2.23** Bentuk *Secant Bored Pile Walls*  
(Sumber : Godavarthi dkk, 2011)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

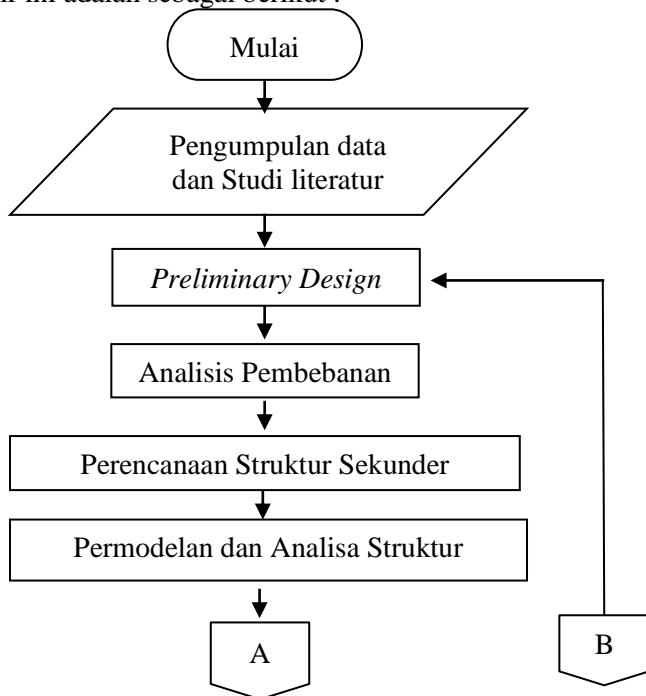
## BAB III METODOLOGI

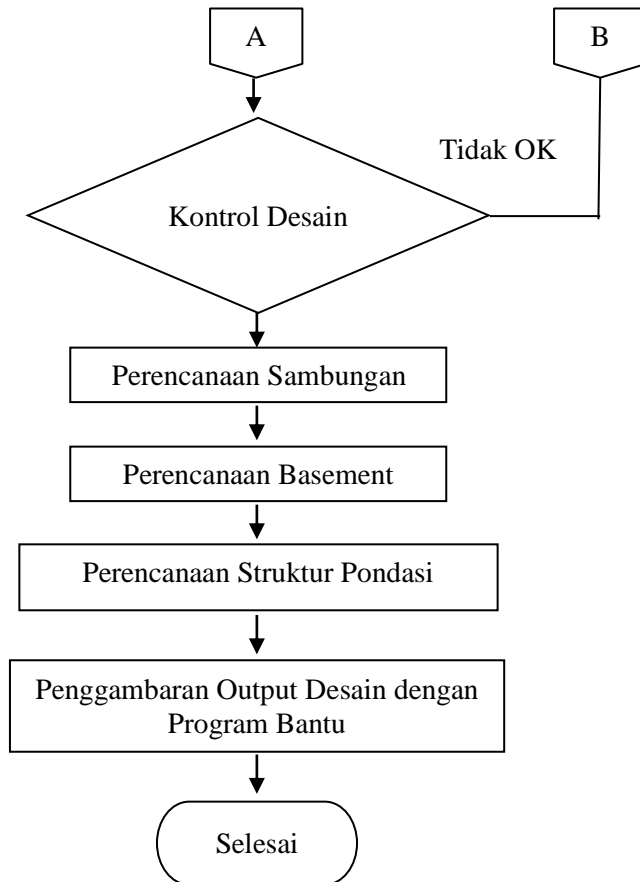
### 3.1 Umum

Perencanaan Gedung Apartemen Grand Dharnahusada Lagoon menggunakan struktur baja dengan sistem *steel plate shear wall* (SPSW) tentunya memiliki susunan langkah-langkah pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang dilakukan. Urutan-urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data dan studi literature sampai penyajian analisis struktur dan gambar teknik.

### 3.2 Bagan Alir Perencanaan

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





**Gambar 3.1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.3 Studi Literatur

Literatur yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini bersumber dari beberapa buku, jurnal, dan peraturan. Literatur-literatur yang digunakan dicantumkan pada daftar pustaka.

### 3.4 Pengumpulan Data

#### 3.4.1 Data Bangunan Sebelum Modifikasi

Nama Gedung = Grand Dhamahusada

	Lagoon	
Fungsi	= Apartemen	
Lokasi	= Surabaya	
Struktur utama	= Beton Bertulang	
Jumlah Lantai	= 42 Lantai	
Mutu Beton	= 30 MPa	
Mutu Baja	= Ulir = 420 MPa	
	Polos = 240 MPa	

Data Gambar

Data gambar berupa gambar struktur gedung

Data tanah

Data tanah berupa grafik SPT

### 3.4.2 Data Bangunan Setelah Modifikasi

Struktur yang akan direncanakan adalah struktur bangunan baja dengan sistem *steel plate shear wall* (SPSW) yang akan dianalisis gaya dalamnya menggunakan program bantu analisis struktur. Berikut data spesifikasi struktur yang direncanakan :

Nama Gedung	= Grand Dharmahusada Lagoon
Lokasi Rencana	= Surabaya
Fungsi	= Apartemen
Struktur Utama	= Baja
Sistem Struktur	= Dinding Geser Plat Baja (Steel Plate Shear Wall)
Jumlah Lantai	= 20 dengan 1 basement
Rencana Pondasi	= Tiang Pancang
Data Material	
Profil Kolom	= Concrete Filled Tube (CFT) BJ 41 $F_y = 250$ MPa; $F_u = 410$ MPa; $F'_c = 30$ MPa
Profil Balok	= Profil IWF BJ 41 $F_y = 250$ MPa;

	$F_u = 410 \text{ MPa}$
Profil Pelat Baja	= Pelat Baja BJ 41
Data Tanah	= Data tanah yang digunakan berdasarkan nilai SPT, dipakai untuk merencanakan pondasi.

### 3.5 Preliminary Design

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

### 3.6 Analisis Pembebanan

Dalam melakukan perencanaan struktur bangunan harus memperhatikan beban-beban yang akan terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga diperlukannya suatu pendekatan dengan asumsi yang mendekati keadaan yang sesungguhnya.

#### 3.6.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1 yang dimaksud beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat keran. Serta berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.2, dalam menentukan beban mati untuk perancangan harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang. Untuk detail pembebanan beban mati akan digunakan peraturan PPIUG 1983 yang dapat dilihat pada **Tabel 3.1** dibawah ini.

**Tabel 3.1** Berat Sendiri Bangunan dan Komponen Gedung

Nama bahan bangunan dan komponen gedung	Berat sendiri
Baja	$7850 \text{ kg/m}^3$
Beton	$2200 \text{ kg/m}^3$



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

(Sumber : PPIUG 1983)

### 3.6.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.1 yang dimaksud beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Serta berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.3.1, beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam Tabel 4-1 SNI 1727:2013. Beban Hidup yang akan digunakan dapat dilihat pada **Tabel 3.2** dibawah ini.

**Tabel 3.2** Beban Hidup Pada Lantai Bangunan Gedung

No	Keterangan	Merata psf(kN/m <sup>2</sup> )
	<b>Apartemen (lihat rumah tinggal)</b>	
a.	Lantai koridor	100(4,79)
b.	Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	40(1,92)
c.	Atap datar, terhubung, lengkung	20(0,96)

(Sumber : SNI 1727:2013)

### 3.6.3 Beban Angin

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

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

Dimana

- q = qz untuk dinding disisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah
- q = qh untuk dinding disisi angin pergi, dinding samping, dan atap diukur pada ketinggian h
- q = qh untuk dinding disisi angin datang, dinding samping, dinding disisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negative pada bangunan gedung tertutup sebagian
- qi = qz untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 26.10.3. Untuk

menghitung tekanan internal positif,  $q_i$ , secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i=q_h$ ).

$G$  = faktor efek-tiupan angin, lihat SNI 1727:2013 Pasal 26.9.

$C_p$  = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.43.

$(GC_{pi})$  = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.43.

### 3.6.4 Beban Gempa

Beban gempa rencana ditetapkan berdasarkan respons spektrum pada SNI 1726:2019 dimana langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

#### 3.6.4.1 Menentukan Kelas Situs

SNI 1726:2019 pasal 5.3 mengatur tata cara untuk menentukan klasifikasi situs. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan menentukan nilai  $N$  berdasarkan data hasil SPT. Adapun definisi parameter kelas situs yang menggunakan data SPT dapat dilihat pada SNI 1726:2019 pasal 5.4.2. Klasifikasi situs yang akan digunakan dapat dilihat pada **Tabel 3.3** dibawah ini

**Tabel 3.3** Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
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, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H$ )		
	- $>7,5$ m dengan Indeks Plasitisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa		

(Sumber : Tabel 5 SNI 1726:2019)

### 3.6.4.2 Menentukan Kategori Risiko Struktur Bangunan (SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2)

Untuk menentukan ketegori risiko struktur bangunan dapat digunakan **Tabel 3.4** dibawah ini

**Tabel 3.4** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemafaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>-Fasilitas sementara</li> <li>-Gudang penyimpanan</li> <li>-Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ Rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ Mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Bioskop</li> <li>-Gedung pertemuan</li> <li>-Stadion</li> <li>-Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>-Fasilitas penitipan anak</li> <li>-Penjara</li> <li>-Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk</p>	III

<b>Jenis Pemafaatan</b>	<b>Kategori Resiko</b>
<p>kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>-Fasilitas penanganan air</li> <li>-Fasilitas penanganan limbah</li> <li>-Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> </ul>	IV

Jenis Pemafaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	

(Sumber : Tabel 3 SNI 1726:2019)

### 3.6.4.3 Menentukan Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2)

Untuk menentukan faktor keutamaan gempa pada struktur bangunan dapat digunakan **Tabel 3.5** dibawah ini

**Tabel 3.5** Faktor Keutamaan Gempa

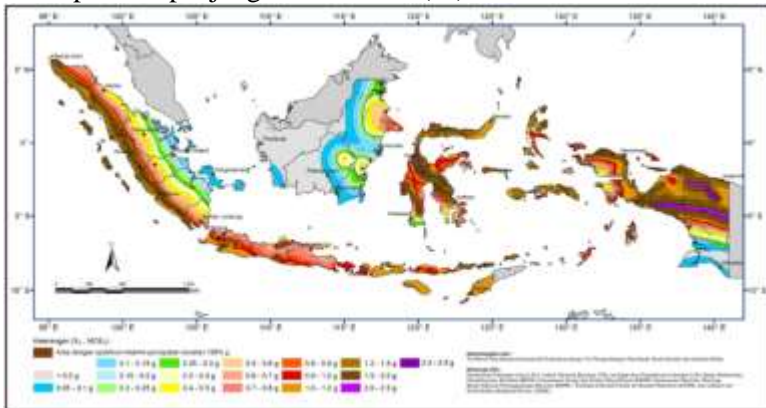
Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : Tabel 4 SNI 1726:2019)

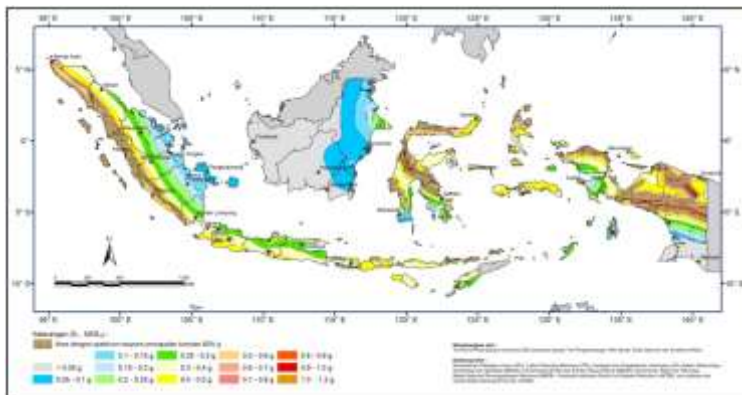
### 3.6.4.4 Penentuan Wilayah

Penentuan wilayah dalam Proposal Tugas Akhir ini adalah menyesuaikan letak Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon yaitu di Kota Surabaya. Pada **Gambar 3.2** dapat dilihat letak kota Surabaya yang selanjutnya didapatkan

nilai parameter percepatan respon spectral  $MCER$  terpetakan untuk perioda pendek  $T= 0,2$  detik ( $S_s$ ) dan pada **Gambar 3.3** nilai parameter percepatan respon spectral  $MCER$  terpetakan untuk perioda panjang  $T= 1.0$  detik ( $S_1$ )



**Gambar 3.2** Koefisien Risiko Terpetakan, Perioda Respon Spektral 0,2 Detik  
(Sumber : SNI 1726:2019)



**Gambar 3.3** Koefisien Risiko Terpetakan, Perioda Respon Spektral 1 Detik  
(Sumber : SNI 1726:2019)



Berdasarkan gambar 3.2 dan gambar 3.3 untuk Kota Surabaya didapatkan nilai sebagai berikut :

$S_s = 0,7-0,8$  g, diambil nilai  $S_s = 0,8$

$S_1 = 0,3-0,4$  g, diambil nilai  $S_1 = 0,4$

### 3.6.4.5 Menentukan Koefisien Situs (SNI 1726:2019 Pasal 6.2)

Untuk menentukan koefisien situs ( $F_a$ ) pada struktur bangunan dapat digunakan **Tabel 3.6** dibawah ini

**Tabel 3.6** Koefisien Situs  $F_a$

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS <sup>a</sup>					

(Sumber : Tabel 6 SNI 1726:2019)

Untuk menentukan koefisien situs ( $F_v$ ) pada struktur bangunan dapat digunakan **Tabel 3.6** dibawah ini

**Tabel 3.7** Koefisien Situs  $F_v$

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang dipertibangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang dipertibangkan risiko-tertarget (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode 1 detik, S <sub>1</sub>					
	S <sub>I</sub> ≤ 0,1	S <sub>I</sub> = 0,2	S <sub>I</sub> = 0,3	S <sub>I</sub> = 0,4	S <sub>I</sub> = 0,5	S <sub>I</sub> ≥ 0,6
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS <sup>a</sup>					

(Sumber : Tabel 7 SNI 1726:2019)

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, telah diketahui nilai S<sub>s</sub> (0,8) dan S<sub>1</sub> (0,4). Sehingga dapat dilakukan penentuan Fad an Fv sesuai dengan **Tabel 3.6** dan **Tabel 3.7**. Jika nilai tidak terdapat pada tabel, dilakukan perhitungan linier terhadap nilai yang ada. Sehingga didapat nilai :

Fa = interpolasi antara 1,2 – 1,1

Didapat nilai Fa = 1,26

Fv = 1,9

#### 3.6.4.6 Menghitung S<sub>MS</sub> dan S<sub>M1</sub> (SNI 1726:2019 Pasal 6.2)

S<sub>MS</sub> dan S<sub>M1</sub> yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3.2)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.3)$$

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, telah diketahui nilai Fa (1,26) dan Fv (1,9) sehingga didapat nilai :

$$S_{MS} = 1,26 \times 0,8 = 1,008$$

$$S_{M1} = 1,9 \times 0,4 = 0,76$$

#### 3.6.4.7 Menghitung Parameter Percepatan Desain (S<sub>DS</sub>, S<sub>D1</sub>) (SNI 1726:2019 Pasal 6.3)

Parameter percepatan desain untuk periode pendek (S<sub>DS</sub>) dan pada periode 1 detik (S<sub>D1</sub>) harus ditetapkan sebagai berikut :

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

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

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, telah diketahui nilai  $S_{MS}$  (1,008) dan  $S_{M1}$  (0,76) sehingga didapat nilai :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 1,008 = 0,672$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0,76 = 0,506$$

### 3.6.4.8 Menentukan Kategori Desain Seismik (SNI 1726:2019 Pasal 6.5)

Untuk menentukan kategori desain seismik  $S_{DS}$  pada struktur bangunan dapat digunakan **Tabel 3.8** dibawah ini

**Tabel 3.8** Kategori Resiko  $S_{DS}$

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

(Sumber : Tabel 8 SNI 1726:2019)

Untuk menentukan kategori desain seismik  $S_{D1}$  pada struktur bangunan dapat digunakan **Tabel 3.9** dibawah ini

**Tabel 3.9** Kategori Resiko  $S_{D1}$

Nilai $S_{D1}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber : Tabel 9 SNI 1726:2019)

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, telah diketahui nilai  $S_{DS}$  (0,672) dan  $S_{D1}$  (0,64). Dilakukan klasifikasi berdasarkan tabel 3.8 dan tabel 3.9 sehingga didapat klasifikasi :

$$S_{DS} = 0,672 \quad (\text{nilai } 0,50 \leq S_{DS})$$

$$S_{D1} = 0,64 \quad (\text{nilai } 0,20 \leq S_{D1})$$

Maka kategori desain seismiknya adalah **D**

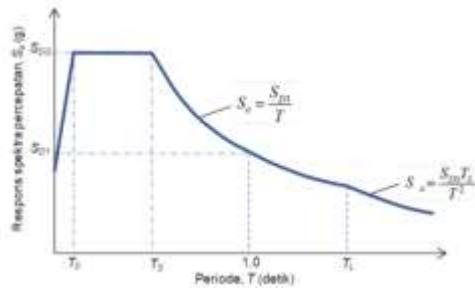
### 3.6.4.9 Faktor Koefisien Modifikasi Respon (R), Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) dan Faktor Kuat Lebih Sistem ( $\Omega_0$ ) Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2)

**Tabel 3.10** Faktor R,  $C_d$ , dan  $\Omega$  Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	R	$\Omega_0$	$C_d$	B	C	D	E	F
Dinding Geser Pelat Baja dan Beton Komposit	$7^{1/2}$	2,5	6	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding Geser Baja dan Beton Komposit Khusus	7	2,5	6	TB	TB	TB	TB	TB

### 3.6.4.10 Analisis Model Respon Spektrum

Analisis modal respons spektrum dilakukan menggambar grafik respons spektrum rencana ke dalam program analisis struktur. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respons spektrum dapat dilihat pada **Gambar 3.4**



**Gambar 3.4** Grafik Respon Spektrum  
(Sumber : SNI 1726:2019)

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

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

Pada periode  $T_0 < T < T_s$ , respons spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \quad (3.7)$$

Pada periode  $T > T_s$ , respons spektra percepatan :

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

Pada periode  $T > T_L$ , respons spektra percepatan :

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (3.9)$$

Dengan

$$T_0 = \frac{0,2 S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.10)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.11)$$

### 3.6.4.11 Analisis Statik Ekuivalen

- Menentukan periode fundamental pendekatan,  $T_a$   
(SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2.1)

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.12)$$

Dimana

$C_t$  dan  $x$  = koefisien parameter waktu getar perkiraan dapat dilihat pada **Tabel 3.11**

$H_n$  = tinggi struktur

**Tabel 3.11** Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

<b>Tipe Struktur</b>	<b><math>C_t</math></b>	<b><math>x</math></b>
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
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber : Tabel 18 SNI 1726:2019)

➤ Menentukan batas periode struktur

$$T_a \leq T \leq C_u T_a \quad (3.13)$$

Dimana

$T_a$  = periode fundamental perkiraan

$C_u$  = koefisien untuk batas periode hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 3.12**)

**Tabel 3.12** Koefisien Untuk Batas Atas Periode yang Dihitung

<b>Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1s, <math>S_{DI}</math></b>	<b>Koefisien <math>C_u</math></b>
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4

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

(Sumber : Tabel 14 SNI 1726:2019)

- Menghitung koefisien respon seismic

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.14)$$

Nilai  $C_s$  yang dihitung pada pers 3.14 tidak boleh melebihi berikut ini :

Untuk  $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.15)$$

Untuk  $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.16)$$

$C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.17)$$

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

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.18)$$

- Menghitung gaya dasar seismic

$$V = C_s W \quad (3.19)$$

Dimana

$C_s$  = koefisien respon seismik

$W$  = berat seismic efektif menurut SNI  
1726:2019 Pasal 7.7.2

Sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 gaya gempa lateral yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.20)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.21)$$

Dimana

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

$V$  = gaya lateral desain total

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

$h_i$  dan  $h_x$  = perioda struktur dasar (detik)

$R$  = tinggi dari dasar sampai tingkat I  
atau x

$k$  = eksponen yang terkait dengan  
perioda struktur

Sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.8.4 geser tingkat desain seismic di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.22)$$

### 3.6.4.12 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1726-2019 Pasal 4.2.2 dengan kombinasi sebagai berikut :

a. 1,4D



- b.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- c.  $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- e.  $0,9D + 1,0W$
- f.  $0,9D + 1,0E_v + 1,0E_H + L$
- g.  $0,9D - 1,0E_v + 1,0E_H$

### 3.7 Beban Tanah

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.2.1, dalam perancangan struktur di bawah tanah, harus diperhatikan tekanan lateral tanah di sampingnya. Bila tidak ada beban tanah dalam laporan penyelidikan tanah yang disetujui oleh pihak yang berwenang, beban tanah yang diberikan dalam Tabel 3-1 SNI 1727:2013 harus dipakai sebagai beban lateral minimum.

Besarnya tegangan tanah horizontal secara umum adalah sebagai berikut:

- Tegangan tanah horizontal aktif

$$\sigma' = \gamma' h K_a - 2c' \sqrt{K_a} \quad (3.23)$$

$$K_a = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\theta}{2} \right) \quad (3.24)$$

- Tegangan tanah horizontal pasif

$$\sigma' = \gamma' h K_p + 2c' \sqrt{K_p} \quad (3.25)$$

$$K_p = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2} \right) \quad (3.26)$$

### 3.8 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 3.8.1 Perencanaan Tangga

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.27)$$

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.28)$$

#### 3.8.2 Perencanaan Pelat Lantai

Direncanakan menggunakan pelat bondek sehingga pelat lantai di desain menjadi pelat satu arah.

### **3.8.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift**

Direncanakan dan dikontrol sesuai SNI 1729:2015 dan sesuai dengan pers. 3.25 dan 3.26.

### **3.8.4 Perencanaan Balok Anak**

Direncanakan dan dikontrol sesuai SNI 1729:2015 dan sesuai dengan pers. 3.25 dan 3.26

### **3.9 Permodelan Struktur**

Melakukan permodelan struktur menggunakan program analisis struktur dengan struktur ruang 3 dimensi.

### **3.10 Kontrol Perencanaan Struktur Utama Baja**

Perencanaan struktur primer dilakukan bersamaan dengan melakukan kontrol desain dari hasil permodelan dan analisis struktur. Desain elemen struktur primer dikontrol agar dapat memikul gaya-gaya yang terjadi. Kontrol perencanaan elemen struktur utama meliputi

#### **3.10.1 Kontrol Desain**

Adapun kontrol desain yang dilakukan berupa:

##### **1. Kontrol Partisipasi Massa**

Dilakukan analisis sebagai penentuan mode alami dari getaran untuk struktur yang dianalisis. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk *single rigid body* ragam dengan perioda 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan perioda di bawah 0,05 detik. Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual (SNI 1726:2019 pasal 7.9.1).

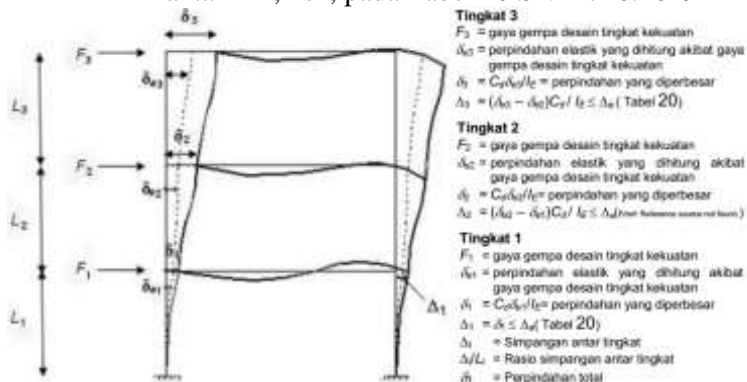
##### **2. Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum**

Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) sama dengan 100 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral

ekivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $V/V_t$  (SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4).

### 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  $x$ ,  $\delta_x$ , dapat dihitung dengan Persamaan (3.10) (SNI 1726:2019 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,  $hs_x$ , pada Tabel 20 SNI 1726:2019



**Gambar 3.5** Simpangan Antar Lantai

(Sumber : SNI 1726:2019)

#### 3.10.2 Balok (Horizontal Boundary Element)

Ketebalan minimal badan HBE. Kriteria ini dianjurkan untuk diterapkan sebagai berikut (AISC Steel Design Guide 20 3-56):

$$t_{wHBE} \geq \frac{t_w R_y F_y}{F_{yHBE}} \quad (3.30)$$

Dimana :

$R_y F_y$  = tegangan leleh yang diharapkan dari bahan

badan plat.

$t_w$  = ketebalan badan HBE.

Dianjurkan juga bahwa HBE harus memiliki momen inersia minimal sebagai berikut (AISC Steel Guide 20):

$$I_{HBE} \geq \frac{0,003(\Delta t_w)L^4}{h} \quad (3.31)$$

Balok (HBE) yang menerima beban lentur  $M_u$  dipilih dari yang terbesar dan harus dikontrol agar tidak melebihi dari kekuatan nominal yang dimiliki balok itu sendiri.

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

Dimana

$M_n$  = Momen nominal balok

$M_u$  = Momen ultimate yang terjadi

berdasarkan analisis struktur atau manual

$\phi$  = faktor reduksi = 0,9 (DFBK)

$$M_u = \frac{w_u L_h^2}{8} + P_u^* \left( \frac{L}{3} - \frac{d_c}{2} - \frac{d_b}{2} \right) \quad (3.33)$$

Dimana :

$P_u^*$  = Gaya balok sekunder

$L_h$  = Jarak antara terjadinya sendi plastis pada balok atau sama dengan

$$L_h = L - 2S_h \quad (3.34)$$

$$S_h = \frac{1}{2}(d_c + d_b) \quad (3.35)$$

$$w_u = R_y F_y (t_i - t_{i+1}) \cos^2 \alpha \quad (3.36)$$

Dimana

$d_c$  &  $d_b$  = Bentang balok/kolom

$R_y$  = Rasio tegangan leleh yang ditentukan oleh tegangan leleh minimum plat

baja (AISC 2005a).

Untuk mengetahui gaya aksial pada balok dapat di hitung menggunakan rumus (AISC Steel Design Guide 20) :

$$P_u = P_{HBE} = P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(web)} \quad (3.37)$$

$$P_{HBE(VBE)} = \sum \frac{1}{2} R_y F_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \quad (3.38)$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} R_y F_y \left[ t_i \sin(2\alpha_i) - t_{i+1} \sin(2\alpha_{i+1}) \right] L_{cf} \quad (3.39)$$

Dimana :

hc = Jarak bersih antara sayap HBE atas dan bawah badan pelat

### 1) Kontrol Penampang

Untuk sayap (*flange*)

➤ Penampang kompak ( $\lambda \leq \lambda_p$ )

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.40)$$

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

$$\lambda_r = 1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.41)$$

Untuk badan (*web*)

➤ Penampang kompak ( $\lambda \leq \lambda_p$ )

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.42)$$

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

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.43)$$

Dimana

- bf = lebar sayap  
 tf = tebal sayap  
 h = tinggi profil  
 tw = tebal pelat badan  
 fy = kuat leleh profil baja

## 2) 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 1729:2015.

- a) Penampang kompak

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.44)$$

Penampang non kompak

$$M_n = M_p - \left( M_p - 0,7 F_y S_x \right) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad (3.45)$$

- b) Penampang langsing

$$M_n = \frac{0,9 E K_c - S_x}{\lambda^2} \quad (3.46)$$

## 3) 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 1729:2015

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

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.47)$$

b) Bentang menengah :  $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left( M_p - 0,7F_y S_x \right) \left( \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \leq M_p \quad (3.48)$$

c) Bentang panjang

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.49)$$

#### 4) Kekuatan Lentur Balok Komposit Dengan Penghubung Geser

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

a) Kuat Lentur Positif

Sesuai SNI 1729:2015 pasal I2-a, kekuatan lentur positif desain  $\phi M_n$  dan kekuatan lentur positif diizinkan  $M_n / \Omega$  , harus ditentukan untuk kondisi batas leleh sebagai persamaan (3.50) berikut:

$$\phi b = 0,9$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.50)$$

$M_n$  harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit untuk kondisi batas leleh ( Momen Plastis ) sesuai persamaan (3.51)

$$\text{Untuk } \frac{h}{t_w} \geq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.51)$$

$M_n$  harus ditentukan dari superposisi tegangan elastis dengan memperhitungkan efek penopangan untuk kondisi batas leleh (momen leleh).

b) 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  $\phi_b = 0,9$ .

**5) 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  $f'c$ .

**6) Kuat Geser Rencana**

Pelat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser ultimate ( $V_u$ ) diambil dari yang terbesar dan harus dikontrol agar tidak melebihi dari kekuatan nominal yang dimiliki sesuai :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.52)$$

Dimana

$\phi$  = Faktor Tahanan = 0,9

$V_n$  = Tahanan geser nominal pelat badan

$V_u$  = Gaya geser ultimate berdasarkan analisis struktur atau manual

Gaya geser ultimate pada balok dapat dihitung sebagai berikut (AISC Steel Design Guide 20 3-43 & 3-40):

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + \frac{P_u}{2} + \frac{w_g + w_u}{2} L_{cf} \quad (3.53)$$

$$M_{pr} = 1,1R_y F_y Z_x \quad (3.54)$$

Dimana :

$w_g$  = beban grafitasi yang terdistribusikan pada balok

$M_{pr}$  = kekuatan lentur di sendi plastis



Kekuatan geser nominal dari pelat badan yang tak diperkaku menurut keadaan batas dan pelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \quad (3.55)$$

Dengan ketentuan nilai  $C_v$  diambil sebagai berikut :

a) Bila  $\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Maka,  $C_v = 1,0$

b) Bila  $1,10 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} < 1,37 \sqrt{K_v \frac{E}{F_y}}$

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{K_v \frac{E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.56)$$

c) Bila  $\frac{h}{t_w} < 1,37 \sqrt{K_v \frac{E}{F_y}}$

$$C_v = \frac{1,5 K_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_y} \quad (3.57)$$

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

$$\frac{h}{t_w} < 260 \quad (3.58)$$

Maka nilai  $k_v = 5,0$

Dimana

$A_w$  = luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

$h$  = jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut

$t_w$  = ketebalan badan

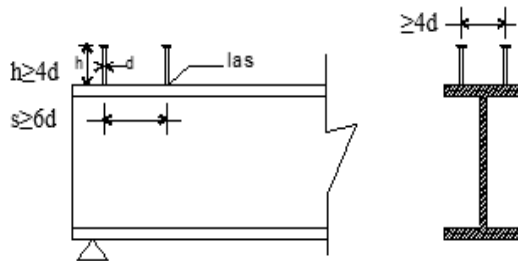
Sedangkan untuk balok komposit, yaitu balok yang terdiri dari profil baja dan beton digabung bersama untuk memikul beban lentur, memiliki prinsip dasar perhitungan antara lain :

- 1) 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
- 2) 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
- 3) Distribusi tegangan elastis → distribusi linear
  - Tegangan maximum tekan pada beton =  $0,85 f_c'$
  - Tegangan maximum pada baja =  $f_y$  → tekan atau Tarik

## 7) Kuat Geser Rencana

- a) Kekuatan *shear connector* stud (paku)

$$Q_n = 0,5A_{sc} \left( \sqrt{f_c' E_c} \right) r_s \leq A_{sc} F_u \quad (3.59)$$



**Gambar 3.6** Potongan Balok dengan Penghubung Geser Stud  
(Sumber: Rivai, 2018)

Dimana:

$r_s = 1,00$  untuk pelat beton biasa

$r_s \leq 1,00$  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

$$Q_n = 0,3(t_f + 0,5t_w)L_c(\sqrt{f_c E_c}) \quad (3.60)$$

c) Jumlah *shear connector* yang dibutuhkan di sepanjang daerah tertentu

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \quad (3.61)$$

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

➤ Pada daerah momen positif

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

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

➤ Pada daerah momen negative

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

- 1)  $A_r \cdot f_{yr}$
- 2)  $\Sigma Q_n$

Dimana:

$A_r$  = tulangan tarik pada pelat beton

$f_{yr}$  = tegangan leleh tulangan

### 3.10.3 Kolom (Vertical Boundary Element)

Kolom komposit CFT menerima beban kombinasi normal dan lentur.

- a) Kriteria untuk kolom komposit bagi struktur tekan  
Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 1\% \quad (3.62)$$

kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{\frac{F_y}{3E}} \quad (3.63)$$

- b) Gaya aksial pada kolom berdasarkan AISC Steel Design Guide 20 3-60 adalah

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y F_y \sin(2\alpha) t_w h + \sum (V_u) \quad (3.64)$$

Suku pertama dalam persamaan di atas, merupakan efek dari gaya aksial akibat badan plat. Suku kedua adalah jumlah gaya geser yang disebabkan oleh gempa bumi di semua balok di atas kolom yang ditinjau.

- c) Kuat nominal tekan kolom komposit CFT

Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sebagai berikut :

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

$$\frac{b}{t_f} \leq \lambda \quad (3.65)$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.66)$$

$$\lambda_r = 3 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.67)$$

$$\lambda_{\max} = 5 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.68)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

➤ Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.69)$$

Dengan

$$P_p = F_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.70)$$

➤ Untuk penampang non kompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.71)$$

Dengan

$$P_y = F_y A_s + 0,7 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.72)$$

➤ Untuk penampang langsing

$$P_{no} = F_{cr}A_s + 0,7f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.73)$$

Penampang persegi diisi beton

$$F_{cr} = \frac{9E_s}{\left( \frac{b}{t} \right)^2} \quad (3.74)$$

d) Amplifikasi Momen

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

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.75)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.76)$$

Dimana

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

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

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

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

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

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

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

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

➤ Pengali  $B_1$  untuk efek P- $\delta$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.77)$$

Dimana

$\alpha$  = 1 (DFBK)

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

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.78)$$

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

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

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.79)$$

Dimana

$EI$  = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ( $0,8\tau bEI$ ) bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan  $\tau b$  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,  $\text{mm}^4$   
 $L$  = Panjang komponen struktur, mm  
 $K_1$  = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur.

➤ Pengali  $B_2$  untuk efek  $P-\delta$

$$B_1 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{estory}}\right)} \quad (3.80)$$

Dimana

$\alpha$  = 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.

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

$$P_{estory} = R_M \frac{HL}{\Delta H} \quad (3.81)$$

Dengan

$$R_M = 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) \quad (3.82)$$

Dimana

$L$  = Tinggi tingkat, mm

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

$\Delta H$  = Simpangan tingkat dalam orde pertama



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

➤ Momen Nominal

Kolom yang menerima beban lentur  $M_u$  dipilih dari yang terbesar dan harus dikontrol agar tidak melebihi dari kekuatan nominal yang dimiliki balok itu sendiri.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.83)$$

Dimana

$M_u$  = momen lentur ultimate berdasarkan analisis struktur dan manual

$\phi$  = faktor tahanan = 0,9

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

$$M_u = M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \quad (3.84)$$

$$M_{VBE(web)} = \frac{R_y F_y \sin^2(\alpha) t_w h_c^2}{12} \quad (3.85)$$

$$M_{VBE(HBE)} \leq \frac{1}{2} \sum M_{pb} \quad (3.86)$$

Dimana

$M_{VBE(web)}$  = Momen lentur pada kolom yang terjadi akibat tegangan tarik pada pelat badan

$M_{VBE(HBE)}$  = Momen lentur berdasarkan sendi plastis pada balok (AISC Steel Guide 3-66)

$M_{pb}$  dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$M_{pb} = \frac{M_{pr}}{(1,1R_y)} + (V_u S_h) \quad (3.87)$$

Dimana

$V_u$  = gaya geser total dapat dihitung berdasarkan (AISC Steel Guide 20 3-64)

$$V_u = V_{VBE(web)} + V_{VBE(HBE)} \quad (3.88)$$

$$V_{VBE(web)} = \frac{1}{2} R_y F_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \quad (3.89)$$

$$V_{VBE(HBE)} = \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right) \quad (3.90)$$

$$M_{pc} = \frac{1}{2} \sum M_{pb} + M_u \quad (3.91)$$

Dimana

$V_{VBE(web)}$  = Gaya geser pada kolom yang terjadi akibat tegangan tarik pada pelat badan (AISC Steel Guide 3-62)

$V_{VBE(HBE)}$  = Gaya geser berdasarkan sendi plastis pada balok (AISC Steel Guide 3-63)

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

$$\frac{b}{t_f} \leq \lambda \quad (3.92)$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.93)$$

$$\lambda_p = 3 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.94)$$

$$\lambda_{\max} = 5 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.95)$$

$$\frac{h}{t_f} \leq \lambda \quad (3.96)$$

$$\lambda_p = 3 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.97)$$

$$\lambda_p = 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.98)$$

$$\lambda_{\max} = 5,7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.99)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi (SNI 1729:2015 F7)

➤ Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.100)$$

➤ Untuk penampang non kompak

$$M_n = M_p - (M_p - F_y S_x) \left( 3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4,0 \right) \leq M_p \quad (3.101)$$

➤ Untuk penampang dengan sayap langsing

$$= M_n = F_y S_e \quad (3.102)$$

Dimana

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

$$b_e = 1,92t_f \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left( 1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right) \leq b \quad (3.103)$$

- e) Kontrol kombinasi aksial dan lentur  
Perhitungan interaksi kekuatan aksial dan lentur diperhitungkan berdasarkan SNI 1729-2015 pasal I2 atau pasal H1.1

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

$$= \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.104)$$

➤ Bila  $\frac{Pr}{P_c} < 0,2$ , maka

$$= \frac{P_r}{2P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.105)$$

Dimana

$P_r$  =kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

$M_r$  =kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

$\phi_c$  =faktor ketahanan untuk tekan = 0,9

$\phi_b$  =faktor ketahanan untuk lentur = 0,9

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

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

### 3.10.4 Dinding Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)

Untuk menghitung syarat kelangsingan pada badan dan syarat panel dinding dapat digunakan rumus : (AISC Steel Guide 20 2-13)

$$\frac{\min(L, h)}{t_w} \leq 25 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.106)$$

$$0,8 < \frac{L}{h} < 2,5 \quad (3.107)$$

Ketebalan pelat pada luas penampang di setiap rangka per lantai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (AISC Steel Design Guide 20 3-21) :

$$t_{wi} \geq \frac{V_u}{\phi 0,42 F_y L_{cf} \sin(2\alpha)} \quad (3.108)$$

Dimana :

$V_u$  =Kuat geser ultimate

$L$  =Panjang Bersih pada pelat badan antara sayap VBE

$\alpha$  =Sudut tegangan tarik pada pelat badan

Sudut kemiringan batang vertikal dengan bidang pelat yang mengalami tarik ( $\alpha$ ) biasanya antara  $30^0$  -  $55^0$ , dihitung dengan menggunakan persamaan : (AISC Steel Design Guide 20 3-1)

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t.L}{2.A_c}}{1 + t.h.\left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360.I_c.L}\right)}} \quad (3.109)$$

Dimana

$h$  =Jarak titik tengah antara Horizontal Boundary Element

$A_b$  =luas Horizontal Boundary Element

$A_c$  =luas Vertikal Boundary Element

$I_c$  =momen inersia Vertikal Boundary Element

$L$  =Jarak titik tengah antara Vertikal Boundary Element

$t_w$  =Tebal pelat badan

Namun, kekuatan dinding geser plat baja dapat dicapai dengan baik ketika rangka yang mendukungnya kuat dan kaku

dalam mengikat gaya tarik diagonal dari dinding geser pelat baja. Untuk batang vertikal harus memenuhi persamaan : (AISC Steel Design Guide 20 2-9)

$$0,70h \left( \frac{t_w}{2LI_c} \right)^{0,25} \leq 2,5 \quad (3.110)$$

Dimana  $I_c$  harus memenuhi persamaan (AISC Steel Design Guide 3-22) :

$$I_c \geq \frac{0,00307 t_w h^4}{L} \quad (3.111)$$

### 3.11 Sambungan

Perencanaan sambungan dengan memperhatikan jenis alat sambung yang digunakan dan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku yang timbul nantinya tidak menimbulkan pengaruh-pengaruh yang buruk bagi bagian struktur yang lain.

#### 3.11.1 Baut

Perencanaan sambungan baut pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1729:2015 pasal J.3 secara lengkap.

- a) Kekuatan baut
  - Kekuatan tarik dan geser dari baut dan bagian-bagian berulir

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.112)$$

$$R_n = F_n A_b \quad (3.113)$$

Dimana

$\phi = 0,75$  (DFBK)

$F_n$  = tegangan tarik nominal atau tegangan geser

SNI 1729:2015 Tabel J3.2

$A_b$  = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau

bagian berulir

- Kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \quad (3.114)$$

$$F'_{nt} = 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt} \quad (3.115)$$

Dimana

$F_{nt}$  =tegangan tarik nominal SNI 1729:2015 Tabel J3.2

$F_{nv}$  =tegangan tarik SNI 1729:2015 Tabel J3.2

$F_{rv}$  =tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi DFBK

➤ Baut kekuatan tinggi dalam sambungan kritis slip

$$R_n = \mu D_u h_f T_b n_s \quad (3.116)$$

- Untuk lubang ukuran standard an lubang slot pendek yang tegak lurus terhadap arah dari beban,  $\emptyset = 1,0$
- Untuk lubang ukuran berlebih dan lubang slot pendek yang parallel terhadap arah dari beban,  $\emptyset = 0,85$
- Untuk lubang slot panjang,  $\emptyset = 0,70$

Dimana

$\mu$  = koefisien slip rata-rata untuk permukaan kelas A atau B yang sesuai atau seperti yang ditetapkan oleh pengujian

$D_u$  = 1,13; suatu pengali yang mencerminkan rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik baut minimum yang diisyaratkan. Penggunaan dari nilai-nilai lainnya dapat disetujui oleh insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana

$T_b$  =Gaya tarik minimum sarana penyambung yang diberikan Tabel J3.1, kips atau J3.1M, kN.

$h_f$  =faktor pengisi, ditentukan sebagai berikut:

- Bila tidak ada pengisi atau dimana baut telah ditambahkan untuk

mendistribusikan beban pada pengisi,  $h_f = 1$

- Bila baut-baut tidak ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi:
- Untuk satu pengisi antara bagian-bagian tersambung,  $h_f = 1$
- Untuk dua atau lebih pengisi antara bagian-bagian tersambung,  $h_f = 0,85$

ns = jumlah bidang slip yang diperlukan untuk mengizinkan sambungan dengan slip

➤ Kekuatan tumpuan pada lubang-lubang baut

- Bila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah suatu perhitungan desain

$$R_n = 1,2l_c t_p F_u \leq 2,4d_b t_p F_u \quad (3.117)$$

- Bila deformasi di lubang baut pada beban layan adalah bukan suatu perhitungan desain

$$R_n = 1,5l_c t_p F_u \leq 3,0d_b t_p F_u \quad (3.118)$$

Dimana

Fu = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari material yang disambung

db = diameter baut nominal

$l_c$  = jarak bersih, dalam arah dari gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yg berdekatan atau tepi dari material

tp = ketebalan dari material yang disambung

### 3.11.2 Sambungan Las

a) Las tumpul

Area efektif las tumpul harus diperhitungkan sebagai panjang las kali throat efektif. *Throat* efektif dari las tumpul penetrasi-joint-lengkap (P JL) harus mempunyai ketebalan sesuai dengan bagian yang tertipis di join. Persyaratan tebal throat efektif minimum dapat dilihat pada **Tabel 3.13**.



**Tabel 3.13** Throat Efektif dari Las Tumpul Penetrasi Joint Sebagian

Ketebalan Material dari Bagian yang lebih Tipis Disambungan, in. (mm)	Throat Efektif Minimum, <sup>[a]</sup> in. (mm)
Sampai dengan ¼ (6)	1/8 (3)
Besar dari ¼ (6) sampai ½ (13)	3/16 (5)
Besar dari ½ (13) sampai ¾ (19)	¼ (6)
Besar dari ¾ (19) sampai 1 ½ (38)	5/16 (8)
Besar dari 1 ½ (38) sampai 2 ¼ (57)	3/8 (10)
Besar dari 2 ¼ (57) sampai 6 (150)	¼ (13)
Besar dari 6 (150)	5/8 (16)

<sup>[a]</sup>Lihat Tabel J2.1

(Sumber : SNI 1729:2019 Tabel J2.3)

b) Las sudut

Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang  $tw_1$ ,  $tw_2$ , dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang terbentuk dalam penampang melintang las. Persyaratan ukuran minimum las sudut dapat dilihat pada **Tabel 3.14**.

**Tabel 3.14** Ukuran Minimum Las Sudut

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut, <sup>[a]</sup> in. (mm)
Sampai dengan ¼ (6)	1/8 (3)
Lebih besar dari ¼ (6) sampai dengan ½ (13)	3/16 (5)
Lebih besar dari ½ (13) sampai dengan ¾ (19)	¼ (6)
Lebih besar dari ¾ (19)	5/16 (8)

<sup>[a]</sup>Dimensi kaki las sudut. Las pas tunggal harus digunakan.  
Catatan: Lihat Pasal J2.2b untuk ukuran maksimum las sudut.

(Sumber : SNI 1729:2015 Tabel J2.4)

- Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi
  - Ukuran maksimum las sudut dari bagian bagian yang disambung harus :
    - Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm, tidak lebih besar dari ketebalan material.
    - Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm atau lebih; tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 2 mm, kecuali las

yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk memperoleh ketebalan throat-penuh. Untuk kondisilas yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 2 mm bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

- Panjang minimum las sudut  
Panjang minimum dari las sudut yang dirancang berdasarkan kekuatan tidak boleh kurang dari empat kali ukuran las nominal, atau ukuran lain dari las harus diperhitungkan  $\frac{1}{4}$  dari panjangnya
- c) Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J2.4, kekuatan desain,  $\phi R_n$  harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser dan kekuatan logam las yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan berikut ini :

- Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBW} A_{BM} \quad (3.119)$$

- Untuk logam las

$$R_n = F_{nW} A_{we} \quad (3.120)$$

Dimana

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

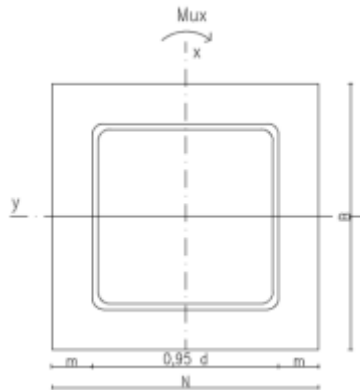
$F_{nW}$  = tegangan nominal dari logam las, ksi (MPa)

$A_{BM}$  = luas penampang logam dasar, in<sup>2</sup>. (mm<sup>2</sup>)

$A_{we}$  = luas efektif las, in<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)

### 3.11.3 Base Plate

Perencanaan base plate digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Berikut adalah perhitungan base plate



**Gambar 3.7** Arah Beban Sumbu X pada Base Plate

$$e = \frac{M_{ux}}{P_u} \quad (3.121)$$

Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \times N} \quad (3.122)$$

Akibat beban  $M_{ux}$

$$f_{pb} = \frac{6M_{ux}}{B \times N^2} \quad (3.123)$$

Tekanan maksimal

$$f_p(\max) = f_{pa} + f_{pb} \quad (3.124)$$

Menentukan  $M_{upl}$

$$m = \frac{(N - 0,95D)}{2} \quad (3.125)$$

$$M_{upl} = \left[ f_p(\max) - 2f_{pb} \frac{m}{n} \right] \times \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2f_{pb} \frac{m}{n} \right) \times \left( \frac{m^2}{3} \right) \quad (3.126)$$

Menentukan tebal base plate

$$t = \sqrt{\frac{4M_{upl}}{\phi F_y}} \quad (3.127)$$

### 3.12 Perencanaan Struktur Bawah

#### 3.12.1 Perencanaan Basement

Dinding pada *basement* harus dirancang agar kokoh dan kuat terhadap tekanan tanah dan air. Dinding pada *basement* akan direncanakan sebagai *retaining wall*. Struktur *basement* direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan persyaratan sebagai berikut :

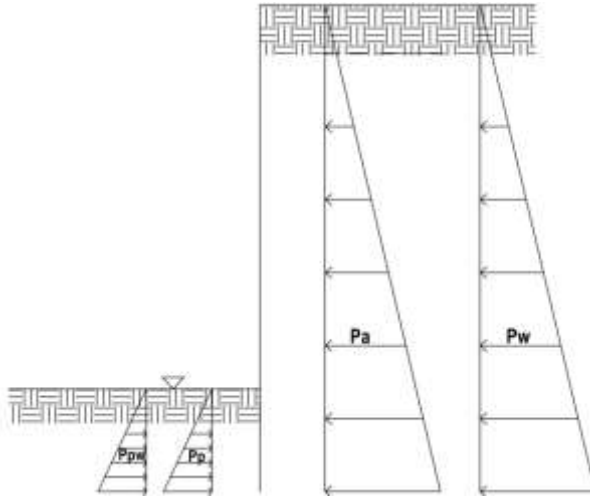
- Penulangan Dinding *Basement*  
Penulangan dinding *basement* dihitung sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013
- Kontrol ketebalan Dinding *Basement*  
Ketebalan dinding *basement* dikontrol sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013
- Penulangan Pelat Lantai *Basement*
- Elevasu air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai *basement* dihitung sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013

#### 3.12.2 Perhitungan Struktur Dinding *Basement*

1. Analisis terhadap stabilitas global  
Berdasarkan metode fellenius untuk kasus ini lingkaran keruntuhan dibagi menjadi beberapa segmen dan lereng tersebut merupakan lereng jangka panjang maka digunakan rumus untuk faktor keamanan yaitu :

$$F_k = \frac{\sum \text{momenpenahan}}{\sum \text{momenguling}} > 1 \quad (3.128)$$

2. Analisis terhadap stabilitas local  
Suatu dinding *basement* mendapatkan gaya tekan aktif dan pasif dari tanah dan air yang dapat dilihat pada **Gambar 3.8** berikut



**Gambar 3.8** Tekanan Aktif Pasif Tanah dan Air

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_a - 2cH \sqrt{K_a} \quad (3.129)$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_p - 2cH \sqrt{K_p} \quad (3.130)$$

$$P_w = \frac{1}{2} \gamma_w h^2 \quad (3.131)$$

$$F_K = \frac{\sum \text{momen penahan}}{\sum \text{momenguling}} > 3 \quad (3.132)$$

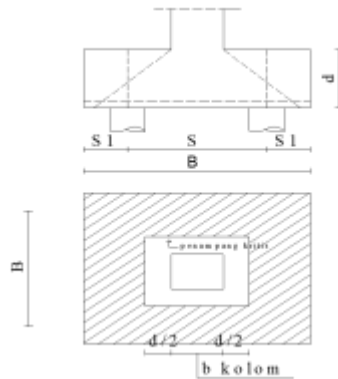
### 3.12.3 Perencanaan Poer

Untuk merencanakan tebal poer yang dapat dilihat pada **Gambar 3.9** harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons, dimana nilai  $V_c$  diambil dari persamaan :

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.133)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.134)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.135)$$



**Gambar 3.9** Penampang Kritis Pada Pondasi  
(Sumber: Permanasari,2018)

Dimana

$\beta$  = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, beban terpusat atau daerah reaksi

$b_0$  = keliling pada penampang kritis pada poer

$\alpha$  = 30, untuk kolom tepi  
40, untuk kolom interior  
20, untuk kolom sudut

Untuk memenuhi syarat akan kebutuhan tebal poer dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_u < \phi V_c \quad (3.136)$$

Dimana

$\phi$  = 0,75

$V_C$  = kuat geser ponds  
 $V_U$  = gaya geser akibat beton

### 3.12.3.1 Perencanaan Penulangan Lentur

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

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} \quad (3.137)$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} \quad (3.138)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{F_y}} \right) \quad (3.139)$$

$$A_s = \rho b d \quad (3.140)$$

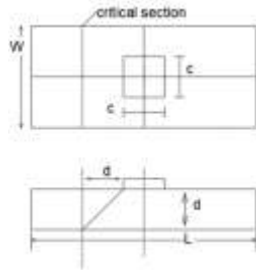
### 3.12.3.2 Kontrol terhadap geser pondasi

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser yang terjadi, dimana  $V_C$  diambil dari persamaan-persamaan berikut:

#### 1) Geser satu arah

- Tentukan beban poer  $q_r = \frac{p}{\text{Luas Poer}}$
- Menentukan luasan tributary akibat geser satu arah
- kontrol d (tebal poer) berdasarkan gaya geser satu arah
- $\sigma_u = \frac{\sum P}{A}$
- $V_u = \sigma_u \times (\text{Luas total poer} - \text{luas ponds})$
- Kontrol perlu kebutuhan tulangan geser :
  - $\emptyset V_C > V_u$  (tidak perlu tulangan geser)
  - $\emptyset V_C < V_u$  (perlu tulangan geser)
 Jika  $\emptyset V_C < V_u$  (perlu tulangan geser), maka dimensi poer dibesarkan

Gambar bidang kritis akibat geser satu arah ditunjukkan pada **Gambar 3.10**



**Gambar 3.10** Bidang Geser Akibat Geser Satu Arah  
(Sumber : Wahyudi, 1999)

2) Geser dua arah pada poer

➤ Kontrol kemampuan beton

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.134)$$

Dimana :

$\beta$  = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, beban terpusat atau daerah reaksi

$b_0$  = keliling pada penampang kritis pada poer

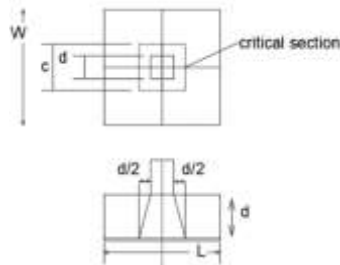
$$b_0 = 4(0,5d + b_{kolom} + 0,5d) \quad (3.135)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.136)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.137)$$

Gambar bidang kritis akibat geser dua arah ditunjukkan pada **Gambar 3.11**





**Gambar 3.11** Bidang Kritis Akibat Geser Dua Arah  
(Sumber : Wahyudi, 1999)

### 3.12.4 Perencanaan Pondasi

#### 3.12.3.1 Gaya yang Bekerja Pada Sebuah Tiang Pancang

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung gaya yang bekerja pada sebuah tiang pancang akibat beban vertical dan momen :

$$P_v = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y X_i}{\sum_{i=2}^n (X_i)^2} \pm \frac{M_x Y_i}{\sum_{i=2}^n (Y_i)^2} \quad (3.138)$$

Dimana :

- $\sum V$  = Jumlah beban vertical (N)
- $n$  = Jumlah tiang
- $M_x$  dan  $M_y$  = Momen-momen yang bekerja pada perletakan (Nmm)
- $X_i$  dan  $Y_i$  = Jarak-jarak dari sumbu tiang ke titik berat susunan kelompok tiang, nilai +/- menunjukkan posisi tiang tertekan atau tertarik akibat adanya momen (mm)

#### 3.12.3.2 Daya Dukung Tiang Pancang

Berikut ini adalah rumus umum daya dukung tiang tunggal :

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (3.139)$$

Dimana :

- $Q_{ult}$  = Kapasitas ultimat tiang pancang (N)  
 $Q_e$  = Kapasitas ujung tiang pancang (N)  
 $Q_f$  = Kapasitas gesekan tiang pancang (N)  
 $W$  = Berat tiang pancang (N)

Untuk perhitungan daya dukung tiang berdasarkan penyajian data tanag SPT (*Soil Penetration Test*) dapat menggunakan persamaan :

$$Q_L = Q_p + Q_s \quad (3.140)$$

Dimana :

- $Q_L$  = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi  
 $Q_P$  = Daya dukung pada dasar pondasi  
 $Q_S$  = Daya dukung akibat lekatan lateral

Untuk nilai  $Q_s$  dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_s = \beta q_s A_s = \beta \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \quad (3.141)$$

Dimana :

- $q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral dalam  $t/m^2$   
 $\check{N}_s$  = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$   
 $A_p$  = luas selimut tiang  
 $\beta$  = shaft coefficient dapat dilihat pada

### Tabel 3.15

Tabel 3.15 Koefisien harga  $\alpha$  dan  $\beta$

Pile/Soil	Clay		Intermediate Soil		Sands	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
<b>1. Driven Pile</b>	1	1	1	1	1	1
<b>2. Bored Pile</b>	0,85	0,80	0,60	0,65	0,50	0,50
<b>3. Injected Pile</b>	1	3	1	3	1	3

Untuk nilai  $Q_p$  dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_p = q_p A_p = (N_p K) A_p \quad (3.142)$$

Dimana :

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

(B = diameter pondasi)

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

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = Tegangan diujung tiang

$\alpha$  = base coefficient

Harga N yang digunakan dalam hitungan perencanaan dengan memperhatikan koreksi *overburden* yang dinyatakan oleh persamaan : (Skempton, 1986)

$$N = C_N N' \quad (3.143)$$

Dimana :

$N' = N$  = Jumlah pukulan kenyataan di lapangan

a) Untuk pasir halus *normally consolidated*

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{P_0'}{P_r}} \quad (3.144)$$

b) Untuk pasir kasar *normally consolidated*

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{P_0'}{P_r}} \quad (3.145)$$

c) Untuk pasir *overconsolidated*

$$C_N = \frac{1,7}{0,7 + \frac{P'_0}{P_r}} \quad (3.146)$$

Dimana :

$P'_0$  = tekanan *overburden* efektif (kN/m<sup>2</sup>)  
 $P_r$  = 100 kN/m<sup>2</sup> = tekanan efektif referensi

### 3.12.3.3 Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

Proses pemancangan dapat menurunkan kepadatan disekeliling tiang, sehingga perlu memperhitungkan jarak antar tiang dalam pondasi kelompok. Sebaiknya, jarak minimum antar tiang dalam kelompok adalah 2 s/d 2,5 diameter tiang dan harus dikoreksi terlebih dahulu dengan yang koefisien efisiensi  $C_e$

$$C_e = \frac{1 - \arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90^0} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \quad (3.147)$$

Dimana

$S$  = jarak as ke as antar tiang dalam grup (mm)

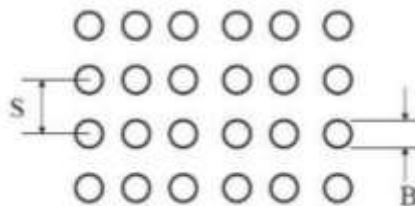
$m$  = jumlah baris tiang dalam grup

$n$  = jumlah kolom tiang dalam grup

$D$  = diameter tiang pancang (mm)

Contoh koordinasi tiang pancang dapat dilihat pada

**Gambar 3.12**



**Gambar 3.12** Koordinasi Tiang Pancang Converse Labarre  
 (Sumber : Wahyudi, 1999)

Sehingga daya dukung 1 tiang dalam kelompok adalah :

$$Q_{ult} = C_e \times Q_{ultimate.tiang} \quad (3.148)$$

Dimana :

$$Q_{ult} \geq P_{max.tiang} \quad (3.149)$$

$$Q_{ult} \geq P_{min.tiang} \quad (3.150)$$

#### **3.12.3.4 Daya Dukung Bahan Tiang Pancang**

Daya dukung bahan tiang pancang diperhitungkan berdasarkan data tiang pancang dari perusahaan penyedia tiang pancang yang kemudian dibandingkan dengan daya dukung tanah dan beban yang diterima tiang pancang

#### **3.13 Menyusun Gambar Rencana**

Hasil analisis struktur divisualisasikan dalam gambar teknik. Penggambaran hasil perencanaan akan menggunakan program bantu.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

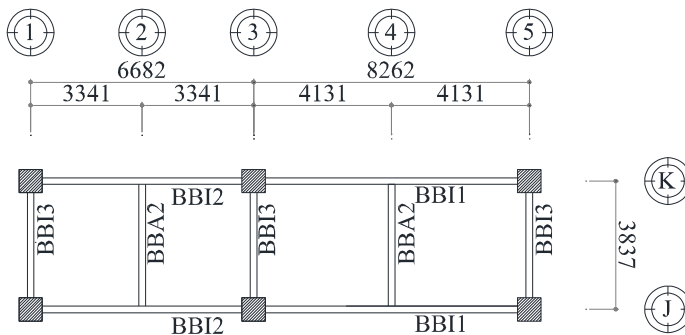
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Preliminary Design

*Preliminary design* merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Setelah mendapatkan dimensi tersebut kemudian dianalisis apakah cukup kuat menahan beban-beban yang terjadi.

#### 4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk Basement

Dalam menentukan dimensi tinggi minimum balok induk perlu direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2 tentang Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung. Dimana untuk  $F_y$  selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan  $\left(0,4F_y/700\right)$ . Direncanakan balok menggunakan tulangan ulir dengan  $F_y = 420$  MPa, sehingga dimensi balok induk direncanakan dengan contoh sebagai berikut



**Gambar 4.1** Potongan Denah Balok Induk yang Ditinjau

Pada **Gambar 4.1** BBI1 dan BBI2 merupakan keterangan balok induk memanjang dan BBI3 merupakan keterangan balok induk melintang yang ditinjau.

- Balok induk memanjang (BBI1)

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{8262\text{mm}}{16} = 517\text{mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 517\text{mm}}{3} = 345\text{mm}$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang sebesar 40/70 cm

- Balok induk memanjang (BBI2)

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{6682\text{mm}}{16} = 417,6\text{mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 417,6\text{mm}}{3} = 278,42\text{mm}$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang sebesar 40/60 cm

- Balok induk melintang (BBI3)

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{3837\text{mm}}{16} = 239,82\text{mm}$$

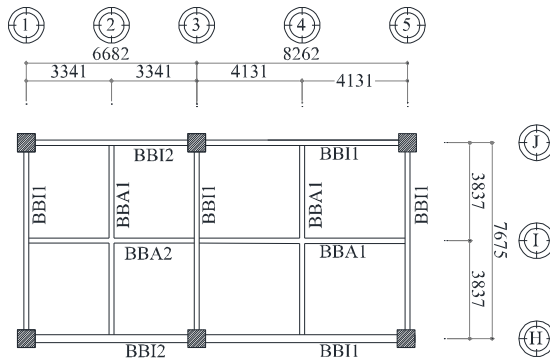
$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 239,82\text{mm}}{3} = 159,88\text{mm}$$

Direncanakan dimensi balok induk melintang sebesar 30/50 cm.

#### 4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak Lantai 1

Dalam menentukan dimensi tinggi minimum balok anak perlu direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2 tentang Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung. Dimana untuk  $F_y$  selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan  $\left(\frac{0,4F_y}{700}\right)$ . Direncanakan balok menggunakan tulangan ulir dengan  $F_y = 420$  MPa, sehingga dimensi balok anak direncanakan dengan contoh sebagai berikut





**Gambar 4.2** Potongan Denah Balok Anak yang Ditinjau

- Balok Anak Memanjang (BBA1)

$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{8262\text{mm}}{21} = 393,42\text{mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 393,42\text{mm}}{3} = 262,3\text{mm}$$

Direncanakan balok anak basement memanjang sebesar 30/45 cm

- Balok Anak Memanjang (BBA2)

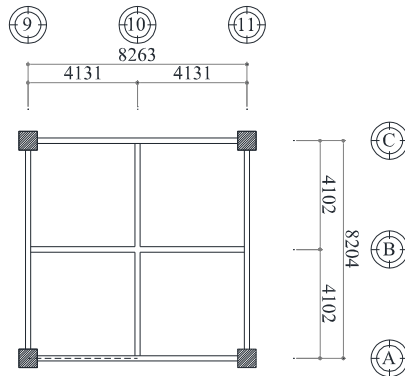
$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{6682\text{mm}}{21} = 318,19\text{mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 318,19\text{mm}}{3} = 212,13\text{mm}$$

Direncanakan balok anak basement melintang sebesar 30/40 cm.

#### 4.1.3 Perencanaan Dimensi Tebal Pelat Beton

Direncanakan tebal pelat 12 cm dengan denah seperti pada **Gambar 4.3**. Perhitungan tebal pelat beton sebagai berikut :



**Gambar 4.3** Denah Perencanaan Tebal Pelat Beton

$$L_x = 4102 - \frac{(400 + 300)}{2} = 3752 \text{ mm}$$

$$L_y = 4131 - \frac{(400 + 300)}{2} = 3781 \text{ mm}$$

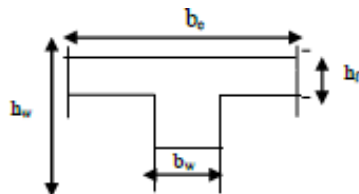
$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{3781 \text{ mm}}{3752 \text{ mm}} = 1,01 < 2 \rightarrow (\text{two way slab})$$

Perhitungan lebar efektif

$$be_1 = \frac{L_n}{4} = \frac{3781}{4} = 945,25 \text{ mm}$$

$$be_2 = b_w + 8t = 400 + 8 \cdot 120 = 1310 \text{ mm} \rightarrow (\text{menentukan})$$

$$be_3 = b_w + \frac{1}{2} S = 2240,5 \text{ mm}$$



**Gambar 4.4** Ilustrasi Bentuk Efektif

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[ 4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{1310}{400} - 1\right) \left(\frac{120}{600}\right) \left[ 4 - 6 \left(\frac{120}{600}\right) + 4 \left(\frac{120}{600}\right)^2 + \left(\frac{1310}{400} - 1\right) \left(\frac{120}{600}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{1310}{400} - 1\right) \left(\frac{120}{600}\right)}$$

$$k = 1,5$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{\text{pelat}} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times 1,5 \times 40 \times 70^3$$

$$I_{\text{pelat}} = 378,1 \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_{\text{balok}} = 1715000 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{pelat}} = 54446,4 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{1715000}{54446,4} = 27,58 > 2$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5

$$h_{\text{min}} = \frac{L_n (0,8 + F_y / 1400)}{36 + 9\beta}$$

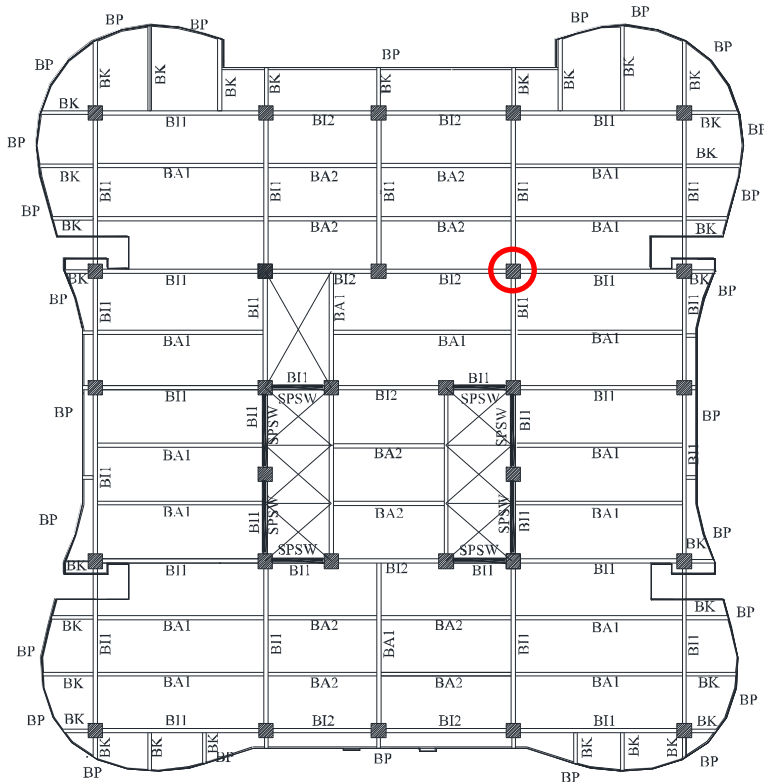
$$= \frac{3781 (0,8 + 420 / 1400)}{36 + 9(1,01)}$$

$$= 92,28 \text{ mm} \geq 90 \text{ mm}$$

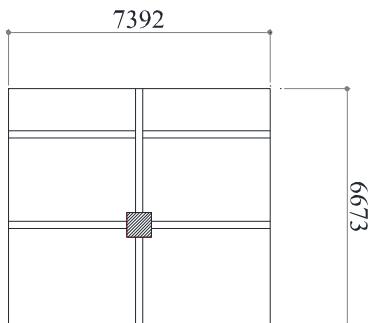
Sehingga direncanakan tebal pelat beton 12 cm

#### 4.1.4 Perencanaan Dimensi Kolom Basement

Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau seperti pada **Gambar 4.5** dan **Gambar 4.6**



**Gambar 4.5** Denah Letak Kolom yang Ditinjau



**Gambar 4.6** Detail Denah Kolom yang Ditinjau

Pembebanan pada kolom berdasarkan SNI 1727:2013 untuk beban mati dan SNI 1727:2013 untuk beban hidup, yang diberikan di tiap lantainya sebagai perencanaan pembebanan pada kolom.

#### 1. Beban Mati

**Tabel 4.1** Beban Mati Keseluruhan Bangunan

Jenis	b (mm)	l (mm)	h (mm)	Luas (m <sup>2</sup> )/ Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)
Aspal	7392	6673	x	49.33	1381.150848
Plafond + Penggantung	7392	6673	x	986.54	17757.65376
MEP	7392	6673	x	986.54	24663.408
Spesi	7392	6673	x	986.54	20717.26272
Keramik	7392	6673	x	986.54	23676.87168
Dinding Partisi	x	3487	6000	20.92	1536.09324
Dinding Partisi	3779	x	6000	22.67	1664.72508
Dinding Partisi	x	3487	3200	212.01	15565.74483
Dinding Partisi	3779	x	3200	229.76	16869.21414
Pelat Bondex	7392	6673	90	88788.27	896761.5149
Balok Induk Memanjang WF 700.300.15.28	7392	x	x	147.84	31785.6
Balok Induk Melintang WF 600.300.14.23	x	6673	x	133.46	23355.5
Kolom Beton (CFT)	800	800	3200	38.91	93388.8
Kolom Baja (CFT)	0.751		3200	45660.80	45660.8
Kolom Beton (CFT)	800	800	6000	3.84	9216
Kolom Baja (CFT)	0.751		6000	4506.00	4506
Pelat beton basement	7392	6673	130	6.41	15390

**Tabel 4.2** Beban Mati Keseluruhan Bangunan (Lanjutan)

Jenis	b (mm)	l (mm)	h (mm)	Luas (m <sup>2</sup> )/ Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)
Balok Induk Basement Memanjang 400/700	7392	400	700	2.07	4967
Balok Induk Basement Melintang 400/700	400	6673	700	1.87	4484
<b>TOTAL</b>					1253348

## 2. Beban Hidup

**Tabel 4.3** Beban Hidup Keseluruhan Bangunan

Jenis	b (mm)	l (mm)	h (mm)	Luas (m <sup>2</sup> )/ Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (kg)
Atap	7392	6673	x	49.33	4828.749999
Lantai	7392	6673	x	986.54	193149.0134
<b>TOTAL</b>					197977.7634

## 3. Beban berfaktor

$$q_u = 1,2q_d + 1,6q_L = 1,2 \times 1253348 + 1,6 \times 197977,76 = 1820782 \text{ kg}$$

## 4. Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka factor reduksi ( $\phi = 0,65$ ).

$$A = \frac{W}{\phi F_c} = \frac{1820782 \text{ kg}}{0,65 \times 35 \text{ MPa} \times 9,81} = 8166,773 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{8166,773} = 90,3702 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi kolom pada basement menggunakan dimensi 110/110 cm

**4.1.5 Perencanaan Dimensi Shearwall Basement**

Perencanaan *shearwall* beton diatur SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm.

$$T \geq H/25 = 4500/25 = 180 \text{ mm}$$

$$T \geq L/25 = 8400/25 = 296 \text{ mm}$$

Direncanakan tebal dinding geser sebesar 300 mm

## 4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

### 4.2.1 Umum

Perencanaan struktur sekunder terdiri atas pelat lantai, balok anak, tangga dan balok lift. Pada perencanaan struktur sekunder ini, dimensi dan struktur dibuat typical untuk seluruh lantai gedung.

### 4.2.2 Perencanaan Pelat

Perencanaan pelat lantai pada bangunan dibagi menjadi menjadi beberapa bagian yaitu :

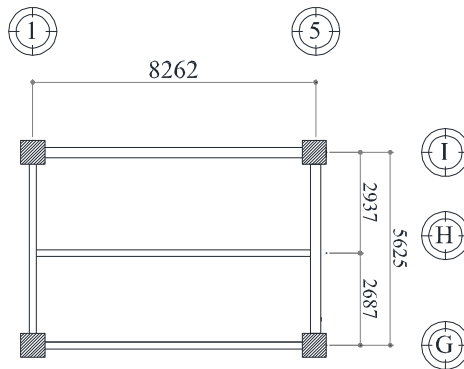
- A. Pelat Lantai Atap
- B. Pelat Lantai 2-20
- C. Pelat Lantai 1 Beton
- D. Pelat Basement

Perencanaan pelat lantai dalam pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan bondek dengan bantuan tabel perencanaan praktis dari “SUPER FLOOR DECK®”. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan.
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya.
- Beton menggunakan mutu  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- Bondek menggunakan tebal 0,75 mm
- Mutu baja tulangan U-48 ( $F_y = 4800 \text{ kg/cm}^2$ )

#### 4.2.2.1 Pelat Atap

Denah pelat atap dapat dilihat pada **Gambar 4.7**



**Gambar 4.7** Perencanaan Pelat Atap

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

1. Beban Mati

- Beban aspal (2 cm) : (2x14) = 28 kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafond dan penggantung : (11+7) = 18 kg/m<sup>2</sup>
- Berat MEP = 25 kg/m<sup>2</sup> +
- Total (q<sub>D</sub>) = 71 kg/m<sup>2</sup>

2. Beban Hidup

- Lantai atap : (0,96 kN/m<sup>2</sup>) = 97,893 kg/m<sup>2</sup>
- Total (q<sub>L</sub>) = 97,893 kg/m<sup>2</sup>

3. Beban Berguna

$$\begin{aligned}
 q_u &= q_D + q_L \\
 &= 71 + 97,893 \\
 &= 168,893 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4. Data-data perencanaan pelat bondek

- Bentang = 3 m
- Beban berguna = 200 kg/m<sup>2</sup>
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan A<sub>s</sub> perlu = 2,51 cm<sup>2</sup>/m mutu U-48. Tegangan leleh 4800 kg/cm<sup>2</sup>.

Tulangan negatif direncanakan menggunakan wiremesh dengan spesifikasi sebagai berikut :



- Merk = UNION WIREMESH
- Dimensi = M6-100
- Mutu = U-50

Karena mutu tulangan dari spesifikasi bondek berbeda dengan spesifikasi wiremesh, maka dilakukan konversi kebutuhan tulangan negatif.

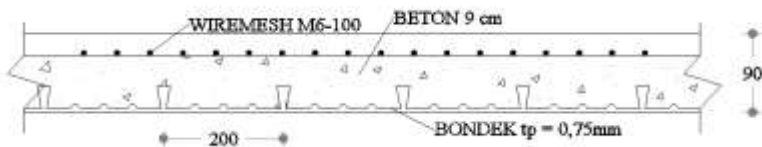
$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu U-50}} &= A_{s \text{ perlu U-48}} \times \frac{\text{Tegangan Leleh U-48}}{\text{Tegangan Leleh U-50}} \\
 &= 2,51 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \times \frac{4800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{5000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \\
 &= 2,41 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \frac{1000}{\text{Jarak wiremesh}} \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (0,6 \text{ cm})^2 \times \frac{1000}{100} \\
 &= 2,83 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &\leq A_{s \text{ pakai}} \\
 2,41 \text{ cm}^2/\text{m} &< 2,83 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Maka pelat lantai atap dapat didesain dengan menggunakan tulangan wiremesh M6-100. Ilustrasi pelat bondek bisa dilihat pada **Gambar 4.8**

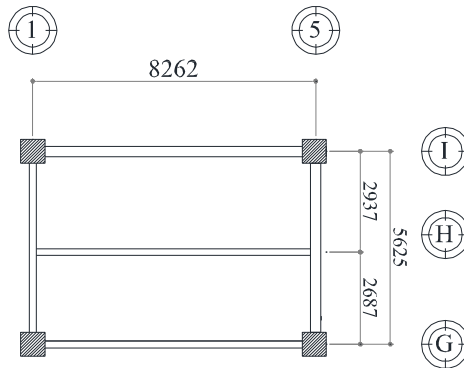


**Gambar 4.8** Penulangan Pelat Lantai Atap

#### 4.2.2.2 Pelat Lantai Apartemen

Denah pelat lantai apartemen dapat dilihat pada **Gambar 4.9**

4.9



**Gambar 4.9** Perencanaan Pelat Lantai Apartemen

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai apartemen ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013

1. Beban Mati
  - Berat spesi (1 cm)  $= 21 \text{ kg/m}^2$
  - Berat keramik  $= 24 \text{ kg/m}^2$
  - Berat plafond dan penggantung : (11+7)  $= 18 \text{ kg/m}^2$
  - Berat MEP  $= \underline{25 \text{ kg/m}^2} +$
  - Total ( $q_D$ )  $= 88 \text{ kg/m}^2$
2. Beban Hidup
  - Lantai apartemen : (1,92 kN/m<sup>2</sup>)  $= 195,78 \text{ kg/m}^2$
  - Total ( $q_L$ )  $= 195,78 \text{ kg/m}^2$
3. Beban Berguna
  - $q_u = q_D + q_L$
  - $= 88 + 195,78$
  - $= 283,787 \text{ kg/m}^2 \approx 300 \text{ kg/m}^2$
4. Data-data perencanaan pelat bondek
  - Bentang  $= 3 \text{ m}$
  - Beban berguna  $= 300 \text{ kg/m}^2$

- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan  $A_s$  perlu =  $3,07 \text{ cm}^2/\text{m}$  mutu U-48. Tegangan leleh  $4800 \text{ kg}/\text{cm}^2$ .

Tulangan negatif direncanakan menggunakan wiremesh dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk = UNION WIREMESH
- Dimensi = M6-75
- Mutu = U-50

Karena mutu tulangan dari spesifikasi bondek berbeda dengan spesifikasi wiremesh, maka dilakukan konversi kebutuhan tulangan negatif.

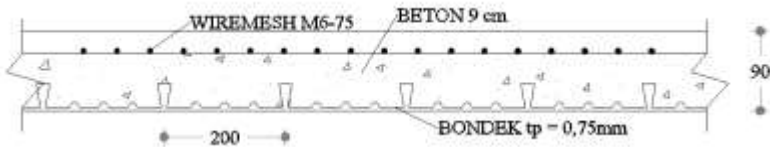
$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu U-50}} &= A_{s \text{ perlu U-48}} \times \frac{\text{Tegangan Leleh U-48}}{\text{Tegangan Leleh U-50}} \\ &= 3,07 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \times \frac{4800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{5000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \\ &= 2,95 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \frac{1000}{\text{Jarak wiremesh}} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (0,6 \text{ cm})^2 \times \frac{1000}{75} \\ &= 3,77 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \end{aligned}$$

#### Cek Persyaratan

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &\leq A_{s \text{ pakai}} \\ 2,95 \text{ cm}^2/\text{m} &< 3,77 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Maka pelat lantai atap dapat didesain dengan menggunakan tulangan wiremesh M6-75. Ilustrasi pelat bondek bisa dilihat pada **Gambar 4.10**



**Gambar 4.10** Penulangan Pelat Lantai Apartemen

#### 4.2.2.3 Rekapitulasi Perhitungan Pelat Bondek

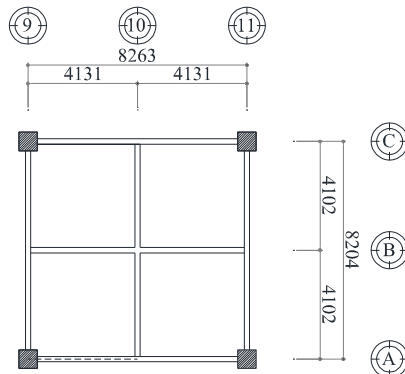
Hasil perhitungan pelat menggunakan PT SUPER FLOOR DECK ® pada Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

**Tabel 4.4** Hasil Rekapitulasi Perhitungan Pelat Bondek

Kode Pelat	Deskripsi	Tebal (mm)	Tulangan Negatif
A	Lantai Atap	90	M6 - 125
B		90	M6 - 100
A	Lantai Apartemen	90	M6 - 125
B		90	M6 - 75

#### 4.2.2.4 Pelat Lantai 1 Beton

Denah pelat beton dapat dilihat pada **Gambar 4.11**



**Gambar 4.11** Perencanaan Pelat Beton Lantai 1

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai 1 apartemen ini menggunakan SNI 1727-2013 untuk beban hidup dan PPIUG 1983 untuk beban mati

1. Beban Mati

➤ Berat beton : (0,12x2400)	= 288 kg/m <sup>2</sup>
➤ Berat spesi (1 cm)	= 21 kg/m <sup>2</sup>
➤ Berat keramik	= 24 kg/m <sup>2</sup>
➤ Berat plafond dan penggantung : (11+7)	= 18 kg/m <sup>2</sup>
➤ Berat MEP	= 25 kg/m <sup>2</sup> +
Total (q <sub>D</sub> )	= 376 kg/m <sup>2</sup>

2. Beban Hidup

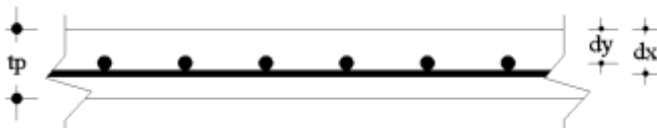
➤ Lantai apartemen : (1,92 kN/m <sup>2</sup> )	= 195,78 kg/m <sup>2</sup>
Total (q <sub>L</sub> )	= 195,78 kg/m <sup>2</sup>

3. Beban berfaktor

$$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \times 376 + 1,6 \times 195,78 = 764,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

4. Perencanaan penulangan pelat beton

Tebal pelat	= 120 mm	Diameter Tulangan = 10 mm
Selimut beton	= 40 mm	Mutu beton = 30 MPa
Lx	= 4102 mm	Mutu baja = 420 MPa
Ly	= 4131 mm	



**Gambar 4.12** Ilustrasi Potongan Pelat Rencana

$$\begin{aligned} dx &= t_{\text{pelat}} - \text{cover} - \left( D_{\text{tul.bawah}} / 2 \right) \\ &= 120 - 40 - (10/2) \\ &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= t_{\text{pelat}} - \text{cover} - D_{\text{tul.bawah}} - \left( D_{\text{tul.atas}} / 2 \right) \\ &= 120 - 40 - 10 - (10/2) \\ &= 65 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(F'_c - 28)}{7} \\
 &= 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} \\
 &= 0,8 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times F'_c}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\
 &= 0,033 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025 \\
 m &= \frac{F_y}{0,85 \times F'_c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,1176 \\
 \beta &= \frac{L_y}{L_x} = \frac{4131}{4102} = 1,008 < 2 \quad (2 \text{ arah}) \\
 qu &= 764,5 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut: ( $L_y/L_x = 1,008$ )

$$Mlx = 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$Mtx = -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$Mly = 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$Mty = -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

Dimana: Mlx = Momen lapangan arah x

Mly = Momen lapangan arah y

Mtx = Momen tumpuan arah x

Mty = Momen tumpuan arah y

X = Nilai konstanta dari perbandingan  $L_y/L_x$

a. Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

➤  $\beta = 1,008$  (terjepit penuh)

$$Mulx (+) = X1 = 34$$

$$M_{tx} (-) = X2 = 73 \text{ (PBI Tabel 13.3.1)}$$

- $M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 764,5 \cdot 3,752^2 \cdot 34$   
 $= 365,9 \text{ kgm} = 3589479 \text{ MPa}$
- $M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 764,5 \cdot 3,752^2 \cdot 73$   
 $= -785,6 \text{ kgm} = 7698904,04 \text{ MPa}$
- $R_n = \frac{M_u}{\phi b d_x^2} = \frac{7698904,04}{0,9 \times 1000 \times 75^2} = 1,523 \text{ MPa}$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1176 \times 1,523}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0037 > \rho_{\min}$$

- Maka dipakai  $\rho = 0,0064$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d_x = 0,0037 \times 1000 \times 75 = 279,18 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{Asperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{279,18} = 281,32 \text{ mm}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan lentur Ø10-250

- b. Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$M_{ly} (+) = X1 = 18$$

$$M_{ty} (-) = X2 = 57 \text{ (PBI Tabel 13.3.1)}$$

- $M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 764,5 \cdot 3,752^2 \cdot 18$   
 $= 193,71 \text{ kgm} = 1900295,1 \text{ MPa}$
- $M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 764,5 \cdot 3,752^2 \cdot 57$   
 $= -612,42 \text{ kgm} = 6011473,02 \text{ MPa}$
- $R_n = \frac{M_u}{\phi b d_y^2} = \frac{6011473,02}{0,9 \times 1000 \times 65^2} = 1,58 \text{ MPa}$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1176 \times 1,58}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0039 > \rho_{\min}$$

➤ Maka dipakai  $\rho = 0,0039$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d_y = 0,0039 \times 1000 \times 65 = 251,8 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{Asperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{251,8} = 311,91 \text{ mm}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan lentur Ø10-300

#### 5. Kontrol Lendutan

$$L = 375,2 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{375,2}{360} = 1,04 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{(q_U) \times L^4}{E.I_x} \right)$$

$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{(0,07645) \times 375,2^4}{87929 \times 54029} \right) = 0,0042 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,0042 < 1,04 \rightarrow \text{(OK)}$$

**Tabel 4.5** Rekapitulasi Penulangan Pelat Beton

Kode Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
Pelat A	Lx = 3341 mm	Ø10-200 mm	Ø10-300 mm
	Ly = 3837 mm		



**Tabel 4.5** Rekapitulasi Penulangan Pelat Beton (Lanjutan)

Kode Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
Pelat B	Lx = 4102 mm	Ø10-200 mm	Ø10-300 mm
	Ly = 4131 mm		
Pelat C	Lx = 3150 mm	Ø10-200 mm	Ø10-300 mm
	Ly = 4102 mm		
Pelat D	Lx = 3263 mm	Ø10-200 mm	Ø10-300 mm
	Ly = 4102 mm		
Pelat E	Lx = 2937 mm	Ø10-200 mm	Ø10-300 mm
	Ly = 4131 mm		
Pelat F	Lx = 2944 mm	Ø10-200 mm	Ø10-300 mm
	Ly = 4131 mm		

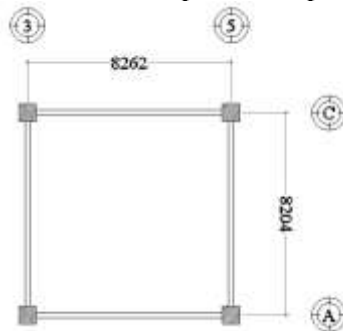
∴ Sehingga digunakan tulangan lentur pada lantai pada arah X yaitu Ø 10-200

∴ Sehingga digunakan tulangan lentur pada lantai pada arah Y yaitu Ø 10-300

#### 4.2.2.5 Pelat Basement

##### Tulangan Bawah Pelat Basement

Denah pelat basement dapat dilihat pada **Gambar 4.13**



**Gambar 4.13** Perencanaan Pelat Basement

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai basement ini terdiri dari

1. Beban Mati

➤ Berat beton :  $(0,25 \times 2400) = 600 \text{ kg/m}^2$

- Berat spesi (1 cm)  $= \frac{21 \text{ kg/m}^2}{621 \text{ kg/m}^2} +$   
 Total ( $q_D$ )  $= 621 \text{ kg/m}^2$
2. Beban Hidup
- Lantai  $= 800 \text{ kg/m}^2$   
 Total ( $q_L$ )  $= 800 \text{ kg/m}^2$
3. Beban berfaktor

$$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \times 621 + 1,6 \times 800 = 2025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

4. Perencanaan penulangan pelat beton

Tebal pelat  $= 250 \text{ mm}$       Diameter Tulangan  $= 16 \text{ mm}$

Selimut beton  $= 40 \text{ mm}$       Mutu beton  $= 35 \text{ MPa}$

Lx  $= 8204 \text{ mm}$       Mutu baja  $= 420 \text{ MPa}$

Ly  $= 8262 \text{ mm}$

$$dx = t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D_{\text{tul.bawah}}/2)$$

$$= 250 - 40 - (16/2)$$

$$= 202 \text{ mm}$$

$$dy = t_{\text{pelat}} - \text{cover} - D_{\text{tul.bawah}} - (D_{\text{tul.atas}}/2)$$

$$= 250 - 40 - 16 - (16/2)$$

$$= 186 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(F'_c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,05 \frac{(35 - 28)}{7}$$

$$= 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F'_c}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= 0,033$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F'_c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,1176$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{8262}{8204} = 1,007 < 2 \text{ (2 arah)}$$

$$qu = 2025 \text{ kg/m}^2$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut: ( $L_y/L_x = 1,756$ )

$$M_{lx} = 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

Dimana:  $M_{lx}$  = Momen lapangan arah x

$M_{ly}$  = Momen lapangan arah y

$M_{tx}$  = Momen tumpuan arah x

$M_{ty}$  = Momen tumpuan arah y

X = Nilai konstanta dari perbandingan  $L_y/L_x$

a. Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

➤  $\beta = 1,007$  (terjepit penuh)

$$M_{ulx} (+) = X1 = 34$$

$$M_{ultx} (-) = X2 = 73 \text{ (PBI Tabel 13.3.1)}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{lx} &= 0.001 \cdot qu \cdot lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 2025 \cdot 8,204^2 \cdot 34 \\ &= 4634,45 \text{ kgm} = 45463954,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{tx} &= -0.001 \cdot qu \cdot lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 2025 \cdot 8,204^2 \cdot 73 \\ &= -9950,44 \text{ kgm} = 97613770,76 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{➤ } R_n = \frac{M_u}{\phi b d_x^2} = \frac{97613770,76}{0,9 \times 1000 \times 202^2} = 2,6581 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1176 \times 2,6581}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0066 > \rho_{\min}$$

➤ Maka dipakai  $\rho = 0,0066$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d_x = 0,0066 \times 1000 \times 202 = 1341,3 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{Asperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1341,3} = 149,9 \text{ mm}$$

b. Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$\text{Muly (+)} = X1 = 18$$

$$\text{Muty (-)} = X2 = 57 \text{ (PBI Tabel 13.3.1)}$$

$$\text{Mly} = 0,001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = 0,001 \cdot 2025 \cdot 8,204^2 \cdot 18 = 2453,53 \text{ kgm} = 24069129,3 \text{ MPa}$$

$$\text{Mty} = -0,001 \cdot q_u \cdot lx^2 \cdot X = -0,001 \cdot 1262 \cdot 8,204^2 \cdot 57 = -7769,52 \text{ kgm} = -76218971,69 \text{ MPa}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d_y^2} = \frac{76218971,69}{0,9 \times 1000 \times 186^2} = 2,6581 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1176 \times 2,6581}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0061 > \rho_{\min}$$

➤ Maka dipakai  $\rho = 0,0061$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d_y = 0,0061 \times 1000 \times 186 = 1132,8 \text{ mm}^2$$

$$\triangleright S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{Asperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1132,8} = 177,5 \text{ mm}$$

### Tulangan Atas Pelat Basement

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai basement ini terdiri dari

1. Beban Uplift

$$\begin{aligned} \triangleright \text{Elevasi basement} &= -4,5 \text{ m} \\ \triangleright \text{Beban uplift : } (4,5 \times 1000 \text{ kg/m}^3) &= 4500 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Total (q)} &= 4500 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Beban berfaktor

$$q_u = 4500 \text{ kg/m}^2$$

3. Perencanaan penulangan pelat beton

$$\text{Tebal pelat} = 250 \text{ mm} \quad \text{Diameter Tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm} \quad \text{Mutu beton} = 35 \text{ MPa}$$

$$L_x = 8204 \text{ mm} \quad \text{Mutu baja} = 420 \text{ MPa}$$

$$L_y = 8262 \text{ mm}$$

$$dx = t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D_{\text{tul.bawah}}/2)$$

$$= 250 - 40 - (16/2)$$

$$= 202 \text{ mm}$$

$$dy = t_{\text{pelat}} - \text{cover} - D_{\text{tul.bawah}} - (D_{\text{tul.atas}}/2)$$

$$= 250 - 40 - 16 - (16/2)$$

$$= 186 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(F'_c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,05 \frac{(35 - 28)}{7}$$

$$= 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F'_c}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,003$$

$$= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,1176$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{8262}{8204} = 1,007 < 2 \text{ (2 arah)}$$

$$q_u = 4500 \text{ kg/m}^2$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut: ( $L_y/L_x = 1,007$ )

$$M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

Dimana:  $M_{lx}$  = Momen lapangan arah x

$M_{ly}$  = Momen lapangan arah y

$M_{tx}$  = Momen tumpuan arah x

$M_{ty}$  = Momen tumpuan arah y

$X$  = Nilai konstanta dari perbandingan  $L_y/L_x$

a. Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

➤  $\beta = 1,007$  (terjepit penuh)

$$M_{lx} (+) = X1 = 34$$

$$M_{tx} (-) = X2 = 73 \text{ (PBI Tabel 13.3.1)}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{lx} &= 0.001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0.001 \cdot 4500 \cdot 8,204^2 \cdot 34 \\ &= 10298 \text{ kgm} = 101023380 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{tx} &= -0.001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X = -0.001 \cdot 4500 \cdot 8,204^2 \cdot 73 \\ &= -22110 \text{ kgm} = -216898069 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{➤ } R_n = \frac{M_u}{\phi b d_x^2} = \frac{216898069}{0,9 \times 1000 \times 202^2} = 5,9062 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1176 \times 5,9062}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0158 < \rho_{\max}$$

➤ Maka dipakai  $\rho = 0,0158$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d_x = 0,0158 \times 1000 \times 202 = 3198 \text{mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{Asperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{3198} = 62,871 \text{mm}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan lentur arah X Ø16-60

b. Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$\text{Muly (+)} = X1 = 18$$

$$\text{Muty (-)} = X2 = 57 \text{ (PBI Tabel 13.3.1)}$$

$$\text{Mly} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 4500 \cdot 8,204^2 \cdot 18 = 5451,8 \text{ kgm} = 53482158 \text{ MPa}$$

$$\text{Mty} = -0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 4500 \cdot 8,204^2 \cdot 57 = -17264 \text{ kgm} = -169358765,8 \text{ MPa}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d_y^2} = \frac{169358765,8}{0,9 \times 1000 \times 186^2} = 5,44 \text{MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1176 \times 5,44}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0144 > \rho_{\max}$$

➤ Maka dipakai  $\rho = 0,0158$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d_y = 0,0144 \times 1000 \times 186 = 2681,7 \text{mm}^2$$

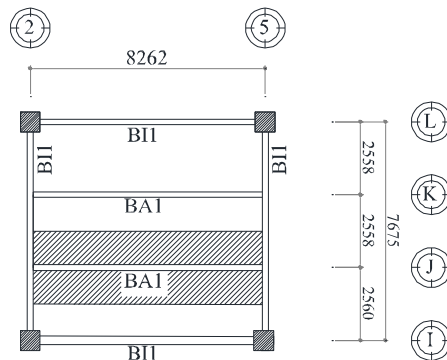
$$\triangleright S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{Asperlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{2681,7} = 74,974 \text{ mm}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan lentur arah Y Ø 16-70

### 4.2.3 Perencanaan Balok Anak

#### 4.2.3.1 Balok Anak Lantai Atap

Balok anak atap direncanakan dengan panjang 8,262 m. Balok anak atap yang direncanakan dapat dilihat pada **Gambar 4.14**



**Gambar 4.14** Denah Perencanaan Balok Anak Atap

Balok anak yang terletak pada atap direncanakan menggunakan profil WF 450x200x9x14, dengan data sebagai berikut :

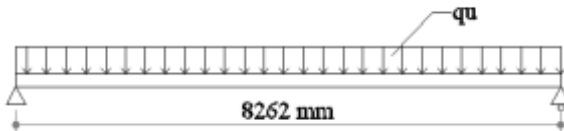
$W = 76 \text{ kg/m}$	$r = 14 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 96,76 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1621 \text{ cm}^3$	$= 386 \text{ mm}$
$d = 450 \text{ mm}$	$Z_y = 289 \text{ cm}^3$	$S_x = 1490 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 18,6 \text{ cm}$	$S_y = 187 \text{ cm}^3$
$t_w = 9 \text{ mm}$	$i_y = 4,4 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 14 \text{ mm}$	$I_x = 23500 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 1870 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ MPa}$

Perhitungan Pembebanan

Peraturan pembebanan pada struktur balok anak lantai atap ini menggunakan SNI 1727:2013



1. Beban Mati
  - Berat pelat bondek =  $10,1 \text{ kg/m}^2$
  - Berat beton ( $0,09 \times 2400$ ) =  $216 \text{ kg/m}^2$
  - Berat aspal 2 cm ( $2 \times 14$ ) =  $28 \text{ kg/m}^2$
  - Berat plafon+penggantung ( $11+7$ ) =  $18 \text{ kg/m}^2$
  - Berat MEP =  $25 \text{ kg/m}^2 +$
  - Total =  $297,1 \text{ kg/m}^2$
  - Berat perhitungan pelat lantai =  $772,46 \text{ kg/m}$
  - Total x lebar pelat =  $297,1 \times 2,6 = 772,46 \text{ kg/m}$
  - Berat profil =  $76 \text{ kg/m} +$
  - =  $848,46 \text{ kg/m}$
  - Sambungan (10%) =  $84,846 \text{ kg/m}$
  - Total ( $q_D$ ) =  $933,31 \text{ kg/m}$
2. Beban Hidup
  - Lantai atap ( $97,894 \times 2,6$ ) =  $254,521 \text{ kg/m}$
  - Total ( $q_L$ ) =  $254,521 \text{ kg/m}$
3. Beban berfaktor
  - $q_u = 1,2q_D + 1,6q_L$
  - =  $1,2(933,31) + 1,6(254,52) = 1527,201 \text{ kg/m}$



**Gambar 4.15** Pembebanan Pada Balok Anak Atap

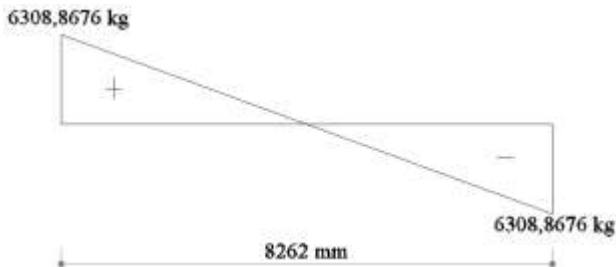
4. Gaya dalam pada balok anak atap
  - Momen yang terjadi
  - $M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1527,201 \times 8,262^2 = 13030,966 \text{ kgm}$



**Gambar 4.16** Gaya Momen Balok Anak Atap

- Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1527,2011 \times 8,262 = 6308,8676 \text{ kg}$$



**Gambar 4.17** Gaya Geser Balok Anak Atap

5. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 14} = 7,14$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,89$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

6. Kontrol Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang antar *shear connector* pada brosur perencanaan bondek yaitu 40 cm

$$L_b = 40 \text{ cm}$$

$$L_p = 219,033 \text{ cm}$$

$$L_r = 651,245 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \text{ (Bentang pendek)}$$

Sehingga  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 1621 \times 2500 = 4052500 \text{ kgcm} = 40.525 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$13.030,96 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 40.525 \text{ kgm}$$

$$13.030,96 \text{ kgm} \leq 36.472,50 \text{ kgcm} \rightarrow \text{(OK)}$$

7. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

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

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times (38,6 \times 0,9) \times 1$$

$$V_n = 41040 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$6.308,8676\text{kg} \leq 1 \times 52.110\text{kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

8. Kontrol Lendutan

$$L = 826,2 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{826,2}{360} = 2,29 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} \right)$$

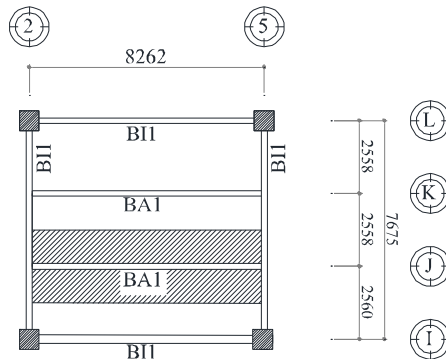
$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{11,878 \times 826,2^4}{2000000 \times 33500} \right) = 1,07\text{cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$1,07 < 2,29 \rightarrow \text{(OK)}$$

#### 4.2.3.2 Balok Anak Lantai

Balok anak lantai direncanakan dengan panjang 8,262 m. Balok anak lantai yang direncanakan dapat dilihat pada **Gambar 4.18**



**Gambar 4.18** Denah Perencanaan Balok Anak Lantai

Balok anak yang terletak pada lantai direncanakan menggunakan profil WF 500x200x11x19, dengan data sebagai berikut :

$W = 102 \text{ kg/m}$	$r = 20 \text{ mm}$	$h = d-2(t_f+r)$
$A = 131,2 \text{ cm}^2$	$Z_x = 2462 \text{ cm}^3$	$= 428 \text{ mm}$
$d = 506 \text{ mm}$	$Z_y = 257 \text{ cm}^3$	$S_x = 2230 \text{ cm}^3$
$b_f = 201 \text{ mm}$	$i_x = 20,7 \text{ cm}$	$S_y = 257 \text{ cm}^3$
$t_w = 11 \text{ mm}$	$i_y = 4,43 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 19 \text{ mm}$	$I_x = 56500 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 2580 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ MPa}$

#### Perhitungan Pembebanan

Peraturan pembebanan pada struktur balok anak lantai atap ini menggunakan SNI 1727:2013

##### 1. Beban Mati

➤ Berat pelat bondek	$= 10,1 \text{ kg/m}^2$
➤ Berat beton (0,09x2400)	$= 216 \text{ kg/m}^2$
➤ Keramik	$= 24 \text{ kg/m}^2$
➤ Berat spesi 1 cm	$= 21 \text{ kg/m}^2$
➤ Berat plafon+penggantung (11+7)	$= 18 \text{ kg/m}^2$
➤ Berat MEP	$= 25 \text{ kg/m}^2 +$
Total	$= 314,1 \text{ kg/m}^2$
➤ Berat perhitungan pelat lantai	
➤ Total x lebar pelat = 314,1 x 2,6	$= 816,67 \text{ kg/m}$
➤ Berat profil	$= 103 \text{ kg/m} +$
	$= 919,67 \text{ kg/m}$
➤ Sambungan (10%)	$= 91,967 \text{ kg/m}$
Total ( $q_D$ )	$= 1011,63 \text{ kg/m}$

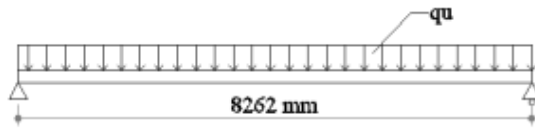
##### 2. Beban Hidup

➤ Lantai atap (195,787x2,6)	$= 509,042 \text{ kg/m}$
Total ( $q_L$ )	$= 509,042 \text{ kg/m}$

##### 3. Beban berfaktor

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

$$= 1,2(1011,63) + 1,6(509,042) = 2028,42 \text{ kg/m}$$

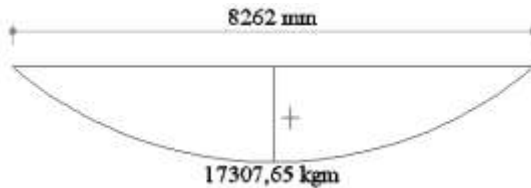


**Gambar 4.19** Pembebanan Pada Balok Anak Lantai

4. Gaya dalam pada balok anak atap

➤ Momen yang terjadi

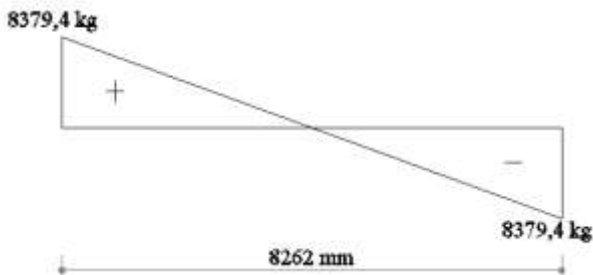
$$M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2028,42 \times 8,262^2 = 17307,65 \text{ kgm}$$



**Gambar 4.20** Gaya Momen Balok Anak Atap

➤ Gaya geser yang terjadi

$$V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 2028,42 \times 8,262 = 8379,4 \text{ kg}$$



**Gambar 4.21** Gaya Geser Balok Anak Atap

5. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

➤ Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{201}{2 \times 19} = 5,3$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

➤ Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{11} = 38,9$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

➤ Kontrol Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang antar *shear connector* pada brosur perencanaan bondek yaitu 40 cm

$$L_b = 40 \text{ cm}$$

$$L_p = 228,003 \text{ cm}$$

$$L_r = 669,595 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \text{ (Bentang pendek)}$$

Sehingga  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 1286 \times 2500 = 3.215.000 \text{ kgcm} = 32.150 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$17.307,65 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 32.150 \text{ kgm}$$

$$17.307,65 \text{ kgm} \leq 28.935 \text{ kgm} \rightarrow \text{(OK)}$$

6. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{11} = 38,91$$

$$\lambda p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 47,08 \times 1$$

$$V_n = 70620 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$6.254,34 \text{ kg} \leq 1 \times 41.040 \text{ kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

#### 7. Kontrol Lendutan

$$L = 826,2 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{826,2}{360} = 2,29 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} \right)$$

$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{15,2067 \times 826,2^4}{2000000 \times 56500} \right) = 0,8164 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

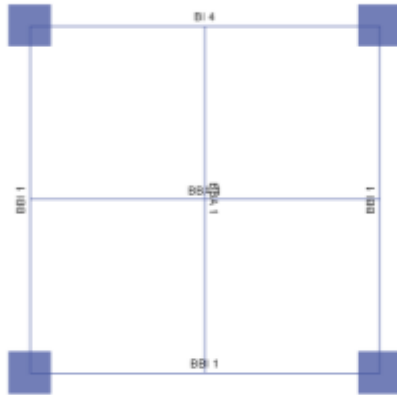
$$0,8164 < 2,29 \rightarrow \text{(OK)}$$

**Tabel 4.6** Rekapitulasi Balok Anak

Kode Gambar	Letak Balok Anak	Panjang Balok (m)	Profil yang digunakan
BA 1	Lt. 2-10	8,623	WF 500x200x11x19
BA 2		6,525	WF 450x200x9x14

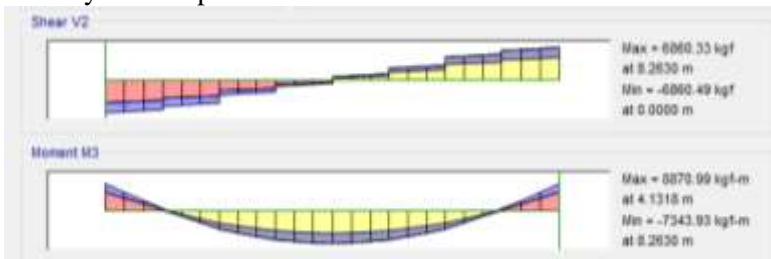






**Gambar 4.23** Permodelan Balok Anak dengan ETABS

- Berat sendiri balok  $(0,3 \times (0,45 - 0,12) \times 2400) = 257,6 \text{ kg/m}$   
 Total ( $q_D$ ) =  $1273 \text{ kg/m}$
2. Beban hidup  
 Lantai =  $195,785 \text{ kg/m}^2$   
 Total ( $q_L$ ) =  $195,785 \text{ kg/m}^2$
3. Beban berfaktor  
 $q_u = 1,2q_D + 1,6q_L$   
 $= 1,2(1273) + 1,6(539,15) = 2390,3 \text{ kg/m}$
4. Gaya dalam pada balok anak



**Gambar 4.24** Gaya Dalam Balok Anak

- Momen yang terjadi pada tumpuan  
 $M_u = 7343,93 \text{ kgm}$
- Momen yang terjadi pada lapangan  
 $M_u = 8870,99 \text{ kgm}$
- Momen yang terjadi pada tumpuan B  
 $M_u = 7343,93 \text{ kgm}$
- Gaya Geser yang terjadi  
 $V_u = 6860,33 \text{ kg}$
  
- Data perencanaan balok anak beton
  - Mutu beton  $= 30 \text{ MPa}$
  - Mutu tulangan  $= 420 \text{ MPa}$
  - Diameter tulangan longitudinal  $= D19 \text{ mm}, A_s = 2,835 \text{ cm}^2$
  - Diameter tulangan sengkang  $= D13 \text{ mm}, A_s = 1,33 \text{ cm}^2$
  - $b = 300 \text{ mm}$
  - $h = 450 \text{ mm}$
  - Selimut beton  $= 40 \text{ mm}$
  - $d = h - \text{selimut beton} - 0,5 \text{ tulangan longitudinal} - \text{tulangan sengkang}$
  - $d = 450 - 40 - (0,5 \times 19) - 13 = 387,5 \text{ mm}$
  
  - $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(F'_c - 28)}{7}$
  - $= 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7}$
  - $= 0,8$
  
  - $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F'_c}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$
  - $= 0,033$
  
  - $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025$
  
  - $\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} \text{ dipakai} = 0,0035$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 14,1176$$

➤ Perhitungan tulangan negatif tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{72043953,3}{0,9 \times 300 \times 387,5^2} = 1,78 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1176 \times 1,78}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0043 > \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0043$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0043 \times 300 \times 387,5 = 508,37 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{A_s} = \frac{508,37}{283,6} = 2 \text{ buah}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan 2D19 ( $A_s = 567,3 \text{ mm}^2$ )

➤ Perhitungan tulangan positif tumpuan

$$A_{s_{\min}} = \frac{1}{2} A_s = \frac{508,37}{2} = 254,185 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{A_s} = \frac{254,185}{283,6} = 0,89 \text{ buah}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan 2D19 ( $A_s = 567,3 \text{ mm}^2$ )

➤ Perhitungan tulangan positif lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{87024411,9}{0,9 \times 300 \times 387,5^2} = 2,1 \text{MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,1176 \times 2,1}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0047 > \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0047$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0047 \times 300 \times 387,5 = 546,375 \text{mm}^2$$

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{A_s} = \frac{546,375}{283,6} = 1,92 \text{buah}$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F_c' \times b} = \frac{567,057 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 26,68 \text{mm}$$

Analisis menggunakan balok T palsu ( $a < h_f = 120 \text{ mm}$ )

$$M_n = 0,85 \times F_c' \times a \times b \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 0,85 \times 30 \times 26,68 \times 300 \times \left( 387,5 - \frac{26,68}{2} \right)$$

$$M_n = 9.861,28 \text{kgm}$$

$$\phi M_n = 8.875,152 \text{kgm} > 8.870,99 \text{kgm}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan lentur 2D19

➤ Perhitungan tulangan negatif lapangan

$$A_{s_{\min}} = \frac{1}{2} A_s = \frac{567,057}{2} = 283,53 \text{mm}^2$$

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{A_s} = \frac{283,53}{283,53} = 1 \text{buah}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan lentur 2D19

➤ Perhitungan tulangan geser

$$V_u = 6860,33 \text{ kg} = 67299,83 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \times b_w \times d$$

$$= 114624 \text{ N}$$

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times \sqrt{F'_c} \times b_w \times d$$

$$= 229248 \text{ N}$$

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \text{ (Tidak perlu penguatan geser)}$$

$$67299,83 \text{ N} \geq 42984 \text{ N} \text{ (Tidak OK)}$$

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c \text{ (Perlu tulangan geser minimum)}$$

$$42984 \text{ N} \leq 67299,83 \text{ N} \leq 85968 \text{ N} \text{ (OK)}$$

$$\emptyset V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{smin}) \text{ (Perlu tulangan geser; } S_{min} = d/2)$$

$$85968 \text{ N} \geq 67299,83 \text{ N} \leq 257904 \text{ N} \text{ (Tidak OK)}$$

$$\emptyset (V_c + V_s) \leq V_u \leq \emptyset \left( \frac{2}{3} \times \sqrt{F'_c} \times b_w \times d \right) \text{ (Perlu tulangan geser; } S_{min} = d/4)$$

$$257904 \text{ N} \geq 67299,83 \text{ N} \leq 343872 \text{ N} \text{ (Tidak OK)}$$

Termasuk kategori membutuhkan tulangan geser dengan  $S_{min} = d/2 = 193,75 \text{ mm} \approx 180 \text{ mm}$

$$A_v = n \times A_s \text{ D13; Dipasang 2D13}$$

$$= 2 \times 132,786 = 265,571 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times F_y \times d}{V_{s_{min}}}$$

$$= \frac{265,571 \times 420 \times 387,5}{229248} = 188,53 \text{ mm} > S_{min} = 180 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 180 \text{ mm}$$

Dipakai D13-180 mm

**Tabel 4.7** Rekapitulasi Penulangan Balok Beton

Ukuran Balok	Tumpuan		Lapangan		Sengkang
	Negatif	Positif	Negatif	Positif	
30/40	4D22	2D22	2D22	3D22	2D13-150
30/45	4D22	2D22	2D22	2D22	2D13-150

#### 4.2.4 Perencanaan Balok Lift

Balok *lift* yang direncanakan merupakan balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* dan beban yang terjadi pada *lift* yang terdiri dari balok penggantung dan balok penumpu *lift*. Pada bangunan ini menggunakan 2 lift penumpang dengan spesifikasi sama. Untuk spesifikasi lift lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran brosur lift

##### 4.2.4.1 Spesifikasi Lift

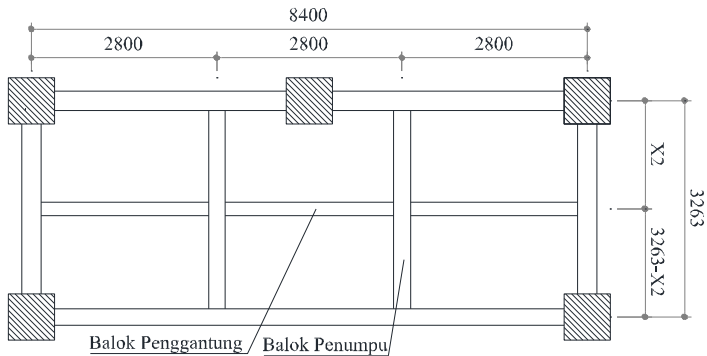
Lift yang digunakan dalam perencanaan ini adalah lift yang diproduksi oleh hyundai elevator company dengan data sebagai berikut:

Tipe Lift	= Geared Elevators <i>Speed</i> 1 - 1,75 m/sec
Merek	= Hyundai
Kapasitas	= 6 orang/ 450 kg
Lebar Pintu	= 800 mm
Car size	= 1400 x 850 mm <sup>2</sup>
Hostway Size (3 Cars)	= 5600 x 1430 mm <sup>2</sup>
Dimensi ruang mesin	= 6000 x 3200 mm <sup>2</sup>
Beban reaksi ruang mesin	
R1	= 5200 kg
(berat mesin penggerak+beban kereta+perlengkap)	
R2	= 4300 kg
(Berat bandul pemberat+perlengkapan)	

Ilustrasi dan spesifikasi lift bisa dilihat pada **Gambar 4.24**, **Gambar 4.25** dan **Gambar 4.26**







**Gambar 4.27** Potongan Melintang Balok Lift

#### 4.2.4.2 Perencanaan Balok Penggantungan Lift

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil

WF 400x200x8x13, dengan data data sebagai berikut:

$W = 66 \text{ kg/m}$	$r = 16 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 84,12 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$	$= 342 \text{ mm}$
$d = 400 \text{ mm}$	$Z_y = 266 \text{ cm}^3$	$S_x = 1190 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 16,8 \text{ cm}$	$S_y = 174 \text{ cm}^3$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$i_y = 4,54 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ MPa}$
$t_f = 13 \text{ mm}$	$I_x = 23700 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ MPa}$
	$I_y = 1740 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ MPa}$

Perhitungan pembebanan

a. Beban merata

1. Beban mati

- Berat profil balok penggantung *lift* = 66 kg/m
- Berat aspal 2 cm (2x14) = 28 kg/m
- Berat pelat bondek (10,1 x 3,263/2 m) = 6,19 kg/m
- Berat pelat beton (0,09 x 2400 x 3,263/2 m) = 352,4 kg/m +  
 $q_D$  = 452,595 kg/m
- Berat sambungan (10%) = 45,25 kg/m +
- Total ( $q_D$ ) = 497,85 kg/m

2. Beban hidup

- Beban hidup lantai atap = 97,893 kg/m
- Total ( $q_L$ ) = 97,893 x 3,263/2 = 159,712 kg/m

## 3. Beban terpusat

## ➤ Beban mati

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$$PU_1 = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 5200 (1+0,5) = 7800 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 4300 (1+0,5) = 6450 \text{ kg}$$

$$P_D = 14250 \text{ kg}$$

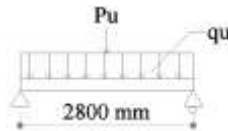
## ➤ Beban hidup

Beban maintenance = 100 kg

## 4. Beban berfaktor

$$q_U = 1,2q_D + 1,6 q_L = 1,2 \times 497,85 + 1,6 \times 159,7 = 852,965 \text{ kg/m}$$

$$p_U = 1,2p_D + 1,4p_L = 1,2 \times 14250 + 1,4 \times 100 = 17260 \text{ kg}$$



**Gambar 4.28** Model Pembebanan Balok Penggantung *Lift*

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

## ➤ Momen yang terjadi

$$M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 + \frac{1}{4} \times p_U \times L$$

$$M_U = \frac{1}{8} \times 852,96 \times 2,8^2 + \frac{1}{4} \times 17260 \times 2,8 = 25000 \text{ kgm}$$

## ➤ Gaya geser yang terjadi

$$V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L + \frac{1}{2} \times P_U$$

$$V_U = \frac{1}{2} \times 852,96 \times 2,8 + \frac{1}{2} \times 17260 = 9824,2 \text{ kg}$$

## 6. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

## ➤ Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{26} = 7,69$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

➤ Pelat badan

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

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

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 1286 \times 2500 = 3215000 \text{ kgcm}$$

➤ Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 280 \text{ cm}$$

$$L_p = 226 \text{ cm}$$

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

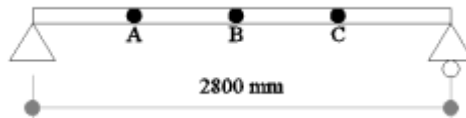
$L_p < L_b < L_r$  (Bentang Menengah)

$$M_{\text{maks}} = 2499990,55 \text{ kgcm}$$

$$M_A = 604100 \text{ kgcm}$$

$$M_B = 2499990,55 \text{ kgcm}$$

$$M_C = 604100 \text{ kgcm}$$



**Gambar 4.29** Posisi Titik Momen yang Ditinjau

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$C_b = \frac{12,5 (2499990,55)}{2,5 (2499990,55) + 3(604100) + 4(2499990,55) + 3(604100)} \leq 2,30$$

$$C_b = 1,57$$

$$0,7 F_y S_x = 0,7 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1190 \text{ cm}^3 = 2082500 \text{ kgcm}$$

$$\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} = 0,8783$$

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

$$M_n = 3.392.355 \text{ kgcm} \geq 3.215.000 \text{ kgcm}$$

$M_n > M_p$  ( tekuk lokal menentukan)

Sehingga  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 1286 \times 2500 = 3215000 \text{ kgcm} = 32150 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$25.000 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 32.150 \text{ kgm}$$

$$25.000 \text{ kgm} \leq 28.935 \text{ kgm} \rightarrow (\mathbf{OK})$$

7. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

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

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 27,36 \times 1$$

$$V_n = 41040 \text{ kg}$$

$$V_U \leq \phi_v V_n$$

$$6.078,74 \text{ kg} \leq 1 \times 41.040 \text{ kg} \rightarrow (\mathbf{OK})$$

#### 8. Kontrol lendutan

$$L = 280 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{280}{360} = 0,778 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{P \times L^3}{E \times I_x} \right)$$

$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{1,09 \times 280^4}{2000000 \times 23700} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{5400 \times 280^3}{2000000 \times 23700} \right) = 0,07 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,07 < 0,77 \rightarrow (\mathbf{OK})$$

#### 4.2.4.3 Perencanaan Balok Penumpu Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 450x200x8x12, dengan data – data sebagai berikut:

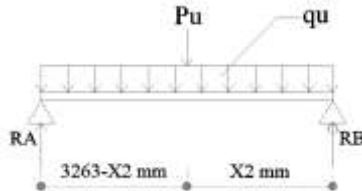
$W = 66,2 \text{ kg/m}$	$r = 18 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 84,3 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1393 \text{ cm}^3$	$= 386 \text{ mm}$
$d = 446 \text{ mm}$	$Z_y = 244 \text{ cm}^3$	$S_x = 1290 \text{ cm}^3$
$b_f = 199 \text{ mm}$	$i_x = 18,5 \text{ cm}$	$S_y = 159 \text{ cm}^3$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$i_y = 4,33 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 12 \text{ mm}$	$I_x = 28700 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 1580 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

Perhitungan pembebanan

a. Beban merata

1. Beban mati

- Berat profil balok penumpu *lift* = 66,2 kg/m
  - Berat sambungan (10%) = 6,62 kg/m +
  - Total ( $q_D$ ) = 72,82 kg/m
2. Beban terpusat *lift*
- $P_D = V_u$  balok penggantung *lift* = 6068,74 kg



**Gambar 4.30** Model Pembebanan Balok Penumpu *Lift*

3. Beban berfaktor

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 \times q_D \\
 &= 1,2 \times 72,82 \\
 &= 87,384 \text{ kg/m} \\
 P_U &= 1,4 \times P_D \\
 &= 1,4 \times 9824,2 \\
 &= 13753,81 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan jarak balok penggantung *lift*

➤  $\sum M_B = 0$

$$\begin{aligned}
 R_A \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_2 &= 0 \\
 7800 \cdot 3,263 - \frac{1}{2} \cdot 87,384 \cdot 3,263^2 - P_u \cdot x_2 &= 0 \\
 P_u \cdot x_2 &= 7800 \cdot 3,263 - \frac{1}{2} \cdot 87,384 \cdot 3,263^2 \\
 P_u &= \frac{24986,2}{x_2} \dots\dots\dots (\text{pers 1})
 \end{aligned}$$

➤  $\sum M_A = 0$

$$\begin{aligned}
 (-R_B \cdot L) + \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2 + P_u \cdot (L - x_2) &= 0 \\
 (-6450 \cdot 3,263) + \frac{1}{2} \cdot 87,384 \cdot 3,263^2 + P_u \cdot (3,263 - x_2) &= 0 \\
 \text{Dari persamaan 1 dimasukkan nilai } p_u &= \\
 (-6450 \cdot 3,263) + \frac{1}{2} \cdot 87,384 \cdot 3,263^2 + \frac{24986,2}{x_2} \cdot (3,263 - x_2) &= 0 \\
 (-21046,35) + 465,196 + \frac{24986,2}{x_2} \cdot (3,263 - x_2) &= 0
 \end{aligned}$$

$$-20581,15 + \frac{81529,97}{X_2} - 24986,2 = 0$$

$$x_2 = \frac{-81529,97}{-45567,35}$$

$$x_2 = 1,789 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

$$x_1 = L - x_2 = 3,263 \text{ m} - 1,8 \text{ m} = 1,463 \text{ m}$$

### 5. Gaya dalam pada balok penumpu

$$\blacktriangleright \sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_2 = 0$$

$$V_A \cdot 3,263 - \frac{1}{2} \cdot 87,384 \cdot 3,263^2 - 13753,81 \cdot 1,8 = 0$$

$$V_A = 7729,71318 \text{ kg}$$

$$\blacktriangleright \sum M_A = 0$$

$$V_B \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2 - P_u \cdot x_1 = 0$$

$$V_B \cdot 3,263 - \frac{1}{2} \cdot 87,384 \cdot 3,263^2 - 13753,81 \cdot 1,463 = 0$$

$$V_B = 6309,230812 \text{ kg}$$

$$M_x = V_A \cdot x_2 - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot x_2^2 + \frac{x_1 \cdot (L - x_1) \cdot P_u}{L}$$

$$x = 0 \quad ; \quad M_x = 0 \text{ kgm}$$

$$x = 1,463 \quad ; \quad M_x = 24871,91 \text{ kgm}$$

$$x = 1,8 \quad ; \quad M_x = 24871,91 \text{ kgm}$$

### \blacktriangleright Momen yang terjadi

$$M_u \text{ max} = 24871,91 \text{ kgm}$$

### \blacktriangleright Gaya geser yang terjadi

$$V_u \text{ max} = 7729,713 \text{ kg}$$

### 6. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

#### \blacktriangleright Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{199}{24} = 8,29$$

$$\lambda p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

➤ Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{8} = 48,25$$

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

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

➤ Kontrol Tekuk Lateral

Jarak penahan Lateral ( $L_b$ ) berdasarkan panjang antar *shear connector* pada brosur perencanaan bondek yaitu 40 cm

$$L_b = 40 \text{ cm}$$

$$L_p = 215,549 \text{ cm}$$

$$L_r = 617,1 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$  (Bentang pendek)

Sehingga  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 1393 \times 2500 = 3482500 \text{ kgcm} = 34.825 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$24.871,91158 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 34.825 \text{ kgm}$$

$$24.871,91158 \text{ kgm} \leq 31.342 \text{ kgm} \rightarrow \text{(OK)}$$

7. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{386}{8} = 48,25$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$



$$V_n = 0,6F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 30,88 \times 1$$

$$V_n = 46320 \text{ kg}$$

$$V_U \leq \phi_v V_n$$

$$5.614,7 \text{ kg} \leq 1 \times 46.320 \text{ kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

#### 8. Kontrol lendutan

$$L = 280 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{280}{360} = 0,71 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \times L^4}{E \times I_x} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{P \times L^3}{E \times I_x} \right)$$

$$f^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{0,7282 \times 255^4}{2000000 \times 28700} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{6078,74 \times 255^3}{2000000 \times 28700} \right) = 0,03 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,03 < 0,701 \rightarrow \text{(OK)}$$

### 4.2.5 Perencanaan Tangga

Tangga adalah salah satu bagian dari struktur bangunan bertingkat yang difungsikan sebagai jalur akses penghubung satu lantai dengan lantai lainnya. Pada gedung Grand Dharmahusada Lagoon ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dan tangga umum dengan menggunakan konstruksi baja..

#### 4.2.5.1 Data Perencanaan Tangga

Perencanaan injakan tangga berdasarkan data sebagai berikut :

- Tinggi antar lantai (h) = 3200 mm
- Panjang bordes = 3000 mm
- Tinggi bordes = 1600 mm
- Lebar bordes = 1500 mm
- Lebar tangga = 1400 mm

- Panjang tangga = 3300 mm
- Lebar injakan (i) = 300 mm
- Tinggi injakan (t) = 150 mm

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{h/2}{t} = \frac{3200/2}{150} = 11 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan} = \text{jumlah tanjakan} - 1 = 11 - 1 = 10$$

Persyaratan jumlah injakan tangga :

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

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

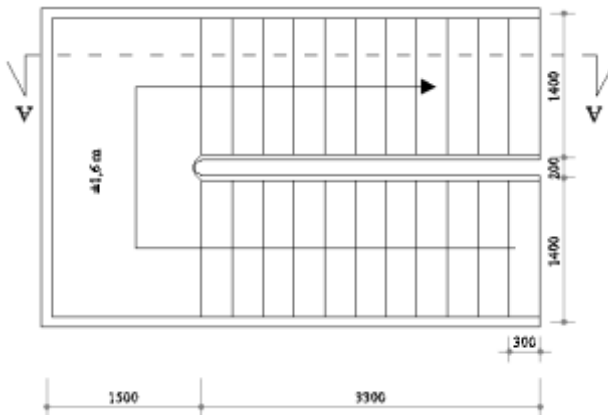
Cek persyaratan

- $60 \text{ cm} \leq (2(15) + 30) \leq 65 \text{ cm}$   
 $60 \text{ cm} \leq 60 \leq 65 \text{ cm}$  (OK)
- $25^\circ < a < 40^\circ$

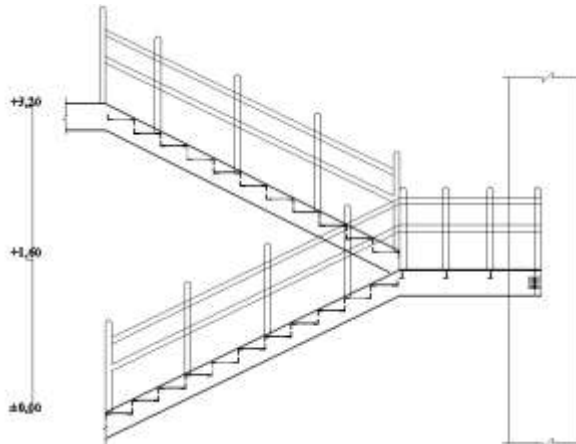
$$25^\circ < \arctan \left( \frac{h/2}{\text{panjang tangga}} \right) < 40^\circ$$

$$25^\circ < \arctan \left( \frac{3200/2}{3300} \right) < 40^\circ$$

$$25^\circ < 25,86 < 40^\circ \text{ (OK)}$$



**Gambar 4.31** Sketsa Denah Tangga



**Gambar 4.32** Potongan Tangga

#### 4.2.5.2 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Berat jenis baja =  $7850 \text{ kg/m}^3$

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



**Gambar 4.33** Pelat Anak Tangga

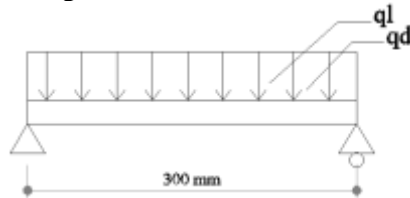
##### a. Perencanaan tebal pelat anak tangga

Direncanakan anak tangga menggunakan pelat baja tebal 4 mm. peraturan pembebanan pada struktur pelat anak tangga ini menggunakan SNI 1727:2013.

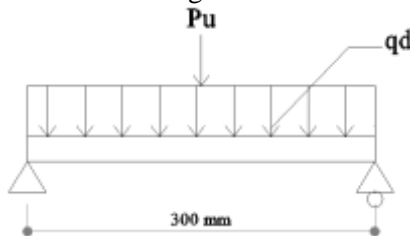
##### 1. Beban mati

- Berat pelat =  $0,004 \times 1,4 \times 7850 = 43,96 \text{ kg/m}^2$
- Sambungan = ( 10% berat pelat) =  $4,396 \text{ kg/m}^2 +$

- Total ( $q_D$ ) = 48,356 kg/m<sup>2</sup>
2. Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
- Beban hidup merata tangga = 488,444 kg/m<sup>2</sup>
  - $q_L = 1,4 \text{ m} \times 488,444 \text{ kg/m}^2 = 683,8216 \text{ kg/m}^2$
  - Beban terpusat tangga
  - $P_L = 135,62 \text{ kg}$



**Gambar 4.34** Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Terbagi Merata



**Gambar 4.35** Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Merata dan Terpusat

3. Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 48,35 \times 0,3^2 = 0,54 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 683,82 \times 0,25^2 = 7,69 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,25 = 10,17 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan :

$$M_D = 0,54 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = 10,17 \text{ kg.m}$$

## 4. Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_{LP} = 1,2 \times 0,54 + 1,6 \times 10,17 = 16,92 \text{ kg.m}$$

## 5. Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 30 \times 0,4^2 = 1,2 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times F_y = 1,2 \times 2500 = 3000 \text{ kgcm} = 30 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$16,92 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 30 \text{ kgm}$$

$$16,92 \text{ kgcm} \leq 27 \text{ kgm} \rightarrow \text{(OK)}$$

## 6. Kontrol lendutan

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

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 30 \times 0,4^3 = 0,16 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \times I_x} \right] + \left[ \frac{1}{48} \times \frac{P \times L^3}{E \times I_x} \right]$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(0,07321) \times 30^4}{2000000 \times 0,16} \right] + \left[ \frac{1}{48} \times \frac{135,62 \times 30^3}{2000000 \times 0,16} \right]$$

$$f^0 = 0,11 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,11 \text{ cm} < 0,125 \text{ cm} \quad \text{(OK)}$$

## b. Perencana pengaku

Pengaku pelat anak tangga direncanakan dengan profil siku sama kaki L 50x50x7, dengan data sebagai berikut :

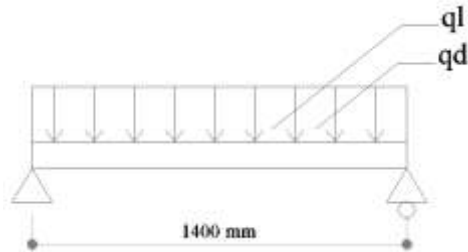
W = 5,15 kg/m	r = 7 mm	e = 1,49 cm
b = 50 mm	A = 6,56 cm <sup>2</sup>	Fy = 250 MPa
d = 7 mm	Ix = Iy = 14,6 cm <sup>4</sup>	Fu = 410 MPa
	ix = iy = 1,49 cm	E = 200000 MPa

Perhitungan pembebanan

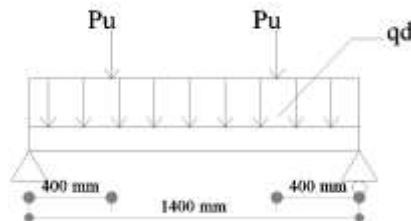
## 1. Beban mati (1/2 lebar injakan)

➤ Berat pelat =  $0,004 \times 0,15 \times 7850 = 4,71 \text{ kg/m}$

- Berat profil siku sendiri  $= 5,15 \text{ kg/m} +$   
 $= 9,86 \text{ kg/m}$
  - Berat sambungan (10%)  $= 0,986 \text{ kg/m} +$   
Total ( $q_D$ )  $= 10,46 \text{ kg/m}$
2. Beban hidup (1/2 lebar injakan)
- Beban hidup merata tangga  $= 488,444 \text{ kg/m}^2$   
 $q_L = 0,15 \text{ m} \times 488,444 \text{ kg/m}^2 = 73,267 \text{ kg/m}$   
Beban terpusat (SNI 1727:2013 4.5.4)  $= 135,62 \text{ kg}$



**Gambar 4.36** Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Terbagi Merata



**Gambar 4.37** Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Merata dan Terpusat

3. Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 100,846 \times 1,4^2 = 2,66 \text{ kgm}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 73,267 \times 1,4^2 = 17,95 \text{ kgm}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{3} \times P \times L = \frac{1}{3} \times 135,6 \times 1,4 = 63,29 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 10,846 \times 1,4 = 7,59 \text{ kg}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 61,05 \times 1,4 = 42,74 \text{ kg}$$

$$V_L = P = 135,62 \text{ kg}$$

#### 4. Perhitungan kombinasi pembebanan

$$M_U = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2(2,66) + 1,6(63,29) = 104,452 \text{ kgm}$$

$$V_U = 1,2V_D + 1,6V_L = 1,2(7,59) + 1,6(135,62) = 226,103 \text{ kg}$$

#### 5. Kontrol kuat momen lentur

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{50}{7} = 7,142$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,273$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$Z_x = (b - e) \times d \times \frac{b - e}{2} + e \times d \times \frac{e}{2} + (b - d) \times d \times \left( e - \frac{d}{2} \right)$$

$$Z_x = 4312,035 + 777,035 + 3431,4$$

$$Z_x = 8520,47 \text{ mm}^3 = 8,52047 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times F_y = 8,52 \times 2500$$

$$M_n = 21301,18 \text{ kgcm} = 213,0118 \text{ kgm}$$

$$M_U \leq \phi_b M_n$$

$$104,1978 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 213,0118 \text{ kgm}$$

$$104,1978 \text{ kgm} \leq 191,7106 \text{ kgm} \rightarrow \text{(OK)}$$

#### 6. Kontrol kuat geser

Untuk profil siku tunggal, nilai  $K_v = 1,2$  (SNI 1729:2015 Pasal G4)

$$\frac{b-d}{d} \leq 1,1 \sqrt{K_v \frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{50-7}{7} \leq 1,1 \sqrt{1,2 \times \frac{200000}{250}}$$

$$6,14 \leq 34,082$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (b \times t) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 3,5 \times 1$$

$$V_n = 5250 \text{ kg}$$

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

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$225,377 \text{ kg} \leq 4.725 \text{ kg} \rightarrow (\text{OK})$$

#### 7. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{140}{240} = 0,583 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} \right] + \left[ \frac{1}{48} \times \frac{P \times L^3}{E \times I_x} \right]$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(0,71038) \times 1,4^4}{2000000 \cdot 14,6} \right] + \left[ \frac{1}{48} \times \frac{135,62 \times 1,4^3}{2000000 \times 14,6} \right]$$

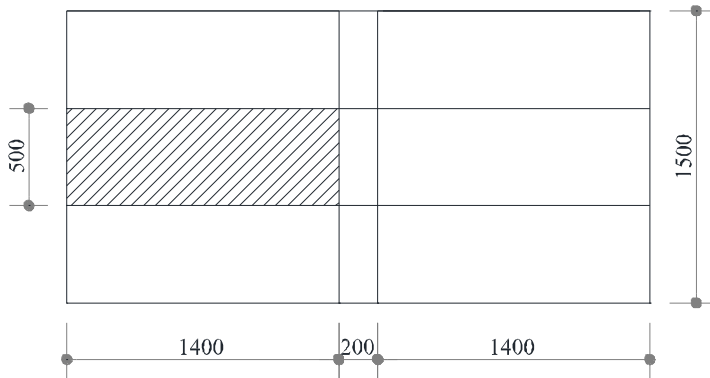
$$f^0 = 0,387 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,387 < 0,5833 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

#### 4.2.5.3 Perencanaan Pelat Bordes

Visualisasi perencanaan pelat bordes bisa dilihat pada **Gambar 4.38**.





**Gambar 4.38** Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes

a. Perencanaan tebal pelat bordes

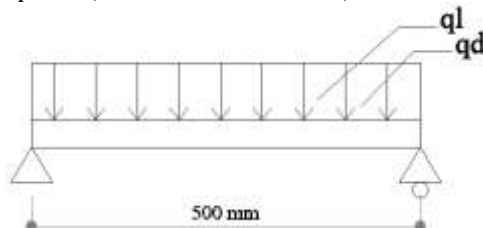
Direncanakan bordes menggunakan pelat baja setebal 6 mm. peraturan pembebanan pada struktur pelat anak tangga ini menggunakan SNI 1727-2013

1. Beban mati

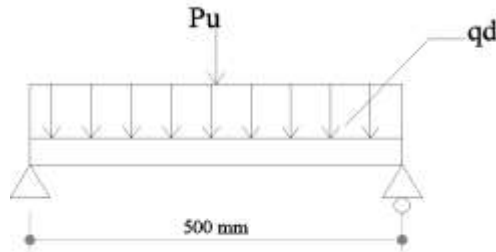
- Berat pelat =  $0,006 \times 1,4 \times 7850 = 65,94 \text{ kg/m}$
- Berat sambungan dll (10%)  $= 6,594 \text{ kg/m} +$
- Total ( $q_D$ )  $= 72,534 \text{ kg/m}$

2. Beban hidup

- Beban hidup merata tangga  $= 488,444 \text{ kg/m}^2$
- $q_L = 1,4 \text{ m} \times 488,444 \text{ kg/m}^2 = 683,82 \text{ kg/m}$
- Beban terpusat (SNI 1727:2013 4.5.4)  $= 135,62 \text{ kg}$



**Gambar 4.39** Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Terbagi Rata



**Gambar 4.40** Pembebanan Pelat Bordes dengan Beban Hidup Terbagi Rata dan Terpusat

3. Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 72,53 \times 0,5^2 = 2,267 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 683,82 \times 0,5^2 = 21,37 \text{ kg.m}$$

$$M_{IP} = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,5 = 16,95 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan

$$M_D = 2,267 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 21,37 \text{ kg.m}$$

4. Kombinasi pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2 \times 2,267 + 1,6 \times 21,37 = 36,91 \text{ kg.m}$$

5. Kontrol momen lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 50 \times 0,6^2 = 4,5 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times F_y = 4,5 \times 2500 = 11250 \text{ kgcm} = 112,5 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$36,9111 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 112,5 \text{ kgm}$$

$$36,9111 \text{ kgm} \leq 101,25 \text{ kgm} \rightarrow \text{(OK)}$$

6. Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{50}{240} = 0,21 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 140 \times 0,6^3 = 2,52 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} \right] + \left[ \frac{1}{48} \times \frac{P \times L^3}{E \times I_x} \right]$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(7,56) \times 50^4}{2000000 \times 2,52} \right] + \left[ \frac{1}{48} \times \frac{135,62 \times 50^3}{2000000 \times 2,52} \right]$$

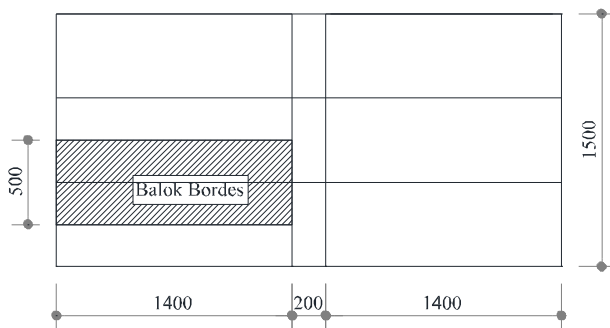
$$f^0 = 0,19 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,19 < 0,21 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.2.5.4 Perencanaan Balok Bordes

Balok bordes direncanakan menggunakan profil WF 100x50x5x7 dengan data sebagai berikut :

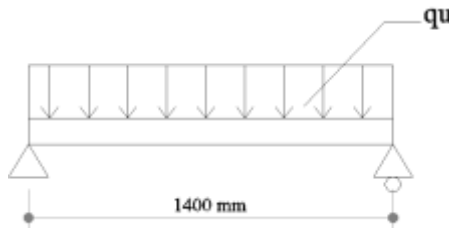
$W = 9,3 \text{ kg/m}$	$r = 8 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 11,85 \text{ cm}^2$	$Z_x = 42 \text{ cm}^3$	$= 76 \text{ mm}$
$d = 100 \text{ mm}$	$Z_y = 9 \text{ cm}^3$	$S_x = 37,5 \text{ cm}^3$
$b_f = 50 \text{ mm}$	$i_x = 3,98 \text{ cm}$	$S_y = 5,91 \text{ cm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$	$i_y = 1,12 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ MPa}$
$t_f = 7 \text{ mm}$	$I_x = 187 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ MPa}$
	$I_y = 14,8 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ MPa}$



**Gambar 4.41** Balok Bordes Tangga

## Perhitungan pembebanan

1. Beban mati
  - Berat pelat =  $0,006 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 7850 = 23,55 \text{ kg/m}$
  - Berat profil =  $9,33 \text{ kg/m} +$   
 $= 32,853 \text{ kg/m}$
  - Sambungan (10%) =  $3,2853 \text{ kg/m}$
  - Total ( $q_D$ ) =  $36,1383 \text{ kg/m}$
2. Beban hidup
  - Beban hidup merata tangga =  $488,444 \text{ kg/m}^2$
  - $q_L = 0,5 \text{ m} \times 488,444 \text{ kg/m}^2 = 244,222 \text{ kg/m}$
3. Beban berfaktor
  - $M_u = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \times 36,14 + 1,6 \times 244,22 = 434,12 \text{ kg.m}$



**Gambar 4.42** Pembebanan Pada Balok Bordes

4. Gaya dalam pada balok bordes

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 434,12 \times 1,4^2 = 106,3597 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 434,12 \times 1,4 = 303,8848 \text{ kg}$$

5. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{14} = 3,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

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

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 42 \times 2500 = 105000 \text{ kgcm}$$

➤ Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 140 \text{ cm}$$

$$L_p = 55,754 \text{ cm}$$

$$L_r = 286,927 \text{ cm}$$

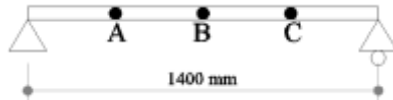
$L_p < L_b < L_r$  (Bentang Menengah)

$$M_{\text{maks}} = 10635,97 \text{ kgcm}$$

$$M_A = 7976,98 \text{ kgcm}$$

$$M_B = 10635,97 \text{ kgcm}$$

$$M_C = 7976,98 \text{ kgcm}$$



**Gambar 4.43** Posisi Titik Momen yang Ditinjau

$$C_b = \frac{12,5M_{\text{max}}}{2,5M_{\text{max}} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,30$$

$$C_b = \frac{12,5(10635,97)}{2,5(10635,97) + 3(7976,98) + 4(10635,97) + 3(7976,98)} \leq 2,30$$

$$C_b = 1,136$$

$$0,7F_y S_x = 0,7 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 37,5 \text{ cm}^3 = 65625 \text{ kgcm}$$

$$\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} = 0,636$$

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

$$M_n = 103012,083 \text{ kgcm} \leq 105000 \text{ kgcm}$$

$M_n < M_p$  ( tekuk lateral menentukan)

$$M_n = 103012,083 \text{ kgcm} = 1.030,12083 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$106,3597 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 1.030,12083 \text{ kgm}$$

$$106,3597 \text{ kgm} \leq 927,1987 \text{ kgm} \rightarrow \text{(OK)}$$

6. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 3,5 \times 1$$

$$V_n = 5250 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$303,8848 \text{ kg} \leq 1 \times 5.250 \text{ kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

➤ Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{140}{240} = 0,389 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} \right]$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(2,475) \times 140^4}{2000000 \times 187} \right]$$

$$f^0 = 0,033 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijm} \rightarrow 0,033 < 0,389 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.2.5.5 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisis 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 300x150x6,5x9 dengan data-data sebagai berikut:

$W = 36,7 \text{ kg/m}$	$r = 13 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 46,78 \text{ cm}^2$	$Z_x = 522 \text{ cm}^3$	$= 256 \text{ mm}$
$d = 300 \text{ mm}$	$Z_y = 104 \text{ cm}^3$	$S_x = 481 \text{ cm}^3$
$b_f = 150 \text{ mm}$	$i_x = 12,4 \text{ cm}$	$S_y = 67,7 \text{ cm}^3$
$t_w = 6,5 \text{ mm}$	$i_y = 3,29 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 9 \text{ mm}$	$I_x = 7210 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 508 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

Perhitungan pembebanan

a. Bidang miring

1. Beban mati

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| ➤ Berat pelat = $0,004 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} \times 7850$ | $= 43,96 \text{ kg/m}$    |
| ➤ <i>Hand rail</i>   | $= 20 \text{ kg/m}$       |
| ➤ Berat profil siku ( $2 \times 5,15/0,33 \times 1,4$ )            | $= 57,68 \text{ kg/m}$    |
| ➤ Berat profil balok utama (berat/cos)                             | $= 46,9 \text{ kg/m} +$   |
|  | $= 168,64 \text{ kg/m}$   |
| ➤ Sambungan (10%)  | $= 16,864 \text{ kg/m}$   |
| Total ( $q_{D1}$ )   | $= 185,5028 \text{ kg/m}$ |
| 2. Beban hidup ( $q_{L1}$ )  |                           |
| ➤ Tangga dan jalan keluar ( $488,444 \times 1,4$ )                 | $= 683,82 \text{ kg/m}$   |

## 3. Beban berfaktor

$$\begin{aligned}
 q_{U1} &= 1,2q_{D1} + 1,6q_{L1} \\
 &= 222,6034 + 1094,115 \\
 &= 1316,718 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

## b. Bidang horizontal

## 1. Beban mati

- *Hand rail* = 20 kg/m
- Berat profil balok utama = 36,7 kg/m
- Pelat bordes = 65,94 kg/m +  
= 122,64 kg/m
- Sambungan (10%) = 12,26 kg/m
- Total ( $q_{D2}$ ) = 134,9 kg/m

2. Beban hidup ( $q_{L2}$ )

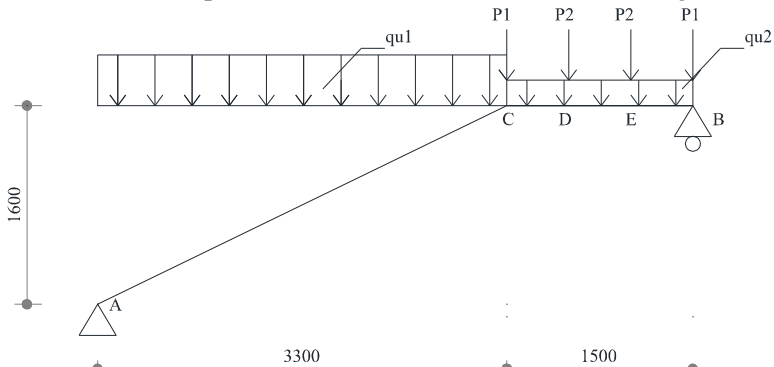
- Tangga dan jalan keluar ( $488,444 \times 1,4$ ) = 683,82 kg/m

## 3. Beban berfaktor

$$\begin{aligned}
 q_{U2} &= 1,2q_{D2} + 1,6q_{L2} \\
 &= 161,88 + 1094,115 \\
 &= 1255,99 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$P1 = 0,5 \times 1,2q_{DB} \times 1,4 = 0,5 \times 1,2 \times 23,184 \times 1,4 = 19,47 \text{ kg}$$

$$P2 = 0,5 \times 1,2q_{DA} \times 1,4 = 0,5 \times 1,2 \times 36,138 \times 1,4 = 30,36 \text{ kg}$$



**Gambar 4.44** Pembebanan Pada Balok Utama Tangga

## 4. Reaksi Perletakan

$$\sum M_A = 0$$



$$(q_{U1} \times 3,3 \times \frac{1}{2} \times 3,3) + (P_1 \times 3,3) + (P_2 \times 3,8) + (P_2 \times 4,3) + (P_1 \times 4,8) + \{q_{U2} \times 1,5 \times [(\frac{1}{2} \times 1,5) + 3,3]\} - [R_B \times (3,3 + 1,5)] = 0$$

$$R_B = \frac{(7169,43+64,251 + 115,368+130,548+93,456+7629,5925) \text{ kgm}}{4,8 \text{ m}}$$

$$R_B = 3167,35245 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$- \{q_{U1} \times 3,3 \times [(\frac{1}{2} \times 3,3) + 1,5]\} - (P_1 \times 1,5) - (P_2 \times 1) - (P_2 \times 0,5) - (P_1 \times 0) - (q_{U2} \times 1,5 \times \frac{1}{2} \times 1,5) + [R_A \times (3,3 + 1,5)] = 0$$

$$R_A = \frac{(-1316,7 \times 10,395 - 19,47 \times 1,5 - 30,36 \times 1 - 30,36 \times 0,5 - 0 - 1255,9 \times 1,125) \text{ kgm}}{-4,8 \text{ m}}$$

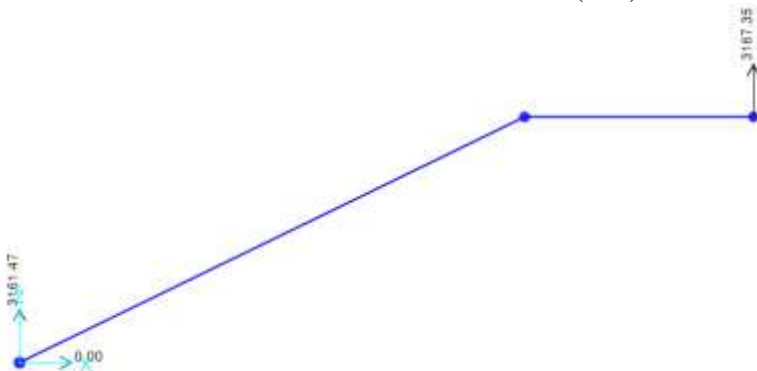
$$R_A = 3161,401875 \text{ kg}$$

$$R_A \text{ dari perhitungan SAP} = 3161,401875 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$R_B \text{ dari perhitungan SAP} = 3167,35245 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$



**Gambar 4.45** Hasil *Joint Reaction* SAP2000

➤ Bidang M

a-c

$$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} q_{U1} \cdot x^2$$

$$= (3161,4 \text{ kg} \cdot x) - [\frac{1}{2} \times 1316,718 \text{ kg/m} \cdot (x^2)]$$

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

$$M_A = 0 \text{ kgm}$$

$$M_A \text{ dari perhitungan SAP} = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$X = 3,3 \text{ m}$$

$$M_C = (3161,4 \times 3,3) - [1/2 \times 1316,718 \times (3,3)^2]$$

$$= 3263,09 \text{ kgm}$$

$$M_C \text{ dari perhitungan SAP} = 3263,3 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

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

$$\frac{dM_x}{dx} = 3161,4 \text{ kg} - 1316,718 \text{ kg/m} \cdot x = 0$$

$$x_{\max} = 2,4 \text{ m}$$

$$M_{\max} = (3161,4 \cdot x_{\max}) - [1/2 \times 1316,718 \times (x_{\max})^2]$$

$$= (3161,4 \times 2,4) - [1/2 \times 1316,718 \times (2,4)^2]$$

$$= 3795,21 \text{ kgm}$$

b-c

$$M_X = R_B \cdot x - 1/2 q_{U2} \cdot x^2 - P_L \cdot x$$

$$= 3167,35 \cdot x - 1/2 \cdot 1255,99 \cdot x^2 - P_L \cdot x$$

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

$$M_B = 0 \text{ kgm}$$

$$M_B \text{ dari perhitungan SAP} = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$x = 1,5 \text{ m}$$

$$M_C = (3167,35 \text{ kg} \times 1,5) - [1/2 \times 1255,99 \text{ kg/m} \times (1,5^2)] -$$

$$(19,47 \times 1,5) - (30,36 \times 1) - (30,36 \times 0,5)$$

$$= 3263,29 \text{ kgm}$$

$$M_C \text{ dari perhitungan SAP} = 3263,29 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

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

$$M_D = (3167,35 \text{ kg} \times 1) - [1/2 \times 1255,99 \text{ kg/m} \times (1^2)] -$$

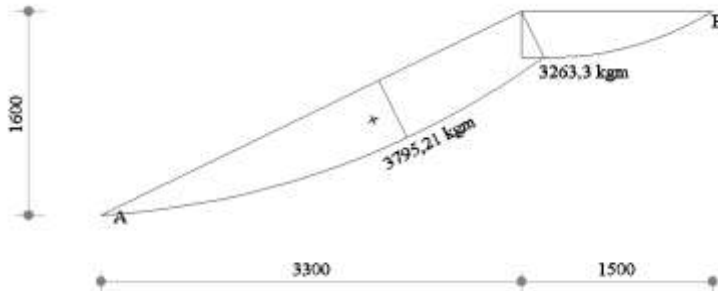
$$(19,47 \times 1) - (30,36 \times 0,5)$$

$$= 2504,705 \text{ kgm}$$

$$M_D \text{ dari perhitungan SAP} = 2504,705 \text{ kgm}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 0,5 \text{ m} \\
 M_E &= (3167,35 \text{ kg} \times 0,5) - \left[ \frac{1}{2} \times 1255,99 \text{ kg/m} \times (0,5^2) \right] - \\
 &\quad (19,47 \times 0,5) \\
 &= 1416,94 \text{ kgm} \\
 M_E \text{ dari perhitungan SAP} &= 1416,94 \text{ kgm} \\
 \text{Selisih} &= 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.46** Bidang Momen

➤ Bidang D

a - c

$$\begin{aligned}
 D_X &= (R_A \cos \alpha) - (q_{U1} \cdot x \cdot \cos \alpha) \\
 &= \left( 3161,4 \cdot \frac{3,3}{3,667} \right) - \left( 1316,718 \cdot x \cdot \frac{3,3}{3,667} \right)
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 D_{A(ka)} &= \left( 3161,4 \cdot \frac{3,3}{3,667} \right) - \left( 1316,718 \cdot 0 \cdot \frac{3,3}{3,667} \right) \\
 &= 2845,001 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$D_A \text{ dari perhitungan SAP} = 2844,73 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

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

$$\begin{aligned}
 D_{C(ki)} &= \left( 3161,4 \cdot \frac{3,3}{3,667} \right) - \left( 1316,718 \cdot 3,3 \cdot \frac{3,3}{3,667} \right) \\
 &= -1065,2956 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$D_{C(ki)} \text{ dari perhitungan SAP} = -1065,12 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

b - c

$$D_X = -R_B + (q_{U2} \cdot x) + P_1 + P_2 + P_2 + P_1$$

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

$$D_{B(ki)} = -3167,35 + (1255,99 \cdot x) + 19,47$$

$$= -3147,88 \text{ kg}$$

$$D_B \text{ dari perhitungan SAP} = -3147,88 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$x = 0,5 \text{ m}$$

$$D_{E(ki)} = -3167,35 + (1255,99 \cdot 0,5) + 19,47 + 30,36$$

$$= -2489,525 \text{ kg}$$

$$D_E \text{ dari perhitungan SAP} = -2489,525 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

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

$$D_{D(ki)} = -3167,35 + (1255,99 \cdot 1) + 19,47 + 30,36 + 30,36$$

$$= -1831,17 \text{ kg}$$

$$D_D \text{ dari perhitungan SAP} = -1831,17 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$

$$x = 1,5 \text{ m}$$

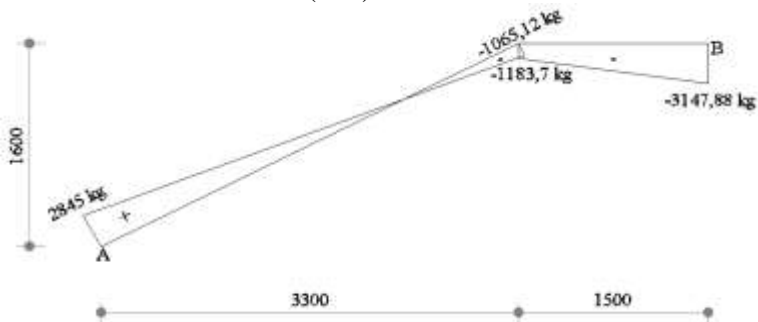
$$D_{C(ki)} = -3167,35 + (1255,99 \cdot 1,5) + 19,47$$

$$+ 30,36 + 30,36 + 19,47$$

$$= -1183,705 \text{ kg}$$

$$D_B \text{ dari perhitungan SAP} = -1183,705 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih} = 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}$$



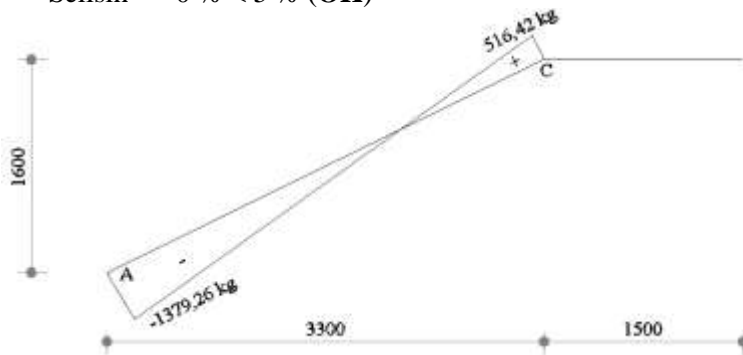
**Gambar 4.47** Bidang D

➤ Bidang N

$$\frac{a-c}{N_X}$$

$$= -(R_A \sin \alpha) + (q_{UI} \cdot x \cdot \sin \alpha)$$

$$\begin{aligned}
 &= -(3161,4 \times \frac{1,6}{3,667}) + (1316,718 \cdot x \cdot \frac{1,6}{3,667}) \\
 x &= 0 \text{ m} \\
 N_{A(ka)} &= -(3161,4 \times \frac{1,6}{3,667}) + (1316,718 \cdot 0 \cdot \frac{1,6}{3,667}) \\
 &= -1379,39 \text{ kg} \\
 N_A \text{ dari perhitungan SAP} &= -1379,26 \text{ kg} \\
 \text{Selisih} &= 0 \% < 5 \% \text{ (OK)} \\
 x &= 3,3 \text{ m} \\
 N_{C(ki)} &= -(3161,4 \times \frac{1,6}{3,667}) + (1316,718 \cdot 3,3 \cdot \frac{1,6}{3,667}) \\
 &= 516,5069 \text{ kg} \\
 N_C \text{ dari perhitungan SAP} &= 516,5069 \text{ kg} \\
 \text{Selisih} &= 0 \% < 5 \% \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.48** Bidang N

5. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

➤ Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{18} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

➤ Pelat badan

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

$$\lambda p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda p$  (Penampang kompak)

6. Kontrol Tekuk Lateral

$$L_p = \frac{30}{\cos(25,866)} = 33,34 \text{ cm}$$

$$L_r = 163,77 \text{ cm}$$

$$L_b = 478,2 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$  (Bentang pendek)

Sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 522 \times 2500 = 1305000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$3.795,21 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 13.050 \text{ kgm}$$

$$3.795,21 \text{ kgm} \leq 11.745 \text{ kgm} \rightarrow \text{(OK)}$$

7. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda p$$

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

$$\lambda p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 16,64 \times 1$$

$$V_n = 24960 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$3.167,35 \text{ kg} \leq 1 \times 24.960 \text{ kg} \rightarrow (\text{OK})$$

#### 8. Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{406,1}{360} = 1,12 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,23 \text{ cm} \quad (\text{didapatkan dari hasil SAP2000})$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,23 < 1,12 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

#### 4.2.5.6 Perencanaan Balok Penumpu Tangga

Balok penumpu tangga direncanakan menggunakan profil WF 300x150x6.5x9 dengan data-data sebagai berikut:

W = 36,7 kg/m	r = 13 mm	h = d-2(t <sub>r</sub> +r)
A = 46,78 cm <sup>2</sup>	Z <sub>x</sub> = 522 cm <sup>3</sup>	= 256 mm
d = 300 mm	Z <sub>y</sub> = 104 cm <sup>3</sup>	S <sub>x</sub> = 481 cm <sup>3</sup>
b <sub>f</sub> = 150 mm	i <sub>x</sub> = 12,4 cm	S <sub>y</sub> = 67,7 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub> = 6,5 mm	i <sub>y</sub> = 3,29 cm	f <sub>y</sub> = 250 Mpa
t <sub>f</sub> = 9 mm	I <sub>x</sub> = 7210 cm <sup>4</sup>	f <sub>u</sub> = 410 Mpa
	I <sub>y</sub> = 508 cm <sup>4</sup>	E = 200000 Mpa

Perhitungan pembebanan

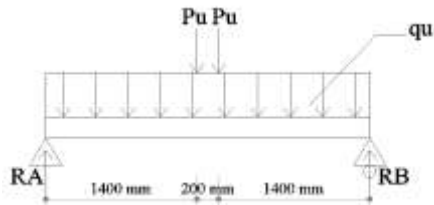
##### 1. Beban mati

➤ Berat profil balok	= 36,7 kg/m +
	= 36,7 kg/m
➤ Sambungan (10%)	= 3,67 kg/m +
Total (q <sub>D</sub> )	= 40,37 kg/m

##### 2. Beban berfaktor

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2q_D + 1,6q_L \\ &= 1,2 \times 40,37 + 1,6 \times 0 \\ &= 48,44 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$P_u = 3167,35245 \text{ kg} \quad (\text{Dari reaksi } V_u \text{ max balok utama})$$



**Gambar 4.49** Pembebanan Pada Balok Penumpu Tangga

3. Reaksi Perletakan

$$\sum M_A = 0$$

$$(-R_{VB} \times 3) + [P_U \times (0,2 + 1,4) + (P_U \times 1,4) + (q_U \times 3 \times 1,5)] = 0$$

$$R_{VB} = \frac{(3167,35 \times 1,6 + 3167,35 \times 1,4 + 48,44 \times 3 \times 1,5) \text{ kgm}}{3 \text{ m}}$$

$$R_{VB} = 3240,01 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$(-R_{VA} \times 3) + [P_U \times (0,2 + 1,4) + (P_U \times 1,4) + (q_U \times 3 \times 1,5)] = 0$$

$$R_{VA} = \frac{(3167,35 \times 1,6 + 3167,35 \times 1,4 + 48,44 \times 3 \times 1,5) \text{ kgm}}{3 \text{ m}}$$

$$R_{VA} = 3240,01 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \sum V &= R_{VA} + R_{VB} - R_B - R_B - (q_U \times L) \\ &= 3240,01 + 3240,01 - (2 \times 3167,35) - (48,44 \times 3) \\ &= 0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

4. Gaya dalam pada balok penumpu

➤ Gaya geser yang terjadi

$$V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L + P_U = \frac{1}{2} \times 48,44 \times 3 + 3167,35 = 3240,01 \text{ kg}$$

➤ Momen yang terjadi

$$M_U = R_B \times \frac{L}{2} - \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 - P_U \times L$$



$$M_u = 3240,01 \times \frac{3}{2} - \frac{1}{8} \times 48,44 \times 3^2 - 3167,35245 \times 0,1$$

$$M_u = 4488,784 \text{kgm}$$

5. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur  
Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{18} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Pelat badan

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

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

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_p = 140 \text{ cm}$$

$$L_r = 163,77 \text{ cm}$$

$$L_r = 478,2 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$  (Bentang pendek)

Sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 522 \times 2500 = 1305000 \text{kgcm} = 13.050 \text{kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$4.488,784 \text{kgm} \leq 0,9 \times 13.050 \text{kgm}$$

$$4.488,784 \text{kgm} \leq 11.745 \text{kgm} \rightarrow \text{(OK)}$$

6. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda p$$

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

$$\lambda p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 16,64 \times 1$$

$$V_n = 24960 \text{ kg}$$

$$V_U \leq \phi_v V_n$$

$$3.240,01 \text{ kg} \leq 1 \times 24.960 \text{ kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

#### 7. Kontrol lendutan

$$L = 300 \text{ cm}$$

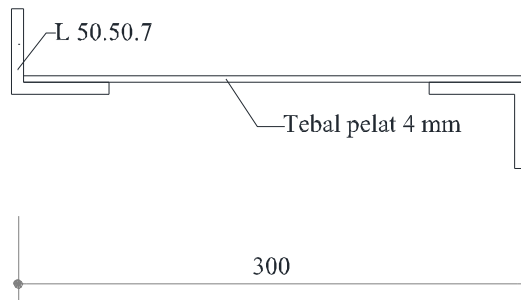
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300}{360} = 0,83 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \left( \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{E \times I_x} \right) + \left( \frac{1}{48} \times \frac{P \times L^3}{E \times I_x} \right) \\ &= \left( \frac{5}{384} \times \frac{40,37 \times 300^4}{2000000 \times 7210} \right) + \left( \frac{1}{24} \times \frac{3167,35 \times 300^3}{2000000 \times 7210} \right) \\ &= 0,42 \text{ cm} \end{aligned}$$

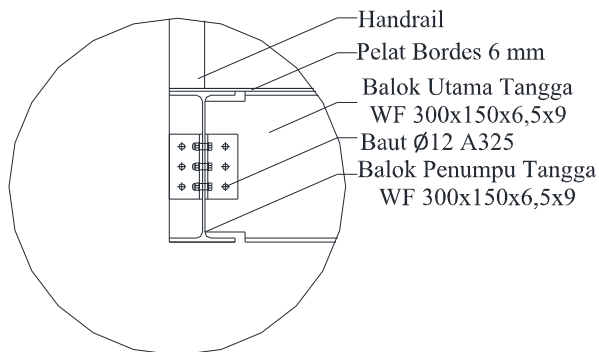
$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,42 \text{ cm} < 0,833 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

**Tabel 4.8** Ukuran Profil Perencanaan Tangga dengan Ketinggian 3,2 m

Tinggi Lantai	Keterangan	Ukuran profil
3,2 meter	Anak tangga	Tebal plat 4 mm
	Pelat pengaku	L 50x50x7
	Pelat bordes	Tebal plat 6 mm
	Balok bordes	WF 100x50x5x7
	Balok utama	WF 300x150x6,5x9
	Balok penumpu	WF 300x150x6,5x9



**Gambar 4.50** Profil Pengaku dan Tebal Pelat yang Digunakan

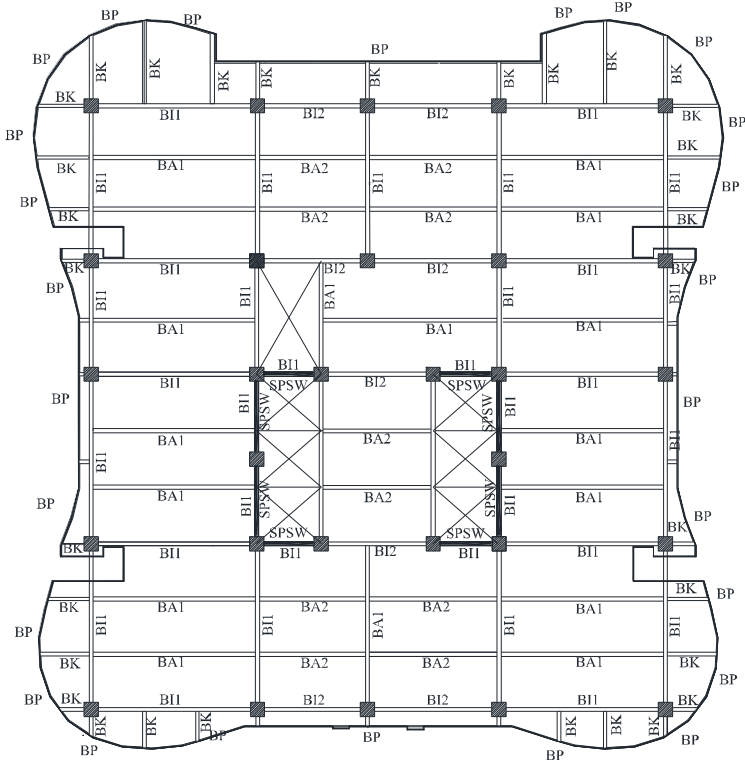


**Gambar 4.51** Detail Profil yang Digunakan

### 4.3 Pembebanan dan Analisis Struktur

#### 4.3.1 Umum

Denah gedung pada permodelan tugas akhir ini bisa dilihat pada **Gambar 4.52**.



**Gambar 4.52** Denah Gedung

Dalam perhitungan analisis struktur diperlukan suatu permodelan struktur, dimana struktur Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga harus dilakukan analisis dengan menggunakan analisis respon dinamik. Struktur Gedung Apartemen Grand

Dharmahasada Lagoon memiliki total 20 lantai dengan 1 lantai basement, tinggi total gedung 65,3 meter. Permodelan struktur pada tugas akhir ini berupa struktur baja dengan sistem dinding geser pelat baja (*Steel Plate Shear Wall*). Struktur dinding geser berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Untuk bagian semi basement tetap menggunakan struktur baja dikarenakan tidak menahan beban dari tanah.

Program bantu ETABS membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan sebagai syarat struktur gedung baja. Syarat - syarat yang harus dipenuhi meliputi peraturan SNI 1726:2019 (Gempa), SNI 1729:2015 (Baja), dan SNI 2847:2013 (Beton).

### 4.3.2 Pembebanan Struktur Utama

Pada perencanaan struktur gedung, perhitungan terhadap semua macam beban yang terjadi wajib untuk dilakukan. Perhitungan harus meliputi beban yang terjadi antara lain beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Pembebanan struktur mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983, SNI 1727:2013, dan brosur.

#### 4.3.2.1 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 bertulang yang memiliki berat jenis  $2400 \text{ kg/m}^3$  (PPIUG 1983)
- Berat pelat bondek  $10,1 \text{ kg/ m}^2$  (brosur)
- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bressing dll memiliki berat jenis  $7850 \text{ kg/m}^3$  (PPIUG 1983)
- Berat dinding partisi sebesar  $73,42 \text{ kg/ m}^2$  (SNI 1727:2013)
- Berat aspal sebesar  $14 \text{ kg/ m}^2$  untuk setiap ketebalan 1 cm (PPIUG 1983)
- Berat spesi sebesar  $21 \text{ kg/ m}^2$  untuk setiap ketebalan 1 cm (PPIUG 1983)

- Berat keramik sebesar  $24 \text{ kg/m}^2$  untuk setiap ketebalan 1cm (PPIUG 1983)
  - Berat MEP sebesar  $25 \text{ kg/m}^2$
  - Berat plafond dan penggantung sebesar  $18 \text{ kg/m}^2$
  - Beban lift merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir
- Berikut adalah beban mati tambahan pelat atap dan pelat

lantai gedung:

1. Pelat Atap

➤ Berat aspal 2 cm (2x14)	$= 28 \text{ kg/m}^2$
➤ Berat plafon + penggantung (11+7)	$= 18 \text{ kg/m}^2$
➤ Berat MEP	$= 25 \text{ kg/m}^2 +$
Total	$= 71 \text{ kg/m}^2$
➤ Sambungan (10%)	$= 7,1 \text{ kg/m}^2 +$
Total	$= 78,1 \text{ kg/m}^2$

2. Pelat Lantai

Dinding Partisi	$= 73,42 \text{ kg/m}^2$
Berat spesi 1 cm	$= 21 \text{ kg/m}^2$
Berat keramik	$= 24 \text{ kg/m}^2$
Berat plafon + penggantung (11+7)	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Berat MEP	$= 25 \text{ kg/m}^2 +$
Total	$= 161,42 \text{ kg/m}^2$
Sambungan (10%)	$= 16,14 \text{ kg/m}^2 +$
Total	$= 177,562 \text{ kg/m}^2$

#### 4.3.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang memungkinkan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Atap} &= 97,893 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Lantai} &= 195,786 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.3.2.3 Beban Gempa

Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisis beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan diambil dari desain Spektra Indonesia dan Peta Gempa 2017.

### **a. Pembebanan Gempa Dinamis**

Perhitungan beban gempa ditinjau dengan menganalisis beban gempa dinamik sesuai pada SNI 1726:2019. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

### **b. Arah Pembebanan**

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

- Gempa Respon Spektrum X  
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah X
- Gempa Respon Spektrum Y  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektivitas arah X

### **c. Parameter Respon Spektrum Rencana**

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, ada beberapa metode perhitungan pengaruh gempa, satu di antaranya adalah response spectrum. Gempa merupakan getaran yang memiliki parameter-parameter sebuah getaran, seperti frekuensi, periode, spektrum dan parameter lainnya. Dalam hal ini informasi response spectrum merupakan fungsi spektra percepatan gempa (S) terhadap rentang waktu selama periode gempa berlangsung (T). Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2019 dan Peta Gempa 2017.

Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2019 dan Peta Gempa 2017. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs D).

**Tabel 4.9** Parameter Gempa Surabaya (Grand Dharmahusada Lagoon) Untuk Situs D

PGA (g)	0,328	$S_{MS}$ (g)	1,008	$T_S$ (s)	0,56
$S_s$ (g)	0,8	$S_{M1}$ (g)	0,76		
$S_1$ (g)	0,4	$S_{DS}$ (g)	0,67		
$F_a$	1,26	$S_{D1}$ (g)	0,506		
$F_v$	1,9	$T_O$ (s)	0,112		

**d. Faktor Reduksi Gempa (R)**

Pada tugas akhir ini, gedung apartemen direncanakan menggunakan sistem rangka baja dengan steel plate shear wall. Berdasarkan tabel 12 SNI 1726-2019 diperoleh nilai-nilai batasan yaitu:

**Tabel 4.10** Faktor  $R$ ,  $C_d^b$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	$R$	$\Omega_0$	$C_d$	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Dinding Geser Pelat Baja dan Beton Komposit	$7^{1/2}$	2,5	6	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding Geser Baja dan Beton Komposit Khusus	7	2,5	6	TB	TB	TB	TB	TB

**e. Faktor Keutamaan**

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor kemanan  $II_e$ . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan apartemen. Pada tabel 3 SNI 1726:2019, bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai  $I = 1$ .



#### f. Kategori Desain Seismik

Menurut tabel 8 SNI 1726:2019, nilai  $S_{DS} = 0,67g > 0,5 g$  dengan kategori resiko II termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D dan tabel 9 SNI 1726:2019 nilai  $S_{D1} = 0,64 > 0,2 g$  dengan kategori resiko II termasuk dalam KDS D. Sehingga Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon termasuk dalam KDS D.

#### 4.3.2.4 Klasifikasi Situs Tanah

Penentuan jenis tanah untuk meninjau gempa mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 5.1. Data tanah (terlampir) erupakan hasil pengujian *Soil Penetration Test* (SPT). Penentuan jenis tanah berdasarkan perhitungan nilai N-SPT pada **Tabel 4.11**

**Tabel 4.11** Hasil Data Tanah Berdasarkan NSPT

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	Tebal/N
Lapisan 1	0	-	0	-
Lapisan 2	1.25	1.25	0	-
Lapisan 3	3.25	2	0	-
Lapisan 4	5.25	2	0	-
Lapisan 5	7.25	2	0	-
Lapisan 6	9.25	2	0	-
Lapisan 7	11.25	2	0	-
Lapisan 8	13.25	2	0	-
Lapisan 9	15.25	2	10	0.20
Lapisan 10	17.25	2	19	0.11
Lapisan 11	19.25	2	14	0.14
Lapisan 12	21.25	2	13	0.15
Lapisan 13	23.25	2	23	0.09
Lapisan 14	25.25	2	30	0.07
Lapisan 15	27.25	2	28	0.07
Lapisan 16	29.25	2	32	0.06
Lapisan 17	31.25	2	26	0.08

**Tabel 4.11** Hasil Data Tanah Berdasarkan NSPT (Lanjutan)

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	Tebal/N
Lapisan 18	33.25	2	24	0.08
Lapisan 19	35.25	2	24	0.08
Lapisan 20	37.25	2	23	0.09
Lapisan 21	39.25	2	27	0.07
Lapisan 22	41.25	2	33	0.06
Lapisan 23	43.25	2	28	0.07
Lapisan 24	45.25	2	48	0.04
Lapisan 25	47.25	2	43	0.05
Lapisan 26	49.25	2	25	0.08
Lapisan 27	51.25	2	28	0.07
Lapisan 28	53.25	2	50	0.04
Lapisan 29	55.25	2	24	0.08
Lapisan 30	57.25	2	25	0.08
Lapisan 31	59.25	2	18	0.11
Total	59.25	59.25		1.98

Dari perhitungan nilai N rata-rata didapatkan hasil N-SPT = 29,92 > 15, maka sesuai klasifikasi situs tanah pada SNI 1726:2019 pasal 5.3 tabel 5 kelas situs tanah termasuk dalam klasifikasi situs **SD (Tanah Sedang)**.

#### 4.3.2.5 Berat Total Bangunan

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan sebagai acuan persyaratan pembebanan gempa dimana beban gempa dinamik sudah mencapai 100% dari gaya geser statik. Perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis menggunakan program bantu ETABS dengan kombinasi 1D +1SDL+1L.

Dilakukan perbandingan berat struktur yang diambil dari analisis menggunakan program ETABS untuk kombinasi 1D +1SDL+1L dan perhitungan berat secara manual. Hasil perbandingan tidak boleh melebihi 5% agar hasil permodelan struktur bisa digunakan sebagai acuan.

#### 4.3.3 Kombinasi Pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 1726:2019 sebagai berikut:

- a.  $1,4D$
- b.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- c.  $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- e.  $0,9D + 1,0W$
- f.  $0,9D + 1,0E_v + 1,0E_H + L$
- g.  $0,9D - 1,0E_v + 1,0E_H$

Keterangan :

$D_L$  : *Dead Load* (Beban Mati)

$L_L$  : *Live Load* (Beban Hidup)

$E$  : *Earthquake* (Beban gempa yang dinyatakan 2 arah)

$W$  : *Wind* (Beban Angin)

#### 4.3.4 Permodelan Struktur Utama

Permodelan struktur utama menggunakan program bantu ETABS untuk mendapatkan gaya yang diperlukan untuk kontrol struktur.

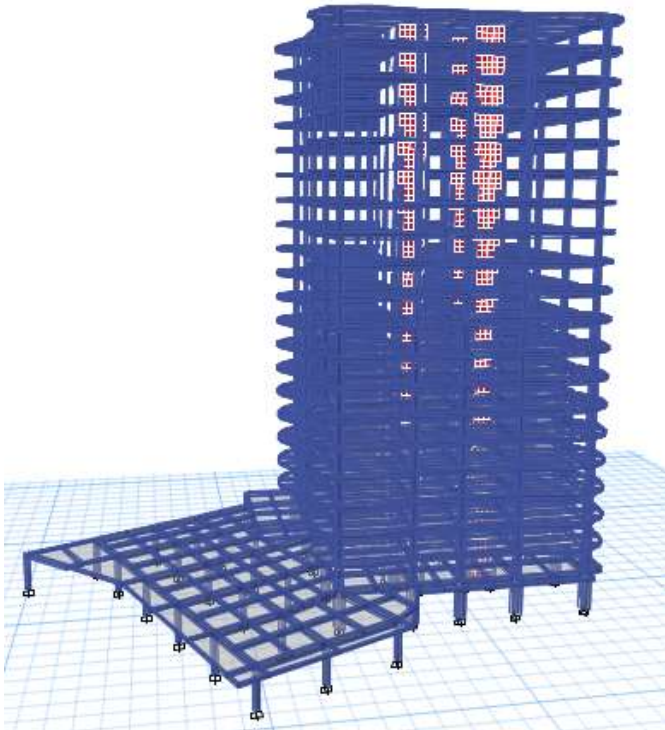
##### 4.3.4.1 Permodelan 3D pada Program Bantu Analisis ETABS

Data gedung yang dimasukkan dalam perhitungan program bantu sebagai berikut :

Mutu Baja	: BJ-41
$F_y$	: 250 MPa
$F_u$	: 410 MPa
Mutu Beton ( $F'_c$ )	: 30 MPa
Modulus Elastisitas Baja ( $E_s$ )	: 200000 MPa
Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )	: $4700 \sqrt{F'_c}$ MPa
Tinggi tiap lantai	: 3,2 m

Tebal Pelat Bondek Atap	: 9 cm
Tebal Pelat Lantai	: 9 cm
Jenis Tanah	: Tanah Sedang (SD)
Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )	: 1
Koefisien Modifikasi Respon ( $R$ )	: 7,5

Permodelan struktur Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon dapat dilihat pada **Gambar 4.53**. Untuk permodelan struktur dengan menggunakan program bantu ETABS akan dijelaskan sebagai berikut :



**Gambar 4.53** Permodelan Struktur Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon

#### 1. Data Material

Data material pada ETABS meliputi data material struktur beton dan baja yang akan dimasukkan ke dalam permodelan. Data yang dimasukkan adalah kuat tekan, kuat leleh, kuat tarik dan modulus penampang dari material. Untuk data material bisa dilihat pada **Gambar 4.54** dan **Gambar 4.55**



Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	BJ-41	
	Material Type	Steel	
	Directional Symmetry Type	Isotropic	
	Material Display Color	Magenta	
	Material Notes	Modify/Show Notes...	
Material Weight and Mass	Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
	Specify Mass Density	<input type="radio"/>	
Material Weight and Mass	Weight per Unit Volume	7850	kg/m³
	Mass per Unit Volume	800.477	kg/m³
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	205423384	kg/m²
	Poisson's Ratio, U	0.3	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.000117	1/C
	Shear Modulus, G	784297078	kg/m²

**Gambar 4.54** Data Material (BJ-41)



Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	F'c 30 MPa	
	Material Type	Concrete	
	Directional Symmetry Type	Isotropic	
	Material Display Color	Grey	
	Material Notes	Modify/Show Notes...	
Material Weight and Mass	Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
	Specify Mass Density	<input type="radio"/>	
Material Weight and Mass	Weight per Unit Volume	0.000024	N/mm³
	Mass per Unit Volume	0	N/mm³
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	27000.57	MPa
	Poisson's Ratio, U	0.2	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.000000	1/C
	Shear Modulus, G	11585.96	MPa

**Gambar 4.55** Data material (F'c 30 MPa)

## 2. Data Elemen Struktur

### a. *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column (RCFT)*

Kolom CFT dibuat dengan memilih profil komposit, dan memasukan data profil sesuai dengan brosur yang terlampir seperti pada **Gambar 4.56**.



**Gambar 4.56** Data *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column (RCFT)*

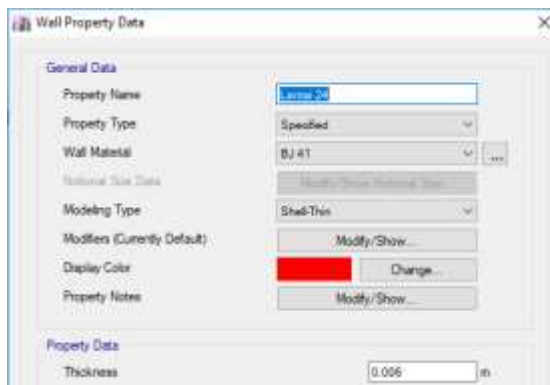
### b. *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*

SPSW dibuat seperti pelat pada umumnya. Menggunakan tipe *Shell Thin* karena merupakan pelat berukuran tipis. Elemen *shell* untuk permodelan SPSW perlu dibagi kedalam pias kecil sejumlah tertentu untuk dinding geser pelat baja lantai 2-Atap :

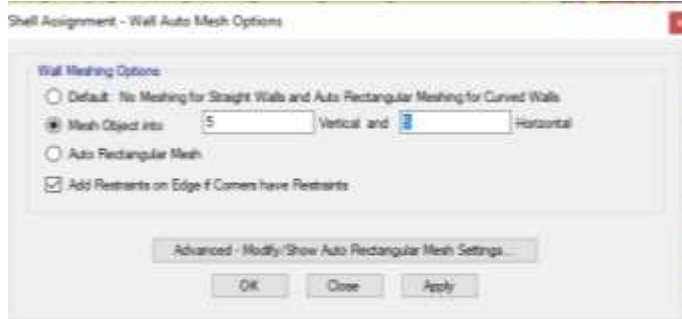
- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai 2-atap
- Pilih *Assign > Shell > Wall Auto Mesh Action*
- Pilih *Mesh Object Into* dan isikan 5 to 5

Hal ini dimaksudkan SPSW di meshin 5 x 5 segmen. Untuk SPSW lantai 1 pilih *Add Resistan on Edge if Corners have Restraint* agar ada tumpuan atau jepitan pada bagian SPSW.

Perencanaan bisa dilihat pada **Gambar 4.57** dan **Gambar 4.58**



**Gambar 4.57** Perencanaan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)



**Gambar 4.58** *Meshing Options* Pada SPSW

#### 4.3.5 Kontrol Desain

Hasil akhir dari pemodelan struktur dengan program ETABS harus dikontrol terhadap batasan-batasan tertentu sesuai dengan SNI 1726-2019 agar memenuhi kelayakan sistem struktur tersebut. Kontrol-kontrol yang harus dilakukan adalah

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

#### 4.3.5.1 Penerimaan Beban Permodelan Struktur

Berat struktur pada permodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS perlu dikontrol dengan perhitungan manual. Hasil perbandingan antar keduanya diberi batasan hingga 5%.

Berat yang perlu diperhitungkan adalah beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material struktur serta beban hidup yang diakibatkan oleh penggunaan bangunan. Kemudian dibandingkan dengan kombinasi 1D+1SDL+1L yang dilihat dari permodelan ETABS.

**Tabel 4.12** Hasil Perbandingan Berat pada ETABS dan Manual

Perhitungan	Jenis Beban (kg)			Total (kg)	Selisih (kg)	%
	Super Dead	Dead	Live			
Manual	3298960.309	18573514	3648036.037	25520509.9	138525	0.54%
ETABS	3420448.89	18250886	3987700.38	25659035.3		

Dari ketiga kombinasi beban, didapatkan hasil perhitungan manual dan ETABS adalah relatif sama atau kurang dari batas maksimal 5% yaitu 0,54%. Kesimpulannya adalah perhitungan beban secara manual maupun ETABS dapat dinyatakan benar.

#### 4.3.5.2 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut Pasal 7.9.1 SNI 1726:2019, Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk *single rigid body* ragam dengan perioda 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan perioda di bawah 0,05 detik. Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual.



**Tabel 4.13** Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>
		sec		
Modal	1	2.475	0.6232	0.0003
Modal	2	2.197	0.1172	0.0034
Modal	3	2.007	0.0001	0.7239
Modal	4	0.806	0.0649	0
Modal	5	0.707	0.0614	0
Modal	6	0.601	0	0.1333
Modal	7	0.441	0.011	0.0001
Modal	8	0.37	0.0302	0
Modal	9	0.32	0.9079	0.9001
Modal	10	0.305	0.9124	0.9005
Modal	11	0.247	0.9321	0.9006
Modal	12	0.227	0.9347	0.9025
Modal	13	0.219	<b>0.9347</b>	<b>0.9256</b>
Modal	14	0.183	0.9369	0.9283
Modal	15	0.178	0.9506	0.9286
Modal	16	0.162	0.9506	0.9447
Modal	17	0.15	0.9508	0.9469
Modal	18	0.14	0.964	0.9469
Modal	19	0.129	0.964	0.9602
Modal	20	0.125	0.964	0.9603
Modal	21	0.114	0.9749	0.9604
Modal	22	0.106	0.9753	0.9672
Modal	23	0.103	0.9754	0.9698
Modal	24	0.095	0.9835	0.9699
Modal	25	0.09	0.9846	0.9735
Modal	26	0.086	0.9847	0.9776

**Tabel 4.13** Rasio Partisipasi Massa (Lanjutan)

Case	Mode	Period	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>
		sec		
Modal	27	0.081	0.9898	0.9776
Modal	28	0.077	0.9909	0.9796
Modal	29	0.074	0.991	0.9839
Modal	30	0.069	0.9936	0.9839
Modal	31	0.067	0.9945	0.985
Modal	32	0.064	0.9946	0.9891
Modal	33	0.06	0.9957	0.9891
Modal	34	0.059	0.9964	0.9893
Modal	35	0.056	0.9964	0.9928
Modal	36	0.053	0.9968	0.9928
Modal	37	0.052	0.9974	0.9928
Modal	38	0.05	0.9974	0.9953
Modal	39	0.047	0.9975	0.9954
Modal	40	0.046	0.9979	0.9954
Modal	41	0.045	0.9979	0.9967
Modal	42	0.044	0.998	0.9969
Modal	43	0.041	0.9982	0.9969
Modal	44	0.041	0.9982	0.997
Modal	45	0.041	0.9982	0.9977
Modal	46	0.039	0.9983	0.9978
Modal	47	0.038	0.9984	0.9978
Modal	48	0.037	0.9984	0.9983
Modal	49	0.034	0.9984	0.9983
Modal	50	0.034	0.9984	0.9984

Dari **Tabel 4.13** di atas didapatkan partisipasi massa arah X dan Y diatas 90% pada mode ke 13. Sedangkan untuk

mendapatkan partisipasi massa arah X dan Y 100% dicapai pada mode ke 50. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2019.

#### 4.3.5.3 Kontrol Periode Alami Fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2 penentuan perkiraan perioda alami fundamental ( $T_a$ ) harus ditentukan dari persamaan 36 pada SNI 1726:2019.

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

Dengan parameter  $C_t$  dan  $x$  diambil dari tabel 18 SNI 1726:2019, serta  $h_n$  merupakan total tinggi bangunan.

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 65,3 \text{ m}$$

maka :

$$T_a = 0,0488 \times 65,3^{0,75} = 1,121 \text{ sekon}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari tabel 17 SNI 1726:2019, untuk nilai  $S_{DI} > 0,4$  maka :

$$C_u T_a = 1,4 \times 1,121 = 1,569 \text{ sekon}$$

Dimana periode dari hasil analisis struktur harus memenuhi

$$T_a \leq T \leq C_u T_a$$

Dari hasil ETABS didapat nilai T sesuai pada **Tabel 4.14**

**Tabel 4.14** Periode Struktur Analisis ETABS

Case	Mode	Period	Ux	Uy
		sec		
Modal	1	2.475	0.6232	0.0003
Modal	2	2.197	0.1172	0.0034
Modal	3	2.007	0.0001	0.7239
Modal	4	0.806	0.0649	0
Modal	5	0.707	0.0614	0

**Tabel 4.14** Periode Struktur Analisis ETABS (lanjutan)

Case	Mode	Period	Ux	Uy
		sec		
Modal	6	0.601	0	0.1333
Modal	7	0.441	0.011	0.0001
Modal	8	0.37	0.0302	0

Periode struktur terbesar yang didapat dari analisis ETABS adalah  $T_x = 2,475$  detik dan  $T_y = 2,007$  detik, maka:

$$T_a < T_x < C_u.T_a$$

$$1,433 < 2,475 > 1,569 \text{ (NOT)}$$

$$T_a < T_y < C_u.T_a$$

$$1,433 < 2,007 > 1,569 \text{ (NOT)}$$

Sehingga periode yang dipakai  $T = 1,569$  sekon.

#### 4.3.5.4 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Berdasarkan SNI 1726:2019, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan sama dengan 100% nilai respons statik. Rumus gaya geser static adalah :

$$V = C_s \times W \text{ (Pasal 7.9.1.4 SNI 1726:2019)}$$

Dimana :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,672}{\left(\frac{7,5}{1}\right)} = 0,0896$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu diambil lebih besar dari

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,672}{1,569\left(\frac{7,5}{1}\right)} = 0,0544$$

Dan tidak lebih kecil dari :

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

$$C_{s\min} = 0,044 \times 0,672 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_{s\min} = 0,0296 \geq 0,01$$

$$C_s \min < C_s < C_s \max$$

$$0,0296 < 0,0896 > 0,0544$$

Maka digunakan nilai  $C_s = 0,0544$

Untuk perhitungan gempa pada gedung Apartemen Grand Dharmahasada Lagoon ini dengan kombinasi 1D+1SDL+ 1L (SNI 1726:2019), sehingga didapatkan berat seismik efektif bangunan ( $W$ ) sebesar 25520509,9 kg.

$$V = C_s \cdot W$$

dimana:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,0544 \\ W \text{ (1DL+1SDL+1L)} &= 25520509,9 \text{ kg.} \\ V &= C_s \times W \\ &= 0,0544 \times 25640984 \\ &= 1381120,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 100 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $V/V_t$  (SNI 1726:2019 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisis struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) sebagai berikut (**Tabel 4.15**):

**Tabel 4.15** Gaya Dasar Hasil ETABS

Load	FX	FY
Case/Combo	kgf	kgf
Gempa X	605766.70	263713.63
Gempa Y	182200.89	877961.72

$$V_s = 1381120,43 \text{ kg}$$

$$V_{xt} = 605766,7 \text{ kg}$$

$$V_{yt} = 877961,72 \text{ kg}$$

➤ Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > V_s$$

$$605766,7 \text{ kg} > 1381120,43 \text{ kg}$$

$$605766,7 \text{ kg} > 1289590,19 \text{ kg (NOT OK)}$$

➤ Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > V_s$$

$$877961,72 \text{ kg} > 1381120,43 \text{ kg}$$

877961,72 kg > 1381120,43 kg (**Not OK**)

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala  $V/V_t$ .

➤ Arah x:

$$\frac{V_s}{V_{xt}} = \frac{1381120,43}{605766,7} = 2,2799$$

➤ Arah y:

$$\frac{V_s}{V_{yt}} = \frac{1381120,43}{877961,72} = 1,573$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisis ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah sesuai **Tabel 4.16**

**Tabel 4.16** Gaya Geser Dasar Hasil Etabs Setelah *Scale Factor*

Load	FX	FY
Case/Combo	kgf	kgf
Gempa X	1381592.67	601487.45
Gempa Y	286632.1	1381178.8

$V_s = 1381120,43$  kg

$V_{xt} = 1381592,67$  kg

$V_{yt} = 1381178,8$  kg

➤ Maka untuk arah x,

$V_{xt} > V_s$

$1381592,67$  kg >  $1381120,43$  kg

$1381592,67$  kg >  $1381120,43$  kg (**OK**)

➤ Maka untuk arah y,

$V_{yt} > V_s$

$1381178,8$  kg >  $1381120,43$  kg

$1381178,8$  kg >  $1381120,43$  kg (**OK**)

Ternyata hasil dari running ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

#### 4.3.5.5 Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Drfit*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan Pasal 7.8.6 SNI 1726:2019, untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Di mana:

$\Delta_i$  = Simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = Simpangan ijin antar lantai

➤ Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1:

$$\Delta_{i1} = C_d \times \delta_{e1}/I$$

➤ Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2:

$$\Delta_{i1} = (\delta_{e2} - \delta_{e1})C_d/I$$

Di mana:

$\delta_{e1}$  = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta_{e2}$  = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

$I$  = faktor keutamaan gedung

Untuk sistem dinding geser plat baja, dari Tabel 12 SNI 1726:2019 didapatkan  $C_d = 6$  dan dari Tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai  $I = 1$ . Berdasarkan Tabel 16 SNI 1726:2012 untuk semua struktur lainnya, simpangan antar tingkat ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02h_{sx}$$

Di mana:

$H_{sx}$  = tinggi tingkat di bawah x

➤ Untuk tinggi tingkat 4,5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02(4,5) = 0,09 \text{ m} = 90 \text{ mm}$$

➤ Untuk tinggi tingkat 3,2 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,02(3,2) = 0,064 \text{ m} = 64 \text{ mm}$$

Simpangan yang terjadi didapatkan dari analisis program bantu ETABS.

**Tabel 4.17** Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simp.	Perbesaran Simp	Simp. Antar Lantai	Simp. Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	$\delta_e$ (mm)	$Cd\delta_e/I$ (mm)	$\Delta_i$ (mm)	$\Delta_a$ (mm)	
Atap	65.3	3.2	99.081	594.486	14.208	64	OK
19	62.1	3.2	96.713	580.278	17.958	64	OK
18	58.9	3.2	93.72	562.320	21.534	64	OK
17	55.7	3.2	90.131	540.786	24.984	64	OK
16	52.5	3.2	85.967	515.802	28.278	64	OK
15	49.3	3.2	81.254	487.524	31.212	64	OK
14	46.1	3.2	76.052	456.312	33.762	64	OK
13	42.9	3.2	70.425	422.550	35.940	64	OK
12	39.7	3.2	64.435	386.610	37.374	64	OK
11	36.5	3.2	58.206	349.236	36.630	64	OK
10	33.3	3.2	52.101	312.606	32.754	64	OK
9	30.1	3.2	46.642	279.852	33.366	64	OK
8	26.9	3.2	41.081	246.486	34.086	64	OK
7	23.7	3.2	35.4	212.400	34.674	64	OK
6	20.5	3.2	29.621	177.726	34.998	64	OK
5	17.3	3.2	23.788	142.728	34.890	64	OK
4	14.1	3.2	17.973	107.838	34.068	64	OK
3	10.9	3.2	12.295	73.770	31.812	64	OK
2	7.7	3.2	6.993	41.958	26.022	64	OK
1	4.5	4.5	2.656	15.936	15.936	90	OK
Dasar	0	0	0	0.000	0.000	0	OK

**Tabel 4.18** Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simp.	Perbesaran Simp	Simp. Antar Lantai	Simp. Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	$\delta_e$ (mm)	$Cd\delta_e/I$ (mm)	$\Delta_i$ (mm)	$\Delta_a$ (mm)	
Atap	65.3	3.2	64.276	385.656	12.108	64	OK
19	62.1	3.2	62.258	373.548	14.232	64	OK
18	58.9	3.2	59.886	359.316	16.032	64	OK
17	55.7	3.2	57.214	343.284	17.706	64	OK
16	52.5	3.2	54.263	325.578	19.230	64	OK
15	49.3	3.2	51.058	306.348	20.592	64	OK
14	46.1	3.2	47.626	285.756	21.792	64	OK
13	42.9	3.2	43.994	263.964	22.764	64	OK
12	39.7	3.2	40.2	241.200	23.454	64	OK
11	36.5	3.2	36.291	217.746	23.268	64	OK



**Tabel 4.18** Kontrol Simpangan Akibat Beban Gempa Arah Y  
(Lanjutan)

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simp.	Perbesaran Simp	Simp. Antar Lantai	Simp. Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	$\delta e$ (mm)	$Cd\delta e/I$ (mm)	$\Delta i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
10	33.3	3.2	32.413	194.478	21.342	64	OK
9	30.1	3.2	28.856	173.136	21.696	64	OK
8	26.9	3.2	25.24	151.440	21.930	64	OK
7	23.7	3.2	21.585	129.510	22.014	64	OK
6	20.5	3.2	17.916	107.496	21.918	64	OK
5	17.3	3.2	14.263	85.578	21.582	64	OK
4	14.1	3.2	10.666	63.996	20.874	64	OK
3	10.9	3.2	7.187	43.122	19.386	64	OK
2	7.7	3.2	3.956	23.736	1.554	64	OK
1	4.5	4.5	3.697	22.182	22.182	90	OK
Lantai	0	0	0	0.000	0.000	0	OK

#### 4.3.5.6 Kontrol Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.5.1, sistem rangka pemikul momen khusus harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser pelat baja. Perhitungan sesuai pada **Tabel 4.19**

**Tabel 4.19** Reaksi Perletakan dan Presentasi Gaya Geser akibat Gempa arah X dan Y

Pemikul Gaya	Gempa X		Gempa Y	
	kg	%	kg	%
SPSW	962559.45	69.47	752085.59	71.03
SRPM	423016.27	30.53	306742.50	28.97
Total	1385575.72	100	1058828.09	100

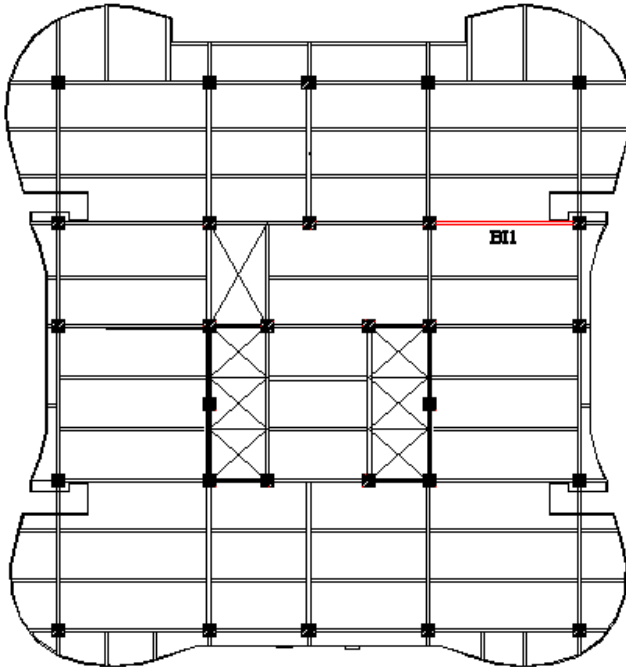
Berdasarkan perhitungan di atas, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) menahan gaya gempa arah X sebesar 30,53% dan gaya gempa arah Y sebesar 28,967% yang mana telah melebihi ketentuan bahwa SRPM harus menahan gaya gempa setidaknya 25%. Jadi, konfigurasi struktur gedung telah

memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.5.1.

#### 4.4 Perencanaan Struktur Primer

##### 4.4.1 Balok Induk Memanjang

Posisi balok induk yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.59



**Gambar 4.59** Balok Induk Memanjang yang Direncanakan

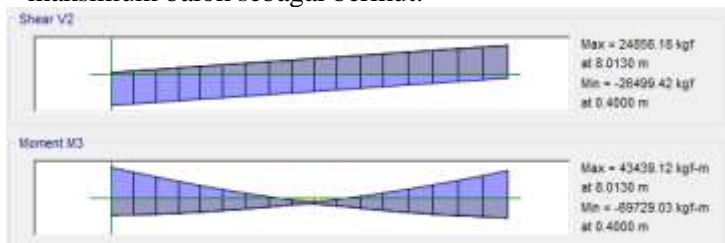
Balok Induk Memanjang direncanakan dengan menggunakan profil WF 800x300x14x22

$W$	$= 191 \text{ kg/m}$	$r = 28 \text{ mm}$	$h = 792 - 2(22 + 28)$
$A$	$= 243,4 \text{ cm}^2$	$Z_x = 7040 \text{ cm}^3$	$= 692 \text{ mm}$
$t_w$	$= 14 \text{ mm}$	$i_y = 6,39 \text{ cm}$	$bf = 300 \text{ mm}$
$t_f$	$= 22 \text{ mm}$	$I_x = 254000 \text{ cm}^4$	$F_y = 250 \text{ Mpa}$
$d$	$= 792 \text{ mm}$	$I_y = 9930 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ Mpa}$

Dari analisis ETABS didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang yang ditinjau adalah sebagai berikut :

a. Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton. Berdasarkan hasil analisis ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



**Gambar 4.60** Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sebelum Komposit

$$M_{\max} : 43.439,12 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} : 24.856,18 \text{ kg}$$

1. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

➤ Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{44} = 6,82$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

➤ Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,43$$

$$\lambda p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 7040 \times 2500 = 17.600.000 \text{ kgcm}$$

➤ Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 826,3 \text{ cm}$$

$$L_p = 318,096 \text{ cm}$$

$$L_r = 930,911 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r$  (Bentang Menengah)

$$M_{\text{maks}} = 43439 \text{ kgm}$$

$$M_A = 31150,24 \text{ kgm}$$

$$M_B = 43439 \text{ kgm}$$

$$M_C = 31150,24 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{maks}}}{2,5 M_{\text{maks}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$C_b = \frac{12,5(43439)}{2,5(43439) + 3(31150,24) + 4(43439) + 3(31150,24)} \leq 2,30$$

$$C_b = 1,157$$

$$0,7 F_y S_x = 0,7 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 6410 \text{ cm}^3 = 112175 \text{ kgm}$$

$$\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} = 0,17$$

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

$$M_n = 14.240.793,93 \text{ kgcm} < 17.600.000 \text{ kgcm}$$

$M_n < M_p$  ( tekuk lateral menentukan)

Sehingga  $M_n = M_p$

$$M_n = 14240793,93 \text{ kgcm} = 142.407,9393 \text{ kgm}$$

$$M_U \leq \phi_b M_n$$

$$43.439 \text{kgm} \leq 0,9 \times 142.407,9393 \text{kgm}$$

$$43.439 \text{kgm} \leq 128.167,1454 \text{kgm} \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,42$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 96,88 \times 1$$

$$V_n = 145320 \text{kg}$$

$$V_U \leq \phi_v V_n$$

$$24.856,18 \text{kg} \leq 1 \times 145.320 \text{kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

3. Kontrol Lendutan

$$L = 826,2 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{826,2}{360} = 2,29 \text{ cm}$$

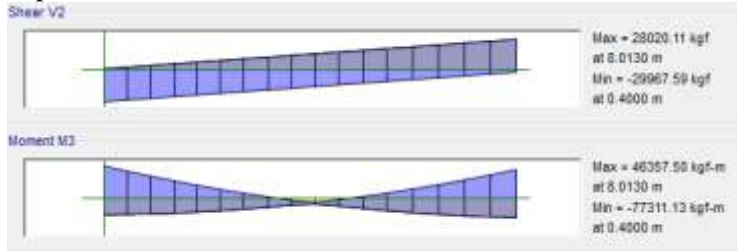
$$f^0 = 0,15 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,15 < 2,29 \rightarrow \text{(OK)}$$

- b. Setelah Komposit

Pada kondisi setelah komposit, gaya servis yang diakibatkan beban live telah terjadi sehingga terjadi gaya dalam seperti pada **Gambar 4.61**



**Gambar 4.61** Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sesudah Komposit

Mmax : 46.357,5 kgm  
 Mmin : -77.311,13 kgm  
 Vmax : 28.020,11 kg

1. Zona Momen Positif
  - Menghitung momen nominal

Lebar efektif (SNI 1729:2015 Pasal I3.1.a)

$$b_{eff} \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 826,3 = 206,6 \text{ cm}$$

$$b_{eff} \leq S = 562,5 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai  $b_{eff} = 206,6 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,428$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak), sehingga momen nominal dianalisis dengan distribusi tegangan plastis.

- Kontrol Momen

$$C_1 = 0,85 \times F'_c \times t_{pelat} \times b_{eff}$$

$$C_1 = 0,85 \times 300 \times 3,7 \times 206,6 = 97.451,76 \text{ kg}$$

$$C_2 = A_s \times F_y = 243,4 \times 2500 = 608.500 \text{ kg}$$

$C = C1$  (terkecil)

Karena  $C1 < C2$ , maka garis netral terletak pada pelat baja

$$a = \frac{C}{0,85 \times F_c \times b_{\text{eff}}} = \frac{608500}{0,85 \times 300 \times 206,6} = 23,1032 \text{ cm}$$

$$d1 = (hr + t_{\text{plat}})/2 + (a - (hr + t_{\text{p}})) = 186,032 \text{ mm}$$

Gaya pada sayap profil  $P_f$

$$P_f = b_f \times t_f \times F_y = 30 \times 2,2 \times 2500 = 165000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil  $P_w$

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{608500 - 97451,8}{2} - 165000 = 90524,1 \text{ kg}$$

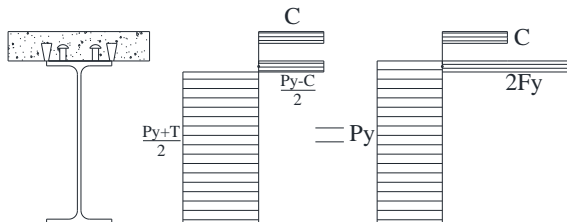
$$a_w = \frac{P_w}{t_w \times F_y} = \frac{90524,1}{1,4 \times 2500} = 25,864 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(165000 \times 0,5 \times 2,2) + (90524,1 (2,2 + 0,5 \times 25,864))}{165000 + 90524,1}$$

$$d_2 = 6,07 \text{ cm}$$

$$d3 = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} 792 = 396 \text{ mm}$$



**Gambar 4.62** Distribusi Tegangan Plastik Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang

$$\begin{aligned}
 C &= 97.451,76 \text{ kg} \\
 T &= 608500 \text{ kg} \\
 Mn &= C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2) = 97.451,76 (186,032 + 0) \\
 &\quad + 608.500 (396 - 60,7) = 222159195,8 \text{ kgmm} \\
 &= 222.159,19 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$Mu \leq \phi_b Mn$$

$$46.357,5 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 222.159,19 \text{ kgm}$$

$$46.357,5 \text{ kgm} \leq 199.943,28 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

➤ Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,43$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times (69,2 \times 1,4) \times 1$$

$$V_n = 145320 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$28.020 \text{ kg} \leq 1 \times 145.320 \text{ kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

➤ Kontrol Lendutan

$$L = 826,2 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{826,2}{360} = 2,29 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,16 \text{ cm}$$



$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,16 < 2,29 \rightarrow (\mathbf{OK})$$

## 2. Zona Momen Negatif

Data tulangan negatif pelat:

$$\text{Diameter} = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (Ar)} = 0,2827 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \text{Beff/Jarak tulangan} = 206,6/7,5 = 28 \text{ buah}$$

$$\text{selimut beton (c)} = 40 \text{ mm}$$

### ➤ Menghitung Momen Nominal

$$T = n \times A_r \times F_y = 14 \times 0,2827 \times 5000 = 19792 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil  $P_f$

$$P_f = b_f \times t_f \times F_y = 30 \times 2,2 \times 2500 = 165000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil  $P_w$

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{608500 - 19792}{2} - 165000 = 129354 \text{ kg}$$

$$a_w = \frac{P_w}{t_w \times F_y} = \frac{129354}{1,4 \times 2500} = 36,96 \text{ cm}$$

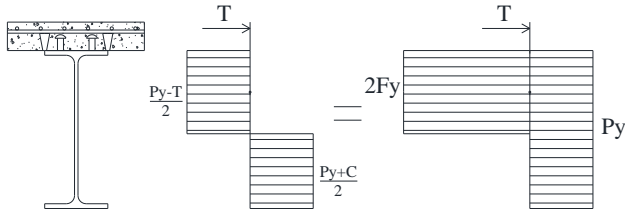
$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(165000 \times 0,5 \times 2,2) + (129354 (2,2 + 0,5 \times 36,96))}{165000 + 129354}$$

$$d_2 = 21,29 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} 792 = 39,6 \text{ cm}$$

$$d_1 = (hr + t_{plat} - c) = 19,1 \text{ cm}$$



**Gambar 4.63** Distribusi Tegangan Plastik Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang

$$M_n = T (d_1 + d_2) + P_y (d_3 - d_2) = 19792,03 (19,1 + 21,29) + 608500 (39,6 - 21,29) = 119.377,17 \text{ kgcm} = 119.377,17 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$77.311,13 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 119.377,17 \text{ kgm}$$

$$77.311,13 \text{ kgm} \leq 107.449,4529 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

### 3. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$D = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 2,83 \text{ cm}^2$$

$$F_u = 500 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c} = 0,043 \times (2400^{1,5}) \sqrt{30} = 27691,5 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (F_c' \cdot E_c)^{0,5} = 0,5 \cdot 2,83 \cdot (300 \cdot 27691,5)^{0,5} = 129211,4 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sc} F_u = 1 \times 0,75 \times 2,83 \times 5000 = 10632,33 \text{ kg (menentukan)}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$Q_n = Q_n = 10.632,33 \text{ kg}$$

$$V_h = C = 97.451,75 \text{ kg}$$

$$N = \frac{V_h}{2Q_n} = \frac{97.451,75}{2 \times 10.632,33} = 4,58 \approx 5 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{min} = 6 \times d_s = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 8 \times t_{plat} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{826,3\text{cm}}{5} = 165,26\text{mm}$$

$$S \text{ pakai} = 70 \text{ cm}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$Q_n = Q_n = 10.632,33 \text{ kg}$$

$$V_h = C = 19.792,033 \text{ kg}$$

$$N = \frac{V_h}{2Q_n} = \frac{19.792,033}{2 \times 8718,51} = 0,93 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipasang jumlah penghubung geser 2 buah

Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{826,3\text{cm}}{1} = 826,3\text{cm}$$

$$S \text{ pakai} = 70 \text{ cm}$$

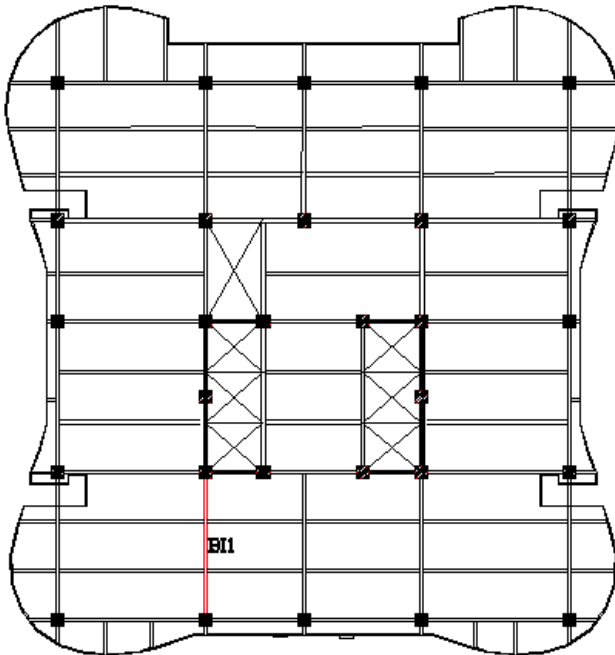
#### 4.4.2 Balok Induk Melintang

Posisi balok induk yang ditinjau dapat dilihat pada

#### Gambar 4.64

Balok Induk Melintang direncanakan dengan menggunakan profil WF 800x300x14x22

W	= 191 kg/m	r	= 28 mm	h	= 792-2(22+28)
A	= 243,4 cm <sup>2</sup>	Z <sub>x</sub>	= 7040 cm <sup>3</sup>		= 692 mm
t <sub>w</sub>	= 14 mm	i <sub>y</sub>	= 6,39 cm	bf	= 300 mm
t <sub>f</sub>	= 22 mm	I <sub>x</sub>	= 254000 cm <sup>4</sup>	F <sub>y</sub>	= 250 Mpa
d	= 792 mm	I <sub>y</sub>	= 9930 cm <sup>4</sup>	F <sub>u</sub>	= 410 Mpa

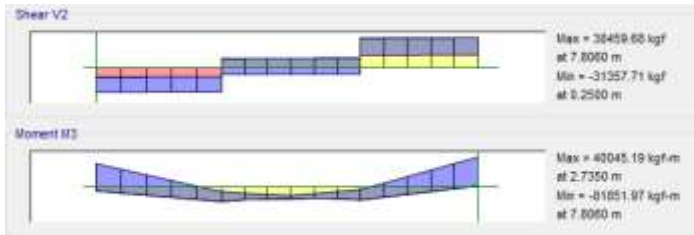


**Gambar 4.64** Balok Induk Melintang yang Direncanakan

Dari analisis ETABS didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang yang ditinjau adalah sebagai berikut :

a. Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton. Berdasarkan hasil analisis ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



**Gambar 4.65** Gaya Dalam Balok Induk Melintang Sebelum Komposit

$$M_{\max} : 40.045 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} : 38.459,68 \text{ kg}$$

1. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{44} = 6,82$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,43$$

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

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 7040 \times 2500 = 17.600.000 \text{ kgcm}$$

- Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 820,4 \text{ cm}$$

$$L_p = 318,096 \text{ cm}$$

$$L_r = 930,911 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r$  (Bentang Menengah)

$$M_{\text{maks}} = 40045 \text{ kgm}$$

$$M_A = 32047,1 \text{ kgm}$$

$$M_B = 40045 \text{ kgm}$$

$$M_C = 32047,1 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{maks}}}{2,5 M_{\text{maks}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$C_b = \frac{12,5(40045)}{2,5(40045) + 3(32047,1) + 4(40045) + 3(32047,1)} \leq 2,30$$

$$C_b = 1,11$$

$$0,7 F_y S_x = 0,7 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 6410 \text{ cm}^3 = 112175 \text{ kgm}$$

$$\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} = 0,17$$

$$L_r - L_p$$

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

$$M_n = 13679931,06 \text{ kgcm} < 17600000 \text{ kgcm}$$

$M_n < M_p$  ( tekuk lateral menentukan)

Sehingga  $M_n = M_p$

$$M_n = 13.679.931,06 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$4.004.500 \text{ kgcm} \leq 0,9 \times 13.679.931,06 \text{ kgcm}$$

$$4.004.500 \text{ kgcm} \leq 12.311.937,95 \text{ kgcm} \rightarrow (\text{OK})$$

2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,42$$

$$\lambda p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 96,88 \times 1$$

$$V_n = 145320 \text{ kg}$$

$$V_U \leq \phi_v V_n$$

$$38.459,68 \text{ kg} \leq 1 \times 145.320 \text{ kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

### 3. Kontrol Lendutan

$$L = 826,2 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{820,4}{360} = 2,27 \text{ cm}$$

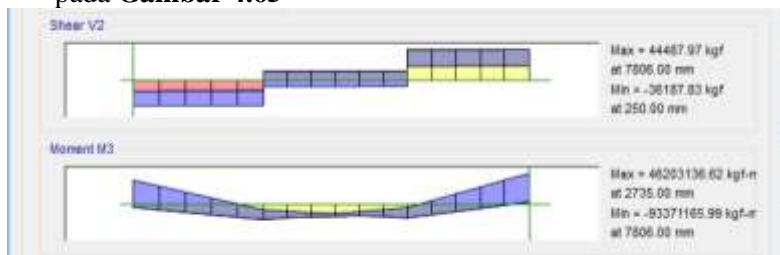
$$f^0 = 0,15 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,28 < 2,27 \rightarrow \text{(OK)}$$

### b. Setelah Komposit

Pada kondisi setelah komposit, gaya sevis yang diakibatkan beban live telah terjadi sehingga terjadi gaya dalam seperti pada **Gambar 4.65**



**Gambar 4.66** Gaya Dalam Balok Induk Melintang Sesudah Komposit

$$\begin{aligned} M_{\max} & : 46203,1366 \text{ kgm} \\ M_{\min} & : -93371,166 \text{ kgm} \\ V_{\max} & : 44487,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

1. Zona Momen Positif

➤ Menghitung momen nominal

Lebar efektif (SNI 1729:2015 Pasal I3.1.a)

$$b_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4}L = \frac{1}{4} \times 820,4 = 205,1 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq S = 545 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai  $b_{\text{eff}} = 205,1 \text{ cm}$

➤ Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,428$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak), sehingga momen nominal dianalisis dengan distribusi tegangan plastis.

➤ Kontrol Momen

$$C_1 = 0,85 \times F'_c \times t_{\text{pelat}} \times b_{\text{eff}}$$

$$C_1 = 0,85 \times 300 \times 3,7 \times 205,1 = 96755,93 \text{ kg}$$

$$C_2 = A_s \times F_y = 243,4 \times 2500 = 608500 \text{ kg}$$

$$C = C_1 \text{ (terkecil)}$$

Karena  $C_1 < C_2$ , maka garis netral terletak pada pelat baja

$$a = \frac{C}{0,85 \times F'_c \times b_{\text{eff}}} = \frac{608500}{0,85 \times 350 \times 205,1} = 23,269 \text{ cm}$$

$$d_1 = (h_r + t_{\text{plat}})/2 + (a - (h_r + t_p)) = 186,032 \text{ mm}$$

Gaya pada sayap profil  $P_f$



$$P_f = b_f \times t_f \times F_y = 30 \times 2,2 \times 2500 = 165000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil  $P_w$

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{608500 - 96755,9}{2} - 165000 = 90872 \text{ kg}$$

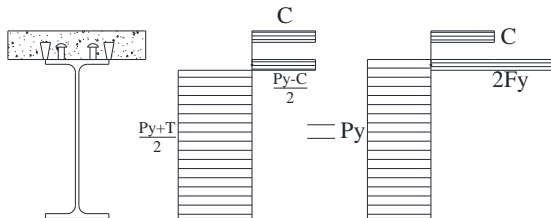
$$a_w = \frac{P_w}{t_w \times F_y} = \frac{90872}{1,4 \times 2500} = 25,96 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(165000 \times 0,5 \times 2,2) + (90872 (2,2 + 0,5 \times 25,96))}{165000 + 90872}$$

$$d_2 = 6,1 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} 792 = 396 \text{ mm}$$



**Gambar 4.67** Distribusi Tegangan Plastik Daerah Momen Positif Balok Induk Melintang

$$C = 96755,925 \text{ kg}$$

$$T = 608500 \text{ kg}$$

$$M_n = C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2) = 96755,925 (186,032 + 0) + 608500 (396 - 61) = 221.847.198,2 \text{ kgmm} = 221.847,2 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$46203,14 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 221.847,2 \text{ kgm}$$

$$46203,14 \text{ kgm} \leq 199.662,2 \text{ kgm (OK)}$$

➤ Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,43$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times (69,2 \times 1,4) \times 1$$

$$V_n = 145320 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$44487,97 \text{ kg} \leq 1 \times 145320 \text{ kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

➤ Kontrol Lendutan

$$L = 820,4 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{820,4}{360} = 2,27 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,46 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,46 < 2,27 \rightarrow \text{(OK)}$$

2. Zona Momen Negatif

Data tulangan negatif pelat:

Diameter = 6 mm

Luas Tulangan (Ar) = 0,2827 cm<sup>2</sup>

Jumlah tulangan = Beff/Jarak tulangan = 205,1/7,5 = 28 buah

selimut beton ( $c$ ) = 40 mm

➤ Menghitung Momen Nominal

$$T = n \times A_r \times F_y = 14 \times 0,2827 \times 5000 = 19792 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil  $P_f$

$$P_f = b_f \times t_f \times F_y = 30 \times 2,2 \times 2500 = 165000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil  $P_w$

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{608500 - 19792}{2} - 165000 = 129354 \text{ kg}$$

$$a_w = \frac{P_w}{t_w \times F_y} = \frac{129354}{1,4 \times 2500} = 36,96 \text{ cm}$$

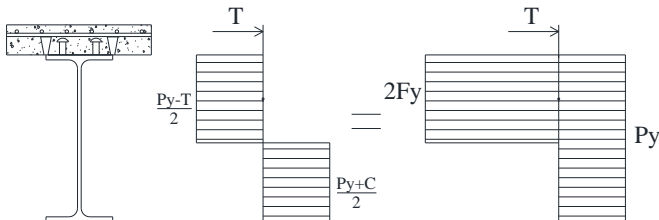
$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(165000 \times 0,5 \times 2,2) + (129354 (2,2 + 0,5 \times 36,96))}{165000 + 129354}$$

$$d_2 = 21,29 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} 792 = 39,6 \text{ cm}$$

$$d_1 = (h_r + t_{\text{plat}} - c) = 19,1 \text{ cm}$$



**Gambar 4.68** Distribusi Tegangan Plastik Daerah Momen Negatif Balok Induk Melintang

$$\begin{aligned} M_n &= T (d_1 + d_2) + P_y (d_3 - d_2) = 19792,03 (19,1 + 21,29) + \\ & 608500 (39,6 - 21,29) = 11.941.005,4 \text{ kgcm} \\ & = 119.410,054 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\mu_u \leq \phi b M_n$$

$$93.371,16 \text{ kgm} \leq 0,9 \times 119.410,054 \text{ kgm}$$

$$93.371,16 \text{ kgm} \leq 107.469,0488 \text{ kgm (OK)}$$

### 3. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$D = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 2,83 \text{ cm}^2$$

$$F_u = 500 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c} = 0,043 \times (2400^{1,5}) \sqrt{30} = 27691,5 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (F_c' \cdot E_c)^{0,5} = 0,5 \cdot 2,83 \cdot (300 \cdot 27691,5)^{0,5}$$

$$129211,4 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sc} F_u = 1 \times 0,75 \times 2,83 \times 500 = 10632,33 \text{ kg (menentukan)}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$Q_n = Q_n = 10.632,33 \text{ kg}$$

$$V_h = C = 96.755,925 \text{ kg}$$

$$N = \frac{V_h}{2Q_n} = \frac{96.755,925}{2 \times 10.632,33} = 4,55 \approx 5 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{min} = 6 \times d_s = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 8 \times t_{plat} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{826,3 \text{ cm}}{5} = 164,08 \text{ cm}$$

$$S \text{ pakai} = 70 \text{ cm}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$Q_n = Q_n = 10.632,33 \text{ kg}$$

$$V_h = C = 19792,033 \text{ kg}$$

$$N = \frac{V_h}{2Q_n} = \frac{1113693,716}{2 \times 10.632,33} = 0,93 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipasang jumlah penghubung geser 2 buah

Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1,9 = 11,4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{826,3 \text{ cm}}{1} = 826,3 \text{ cm}$$

$$S \text{ pakai} = 70 \text{ cm}$$

#### 4.4.3 Penulangan Balok Induk Beton 40/70

Mutu beton = 30 MPa

Mutu tulangan = 420 MPa

Diameter tulangan longitudinal = D25 mm,  $A_s = 4,91 \text{ cm}^2$

Diameter tulangan sengkang = D13 mm,  $A_s = 1,33 \text{ cm}^2$

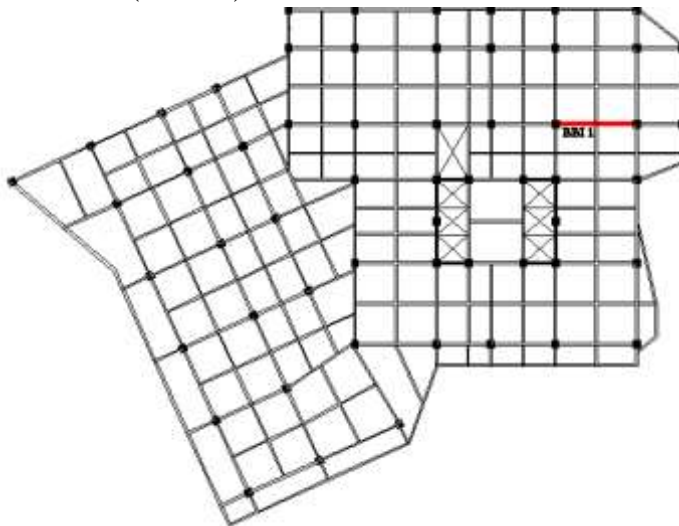
b = 400 mm

h = 700 mm

Selimut beton = 40 mm

d = h - selimut beton - 0,5 tulangan longitudinal - tulangan sengkang

$$d = 700 - 40 - (0,5 \times 25) - 13 = 634,5 \text{ mm}$$



**Gambar 4.69** Balok Induk Beton yang Direncanakan

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(F'_c - 28)}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} \\ &= 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times F'_c}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= 0,033\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025$$

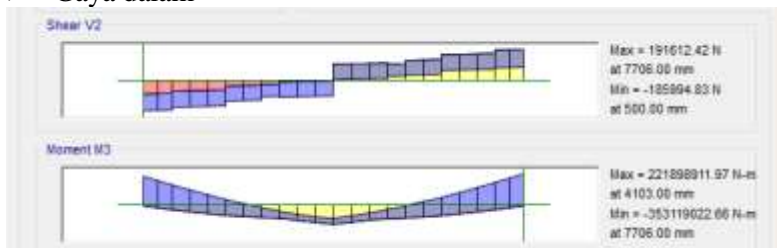
$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} \text{ dipakai} = 0,0035$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 14,1176$$

➤ Gaya dalam



**Gambar 4.70** Gaya Dalam Balok Beton 40/70

Mu tumpuan negatif = 353.239.657,2 Nmm = 36.008,120 kgm

Mu tumpuan positif = 12.772.188,33 Nmm = 1301,95997 kgm

Mu lapangan = 221.974.695,9 Nmm = 22627,390 kgm

- Perhitungan tulangan negatif tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{353239657,2}{0,9 \times 400 \times 634,5^2} = 2,44 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 2,44}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,006 > \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,006$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,006 \times 400 \times 634,5 = 1538,65 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{A_s} = \frac{1538,65 \text{ mm}^2}{490,87 \text{ mm}^2} = 3,13 \approx 4 \text{ buah}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan 4D25 ( $A_s = 1963,495 \text{ mm}^2$ )

- Keseimbangan gaya internal

$$C_c = 0,85 \times F'_c \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times F_y$$

$$C_c = T_s$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F'_c \times b} = \frac{1963,495 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 80,85 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s \text{ terpasang}} \times F_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 1963,5 \times 420 \times \left( 634,5 - \frac{80,85}{2} \right)$$

$$M_n = 489914762,6 \text{ Nmm} = 48991,476 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 48.991,476 \text{ kg.m} > M_u = 36.008,120 \text{ kg.m}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{b - n \cdot \phi L - 2c - 2\phi s}{n - 1}$$

$$= 64,667 \text{ mm} > 25\text{mm (OK)}$$

maka penulangan lentur memenuhi, dipakai 4D25

➤ Perhitungan tulangan positif tumpuan

Berdasarkan SNI 2847:2013, kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada komponen tersebut.

$$M_u \text{ tumpuan (+)} = 12,77218833 \text{ kNm}$$

$$0,5 \phi M_n \text{ dari tulangan atas} = 0,5 \times 445,21 \text{ kNm}$$

$$= 222,6 > 12,77 \text{ kNm}$$

0,5  $M_n$  tulangan atas >  $M_u$  tumpuan positif, sehingga gunakan momen lentur hasil perhitungan kapasitas penampang.

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{222604744,3}{0,9 \times 400 \times 634,5^2} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 1,53}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,00037 > \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0037$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0037 \times 400 \times 634,5 = 939,06 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s} = \frac{939,06 \text{ mm}^2}{490,87 \text{ mm}^2} = 1,9 \approx 2 \text{ buah}$$

➤ Keseimbangan gaya internal

$$C_c = 0,85 \times F'_c \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times F_y$$

$$C_c = T_s$$



$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F_c \times b} = \frac{981,7477 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 34,65 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s \text{ terpasang}} \times F_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 981,7477 \times 420 \times \left( 634,5 - \frac{34,65}{2} \right)$$

$$M_n = 254482275,2 \text{ Nmm} = 25.941,108 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 23.346,997 \text{ kg.m} > M_u = 1301,956 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{b-n.\emptyset L-2c-2\emptyset s}{n-1} \\ &= 244 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Maka tulangan dapat dipasang susun 1 lapis

Jadi tulangan lentur yang digunakan pada tumpuan adalah:

Tulangan atas : 4D25 (As pasang = 1963,495 mm<sup>2</sup>)

Tulangan bawah : 2D25 (As pasang = 981,74 mm<sup>2</sup>)

➤ Perhitungan tulangan lapangan positif

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2 menyatakan bahwa baik nilai momen positif maupun negatif sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperempat nilai momen maksimum pada tumpuan.

$$\begin{aligned} \frac{1}{4}.M_{u \text{ tumpuan}} &= \frac{1}{4} \times 353,24 \text{ kNm} \\ &= 88,31 \text{ kNm} < M_u \text{ lapangan} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{221974695,9}{0,9 \times 400 \times 634,5^2} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{14,1176} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 1,53}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0037 > \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0037$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0037 \times 400 \times 634,5 = 950,64 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{A_s} = \frac{950,64 \text{ mm}^2}{490,87 \text{ mm}^2} = 1,9 \approx 2 \text{ buah}$$

∴ Sehingga digunakan tulangan 2D25 ( $A_s = 981,75 \text{ mm}^2$ )

➤ Keseimbangan gaya internal

$$C_c = 0,85 \times F_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times F_y$$

$$C_c = T_s$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F_c' \times b} = \frac{981,75 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 34,65 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s \text{ terpasang}} \times F_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 981,75 \times 420 \times \left( 634,5 - \frac{34,65}{2} \right)$$

$$M_n = 254482275,2 \text{ Nmm} = 25941,108 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 23.346,99 \text{ kgm} > M_u = 22.627,39 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{b - n \cdot \emptyset L - 2c - 2\emptyset s}{n - 1} \\ &= 244 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan tulangan lapangan negatif

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{1}{2} \times A_s \\ &= \frac{1}{2} \times 981,75 = 490,875 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{A_s} = \frac{490,875 \text{ mm}^2}{490,87 \text{ mm}^2} = 0,9 \text{ buah}$$

Dipakai 2D25 ( $A_s \text{ pasang} = 981,75 \text{ mm}^2$ )

Jadi tulangan lentur yang digunakan pada lapangan adalah:

Tulangan atas : 2D25 (As pasang = 981,75 mm<sup>2</sup>)

Tulangan bawah : 2D25 (As pasang = 981,75 mm<sup>2</sup>)

➤ Kontrol balok T

$$\begin{aligned} b_e &< \frac{L}{4} \\ &< \frac{8263}{4} \\ &< 2065,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_e &< b_w + 8h_f \\ &< 400 + 8 \cdot 120 \\ &< 1360 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka nilai  $b_e = 1360 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{➤ } a &= \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F'_c \times b_e} \\ &= \frac{981,75 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1360} \\ &= 11,89 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } x &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{11,89}{0,8} \\ &= 14,86 \text{ mm} < h_f = 120 \text{ mm (Balok T palsu)} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan geser tumpuan

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2:

$$S < \frac{1}{4}d = 153,27 \text{ mm}$$

$$S < 6\phi = 150 \text{ mm}$$

$$S < 150 \text{ mm (menentukan)}$$

Senggang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Pada daerah lapangan syarat maksimum tulangan geser balok menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4:

$$S < \frac{1}{2}d = 306,5 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

a. Penulangan geser tumpuan

Perhitungan tulangan geser yang dipengaruhi beban gempa dihitung dari kapasitas balok memikul momen probable. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4 bahwa gaya geser rencana  $V_e$  harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum  $M_{pr}$ , dan komponen struktur tersebut dibebani penuh beban gravitasi terfaktor.

b. Momen ujung  $M_{pr}$

$M_{pr}$  merupakan kuat momen lentur mungkin dari suatu komponen struktur yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada muka join dengan menganggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum  $1,25 f_y$ .

Kapasitas momen ujung akibat struktur bergoyang ke kiri

➤ Kondisi 1 : tulangan atas di muka interior kanan mengalami tarik

$$\begin{aligned} A_s \text{ tul. atas} &= A_s \text{ balok} \\ &= 1963,495 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$d = 634,5 \text{ mm}$$

$$F_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$a_1 = \frac{A_s \times 1,25 \times F_y}{0,85 \times F'_c \times b} = \frac{1963,495 \times 1,25 \times 410}{0,85 \times 30 \times 400} = 86,62 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = A_{s \text{ terpasang}} \times 1,25 F_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr1} = 1963,75 \times 1,25 \times 420 \times \left( 634,5 - \frac{86,62}{2} \right)$$

$$M_{pr1} = 609.416.806 \text{ Nmm} = 62121,998 \text{ kgm}$$

- Kondisi 2 : tulangan bawah di muka interior kiri mengalami tarik

$$A_s = 981,74 \text{ mm}^2$$

$$d = 634,5 \text{ mm}$$

$$F_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$a_2 = \frac{A_s \times 1,25 \times F_y}{0,85 \times F'_c \times b} = \frac{981,75 \times 1,25 \times 410}{0,85 \times 30 \times 400} = 43,31 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = A_{s,terpasang} \times 1,25 F_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr2} = 981,75 \times 1,25 \times 420 \times \left( 634,5 - \frac{43,31}{2} \right)$$

$$M_{pr2} = 315.868.056 \text{ Nmm} = 32198,578 \text{ kgm}$$

- c. Gaya geser total pada muka tumpuan

- Gaya geser akibat beban gravitasi

$$V_G = 136,491 \text{ kN}$$

- $l_n$  = panjang balok – lebar kolom

$$= 8204 - 1000$$

$$= 7204 \text{ mm}$$

$$= 7,204 \text{ m}$$

$$V_{way} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n}$$

$$V_{way} = \frac{609,417 + 315,868}{8,204}$$

$$V_{way} = 112,785 \text{ kN}$$

$$V_{ekn} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} + V_G$$

$$V_{ekn} = \frac{609,417 + 315,868}{8,204} - 136,491$$

$$V_{ekn} = 23,706 \text{ kN}$$

$$V_{ekn} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + V_G$$

$$V_{ekn} = \frac{609,417 + 315,868}{8,204} + 136,491$$

$$V_{ekn} = 249,276 \text{ kN}$$

➤ Perhitungan penulangan geser

$$\phi V_c = \phi \frac{\sqrt{F'_c}}{6} \times b_w \times d$$

$$= 0,75 \times \frac{\sqrt{35}}{6} \times 400 \times 643,5$$

$$= 187,688 \text{ kN}$$

$\phi = 0,75$  (faktor reduksi beban torsi) (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{249,276}{\phi} - 187,688$$

$$= 144,680 \text{ kN}$$

Dipakai sengkang 2D13

$$A_v = 2 \times 132,786 = 265,57 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times F_y \times d}{V_s}$$

$$= \frac{265,571 \times 420 \times 643,5}{144680} = 488,97$$

Sehingga dipasang tulangan transversal tumpuan 2D13-150 mm.

d. Penulangan geser tumpuan

Tulangan geser di luar sendi plastis ( $>2h = 1400$ )

$$V_{u_{2h}} = 112,22 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{F_c'}}{6} \times b_w \times d$$

$$V_c = 250250\text{N}$$

$$V_{s\min} = \frac{\sqrt{F_c'}}{3} \times b_w \times d$$

$$V_{s\min} = 500500\text{N}$$

- $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$  (Tidak perlu penguatan geser)  
 $112,22 \text{ kN} \leq 93,844 \text{ kN}$  (**Tidak OK**)
  - $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi V_c$  (Perlu tulangan geser minimum)  
 $93,844 \text{ kN} \leq 112,22\text{N} \leq 187,688 \text{ kN}$  (**OK**)
  - $\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s\min})$  (Perlu tulangan geser;  $S_{\min} = d/2$ )  
 $187,688 \text{ kN} \leq 112,22 \text{ kN} \leq 563,063 \text{ kN}$  (**OK**)
  - $\phi (V_c + V_s) \leq V_u \leq \phi \left(\frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \cdot d\right)$  (Perlu tulangan geser;  $S_{\min} = d/4$ )  
 $563,063 \text{ kN} \geq 112,22 \text{ kN} \leq 750,750 \text{ kN}$  (**NOT OK**)
- Maka dibutuhkan tulangan geser, sehingga:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{249,276}{\phi} - 187,688 \\ &= 144,680 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dipakai sengkang 2D13

$$A_v = 2 \times 132,786 = 265,57 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times F_y \times d}{V_s} \\ &= \frac{265,571 \times 420 \times 643,5}{144680} = 488,97 \end{aligned}$$

$$\text{Spakai (Smaks)} = 300 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2D13-300mm pada daerah luar sendi plastis ( $>2h = 1400\text{mm}$ )

e. Perhitungan tulangan torsi

$$T_u = 36,99 \text{ kN.m}$$

$$V_u = 249,276 \text{ kN (dari perhitungan } V_e \text{ di Penulangan geser)}$$

Perhitungan Luas dan Keliling Penampang

$$A_{cp} = \text{Luas bruto penampang beton}$$

$$= b \times h$$

$$= 400 \times 700 = 280000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = \text{keliling luar penampang beton}$$

$$= 2 \times (b + h)$$

$$= 2 \times (400 + 700) = 2200 \text{ mm}$$

$$bh = (b - 2 \cdot \text{cover} - \varnothing_{\text{geser}})$$

$$= 307 \text{ mm}$$

$$hh = (h - 2 \cdot \text{cover} - \varnothing_{\text{geser}})$$

$$= 607 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = \text{Luasan penampang yang dibatasi tulangan sengkang}$$

$$= bh \times hh = 186349 \text{ mm}^2$$

$$P_{oh} = \text{Keliling penampang yang dibatasi tulangan sengkang}$$

$$= 2 \times (bh + hh) = 1828 \text{ mm}$$

Kontrol kebutuhan tulangan torsi

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor  $T_u$  kurang dari perumusan berikut:

$$T_u < \varnothing \cdot 0,083 \lambda \sqrt{F_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

$$A_{cp} = \text{Luas penampang total}$$

$$P_{cp} = \text{Keliling penampang total}$$

$$\lambda = 1 \text{ (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1}$$

$$\varnothing = 0,75$$

Sehingga dapat dihitung:



$$T_u < \phi \times 0,083 \lambda \sqrt{F_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < 0,75 \times 0,083 \times 1 \sqrt{30} \left( \frac{280000^2}{2200} \right)$$

36987163,96 Nmm > 13124016,26 Nmm (Butuh Tulangan Torsi)

f. Cek penampang balok

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w \times d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \times P_{oh}}{1,7 \times A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_u}{b_w \times d} + 0,66 \sqrt{F_c} \right)$$

Dimana:

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{F_c} \cdot b_w \cdot d = 250250 \text{ N}$$

Sehingga:

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w \times d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \times P_{oh}}{1,7 \times A_{oh}^2} \right)^2} = 1,14 \text{ MPa}$$

$$\phi \left( \frac{V_u}{b_w \times d} + 0,66 \sqrt{F_c} \right)$$

$$0,75 \left( \frac{249,276}{400 \times 643,5} + 0,66 \sqrt{30} \right) = 3,61 \text{ MPa}$$

1,14 ≤ 3,61 (**OK**)

g. Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \frac{F_{yt}}{F_y} \times \cot^2 \theta$$

$$A_l = 0,3706 \times 1828 \times \frac{420}{420} \times \cot^2 90 = 677,42 \text{ mm}^2$$

A longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke kiri, 25% ke kanan, 25% ke atas, dan 25% ke bawah bagian balok.  $A_1$  torsi untuk kiri kanan =  $0,5 \times 677,42 = 338,71 \text{ mm}^2$ .

Dikarenakan tulangan minimum 2, maka digunakan tulangan 2D25 ( $A_s = 981,774 \text{ mm}^2$ ), dipasang masing-masing 1 batang di sisi samping kiri dan kanan balok disepanjang bentang.

Berikut adalah hasil rekapitulasi penulangan balok induk beton yang dapat dilihat pada **Tabel 4.20**

**Tabel 4.20** Hasil Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Beton

Tipe Balok	BBI 1		BBI 2		BBI 3	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	400mm x 700 mm		400mm x 600 mm		300mm x 500 mm	
Bentang	8204 mm		6525 mm		3837 mm	
Decking	40 mm		40 mm		40 mm	
Atas	4D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Tengah	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Bawah	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Senggang	2D13-150	2D13-300	2D13-150	2D13-300	2D13-150	2D13-300

#### h. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

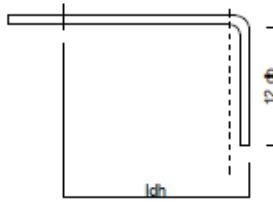
Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.5.1, panjang penyaluran  $l_{dh}$  untuk tulangan tarik dengan kait standar  $90^\circ$  dalam beton berat normal adalah sebagai berikut:

$$l_{dh} > 8 \cdot d_b = 200 \text{ mm}$$

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} > \frac{0,24 \times F_y \times d_b}{\sqrt{F_c}} = 379 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $l_{dh} = 400 \text{ mm}$  masuk ke dalam kolom, dengan panjang kait  $12 \cdot d_b = 300 \text{ mm}$



**Gambar 4.71** Detail Ikatan Untuk Penyaluran Kait Standart

#### 4.4.4 Perencanaan Kolom CFT (*Concrete Filled Tube*)

Direncanakan dengan menggunakan kolom komposit CFT (*Concrete Filled Tube*) 700x700x40x80 dengan memakai profil square hollow section dari brosur Hot Finished Square Hollow Section Column

$d = 700$	mm	$i_x = 26,7$	cm
$bf = 700$	mm	$i_y = 26,7$	cm
$tf = 40$	mm	$Z_x = 24800$	cm
$tw = 40$	mm	$Z_y = 24800$	cm
$A = 1015$	cm <sup>2</sup>	$I_x = 721000$	cm
$r = 80$	kg/m	$I_y = 72100$	cm

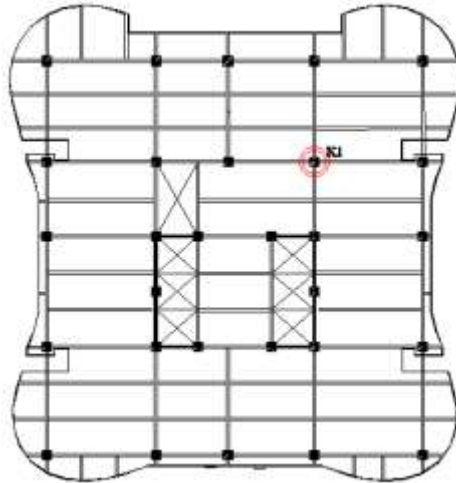
Data Material :

- $F_y = 250$  MPa = 2500 kg/cm<sup>2</sup>
- $F_u = 410$  MPa = 4100 kg/cm<sup>2</sup>
- $f_c = 30$  MPa = 300 kg/cm<sup>2</sup>

Modulus Elastisitas :

- Beton ( $E_c$ ) = 27691,5 MPa
- Baja ( $E_s$ ) = 200000 MPa

Denah kolom yang ditinjau dapat dilihat pada **Gambar 4.71**



**Gambar 4.72** Letak Kolom yang Direncanakan

### 1. Output ETABS

Dari Analisis permodelan menggunakan ETABS, didapatkan gaya dalam yang bekerja pada kolom C32 dengan tinggi 3,2 m sebagai berikut :

- Akibat kombinasi beban gravitasi maksimum (1,2D+1,6L)

$$P_u = P_{lt} = 984480,98 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = M_{lx} = 2214 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = M_{ly} = 6395 \text{ kgm}$$

- Akibat kombinasi beban gempa maksimum

$$P_u = P_{nt} = 799628,87 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = M_{n_{tx}} = 35235,19 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = M_{n_{ty}} = 23138,17 \text{ kgm}$$

- Gaya dalam lantai 2

$$P_{\text{Story}} = 984480,98 \text{ kg (1,2D+1,6L)}$$

$$P_{\text{mf}} = 903306,1 \text{ kg}$$

$$H_x = 30180,8 \text{ kg}$$

$$H_y = 30180,8 \text{ kg}$$

### 2. Kontrol Penampang Kolom Komposit

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\begin{aligned}
 A_s &= 1015 \text{ cm}^2 \text{ (dari brosur)} \\
 A_c &= (b \times d) - A_s \\
 &= (70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}) - 1015 \text{ cm}^2 \\
 &= 3885 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} \times 100\% \geq 1\%$$

$$\frac{1015}{1015 + 3885} \times 100\% \geq 1\%$$

$$20,71\% > 1\% \text{ (OK)}$$

➤ Kontrol Tebal Minimum Profil

$$\begin{aligned}
 t_{\min} &= b \times \sqrt{\frac{F_y}{3E}} \\
 &= 700 \times \sqrt{\frac{250 \text{ MPa}}{3 \times 200000}} \\
 &= 14,289 \text{ mm} < 40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol Penampang Komposit Struktur Komposit Menahan Aksial Tekan

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{700}{40} = 17,5$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,922$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Struktur Komposit Menahan Lentur

Sayap Profil

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{700}{40} = 17,5$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,922$$

Badan Profil

$$\lambda = \frac{h}{t} = \frac{700}{40} = 17,5$$

$$\lambda_p = 3 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 84,85$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

- Kuat Tekan Struktur Komposit

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = F_y A_s + C_2 F_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 1015 + 0,85 \times 300 (3885 + 0)$$

$$P_p = 3.528.175 \text{ kg} > P_u = 984.480,98 \text{ kg}$$

- Momen Nominal Kolom Komposit

$$\lambda = \frac{b}{2t} = \frac{700}{2 \times 40} = 8,75$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 31,67$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 24800 \times 2500 = 620.000 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral.

Panjang terkekang adalah selisih antara tinggi kolom dan tinggi balok.

$$L_b = 320 \text{ cm} - 80 \text{ cm} = 240 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 19,2 \times \sqrt{\frac{2.000.000 \text{ kg/cm}^2}{2500 \text{ kg/cm}^2}} \\ &= 955,78 \end{aligned}$$

$L_b < L_p$  maka termasuk bentang pendek.

Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 24800 \times 2500 = 620.000 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 558.000 \text{ kgm} > M_u = 35.235,19 \text{ kgm}$$

### 3. Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua

Perhitungan komponen lentur dan aksial terfaktor akibat Orde kedua atau efek P- $\Delta$  ditentukan berdasarkan SNI 1729:2015 lampiran (8), dengan persamaan sebagai berikut:

$$M_r = \beta_1 M_{nt} + \beta_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + \beta_2 P_{lt}$$

dengan,

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

$$\beta_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_1}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} \geq 1$$

#### ➤ Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua Arah X

Didapatkan data perencanaan dari ETABS dan bentuk struktur sebagai berikut :

$M_1$	= 2214,24 kgm	$P_{mf}$	= 903306 kg
$M_2$	= 35235,19 kgm	L	= 240 cm
$M_{nt}$	= 35235,19 kgm	$P_{nt}$	= 799628,87 kg
$M_{lt}$	= 2214 kgm	$P_{lt}$	= 984480,98 kg
$P_{\text{Story}}$	= 984480,98 kg	$\Delta_h$	= 26,022 mm
H	= 30180,8 kg		

Perhitungan Komponen  $\beta_2$

$$R_M = 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{\text{story}}} \right) = 1 - 0,15 \left( \frac{903306}{984480,98} \right) = 0,864$$

$$P_{e \text{ story}} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0,864 \times \frac{30180,8 \text{ kg} \times 2400 \text{ mm}}{26,022 \text{ mm}}$$

$$= 2.400.457,587 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{\text{story}}}{P_{\text{estory}}}} = \frac{1}{1 - \frac{984480,98}{2400457,587}} = 1,69 > 1$$

$$= 1,69 > 1$$

Sehingga, digunakan  $\beta_2$  adalah 1,69

Perhitungan Komponen  $\beta_1$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 721000 \text{ cm}^4}{(1 \times 240 \text{ cm})^2} = 247082804,6 \text{ kg}$$

$$Cm = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{2214,24 \text{ kgm}}{35235,19 \text{ kgm}} \right) = 0,5749$$

$$Pr = P_{nt} + \beta_2 P_{lt}$$

$$= 799628,87 \text{ kg} + 1,69 \times 984480,98 \text{ kg}$$

$$= 2468586,412 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{Cm}{1 - \frac{\alpha Pr}{P_{e1}}} = \frac{0,5749}{1 - \frac{2468586,412}{247082805}} = 0,581 < 1$$

Sehingga, digunakan  $\beta_1$  adalah 1

$$M_r = B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt}$$

$$= 1 \times 35235,19 \text{ kgm} + 1,69 \times 2214 \text{ kgm}$$

$$= 38988,51 \text{ kgm}$$

➤ Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari ETABS dan bentuk struktur sebagai berikut :

$M_1$	= 11476,17 kgm	$P_{mf}$	= 903306,1 kg
$M_2$	= 23138,17 kgm	L	= 240 cm
$M_{nt}$	= 23138,17 kgm	$P_{nt}$	= 799628,87 kg
$M_{lt}$	= 6395 kgm	$P_{lt}$	= 984480,98 kg
$P_{\text{Story}}$	= 984480,98 kg	$\Delta_h$	= 1,554 mm
H	= 4906,05 kg		

Perhitungan Komponen  $\beta_2$

$$R_M = 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{\text{story}}} \right) = 1 - 0,15 \left( \frac{903306,1}{984480,98} \right) = 0,864$$

$$P_{e \text{ story}} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0,864 \times \frac{4906,05 \text{ kg} \times 2400 \text{ mm}}{1,554 \text{ mm}}$$

$$= 6546953,438 \text{ kg}$$



$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{\text{story}}}{P_{\text{estory}}}} = \frac{1}{1 - \frac{984480,98}{6546953,438}} = 1,17 > 1$$

Sehingga, digunakan  $\beta_2$  adalah 1,17

Perhitungan Komponen  $\beta_1$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 721000 \text{ cm}^4}{(1 \times 240 \text{ cm})^2} = 247082804,6 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{11476,17 \text{ kgm}}{23138,17 \text{ kgm}} \right) = 0,4016$$

$$\begin{aligned} Pr &= P_{nt} + \beta_2 P_{lt} \\ &= 799628,87 \text{ kg} + 1,17 \times 984480,98 \text{ kg} \\ &= 1958753,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha Pr}{P_{e1}}} = \frac{0,5749}{1 - \frac{1958753,38}{247082805}} = 0,405 < 1$$

Sehingga, digunakan  $\beta_1$  adalah 1

$$\begin{aligned} M_r &= B_1 \times M_{nt} + B_2 \times M_{lt} \\ &= 1 \times 23138,17 \text{ kgm} + 1,17 \times 6395 \text{ kgm} \\ &= 30667,62 \text{ kgm} \end{aligned}$$

➤ Kuat Aksial Orde Kedua (Pr)

$$\begin{aligned} P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 799628,87 \text{ kg} + 1,17 \times 984480,98 \text{ kg} \\ &= 1784109,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Kontrol Interaksi Aksial dan Momen

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh nilai Pr dan Pc =  $P_{no}$ .

$$\frac{Pr}{\theta Pc} = \frac{2468586,412}{0,9 \times 3175357,5} = 0,777 \leq 2$$

Maka digunakan rumus interaksi sebagai berikut.

$$\frac{Pr}{\theta Pc} + \frac{8}{9} \left( \frac{Mr_x}{Mc_x} + \frac{Mr_y}{Mc_y} \right) \leq 1$$

$$0,777 + \frac{8}{9} \left( \frac{38988,51}{558000} + \frac{30667,62}{558000} \right) \leq 1$$

$$0,88 \leq 1(\text{OK})$$

Sehingga kolom CFT dengan dimensi profil HSS 700x700x40x80 dapat digunakan.

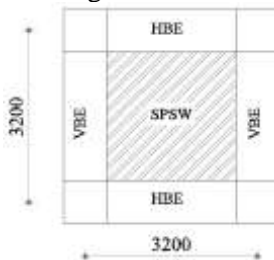
#### 4.4.5 Perencanaan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW)

Perhitungan dinding geser pelat baja perlu dihitung pengaruhnya terhadap balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Untuk perencanaan dinding geser pelat baja kali ini menggunakan Un-stiffened, thin *Steel Plate Shear Wall* (Dinding Geser Plat Baja tidak kaku). Dari hasil analisis ETABS didapatkan gaya geser pada dinding geser yaitu :

1. Dinding geser tipe 1,  $V_u = 70308,41$  kg
2. Dinding geser tipe 2,  $V_u = 70308,41$  kg

Bahan

BJ 34 :  $F_y = 2100 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_u = 3400 \text{ kg/cm}^2$



**Gambar 4.73** Desain SPSW Tipe 1

Dimensi :

$L = 3,2$  m

$h = 3,2$  m

- Tebal Dinding Geser (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 3-20)

Untuk perencanaan awal, diasumsikan sudut geser SPSW =  $30^\circ$ .

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times F_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$70308,41 \text{ kg} = 0,9 \times 0,42 \times 2100 \times t_w \times 240 \times \sin(2 \times 30^\circ)$$

$$t_w = 0,357 \text{ cm digunakan } t_w = 0,4 \text{ cm}$$

- Sudut Tarik Aktual Sesuai Ketebalan SPSW (AISC:20 Steel Plate Shear Wall pers. 2-1)

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \times L}{2 \times A_c}}{1 + t \times h \times \left( \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \times I_c \times L} \right)}}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0,4 \times 240}{2.5905}}{1 + 0,4 \times 320 \cdot \left( \frac{1}{243,4} + \frac{320^3}{360 \cdot 504000 \cdot 240} \right)}}$$

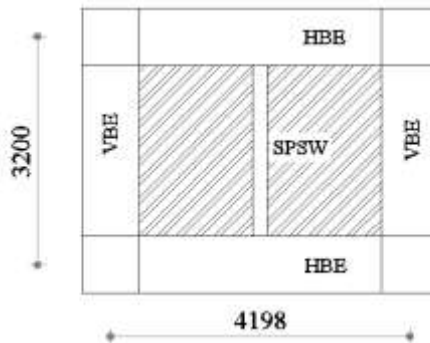
$$\alpha = 42,319^\circ \text{ memenuhi syarat } 30^\circ < \alpha < 55^\circ \text{ (OK)}$$

- Kekuatan geser aktual SPSW

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times F_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times 2100 \times 0,4 \times 240 \times \sin(2 \times 42,319^\circ)$$

$$\emptyset V_n = 90.323,02 \text{ kg} > 70.308,41 \text{ kg} \text{ (OK)}$$



**Gambar 4.74** Desain SPSW Tipe 2

Dimensi :

$$L = 4,198\text{m}$$

$$h = 3,2\text{ m}$$

- Tebal Dinding Geser (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 3-20)

Untuk perencanaan awal, diasumsikan sudut geser SPSW =  $30^\circ$ .

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times F_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$70308,41\text{kg} = 0,9 \times 0,42 \times 2100 \times t_w \times 339,8 \times \sin(2 \times 30^\circ)$$

$$t_w = 0,25\text{ cm digunakan } t_w = 0,4\text{ cm}$$

- Sudut Tarik Aktual Sesuai Ketebalan SPSW (*AISC:20 Steel Plate Shear Wall* pers. 2-1)

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \times L}{2 \times A_c}}{1 + t \times h \times \left( \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \times I_c \times L} \right)}}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0,4 \times 339,8}{2.5905}}{1 + 0,4 \times 320 \cdot \left( \frac{1}{243,4} + \frac{320^3}{360 \cdot 504000 \cdot 339,8} \right)}}$$

$$\alpha = 41,588^\circ \text{ memenuhi syarat } 30^\circ < \alpha < 55^\circ \text{ (OK)}$$

- Kekuatan geser aktual SPSW

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times F_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 0,42 \times 2100 \times 0,4 \times 240 \times \sin(2 \times 41,588^\circ)$$

$$\emptyset V_n = 127.534,44\text{ kg} > 70.308,41\text{ kg} \text{ (OK)}$$

#### 4.4.6 Kontrol Desain *Horizontal Boundary Element (HBE)*

Balok untuk dinding geser direncanakan dengan profil

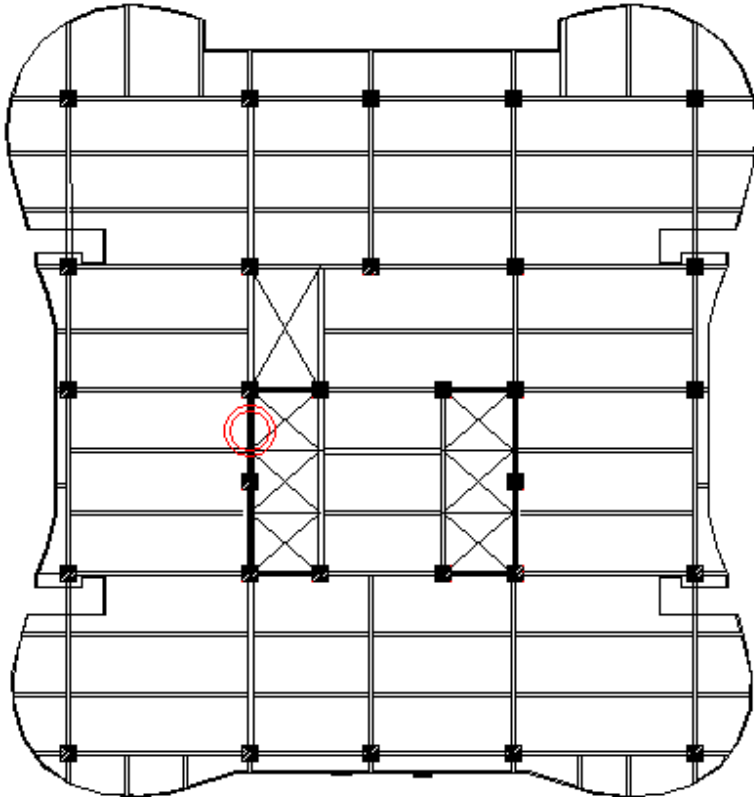
WF  $800 \times 300 \times 14 \times 22$  :

$$W = 191\text{ kg/m} \quad r = 28\text{ mm} \quad h_w = 692\text{ mm}$$

$$A = 243,4\text{ cm}^2 \quad Z_x = 7040\text{ cm}^3 \quad b_f = 300\text{ mm}$$

$$\begin{array}{ll}
 t_w = 14 \text{ mm} & i_y = 6,39 \text{ cm} \\
 t_f = 22 \text{ mm} & I_x = 254000 \text{ cm}^4 \\
 d = 792 \text{ mm} & I_y = 9930 \text{ cm}^4
 \end{array}$$

Denah balok *horizontally boundary element* yang direncanakan dapat dilihat pada **Gambar 4.75**



**Gambar 4.75** Balok *HBE* yang Direncanakan

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari *SPSW*.

1. Momen pada balok (*HBE*) akibat *SPSW*

$$M_u = \frac{w_u L_h^2}{8} + P_u^* \left( \frac{L}{3} - \frac{d_c}{2} - \frac{d_b}{2} \right)$$

Menentukan nilai  $q_u$

$$q_u = R_y F_y (t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2)$$

$$q_u = 1,5 \times 2500 \times (0,5 \times \cos^2 41,588^\circ - 0,5 \times \cos^2 41,588^\circ)$$

$$q_u = 0 \text{ kg/cm}$$

Panjang beban terbagi merata  $q_u$

$$L_h = L - 2 \left( \frac{1}{2} (d_c + d_b) \right)$$

$$L_h = 339,8 \text{ cm} - 2 \left( \frac{1}{2} (80 \text{ cm} + 79,2 \text{ cm}) \right)$$

$$L_h = 180,6 \text{ cm}$$

Jadi momen pada balok akibat SPSW

$$M_u = \frac{0 \times 180,6^2}{8} + 18002 \left( \frac{339,8}{3} - \frac{80}{2} - \frac{79,2}{2} \right)$$

$$= 6060,56 \text{ kgm}$$

Momen tersebut adalah momen akibat dari SPSW sehingga perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi yang didapatkan dari ETABS.  $M_g = 1866 \text{ kgm}$

$$M_u = M_u + M_g$$

$$= 6060,56 \text{ kgm} + 1866 \text{ kgm}$$

$$= 7927 \text{ kgm}$$

➤ Gaya aksial pada balok HBE

$$P_{HBE} = P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(WEB)}$$

$$P_{HBE(VBE)} = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2 \alpha t_w h_c$$

$$P_{HBE(VBE)} = 0,5 \times 1,5 \times 2500 \times (\sin^2(41,588) \times 0,4 \times 180,6 + \sin^2(41,588) \times 0,4 \times 180,6)$$

$$P_{HBE(VBE)} = 136212,82 \text{ K\kg}$$

$$P_{HBE(WEB)} = \frac{1}{2} R_y f_y [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] L_{cf}$$

$$P_{HBE(WEB)} = \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times (0) \times (419,8-80)$$

Nilai  $[t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] = 0$ , dikarenakan dimensi SPSW antara lantai yang ditinjau dengan lantai atasnya sama.

$$P_{HBE(WEB)} = 0 \text{ kg}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok akibat distribusi gaya dari SPSW adalah

$$\begin{aligned} P_{HBE} &= 136212,82 \text{ kg} + 0 \\ &= 136212,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$C_m = 1$$

$$KL = 1 \times 419,8 = 419,8 \text{ cm}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(KL)^2} = \frac{3,14^2 \times 2000000 \times 254000}{(1 \times 419,8)^2} = 28420920,51 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{1}{1 - \frac{136212,82}{28420920,51}} = 1,005$$

Karena nilai  $B_1 = 1,005$ , maka faktor pembesar momen digunakan dalam perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} M_r &= B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\ &= 1,005 \times 7927 \text{ kgm} \\ &= 7965,08 \text{ kgm} \end{aligned}$$

➤ Gaya Geser pada Balok HBE akibat SPSW

Gaya geser akibat SPSW dihitung dengan rumus :

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{ug}$$

Momen lentur balok  $M_{pr}$  dihitung berdasarkan balok yang telah diperlemah (*strength reduced*). Perlemahan diasumsi 2/3 dari modulus penampang plastic balok

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,1 \times R_y \times F_y \times Z_{rbs} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times (2/3 \times 7040) \\ &= 14353800 \text{ kgcm} = 143538 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya aksial HBE pada sambungan mungkin digunakan untuk menghitung kekuatan lentur yang telah diperlemah pada sendi plastis.

$$\begin{aligned} P_y &= F_y A_g \\ &= 2500 \times 243,4 \\ &= 608500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{136212,82}{608500} = 0,22 > 0,2$$

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8} (M_{pr}) \left( 1 - \frac{P_{u(HBE)}}{P_y} \right)$$

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8} (143538) \left( 1 - \frac{136212,82}{608500} \right)$$

$$M_{pr}^* = 108983,8847 \text{ kgm}$$

Nilai  $V_{ug}$  didapatkan dari besar gaya geser yang dihasilkan dari program ETABS 2016 akibat beban gravitasi.

$$\begin{aligned} V_{ug} &= 11465 \text{ kg} \\ V_u &= \frac{2(108983,8847)}{4,198} + 11465 \\ V_u &= 63386,81 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur  
Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{44} = 6,818$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,43$$

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



$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y = 7040 \times 2500 = 17.600.000 \text{ kgcm} = 176.000 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 158.400 \text{ kgm} \geq M_u = 7.965,08 \text{ kgm} (\text{OK})$$

➤ Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{692}{14} = 49,43$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 96,88 \times 1$$

$$V_n = 145320 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$63386,81 \text{ kg} \leq 130.788 \text{ kg} \rightarrow (\text{OK})$$

➤ Kekuatan Tekan Balok (HBE)

$$L = 339,8 \text{ cm}$$

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

$$L_k = K_c \times L = 1 \times 339,8 = 339,8 \text{ cm}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{i_y}\right)^2} = \frac{3,14^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{1 \times 339,8}{6,39}\right)^2} = 6973,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2500}{6973,39} = 0,3585 \leq 2,25 \text{ maka } F_{cr} \text{ ditentukan dengan}$$

$$F_{cr} = 0,658 \frac{F_y}{F_e} \times F_y = 2151,657 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} P &= F_{cr} \times A_g \\ &= 2151,657 \times 243,4 \\ &= 523713,268 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,85 \times 523713,268 \\ &= 471.341,94 \text{ kg} > 136.212,82 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Interaksi Aksial dan Lentur Balok (HBE)  
menggunakan rumus interaksi 2

$$\frac{Pu}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{\phi_b M_{cx}} \right) \leq 1$$

$$\frac{136212,82}{471341,94} + \frac{8}{9} \left( \frac{7965,083}{158400} \right) \leq 1$$

$$0,33 \leq 1(\text{OK})$$

- Kontrol Momen Inersia HBE terhadap SPSW

$$I_{\text{HBE}} \geq 0,0003 \frac{(\Delta t_w) L^4}{h}$$

$$254000 \geq 0(\text{OK})$$

- Kontrol Ketebalan Pelat Badan Balok (HBE)

$$t_{w(\text{HBE})} \geq \frac{t_w \times R_y \times F_y}{F_{y(\text{HBE})}}$$

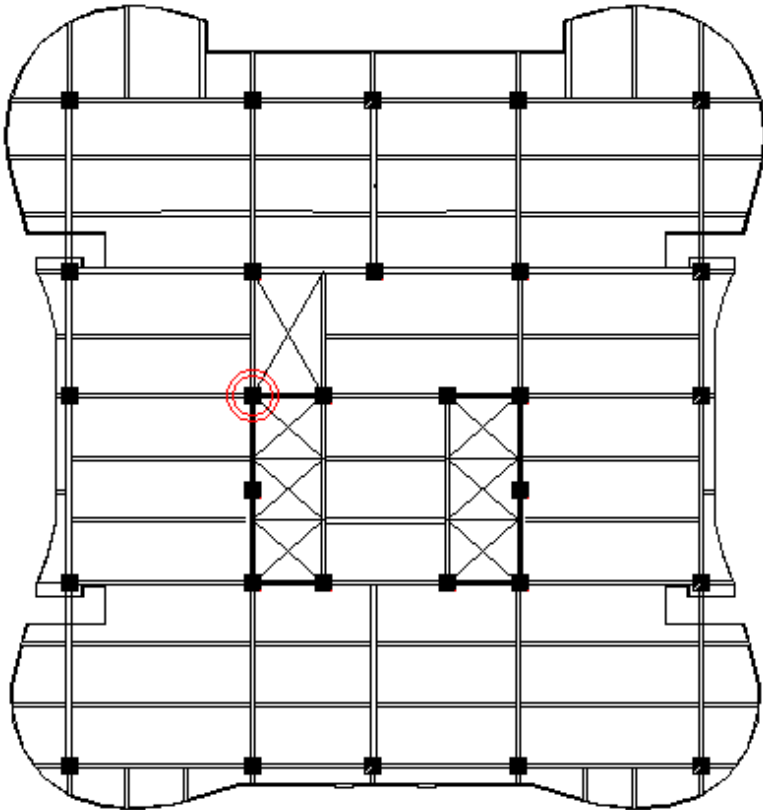
$$1,4 \geq \frac{1,4 \times 1,5 \times 2500}{2500}$$

$$1,4 \geq 0,6(\text{OK})$$

Balok 800x300x14x22 bisa digunakan untuk balok HBE  
komponen SPSW

#### 4.4.7 Kontrol Desain *Vertically Boundary Element (VBE)*

Denah balok *vertically boundary element* yang direncanakan dapat dilihat pada **Gambar 4.76**



**Gambar 4.76** Letak Kolom *VBE* yang Direncanakan

Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT dengan profil HSS 800 x 800 x 32 x 64 dengan mutu inti beton  $F_c = 30$  MPa dan tinggi kolom 320 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$d$	$= 800$ mm	$I_x$	$= 927000$ cm <sup>4</sup>
$b_f$	$= 800$ mm	$I_y$	$= 927000$ cm <sup>4</sup>

$t_w$	= 32 mm	$i_x$	= 31,1 cm
$t_f$	= 32 mm	$i_y$	= 31,1 cm
$A_s$	= 957 cm <sup>2</sup>	$Z_x$	= 27300 cm <sup>3</sup>
$A_c$	= 5443 cm <sup>2</sup>	$F_y$	= 250 Mpa
$h$	= 736 mm	$F_c$	= 30 Mpa

1. Gaya aksial pada kolom (*VBE*)

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1047437,17 \text{ kg (akibat beban gravitasi)} \\
 E_m &= \sum [1/2 R_y \times F_y \times \sin(2\alpha) \times t_w \times h] + \sum V_u \\
 E_m &= [1/2 \times 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times \sin(2 \times 41,588^\circ) \times 0,4 \text{ cm} \\
 &\quad \times 320 \text{ cm}] \times 2 + (122840,3822) \text{ kg} \\
 E_m &= 603669,27 \text{ kg} \\
 P_{u \text{ total}} &= P_u + E_m \\
 &= 1047437,17 \text{ kg} + 603669,27 \text{ kg} \\
 &= 1651106,44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Nilai  $P_{VBE}$  merupakan aksial tekan sehingga perlu dihitung kembali dengan analisis orde kedua pendekatan

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$C_m = 1$$

$$KL = 1 \times 320 = 320 \text{ cm}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(KL)^2} = \frac{3,14^2 \times 2000000 \times 927000}{(1 \times 320)^2} = 178512679,7 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{1}{1 - \frac{1651106,44}{178512679,7}} = 1,01$$

Karena nilai  $B_1 = 1,01$ , maka faktor pembesar momen digunakan dalam perhitungan momen.

2. Momen pada kolom (*VBE*) akibat *SPSW*

Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser (*SPSW*) pada sambungan.

$$M_{VBE(web)} = \frac{R_y F_y \sin^2(\alpha) t_w h_c^2}{12}$$

$$M_{VBE(web)} = \frac{1,5 \times 2500 \times \sin^2(41,588) \times 0,4 \times 320^2}{12}$$

$$M_{VBE(web)} = 6478720,33 \text{kgcm} = 64787,203 \text{kgm}$$

Momen lentur pada kondisi kolom (VBE) mengalami tekan

$$M_{VBE(HBE)} = \frac{1}{2} \sum M_{pb}$$

$$M_{pb} = \frac{M_{pr}}{(1,1R_y)} + (V_u S_h)$$

$$M_{pb} = \frac{193600 \text{kgm}}{(1,1 \times 1,5)} + \left( 122840 \times \left( \frac{7,92}{2} + \frac{8}{2} \right) \right) = 215114,278 \text{kgm}$$

$$\begin{aligned} P_y &= F_y A_g \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 957 \text{ cm}^2 \\ &= 2391750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{1}{2} P_{HBE(web)} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{0}{3288600} = 0$$

$$M_{pr}^* = (M_{pr}) \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{P_{u(HBE)}}{P_y} \right) \right]$$

$$M_{pr}^* = (193600) \left( 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{136212,8201}{2391750} \right) \right) = 188050,5768 \text{kgm}$$

$$M_{pb} = \frac{M_{pr}^*}{(1,1R_y)} + (V_u S_h)$$

$$M_{pb} = \frac{188050,5768 \text{kgm}}{(1,1 \times 1,5)} + \left( 2149,48 \times \frac{0,8}{2} \right) = 114829,83 \text{kgm}$$

$$M_{VBE(HBE)} = \frac{1}{2} \sum M_{pb}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 \times (215114,278 + 114829,83) \\
 &= 164982,0581 \text{ kgm} \\
 M_u &= M_{\text{VBE(web)}} + M_{\text{VBE(HBE)}} \\
 &= 64787,203 \text{ kgm} + 164982,0581 \text{ kgm} \\
 &= 229759,2614 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Karena nilai  $B_1 = 1,01$ , maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 M_r &= \beta_1 \times M_{nt} + \beta_2 \times M_{lt} \\
 &= 1,01 \times 229759,2614 \text{ kgm} \\
 &= 232.060,217 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

3. Gaya geser pada kolom (VBE) akibat SPSW

$$\begin{aligned}
 V_{\text{VBE(web)}} &= \frac{1}{2} R_y F_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,5 \times 2500 \times \sin^2(41,58) \times 0,4 \times 320 \\
 &= 121476,0052 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{VBE(HBE)}} &= \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right) = \sum \frac{1}{2} \left( \frac{229759,2614}{320} \right) \\
 &= 35899,88 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya geser total adalah :

$$\begin{aligned}
 V_u &= V_{\text{VBE(HBE)}} + V_{\text{VBE(web)}} \\
 &= 35899,88 \text{ kg} + 121476,0052 \text{ kg} \\
 &= 157375,89 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Kontrol kekuatan tekan kolom komposit (VBE)

Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{800}{2 \times 16} = 25$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,922$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = F_y A_s + C_2 F_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 957 + 0,85 \times 300 (5443 + 0)$$

$$P_p = 3.779.791,5 \text{ kg} > P_u = 1651106,44 \text{ kg}$$

5. Kontrol penampang profil terhadap terhadap geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{768}{16} = 48$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,357$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0,6 F_y (h \times t_w) C_v$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 235,52 \times 1$$

$$V_n = 345600 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$157375,89 \text{ kg} \leq 691200 \text{ kg} \rightarrow \text{(OK)}$$

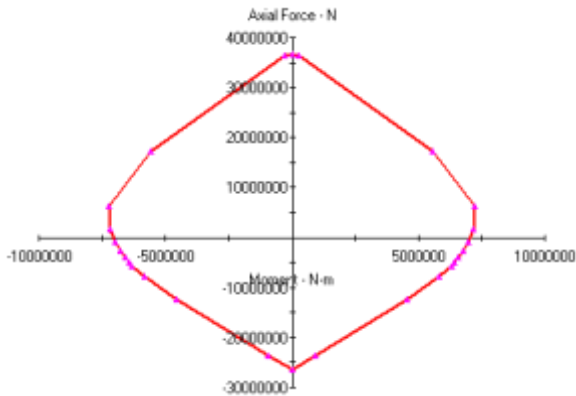
6. Interaksi aksial dan lentur kolom VBE

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1651106,44}{0,9 \times 3779791,5} = 0,48 \geq 0,2$$

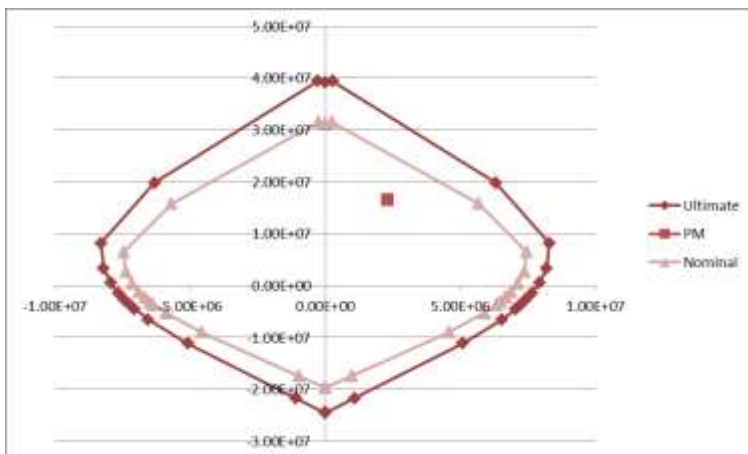
$$\frac{Pu}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \left( \frac{Mrx}{\phi b.Mcx} \right) \leq 1$$

$$0,48 + \frac{8}{9} \left( \frac{682500}{0,9 \times 232060,2169} \right) \leq 1$$

$$0,73 < 1 \text{ (OK)}$$

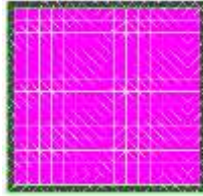


**Gambar 4.77** Hasil Diagram Interaksi Software XTRACT



**Gambar 4.78** Hasil Analisis Beban pada Diagram Interaksi





**Gambar 4.79** Modelisasi VBE

## 4.5 Perencanaan Sambungan

### 4.5.1 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan simple connection yang didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Diketahui

$$V_u = 3167,352 \text{ kg (gaya geser balok utama tangga)}$$

$$\text{Profil siku} = L 60 \times 60 \times 6$$

- a. Sambungan pada badan balok utama tangga menggunakan baut A325 Ø12

$$\text{Øbaut} = 12 \text{ mm (} A_b = 1,13 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 3167,352 \text{ kg}$$

$$m = 2$$

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7752,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 2,5 - 0,5 (1,2 + 0,2) = 1,8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,8 \cdot 0,6 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg} \leq 7084,8 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\text{Ø.Rn} = 0,75 \cdot 5313,6 = 3985,2 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{ØRn}} = \frac{3167,3525}{0,75 \times 3985,2} = 0,79 \text{ dipasang 3 buah baut Ø12}$$

- b. Sambungan pada badan penumpu tangga menggunakan baut A325 Ø12 :

$$\text{Øbaut} = 12 \text{ mm (Ab} = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 3167,352 \text{ kg}$$

$$m = 2$$

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot \text{Ab} \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7752,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 2,5 - 0,5 (1,2 + 0,2) = 1,8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,8 \cdot 0,6 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg} \leq 7084,8 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\text{Ø.Rn} = 0,75 \cdot 5313,6 = 3985,2 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{ØRn}} = \frac{3167,352}{3985,2} = 0,79 \text{ dipasang 3 buah baut } \text{Ø}12$$

- Kontrol Jarak Baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \\ &= 18 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \\ &= 18 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut : (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ s/d } 200 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60x60x6

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

$$\begin{aligned} \text{Ø lubang} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

- c. Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{siku}} = 13 \times 0,6 = 7,8 \text{ cm}^2$$

- $A_{nv} = A_g - n(d_b + 2)t = (7,8 - 1,2 \times 1,4) \times 0,6 = 5,28 \text{ cm}^2$   
 ➤ Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)  
 $\emptyset \text{ Pu} = \emptyset \times A_g \times F_y = 0,9 \times 7,8 \times 2500 = 17550 \text{ kg}$   
 ➤ Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)  
 $\emptyset \text{ Pu} = \emptyset \times A_n \times F_u = 0,75 \times 5,28 \times 4100 = 16236 \text{ kg}$

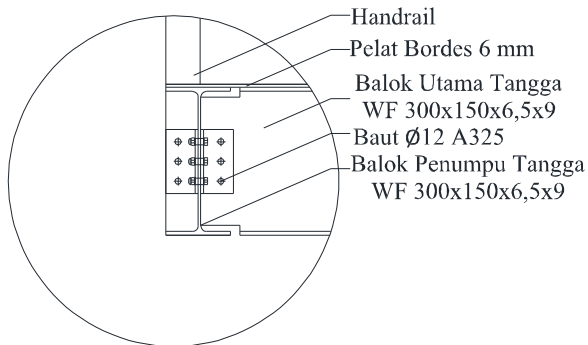
**(Menentukan)**

Terdapat 2 siku sehingga

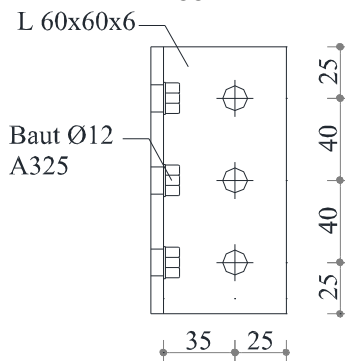
$$2\emptyset \text{ Pu} = 2 \times 16236 = 32472 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2 \emptyset \text{ Pu} \rightarrow 3.167,352 \text{ kg} < 32.472 \text{ kg (OK)}$$



**Gambar 4.80** Sambungan Balok Utama dan Balok Penumpu Tangga



**Gambar 4.81** Detail Pelat Penyambung Siku

#### 4.5.2 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Data data yang diketahui sebagai berikut :

$$V_u \text{ balok penumpu tangga} = 3167,35245 \text{ kg}$$

$$\text{Profil balok penumpu tangga} = \text{WF } 300 \times 150 \times 6,5 \times 9$$

$$\text{Profil kolom CFT} = 700 \times 700 \times 40$$

##### a. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm (} A_b = 1,13 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 3167,35245 \text{ kg}$$

$$m = 1$$

$$\text{profil tebal pelat} = 6 \text{ mm}$$

##### ➤ Kuat geser baut:

$$\varnothing \cdot R_n = \varnothing \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$$

$$= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 1$$

$$= 3876,41 \text{ kg}$$

##### ➤ Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 2,0 - 0,5 (1,2 + 0,2) = 1,3 \text{ cm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 1,3 \cdot 0,6 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,3 \cdot 0,6 \cdot 4100$$

$$= 3837,6 \text{ kg} \leq 7084,8 \text{ kg (OK)}$$

$$\varnothing \cdot R_n = 0,75 \cdot 3837,6 = 2878,2 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\varnothing R_n} = \frac{3167,35245}{2878,2} = 1,0056 \text{ dipasang 3 buah baut } \varnothing 12$$

##### ➤ Kontrol Jarak Baut

$$\text{Jarak tepi : (S1)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi : (S2)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ s/d } 200$$

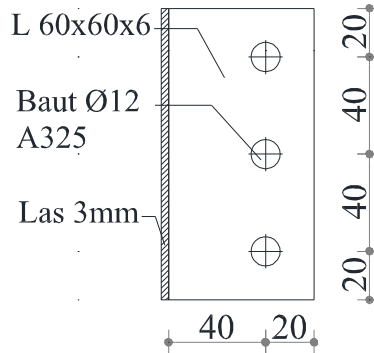
$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

##### b. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung

Dipakai siku penyambung 60x60x6

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

Ø lubang = 12 mm + 2 mm (lubang dibuat dengan bor)  
= 14 mm = 1,4 cm



**Gambar 4.82** Detail Pelat Penyambung

c. Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{siku}} = 12 \times 0,6 = 7,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 2)t = (7,2 - 3 \times 1,4) \times 0,6 = 4,68 \text{ cm}^2$$

➤ Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\phi P_u = \phi \times A_g \times F_y = 0,9 \times 7,2 \times 2500 = 16200 \text{ kg}$$

➤ Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\phi P_u = \phi \times A_n \times F_u = 0,75 \times 4,68 \times 4100 = 14391 \text{ kg}$$

**(Menentukan)**

Terdapat 1 siku sehingga

$$\phi P_u = 14391$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi P_u \rightarrow 3.167,35245 \text{ kg} < 14.391 \text{ kg (OK)}$$

d. Sambungan Las Antara Pelat Penyambung dengan Kolom

Direncanakan las dengan  $t_e = 1 \text{ cm}$

Panjang pelat ( $d$  pelat) = 12 cm

Mutu las yang digunakan  $F_{E70xx}$

$$A_{we} = te \times d_{\text{pelat}}$$

$$A_{we} = 1 \times 12$$

$$A_{we} = 12 \text{ cm}^2$$

$$S_x = \frac{I_x}{y_{\text{max}}} = \frac{12^2}{6} = 24 \text{ cm}^3$$

$$Pu = 3167,35245 \text{ kg}$$

$$Mu = S_2 \times Pu = 7918,38 \text{ kgcm}$$

➤ Akibat Pu

$$F_v = \frac{Pu}{A} = \frac{3167,35}{12} = 263,95 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Akibat beban momen lentur

$$F_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{7918,38}{24} = 329,93 \text{ kg/cm}^2$$

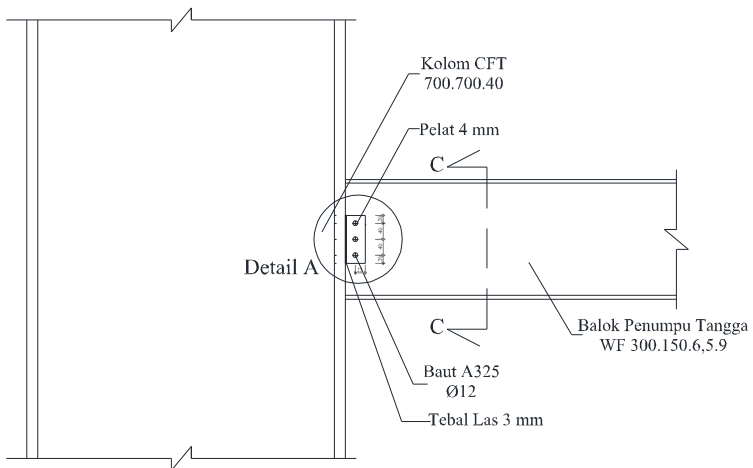
$$F_{\text{total}} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} = 422,52 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \times 1 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

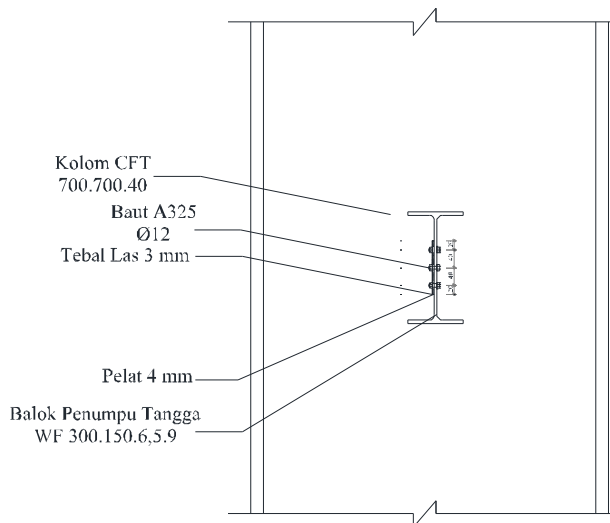
$$t_e = \frac{F_{\text{total}}}{\phi F_{nw}} = \frac{422,52}{2214,45} = 0,19 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,19}{0,707} = 0,26 \text{ cm} = 2,6 \text{ mm}$$

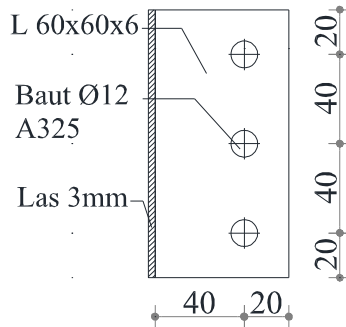
Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4 ukuran minimum las sudu ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga  $a_{\text{min}} = 3 \text{ mm}$ . Dipakai las sudut dengan ketebalan 3 mm. Hasil penggambaran sambungan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.83** Sambungan Balok Penumpu dengan Kolom



**Gambar 4.84** Tampak Potongan C-C

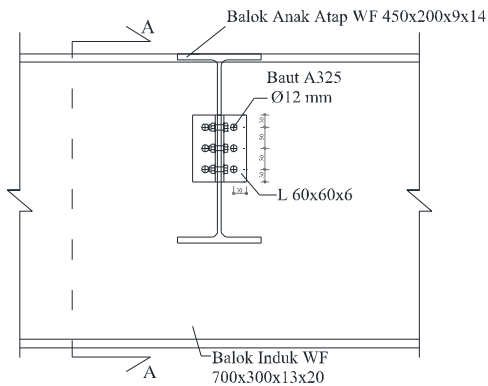


**Gambar 4.85** Detail A Pelat Penyambung

#### 4.5.3 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Atap

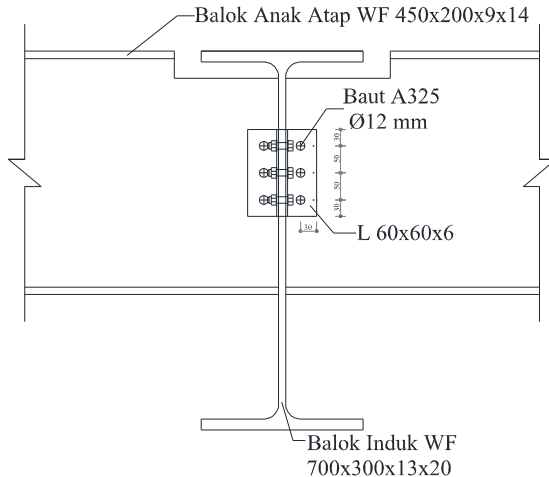
Data data yang diketahui untuk perhitungan sambungan sebagai berikut :

Vu balok anak	= 6308,87kg
Profil balok anak	= WF 450x200x9x14
Profil balok induk	= WF 700x300x13x20
Profil siku	= L 60x60x6
Ukuran baut	= Ø12 ( $A_s = 1,31 \text{ cm}^2$ )



**Gambar 4.86** Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Atap





**Gambar 4.87** Potongan A-A Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Atap

- a. Sambungan pada badan balok anak
- $\varnothing$ baut = 12 mm ( $A_b = 1,131 \text{ cm}^2$ ); A325  
 $F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$   
 $V_u = 6308,8676 \text{ kg}$   
 $m = 2$
- Kuat geser baut:
- $\varnothing.R_n = \varnothing \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$   
 $= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,131 \cdot 2$   
 $= 7752,82 \text{ kg}$
- Kuat tumpu baut
- $l_c = 3 - 0,5 (1,2 + 0,2) = 2,3 \text{ cm}$   
 $R_n = 1,2 l_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$   
 $= 1,2 \cdot 2,3 \cdot 0,6 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 4100$   
 $= 6789,6 \text{ kg} \leq 7084,8 \text{ kg (OK)}$
- $\varnothing.R_n = 0,75 \cdot 6789,6 = 5092,2 \text{ kg (Menentukan)}$
- $n = \frac{V_u}{\varnothing R_n} = \frac{6308,87}{5092,2} = 1,2$  dipasang 3 buah baut  $\varnothing 12$

## b. Sambungan di badan balok induk

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm (} A_b = 1,131 \text{ cm}^2 \text{); A325}$$

$$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 6308,8676 \text{ kg}$$

$$m = 2$$

## ➤ Kuat geser baut:

$$\varnothing \cdot R_n = \varnothing \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$$

$$= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,131 \cdot 2$$

$$= 7752,82 \text{ kg}$$

## ➤ Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 3 - 0,5 (1,2 + 0,2) = 2,3 \text{ cm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 2,3 \cdot 0,6 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 4100$$

$$= 6789,6 \text{ kg} \leq 7084,8 \text{ kg (OK)}$$

$$\varnothing \cdot R_n = 0,75 \cdot 6789,6 = 5092,2 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\varnothing R_n} = \frac{6308,87}{5092,2} = 1,2 \text{ dipasang 3 buah baut } \varnothing 12$$

## c. Kontrol Baut

$$\text{Jarak tepi : (S1)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi : (S2)} = \text{Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 22 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 50 \text{ mm}$$

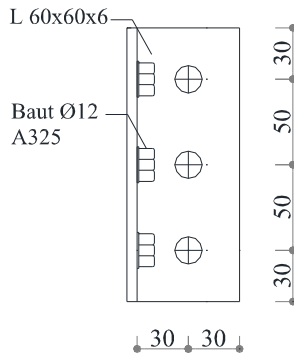
## d. Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60x60x6

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

$$\varnothing \text{ lubang} = 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)}$$

$$= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm}$$



**Gambar 4.88** Detail Pelat Penyambung

e. Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{siku}} = 16 \times 0,6 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 2)t = (9,6 - 3 \times 1,4) \times 0,6 = 7,08 \text{ cm}^2$$

➤ Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\phi P_u = \phi \times A_g \times F_y = 0,9 \times 9,6 \times 2500 = 43200 \text{ kg}$$

**(Menentukan)**

➤ Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\phi P_u = \phi \times A_n \times F_u = 0,75 \times 7,08 \times 4100 = 43542 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku sehingga

$$\phi P_u = 43200 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2 \phi P_u \rightarrow 6308,87 \text{ kg} < 86400 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

#### 4.5.4 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lantai

Data data yang diketahui untuk perhitungan sambungan sebagai berikut :

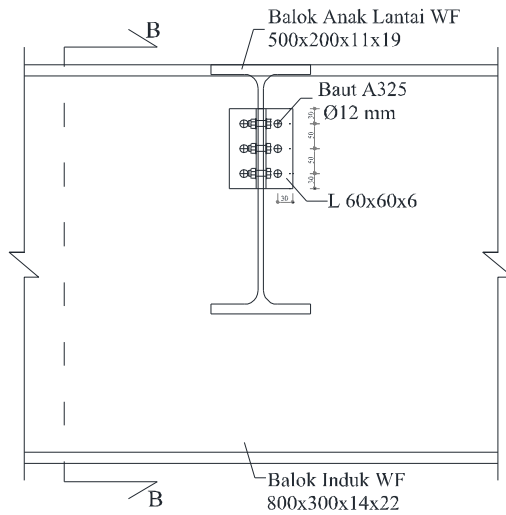
$$V_u \text{ balok anak} = 8379,4 \text{ kg}$$

$$\text{Profil balok anak} = \text{WF } 500 \times 200 \times 11 \times 19$$

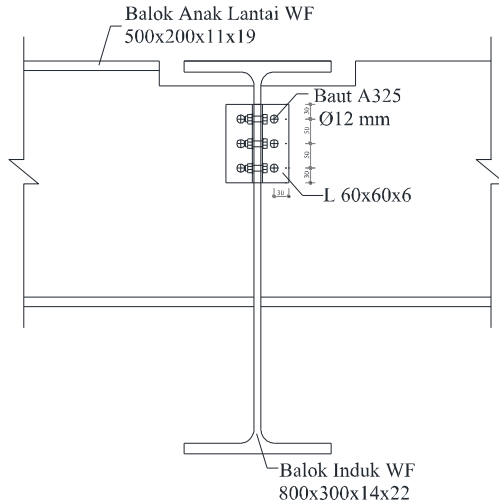
$$\text{Profil balok induk} = \text{WF } 800 \times 300 \times 14 \times 22$$

$$\text{Profil siku} = \text{L } 60 \times 60 \times 6$$

$$\text{Ukuran baut} = \phi 12 \text{ (} A_s = 1,31 \text{ cm}^2 \text{)}$$



**Gambar 4.89** Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lantai



**Gambar 4.90** Potongan B-B Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lantai

- a. Sambungan pada badan balok anak
- $\varnothing$ baut = 12 mm ( $Ab = 1,131 \text{ cm}^2$ ); A325  
 $F_{nv}$  =  $4570 \text{ kg/cm}^2$   
 $V_u$  =  $8379,4 \text{ kg}$   
 $m$  = 2
- Kuat geser baut:
- $\varnothing.R_n$  =  $\varnothing \cdot F_{nv} \cdot Ab \cdot m$   
 =  $0,75 \cdot 4570 \cdot 1,131 \cdot 2$   
 =  $7752,82 \text{ kg}$
- Kuat tumpu baut
- $\ell_c$  =  $3 - 0,5 (1,2 + 0,2) = 2,3 \text{ cm}$   
 $R_n$  =  $1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$   
 =  $1,2 \cdot 2,3 \cdot 0,6 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 4100$   
 =  $6789,6 \text{ kg} \leq 7084,8 \text{ kg (OK)}$   
 $\varnothing.R_n$  =  $0,75 \cdot 6789,6 = 5092,2 \text{ kg (Menentukan)}$
- $n = \frac{V_u}{\varnothing R_n} = \frac{8479,4}{5092,2} = 1,6$  dipasang 3 buah baut  $\varnothing 12$
- b. Sambungan di badan balok induk
- $\varnothing$ baut = 12 mm ( $Ab = 1,131 \text{ cm}^2$ ); A325  
 $F_{nv}$  =  $4570 \text{ kg/cm}^2$   
 $V_u$  =  $8379,4 \text{ kg}$   
 $m$  = 2
- Kuat geser baut:
- $\varnothing.R_n$  =  $\varnothing \cdot F_{nv} \cdot Ab \cdot m$   
 =  $0,75 \cdot 4570 \cdot 1,131 \cdot 2$   
 =  $7752,82 \text{ kg}$
- Kuat tumpu baut
- $\ell_c$  =  $3 - 0,5 (1,2 + 0,2) = 2,3 \text{ cm}$   
 $R_n$  =  $1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$   
 =  $1,2 \cdot 2,3 \cdot 0,6 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 4100$   
 =  $6789,6 \text{ kg} \leq 7084,8 \text{ kg (OK)}$   
 $\varnothing.R_n$  =  $0,75 \cdot 6789,6 = 5092,2 \text{ kg (Menentukan)}$
- $n = \frac{V_u}{\varnothing R_n} = \frac{8479,4}{5092,2} = 1,6$  dipasang 3 buah baut  $\varnothing 12$

## c. Kontrol Baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= \text{Tabel J3.4 s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

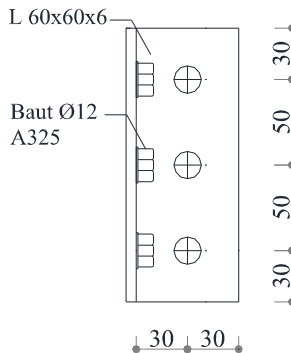
$$\text{Pakai S} = 50 \text{ mm}$$

## d. Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60x60x6

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

$$\begin{aligned} \text{Ø lubang} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$



**Gambar 4.91** Detail Pelat Penyambung

## e. Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{siku}} = 16 \times 0,6 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 2)t = (9,6 - 3 \times 1,4) \times 0,6 = 7,08 \text{ cm}^2$$

## ➤ Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\text{Ø Pu} = \text{Ø} \times A_g \times F_y = 0,9 \times 9,6 \times 2500 = 43200 \text{ kg}$$

**(Menentukan)**

## ➤ Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\text{Ø Pu} = \text{Ø} \times A_n \times F_u = 0,75 \times 7,08 \times 4100 = 43542 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku sehingga

$$\emptyset Pu = 43200 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2 \emptyset Pu \rightarrow 8379,4 \text{ kg} < 86400 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.5.5 Sambungan *Steel Plate Shear Wall*

Sambungan dinding geser direncanakan dengan menggunakan las  $F_{E100XX}$ . Pengelasan dilakukan pada elemen balok (HBE) dan kolom (VBE). Tipe las yang digunakan yaitu las sudut.

- a. Sambungan las sudut pada balok *Horizontal Boundary Element* (HBE)

$$W_{HBE} = \frac{R_y \times F_y \times \cos \alpha \times t_w \sqrt{2}}{\theta \times 0,6 \times F_{E100XX} (1 + 0,5 \times \cos^{1,5} \alpha)}$$

$$W_{HBE} = \frac{1,5 \times 2500 \times \cos(41,588) \times 0,4 \sqrt{2}}{0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,33 \times (1 + 0,5 \times \cos^{1,5} 41,588)}$$

$$W_{HBE} = 0,38 \text{ cm} = 3,8 \text{ mm}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t = 4$  mm yaitu 3 mm, jadi digunakan las dengan tebal 4 mm

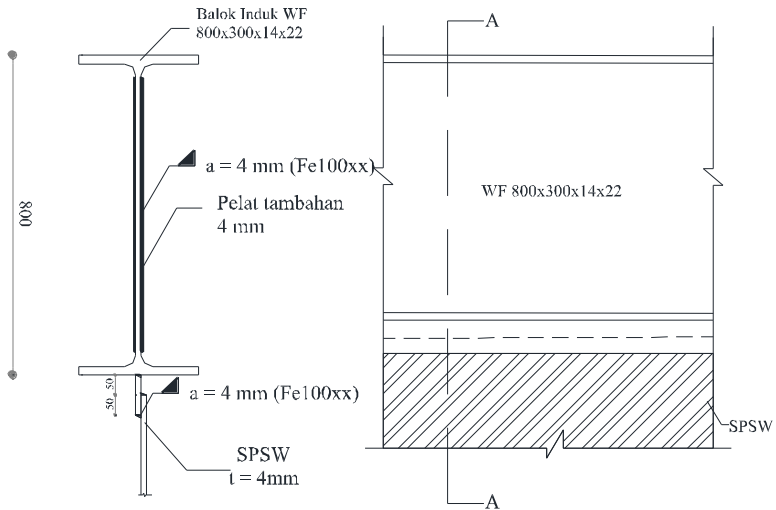
- b. Sambungan las sudut pada balok *Vertical Bounday Element* (VBE)

$$W_{VBE} = \frac{R_y \times F_y \times \cos \alpha \times t_w \sqrt{2}}{\theta \times 0,6 \times F_{E100XX} (1 + 0,5 \times \cos^{1,5} \alpha)}$$

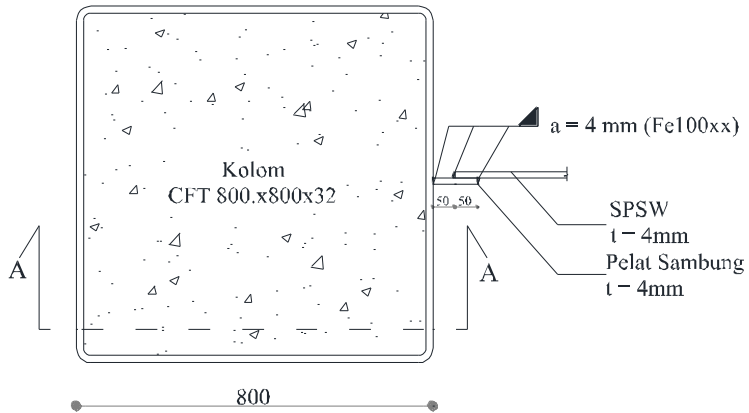
$$W_{VBE} = \frac{1,5 \times 2500 \times \cos(41,588) \times 0,4 \sqrt{2}}{0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,33 \times (1 + 0,5 \times \cos^{1,5} 41,588)}$$

$$W_{VBE} = 0,38 \text{ cm} = 3,8 \text{ mm}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t = 4$  mm yaitu 3 mm, jadi digunakan las dengan tebal 4 mm

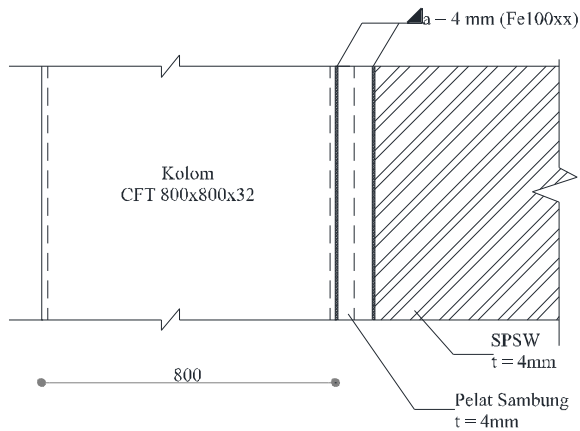


**Gambar 4.92** Sambungan Dinding Geser Pada HBE



**Gambar 4.93** Sambungan Dinding Geser Pada VBE





**Gambar 4.94** Potongan A-A Sambungan Dinding Geser Pada VBE

#### 4.5.6 Sambungan Balok Induk dan Kolom

Sambungan antar balok induk - kolom RCFT direncanakan sebagai *rigid connection* dengan las dan baut. Digunakan *rigid connection* dikarenakan untuk sambungan pada kolom dan balok induk harus menahan beban geser dan beban momen. Dimensi balok induk 800x300x14x22 dan RCFT 700x700x40x80 dengan inti beton  $F'c=30$  MPa. Ilustrasi perencanaan sambungan balok induk dengan kolom bisa dilihat pada **Gambar 4.94**

$$\text{Mutu Las} = F_{E100xx}$$

$$\text{Mutu baut A490 } (F_{nv}=5790 \text{ kg/cm}^2)$$

- a. Perhitungan Gaya Geser Pada Sambungan Akibat Kapasitas Balok Induk

$$\begin{aligned} M_U &= 1,1 \times R_y \times Z_x \times F_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 7040 \times 2500 \\ &= 29.040.000 \text{ kgcm} = 290.400 \text{ kgm} \\ V_{u1} &= 2 \times M_u/L \\ &= 2 \times 290.400 \text{ kgm} / 826,3 \text{ m} \\ &= 70.289,2412 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Akibat Beban Kombinasi

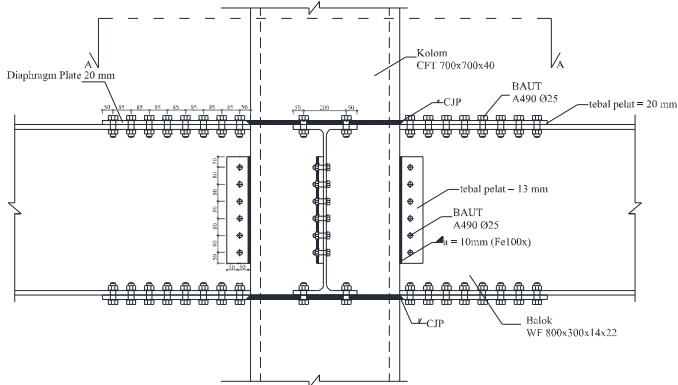
Dari program ETABS, diperoleh  $V_u$  akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$V_{u_2} = 31219 \text{ kg}$$

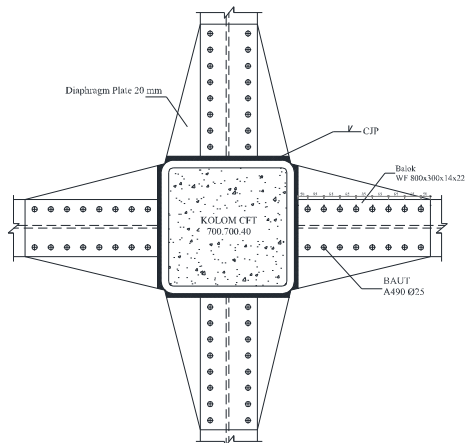
$$V_{u_{TOTAL}} = V_{u_1} + V_{u_2}$$

$$= 70.289,2412 \text{ kg} + 31.219 \text{ kg}$$

$$= 101.508,6 \text{ kg}$$

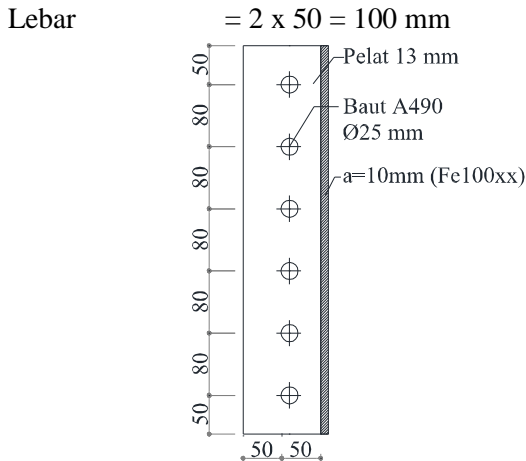


**Gambar 4.95** Sambungan Balok Induk dan Kolom



**Gambar 4.96** Potongan A-A Sambungan Balok Induk dan Kolom

- c. Sambungan geser pada badan balok
- $\varnothing$  baut = 25 mm ( $A_b = 4,91 \text{ cm}^2$ );  
 $f_{nv}$  =  $5790 \text{ kg/cm}^2$   
 $V_u$  = 101.508,6 kg  
 $m$  = 1  
 tebal pelat = 13 mm
- Kuat geser baut:
- $\varnothing.R_n$  =  $\varnothing \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$   
 =  $0,75 \cdot 5790 \cdot 4,91 \cdot 1$   
 = 19645,01 kg (Menentukan)
- Kuat tumpu baut
- $l_c$  =  $5 - 0,5 (2,5 + 0,2) = 3,65 \text{ cm}$   
 $R_n$  =  $1,2 l_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$   
 =  $1,2 \cdot 3,65 \cdot 1,3 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2,5 \cdot 1,3 \cdot 4100$   
 = 23665,2 kg  $\leq$  30700,8 kg (OK)  
 $\varnothing.R_n$  =  $0,75 \cdot 23665,2 = 17748,9 \text{ kg}$
- $n = \frac{V_u}{\varnothing R_n} = \frac{101.508,6}{17.748,9} = 5,72$  dipasang 6 buah baut  $\varnothing 25$
- d. Kontrol Baut
- Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200 mm  
 = 36 mm s/d 152 atau 200 mm  
 Pakai S1 = 50 mm  
 Jarak tepi : (S2) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm  
 = 28 mm s/d 156 mm  
 Pakai S2 = 50 mm  
 Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 72 mm s/d 195 atau 200 mm  
 Pakai S = 80 mm
- e. Kontrol Kekuatan Pelat
- BJ41 ( $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )  
 $\varnothing$  lubang = 25 mm + 2 mm (lubang dibuat dengan bor)  
 = 27 mm = 2,7 cm  
 Ukuran pelat Panjang =  $50 + ((6-1) \times 80) + 50 = 500 \text{ mm}$



**Gambar 4.97** Detail Pelat Penyambung

f. Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{siku}} = 50 \times 1,3 = 65 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 2)t = (65 - 6 \times 2,7) \times 0,6 = 44,72 \text{ cm}^2$$

➤ Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\phi P_u = \phi \times A_g \times F_y = 0,9 \times 65 \times 2500 = 146250 \text{ kg}$$

➤ Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\phi P_u = \phi \times A_n \times F_u = 0,75 \times 44,72 \times 4100 = 137514 \text{ kg}$$

**(Menentukan)**

$$\phi P_u = 137514 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi P_u \rightarrow 101.508,6 \text{ kg} < 137.514 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

g. Sambungan geser pada kolom

Direncanakan

$$t \text{ pelat} = 13 \text{ mm}$$

$$t_e = 10 \text{ mm}$$

$$d \text{ pelat} = 500 \text{ mm}$$

Kuat Las =  $F_{E100XX}$  (pengelasan dilakukan pada 1 sisi *single plate*)

Perencanaan tebal las sudut

$$A_{we} = te \times d_{pelat}$$

$$A_{we} = 1 \times 50$$

$$A_{we} = 50 \text{ cm}^2$$

$$S_x = \frac{50^2}{6} = 416,67 \text{ cm}^3$$

$$Pu = 101508,6 \text{ kg}$$

$$Mu = S_x \times Pu = 507543 \text{ kgcm}$$

➤ Akibat Pu

$$F_v = \frac{Pu}{A} = \frac{101509}{50} = 2030,173 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Akibat beban momen lentur

$$F_h = \frac{Mu}{S_x} + \frac{Vu \times e}{S_x} = \frac{507543}{416,667} + \frac{101508,6 \times 1,4}{416,667}$$

$$F_h = 1559,17 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{total} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} = 2367,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 1 = 3163,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{F_{total}}{\phi F_{nw}} = \frac{2367,6}{3163,5} = 0,74 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,74}{0,707} = 1,02 \text{ cm} = 10,2 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga  $a_{min} = 6 \text{ mm}$  dan menurut pasal J2.2b.b ukuran maksimum las sudut didapatkan  $a_{max} = 14 - 2 = 12 \text{ mm}$ . Maka dipakai  $a = 10 \text{ mm}$ .

h. Sambungan pada diaphragm pelat dengan kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2 cm

Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ( $F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$ )

$$T = \frac{Mu}{d_{\text{balok}}} = \frac{29040000}{79,2} = 366.666,667 \text{ kg/cm}^2$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 2 = 6327 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nBM} = 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 2 = 3690 \text{ kg/cm}^2 \text{ (menentukan)}$$

Luas las tumpul

$$A_{we} = te \times d_{\text{pelat}}$$

$$A_{we} = 2 \times 80$$

$$A_{we} = 160 \text{ cm}^2$$

$$F_v = \frac{Tu}{A} = \frac{366666,667}{160} = 2291,7 \text{ kg/cm}^2 < F_{nBM}$$

i. Sambungan pada diaphragm pelat dengan sayap balok

$$\text{Ø baut} = 25 \text{ mm (} A_b = 4,91 \text{ cm}^2 \text{);}$$

$$F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 366666,667 \text{ kg}$$

$$m = 1$$

$$\text{tebal pelat} = 20 \text{ mm}$$

➤ Kuat geser baut:

$$\text{Ø.Rn} = \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$$

$$= 0,75 \cdot 5790 \cdot 4,91 \cdot 1$$

$$= 33150,95 \text{ kg (Menentukan)}$$

➤ Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 5 - 0,5 (2,5 + 0,2) = 3,65 \text{ cm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 3,65 \cdot 2 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2,7 \cdot 2 \cdot 4100$$

$$= 34932 \text{ kg} \leq 53136 \text{ kg (OK)}$$

$$\text{Ø.Rn} = 0,75 \cdot 33150,95 = 26199 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{ØRn}} = \frac{366666,667}{33150,95} = 14,7 \text{ dipasang 16 buah baut } \text{Ø}25$$

➤ Kontrol Baut

$$\text{Jarak tepi : (S1)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 40,5 \text{ mm s/d } 80 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Pakai S1 = 50 mm  
 Jarak tepi : (S2) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm  
 = 34mm s/d 156 mm

Pakai S2 = 50 mm  
 Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 81 mm s/d `300 atau 200 mm

Pakai S = 85 mm

j. Kontrol Kekuatan Pelat

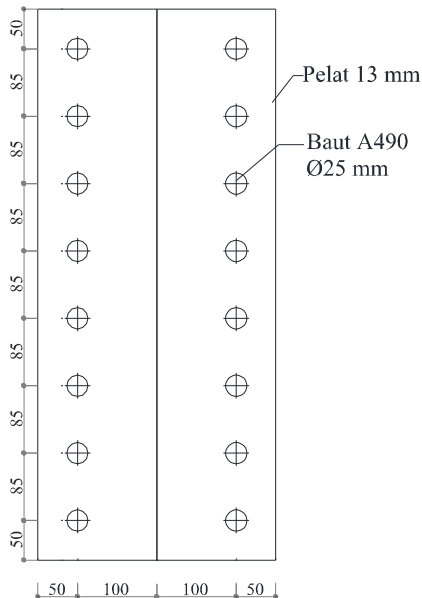
BJ41 ( $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

$\varnothing$  lubang = 25 mm + 2mm (lubang dibuat dengan bor)

$$= 27 \text{ mm} = 2,7 \text{ cm}$$

Ukuran pelat

$$\text{Panjang} = 50 + ((16-1) \times 85) + 50 = 695 \text{ mm}$$



**Gambar 4.98** Detail Pelat Penyambung

k. Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{siku}} = 69,5 \times 2 = 139 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 2)t = (139 - 8 \times 2,5) \times 2 = 92,6 \text{ cm}^2$$

➤ Kuat leleh (SNI 1729:2015 Pasal D2.a)

$$\emptyset Pu = \emptyset \times A_g \times F_y = 0,9 \times 139 \times 2500 = 312750 \text{ kg}$$

➤ Kuat putus (SNI 1729:2015 Pasal D2.b)

$$\emptyset Pu = \emptyset \times A_n \times F_u = 0,75 \times 92,6 \times 4100 = 284745 \text{ kg}$$

**(Menentukan)**

Terdapat 2 pelat sehingga

$$2\emptyset Pu = 569.490 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq \emptyset Pu \rightarrow 366.666,667 \text{ kg} < 569.590 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

#### 4.5.7 Sambungan *Horizontal Boundary Element* dan *Vertically Boundary Element*

Sambungan ini menghubungkan balok HBE profil 800x300x14x22 dengan kolom VBE komposit CFT profil HSS 800x800x32x64 dengan mutu inti beton  $F'_c=30$  MPa pada dinding geser pelat baja.

a. Gaya Geser yang bekerja pada sambungan

$$V_u = 63386,81 \text{ kg}$$

b. Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$$P_{\text{HBE(VBE)}} = 137116,042 \text{ kg}$$

$$N_{\text{coll}} = 70308,41 \text{ kg (gaya geser SPSW)}$$

c. Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$N_u = P_{\text{HBE(VBE)}} + N_{\text{coll}}$$

$$= 137116,042 + 70308,41$$

$$= 207424,452 \text{ kg (menentukan)}$$

$$N_u = N_{\text{coll}} - P_{\text{HBE(VBE)}}$$

$$= 70308,41 - 137116,042$$

$$= -66807,632 \text{ kg}$$

Karena gaya aksial bersifat tarik dan tekan maka diambil nilai maksimal

d. Kontrol leleh pada pelat sambungan

$$\text{Mutu baja pelat sambungan} = \text{BJ 41}$$

$$\text{Diameter baut} = 35 \text{ mm}; A_s = 9,62 \text{ cm}^2$$



Ketebalan pelat sambungan = 25 mm

Panjang pelat sambung = 66 cm

Kontrol panjang tekuk  $Kl/r < 20$  ;  $f_{cr} = f_y$

Dipasang 1 plat

$$\begin{aligned}\phi_y V_n &= 0,6 \times F_y \times t \times L \\ &= 0,6 \times 2500 \times 2,5 \times 66 \\ &= 247500 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_c N_n &= 0,9 \times F_y \times t \times L \\ &= 0,9 \times 2500 \times 2,5 \times 66 \\ &= 371250 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right) + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right) \leq 1$$

$$\left( \frac{63386,81}{247500} \right) + \left( \frac{207424,452}{371250} \right) \leq 1$$

$$0,378 < 1 \text{ (OK)}$$

e. Sambungan pada Badan HBE dengan VBE

➤ Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 5790 \cdot 9,62 \cdot 1 \\ &= 44201,27 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\ell_c &= 5,5 - 0,5 (3,5 + 0,2) = 3,65 \text{ cm} \\ R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 3,65 \cdot 2,5 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 3,5 \cdot 2,5 \cdot 4100 \\ &= 44280 \text{ kg} \leq 88560 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 44280 = 33210 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{63386,81}{33210} = 1,9 \text{ dipasang 6 buah baut } \phi 35$$

f. Kontrol Baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 54 \text{ mm s/d } 200 \text{ atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 55 \text{ mm}$$

- Jarak tepi : (S2) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm  
 = 28 mm s/d 156 mm
- Pakai S2 = 55 mm
- Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 108 mm s/d `195 atau 200 mm
- Pakai S = 110mm



**Gambar 4.99** Detail Pelat Penyambung

g. Kontrol patah pada pelat sambung

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= A_g - n(d_b + 2 \text{ mm}) t \\
 &= (2,5 \times 66) - 5 (3,5 + 0,2) 2,5 \\
 &= 109,5 \text{ cm}^2 \\
 \phi_y V_n &= 0,75 \times 0,6 \times F_u \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 109,5 \\
 &= 202027,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right) + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right) \leq 1$$

$$\left( \frac{63386,81}{202027,5} \right) + \left( \frac{207424,452}{371250} \right) \leq 1$$

$$0,411 < 1 \text{ (OK)}$$

h. Kontrol Geser Baut

$$\sqrt{V_u^2 + N_u^2} = \sqrt{63386,81^2 + 207424,452^2} = 214.356,264 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi n F_{nv} A_b \\ &= 0,75 \times 6 \times 5790 \times 9,62 \\ &= 250.678,48 \text{ kg} > 214.356,264 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

i. Kontrol Kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah

$$\begin{aligned} 1,2 L_c &= 1,2 \times (55 - 0,5(35+2)) \\ &= 43,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,4 D_b &= 2,4 \times 35 \\ &= 86,4 \text{ mm} > 43,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Kontrol Kuat Tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 1,2 L_c t F_u \\ &= 0,75 \times 4,32 \times 2,5 \times 4100 \\ &= 39852 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Untuk komponen vertikal baut sisanya

$$\begin{aligned} 1,2 L_c &= 1,2 \times (110 - 0,5(35+2)) \\ &= 109,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,4 D_b &= 2,4 \times 3,5 \\ &= 86,4 \text{ cm} < 109,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

➤ Kontrol Kuat Tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 2,4 D_b t F_u \\ &= 0,75 \times 109,2 \times 2,5 \times 4100 \\ &= 66420 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Untuk kelompok baut vertikal

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= (39852 + (6 \times 66420)) \\ &= 427855,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n\text{horizontal}} &= 6 \times 66420 \\ &= 387450 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right) + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right) \leq 1$$

$$\left( \frac{63386,81}{427855,5} \right) + \left( \frac{207424,452}{387450} \right) \leq 1$$

$$0,31 < 1 \text{ (OK)}$$

j. Kontrol Ukuran Las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi pelat sambung dengan ketebalan las  $t_e = 1 \text{ cm}$  dan mutu las  $F_{E100xx}$

$$\begin{aligned} A_{we} &= t_e \times l_{we} \\ &= 1 \times 66 \\ &= 66 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned} F_{nv} &= 0,6 \times F_{E100xx} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \times 100 \times 70,33 \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0) \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi R_{nv} &= 0,75 \times F_{nv} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times 4218 \times 66 \\ &= 208791 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal

$$\begin{aligned} F_{nh} &= 0,6 \times F_{E100xx} (1 + 0,5 \cos^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \times 100 \times 70,33 \times (1 + 0,5 \cos^{1,5} 0) \\ &= 6327 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi R_{nh} &= 0,75 \times F_{nh} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times 6327 \times 66 \\ &= 442845,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right) + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right) \leq 1$$

$$\left( \frac{63386,81}{208791} \right) + \left( \frac{207424,452}{442845,7} \right) \leq 1$$

$$0,31 < 1 \text{ (OK)}$$

k. Momen yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned}
 Mu &= 1,1 R_y Z_b (F_y - (P_{HBE}/Ag)) \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times 7040 \times (2500 - \left( \frac{137116}{243,4} \right)) \\
 &= 22496286,18 \text{ kgcm} \\
 &= 224.962,8618 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Akibat adanya momen, sayap balok bagian atas akan menerima tarik sebesar

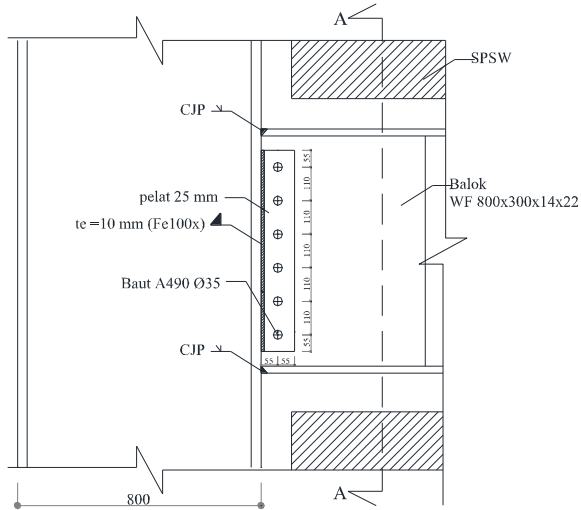
$$T = \frac{Mu}{d_{\text{balok}}} = \frac{22496286,18}{79,2} = 284044,0174 \text{ kg/cm}^2$$

l. Kontrol ukuran las terhadap momen

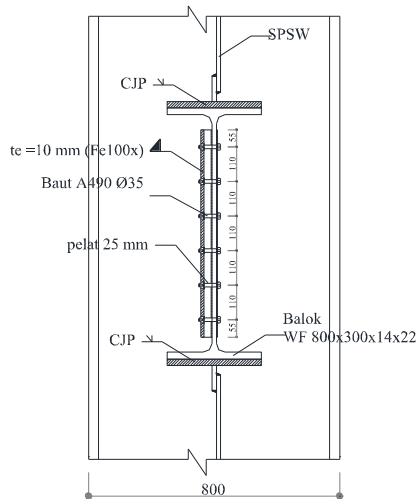
Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul dengan mutu  $F_{E100xx}$  dengan tebal las  $te = 2 \text{ cm}$ .

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= te \times l_{we} \\
 &= 2 \times 30 \\
 &= 60 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nh} &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0,75 \times 100 \times 70,33 \times 60 \\
 &= 316350 \text{ kg} > 28044,0174 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.100** Sambungan HBE dan VBE



**Gambar 4.101** Tampak Potongan A-A Sambungan HBE dan VBE

#### 4.5.8 Sambungan Antar Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 2 dimana memiliki ukuran kolom yang sama. Sambungan direncanakan menggunakan las sudut dengan mutu  $F_{E100XX}$  dan digunakan pelat tambahan dengan tebal 50 mm. Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban gravitasi dan beban seismik akibat komponen vertikal.

- a. Gaya Aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y F_y \sin 2\alpha t_w h_c + \sum V_u$$

Dalam perhitungan sebelumnya didapatkan nilai  $E_m$  adalah

$$E_m = 1651106,44 \text{ kg}$$

- b. Momen pada sambungan

$$\begin{aligned} M_u &= M_{VBE(WEB)} + M_{VBE(HBE)} \\ &= 229759,261 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- c. Gaya geser pada sambungan

$$\begin{aligned} V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right) = \sum \frac{1}{2} \left( \frac{229759,261}{320} \right) \\ &= 35899,884 \text{ kg} \end{aligned}$$

- d. Sambungan geser pada kolom

Direncanakan:

$$t \text{ pelat} = 50 \text{ mm}$$

$$t_e = 10 \text{ mm}$$

$$d \text{ pelat} = 950 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat Las} = F_{E100XX}$$

$$A_{we} = 4 \times (1 \times 80) = 320 \text{ cm}^2$$

$$I_p = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682666,667 \text{ cm}^4$$

$$S = b \times d + \left( \frac{d^2}{3} \right) = 80 \times 80 + \left( \frac{80^2}{3} \right) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

- Akibat Pu

$$F_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S}$$

$$F_v = \frac{1651106,44}{320} + \frac{22975926,14}{8533,33} = 8223,784 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Akibat  $V_u$

$$F_h = \frac{V_u}{A} = \frac{25899,88459}{320} = 112,187 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{total}} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} = 8224,549 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 1 = 3163,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{F_{\text{total}}}{\phi F_{nw}} = \frac{8224,549}{3163,5} = 2,599 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{2,599}{0,707} = 3,7 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{\text{plat}} = 50 \text{ mm}, a_{\text{min}} = 8 \text{ mm}$$

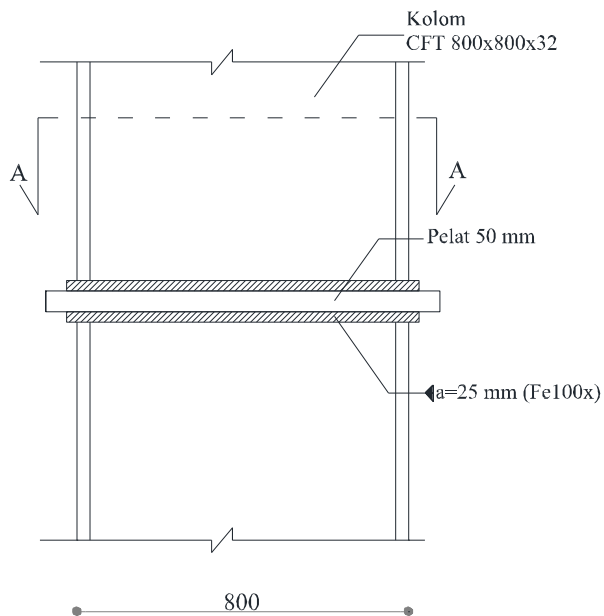
$$a_{\text{eff}} = \frac{0,6 \times F_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times F_{E100xx}}$$

$$a_{\text{eff}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 5}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 100 \times 70,3} = 2,06 \text{ cm}$$

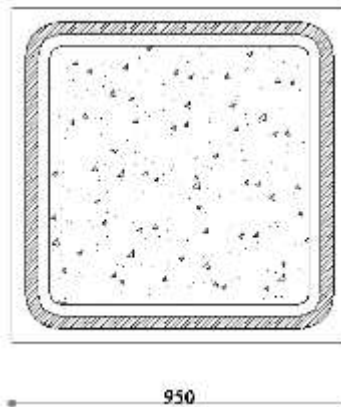
$$a_{\text{eff}} = 2,06 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan  $a = 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm}$





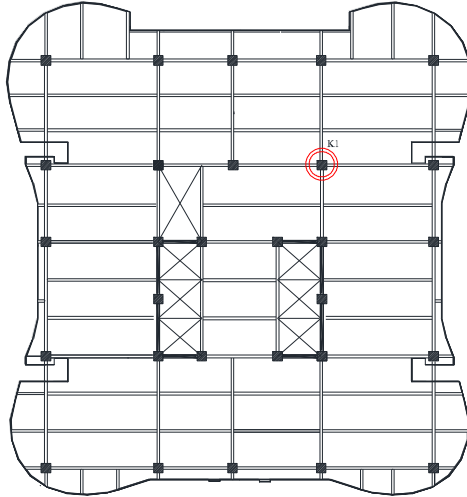
**Gambar 4.102** Sambungan Antar Kolom



**Gambar 4.103** Tampak Potongan A-A Sambungan Antar Kolom

#### 4.5.9 Sambungan Antar Kolom Beda Dimensi

Sambungan kolom dengan kolom yang memiliki beda dimensi direncanakan menggunakan sambungan las penetrasi penuh serta pelat landas sabagai penyambung antar kolomnya. Kolom yang ditinjau adalah kolom lantai 10 dan 11.



**Gambar 4.104** Letak Kolom yang Ditinjau

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Perhitungan Gaya Dalam

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain ETABS dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 50000,72 \text{ kgm}$$

$$V_u = 29940,21 \text{ kg}$$

$$P_u = 512461,54 \text{ kg}$$

Gaya tarik ( $T_u$ )

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{50000,72}{0,6} \pm 512461,54 \\
 &= 595796,07 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan sambungan

Sambungan las pada kolom direncanakan kekuatan las tumpul penetrasi penuh dengan mutu las Fe<sub>100xx</sub> :

Tegangan Putus Las F<sub>e100xx</sub> = 7030 kg/cm<sup>2</sup>

Tebal las (te) = 1 cm

$$\begin{aligned}
 l_w &= d_c \times 4 \\
 &= 60 \text{ cm} \times 4 = 240 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_w &= te \times l_{we} \\
 &= 1 \times 240 \\
 &= 240 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,8 \times F_u \times A_w \\
 &= 0,8 \times 7030 \times 240 \\
 &= 1349760 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol Interaksi Geser dan Tarik

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1$$

$$\left( \frac{29940,21}{1349760} \right)^2 + \left( \frac{595796,07}{960000} \right)^2 \leq 1$$

$$0,2 < 1 \text{ (OK)}$$

c. Perhitungan Dimensi Pelat Landas

➤ Kuat Tumpu Kolom

Karena Kolom yang direncanakan adalah kolom komposit CFT, di asumsikan kuat tumpu yang berpengaruh adalah bagian beton, dengan perhitungan Kuat Tumpu Beton :

$$\begin{aligned}
 f_{pmax} &= \phi_c \times 0,85 \times F'_c \\
 &= 0,65 \times 0,85 \times 30 \text{ MPa} \\
 &= 16,575 \text{ MPa} \\
 &= 165,75 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Baseplate di desain dengan ukuran yang sama dengan dimensi kolom terbesar dan langsung menumpu pada kolom dibawahnya, maka dimensi pelat landas di desain agar kolom komposit dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$f_p = \frac{P_u}{B \times N}$$

$$f_p = \frac{512461,54}{70 \times 70}$$

$$= 104,583 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan :

$$f_p \leq f_{p_{\max}}$$

$$104,583 \leq 165,75 \text{ kg/cm}^2 \text{(OK)}$$

➤ Kuat perlu pelat landas

Kuat Perlu Pelat Landas ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$M_{pl} = 0,5 \times f_p \times l^2$$

$$= 0,5 \times 104,583 \times 15^2$$

$$= 11765,7 \text{ kg.cm/cm}$$

Dimana, nilai  $l$  diambil terbesar dari  $m$ ,  $n$ , dan  $\lambda_n$  dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} = 6,5 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,95b_f}{2} = 6,5 \text{ cm}$$

$$\lambda_n = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \times b_f} = 15 \text{ cm}$$

Keterangan :

$\lambda$  = diambil konservatif adalah 1

maka, ketebalan pelat landas yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$t_p > \sqrt{\frac{4M_{pl}}{\phi F_y}}$$

$$t_p > 4,3 \text{ cm}$$

sehingga tebal pelat landas ( $t_p$ ) direncanakan sebesar 45 mm atau 4,5 cm

d. Perhitungan pelat pengaku

➤ Dimensi pelat pengaku

Sambungan pada pelat pengaku menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 150 \text{ mm}$$

Persyaratan 1

$$t_s \geq 0,5 t_f$$

$$t_s \geq 0,5 \times 40$$

$$20 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Persyaratan 2

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{150}{20} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,5 \text{ mm} \leq 15,8 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

➤ Kuat sambungan las

Sambungan pada pelat pengaku direncanakan menggunakan las sudut dengan perencanaan kuat nominal sambungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = 5 \text{ mm}$$

$$l_w = 150 \text{ mm}$$

Keterangan :

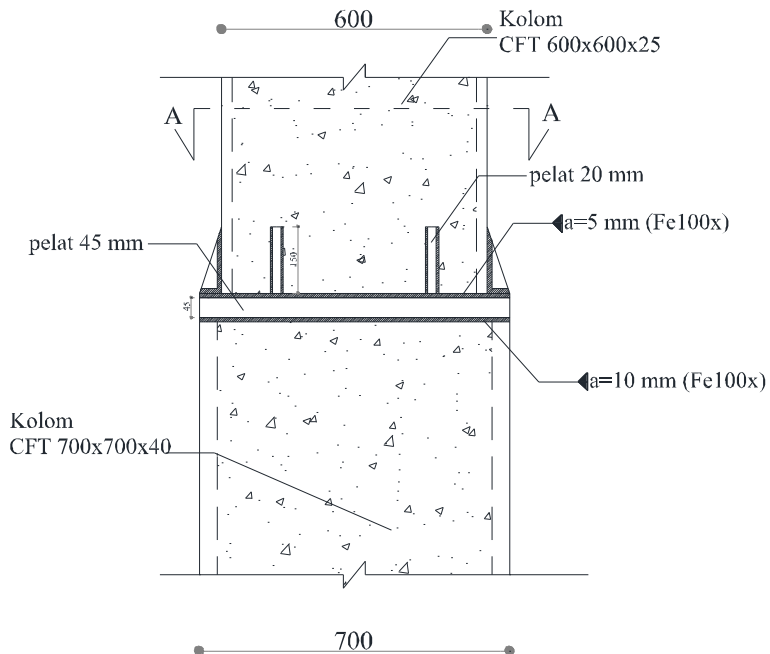
$t_e$  : ( ketebalan kaki las sudut)

$$A_w = 2 \times (0,707 \times t_e) \times l_{we}$$

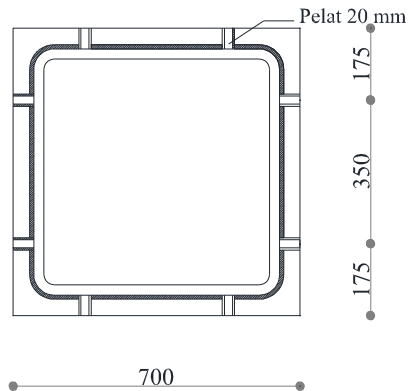
$$\begin{aligned}
 &= 2 \times (0,7070 \times 0,5) \times 15 \\
 &= 10,605 \text{ cm}^2 \\
 F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\
 &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 4218 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\
 &= 0,75 \times 4218 \times 10,605 \\
 &= 33548,9175 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \phi R_n \\
 29940,21 \text{ kg} &< 33548,9175 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.105** Sambungan Antar Kolom Beda Dimensi



**Gambar 4.106** Tampak Potongan A-A

#### 4.5.10 Sambungan Base Plate

##### 4.6.1.1 Perencanaan Kolom

Direncanakan kolom pedestal dengan dimensi 1100x1100. Output gaya dalam kolom pedestal yang didapat pada Etabs digunakan sebagai input data beban pada perhitungan kolom pedestal menggunakan program spColumn.

**Tabel 4.21** Gaya Dalam Pada Kolom

Kombinasi Beban	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)
<b>1,2 D + L + RSX</b>	12,679.73	57.18	15.84	36.58	8.51
<b>1,2 D + L + RSY</b>	12,100.53	92.18	23.73	23.78	34.90
<b>1,2D + 1,6L</b>	14,446.17	136.42	55.68	99.74	106.04
<b>1,4D</b>	13,373.32	120.83	48.87	89.86	91.80
<b>1,2D + 1L</b>	13,327.42	124.10	50.51	91.22	95.78

a. Data perencanaan kolom

$$b = 1100 \text{ mm}$$

$$h = 1100 \text{ mm}$$

$$A_g = 1210000 \text{ mm}^2$$

b. Mutu bahan

$$F'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$F_y = 420 \text{ MPa}$$

Selimut beton = 50 mm

Tulangan sengkang = D16 mm

Tulangan utama = D32 mm

#### 4.6.1.2 Syarat Komponen Struktur Kolom

SNI Pasal 21.6.1 mensyaratkan :

- a. Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi  $A_g f' / 10$  (SNI2847:2013 pasal 21.6.1).

$$A_g \times \frac{F_c}{10} = 110 \times 110 \times \frac{300}{10} = 363.000 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya aksial terfaktor} = 1444617 \text{ kg} > A_g \times \frac{F_c}{10} = 363.000 \text{ kg}$$

- b. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1)

Ukuran penampang terpendek 1100 mm > 300 mm (OK)

- c. Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.2)

$$\text{Ratio } b/h = 1100/1100 = 1 > 0,4 \text{ (OK)}$$

**Tabel 4.22** Rekapitulasi Persyaratan Dimensi Kolom

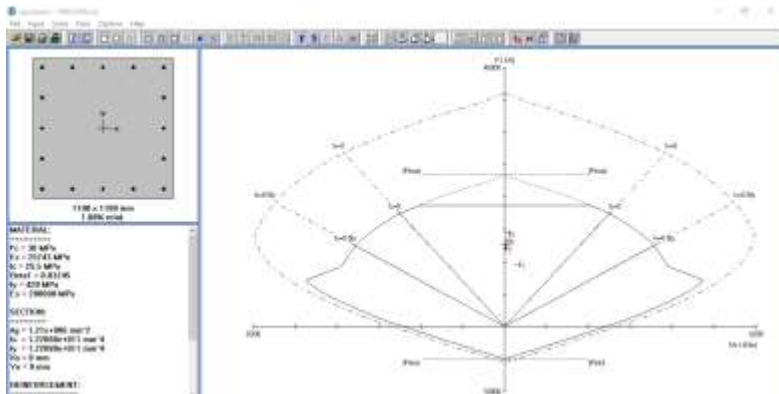
Persyaratan Dimensi Kolom (Pasal 21.6.1)

Nama Kolom	b (mm)	h (mm)	Pu (kg)	$0,1.A_g.f_c'$	$P_u > 0,1.A_g.f_c'$	b>300 mm	b/h>0,4
K1	500	500	7627925	75000	OK	OK	OK
K2	1100	1100	1444617	363000	OK	OK	OK

- d. Penulangan lentur pada kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari  $0,01 A_g$  dan lebih dari  $0,06 A_g$ . Sebagai asumsi awal, tulangan longitudinal kolom dipasang sebanyak 16 buah dengan diameter 32 mm. Penampang tersebut selanjutnya dievaluasi menggunakan program bantu spColumn dengan data pembebanan pada **Tabel 4.21**.





**Gambar 4.107** Hasil Output SpColumn  
 Dari spColumn didapat nilai  $\rho = 1,08 \%$   
 Dengan rasio tersebut, maka persyaratan SNI 2847-2013  
 Pasal 21.6.3.1 telah terpenuhi.

**Tabel 4.23** Rekapitulasi Konfigurasi Tulangan Kolom

Nama Kolom	b (mm)	h (mm)	Tul. Transversal (mm)	n (bua h)	db (mm)	As (mm <sup>2</sup> )	$\rho_g$ (%)	$0,01 < \rho_g < 0,06$
K1	500	500	16	16	25	8160	3,26	OK
K2	1100	1100	16	16	32	13104	1,08	OK

#### 4.6.1.3 Kontrol Spasi Tulangan

Spasi bersih minimum tulangan sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm.

$$S = \frac{b_w - 2\text{decking} - 2\phi\text{sengkang} - n.\phi\text{tul utama}}{n - 1}$$

$$= \frac{1100 - 2 \times 50 - 2 \times 16 - 5 \times 32}{5 - 1} = 202\text{mm} > 25 \text{ mm}$$

#### 4.6.1.4 Cek Kapasitas Kolom Terhadap Beban Aksial

SNI 2847-2013 Pasal 10.3.6.2 mengatur besarnya beban aksial terfaktor hasil analisis struktur harus mampu ditahan oleh

kapasitas beban aksial penampang kolom yang dihitung pada persamaan berikut :

$$A_{st} = 16 \times 0,25 \pi D^2 = 16 \times 0,25 \pi 32^2 = 12867,96 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n (\text{max}) = 0,8 \times \phi \times \left[ 0,85 \times F'_c \times (A_g - A_{st}) + F_y \times A_{st} \right]$$

$$\phi P_n (\text{max}) = 0,8 \times 0,65 \times \left( 0,85 \times 30 \times (1.10^6 - 12867,96) + 420 \times 12867,96 \right)$$

$$\phi P_n (\text{max}) = 72600 \text{ kN} > P_u = 14446,17 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

#### 4.6.1.5 Cek Persyaratan *Strong Column Weak-Beam*

SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2.2 mensyaratkan bahwa kuat kolom  $\phi M_n$  harus memenuhi  $\Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_g$ , dimana :

$\Sigma M_c$  : Jumlah momen nominal ( $M_{nc}$ ) kolom-kolom yang bertemu di join

$\Sigma M_g$  : Jumlah momen nominal ( $M_{nb}$ ) balok-balok yang bertemu di join

a. Menentukan Momen Nominal Balok ( $M_{nb}$ )

Pada perhitungan ini, struktur mengalami goyangan ke kanan arah X yang melibatkan momen nominal dari tulangan atas BBI 1 sebagai balok kanan dan tulangan bawah BBI 2 sebagai balok kiri.

$$M_{nb} \text{ kanan} = 44092,33 \text{ kgm (BBI1 tulangan atas)}$$

$$M_{nb} \text{ kiri} = 19192,4 \text{ kgm (BII tulangan bawah)}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nb} &= M_{nb} \text{ kanan} + M_{nb} \text{ kiri} \\ &= 44092,33 + 19192,4 \text{ kgm} \\ &= 63294,73 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b. Menentukan Momen Nominal Kolom ( $M_{nc}$ )

Berdasarkan *output* program SP Column, diperoleh total momen-momen arah X yang bertemu di joint yaitu sebesar :

$$\Sigma M_{nc-x} = 322439 \text{ kgm} + 322439 \text{ kgm} = 644878 \text{ kgm}$$

c. Persyaratan *strong column-weak beam*

$$\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb}$$

$$644878 \text{ kgm} \geq 1,2 \times 63294,73 \text{ kgm} = 75953,7 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

#### 4.6.1.6 Desain Tulangan Transversal Kolom

Selain menahan gaya geser, tulangan transversal memiliki fungsi yang sangat penting untuk diperhitungkan, yaitu sebagai

pengekang atau *convinement*. Ketika menerima gaya gempa, kolom mengalami momen maksimum pada bagian ujungnya. Deformasi non-linear dapat terjadi dan sebagai material yang getas, beton sangat rentan mengalami keruntuhan karena tidak memiliki daktilitas yang memadai.

- a. Daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop) dibutuhkan sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom dengan  $l_o$  merupakan nilai terbesar dari :

Tinggi komponen struktur di joint,  $h = 1100$  mm

$$\frac{1}{6} \times \text{bentang bersih kolom} = \frac{1}{6} \times (3200-700) = 416,67 \text{ mm}$$

450 mm

Maka  $l_o$  yang dipakai = 1100 mm

- b. Menentukan spasi maksimum hoop ( $s_{max}$ ) pada daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung ujung kolom.  $s_{max}$  merupakan nilai terbesar dari :

$$\frac{1}{4} \times \text{dimensi penampang terkecil} = 175 \text{ mm}$$

$$6 \times \text{db longitudinal terkecil} = 192 \text{ mm}$$

$$h_x = 217$$

$$s_o = 100 + \frac{350-h_x}{3} = 144,33 \text{ mm}$$

Dengan  $s_o$  tidak melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

Dengan demikian spasi yang digunakan yaitu 100 mm.

- c. Untuk daerah kolom diluar  $l_o$ , tulangan *convinement* dapat dipasang dengan spasi berdasarkan syarat SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.5. Spasi harus diambil yang terkecil dari dua syarat berikut :

$$6 \times \text{diameter tulangan longitudinal terkecil} = 6 \times 32 \text{ mm} = 192 \text{ mm}$$

150 mm.

Dengan demikian, untuk daerah luar  $l_o$ , tulangan dipasang tiap interval 150 mm.

SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4 mengatur luas tulangan geser yang perlu disediakan untuk memberikan pengekangan yang cukup. Luas tersebut harus diambil yang paling besar antara

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s \times b_c \times F'_c}{F_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan, } A_{sh2} = 0,09 \frac{s \times b_c \times F'_c}{F_{yt}}$$

Dimana :

S = jarak spasi tulangan transversal (mm)

B<sub>c</sub> = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

A<sub>g</sub> = luasan penampang kolom (mm<sup>2</sup>)

A<sub>ch</sub> = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)

F<sub>yt</sub> = kuat leleh tulangan transversal (MPa)

Untuk daerah sepanjang lo dari ujung-ujung kolom, total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4):

$$\text{➤ } A_{sh1} = 0,3 \cdot \left( \frac{s \times b_c \times F'_c}{F_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\text{➤ } A_{sh2} = 0,09 \cdot \frac{s \times b_c \times F'_c}{F_{yt}}$$

➤ b<sub>c</sub> = lebar penampang inti beton (yang terkekang)

$$\begin{aligned} &= b - 2 \left( t_s + \frac{1}{2} \cdot d_s \right) \\ &= 1100 - 2 \left( 50 + \frac{1}{2} \cdot 16 \right) \\ &= 987 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ A<sub>ch</sub> = (b-2ts) x (h-2ts)  
= (1100-2.50) x (1100-2.50)  
= 1.000.000 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} A_{sh1} &= 0,3 \cdot \left( \frac{100 \times 987 \times 30}{420} \right) \cdot \left( \frac{1100 \times 1100}{1000000} - 1 \right) \\ &= 442,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

➤ A<sub>sh2</sub> = 0,09 ·  $\left( \frac{100 \times 984 \times 30}{420} \right)$  = 632,6 mm<sup>2</sup>

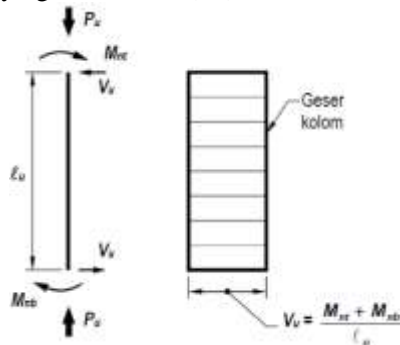
Jadi digunakan 5D16-100 dengan As.pasang =  $5 \times 0,25 \times \pi \times (16)^2 = 1005,31 \text{ mm}^2 > 632,6 \text{ mm}^2$

**Tabel 4.24** Rekapitulasi Luas Penampang Sengkok

Nama Kolom	Luas Penampang Hoops (Pasal 21.6.4.4)						
	Ag (mm <sup>2</sup> )	Ach (mm <sup>2</sup> )	Ash 1 (mm <sup>2</sup> )	Ash 2 (mm <sup>2</sup> )	Ash pakai (mm <sup>2</sup> )	As (mm <sup>2</sup> )	Ash > As (4D16)
K1	250000	160000	462,8	246,85	462,8	603,18	OK
K2	1210000	1000000	442,8	632,6	632,6	1005,31	OK

#### 4.6.1.7 Tulangan Transversal Sebagai Penahan Gaya Geser Menentukan Gaya Geser Desain

Pendetailan tulangan geser pada struktur rangka pemikul momen khusus. Sama seperti dalam mendesain komponen balok, momen probabilistik ( $M_{pr}$ ) digunakan untuk memperoleh gaya geser desain ( $V_e$ ).



**Gambar 4.108** Penentuan Gaya Geser Pada Kolom

Perhitungan besar gaya geser desain yang harus diambil. Nilai  $M_{pr}$  pada ujung-ujung kolom diperoleh dari diagram interaksi dengan faktor kuat lebih pada material tulangan longitudinal sebesar 25% ( $f_s = 1,25f_y$ ). Momen nominal terfaktor paling besar dari semua kombinasi harus diambil sebagai  $M_{pr}$ .

Dengan adanya faktor kuat lebih, tegangan leleh baja sebesar 420 MPa diperbesar 1,25% menjadi 525 MPa. Sehingga gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (1), tetapi tidak perlu lebih besar dari nilai (2) dan harus melebihi nilai (3).

$$1) V_{e1} = \frac{M_{prc\ atas} + M_{pr\ bawah}}{ln}$$

$$2) V_{e2} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln}$$

3) Vu hasil analisis struktur

➤ Pehitungan gaya geser desain

a. Menghitung nilai  $V_{e1}$

$M_{prc.atas}$  dan  $M_{prc.bawah}$  didapatkan dari diagram interaksi Pn-Mpr kolom. Diagram interaksi didapat dengan menggunakan  $f_s = 1,25 f_y$  dan  $\phi = 1$ . Dari hasil output SpColum didapat hasil

$$V_{e1} = \frac{3998,79kNm + 3998,79kNm}{(3,2 - 0,7)m}$$

$$V_{e1} = 3199,032kN = 319903,2kg$$

b. Menghitung  $V_{e2}$

Nilai  $M_{pr\ 1}$  dan  $M_{pr\ 2}$  merupakan nilai pada balok yaitu sebesar 55115,41 kgm dan 23990,5 kgm

$$V_{e2} = \frac{55115,41\ kgm + 23990,5\ kgm}{(3,2 - 0,7)m}$$

$$V_{e2} = 31642,36\ kg$$

c. Vu hasil analisis struktur ETABS

Berdasarkan output ETABS didapatkan nilai  $V_u = 5051\ kg$ , sedangkan didapatkan  $V_{e_{maks}}$  hasil perhitungan sebesar 319903,2 kg, maka nilai  $V_e > V_u$ .

Nilai  $V_e$  tidak boleh lebih kecil dari nilai gaya geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan analisis struktur.

Sehingga perencanaan geser memenuhi persyaratan (OK).

➤ Perhitungan Tulangan Geser

a. Mengecek kontribusi beton diabaikan atau tidak

Berdasarkan SNI 2847:2013, kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila:

➤ Gaya geser yang ditimbulkan gempa,  $V_{sway}$ , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam lo.

$$V_e > 50\% V_u$$

$$319903,2 \text{ kg} > 2525,5 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

➤ Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u = 1444617 \text{ kg}$  harus kurang

$$\text{dari } \frac{A_g \times F_c'}{20} = \frac{121.10^4 \times 30}{20} = 181500 < P_u = 1444617 \text{ kg}$$

**(NOT OK)**

Sehingga  $V_c$  diperhitungkan.

b. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2 perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser, yaitu:

$$d = 1000 - 50 - 16 - \frac{32}{2} = 918 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,167 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{F_c'} b d$$

$$V_c = 0,167 \left( 1 + \frac{1210053}{14 \times 1210000} \right) 1 \sqrt{30} \times 11000 \times 1018$$

$$V_c = 1894356 \text{ kg}$$

c. Menghitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang lo dari ujung-ujung kolom. Besarnya nilai  $V_s$  dihitung berdasarkan tulangan sengkang terpasang 4 D16 - 100 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{319903,2}{0,75} - 1894356$$

$$V_s = 237102 \text{ kg}$$

$$A_v = 4 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 = 804 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times F_y \times d}{V_s} = 145 \text{ mm} > \text{spakai} = 100 \text{ mm}$$

Sehingga pada daerah sepanjang lo dipakai 4D16-100 mm

#### 4.6.1.8 Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah 1,3ld (SNI 2847:2013 pasal 12.15.1). Besarnya ld ditetapkan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai Kr = 0 untuk penyederhanaan desain.

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1 \times \lambda \times \sqrt{f'c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\frac{c_b + k_{tr}}{d_b}} \right) \cdot d_b \text{ (SNI 2847:2013 pasal 12.2.4)}$$

Dimana:

$\Psi_t = 1$  (situasi lainnya)

$\Psi_e = 1$  (tulangan tanpa pelapis)

$\Psi_s = 1$  (tulangan  $\geq D22$ )

$\lambda = 1$  (beton biasa)

$d = 29 \text{ mm}$

nilai  $c_b$  merupakan nilai terkecil dari parameter dibawah ini:

$$c_1 = 50 + 16 + \frac{32}{2} = 82 \text{ mm}$$

$$c_2 = \frac{1000 - 2 \times 82}{2} = 418 \text{ mm}$$

maka  $c_b = c_{\min} = 82 \text{ mm}$

$(c_b + k_{tr})/d_b = 2,56 > 2,5$  sehingga gunakan 2,5

$$l_d = \left( \frac{420}{1,1 \times 1 \times \sqrt{30}} \frac{1,1,1}{2,5} \right) \times 32 = 892,3 \text{ mm}$$

$$1,3 \text{ ld} = 1,3 \times 666,95 \text{ mm} = 1159 \text{ mm}$$



Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.17.2.4, pada komponen struktur tekan bertulangan pengikat, dimana pengikat sepanjang panjang sambungan lewatan memiliki luas efektif tidak kurang dari **0,0015hs** dalam kedua arah, panjang sambungan lewatan diizinkan untuk dikalikan dengan 0,83, tetapi panjang lewatan tidak boleh kurang dari 300 mm. Kaki pengikat yang tegak lurus terhadap dimensi **h** harus digunakan dalam menentukan luas efektif.

$$0,0015 \times h \times s = 0,0015 \times 1100 \times 100 = 165 \text{ mm}^2 < A_v = 804 \text{ mm}^2$$

Sehingga panjang lewatan dapat dikurangi menjadi

$$0,83 \times 1,31d = 0,83 \times 1159 = 962,78 \text{ mm} \sim 970 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang 970 mm

#### 4.6.1.9 Perencanaan Sambungan

Perencanaan Base Plate direncanakan dengan ukuran :

$$H = 110 \text{ cm}$$

$$B = 110 \text{ cm}$$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya yang bekerja pada kolom CFT HSS 700x700x40x40 lantai dasar adalah:

$$P_u = 984480,98 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 35235,2 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 23138,2 \text{ kgm}$$

$$V_u = 42478,63 \text{ kg}$$

Direncanakan las sudut pada profil HSS sehingga didapatkan :

Dimisalkan  $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 80) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_P = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333,333 \text{ cm}^4$$

$$S = b \times d + \frac{d^2}{3} = 70 \times 70 + \frac{70^2}{3} = 6533,33 \text{ cm}^3$$

➤ Akibat  $P_u$

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S_x}$$

$$f_v = \frac{984480,98}{280} + \frac{3523519}{6533,333} + \frac{2313817}{6533,333}$$

$$f_v = 4409,47 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Akibat  $V_u$

$$f_v = \frac{V_u}{A} = \frac{42478,63}{280} = 151,709 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} = 4412,082 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,3 \times 1 = 3163,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{F_{total}}{\phi F_{nw}} = \frac{4412,082}{3163,5} = 1,3 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{1,3}{0,707} = 1,8 \text{ cm} \approx 2 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 65 \text{ mm}, a_{min} = 8 \text{ mm}$$

$$a_{eff} = \frac{0,6 \times F_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times F_{E100x}}$$

$$a_{eff} = \frac{0,6 \times 4100 \times 6,5}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 100 \times 70,3} = 2,6 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan  $a = 2,6 \text{ cm} = 26 \text{ mm}$

a. Perhitungan *baseplate*

Periksa eksentrisitas gaya :

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{3523519}{9984480,98} = 3,58 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \times 110$$

$$= 18,33 \text{ cm} > e = 3,58 \text{ cm}$$

Karena  $1/6 h > e$ , maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis).

Direncanakan diameter baut : 30 mm = 3 cm

$$h' \geq w_e + c_1$$

$w_e$  = jarak baut ke tepi = 15 cm

$c_1$  = jarak minimum untuk kunci = 5 cm

$$h' \geq 15 + 5 = 20 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5 \cdot h' = 110 - 0,5 \times 20 = 100 \text{ cm}$$

$$B = 110 \text{ cm}$$

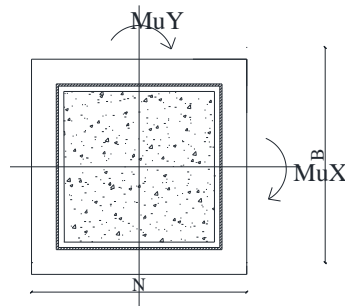
Dimensi beton :

Panjang = 1100 mm

Lebar = 1100 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{121}{121}} = 1$$

b. Perencanaan akibat beban sumbu X



**Gambar 4.109** Momen yang Terjadi pada *Baseplate*

➤ Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \times N} = \frac{984480,98}{110 \times 110} = 81,362 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Akibat beban  $M_u$

$$f_{pb} = \frac{6 \times M_u}{B \times N^2} = \frac{6 \times 3523519}{110 \times 110^2} = 15,9 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Tekanan maksimal

$$f_{pmax} = f_{pa} + f_{pb} = 81,362 + 15,9 = 97,2 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{pavail} = \phi \times 0,85 \times F'_c = 0,9 \times 0,85 \times 300 \times 1 = 229,5 \text{ kg/cm}^2$$

$f_{pavail} > f_{pmax}$  (OK)

c. Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} = 21,75 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left( f_{pmax} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$M_{upl} =$

$$\left( 97,2 - 2 \cdot 221,141 \cdot \frac{21,75}{100} \right) \cdot \left( \frac{21,75^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot 221,141 \cdot \frac{21,75}{100} \right) \cdot \left( \frac{21,75}{3} \right)$$

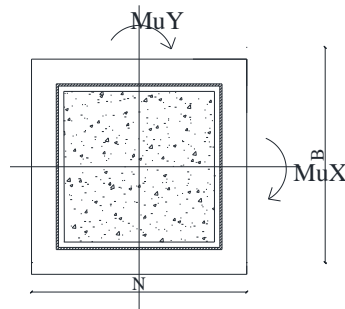
$$M_{upl} = 22506,4 \text{ kg.cm/cm}$$

d. Menentukan tebal *baseplate*

$$t_p > \sqrt{\frac{4M_{upl}}{\phi F_y}}$$

$$t_p > 6,32 \text{ cm}$$

e. Perencanaan akibat beban sumbu Y



**Gambar 4.110** Momen yang Terjadi pada *Baseplate*

- Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \times N} = \frac{984480,98}{110 \times 110} = 81,362 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban  $M_u$

$$f_{pb} = \frac{6 \times M_u}{B \times N^2} = \frac{6 \times 2313817}{110 \times 110^2} = 10,43 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_{pmax} = f_{pa} + f_{pb} = 81,362 + 10,43 = 91,792 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \times 0,85 \times F'_c = 0,9 \times 0,85 \times 300 \times 1 = 229,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{p \text{ avail}} > f_{pmax} \text{ (OK)}$$

- f. Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} = 21,75 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left( f_{pmax} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} =$$

$$\left( 91,792 - 2 \cdot 221,141 \cdot \frac{21,75}{100} \right) \cdot \left( \frac{21,75^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot 221,141 \cdot \frac{21,75}{100} \right) \cdot \left( \frac{21,75^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 22506,4 \text{ kg.cm/cm}$$

g. Menentukan tebal *baseplate*

$$t_p > \sqrt{\frac{4M_{upl}}{\phi F_y}}$$

$$t_p > 6,16 \text{ cm}$$

h. Perencanaan pelat pengaku

Pelat pengaku direncanakan seperti dengan dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas.

➤ Tebal pelat pengaku minimum ( $t_s$ )

$$t_s \geq 0,5 \times t_f \rightarrow 0,5 \times 4 = 1,6 \text{ cm}$$

➤ Tebal pelat pengaku ( $t_s$ ) = 2 cm dengan las minimum ( $a = 8$  mm)

i. Perencanaan baut angkur

Dari perhitungan poin a didapatkan  $1/6 h > e$ , maka dipasang angkur praktis.

Direncanakan :

$$\text{Øbaut} = \text{Ø}30 \text{ (} A_b = 7,065 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$\text{Mutu baut F1554 (} f_u^b = 7240 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$$

➤ Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned} \text{ØRn} &= \text{Ø} \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 7240 \times 1 \times 7,065 \text{ cm}^2 \\ &= 38362,95 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

➤ Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\ell_c = 150 - 0,5 (30+2) = 134 \text{ mm} = 13,4 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \times 13,4 \times 6,5 \times 4100 \leq 2,4 \times 3 \times 6,5 \times 4100 \\ &= 441324 \text{ kg} \leq 140712 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\text{Ø.Rn} = 0,75 \times 140712 = 105534 \text{ kg}$$

➤ Kuat rencana tarik

$$\begin{aligned} \text{Td} &= 0,75 \times F_{nt} \times A_b \\ &= 0,75 \times 7240 \times 3,801 \\ &= 17058,848 \text{ kg} \end{aligned}$$

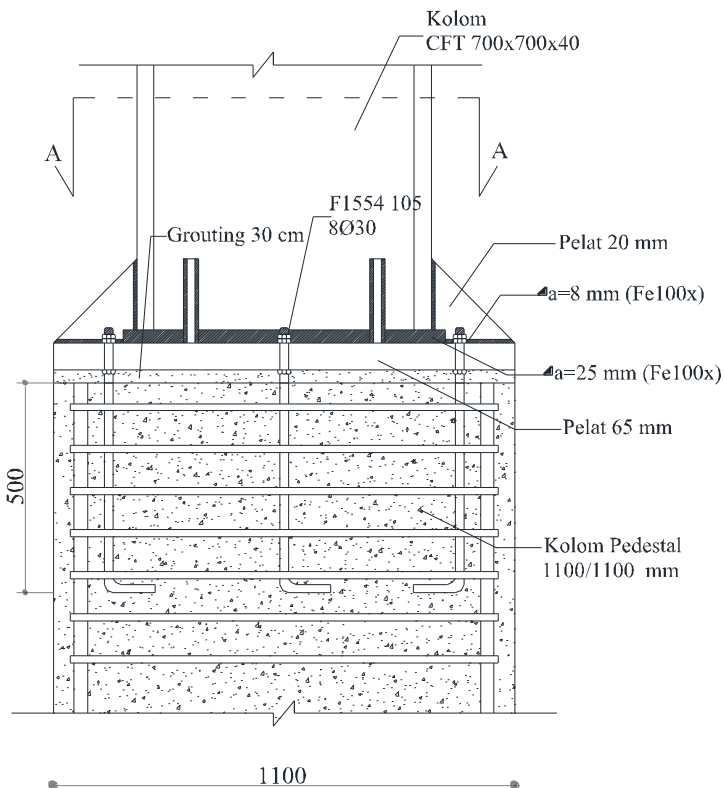
$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{42479}{17058,85} = 2,49$$

Dipasang 8 baut angkur Ø30 mm mutu F1554 untuk menjaga stabilitas struktur.

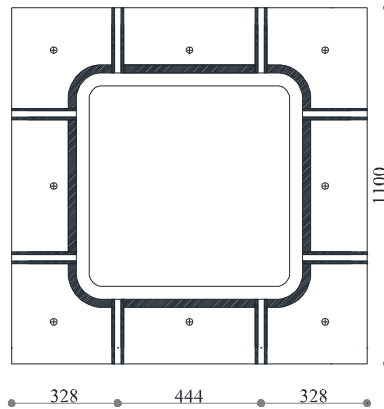
- j. Panjang baut angkur (panjang penyaluran struktur tarik)  
Direncanakan panjang baut angkur = 50 cm

$$l_{db} = 0,06 \times d_b \times F_y = 0,06 \times 22 \times 250 = 330 \text{ mm}$$

Maka panjang angkur yang dipasang 50 cm.



**Gambar 4.111** Sambungan Kolom dengan *Base Plate*



**Gambar 4.112** Tampak Potongan A-A Sambungan

#### 4.5.11 Sambungan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) dengan Beton

Sambungan ini digunakan untuk menyalurkan gaya pada SPSW lantai dasar tebal 4 mm dengan balok profil T 300x200x11x17. Profil berhubung langsung dengan shearwall melintang mutu  $f_c' = 40$  MPa dengan menambah angkur dan grouting. Didapatkan gaya shearwall  $V_u = 55043,73$  kg (dari ETABS). Direncanakan angkur dengan jarak 40 cm

a. Perencanaan Angkur

Direncanakan :

$$\text{Øbaut} = \text{Ø}22 \quad (A_b = 3,801 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut F1554} \quad (f_u^b = 7240 \text{ kg/cm}^2)$$

➤ Kuat geser baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.6)

$$\begin{aligned} \text{ØRn} &= \text{Ø} \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 7240 \times 1 \times 3,801 \text{ cm}^2 \\ &= 17058,85 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

➤ Kuat tumpu baut (SNI 1729:2015 Pasal J3.10)

$$\begin{aligned} \ell_c &= 50 - 0,5 (2,2 + 0,2) = 3,8 \text{ cm} \\ \text{Rn} &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \times 3,8 \times 1,7 \times 4100 \leq 2,4 \times 2,2 \times 1,7 \times 4100 \\ &= 32619,6 \text{ kg} \leq 33456 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$



$$\emptyset.Rn = 0,75 \times 32619,6 = 24464,7 \text{ kg}$$

➤ Kuat rencana tarik

$$\begin{aligned} Td &= 0,75 \times F_{nt} \times Ab \\ &= 0,75 \times 7240 \times 3,801 \\ &= 17058,848 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Gaya geser yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} Vu &= \frac{1}{2} \times F_y \times \sin(2\alpha) \times t_w \times s \\ &= \frac{1}{2} \times 2500 \times \sin(2 \times 41,588) \times 0,4 \times 40 \\ &= 19912,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Tarikan yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned} Tu &= F_y \times \cos^2(\alpha) \times t_w \times s \\ &= 2500 \times \cos^2(42,319) \times 0,4 \times 40 \\ &= 21868,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{2T_u + C_v V_u}{n} &= \frac{2 \times 21868,9 + 1,25 \times 19912,5}{10} \\ &= 6862,84 \text{ kg} < 17058,848 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Panjang baut angkur (Panjang penyaluran struktur tarik)

$$\begin{aligned} l_{db} &= \left( \frac{0,19 \times \psi_c \times F_y}{\sqrt{F_c}} \right) \times d_b \\ l_{db} &= \left( \frac{0,19 \times 1 \times 250}{\sqrt{40}} \right) \times 22 = 165,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang angkur yang dipasang 50 cm.

#### 4.5.12 Hubungan Balok Kolom

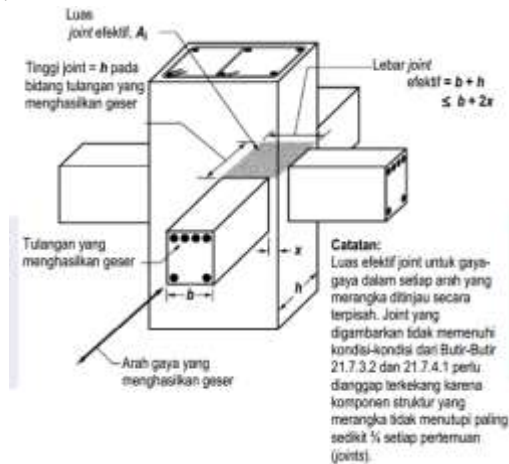
a. Mengecek syarat panjang joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar.

$$\begin{aligned}
 B &= 1100 \text{ mm} \\
 H &= 1100 \text{ mm} \\
 \text{db balok} &= 25 \text{ mm} \\
 20 \times \text{db} &= 20 \times 25 = 500 \text{ mm} \leq 1100 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

b. Menentukan luas efektif joint

Aj merupakan perkalian tinggi efektif dengan lebar joint efektif.



**Gambar 4.113** Luas Joint Efektif

$$\begin{aligned}
 b &= 400 \text{ mm} \\
 h &= 700 \text{ mm} \\
 x &= \frac{(700-400)}{2} = 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi joint} = 700 \text{ mm}$$

Lebar joint efektif merupakan nilai terkecil dari

$$b + h = 400 + 700 = 1100 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 400 + 2 \cdot (150) = 700 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_j &= \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint} \\
 &= 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\
 &= 490000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

c. Menentukan luas efektif joint

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan confinement yang dibutuhkan pada ujung-ujung kolom. Spasi vertical tulangan confinement ini diizinkan diperbesar hingga 150 mm.

$$\frac{Ash}{s} = 0,5 \frac{Ash}{s} = 2,99 \text{ mm}$$

Digunakan 4D16

$$Ash = 804,24 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{804,24}{2,99} = 269 \text{ mm}$$

Jadi digunakan 4D16–100 mm

a. Menghitung gaya geser pada joint

➤ Menghitung  $M_g$

Balok yang memasuki joint memiliki:

$$\begin{aligned} M_{prb1} &= 1,25 \times F_y \times A_s \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 55115,41 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{prb2} &= 1,25 \times F_y \times A_s \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 23990,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama.

$$\begin{aligned} M_e &= 0,5 (M_{prb1} + M_{prb2}) \\ &= 825 \text{ KN.m} \end{aligned}$$

➤ Menghitung geser pada kolom atas

$$\begin{aligned} V_{\text{sway}} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \\ &= \frac{55115,41 + 23990,5}{(3,2 - 0,7)} \\ &= 31642,364 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Dalam perhitungan diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah  $1,25 F_y$ .

1. Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri (BBI2)

$$As \text{ balok kiri } 2 \text{ D25} = 981,75 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} T_1 &= A_s \times 1,25 \cdot F_y \\ &= 41233,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Gaya tekan pada tulangan balok di tumpuan kanan (BBI1)

$$A_s \text{ balok kanan 4 D25} = 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} T_2 &= A_s \times 1,25 \cdot F_y \\ &= 82466,81 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Menghitung gaya geser

$$\begin{aligned} V_j &= (T_1 + T_2) - V_{\text{sway}} \\ &= (41233,4 \text{ kg} + 82466,81 \text{ kg}) - 31642,364 \text{ kg} \\ &= 92057,846 \text{ kg (searah T)} \end{aligned}$$

- b. Cek kuat geser joint

menghitung kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya sebagai berikut

- 4 sisi terkekang

$$\begin{aligned} V_n &= 1,7 \sqrt{F'_c} A_j \\ &= 456252,89 \\ \emptyset V_n &= 342189,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

- 3 Sisi terkekang

$$\begin{aligned} V_n &= 1,2 \sqrt{F'_c} A_j \\ &= 322060,86 \text{ kg} \\ \emptyset V_n &= 241545,65 \text{ kg} \end{aligned}$$

- 1 sisi terkekang

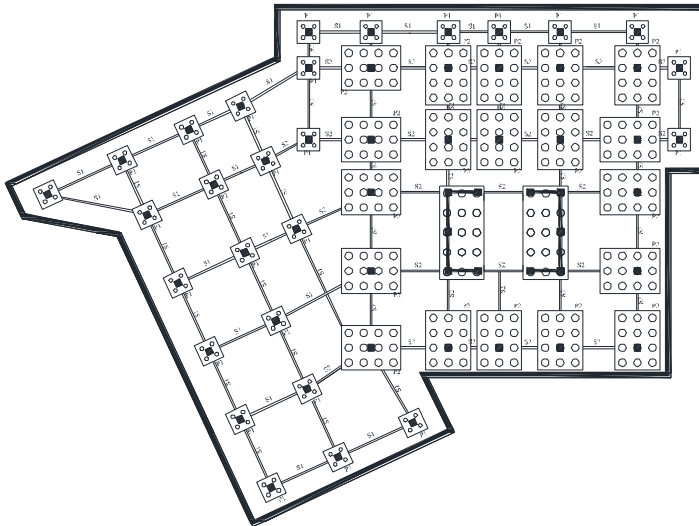
$$\begin{aligned} V_n &= 1 \sqrt{F'_c} A_j \\ &= 268384,05 \text{ kg} \\ \emptyset V_n &= 201288,04 \text{ kg} \\ \emptyset V_n &= 342189,67 \text{ kg} > V_j = 92057,846 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

## 4.6 Perencanaan Bangunan Bawah

### 4.6.1 Perencanaan *Basement*

#### 4.6.1.1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah harus direncanakan dengan tepat, sehingga perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan.



**Gambar 4.114** Denah Dinding Penahan Tanah

Untuk konstruksi dinding penahan tanah pada Gedung Grand Dharmahusada ini digunakan dimensi dinding dan data tanah sebagai berikut :

**Tabel 4.25** Dimensi Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Parameter	Satuan	Nilai
H	m	5,1
H'	m	4,5
b	m	4,5
b'	m	0.4
h	m	0.6
t	m	0.5

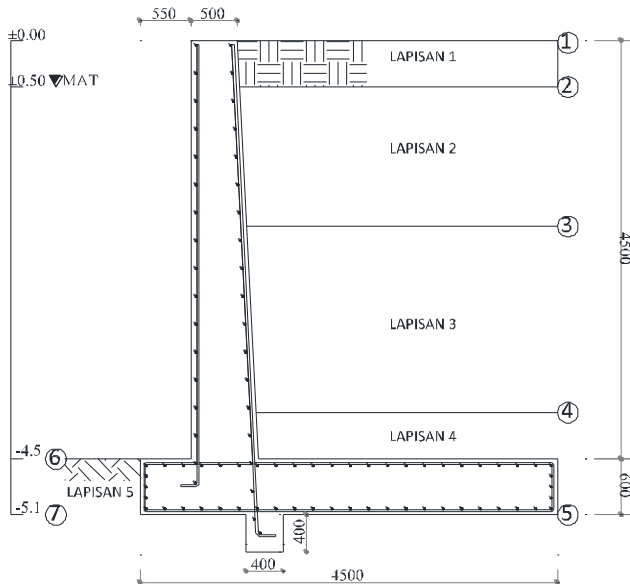
**Tabel 4.26** Parameter Tanah

Parameter	Satuan	Kedalaman		
		0 - 2 m	2 - 4 m	4 - 6 m
Kadar air (w)	%	37.57	36.07	34.37

**Tabel 4.28** Parameter Tanah (Lanjutan)

Parameter	Satuan	Kedalaman		
		0 - 2 m	2 - 4 m	4 - 6 m
G <sub>s</sub>		2.606	2.687	2.64
γ <sub>sat</sub>	kN/m <sup>3</sup>	16.26	17.17	18.18
γ <sub>dry</sub>	kN/m <sup>3</sup>	12.044	12.625	13.567
γ <sub>air</sub>	kN/m <sup>3</sup>	9.81	9.81	9.81
Kohesi (c)	kN/m <sup>2</sup>	20	16	21
Sudut Geser (θ)	°	19	19	16

a. Perhitungan Tegangan yang Terjadi

**Gambar 4.115** Penentuan Titik dan Pembagian Lapisan Tanah

➤ Tegangan Vertikal ( $\sigma_v$ )

$$\begin{aligned}
 \sigma_v(2) &= \gamma_d \times h \\
 &= 12,044 \times 0,5 \\
 &= 6,022 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_v(3) &= (\gamma' \times h) + \sigma_{v2} \\
 &= ((16,26-9,81) \times 1,5) + 6,022 \\
 &= 15,697 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_v(4) &= (\gamma' \times h) + \sigma_{v3} \\
 &= ((17,17-9,81) \times 2) + 15,697 \\
 &= 30,417 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_v(5) &= (\gamma' \times h) + \sigma_{v4} \\
 &= ((18,18-9,81) \times 1,1) + 30,417 \\
 &= 39,624 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.27** Tegangan Vertikal

Titik	Jenis	H (per lapisan)	H (kumulatif)	$\gamma$ sat	$\gamma$ dry	$\gamma$ air	$\sigma_v$
		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1	Aktif	0	0	16.26	12.044	9.81	0
2		0.5	0.5	16.26	12.044	9.81	6.022
3		1.5	2	16.26	12.044	9.81	15.697
4		2	4	17.17	12.625	9.81	30.417
5		1.1	5.1	18.18	13.567	9.81	39.624
6	Pasif	0	0	18.18	13.567	9.81	0
7		0.6	0.6	18.18	13.567	9.81	5.022

➤ Koefisien Tanah (  $K_a$  dan  $K_p$  )

Koefisien tanah untuk tanah aktif dan tanah pasif dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{19}{2} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,509 \\
 K_a &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{16}{2} \right) \\
 &= 0,567 \\
 K_p &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\theta}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{16}{2} \right) \\
 &= 1,76
 \end{aligned}$$

➤ Tegangan Horizontal

Perhitungan tegangan horizontal tanah berdasarkan pembagian lapisan tanah yang telah dijelaskan pada Gambar 4.112. Berikut adalah contoh perhitungan tegangan horizontal aktif tanah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{h1}(\text{atas}) &= (\sigma_v \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\
 &= (0 \times 0,509) - (2 \times 20 \times \sqrt{0,509}) \\
 &= -25,54 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{h1}(\text{bawah}) &= (\sigma_v \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\
 &= (6,022 \times 0,509) - (2 \times 20 \times \sqrt{0,509}) \\
 &= -25,47 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{h2}(\text{atas}) &= (\sigma_v \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\
 &= (6,022 \times 0,509) - (2 \times 20 \times \sqrt{0,509}) \\
 &= -25,47 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\sigma_{h2}(\text{bawah}) &= (\sigma_v \times K_a) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\ &= (15,697 \times 0,509) - (2 \times 20 \times \sqrt{0,509}) \\ &= -20,55 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Berikut adalah contoh perhitungan tegangan horizontal tanah pasif :

$$\begin{aligned}\sigma_{h6}(\text{atas}) &= (\sigma_v \times K_p) + (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\ &= (0 \times 1,76) + (2 \times 20 \times \sqrt{1,76}) \\ &= 55,72 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h6}(\text{bawah}) &= (\sigma_v \times K_p) + (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\ &= (5,022 \times 1,76) + (2 \times 20 \times \sqrt{1,76}) \\ &= 64,56 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

**Tabel 4.28** Tegangan Horizontal

Titik	Jenis	Lokasi	Ka/Kp	$\sigma_v$	$\sigma_v \times k$	$2c(k)^{0,5}$	$\sigma_h$	$\sigma_h$
				kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1	Aktif	atas	0.509	0	0	28.538	-28.538	0
		bawah	0.509	0.000	0.000	28.538	-28.538	0
2		atas	0.509	0.000	0.000	28.538	-28.538	0
		bawah	0.509	14.715	7.490	28.538	-21.048	0
3		atas	0.509	14.715	7.490	28.538	-21.048	0
		bawah	0.509	34.335	17.477	22.830	-5.354	0
4		atas	0.509	34.335	17.477	22.830	-5.354	0
		bawah	0.567	45.126	25.586	31.626	-6.039	0
5		atas	0.567	45.126	25.586	31.626	-6.039	0
6		Pasif	atas	1.76	0	0	55.719	55.719
	bawah		1.76	5.886	10.359	55.719	66.079	66.079
atas	1.76		5.886	10.359	55.719	66.079	66.079	

Berikut adalah tegangan horizontal aktif dan pasif air yang terjadi pada dinding penahan tanah :

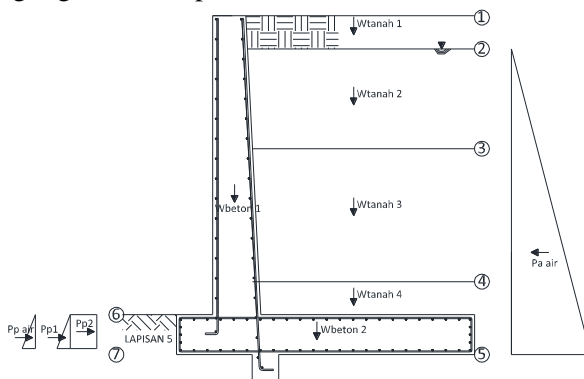
$$\begin{aligned}\sigma_{ha} &= \gamma_{air} \times h \\ &= (9,81 \text{ kN/m}^3 \times 4,6 \text{ m}) \\ &= 45,126 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{hp} &= \gamma_{air} \times h \\ &= (9,81 \text{ kN/m}^3 \times 0,6 \text{ m}) \\ &= 5,886 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

**Tabel 4.29** Tegangan Horizontal Air

Titik	Jenis	H (per lapisan)	H (kumulatif)	$\gamma$ air	$\sigma_h$
		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1	Aktif	0	0	9.81	0
2		0.5	0.5	9.81	0
3		1.5	2	9.81	14.715
4		2	4	9.81	34.335
5		1.1	5.1	9.81	45.126
6	Pasif	0	0	9.81	0
7		0.6	0.6	9.81	5.886

- b. Perhitungan gaya dorong (Pa) dan gaya tahan (Pp)
- Perhitungan gaya dorong Pa dan gaya tahan Pp baik akibat tanah atau air dihitung berdasarkan luasan pada diagram yang digambarkan pada **Gambar 4.116**.

**Gambar 4.116** Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp)

Berikut adalah nilai gaya dorong dan gaya tahan yang terjadi pada dinding penahan tanah :

**Tabel 4.30** Nilai Gaya Dorong (Pa) dan Gaya Tahan (Pp)

No.	Gaya	Nilai
		kN/m'
1	Wtanah 1	12.6462
2	Wtanah 2	34.83
3	Wtanah 3	52.992
4	Wtanah 4	15.066
5	Wbeton 1	54
6	Wbeton 2	64.8
7	Pa air	103.7898
8	Pp air	1.7658
9	Ppasif 1	3.107808
10	Ppasif 2	33.43157789

c. Kontrol guling

**Tabel 4.31** Perhitungan Momen pada Kontrol Guling

No.	Gaya	Nilai	L momen	Momen
		kN/m'	m	kNm/m'
1	Wtanah 1	12.6462	2.70	34.14
2	Wtanah 2	34.83	2.70	94.04
3	Wtanah 3	52.992	2.70	143.08
4	Wtanah 4	15.066	2.70	40.68
5	Wbeton 1	54	0.65	35.10
6	Wbeton 2	64.8	2.25	145.80
7	Pa air	103.7898	1.53	159.14
8	Pp air	1.7658	0.20	0.35
9	Ppasif 1	3.107808	0.20	0.62
10	Ppasif 2	33.43157789	0.30	10.03

$$F_{\text{guling}} = \frac{M_{p1} + M_{p2} + M_{\text{pair}} + M_{wt1} + M_{wt2} + M_{wt3} + M_{wb1} + M_{wb2}}{M_{\text{air}}}$$

$$= 3,16 > 3 \text{ (OK)}$$

Disyaratkan faktor keamanan untuk kontrol guling adalah sebesar 3, sehingga kontrol dinding penahan tanah terhadap guling dikatakan aman.

d. Kontrol geser

Perhitungan kontrol gaya geser pada dinding penahan tanah dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini :

$$FS \text{ geser} = \frac{F_r}{P_h}$$

$$\begin{aligned} F_r &= \sum V \tan \theta + c' B + P_p \\ &= 67,19 + 47,25 + 38,305 \\ &= 199,99 \end{aligned}$$

$$P_h = 103,78$$

$$FS \text{ geser} = \frac{199,99}{103,78} = 1,93 > 1,5 \text{ (OK)}$$

Disyaratkan faktor keamanan untuk kontrol geser adalah sebesar 1,5, sehingga kontrol dinding penahan tanah terhadap geser dikategorikan aman.

#### 4.6.1.2 Penulangan Dinding Penahan Tanah

➤ Penulangan dinding penahan tanah pada badan retaining wall

$$\begin{aligned} M_u &= 1,4 \times M_o = 1,4 \times 159,14 \text{ kNm} \\ &= 222,8021 \text{ kNm} = 222802104 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

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

$$\text{Mutu tulangan} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(F_c^i - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,05 \frac{(30-28)}{7}$$

$$= 0,83$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F'_c}{F_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= 0,0298$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0298 = 0,022$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,0033$$

$$\rho_{\min} \text{ dipakai} = 0,0033$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{222802104}{0,9 \times 1000 \times 439^2} = 1,28 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 1,28}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0031 < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0033$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 439 = 1463,33 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{Asperlu}{As} = \frac{1463,33\text{mm}^2}{380,13\text{mm}^2} = 3,8 \approx 4\text{buah}$$

$$s = \frac{1000}{4} = 250\text{mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 450 \text{ mm} \\ S_{\max} &= 3h \\ &= 3 \times 500 \text{ mm} = 1500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 250 \text{ mm}$$

Sehingga pada dinding DPT dipasang tulangan lentur D22-250.

➤ Tulangan Bagi

Luasan perlu tulangan bagi dihitung 2% dari tulangan utama.

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= 2\% \times As \\ &= 2\% \times 1463,33 \text{ mm}^2 \\ &= 29,267 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan diatas dibandingkan dengan luas tulangan susut dan diambil nilai luasan perlu terbesar. Tulangan susut dihitung dengan rasio tulangan minimum.

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 439 = 790,2\text{mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As} = \frac{790,2\text{mm}^2}{380,13\text{mm}^2} = 2,1 \approx 3\text{buah}$$

$$s = \frac{1000}{3} = 333,33\text{mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 450 \text{ mm} \\ S_{\max} &= 3h \\ &= 3 \times 500 \text{ mm} = 1500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan susut D22-300

- Penulangan pada *Toe* dan *Heel* Dinding Penahan Tanah Berikut adalah perhitungan penulangan lentur pada *toe* dan *heel* DPT:

$$\begin{aligned} M_u &= 1,4 \times M_o = 1,4 \times 159,14 \text{ kNm} \\ &= 222,8021 \text{ kNm} = 222802104 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

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

$$\text{Mutu tulangan} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{222802104}{0,9 \times 1000 \times 539^2} = 0,85 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,85}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0021 < \rho_{\min}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho = 0,0033$$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 539 = 1796,67 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{A_s} = \frac{1796,67 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 4,7 \approx 5 \text{ buah}$$

$$s = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut :

$$S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 3h$$

$$= 3 \times 600 \text{ mm} = 1800 \text{ mm}$$

$$\text{Spakai} = 200 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang tulangan lentur D22-200.

➤ Tulangan Bagi

Luasan perlu tulangan bagi dihitung 2% dari tulangan utama.

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= 2\% \times A_s \\ &= 2\% \times 1796,67 \text{ mm}^2 \\ &= 35,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan diatas dibandingkan dengan luas tulangan susut dan diambil nilai luasan perlu terbesar. Tulangan susut dihitung dengan rasio tulangan minimum.

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 539 = 970,2 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_s} = \frac{970,2 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} = 2,55 \approx 3 \text{ buah}$$

$$s = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= 3h \\ &= 3 \times 500 \text{ mm} = 1800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan susut D22-300

## 4.6.2 Perencanaan Pondasi

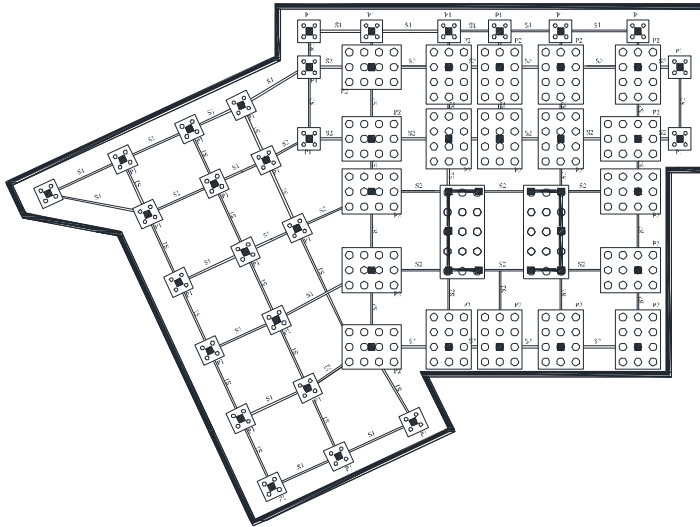
### 4.6.2.1 Umum

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan diatasnya yang bertujuan untuk meneruskan beban ke tanah yang diterima oleh kolom secara bertahap dan merata.

Pondasi yang direncanakan pada gedung Grand Dharmahasada Lagoon menggunakan pondasi *bored pile*. Pemilihan tipe pondasi *bored pile* disebabkan lokasi gedung Grand Dharmahasada Lagoon yang berdekatan dengan pemukiman warga sehingga tidak memungkinkan digunakannya tiang pancang (*driven pile*) untuk mencegah kerusakan bangunan di sekitar.



Direncanakan pondasi dibagi menjadi beberapa tipe poer, pembagian tipe poer berdasarkan tipe kolom yang ada. Berikut adalah denah pondasi gedung Grand Dharmahusada Lagoon :



**Gambar 4.117** Denah Pondasi

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2019 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

1.  $D$
2.  $D + L$
3.  $D + (L_r \text{ atau } R)$
4.  $D + 0,75 L + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$
5.  $D + (0,7E)$
6.  $D + 0,75L + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$
7.  $0,6 D + 0,6 W$

#### 4.6.2.2 Data Perencanaan Pondasi

Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang beton (*Spun pile*) produk dari PT. Wijaya Karya Precast.

- Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan pada pondasi tipe 1 adalah
 

Diameter tiang	= 500 mm
<i>Wall thickness</i>	= 90 mm
Klasifikasi	= A3
<i>Concrete cross section</i>	= 1159,3 cm <sup>2</sup>
Berat	= 290 kg/m
<i>Bending moment crack</i>	= 14 tm
<i>Bending momen ultimate</i>	= 21 tm
<i>Allowable axial load</i>	= 178,2 t
- Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan pada pondasi tipe 2 dan 3 adalah
 

Diameter tiang	= 800 mm
<i>Wall thickness</i>	= 120 mm
Klasifikasi	= A1
<i>Concrete cross section</i>	= 2563.5 cm <sup>2</sup>
Berat	= 641 kg/m
<i>Bending moment crack</i>	= 40 tm
<i>Bending momen ultimate</i>	= 60 tm
<i>Allowable axial load</i>	= 415 t

#### 4.6.2.3 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

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

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$

a.  $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$

b.  $N_1 = 0.6 N$

Kemudian pilih harga  $N_1$  yang terkecil

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{(1 + 0,4 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{(3,25 + 0,1 P_o)} \text{ untuk } P_o > 7,5 \text{ ton}$$

3. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = C_n \times A_{\text{ujung}} = 40 \times \tilde{N} \times A_{\text{ujung}}$$

$$Q_s = \sum C_{li} \times A_{si}$$

Dimana :

$\tilde{N}$  = Harga rata – rata  $N_2$  4D dibawah ujung sampai dengan 8D diatas ujung tiang

$C_{li}$  =  $N/2$  untuk tanah lempung atau lanau dan  $N/5$  untuk tanah pasir

$A_{si}$  = Luas selimut tiang pada segmen  $i = O_i \times h_i$

$O_i$  = Keliling tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P \text{ ijing 1 tiang} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

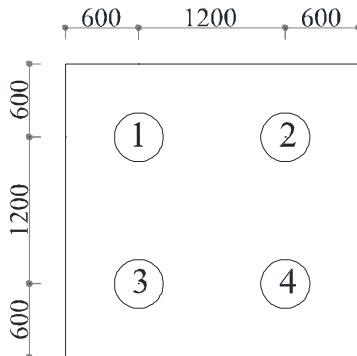
Dimana :

SF = safety factor = 3

Dari hasil analisis struktur dengan menggunakan program bantu ETABS, diambil output semua reaksi perletakkan pada pondasi tipe 1.

**Tabel 4. 32** Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1

Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	Qu izin	n tiang pancang
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	
1D	45.416	20.674	456.551	28.000	67.030	497.881	4
1D+1L	63.142	27.698	591.154	39.479	93.216	497.881	4
1D+0,75L	58.711	25.942	557.503	36.609	86.669	497.881	4
1D+0,7Ex	79.203	49.328	473.163	133.387	174.580	497.881	4
1D+0,7Ey	50.099	46.588	463.576	88.819	84.142	497.881	4
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	74.430	41.045	569.132	103.746	144.274	497.881	4
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	61.988	44.082	562.421	72.963	98.648	497.881	4
0,6D+0,7Ex	69.343	44.207	289.435	118.996	155.994	497.881	4
0,6D+0,7Ey	31.620	36.591	280.487	75.967	56.189	497.881	4

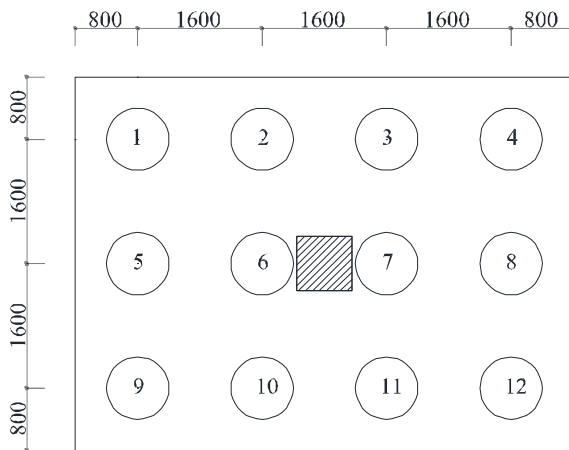


**Gambar 4.118** Pondasi Tiang Pancang Tipe 1

Dari hasil analisis struktur dengan menggunakan program bantu ETABS, diambil output semua reaksi perletakkan pada pondasi tipe 2.

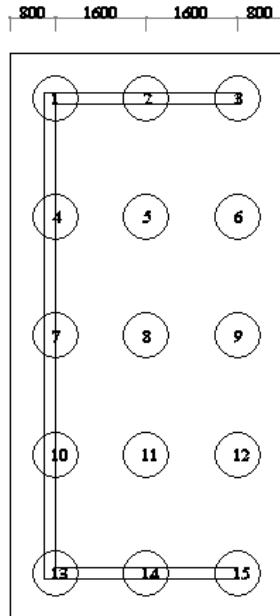
**Tabel 4.33** Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2

Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	Qu izin	n tiang pancang
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	
ID	36.267	30.340	9791.030	37.921	47.820	1573.288	12
ID+1L	45.567	39.001	11660.578	50.672	60.313	1573.288	12
ID+0,75L	43.242	36.836	11193.191	47.484	57.190	1573.288	12
ID+0,7Ex	268.337	103.530	10515.379	506.250	1261.044	1573.288	12
ID+0,7Ey	89.993	138.745	10959.267	640.438	292.768	1573.288	12
ID+0,75(0,7Ex)+0,75L	205.691	79.957	11700.235	375.314	898.952	1573.288	12
ID+0,75(0,7Ey)+0,75L	80.850	106.540	12010.957	469.246	221.994	1573.288	12
0,6D+0,7Ex	238.359	92.946	6786.178	459.859	1167.505	1573.288	12
0,6D+0,7Ey	71.905	125.814	6964.972	585.101	263.472	1573.288	12



**Gambar 4.119** Pondasi Tiang Pancang Tipe 2

Dari hasil analisis struktur dengan menggunakan program bantu ETABS, diambil output semua reaksi perletakkan pada pondasi tipe 3.



**Gambar 4.120** Pondasi Tiang Pancang Tipe 3

#### 4.6.2.4 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang. Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jaraknya sesuai dengan yang diijinkan.

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi.

$$C_e = \frac{1 - \arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana:

D = diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

➤ Nilai koefisien efisiensi pada pondasi tipe 1 :

$$C_e = \frac{1 - \arctan\left(\frac{0,5}{1,2}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) = 0,71$$

Besar  $Q_{ijin}$  daya dukung tanah untuk satu tiang pancang pada kedalaman 18 m adalah 497,881 kN. Nilai tersebut perlu dikalikan dengan koefisien efisiensi sehingga daya dukung tanah tiang dalam kelompok pada Pondasi tipe P1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{ijin(grup)} &= Q_{ijin(1 \text{ tiang})} \times \eta \\ &= 497,881 \text{ kN} \times 0,71 \\ &= 355,91 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Tabel 4.34** Perhitungan Tiang Pancang Kelompok Pondasi Tipe 1

Kombinasi Beban	P <sub>ijin</sub> tanah (kN)	n (buah)	Q1 grup (kN)	Pmax grup	Q1 grup > Pmax
1D	497.88	4	355.91	194.42	OK
1D+1L	497.88	4	355.91	243.76	OK
1D+0,75L	497.88	4	355.91	231.43	OK
1D+0,7Ex	497.88	4	355.91	287.29	OK
1D+0,7Ey	497.88	4	355.91	228.64	OK
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	497.88	4	355.91	286.31	OK
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	497.88	4	355.91	252.79	OK
0,6D+0,7Ex	497.88	4	355.91	227.62	OK
0,6D+0,7Ey	497.88	4	355.91	165.87	OK

➤ Nilai koefisien efisiensi pada pondasi tipe 2 :

$$C_e = \frac{1 - \arctan\left(\frac{0,8}{1,2}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{4}\right) = 0,78$$

Besar  $Q_{ijin}$  daya dukung tanah untuk satu tiang pancang pada kedalaman 34 m adalah 1573,288 kN. Nilai tersebut perlu dikalikan dengan koefisien efisiensi sehingga daya dukung tanah tiang dalam kelompok pada Pondasi tipe P2 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{ijin(grup)} &= Q_{ijin(1\text{ tiang})} \times \eta \\ &= 1573,288 \text{ kN} \times 0,78 \\ &= 1428,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Tabel 4.35** Perhitungan Tiang Pancang Kelompok Pondasi Tipe 2

Kombinasi Beban	P <sub>ijin</sub> tanah	n (buah)	QI grup (kN)	Pmax grup	QI grup > Pmaks
1D	1573.29	12	1227.16	894.20	OK
1D+1L	1573.29	12	1227.16	1049.26	OK
1D+0,75L	1573.29	12	1227.16	1009.99	OK
1D+0,7Ex	1573.29	12	1227.16	1027.42	OK
1D+0,7Ey	1573.29	12	1227.16	1041.73	OK
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	1573.29	12	1227.16	1103.53	OK
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	1573.29	12	1227.16	1114.52	OK
0,6D+0,7Ex	1573.29	12	1227.16	710.81	OK
0,6D+0,7Ey	1573.29	12	1227.16	703.94	OK

➤ Nilai koefisien efisiensi pada pondasi tipe 3 :

$$C_e = \frac{1 - \arctan\left(\frac{0,8}{1,2}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{5} - \frac{1}{3}\right) = 0,73$$

Besar  $Q_{ijin}$  daya dukung tanah untuk satu tiang pancang pada kedalaman 34 m adalah 1573,288 kN. Nilai tersebut perlu dikalikan dengan koefisien efisiensi sehingga daya dukung tanah tiang dalam kelompok pada Pondasi tipe P3 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{ijin(grup)} &= Q_{ijin(1\text{ tiang})} \times \eta \\ &= 1573,288 \text{ kN} \times 0,73 \\ &= 1153,42 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Tabel 4.36** Perhitungan Tiang Pancang Kelompok Pondasi Tipe 3

Kombinasi Beban	P ijin tanah	n (buah)	Ql grup (kN)	Pmax grup	Ql grup > Pmaks
1D	1573.29	15	1153.42	569.55	OK
1D+1L	1573.29	15	1153.42	649.52	OK
1D+0,75L	1573.29	15	1153.42	627.56	OK
1D+0,7Ex	1573.29	15	1153.42	766.42	OK
1D+0,7Ey	1573.29	15	1153.42	817.10	OK
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	1573.29	15	1153.42	767.37	OK
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	1573.29	15	1153.42	803.07	OK
0,6D+0,7Ex	1573.29	15	1153.42	546.69	OK
0,6D+0,7Ey	1573.29	15	1153.42	593.80	OK

#### 4.6.2.5 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

a. Pondasi Tipe 1

$$P_v = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y X_i}{\sum_{i=2}^n (X_i)^2} \pm \frac{M_x Y_i}{\sum_{i=2}^n (Y_i)^2} \leq P_{ijin \text{ tanah}} \text{ (1 tiang)}$$

➤ Perhitungan jarak tiang

$$2D \leq S \leq 3D$$

$$100 \leq S \leq 150$$

$$1D \leq S \leq 2D$$

$$50 \leq S \leq 100$$

dengan S = jarak antar tiang

dipakai S = 120 cm

dengan S = jarak tepi

dipakai S = 60 cm

➤ Contoh perhitungan untuk kombinasi pembebanan 1D

$$P \text{ kolom} = 591,154 \text{ kN}$$

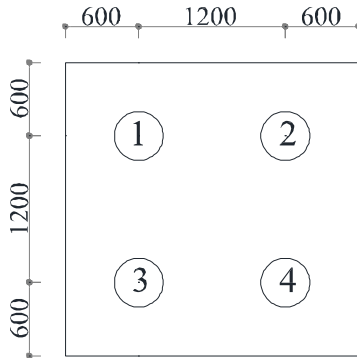
$$P \text{ poer} = 2,4 \times 2,4 \times 1,2 \times 23,4 = 162,74 \text{ kN}$$

$$n = 4 \text{ tiang}$$

$$M_x = 28 \text{ kNm}$$

$$M_y = 67,03 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 0,6 \text{ m} \\
 y &= 0,6 \text{ m} \\
 P_{2V} &= \frac{591,154 + 162,74}{4} \pm \frac{67,03 \times 0,6}{1,44} \pm \frac{28 \times 0,6}{1,44} \\
 P_{2V} &= 194,418 \text{ kN} \leq 497,88 \text{ kN (OK)}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.121** Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 1

Berikut adalah hasil perhitungan gaya yang diterima setiap pondasi tipe 1

**Tabel 4.37** Hasil Perhitungan Gaya Per Tiang pada Pondasi Tipe 1

Load Case/Combo	P1 (kN)	P2 (kN)	P3 (kN)	P4 (kN)	Qu izin	P izin $\geq$ P
					kN	
1D	138.5593	194.4176	115.2259	171.0842	497.88	OK
1D+1L	166.0823	243.7622	133.183	210.8629	497.88	OK
1D+0,75L	159.2015	231.426	128.6937	200.9182	497.88	OK
1D+0,7Ex	141.8112	287.2942	30.65519	176.1382	497.88	OK
1D+0,7Ey	158.5268	228.645	84.51087	154.6291	497.88	OK
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	166.0804	286.3084	79.62538	199.8534	497.88	OK
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	170.5872	252.7936	109.7848	191.9912	497.88	OK
0,6D+0,7Ex	97.62672	227.6218	-1.53641	128.4587	497.88	OK
0,6D+0,7Ey	119.0464	165.8707	55.74084	102.5651	497.88	OK

## b. Pondasi Tipe 2

$$P_V = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y X_i}{\sum_{i=2}^n (X_i)^2} \pm \frac{M_x Y_i}{\sum_{i=2}^n (Y_i)^2} \leq P_{\text{ijin tanah}} \text{ (1 tiang)}$$

## ➤ Perhitungan jarak tiang

$$2D \leq S \leq 3D$$

dengan S = jarak antar tiang

$$160 \leq S \leq 240$$

dipakai S = 160 cm

$$1D \leq S \leq 2D$$

dengan S = jarak tepi

$$80 \leq S \leq 160$$

dipakai S = 80 cm

## ➤ Contoh perhitungan untuk kombinasi pembebanan 1D

$$P \text{ kolom} = 9791,030 \text{ kN}$$

$$P \text{ poer} = 6,4 \times 6,4 \times 1,2 \times 23,4 = 867,92 \text{ kN}$$

$$n = 12 \text{ tiang}$$

$$M_x = 37,92 \text{ kNm}$$

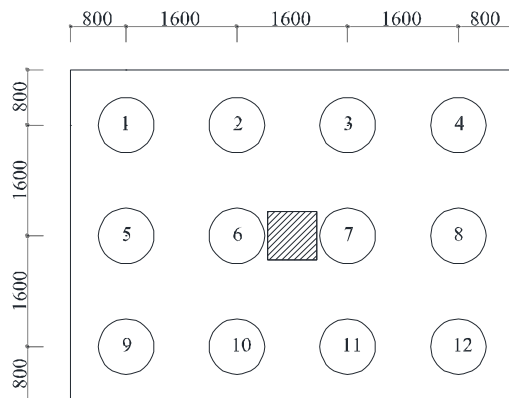
$$M_y = 47,82 \text{ kNm}$$

$$x = 2,4 \text{ m}$$

$$y = 1,6 \text{ m}$$

$$P_{IV} = \frac{12011 + 867,92}{12} + \frac{37,92 \times 2,4}{38,4} + \frac{47,82 \times 1,6}{20,48}$$

$$P_{IV} = 849,198 \text{ kN} \leq 1573,29 \text{ kN (OK)}$$



**Gambar 4.122** Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 2

Berikut adalah hasil perhitungan gaya yang diterima setiap pondasi tipe 2

**Tabel 4.38** Hasil Perhitungan Gaya Per Tiang pada Pondasi Tipe 2

Load Case/Combo	P1 (kN)	P2 (kN)	P3 (kN)	P4 (kN)	P5 (kN)	P6 (kN)	P7 (kN)	P8 (kN)	P9 (kN)	P10 (kN)	P11 (kN)	P12 (kN)	Qu izin kN	P <sub>izin</sub> ≥ P
ID	894.20	892.21	886.28	888.22	891.24	889.24	889.24	891.24	888.22	884.29	884.29	882.30	1573.3	OK
ID+1L	1044.23	1049.26	1038.83	1043.85	1047.81	1045.30	1042.79	1040.27	1036.31	1038.83	1038.83	1036.31	1573.3	OK
ID+0,75L	1005.23	1009.99	1000.19	1004.96	1008.67	1006.28	1003.90	1001.52	997.81	1000.19	1000.19	997.81	1573.3	OK
ID+0,7Ex	909.34	1014.43	882.79	830.24	1027.42	922.34	922.34	869.79	830.24	882.79	882.79	830.24	1573.3	OK
ID+0,7Ey	1017.34	1041.73	929.47	953.86	1003.90	991.70	979.50	967.30	917.27	929.47	929.47	917.27	1573.3	OK
ID+0,75(0,7Ex)+0,75L	1020.48	1095.40	999.30	1074.21	1103.53	1066.07	1028.62	991.16	961.84	999.30	999.30	961.84	1573.3	OK
ID+0,75(0,7Ey)+0,75L	1096.03	1114.52	1031.96	1050.45	1087.11	1077.87	1068.62	1059.37	1022.71	1031.96	1031.96	1022.71	1573.3	OK
0,6D+0,7Ex	600.80	698.09	577.59	674.88	710.81	662.16	613.52	564.87	528.95	577.59	577.59	528.95	1573.3	OK
0,6D+0,7Ey	681.99	703.94	601.54	623.50	669.21	658.23	647.25	636.27	590.56	601.54	601.54	590.56	1573.3	OK

### c. Pondasi Tipe 3

$$P_V = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y X_i}{\sum (X_i)^2} \pm \frac{M_x Y_i}{\sum (Y_i)^2} \leq P_{ijin \text{ tanah}} \text{ (1 tiang)}$$

#### ➤ Perhitungan jarak tiang

$$2D \leq S \leq 3D$$

dengan S = jarak antar tiang

$$160 \leq S \leq 240$$

dipakai S = 160 cm

$$1D \leq S \leq 2D$$

dengan S = jarak tepi

$$80 \leq S \leq 160$$

dipakai S = 80 cm

#### ➤ Contoh perhitungan untuk kombinasi pembebanan 1D

$$P \text{ kolom} = 7315,967 \text{ kN}$$

$$P \text{ poer} = 1084,91 \text{ kN}$$

$$n = 15 \text{ tiang}$$

$$M_x = 378,53 \text{ kNm}$$

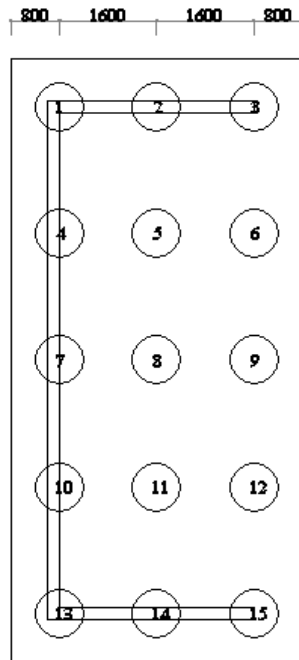
$$M_y = 500,91 \text{ kNm}$$

$$x = 3,2 \text{ m}$$

$$y = 3,2 \text{ m}$$

$$P_{3V} = \frac{10920 + 1084,91}{15} + \frac{500,91 \times 3,2}{64} + \frac{378,53 \times 3,2}{76,8}$$

$$P_{3V} = 569,55 \text{ kN} \leq 1573,29 \text{ kN (OK)}$$



**Gambar 4.123** Konfigurasi Tiang Pancang Pondasi Tipe 3

Berikut adalah hasil perhitungan gaya yang diterima setiap pondasi tipe 3

**Tabel 4.39** Hasil Perhitungan Gaya Per Tiang pada Pondasi Tipe 3

Load Case/Combo	P1 (kN)	P2 (kN)	P3 (kN)	P4 (kN)	P5 (kN)	P6 (kN)	P7 (kN)	P8 (kN)	P9 (kN)	P10 (kN)	P11 (kN)	P12 (kN)	P13 (kN)	P14 (kN)	P15 (kN)	Qu izin (kN)	P izin ≥ P
1D	879	892	904	871	884	896	863	876	888	871	859	896	879	892	854	1573	OK
1D+ 1L	897	903	831	888	903	917	879	864	850	888	874	917	897	912	868	1573	OK
1D+0.75L	893	898	829	884	898	912	875	861	847	884	870	912	893	907	865	1573	OK
1D+0.7Ex	923	930	844	912	930	947	901	884	866	912	895	947	923	941	888	1573	OK
1D+0.7Ey	924	932	844	914	932	951	903	884	866	914	895	951	924	943	887	1573	OK
1D+0.75(0.7Ex)+0.75L	919	926	840	908	926	943	897	880	862	908	891	943	919	937	884	1573	OK
1D+0.75(0.7Ey)+0.75L	924	932	844	914	932	950	903	884	866	914	895	950	924	943	888	1573	OK
0.6D+0.7Ex	880	885	825	873	885	897	865	853	841	873	860	897	880	892	856	1573	OK
0.6D+0.7Ey	879	885	823	872	885	898	864	851	838	872	859	898	879	892	853	1573	OK

#### 4.6.2.6 Kontrol Kekuatan Tiang

##### a. Pondasi Tipe 1

- Kontrol terhadap Gaya Aksial

Untuk tiang pancang diameter 50 cm kelas A3 pada produk dari PT. Wijaya Karya Beton Precast, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 178,2 ton.

$$P_{\max} = 336,593 \text{ kN} < P_{\text{ijin}} = 1746,36 \text{ kN (OK)}$$

➤ Kontrol terhadap Gaya Momen

Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)” :

$$M_{\max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$

$$f = \frac{H}{9C_u d}$$

Dimana :

H = Lateral Load

e = Jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

D = diameter pondasi

Dari lampiran data tanah diketahui  $C_u = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

Berikut adalah contoh perhitungan kontrol tiang pancang terhadap gaya momen

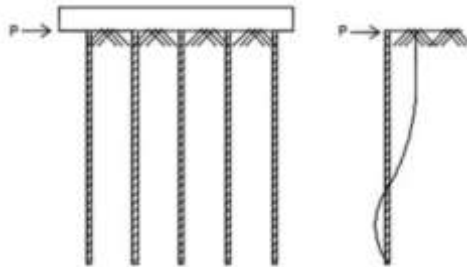
$$f = \frac{2018,44 \text{ kg}}{9 \times 1,5 \times 0,5} = 2,99 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= H (e + 1,5d + 0,5f) \\ &= 2018,44 \text{ kg} (0 + 1,5 \times 88040 + 0,5 \times 2,99) \\ &= 154400 \text{ kgcm} \\ &= 1,544 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

**Tabel 4.40** Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 1

kombinasi pembebanan	n tiang pancang	H1	H2	Mmax	Mcrack	kontrol desain
		kN	kN	tonm	tonm	
1D	4	45.42	20.67	0.88	14	OK
1D+1L	4	63.14	27.70	1.23	14	OK
1D+0,75L	4	58.71	25.94	1.14	14	OK
1D+0,7Ex	4	79.20	49.33	1.54	14	OK
1D+0,7Ey	4	50.10	46.59	0.97	14	OK
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	4	74.43	41.05	1.45	14	OK
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	4	61.99	44.08	1.20	14	OK
0,6D+0,7Ex	4	69.34	44.21	1.35	14	OK
0,6D+0,7Ey	4	31.62	36.59	0.71	14	OK

➤ Kontrol terhadap Gaya Lateral



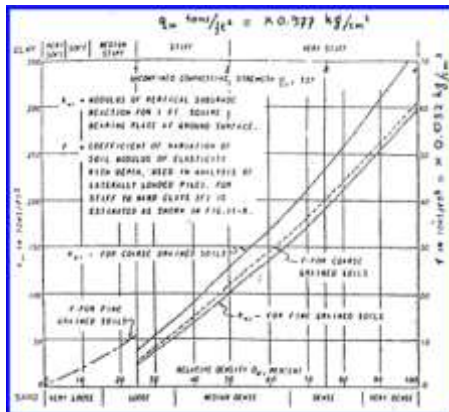
**Gambar 4.124** Diagram Gaya Lateral Tiang Menghitung faktor kekakuan relative (T) :

$$T = \left( \frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Dimana :

- E = modulus elastisitas tiang (kg/cm<sup>2</sup>)
- I = momen inersia cerucuk, cm<sup>4</sup>
- f = koefisien dari variasi modulus tanah (kg/cm<sup>3</sup>)
- T = faktor kekakuan relatif, cm

Nilai f didapat dari grafik di bawah ini (NAVFAC DM-7 1971) dengan asumsi nilai Dr = 50% untuk nilai N<sub>spt</sub> = 16,5 :



**Gambar 4.125** Grafik Harga f berdasarkan Jenis Tanah

$$f = 20 \times 0,032 \text{ kg/cm}^3$$

$$= 0,64 \text{ kg/cm}^3$$

$$E = 4700 \sqrt{F'_c}$$

$$= 338921,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \pi D^4$$

$$= 5152,99 \text{ cm}^4$$

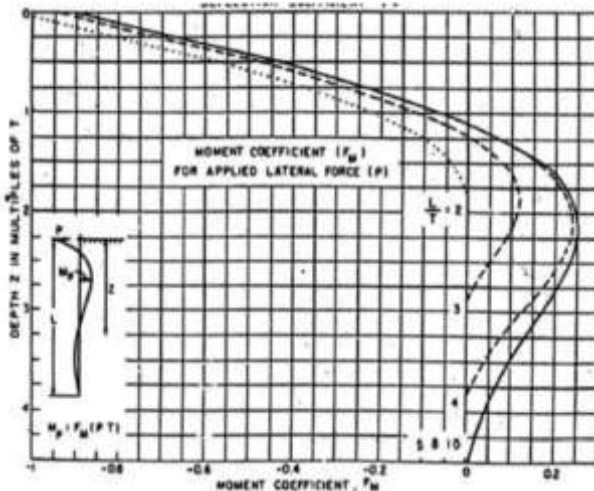
$$T = \left( \frac{338921,82 \times 5152,99}{0,64} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 77,1 \text{ cm}$$

Mencari nilai  $f_m$  dan  $f_d$

$$L/T = 18/77,1$$

$$= 23,34$$



**Gambar 4.126** Grafik Harga  $F_m$  Berdasarkan  $L/T$

Dengan  $Z = 0$ , maka :

$$F_m = 1$$



Direncanakan jumlah tiang pancang sebanyak 4 buah pada poer. Sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned} M_p &= F_m (P.T) \\ &= 1 (504,61/0,771) \\ &= 0,389 \text{ tonmeter} < M_{cr} = 7,5 \text{ tonmeter (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ ijin} &= \left( \frac{M_{cr}}{F_m \times T} \right) \\ &= \left( \frac{14}{1 \times 0,771} \right) = 18,15t \end{aligned}$$

Berikut adalah rekapitulasi kontrol gaya lateral pada semua jenis konfigurasi tiang pancang :

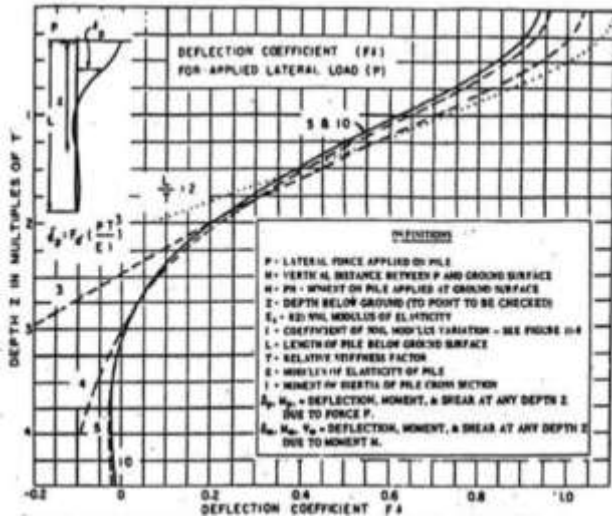
**Tabel 4.41** Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Pancang pada Poer 1

Kombinasi	H1tiang	H1tiang	Hijin	Kontrol
	kN	kg	kN	Hijin > Hmax
1D	11.4	1157.40	181.523	OK
1D+1L	15.8	1609.13	181.523	OK
1D+0,75L	14.7	1496.20	181.523	OK
1D+0,7Ex	19.8	2018.44	181.523	OK
1D+0,7Ey	12.5	1276.72	181.523	OK
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	18.6	1896.79	181.523	OK
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	15.5	1579.72	181.523	OK
0,6D+0,7Ex	17.3	1767.14	181.523	OK
0,6D+0,7Ey	9.1	932.49	181.523	OK

➤ Kontrol Defleksi

Tiang Pancang disyaratkan tidak boleh memiliki defleksi melebihi defleksi ijin ( $\delta_{ijin}$ ) sebesar 2,5 cm. Berikut adalah perhitungan kontrol defleksi pada tiang bor :

$$\begin{aligned} H &= 19,8 \text{ kN} \\ Cu &= 1,5 \text{ kg/cm}^3 \\ Qu &= 2.Cu = 3 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$



**Gambar 4.127** Grafik Harga  $F\delta$  Berdasarkan  $L/T$

Dari grafik di atas didapatkan nilai  $F\delta$  :

$$F\delta = 1,1$$

$$\delta = F\delta \frac{PT^3}{EI}$$

$$= 1,1 \frac{19800 \times (77,1)^3}{257429,6 \times 5152,99} = 0,57 \text{ cm} < 2 \text{ (OK)}$$

b. Pondasi Tipe 2

➤ Kontrol terhadap Gaya Aksial

Untuk tiang pancang diameter 80 cm kelas A1 pada produk dari PT. Wijaya Karya Beton Precast, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 415 ton.

$$P_{\max} = 1114,5 \text{ kN} < P_{\text{ijin}} = 4150 \text{ kN (OK)}$$

➤ Kontrol terhadap Gaya Momen

Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)” :

$$M_{\max} = H(e + 1,5d + 0,5f)$$

$$f = \frac{H}{9C_u d}$$

Dimana :

H = Lateral Load

e = Jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

D = diameter pondasi

Dari lampiran data tanah diketahui  $C_u = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

Berikut adalah contoh perhitungan kontrol tiang pancang terhadap gaya momen

$$f = \frac{2279,45 \text{ kg}}{9 \times 1,5 \times 0,8} = 2,1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= H(e + 1,5d + 0,5f) \\ &= 2279,45 \text{ kg} (0 + 1,5 \times 80 + 0,5 \times 2,1) \\ &= 275939 \text{ kgcm} \\ &= 2,759 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

**Tabel 4.42** Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 2

kombinasi pembebanan	n tiang pancang	H1	H2	Mmax	Mcrack	kontrol desain
		kN	kN	tonm	tonm	
1D	12	36.27	30.34	0.37	40	OK
1D+1L	12	45.57	39.00	0.47	40	OK
1D+0,75L	12	43.24	36.84	0.44	40	OK
1D+0,7Ex	12	268.34	103.53	2.76	40	OK
1D+0,7Ey	12	89.99	138.75	1.42	40	OK
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	12	205.69	79.96	2.11	40	OK
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	12	80.85	106.54	1.09	40	OK
0,6D+0,7Ex	12	238.36	92.95	2.45	40	OK
0,6D+0,7Ey	12	71.90	125.81	1.29	40	OK

- Kontrol terhadap Gaya Lateral  
Menghitung faktor kekakuan relative (T) :

$$T = \left( \frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Dimana :

E = modulus elastisitas tiang ( $\text{kg/cm}^2$ )

- I = momen inersia cerucuk,  $\text{cm}^4$   
 f = koefisien dari variasi modulus tanah ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )  
 T = faktor kekakuan relatif, cm

Nilai f didapat dari grafik **Gambar 4.125** (NAVFAC DM-7 1971) dengan asumsi nilai  $D_r = 65\%$  untuk nilai  $N_{spt} = 24$  :

$$\begin{aligned}
 f &= 32 \times 0,032 \text{ kg}/\text{cm}^3 \\
 &= 1,024 \text{ kg}/\text{cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \sqrt{F_c'} \\
 &= 338921,82 \text{ kg}/\text{cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{64} \pi D^4 \\
 &= 16286,02 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= \left( \frac{338921,82 \times 16286,02}{1,024} \right)^{\frac{1}{5}} \\
 &= 88,37 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Mencari nilai  $f_m$  dan  $f_d$

$$\begin{aligned}
 L/T &= 34/0,88 \\
 &= 38,47
 \end{aligned}$$

Dengan  $Z = 0$ , maka :

$$F_m = 1$$

Direncanakan jumlah tiang pancang sebanyak 12 buah pada poer. Sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned}
 M_p &= F_m (P.T) \\
 &= 1 (189,95/0,8837) \\
 &= 0,168 \text{ tonmeter} < M_{cr} = 40 \text{ tonmeter (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ ijin} &= \left( \frac{M_{cr}}{F_m \times T} \right) \\
 &= \left( \frac{40}{1 \times 0,88} \right) = 45,26 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah rekapitulasi kontrol gaya lateral pada semua jenis konfigurasi tiang pancang :

**Tabel 4.43** Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Pancang pada Poer 2

Kombinasi	H1tiang	H1tiang	Hijin	Kontrol
	kN	kg	kN	Hijin > Hmax
1D	3.0	308.08	452.624	OK
1D+1L	3.8	387.08	452.624	OK
1D+0,75L	3.6	367.33	452.624	OK
1D+0,7Ex	22.4	2279.45	452.624	OK
1D+0,7Ey	11.6	1178.60	452.624	OK
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	17.1	1747.29	452.624	OK
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	8.9	905.03	452.624	OK
0,6D+0,7Ex	19.9	2024.79	452.624	OK
0,6D+0,7Ey	10.5	1068.75	452.624	OK

➤ Kontrol Defleksi

Tiang Pancang disyaratkan tidak boleh memiliki defleksi melebihi defleksi ijin ( $\delta_{ijin}$ ) sebesar 2,5 cm. Berikut adalah perhitungan kontrol defleksi pada tiang bor :

$$H = 22,4 \text{ kN}$$

$$C_u = 1,5 \text{ kg/cm}^3$$

$$Q_u = 2 \cdot C_u = 3 \text{ kg/cm}^3$$

Dari grafik di atas didapatkan nilai  $F_d$  :

$$F_d = 1,1$$

$$\delta = F_d \frac{PT^3}{EI}$$

$$= 1,1 \frac{2240 \times (88,37)^3}{257429,6 \times 16286,01} = 0,31 \text{ cm} < 2 \text{ (OK)}$$

c. Pondasi Tipe 3

➤ Kontrol terhadap Gaya Aksial

Untuk tiang pancang diameter 80 cm kelas A1 pada produk dari PT. Wijaya Karya Beton Precast, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 415 ton.

$$P_{\max} = 950,99 \text{ kN} < P_{\text{ijin}} = 4150 \text{ kN (OK)}$$

➤ Kontrol terhadap Gaya Momen

Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)” :

$$M_{\max} = H (e + 1,5d + 0,5f)$$

$$f = \frac{H}{9C_u d}$$

Dimana :

H = Lateral Load

e = Jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

D = diameter pondasi

Dari lampiran data tanah diketahui  $C_u = 1,5 \text{ kg/cm}^2$

Berikut adalah contoh perhitungan kontrol tiang pancang terhadap gaya momen

$$f = \frac{15806,37 \text{ kg}}{9 \times 1,5 \times 0,8} = 14,63 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= H (e + 1,5d + 0,5f) \\ &= 15806,37 \text{ kg} (0 + 1,5 \times 80 + 0,5 \times 14,63) \\ &= 2012431,825 \text{ kgcm} \\ &= 20,12 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

**Tabel 4.44** Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 3

kombinasi pembebanan	n tiang pancang	H1	H2	Mmax	Mcrack	kontrol desain
		kN	kN	tonm	tonm	
ID	15	1416.80	1312.31	11.98	40	OK
ID+1L	15	1651.05	1531.48	14.05	40	OK
ID+0,75L	15	1592.48	1476.69	13.53	40	OK
ID+0,7Ex	15	1985.65	2032.78	17.46	40	OK
ID+0,7Ey	15	2008.41	2325.91	20.12	40	OK
ID+0,75(0,7Ex)+0,75L	15	1921.54	1981.01	16.99	40	OK
ID+0,75(0,7Ey)+0,75L	15	2006.62	2186.20	18.85	40	OK
0,6D+0,7Ex	15	1439.87	1459.82	12.36	40	OK
0,6D+0,7Ey	15	1431.75	1733.41	14.78	40	OK

- Kontrol terhadap Gaya Lateral  
Menghitung faktor kekakuan relative (T) :

$$T = \left( \frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Dimana :

E = modulus elastisitas tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

I = momen inersia cerucuk, cm<sup>4</sup>

f = koefisien dari variasi modulus tanah (kg/cm<sup>3</sup>)

T = faktor kekakuan relatif, cm

Nilai f didapat dari grafik **Gambar 4.125** (NAVFAC DM-7 1971) dengan asumsi nilai Dr = 65% untuk nilai N<sub>spt</sub> = 38 :

$$f = 32 \times 0,032 \text{ kg/cm}^3$$

$$= 1,024 \text{ kg/cm}^3$$

$$E = 4700 \sqrt{F'_c}$$

$$= 338921,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \pi D^4$$

$$= 16286,02 \text{ cm}^4$$

$$T = \left( \frac{338921,82 \times 16286,02}{1,024} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 88,37 \text{ cm}$$

Mencari nilai fm dan fd

$$L/T = 34/0,88$$

$$= 38,47$$

Dengan Z = 0, maka :

$$F_m = 1$$

Direncanakan jumlah tiang pancang sebanyak 9 buah pada poer. Sehingga didapatkan :

$$M_p = F_m (P.T)$$

$$= 1 (1053,76/0,8837)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,931 \text{ tonmeter} < M_{cr} = 40 \text{ tonmeter (OK)} \\
 H \text{ ijin} &= \left( \frac{M_{cr}}{F_m \times T} \right) \\
 &= \left( \frac{40}{1 \times 0,88} \right) = 45,26 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah rekapitulasi kontrol gaya lateral pada semua jenis konfigurasi tiang pancang :

**Tabel 4.45** Rekapitulasi Kontrol Gaya Lateral Tiang Pancang pada Poer 3

Kombinasi	H1tiang	H1tiang	Hijin	Kontrol
	kN	kg	kN	Hijin > Hmax
1D	94.5	9628.25	452.624	OK
1D+1L	110.1	11220.17	452.624	OK
1D+0,75L	106.2	10822.19	452.624	OK
1D+0,7Ex	135.5	13814.32	452.624	OK
1D+0,7Ey	155.1	15806.37	452.624	OK
1D+0,75(0,7Ex)+0,75L	132.1	13462.55	452.624	OK
1D+0,75(0,7Ey)+0,75L	145.7	14856.98	452.624	OK
0,6D+0,7Ex	97.3	9920.64	452.624	OK
0,6D+0,7Ey	115.6	11779.89	452.624	OK

➤ Kontrol Defleksi

Tiang Pancang disyaratkan tidak boleh memiliki defleksi melebihi defleksi ijin ( $\delta_{ijin}$ ) sebesar 2,5 cm. Berikut adalah perhitungan kontrol defleksi pada tiang bor :

$$H = 155,1 \text{ kN}$$

$$C_u = 1,5 \text{ kg/cm}^3$$

$$Q_u = 2 \cdot C_u = 3 \text{ kg/cm}^3$$

Dari grafik di atas didapatkan nilai  $F_d$  :

$$F_d = 1,1$$



$$\delta = Fd \frac{PT^3}{EI}$$

$$= 1,1 \frac{15510 \times (88,37)^3}{257429,6 \times 16286,01} = 2,1 \text{ cm} < 2 \text{ (OK)}$$

### 4.6.3 Perencanaan Poer

#### Pondasi Tipe 1

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Data-data perencanaan poer adalah sebagai berikut.

$P_u$  kolom = 591,154 kN

N = 4 buah

Dimensi poer = 2,4×2,4×1,2 m

Mutu beton ( $F_c'$ ) = 30 MPa

Mutu baja ( $F_y$ ) = 420 MPa

Diameter tulangan = 25 mm

Selimut beton = 50 mm

$\lambda$  = 1 (beton normal)

Tinggi efektif (d)

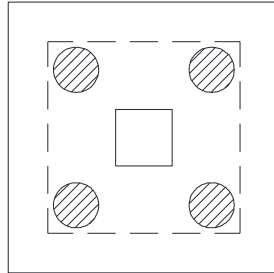
$d_x$  = 1200 – 50 –  $\frac{1}{2}$  25 = 1137,5 mm

$d_y$  = 1200 – 50 – 25 –  $\frac{1}{2}$ (25) = 1112,5 mm

1) 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 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.



**Gambar 4.128** Daerah Kritis Geser Ponds Dua Arah

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ punch} &= P_u \text{ kolom} + W_u \text{ poer} - P_u \text{ pile daerah kritis} \\
 &= 591,154 + 1,637 \times 1,637 \times 23,544 \times 1,2 \\
 &\quad - (196,71 + 316,79 + 148,87 + 210,86) \\
 &= -191,182 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Untuk pondasi tapak non-prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{F'_c} b_0 d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{F'_c} b_0 d$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{F'_c} b_0 d$$

Keterangan:

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut

= 30 untuk kolom tepi

= 40 untuk kolom interior

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$= \frac{2,4}{2,4} = 1$$

$b_0$  = Keliling penampang kritis

=  $2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d)$

=  $2 (500 + 1137,5) + 2 (500 + 1137,5)$

$$= 6550 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{F'_c} b_0 d$$

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 6550 \times 1137,5$$

$$V_c = 20.812,4 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{F'_c} b_0 d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 1137,5}{6550} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 6550 \times 1137,5$$

$$V_c = 24.420,92 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{F'_c} b_0 d$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 6550 \times 1137,5$$

$$V_c = 13.589,32 \text{ kN (menentukan)}$$

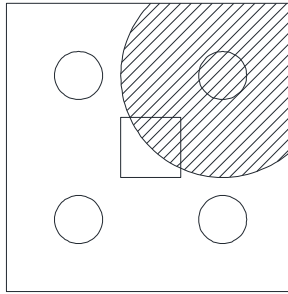
Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang poer dalam memikul gaya geser adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 13.589,32 \text{ kN} \\ &= 10.191,99 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n > P_u \text{ punch} = -191,182 \text{ kN (OK)}$$

Dari kontrol tersebut dapat disimpulkan ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat kolom.

➤ Akibat pancang



**Gambar 4.129** Area Kritis Akibat 1 Tiang Pancang

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$= \frac{2,4}{2,4} = 1$$

$b_o$  = Keliling penampang kritis

$$= (0,25 \times \pi \times (500 + 1137,5))$$

$$= 1286,08 \text{ mm}$$

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

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 1286,08 \times 1137,5$$

$$V_c = 24.038,34 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{F'_c} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 1137,5}{1286,08} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 1286,08 \times 1137,5$$

$$V_c = 24.859,02 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{F'_c} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 1286,08 \times 1137,5$$

$$V_c = 2.668,25 \text{ kN (menentukan)}$$

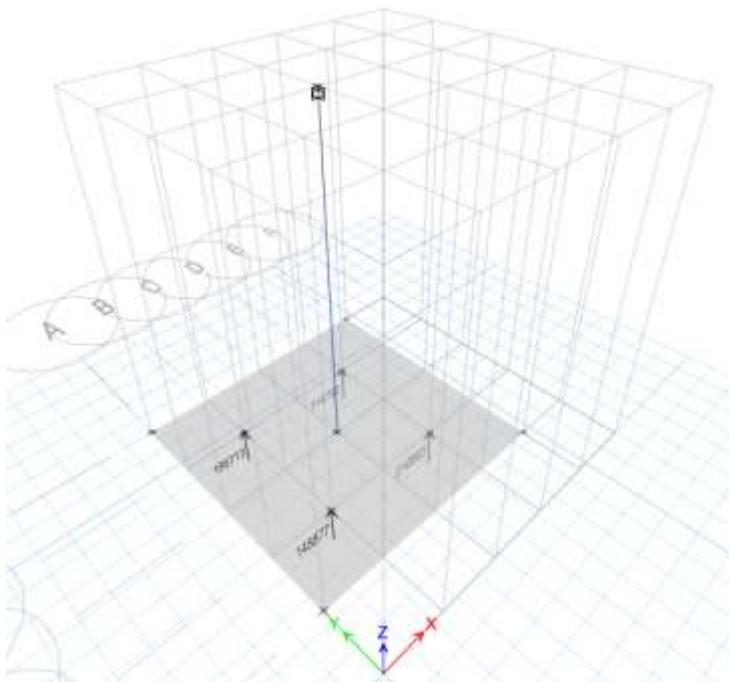
Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang poer dalam memikul gaya geser adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 2.668,25 \text{ kN} \\ &= 2.001,19 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n > P_u \text{ punch} = 316,79 \text{ kN (OK)}$$

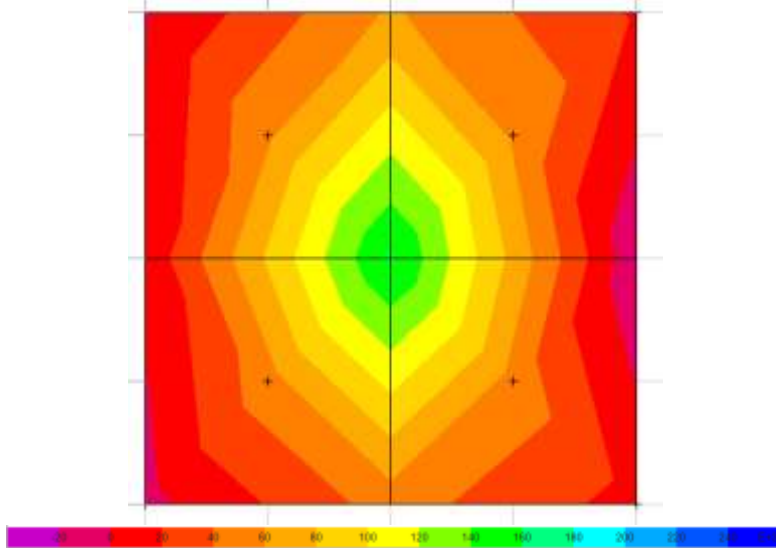
## 2) Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, momen di dapat dari permodelan tiga dimensi pada ETABS dengan menginput P masing-masing tiang pancang.



**Gambar 4.130** Permodelan 3D Pilecap Tipe 1

## a. Penulangan Poer Arah Sumbu X



dalam satuan Nmm

**Gambar 4.131** Momen dari ETABS (M11)

Didapat momen dari ETABS :

$$M_{\max} = 162641,88 \text{ Nmm}$$

$$M_{\min} = 6293,59 \text{ Nmm}$$

➤ Penulangan bawah

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{162642}{0,9 \times 2400 \times 1137,5^2} = 0,000058 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,000058}{420}} \right)$$

$$\rho = 1,38 \times 10^{-7} < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0033$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 1137,5 = 3791,67 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3791,67} = 129,46 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-120 mm

➤ Penulangan atas

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{6294}{0,9 \times 2400 \times 1137,5^2} = 0,0000022 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c'}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,000022}{420}} \right)$$

$$\rho = 5,36 \times 10^{-9} < \rho_{\min}$$

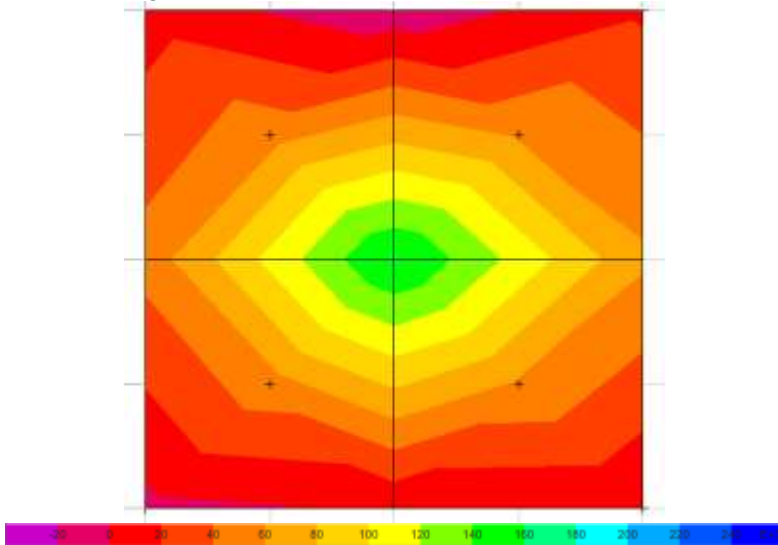
Maka dipakai  $\rho = 0,0033$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 1137,5 = 3791,67 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3791,67} = 129,46 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-120 mm

b. Penulangan Poer Arah Sumbu Y



dalam satuan Nmm

**Gambar 4.132** Momen dari ETABS (M22)

Didapat momen dari ETABS :

$$M_{\max} = 155485,15 \text{ Nmm}$$

$$M_{\min} = 47406,74 \text{ Nmm}$$

➤ Penulangan bawah

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{155485}{0,9 \times 2400 \times 1112,5^2} = 0,000058 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$



$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,000058}{420}} \right)$$

$$\rho = 1,38 \times 10^{-7} < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0033$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 1112,5 = 3708,33 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3708,33} = 132,37 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-120 mm

➤ Penulangan atas

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{47407}{0,9 \times 2400 \times 1112,5^2} = 0,000018 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,000018}{420}} \right)$$

$$\rho = 4,2 \times 10^{-8} < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0033$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 1112,5 = 3708,33 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3708,33} = 132,37 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-120 mm

### Pondasi Tipe 2

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Data-data perencanaan poer adalah sebagai berikut.

$$P_u \text{ kolom} = 12010,96 \text{ kN}$$

$$N = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Dimensi poer} = 6,4 \times 4,8 \times 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Mutu beton (Fc')} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (Fy)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (beton normal)}$$

Tinggi efektif (d)

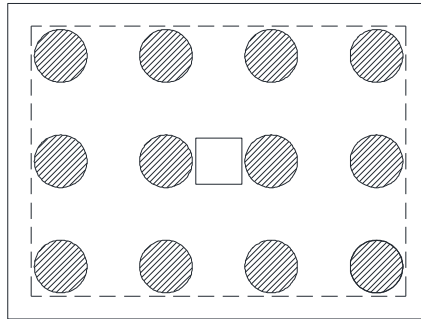
$$d_x = 1200 - 50 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 1112,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 50 - \frac{1}{2} 25 = 1137,5 \text{ mm}$$

#### 1) 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 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.



**Gambar 4.133** Daerah Kritis Geser Ponds Dua Arah

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ punch} &= P_u \text{ kolom} + W_u \text{ poer} - P_u \text{ pile daerah kritis} \\
 &= 12010,96 + 118,667 - 13355,06 \\
 &= -1225,437 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Untuk pondasi tapak non-prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

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

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{F'_c} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{F'_c} b_o d$$

Keterangan:

$\alpha_s$  = 20 untuk kolom sudut

= 30 untuk kolom tepi

= 40 untuk kolom interior

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$= \frac{6,4}{4,8} = 1,333$$

$b_o$  = Keliling penampang kritis

$$= 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d)$$

$$= 2 (1000 + 1137,5) + 2 (1000 + 1137,5)$$

$$= 7550 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{F'_c} b_0 d$$

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{2}{1,333} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 7550 \times 1137,5$$

$$V_c = 19.992 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{F'_c} b_0 d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{40 \times 1137,5}{7550} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 7550 \times 1137,5$$

$$V_c = 31.337 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{F'_c} b_0 d$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 7550 \times 1137,5$$

$$V_c = 15.664 \text{ kN (menentukan)}$$

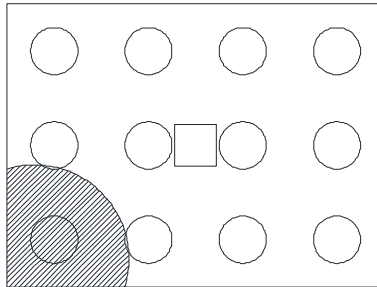
Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang poer dalam memikul gaya geser adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 15.664 \text{ kN} \\ &= 11.748 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n > P_u \text{ punch} = -1.225,437 \text{ kN (OK)}$$

Dari kontrol tersebut dapat disimpulkan ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat kolom.

➤ Akibat pancang



**Gambar 4.134** Area Kritis Akibat 1 Tiang Pancang

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$= \frac{6,4}{4,8} = 1,333$$

$b_o$  = Keliling penampang kritis

$$= (0,25 \times \pi \times (800+1137,5))$$

$$= 1521,7089 \text{ mm}$$

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

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{2}{1,333} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 1521,71 \times 1137,5$$

$$V_c = 23.702 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{F'_c} b_o d$$

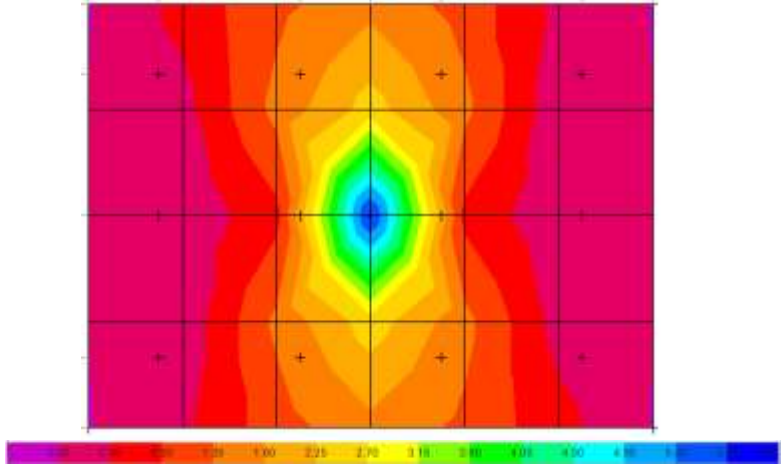
$$V_c = 0,083 \left( \frac{40 \times 1137,5}{1521,71} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 1521,71 \times 1137,5$$

$$V_c = 25.103 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{F'_c} b_o d$$



## a. Penulangan Poer Arah Sumbu X



dalam satuan Nmm

**Gambar 4.136** Momen dari ETABS (M11)

Didapat momen dari ETABS :

$$M_{\max} = 5987486,46 \text{ Nmm}$$

$$M_{\min} = 1650,28 \text{ Nmm}$$

➤ Penulangan bawah

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{5987486}{0,9 \times 4800 \times 1112,5^2} = 0,001 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,001}{420}} \right)$$

$$\rho = 2,67 \times 10^{-6} < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0033$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 1112,5 = 37908,33 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3708,33} = 132,4 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-120 mm

➤ Penulangan atas

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1650,28}{0,9 \times 4800 \times 1112,5^2} = 3,08 \times 10^{-7} \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 3,08 \times 10^{-7}}{420}} \right)$$

$$\rho = 7,34 \times 10^{-9} < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0033$

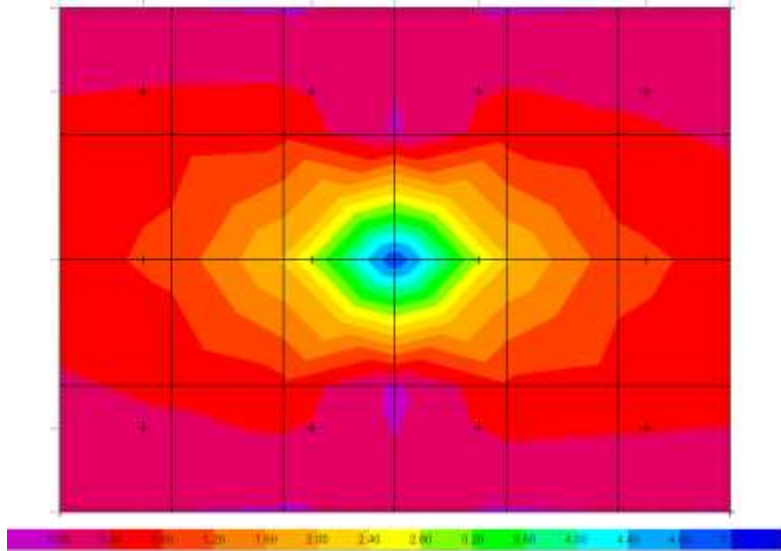
$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 1112,5 = 3708,33 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3708,33} = 132,37 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-120 mm



b. Penulangan Poer Arah Sumbu Y



dalam satuan Nmm

**Gambar 4.137** Momen dari ETABS (M22)

Didapat momen dari ETABS :

$$M_{\max} = 5148972,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{\min} = 78986,78 \text{ Nmm}$$

➤ Penulangan bawah

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{5148972,1}{0,9 \times 6400 \times 1137,5^2} = 0,0007 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,0007}{420}} \right)$$

$$\rho = 1,64 \times 10^{-6} < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0033$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 1137,5 = 3791,67 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3791,67} = 129,46 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-120 mm

➤ Penulangan atas

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{78986,78}{0,9 \times 6400 \times 1137,5^2} = 0,00001 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = 0,0033 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,00001}{420}} \right)$$

$$\rho = 2,5 \times 10^{-8} < \rho_{\min}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0033$

$$\text{Asperlu} = \rho \times b \times d = 0,0033 \times 1000 \times 1137,5 = 3791,67 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times 1000}{\text{As perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{3791,67} = 129,46 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-120 mm

**Tabel 4.46** Rekapitulasi Tulangan pada Poer

Poer Tipe 1		
Dimensi	2,4x2,4x1,2	
Jumlah Tiang Pancang	4	
X	atas	D25-120
	bawah	D25-120
Y	atas	D25-120
	bawah	D25-120
Poer Tipe 2		
Dimensi	6,4x4,8x1,2	
Jumlah Tiang Pancang	12	
X	atas	D25-120
	bawah	D25-120
Y	atas	D25-120
	bawah	D25-120
Poer Tipe 3		
Dimensi	4,8x8x1,2	
Jumlah Tiang Pancang	15	
X	atas	D25-120
	bawah	D25-120
Y	atas	D25-120
	bawah	D25-120

#### 4.6.4 Perencanaan Sloof

##### Sloof Tipe 1

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$A_g = 175000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan:

$F'_c$	= 30 MPa
$F_y$	= 420 MPa
Selimut beton	= 40 mm
Tulangan utama	= D19
Tulangan Senggang	= D10

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{6782}{20} = 339,1 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 350 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof adalah

Berat sendiri sloof

$$q_u = 1,2 \times 0,35 \times 0,5 \times 2400 = 504 \text{ kg/m}$$

$$= 4,944 \text{ kN/m}$$

Panjang sloof = 6,782 m

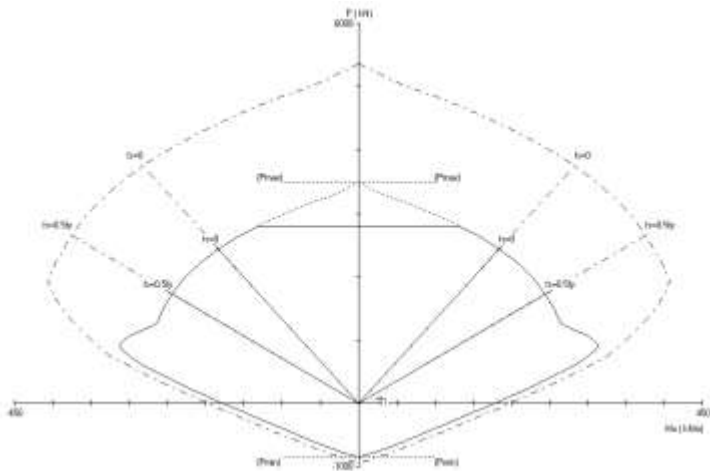
$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 504 \times 6,782^2$$

$$= 2897,718 \text{ kg/m} = 28,42 \text{ kNm}$$

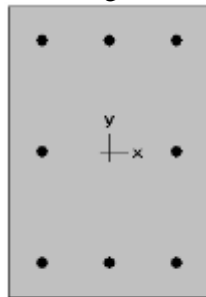
Lalu menggunakan program SPCol dengan memasukkan beban:

$$P = 10\% P_u = 10\% \times 591,15 \text{ kN} = 59,1 \text{ kN}$$

$$M = 28,42 \text{ kNm}$$



**Gambar 4.138** Diagram Interaksi Sloof



350 x 500 mm  
1.30% reinf.

**Gambar 4.139** Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn

Dari analisis spColumn didapat :

$$\rho = 0,013$$

Dipasang tulangan = 8 D19 ( $A_s = 2272 \text{ mm}^2$ )

➤ Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{selimut beton (c = 40 mm)}$$

$$= 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

2 x sengkang (D = 10 mm)	= 2 x 10 = 20 mm
3 x D19	= 3 x 19 = 57 mm
2 kali jarak antara 25 mm	= <u>2 x 25 = 50 mm</u>
Total	= 207 mm

Total lebar < Lebar balok 350 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris

### Sloof Tipe 2

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:

b	= 250 mm
h	= 350 mm
Ag	= 175000 mm <sup>2</sup>

Mutu bahan:

F' <sub>c</sub>	= 30 MPa
F <sub>y</sub>	= 420 MPa
Selimut beton	= 40 mm
Tulangan utama	= D16
Tulangan Sengkang	= D10

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diproposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{4112}{20} = 205,6 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 250 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan diaman beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur

sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof adalah

Berat sendiri sloof

$$q_u = 1,2 \times 0,25 \times 0,35 \times 2400 = 252 \text{ kg/m}$$

$$= 2,47 \text{ kN/m}$$

Panjang sloof = 4,112 m

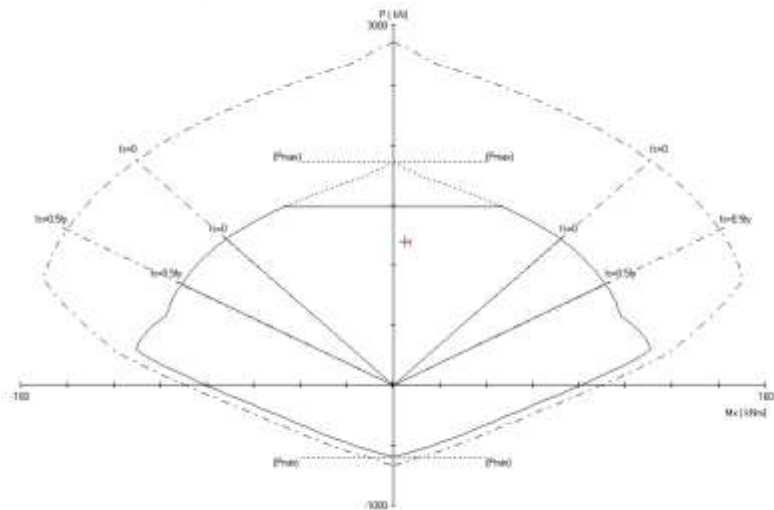
$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 252 \times 4,112^2$$

$$= 532,62 \text{ kg/m} = 5,22 \text{ kNm}$$

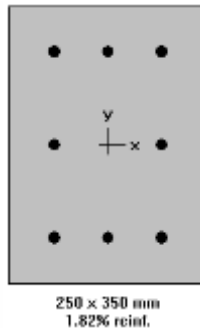
Lalu menggunakan program SPCol dengan memasukkan beban:

$$P = 10\% P_u = 10\% \times 12010,96 \text{ kN} = 1201,096 \text{ kN}$$

$$M = 5,22 \text{ kNm}$$



**Gambar 4. 140** Diagram Interaksi Sloof



**Gambar 4.141** Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn

Dari analisis spColumn didapat :

$$\rho = 0,0182$$

Dipasang tulangan = 8 D16 ( $A_s = 1608,49 \text{ mm}^2$ )

➤ Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

2 x selimut beton ( $c = 40 \text{ mm}$ )	$= 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$
2 x sengkang ( $D = 10 \text{ mm}$ )	$= 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$
3 x D16	$= 3 \times 16 = 48 \text{ mm}$
2 kali jarak antara 25 mm	$= 2 \times 25 = \underline{50 \text{ mm}}$
Total	$= 198 \text{ mm}$

Total lebar < Lebar balok 250 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris

#### 4.6.4.1 Penulangan Geser Sloof

##### Sloof Tipe 1

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$A_g = 350 \times 500 = 175000 \text{ mm}^2$$

$$d = 500 - 40 - 9,5 - 10 = 440,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{F'_c} \times b_w \times d$$



$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{59115,42}{14 \times 175000} \right) 1\sqrt{30} \times 350 \times 440,5$$

$$V_c = 147020,6 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 147020,6 = 110265,4 \text{ N} = 11243,94 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times qu \times l = \frac{1}{2} \times 504 \times 6,782 = 1709,064 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u$$

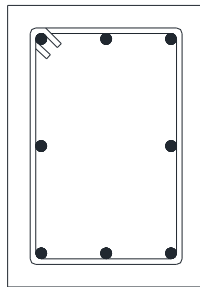
11243,94 > 1709,064 (tidak perlu tulangan geser)

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof maksimal dari nilai terkecil berikut ini:

$$\triangleright \frac{d}{2} = \frac{440,5}{2} = 220,25 \text{ mm}$$

$$\triangleright s = 300 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang 2D10 – 140 mm.



**Gambar 4.142** Penulangan Sloof

### Sloof Tipe 2

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$A_g = 250 \times 350 = 87500 \text{ mm}^2$$

$$d = 350 - 40 - 9,5 - 10 = 290,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{F'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{1201095,65}{14 \times 87500} \right) 1 \sqrt{30} \times 250 \times 290,5$$

$$V_c = 133926,8 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 133926,8 = 100445,1 \text{ N} = 10242,55 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 252 \times 4,112 = 518,112 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u$$

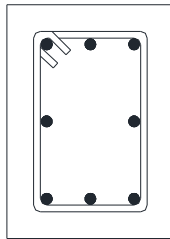
10242,55 > 518,112 (tidak perlu tulangan geser)

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof maksimal dari nilai terkecil berikut ini:

$$\text{➤ } \frac{d}{2} = \frac{290,5}{2} = 145,25 \text{ mm}$$

$$\text{➤ } s = 300 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang 2D10 – 140 mm



**Gambar 4.143** Penulangan Sloof

#### 4.6.5 Perencanaan Tulangan Tusuk Konde pada Tiang Pancang

Dalam perencanaan tulangan tusuk konde, tiang pancang diasumsikan sebagai kolom. Sehingga perhitungan terkait kebutuhan tulangan longitudinal, tulangan transversal, dan

panjang penyaluran disesuaikan dengan perhitungan pada perencanaan struktur kolom. Berikut merupakan spesifikasi dan pembebanan pada tiang pancang :

Diameter Tusuk Konde	= 800
Tebal decking (d')	= 120 mm
Mutu tulangan ( $F_y$ )	= 420 Mpa
Mutu beton ( $F'_c$ )	= 30 Mpa

#### 4.6.5.1 Kontrol Dimensi Kolom

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diperoleh beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom dan diterima pada tiap-tiap tiang pancang :

$P_u$	= 1152,05 kN
$V_u$	= 22,36 kN
$M_u$	= 27,07 kNm

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar  $\geq A_g \times \frac{F'_c}{10}$ , maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.  
800 mm > 300 mm
- Rasio dimensi lebih besar dari 0,4  
Rasio b/h = 1 > 0,4

Dari hasil program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah

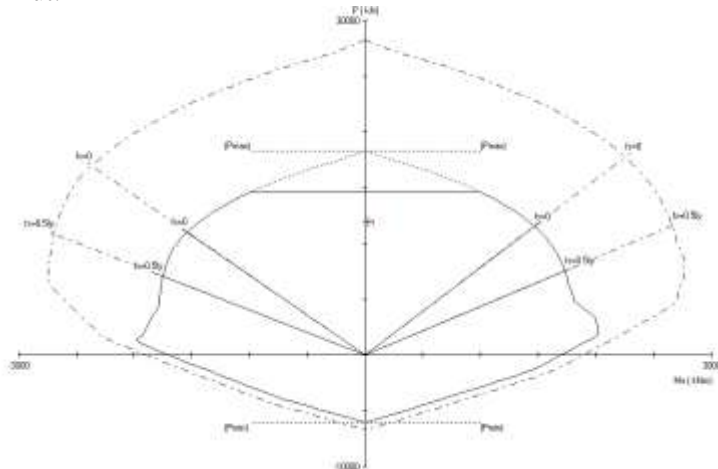
$$1152,05 \text{ kN} > 4150 \text{ kN}$$

$$1152,05 \text{ kN} > 4150 \text{ kN (kapasitas spun piles) (OK)}$$

#### 4.6.5.2 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu spColumn, didapatkan diagram

interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut:



**Gambar 4.144** Diagram Interaksi Kolom Diameter 800 mm

Dari hasil spColumn Design diatas, didapatkan tulangan longitudinal yang dapat dipakai adalah **7D22**.

$\phi M_n = 400 \text{ kNm}$  (kapasitas spun piles)  $> M_u = 27,07 \text{ kNm}$  (**OK**)

#### 4.6.5.3 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Pada Kolom

Tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0.01 A_g$  atau lebih dari  $0.06 A_g$ .

$$A_{st} = 2660,93 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 256354 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program spColumn diperoleh Tulangan longitudinal: 7D22, dengan rasio tulangan = 3,18 %.

$$0,01A_g < A_s < 0,06 A_g$$

$$2563,54 \text{ mm}^2 < 2660,93 \text{ mm}^2 < 15381,24 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 4.6.5.4 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Pada Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.1: kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur.

$$\phi P_n(\max) = 0,8 \times \phi \times \left[ 0,85 \times F'_c \times (A_g - A_{st}) + F_y \times A_{st} \right]$$

$$\phi P_n(\max) = 0,8 \times 0,65 \times (0,85 \times 30 \times (256354 - 2660,93) + 420 \times 2660,93)$$

$$\phi P_n(\max) = 4191,7 \text{ kN} > P_u = 1152,05 \text{ kN}$$

#### 4.6.6 Data Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser yang akan direncanakan memiliki data sebagai berikut:

Tebal dinding	= 30 cm
Tebal decking	= 40 mm
Tulangan	= D22 mm
Mutu tulangan (F <sub>y</sub> )	= 420 MPa
Mutu beton (F' <sub>c</sub> )	= 40 MPa
Tinggi lantai	= 320 cm
Lebar dinding	= 630 cm (x) dan 840 cm (y)

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada kolom, yaitu :

Gaya aksial : 20473 kN (x) ; 20473 kN (y)

Momen : 132072,7 kNm (x) ; 77802,4 kNm (y)

Gaya geser : 8159,6 kN (x) ; 5307,4 kN (y)

##### 4.6.6.1 Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser

Kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser tidak boleh diambil melebihi  $0,83A_{cv}\sqrt{F'_c}$

$$V_u < 0,83A_{cv}\sqrt{F'_c}$$

$$8159,6kN < 0,83(6300 \times 300)\sqrt{40}$$

$$8159,6kN < 9921,33kN \text{ (OK)}$$

##### 4.6.6.2 Perhitungan Kebutuhan Lapisan Tulangan

Terdapat dua kondisi untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu:

- Bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi

$$V_u < 0,17 A_{cv} \sqrt{F'_c}$$

$$8159,6 \text{ kN} < 0,17 (6300 \times 300) \sqrt{40}$$

$$8159,6 \text{ kN} < 2032,08 \text{ kN} \text{ (1 lapis tulangan)}$$

- b. Bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$$300 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

Penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

#### 4.6.6.3 Penulangan Geser Vertikal dan Horizontal

Kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut:

$$V_u < \phi V_n$$

$$V_n = A_{cv} \left[ \alpha_c \sqrt{F'_c} + \rho_n F_y \right]$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{320}{630} = 0,5 < 2 \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0,17$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2D22 dengan  $s = 250 \text{ mm}$  pada arah vertikal dan horizontal

$$\rho_n = \frac{A_s}{d \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22}{300 \times 250} = 0,010$$

$$V_n = 300 \times 3400 \left( 0,17 \times \sqrt{40} + 0,010 \times 420 \right)$$

$$V_n = 7244431 \text{ kN} > V_u = 8159,6 \text{ kN}$$

#### 4.6.6.4 Kontrol Rasio Tulangan Vertikal dan Horizontal

- Rasio tulangan Vertikal ( $\rho_l$ ) tidak boleh kurang dari 0,0015
- Rasio tulangan horizontal ( $\rho_t$ ) tidak boleh kurang dari 0,0025

Dipakai tulangan vertikal dan horizontal 2D22 dengan rasio tulangan :

$$\rho_n = \frac{A_s}{d \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22}{300 \times 250} = 0,0101 > 0,0025$$

#### 4.6.6.5 Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal

➤ Spasi tulangan Horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{Lw}{5} = 630 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 3h = 900 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

$$s \text{ pakai} = 250 \text{ mm (OK)}$$

➤ Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{Lw}{3} = 1067 \text{ mm (OK)}$$

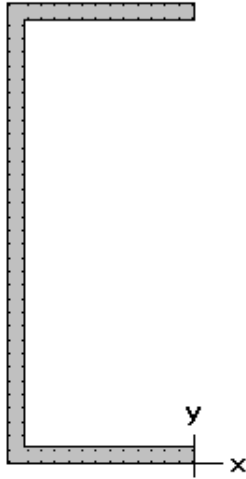
$$s \leq 3h = 900 \text{ mm (OK)}$$

$$s \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

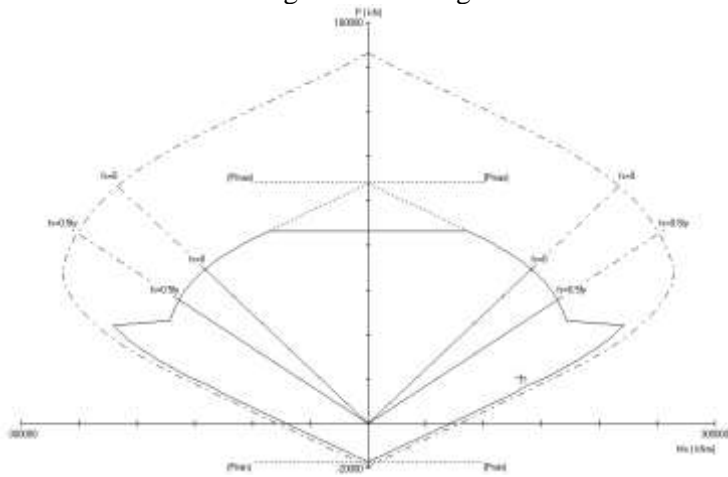
$$s \text{ pakai} = 250 \text{ mm (OK)}$$

#### 4.6.6.6 Perencanaan Dinding Terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Pada gambar dibawah ini dapat disimpulkan bahwa dinding geser (dengan konfigurasi penulangan yang telah direncanakan 2D22-250 mm memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan kombinasi gaya aksial dan lentur terfaktor yang bekerja



**Gambar 4.145** Konfigurasi Penulangan *Shearwall* Pier 1



**Gambar 4.146** Diagram Interaksi P-M *Shearwall* Pier 1 Arah X



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis perhitungan perencanaan struktur gedung Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya yang direncanakan menggunakan sistem *steel plate shear wall* (SPSW). Maka dalam Tugas Akhir ini dapat dibuat ringkasan, diantaranya sebagai berikut :

1. *Preliminary design* menggunakan beberapa peraturan diantaranya SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
2. Perhitungan pembebanan pada struktur gedung ini menggunakan beberapa peraturan diantaranya SNI 1726:2019, PPIUG 1983, dan SNI 1727:2013. Beban yang dimasukkan ke dalam permodelan struktur merupakan beban mati tambahan, hidup, dan beban gempa.
3. Hasil perencanaan struktur sekunder atau primer sebagai berikut :
  - A. Perhitungan Struktur Sekunder
    - Pelat lantai atap menggunakan bondex dari Super Floor Deck dengan tebal 0,75 mm dan pelat beton setebal 90 mm serta digunakan tulangan wiremesh M6-100.
    - Pelat lantai menggunakan bondek dari Super Floor Deck dengan tebal 0,75 mm dengan tebal 90 mm menggunakan tulangan wiremesh M6-75.
    - Pelat lantai dasar menggunakan pelat beton dua arah dengan tulangan Ø10-200 dan Ø10-300
    - Dimensi balok anak lantai 11-atap menggunakan profil WF 450x200x9x14 dan WF 400x200x8x13
    - Dimensi balok anak lantai 2-10 menggunakan profil WF 500x200x11x19 dan WF WF 450x200x9x14
    - Dimensi balok anak lantai 1 menggunakan beton dengan dimensi 30/40 dan 30/45 cm

- Balok penggantung *lift* menggunakan profil WF 400x200x8x13 dan dimensi balok penumpu *lift* menggunakan profil WF 450x200x8x12
- Tebal pelat anak tangga sebesar 4 mm dan pengaku pelat anak tangga menggunakan profil siku 50x50x7
- Tebal balok bordes sebesar 6 mm dan dimensi balok bordes menggunakan profil WF 100x50x5x7
- Balok utama tangga menggunakan profil WF 300x150x 6,5x9 dan balok penumpu tangga menggunakan profil WF 300x150x 6,5x9

#### B. Perhitungan Struktur Primer

- Dinding Geser Pelat Baja (SPSW) menggunakan tebal 4 mm dengan mutu BJ 37
- Dimensi balok induk lantai 2-10 menggunakan profil WF 800x300x14x22 dan WF 700x300x13x20
- Dimensi balok induk lantai 11-20 menggunakan profil WF 700x300x13x20 dan WF 600x300x12x17
- Dimensi balok HBE menggunakan profil WF 800x300x14x2
- Dimensi kolom VBE menggunakan koom CFT profil HSS 800x800x32x64
- Dimensi kolom beton pada basement menggunakan ukuran 1100x1100 mm dan 500x500 mm
- Dimensi kolom lantai 2-10 menggunakan CFT profil HSS 700x700x40x80
- Dimensi kolom lantai 11-atap menggunakan CFT profil HSS 600x600x25x50

#### C. Hasil Perhitungan Struktur Bawah

- Pondasi menggunakan tiang pancang beton (*Spun pile*) produk dari PT. Waskita Beton Precast dengan diameter 500 mm mencapai kedalaman 18 meter dan 800 mm mencapai kedalaman 34 meter.
- Tipe pilecap menggunakan tulangan D25-120 mm arah X dan D25-120 mm arah Y

- Dinding penahan tahan menggunakan tulangan longitudinal dan vertikal sebesar D22-250 mm
  - Sloof memiliki dimensi 35/50 cm menggunakan tulangan utama 8D19 dan tulangan sengkang 2D10-140 mm dan 35/50 cm menggunakan tulangan utama 8D16 dan tulangan sengkang 2D10-140 mm
4. Analisis struktur pada tugas akhir ini menggunakan program bantu yaitu ETABS, SPColumn, dan XTRACT. Hasil analisis menggunakan program bantu ETABS yang telah memenuhi kontrol persyaratan struktur berdasarkan peraturan SNI 1726 : 2019 sebagai berikut:
- a. Kontrol beban gravitasi : selisih antara perhitungan manual dan ETABS sebesar 0,54 %. Karena kurang dari 5% maka dianggap permodelan struktur sudah sesuai.
  - b. Kontrol partisipasi massa : sudah memenuhi persyaratan perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang-kurangnya adalah 90%.
  - c. Kontrol periode waktu getar alami fundamental : dari program bantu ETABS didapatkan T struktur sebesar 2,475 s dan 2 s lebih besar dari  $C_u T_a$
  - d. Kontrol gaya geser dasar : sudah memenuhi persyaratan nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 100% nilai respon statik.
  - e. Kontrol batas simpangan (drift) : sudah memenuhi persyaratan drift ijin sebesar 0,02 tinggi lantai.
  - f. Kontrol sistem ganda : sudah memenuhi persyaratan SRPMK harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut.
5. Hasil perencanaan *steel plate shear wall* didapatkan tebal 0,4 cm
6. Hasil perhitungan sambungan sebagai berikut :
- Sambungan balok anak dan balok induk atap

- menggunakan 3 baut diameter 12 mm dan pelat siku 60x60x6.
- Sambungan balok utama tangga dan balok tumpu tangga menggunakan 3 baut diameter 12 mm dan pelat siku 60x60x6.
  - Sambungan balok penumpu tangga dan kolom menggunakan 3 baut diameter 12 mm dan pelat las sudut ketebalan 3 mm.
  - Sambungan *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) menggunakan las sudut dengan tebal 4 mm.
  - Sambungan balok induk dengan kolom menggunakan 6 baut Ø24 dan 16 baut Ø27 pada diaphragm plate setebal 20 mm.
  - Sambungan HBE dan VBE menggunakan 6 baut Ø35 dan las tumpul pada VBE.
  - Sambungan antar kolom menggunakan las sudut 25 mm dan pelat dengan tebal 50 mm.
  - Sambungan base plate menggunakan pelat dengan ukuran 110x110 cm tebal 65 mm dan menggunakan baut angkur F1554 Ø30 8 buah.
  - Sambungan antar kolom beda dimensi menggunakan las sudut 10 mm dan pelat dengan tebal 45 mm
7. Hasil analisis struktur yang telah dilakukan pada perencanaan Gedung Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon dituangkan pada gambar teknik pada lampiran.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisis dalam Tugas Akhir ini diantaranya:

- A. Pada perencanaan bangunan harus dipikirkan kemudahan dalam aplikasi di lapangan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar dan sesuai dengan perencanaan
- B. Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) lebih dalam agar perencanaan lebih bisa efisien.

- C. Diharapkan kedepannya system SPSW ini banyak digunakan sebagai pilihan system struktur penahan gempa di Indonesia.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, Inc. (2010). **Specification for Structural Steel Buildings (AISC 360-10)**. Chicago
- Arnold, E.P. (1986). **Southeast Asia Association on Seismology and Earthquake Engineering**. Indonesia: Series on Seismology Volume V
- Arum, S. (2015). **Kinerja Struktur Gedung Tinggi Dengan Pemodelan Dinding Geser Sebagai Core Wall ( Studi Kasus: Gedung Mataram City )**. Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, 377–385.
- Ashish, U., & Harshalata, R. (2014). Effect of Steel Plate Shear Wall on Behavior of Structure. **International Journal of Civil Engineering Research**, 5(3), 2278–3652. Retrieved from <http://www.ripublication.com/ijcer.htm>
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). **SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). **SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain**. Bandung: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). **SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). **SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional

- Bruneau, Michel dkk. (2005). A Review of Steel Plate Shear Wall Design Requirements and Research”, **Engineering Journal of the American Institute of Steel Construction**, 44, 27–34.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung**. Bandung:Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Deylami, A. dan Rowghani-Kashani. (2011). Analysis and design of steel plate shear walls using orthotropic membrane model. **Procedia Engineering**, 14, 3338–3345. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.422>
- Godavarthi, V. R., dkk. (2011). Contiguous pile wall as a deep excavation supporting system. **Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies**, 10(19), 144–160
- Hardiyatmo, H.C. (2006). **Teknik Pondasi I. Edisi Ketiga**. Yogyakarta:Beta Offset.
- Isdarmanu, Marwan. (2006). **Buku Ajar Struktur Baja I**. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Surabaya:Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Morino, Shosuke dan Keigo Tsuda. (2003). Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan. **Earthquake Engineering and Engineering Seismology**, 4(1), 51–73.
- Mulyono, T. (2004). **Teknologi Beton**. Yogyakarta:Andi
- Niroumand, H., dkk. (2012). Slope Stability of the Design Concept of the Sheet Pile and Contiguous Bored Pile Walls. **Archives Des Sciences**, 65(4), 2–17.
- Nurcahyo, Heru, Reni S., dan Alex K. (2016). Kajian Posisi Shear Wall Pada Gedung Tidak Beraturan Dengan Analisis Riwayat Waktu Beban Gempa. **Jom**



- FTEKNIK Volume 3 No . 1 Januari 2016 Jom FTEKN. 3(1), 1–13.**
- Permanasari, Anindya. (2018). **Modifikasi Perencanaan Apartemen El Centro Bogor Menggunakan Struktur Baja Komposit Dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentrik.** Surabaya:Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sabelli, Rafael dan Michel Bruneau. (2007). **American Institute of Steel Construction Steel Design Guide 20 Steel Plate Shear Walls.** United States of America: American Institute of Steel Construction
- Salmon, Charles G. dan Johnson, John E. (1996). **Steel Structures Design and Behavior. Emphasizing Load and Resistance Factor Design. Fourth Edition.** United States of America:HarperCollins College.
- Seilie, Ignasius F. dan John D. Hooper. (2005). **Steel Plate Shear Walls: Practical Design and Construction.** The Steel Conference, (April).
- Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. (1994). **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi.** Jakarta:PT Pradnya Paramita.
- Sumarsono, Paul. (2010). **Analisis Balok Struktur Portal Baja Menggunakan Balok Komposit.** Surakarta:Universitas Sebelas Maret.
- Spiegel, L. dan George F. Limbrunner. (1998). **Desain Baja Struktural Terapan.** Bandung:PT. Eresco.
- Tofik, Ryan. (2017). **Modifikasi Perencanaan Apartemen Bale Hinggil Surabaya Dengan Menggunakan Concrete Filled Tube dan Eccentrically Braced Frames.** Surabaya:Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Windah, R. S. (2011). Penggunaan Dinding Geser Sebagai Elemen Penahan Gempa Pada Bangunan Bertingkat 10 Lantai. **Jurnal Ilmiah Media Engineering**, 1(2), 151–155

## **LAMPIRAN**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



TESTANA ENGINEERING, Inc.

## BORING LOG (1)

BOREHOLE # : DB-9

PROJECT : Grand Dhammhusade Lagoon.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 0.50 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 40.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	G <sub>s</sub>	e <sub>o</sub>	Sr		
		0	10	20	30	48	TYPE	C / (kN/m <sup>2</sup> )	φ / (°)	1	28					41	60
0	Fill material consists of sand and gravel, brown																
1	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very soft consistency																
2	Clay and fine sand, grey, little of silt, very soft consistency						Vane	0.10	-	18	29	77	1.52	2.58	1.97	100	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9	Clay and silt, grey, inorganic, trace to little of fine sand, very soft consistency																
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16	Silt and sand, brown, little of clay, trace of gravel, medium dense																
17																	
18																	
19	Clay and silt, grey mottled with brown, inorganic, trace of sand, stiff consistency																
20																	
21																	
22	Silt and sand, brown																
23																	
24																	
25																	
26	Sand, grey, some of silt, trace of gravel, medium dense						QT	0.10	35				1.85	2.50	0.68	100	
27																	
28																	
29	Silt and sand, greyish brown, trace of gravel, dense																
30																	
31																	
32																	
33																	
34	Silt, light brownish grey to light grey, little of sand, medium dense																
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	

NOTE:

0 to 10 % = Trace  
10 to 20 % = Little  
20 to 35 % = Some  
35 to 50 % = Amd

□ = Fairly Undisturbed Sample  
▣ = Undisturbed Sample  
⊠ = SPT  
C = Cohesion intercept, kg/cm<sup>2</sup>  
φ = Internal friction angle, deg

UU = Unconsolidated Undrained  
CU = Consolidated Undrained  
CD = Consolidated Drained  
SPT = Standard Penetration Test (Blows / ft)  
qu = Unconfined Compression Strength, kg/cm<sup>2</sup>

W = W<sub>h</sub> = Moisture content, %  
P = W<sub>p</sub> = Plastic limit, %  
L = W<sub>L</sub> = Liquid limit, %  
γ = Bulk density, t/m<sup>3</sup>  
G<sub>s</sub> = Specific gravity  
e<sub>o</sub> = Void ratio



PROJECT : Grand Dharmahusada Lagoos.

DATE OF TEST : August 2015

GROUND WATER LEVEL : - 0.80 m

LOCATION : Jl. Mulyosari - Surabaya.

DEPTH : 60.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	e <sub>s</sub>	Sr	
		5	10	20	30	40	TYPE	C/D	q / f	0	20	40					60
40																	
41	☑ Silt, light brownish grey to light grey, little of sand, medium dense																
42																	
43	☑ Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, very stiff consistency						UU	2.00	10		●	△					
44																	
45	☑ Sand and silt, grey, weakly cemented at some depths, trace of gravel, dense																
46																	
47	☑ Clay and silt, grey mottled with brown at some depths, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																
48																	
49	☑ Sand and silt, grey, trace of clay, very dense						UU	1.50	10'		●	△					
50																	
51	☑ Clay and silt, grey mottled with brown at some depths, inorganic, trace of sand, very stiff consistency																
52																	
53	☑ Silt, brown, some of sand, medium dense																
54																	
55	☑ End of Boring																
56																	
57																	
58																	
59																	
60																	

NOTE

0 to 10 % = Trace  
 10 to 20 % = Little  
 20 to 35 % = Some  
 35 to 50 % = And

☐ = Fully Undisturbed Samples  
 ☑ = Undisturbed Sample  
 ☒ = SPT  
 C = Cohesion intercept, kg/cm<sup>2</sup>  
 α = Internal friction angle, deg

UU = Unconsolidated Undrained  
 CU = Consolidated Undrained  
 CD = Consolidated Drained  
 SPT = Standard Penetration Test (blows / ft)  
 q<sub>u</sub> = Unconfined Compression Strength, kg/cm<sup>2</sup>

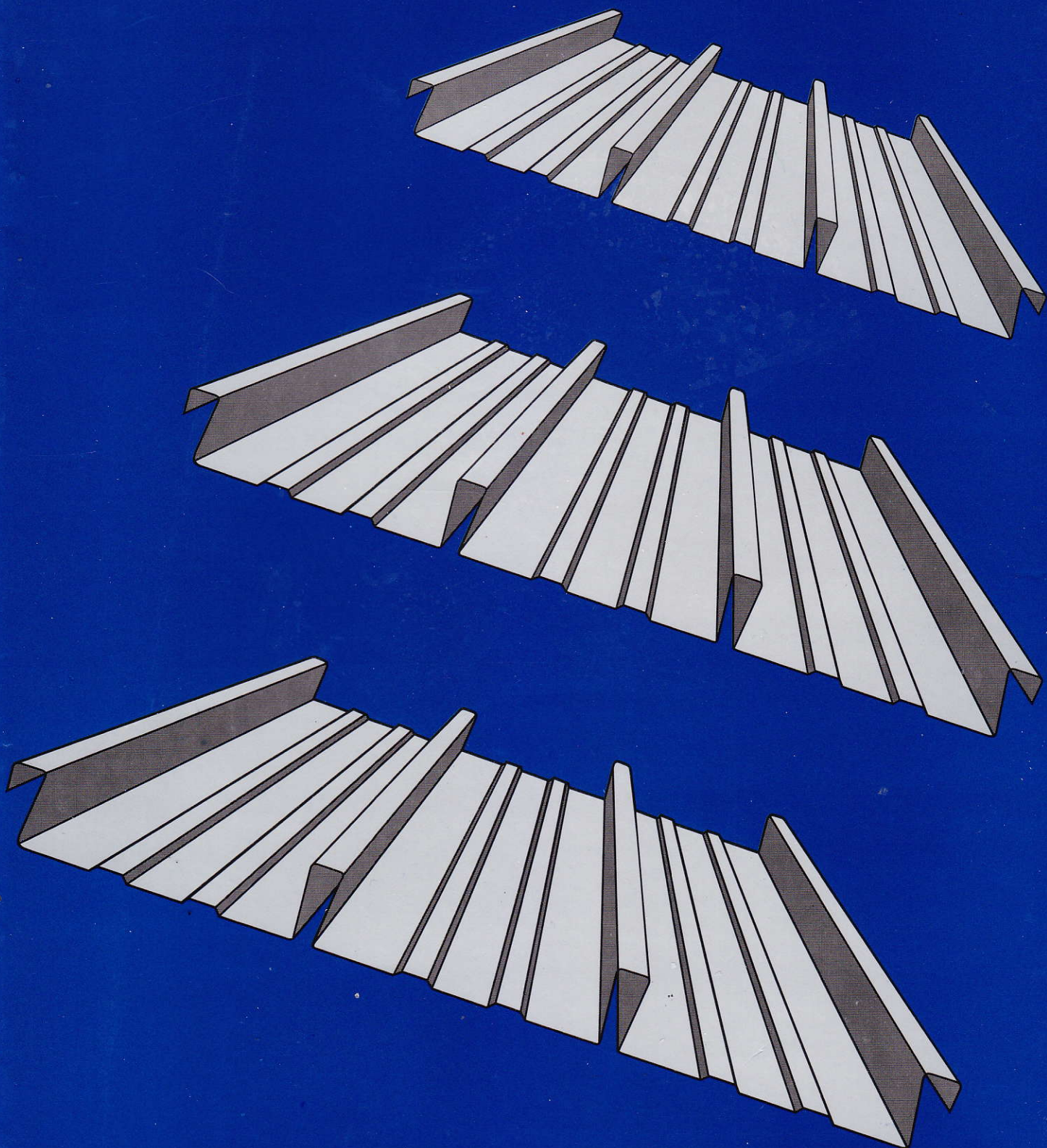
○ = W<sub>p</sub> = Moisture content, %  
 ● = W<sub>p</sub> = Plastic limit, %  
 △ = W<sub>L</sub> = Liquid limit, %  
 T = Bulk density, t/m<sup>3</sup>  
 G<sub>s</sub> = Specific gravity  
 e<sub>s</sub> = Void ratio

Titik	Batas Pendugaan Tebal Lapisan (m)	Nilai Tahanan Jenis ( $\Omega$ m)	Prediksi Jenis Batuan
GL - 3	0.00 – 1.80	90.00	Breksi
	1.80 – 4.50	9.00	Lempung kepasiran
	4.50 – 11.80	2.25	Lempung
	11.80 – 13.20	1.17	Lempung
	13.20 – 27.50	2.24	Batu Lempung
GL - 4	0.00 – 1.45	105	Breksi
	1.45 – 3.80	10.50	Lempung kepasiran
	3.80 – 6.60	3.90	Lempung
	6.60 – 9.50	1.40	Lempung
	9.50 – 27.00	21.60	Batu lempung

Jenis Pengujian	Satuan	Titik Bor				
		B - 33				
Parameter	Satuan	0-2,0 m	2,0-4,0 m	4,0-6,0 m	6,0-7,5 m	7,5-20 m
<b>Indeks Properti</b>						
- Kadar Air (w)	%	37.57	36.07	34.37	49.04	34.50
- G <sub>s</sub>		2.606	2.687	2.640	2.603	2.625
- Berat vol. basah ( $\gamma_{wet}$ )	KN/m <sup>3</sup>	16.260	17.170	18.180	16.360	16.420
- Berat vol. kering ( $\gamma_d$ )	KN/m <sup>3</sup>	12.044	12.625	13.567	10.980	12.210
<b>Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)</b>						
- Kohesi (c)	KN/m <sup>2</sup>	20	16	21	19	18.2
- Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )	...°	19	19	16	21	30
<b>Grain Size</b>						
- Lolos ayakan no. 200	%	89.74	90.42	91.35	100	-
- Butiran < 0.002 mm	%	28.47	28.47	28.56	28.79	-
<b>Atterberg Limit</b>						
- Batas Cair (LL)	%	62.00	60.02	61.80	60.90	-
- Batas Plastis (PL)	%	30.00	28.10	28.60	30.55	-
- Indeks Plastisitas (PI)	%	32.00	32.10	33.20	30.35	-
- Indeks Kekentalan (Ic)		0.763	0.746	0.826	0.391	
- Activity (Ac)		1.014	1.050	1.200	1.168	
<b>Uji Permeabilitas</b>						
- Permeabilitas (k)	m/hr	2.52 E-4	2.52 E-4	2.52 E-4	4.72 E-6	3.6 E-5
<b>Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test)</b>						
- Kuat Tekan (qu)	KN/m <sup>2</sup>	762.13	428.71	745.66	287.72	471.68
- Modulus Young (E)	KN/m <sup>2</sup>	6486.4	9155.7	7942.7	4856.5	22140.0
- Poisson Ratio (v)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.105

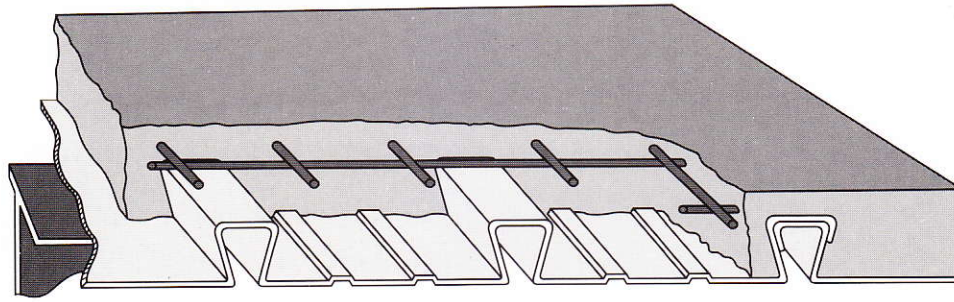


# ***Super Floor Deck***®

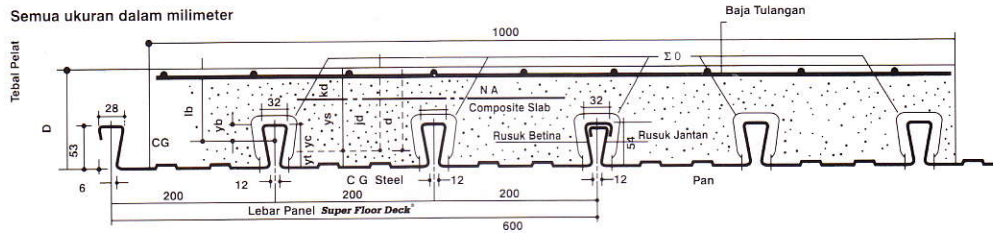




# Super Floor Deck®



## PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit



### Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

**TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG Super Floor Deck® PERLEBAR 1000 MM**

Tebal Pelat mm	Berat per setuan luas kg / m <sup>2</sup>	Luas penampang mm <sup>2</sup>	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie 10 <sup>8</sup> x mm <sup>4</sup>	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc mm	Yt mm	I <sub>p</sub> 10 <sup>4</sup> x mm <sup>4</sup>	Z <sub>pc</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	Z <sub>pt</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	I <sub>n</sub> 10 <sup>4</sup> x mm <sup>4</sup>	Z <sub>nc</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	Z <sub>nt</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>		10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	max KN	10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	Max KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : I<sub>p</sub> = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Z<sub>nc</sub> = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

Notes

I<sub>n</sub> = idem untuk daerah momen negatif

Z<sub>pc</sub> = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

I<sub>p</sub> = I<sub>p</sub> (1.26 - 0.26 I<sub>p</sub>/l)

Z<sub>nt</sub> = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Z<sub>pt</sub> = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

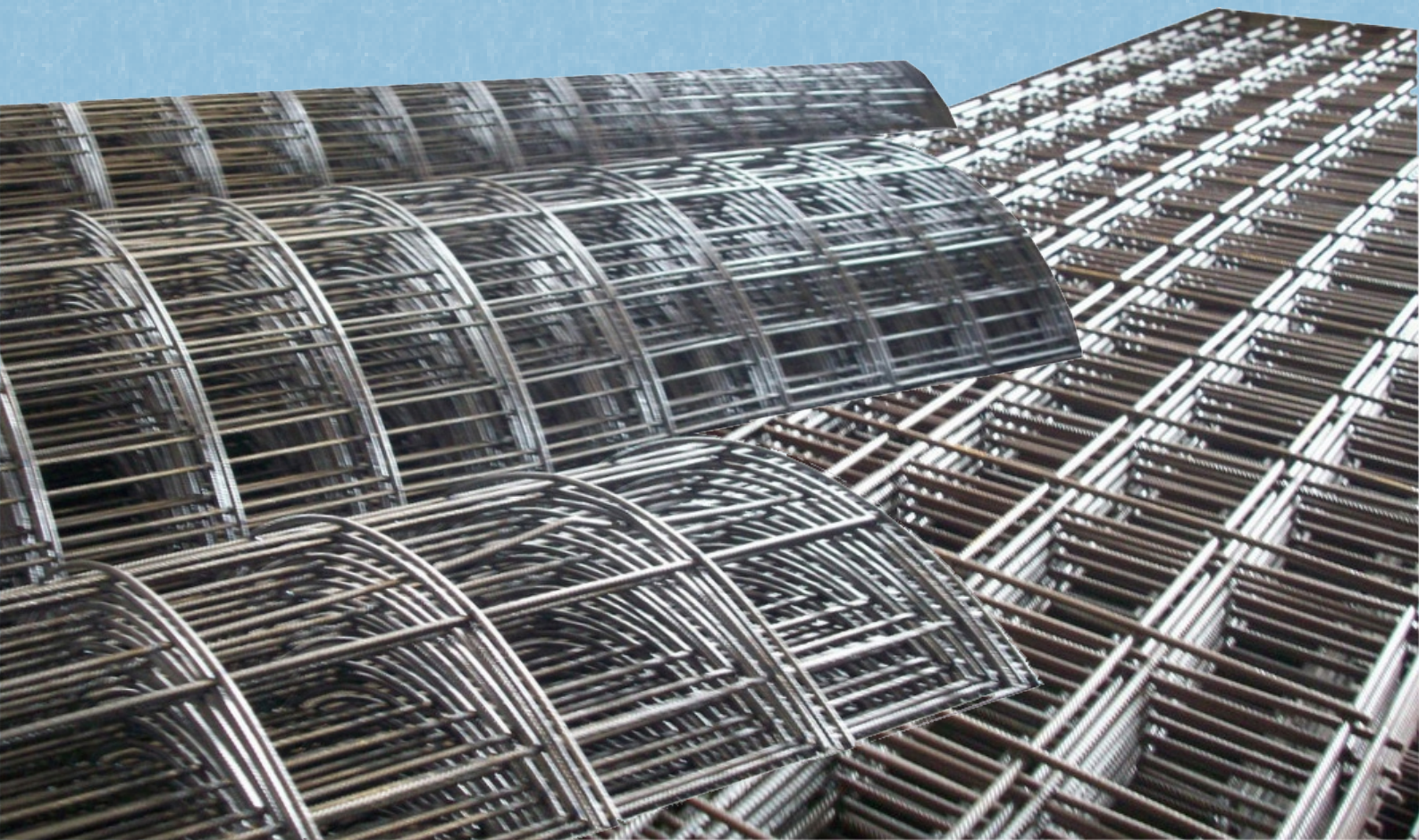
**TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS**

Super Floor Deck® 0.75 MM	BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT																						
	BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M <sup>2</sup>	200	300	400	500	600	700	1000	200	300	400	500	600	700	1000	200	300	400	500	600	700	1000															
TIANG PENYANGGA NO. PROPS	TALAN SPAN M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM														
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65		
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00	
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65	
	2.25	9	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
	2.50	9	9	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33	
	3.00	10	10	10	11	12	13		9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75			
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12			
	3.50	12	12	12	12	13	15		11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71			11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51			
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3.75	13	13	13	13	14			11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09					11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81					
	4.00	14	14	14	14	15			12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55					12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17					
	4.50								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53							13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95							
5.00								15	6.20	15	7.27	15	8.90									15	4.90	15	5.73	15	6.58										

- Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGGAN  
 - BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA  
 - MUTU BAJA TULANGAN U - 48



# UNION WIRE MESH<sup>®</sup>



1972

## PT. UNION METAL

A UNION SAMPOERNA CO.

## Penggunaan

1. Lantai beton : pabrik, gudang, gedung bertingkat, parkir, dll
2. Dinding beton : gedung bertingkat, perumahan, penyekat ruangan, dll
3. Jalan beton, konstruksi cakar ayam, landasan pesawat terbang
4. Saluran irigasi, saluran drainase, bronjong
5. Kerangka kolom dan balok praktis untuk perumahan
6. Dinding penahan, dinding pemikul beban di dalam gedung
7. Pagar, teralis, kandang hewan

## Applications

1. Concrete floor : factory, warehouse, high rise building, car park, etc
2. Concrete wall : high rise building, houses, room divider, etc
3. Rigid pavement, strip footing construction, landing strip
4. Irrigation and drainage open channels, gabion basket
5. Non structural column and beam reinforcement for houses
6. Retaining wall, structural wall inside the building
7. Fence, railings, cages

## PERENCANAAN & DESAIN

### PLANNING & DESIGN

### Perhitungan Konversi

Mengganti tulangan biasa (U-24)  
dengan JKBL Union (U-50)

Rumus :

$$\text{Luas JKBL union (U-50)} = \text{Luas tulangan biasa (U-24)} \times \frac{\text{Tegangan leleh U-24}}{\text{Tegangan leleh U-50}}$$

Contoh :

Diketahui : Tulangan U-24  
Diameter = 10 mm  
Jarak spasi = 150 mm  
Luas tulangan = 5,24 cm<sup>2</sup>/m'

$$\begin{aligned} \text{Luas JKBL union} &= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2,515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

Dari Tabel diperoleh : JKBL Union  
Diameter 7 mm dengan spasi 150 mm  
Luas 2,57 cm<sup>2</sup>/m'

### Conversion Calculation

Substituting union wire mesh (U-50)  
for ordinary reinforcement (U-24)

Formula :

$$\text{Union Wire Mesh area (U-50)} = \text{Mild Steel bar area (U-24)} \times \frac{\text{Yield stress U-24}}{\text{Yield stress U-50}}$$

Example :

Given : Mild Steel bar U-24  
Diameter = 10 mm  
Spacing = 150 mm  
Cross sectional area = 5.24 cm<sup>2</sup>/m'

$$\begin{aligned} \text{Union Wire Mesh area} &= 5.24 \text{ cm}^2/\text{m}' \times \frac{2.400 \text{ kg/cm}^2}{5.000 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 2.515 \text{ cm}^2/\text{m}' \end{aligned}$$

From the Table is obtained : Union Wire Mesh  
Diameter 7 mm with 150 mm spacing  
Area 2.57 cm<sup>2</sup>/m'

TABEL LUAS PENAMPANG KAWAT

WIRE AREA TABLE

Diameter Kawat Ø Wire Diameter (mm)	Luas Kawat Ø Wire Area (cm <sup>2</sup> )	Jumlah Luas Penampang Kawat (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) Menurut Spasinya Setiap Arah Total Wire Area (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) According to Spacing Each Direction											
		Spasi / Spacing (mm)											
		50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
4.0	0.126	2.51	1.68	1.26	1.01	0.84	0.72	0.63	0.56	0.50	0.46	0.42	0.39
4.5	0.159	3.18	2.12	1.59	1.27	1.06	0.91	0.80	0.71	0.64	0.58	0.53	0.49
5.0	0.196	3.93	2.62	1.96	1.57	1.31	1.12	0.98	0.87	0.79	0.71	0.65	0.60
5.5	0.238	4.75	3.17	2.38	1.90	1.58	1.36	1.19	1.06	0.95	0.86	0.79	0.73
6.0	0.283	5.65	3.77	2.83	2.26	1.88	1.62	1.41	1.26	1.13	1.03	0.94	0.87
6.5	0.332	6.64	4.42	3.32	2.65	2.21	1.90	1.66	1.47	1.33	1.21	1.11	1.02
7.0	0.385	7.70	5.13	3.85	3.08	2.57	2.20	1.92	1.71	1.54	1.40	1.28	1.18
7.5	0.442	8.84	5.89	4.42	3.53	2.95	2.52	2.21	1.96	1.77	1.61	1.47	1.36
8.0	0.503	10.05	6.70	5.03	4.02	3.35	2.87	2.51	2.23	2.01	1.83	1.68	1.55
8.5	0.567	11.35	7.57	5.67	4.54	3.78	3.24	2.84	2.52	2.27	2.06	1.89	1.75
9.0	0.636	12.72	8.48	6.36	5.09	4.24	3.64	3.18	2.83	2.54	2.31	2.12	1.96
9.5	0.709	14.18	9.45	7.09	5.67	4.73	4.05	3.54	3.15	2.84	2.58	2.36	2.18
10.0	0.785	15.71	10.47	7.85	6.28	5.24	4.49	3.93	3.49	3.14	2.86	2.62	2.42
12.0	1.131	22.62	15.08	11.31	9.05	7.54	6.46	5.65	5.03	4.52	4.11	3.77	3.48
16.0	2.011	40.21	26.81	20.11	16.08	13.40	11.49	10.05	8.94	8.04	7.31	6.70	6.19





Moving solutions with safety, reliability and efficiency

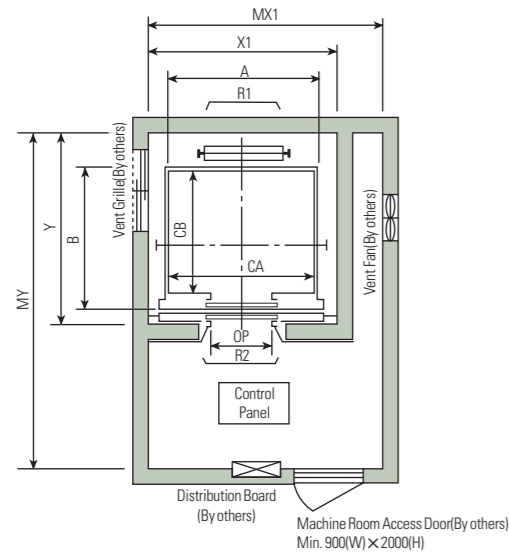
# PASSENGER ELEVATORS



 **HYUNDAI ELEVATOR**

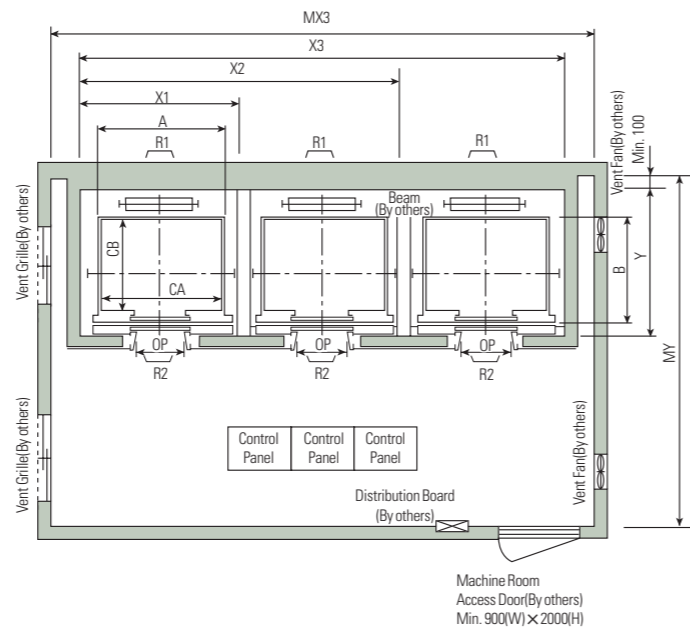
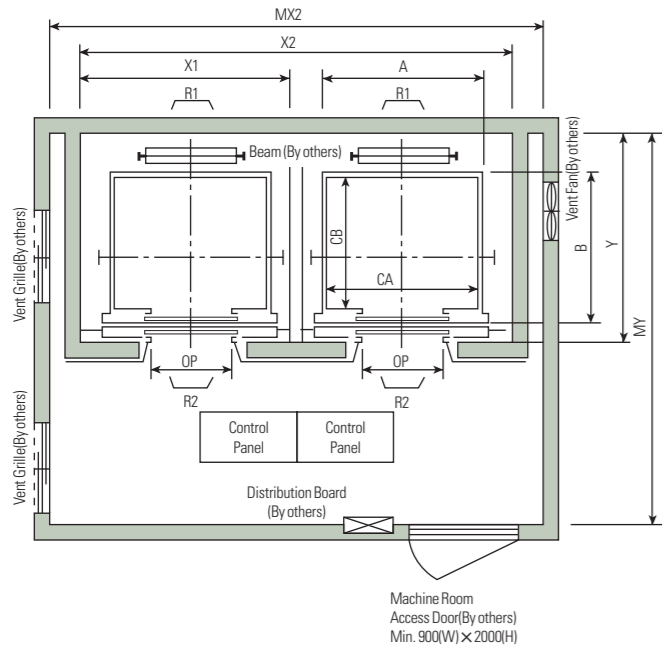
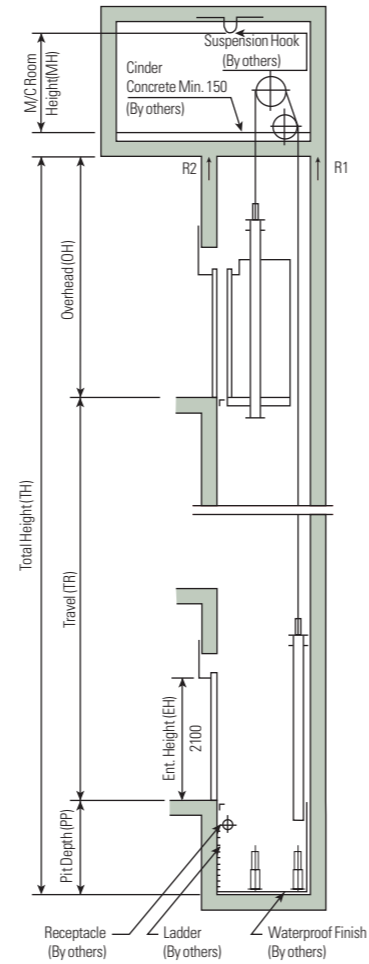
# Layout Plan – Geared Elevators 1~1.75m/sec

## Plan of Hoistway & Machine Room



**Note:** Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

## Section of Hoistway



## Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700
	9	600	800	1400 × 1100	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400
1.5	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	10800	8500
1.75	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000				
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13100	9900
			1100	2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200				

- Notes:**
- Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
  - Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
  - When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
  - The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1.0	4200	1400	2200
1.5	4400	1600	2400
1.75	4600	1800	2400

- Notes:**
- The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
  - Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
  - The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.



**NSP**  
NAKAJIMA STEEL PIPE

SHC quality the similar characteristics as  
SN standard (JIS G3136)

**Super  
Hot  
Column**



Global Standard

**Hot Finished  
square hollow sections**

HIGH QUALITY=MSTL-0051

**SHC400B/C**  
**SHC490B/C**



## Size ranges and sectional properties

### Hot Finished square structural hollow sections (ERW steel tubes)

Size		Thickness	Corner radius	Mass	Reference				
					Sectional area	Moment of Inertia	Elastic modulus	Radius of gyration	Plastic modulus
H (mm)	B (mm)	t (mm)	R (mm)	W (kg/m)	A (cm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub> (cm)	Z <sub>px</sub> =Z <sub>py</sub> (cm <sup>3</sup> )
200	200	6	12	35.8	45.63	2,830	283	7.88	330
		9	18	52.3	66.67	3,990	399	7.73	472
		12	24	67.9	86.53	4,980	498	7.59	601
		16	32	87.3	111.2	6,080	608	7.39	751
250	250	6	12	45.2	57.63	5,670	454	9.92	524
		9	18	66.5	84.67	8,090	647	9.78	759
		12	24	86.8	110.5	10,300	820	9.63	975
		16	32	112	143.2	12,800	1,020	9.44	1,240
300	300	9	18	80.6	102.7	14,300	956	11.8	1,110
		12	24	106	134.5	18,300	1,220	11.7	1,440
		16	32	138	175.2	23,100	1,540	11.5	1,840
		19	38	160	204.3	26,200	1,750	11.3	2,120
350	350	9	18	94.7	120.7	23,200	1,320	13.9	1,530
		12	24	124	158.5	29,800	1,700	13.7	1,990
		16	32	163	207.2	37,900	2,160	13.5	2,570
		19	38	190	242.3	43,400	2,480	13.4	2,970
		22	44	217	276.2	48,400	2,760	13.2	3,340
400	400	12	24	143	182.5	45,300	2,270	15.8	2,640
		16	32	188	239.2	57,900	2,900	15.6	3,410
		19	38	220	280.3	66,600	3,330	15.4	3,960
		22	44	251	320.2	74,700	3,740	15.3	4,480
450	450	12	24	162	206.5	65,400	2,910	17.8	3,370
		16	32	213	271.2	84,100	3,740	17.6	4,380
		19	38	250	318.3	97,100	4,310	17.5	5,090
		22	44	286	364.2	109,000	4,850	17.3	5,780
500	500	12	24	181	230.5	90,800	3,630	19.8	4,200
		16	32	238	303.2	117,000	4,680	19.6	5,460
		19	38	280	356.3	136,000	5,420	19.5	6,370
		22	44	320	408.2	153,000	6,120	19.4	7,240
550	550	16	32	263	335.2	158,000	5,730	21.7	6,670
		19	38	309	394.3	183,000	6,660	21.5	7,790
		22	44	355	452.2	207,000	7,530	21.4	8,870

HIGH QUALITY=MSTL-0051

# Super Hot Column

## Size ranges and sectional properties

Hot Finished square structural hollow sections (SAW steel tubes)

Size		Thickness	Corner radius	Mass	Reference				
					Sectional area	Moment of Inertia	Elastic modulus	Radius of gyration	Plastic modulus
H (mm)	B (mm)	t (mm)	R (mm)	W (kg/m)	A (cm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub> (cm)	Z <sub>px</sub> =Z <sub>py</sub> (cm <sup>3</sup> )
400	400	16	32	188	239.2	57,900	2,900	15.6	3,410
		19	38	220	280.3	66,600	3,330	15.4	3,960
		22	44	251	320.2	74,700	3,740	15.3	4,480
		25	50	282	358.9	82,200	4,110	15.1	4,970
		28	56	311	396.4	89,000	4,450	15.0	5,430
		32	64	349	444.6	97,200	4,860	14.8	6,000
		36	72	385	490.7	104,000	5,220	14.6	6,530
		40	80	420	534.7	111,000	5,540	14.4	7,010
450	450	16	32	213	271.2	84,100	3,740	17.6	4,380
		19	38	250	318.3	97,100	4,310	17.5	5,090
		22	44	286	364.2	109,000	4,850	17.3	5,780
		25	50	321	408.9	121,000	5,360	17.2	6,430
		28	56	355	452.5	131,000	5,830	17.0	7,050
		32	64	399	508.7	144,000	6,400	16.8	7,830
		36	72	442	562.7	156,000	6,920	16.6	8,550
		40	80	483	614.7	166,000	7,380	16.4	9,220
500	500	16	32	238	303.2	117,000	4,680	19.6	5,460
		19	38	280	356.3	136,000	5,420	19.5	6,370
		22	44	320	408.2	153,000	6,120	19.4	7,240
		25	50	361	458.9	169,000	6,780	19.2	8,070
		28	56	399	508.5	185,000	7,400	19.1	8,870
		32	64	450	572.7	204,000	8,160	18.9	9,890
		36	72	498	634.8	221,000	8,860	18.7	10,800
		40	80	545	694.7	237,000	9,490	18.5	11,700
550	550	16	32	263	335.2	158,000	5,730	21.7	6,670
		19	38	309	394.3	183,000	6,660	21.5	7,790
		22	44	355	452.2	207,000	7,530	21.4	8,870
		25	50	400	508.9	230,000	8,360	21.3	9,910
		28	56	443	564.5	252,000	9,150	21.1	10,900
		32	64	500	636.7	279,000	10,100	20.9	12,200
		36	72	555	706.8	304,000	11,000	20.7	13,400
		40	80	608	774.8	326,000	11,900	20.5	14,500
600	600	16	32	288	367.2	207,000	6,890	23.7	7,990
		19	38	339	432.3	241,000	8,020	23.6	9,350
		22	44	389	496.2	273,000	9,090	23.4	10,700
		25	50	439	558.9	303,000	10,100	23.3	11,900
		28	56	487	620.5	333,000	11,100	23.2	13,200
		32	64	550	700.7	369,000	12,300	23.0	14,700
		36	72	611	778.8	404,000	13,500	22.8	16,200
		40	80	671	854.8	436,000	14,500	22.6	17,600

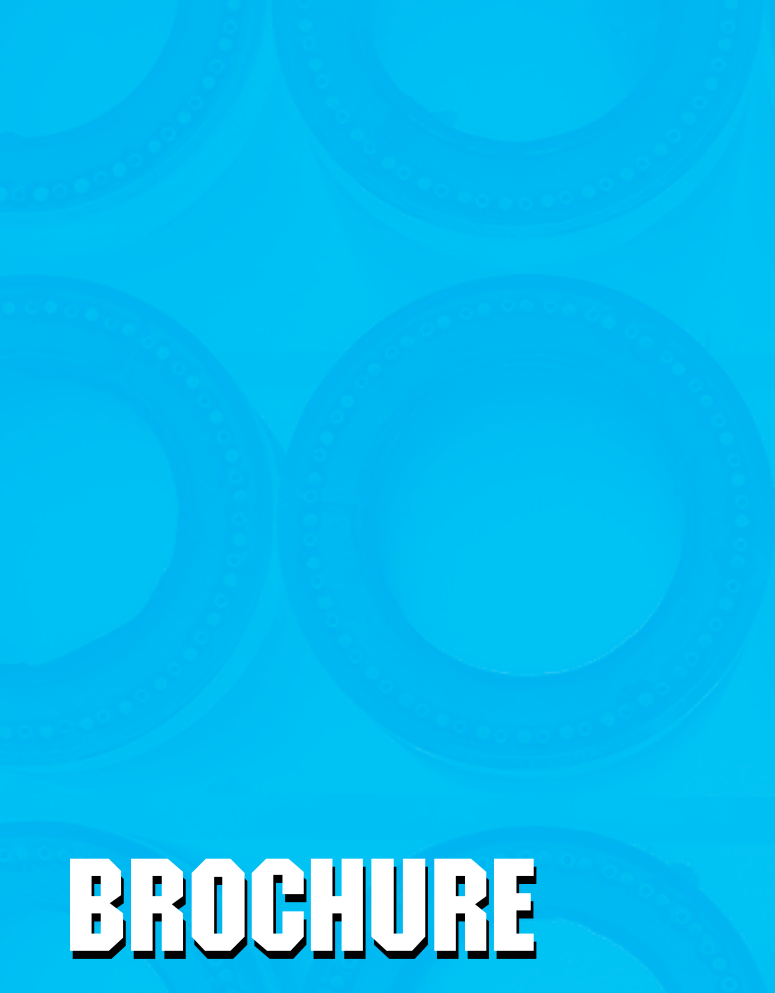


### Hot Finished square structural hollow sections (SAW steel tubes)

Size		Thickness	Corner radius	Mass	Reference				
					Sectional area	Moment of Inertia	Elastic modulus	Radius of gyration	Plastic modulus
H (mm)	B (mm)	t (mm)	R (mm)	W (kg/m)	A (cm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub> (cm)	Z <sub>px</sub> =Z <sub>py</sub> (cm <sup>3</sup> )
650	650	16	32	313	399.2	265,000	8,160	25.8	9,440
		19	38	369	470.3	309,000	9,510	25.6	11,100
		22	44	424	540.2	351,000	10,800	25.5	12,600
		25	50	478	608.9	391,000	12,000	25.3	14,100
		28	56	531	676.5	429,000	13,200	25.2	15,600
		32	64	600	764.7	478,000	14,700	25.0	17,500
		36	72	668	850.8	524,000	16,100	24.8	19,300
700	700	40	80	734	934.8	566,000	17,400	24.6	21,000
		16	32	338	431.2	334,000	9,530	27.8	11,000
		19	38	399	508.3	389,000	11,100	27.7	12,900
		22	44	459	584.2	443,000	12,600	27.5	14,700
		25	50	517	658.9	494,000	14,100	27.4	16,500
		28	56	575	732.5	543,000	15,500	27.2	18,300
		32	64	651	828.7	606,000	17,300	27.0	20,500
750	750	36	72	724	922.8	665,000	19,000	26.9	22,700
		40	80	797	1,015	721,000	20,600	26.7	24,800
		16	32	364	463.2	413,000	11,000	29.9	12,700
		19	38	429	546.3	482,000	12,900	29.7	14,900
		22	44	493	628.2	549,000	14,600	29.6	17,000
		25	50	556	708.9	614,000	16,400	29.4	19,100
		28	56	619	788.5	676,000	18,000	29.3	21,200
800	800	32	64	701	892.7	755,000	20,100	29.1	23,800
		36	72	781	994.8	831,000	22,100	28.9	26,300
		40	80	859	1,095	902,000	24,000	28.7	28,800
		16	32	389	495.2	504,000	12,600	31.9	14,500
		19	38	459	584.3	589,000	14,700	31.8	17,000
		22	44	528	672.2	672,000	16,800	31.6	19,500
		25	50	596	758.9	751,000	18,800	31.5	21,900
800	800	28	56	663	844.5	829,000	20,700	31.3	24,200
		32	64	751	956.7	927,000	23,200	31.1	27,300
		36	72	837	1,067	1,020,000	25,500	30.9	30,200
		40	80	922	1,175	1,110,000	27,800	30.7	33,100

Please contact our staff for other sizes.

HIGH QUALITY=MSTL-0051



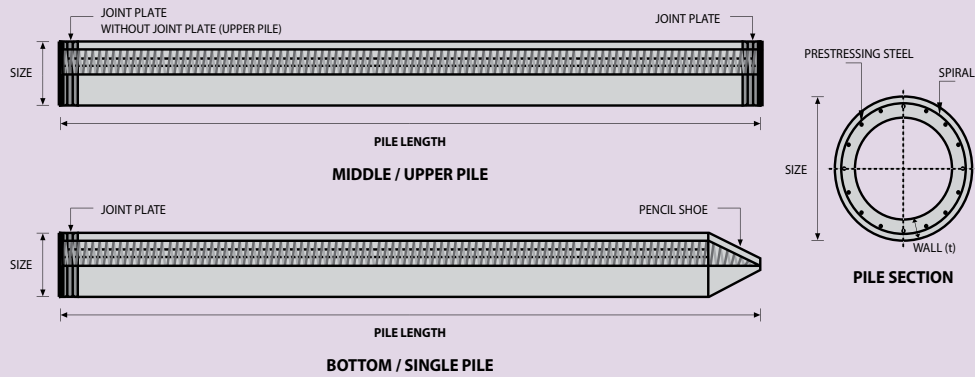
*Innovation and Trust*

# BROCHURE

# THE PRECAST CONCRETE MANUFACTURER



## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $600 \text{ kg/cm}^2$ )

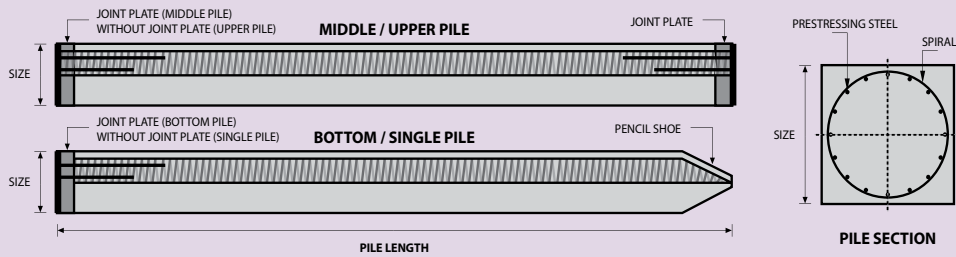
Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)  
 \*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position  
 \*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe



## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42 \text{ MPa}$  (Cube  $500 \text{ kg/cm}^2$ )

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Size (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)	Splice Class				
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)				Compatible to Body $M_{crack}$	Optional			
200 x 200	400	13,333	100	A	1.55	2.65	49.08	27.47	6 - 9	I	II			
					2.29	3.46				III	IV			
250 x 250	625	32,552	156	B	2.52	4.33	79.62	34.80	6 - 11	II	-			
				C	2.78	5.19				77.92	41.30	6 - 11	I	II
				D	4.48	7.47				114.66	50.20	6 - 12	II	-
300 x 300	900	67,500	225	A	3.64	5.19	118.59	35.40	6 - 11	IV	V			
				B	3.98	6.23				116.76	42.20	6 - 11	III	IV/V
				C	4.48	7.47				114.66	50.20	6 - 12	II	-
				D	4.92	9.34				111.60	61.90	6 - 12	I	III/IV/V
350 x 350	1,225	125,052	306	A	5.33	6.57	163.98	38.60	6 - 11	III	IV			
				B	6.07	8.72				160.68	50.90	6 - 12	II	-
				C	6.63	10.90				157.45	63.10	6 - 12	I	IV
				D	7.30	13.08				154.32	75.00	6 - 13	I	III/IV
400 x 400	1,600	213,333	400	A	7.89	9.96	213.96	51.40	6 - 12	IV	V			
				B	8.71	12.45				210.60	63.80	6 - 12	III	IV/V
				C	9.51	14.95				207.32	76.00	6 - 13	II	III/IV/V
				D	11.82	22.42				198.01	111.60	6 - 14	I	II/III/IV/V
450 x 450	2,025	341,719	506	A	11.17	14.01	270.98	64.30	6 - 12	III	IV			
				B	12.10	16.81				267.61	76.80	6 - 13	III	IV
				C	13.01	19.62				264.30	89.10	6 - 13	II	III/IV
				D	14.78	25.22				257.88	113.30	6 - 14	I	II/III/IV
500 x 500	2,500	520,833	625	A	15.16	18.68	335.12	77.30	6 - 13	III	IV			
				B	16.19	21.79				331.72	89.90	6 - 13	II	III/IV
				C	17.21	24.91				328.38	102.20	6 - 14	I	II/III/IV
				D	18.22	28.02				325.09	114.50	6 - 14	I	II/III/IV

Note : \*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

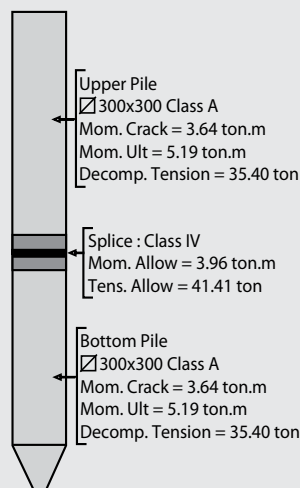
### TYPICAL SPLICE SPECIFICATION

Size (mm)	Class	Bending Moment		Tension	
		Allowable (ton.m)	Ultimate (ton.m)	Allowable (ton)	Ultimate (ton)
200 x 200	I	1.56	2.11	41.82	47.05
	II	0.76	1.02	16.34	18.38
250 x 250	I	3.17	4.28	55.22	62.12
	II	2.99	4.03	41.41	46.59
	III	2.34	3.17	41.41	46.59
	IV	1.29	1.74	24.50	27.57
300 x 300	I	5.96	8.05	83.64	94.10
	II	4.53	6.12	62.73	70.57
	III	4.28	5.78	55.22	62.12
	IV	3.96	5.35	41.41	46.59
	V	2.34	3.16	24.50	27.57
350 x 350	I	7.67	10.35	83.64	94.10
	II	6.81	9.19	83.64	94.10
	III	5.71	7.71	55.22	62.12
	IV	3.30	4.45	27.61	31.06
400 x 400	I	12.20	16.47	117.95	132.69
	II	11.28	15.23	88.46	99.52
	III	9.41	12.71	83.64	94.10
	IV	8.58	11.58	62.73	70.57
	V	3.97	5.36	27.61	31.06
450 x 450	I	15.80	21.33	147.43	165.86
	II	14.07	19.00	117.95	132.69
	III	13.02	17.57	88.46	99.52
	IV	6.55	8.84	41.82	47.05
500 x 500	I	19.72	26.63	118.60	133.43
	II	16.51	22.29	117.95	132.69
	III	15.14	20.43	88.46	99.52
	IV	7.56	10.21	41.82	47.05

### EXAMPLES OF SPLICE SELECTION

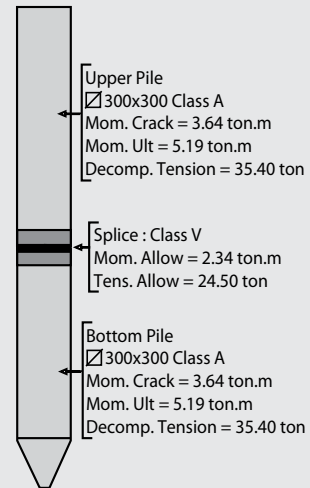
#### Case 1 : Compatible to Body Moment Crack

Splice of PC Piles having equivalent performance to the crack bending moment of the main body.



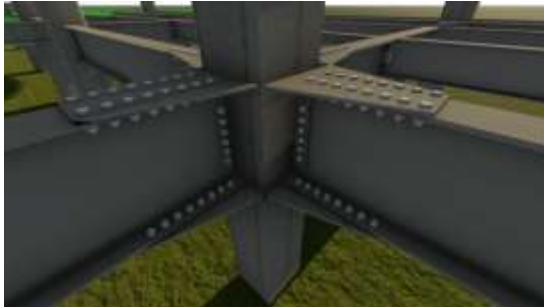
#### Case 2 : Optional Splice

Application of optional splices should be approved by structure designer.



LAMPIRAN B  
GAMBAR ILUSTRASI

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



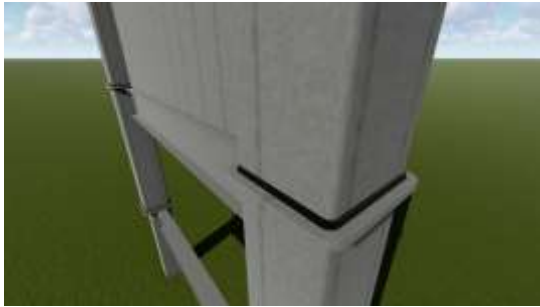
**Gambar 1** Sambungan Balok Induk-Kolom



**Gambar 2** Sambungan Balok Induk-Balok Anak



**Gambar 3** Sambungan pada Dinding Geser Pelat Baja



**Gambar 4** Sambungan Antar Kolom



**Gambar 5** Sambungan VBE dan HBE

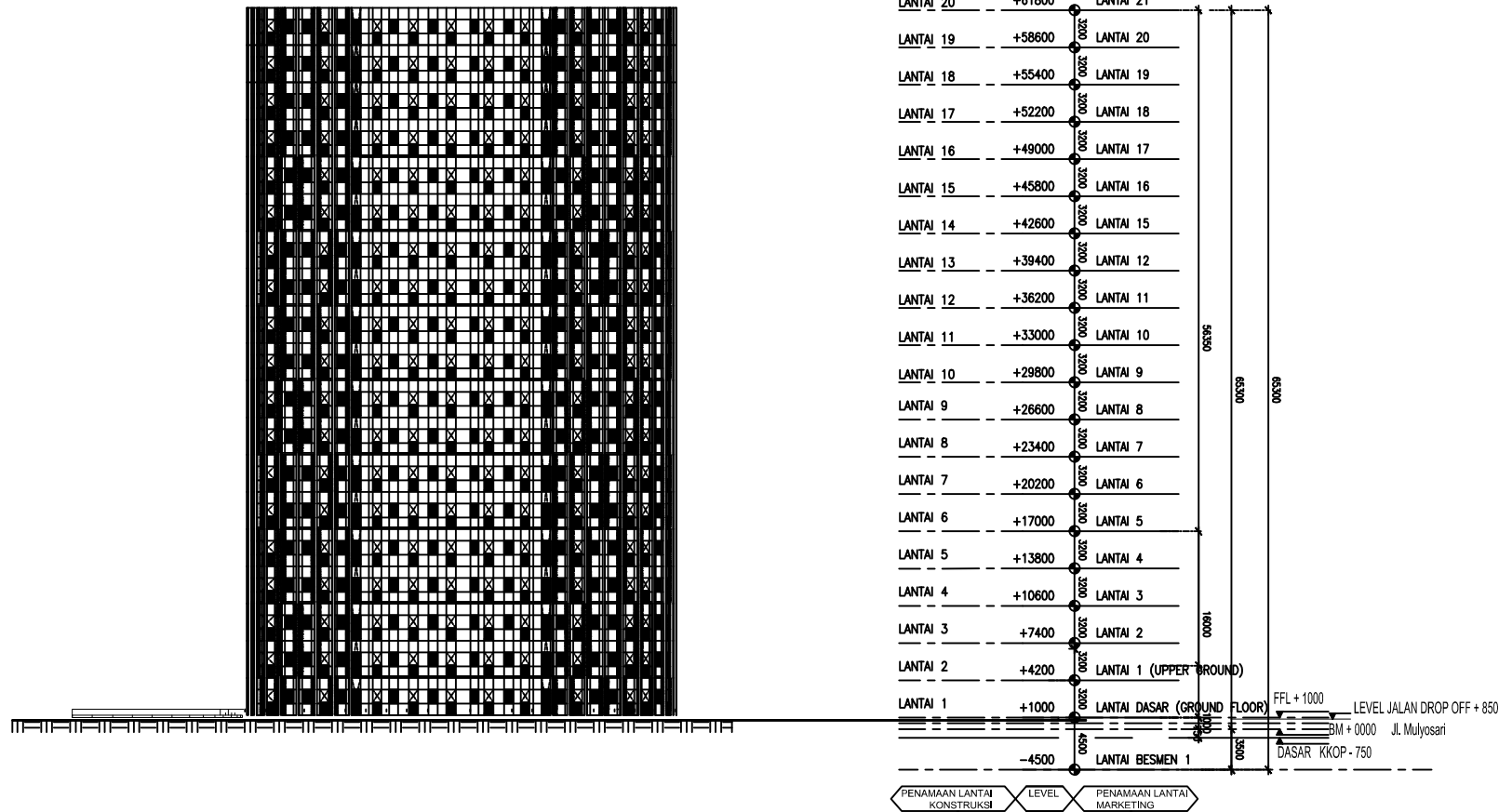
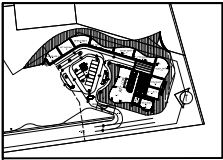


**Gambar 6** Sambungan *Baseplate*



LAMPIRAN C  
GAMBAR TEKNIK

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



Tampak Timur

SKALA 1 : 600



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Tampak Timur

1 : 600

Kode

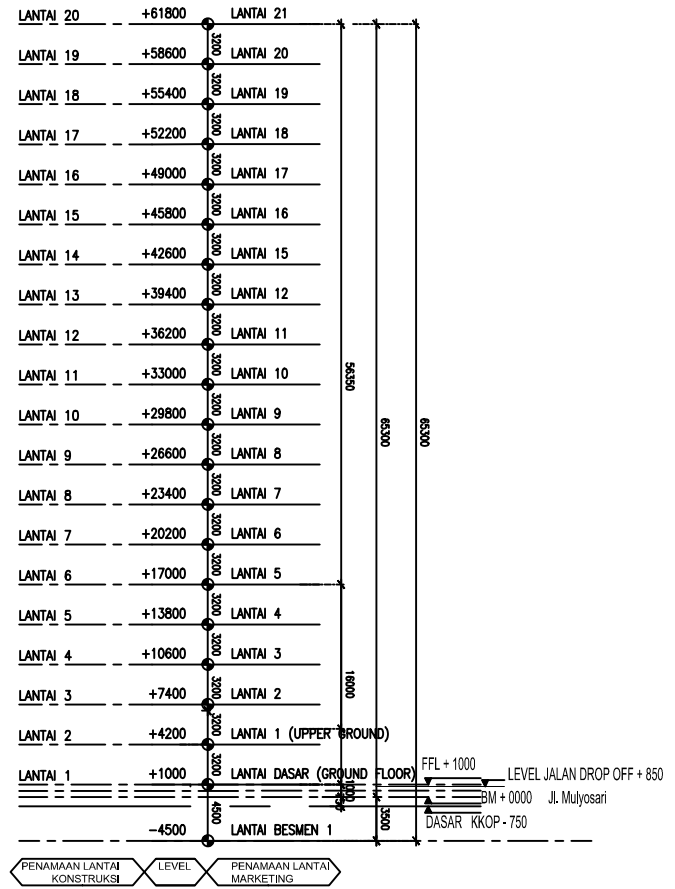
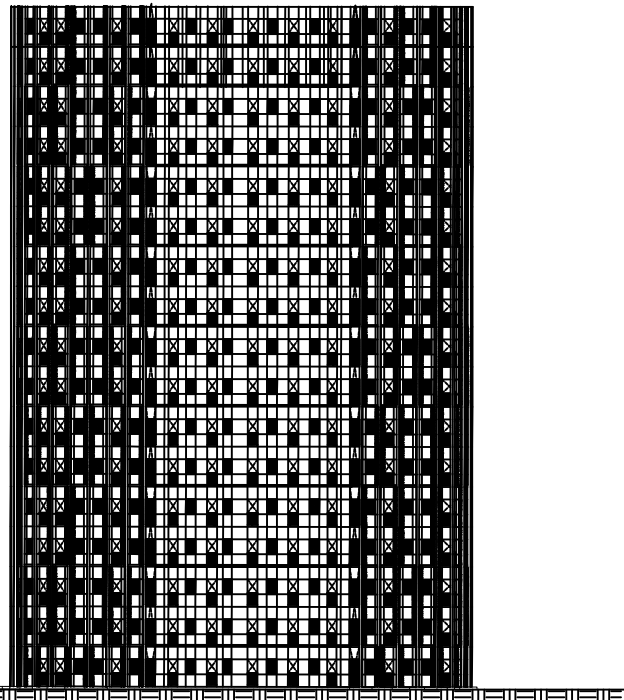
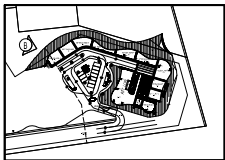
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

ARS

01

49



**Tampak Barat**

SKALA 1 : 600



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 0311164000024

Nama Gambar

Skala

Tampak Barat

1 : 600

Kode

No Gambar

Jumlah Gambar

ARS

02

49









Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Potongan B-B

1 : 600

Kode

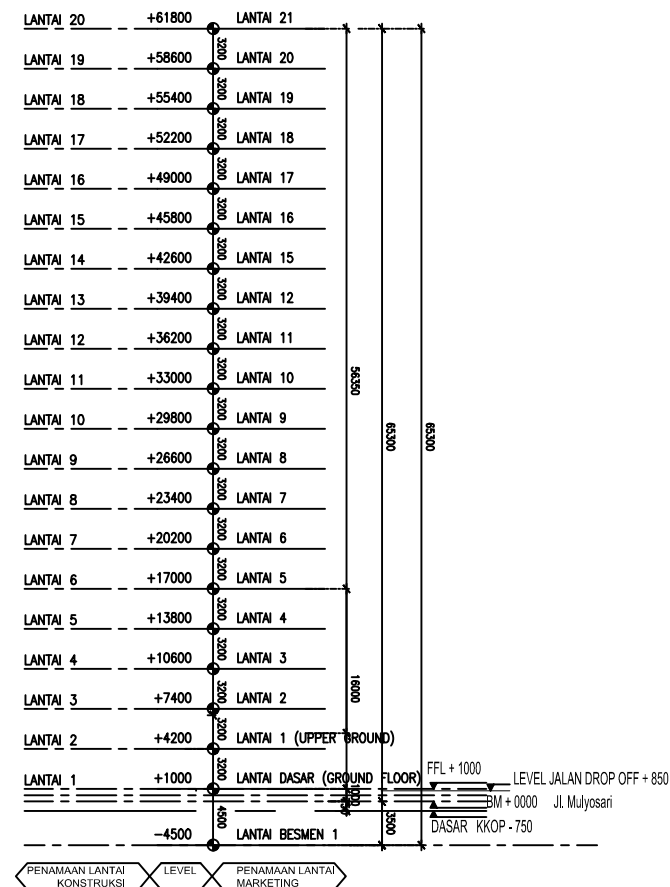
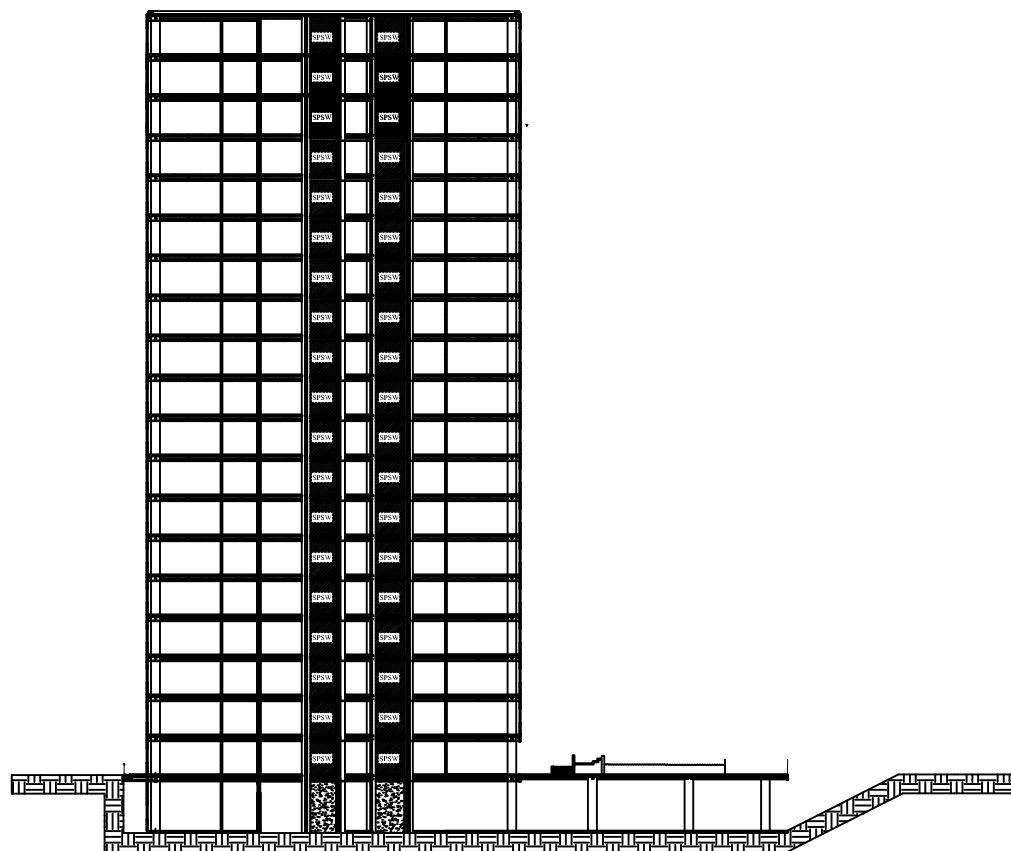
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

ARS

06

49



Potongan B-B  
SKALA 1 : 600





Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

- BB11 = Balok Induk Beton 40/70 cm
- BB12 = Balok Induk Beton 40/60 cm
- BB13 = Balok Induk Beton 30/50 cm
- BBA1 = Balok Induk Beton 30/45 cm
- BBA2 = Balok Induk Beton 30/40 cm
- BK = Balok Kantiliver 20/35 cm
- BP = Balok Penganjung 20/30 cm
- SW = Shear Wall t :30 cm
- Fc = 30 MPa
- Fy Tulangan = 420 MPa

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 0311164000024

Nama Gambar

Skala

Denah Pembalokan  
 Lantai 1

1 : 350

Kode

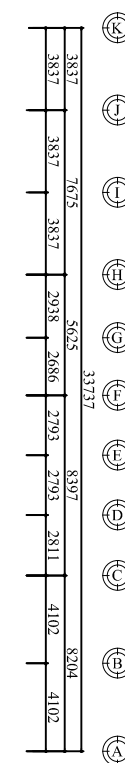
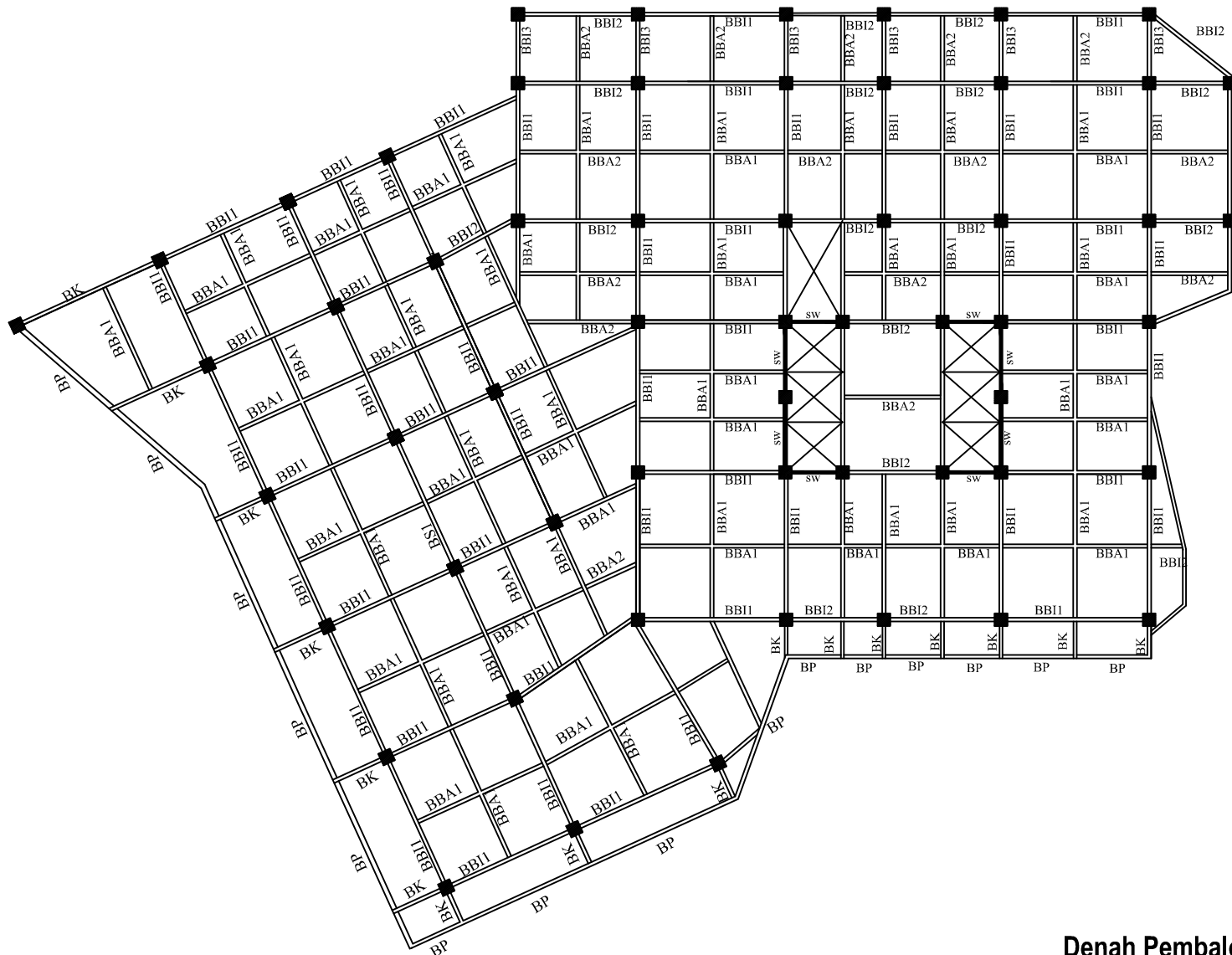
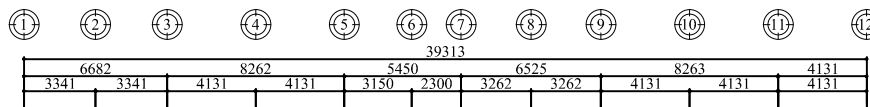
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

07

49



**Denah Pembalokan Lantai 1**

SKALA 1 : 350





Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

- BI1 = Balok Induk WF 800 x 300 x 14 x 22
- BI2 = Balok Induk WF 700 x 300 x 13 x 20
- BA1 = Balok Anak WF 500 x 200 x 11 x 19
- BA2 = Balok Anak WF 450 x 200 x 9 x 14
- BK = B. Kantiliver WF 350 x 175 x 7 x 11
- BP = B. Penganting WF 300 x 150 x 6,5 x 9
- SPSW = Steel Plate Shear Wall t : 0,4 cm
- Fg = 30 MPa
- Mutu Baja = BJ 41

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Denah Pembalokan  
 Lantai 2-10

1 : 300

Kode

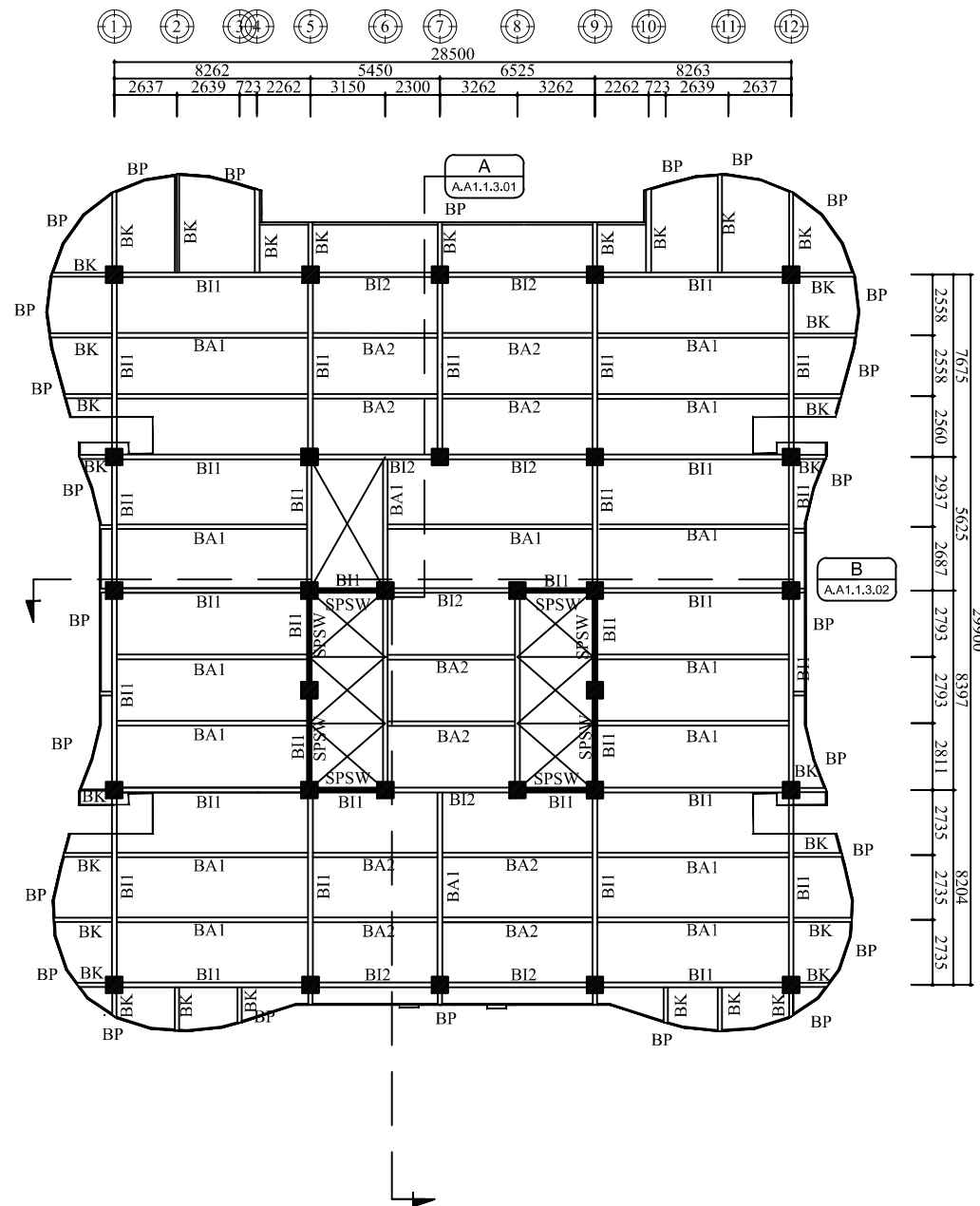
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

08

49



Denah Pembalokan Lantai 2-10

SKALA 1 : 300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

- BI1 = Balok Induk WF 700 x 300 x 13 x 20
- BI2 = Balok Induk WF 600 x 300 x 12 x 17
- BA1 = Balok Anak WF 450 x 200 x 9 x 14
- BA2 = Balok Anak WF 400 x 200 x 8 x 13
- BK = B. Kantiliver WF 350 x 175 x 7 x 11
- BP = B. Pengantung WF 300 x 150 x 6,5 x 9
- SPSW = Steel Plate Shear Wall t : 0,4 cm
- F<sub>c</sub> = 30 MPa
- Mutu Baja = BJ 41

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Denah Pembalokan  
 Lantai 11-20

1 : 300

Kode

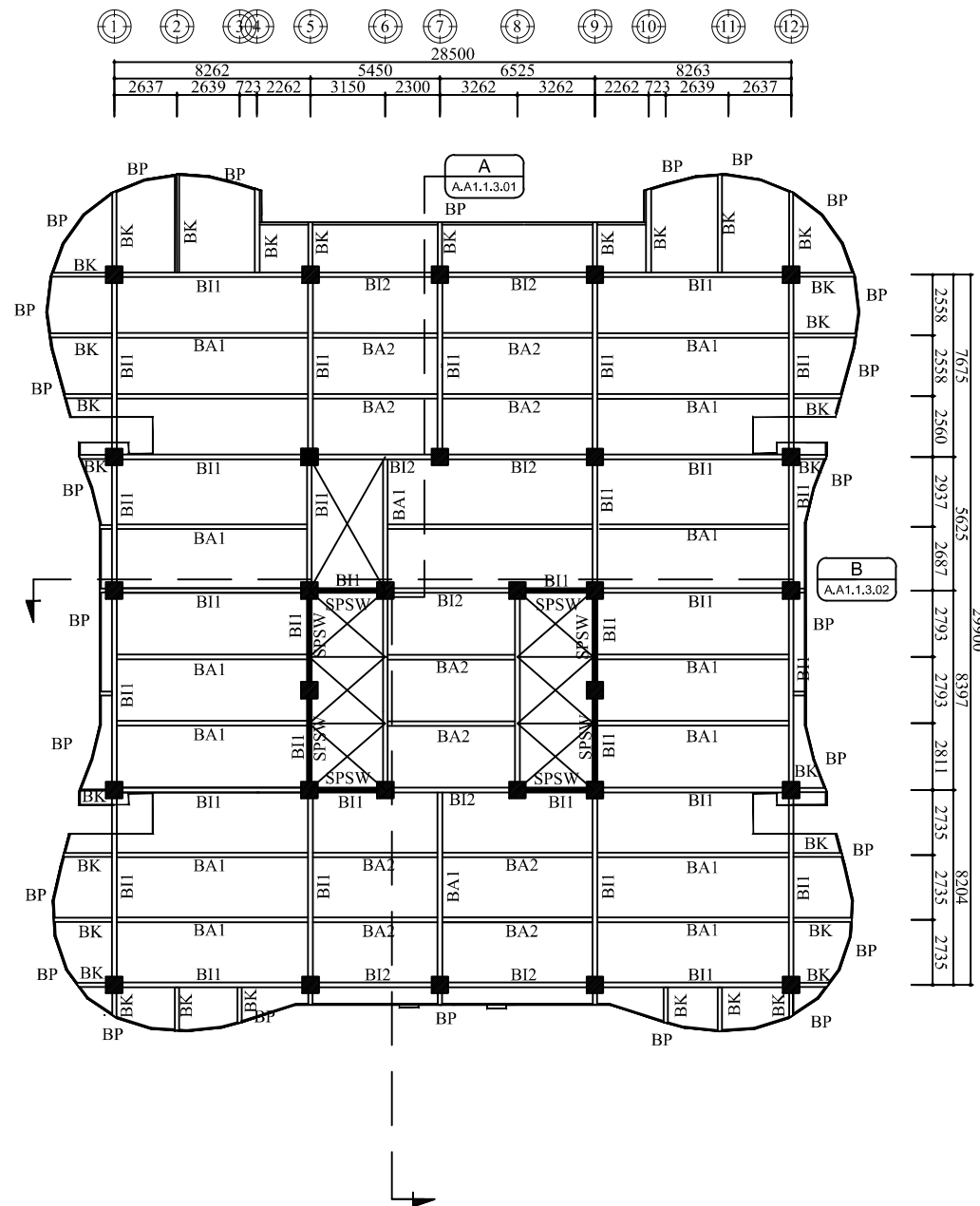
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

09

49



Denah Pembalokan Lantai 11-20

SKALA 1 : 300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

K1 = Kolom Beton 50/50 cm  
 K2 = Kolom Beton 110/110 cm

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Denah Kolom  
 Basement

1 : 350

Kode

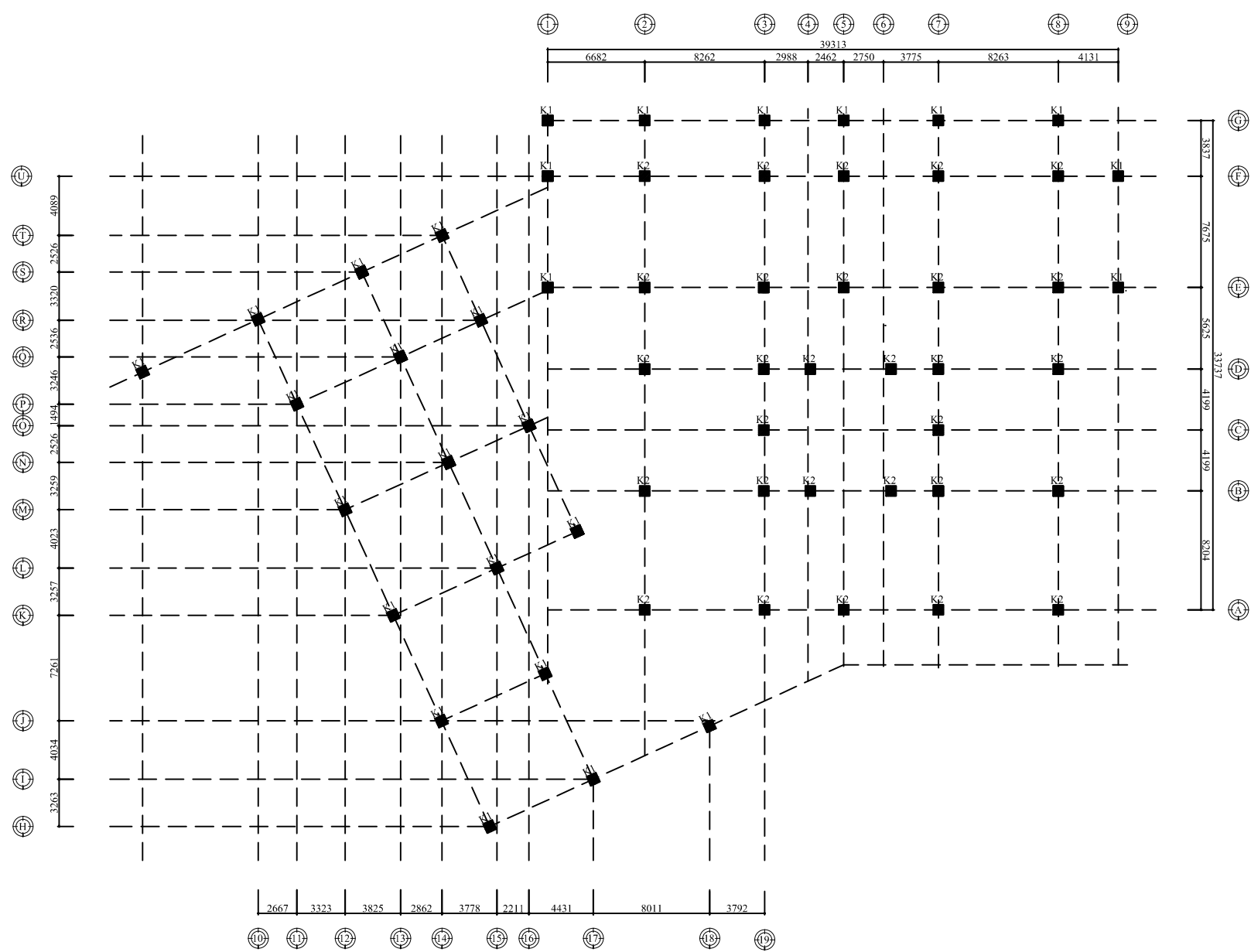
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

10

49



Denah Kolom Basement  
 SKALA 1 : 350



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

K1 = Kolom CFT 700x700x40x80  
 K2 = Kolom CFT 800x800x32x64

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Denah Kolom  
 Lantai 4-10

1 : 300

Kode

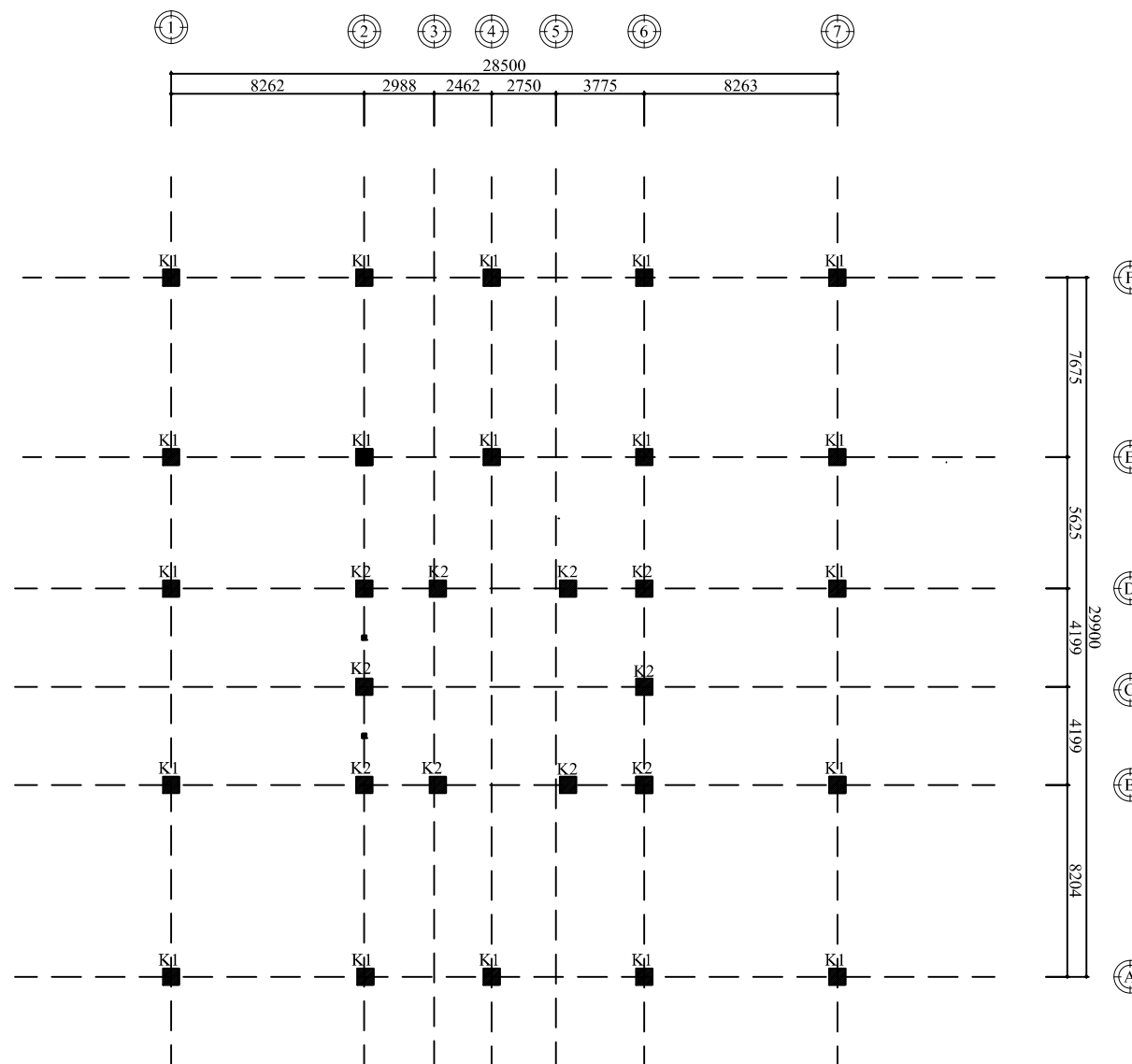
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

11

49



Denah Kolom Lantai 4-10

SKALA 1 : 300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

K1 = Kolom CFT 600x600x25x50  
 K2 = Kolom CFT 800x800x40x80

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 0311164000024

Nama Gambar

Skala

Denah Kolom  
 Lantai 11-20

1 : 300

Kode

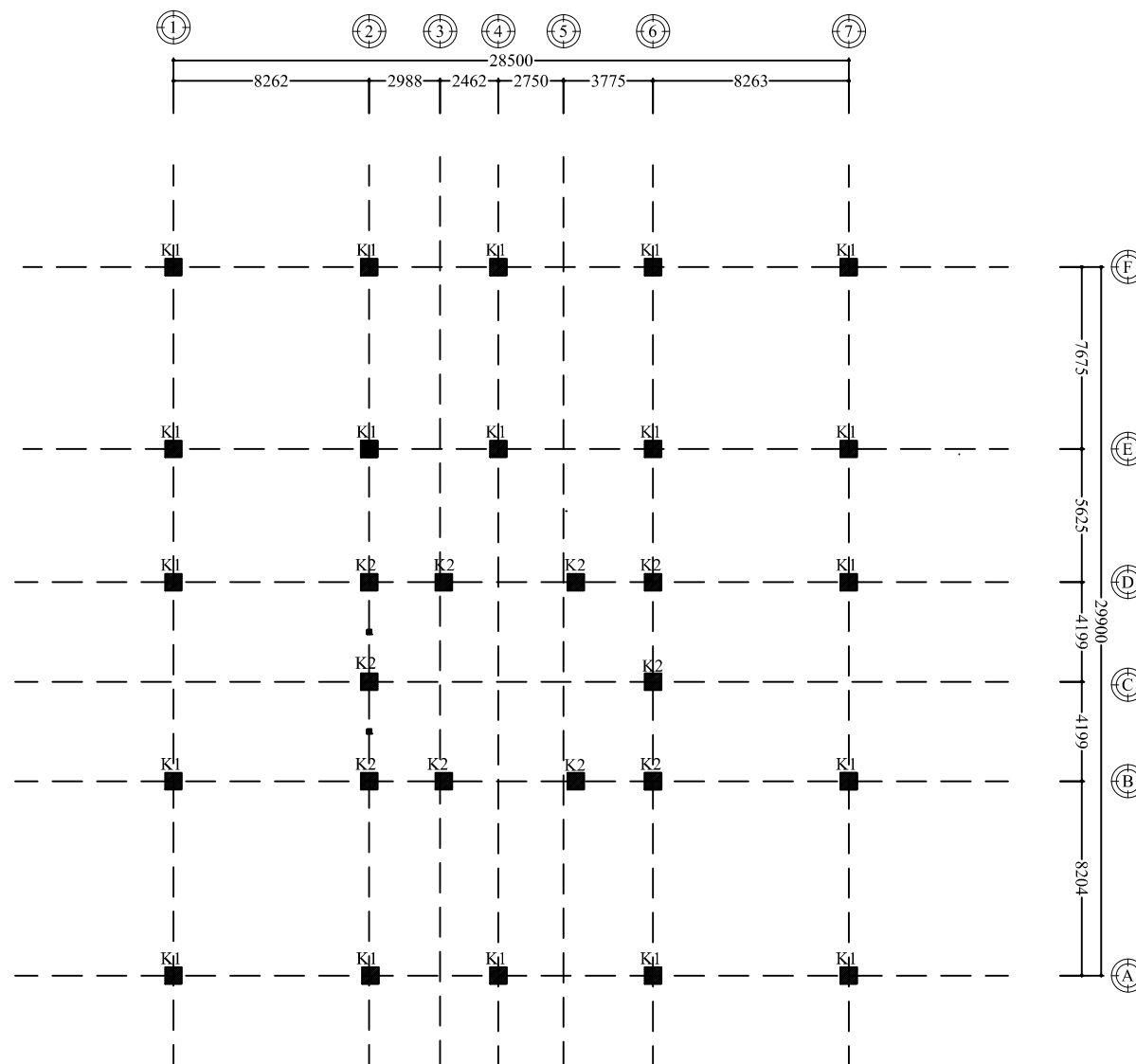
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

12

49



**Denah Kolom Lantai 11-20**

SKALA 1 : 300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

- BS1 = Balok Induk Beton 40/70 cm
- BS2 = Balok Induk Beton 40/60 cm
- BS3 = Balok Induk Beton 40/50 cm
- BSA1 = Balok Induk Beton 30/45 cm
- BSA2 = Balok Induk Beton 30/40 cm
- BK = Balok Kantiliver 20/35 cm
- BP = Balok Penganjung 20/30 cm
- SW = Shear Wall t : 30 cm
- Fc = 35 MPa
- Tul. Ulir = 420 MPa
- Tul. Polos = 240 MPa

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 0311164000024

Nama Gambar

Skala

Denah Tipe Pelat  
 Beton

1 : 350

Kode

No  
 Gambar

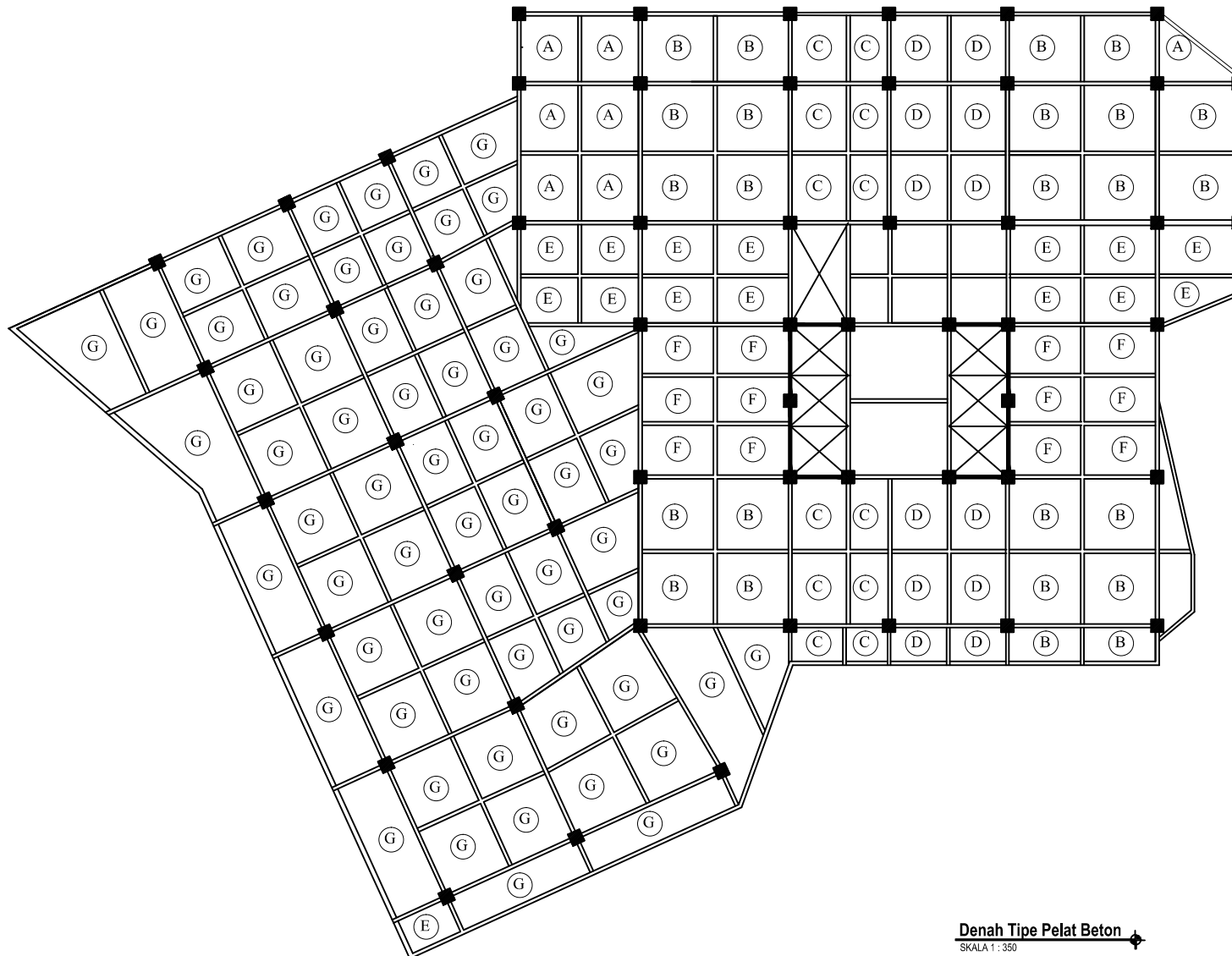
Jumlah  
 Gambar

STR

13

49

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
	6682		8262		5450	39313		6525		8263	4131
3341	3341	4131	4131	3150	2300	3262	3262	4131	4131	4131	



⑫	3837											
⑪	3837	7675										
⑩	3837	3837	7675									
⑨	3837	3837	3837	7675								
⑧	2938	5625	2938	2686	33737							
⑦	2793	2793	2793	2793	8397							
⑥	2811	2811	2811	2811	2811							
⑤	4102	4102	4102	4102	4102							
④	8204	8204	8204	8204	8204							
③	4102	4102	4102	4102	4102							
②	4102	4102	4102	4102	4102							
①	4102	4102	4102	4102	4102							

Denah Tipe Pelat Beton  
 SKALA 1 : 350







Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Konsultasi

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

Keterangan

- BI1 = Balok Induk WF 800 x 300 x 14 x 22
- BI2 = Balok Induk WF 700 x 300 x 13 x 20
- BI3 = Balok Induk WF 600 x 300 x 14 x 23
- BA1 = Balok Anak WF 500 x 200 x 11 x 19
- BA2 = Balok Anak WF 450 x 200 x 9 x 14
- BK = B. Kantiliver WF 350 x 175 x 7 x 11
- BP = B. Pengantung WF 300 x 150 x 6,5 x 9
- SPSW = Steel Plate Shear Wall t : 0,4 cm
- Fc = 35 MPa
- Mutu Baja = BJ 41

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Denah Pelat Bondek

1 : 300

Kode

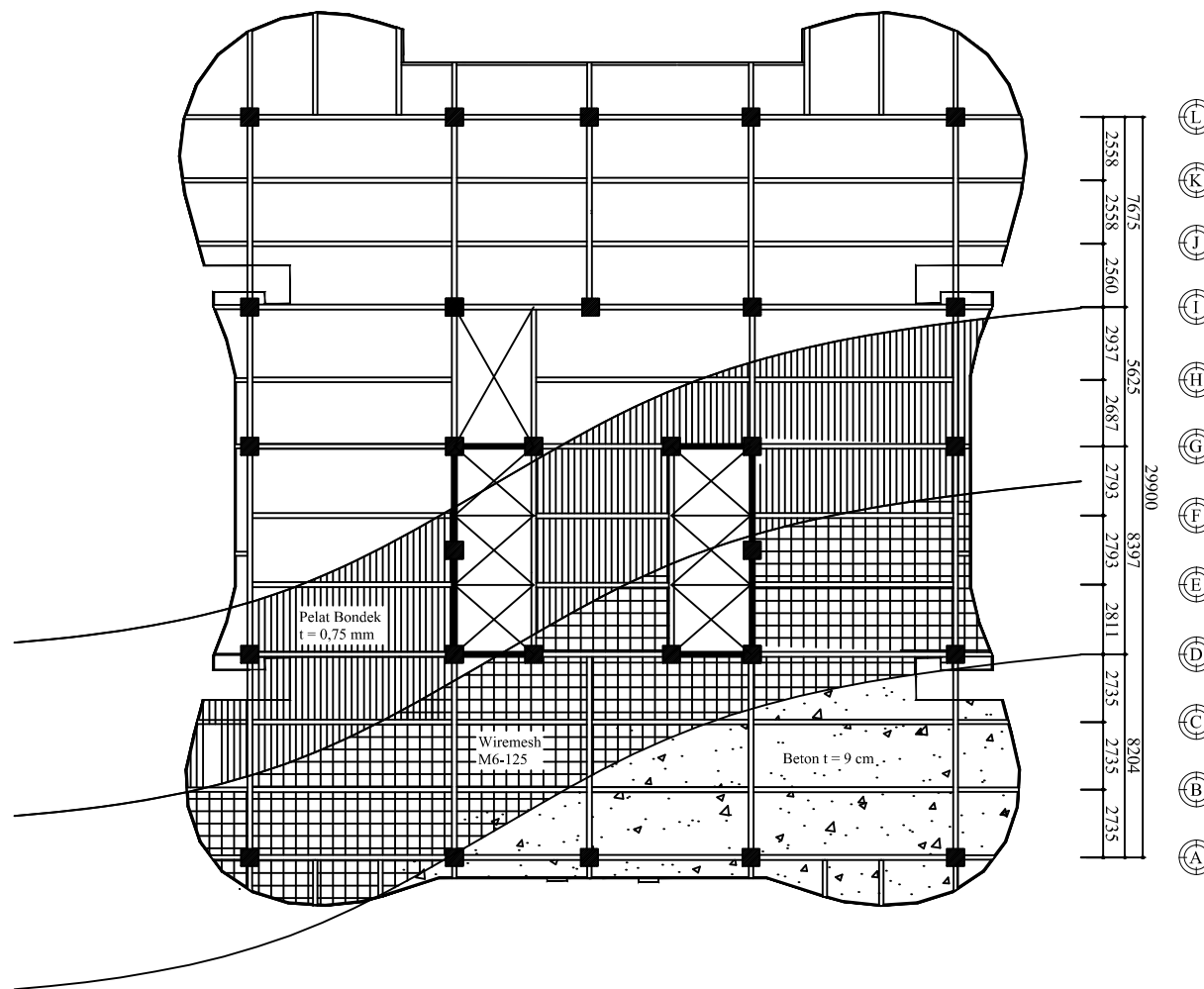
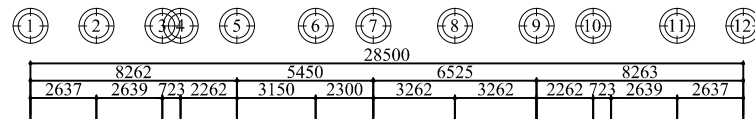
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

15

49



**Denah Pelat Bondek**  
 SKALA 1 : 300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

- P1 = Poer 2400x2400x1200
- P2 = Poer 6400x6400x1200
- P3 = Poer 4800x8000x1200
- S1 = Sloof Beton 35/50 cm
- S2 = Sloof Beton 25/35 cm

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Denah Sloof dan  
 Pondasi

1 : 350

Kode

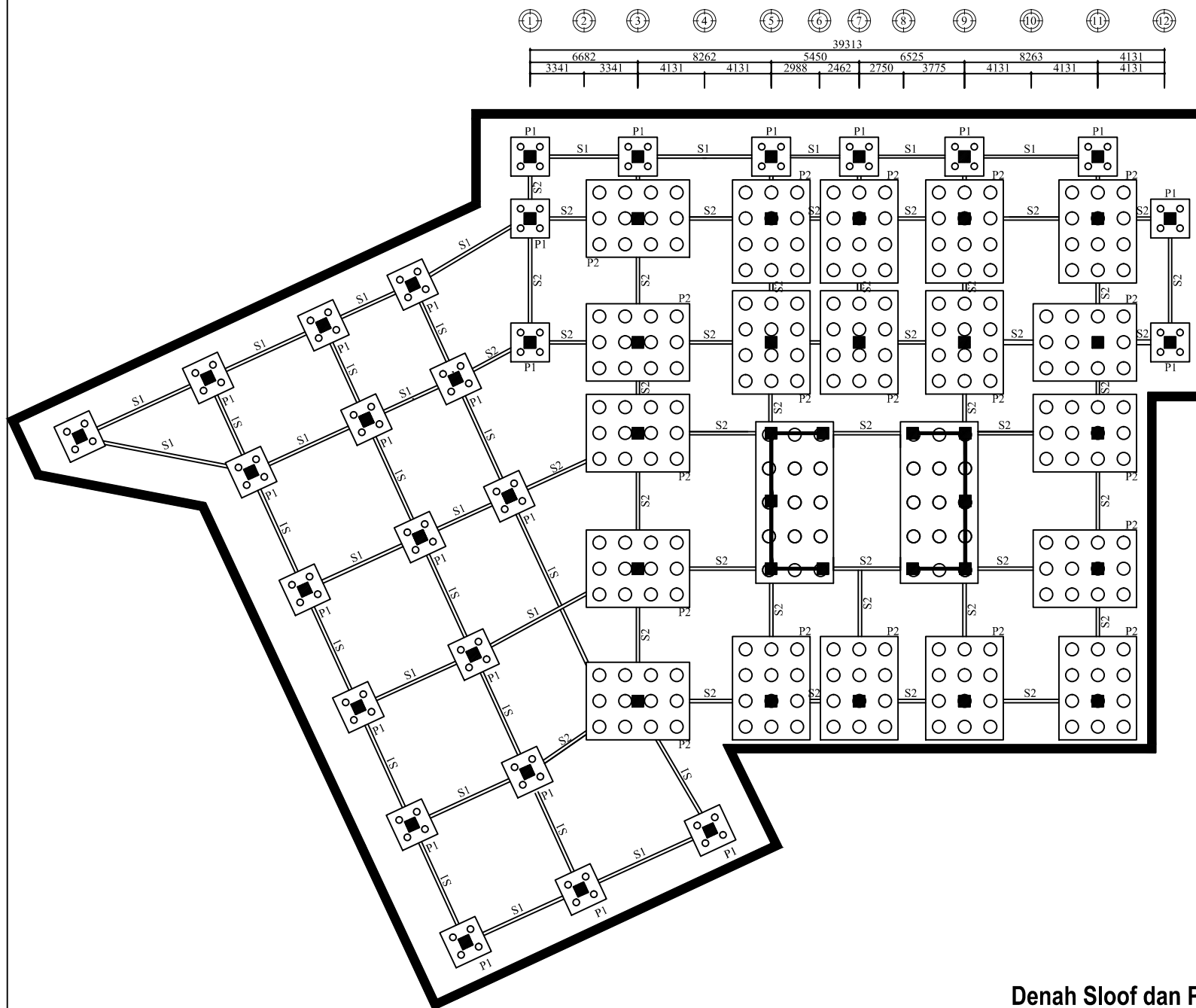
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

16

49



**Denah Sloof dan Pondasi**

SKALA 1 : 350





Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Detail Pelat A  
 Lantai Elv. 0 m

1 : 75

Kode

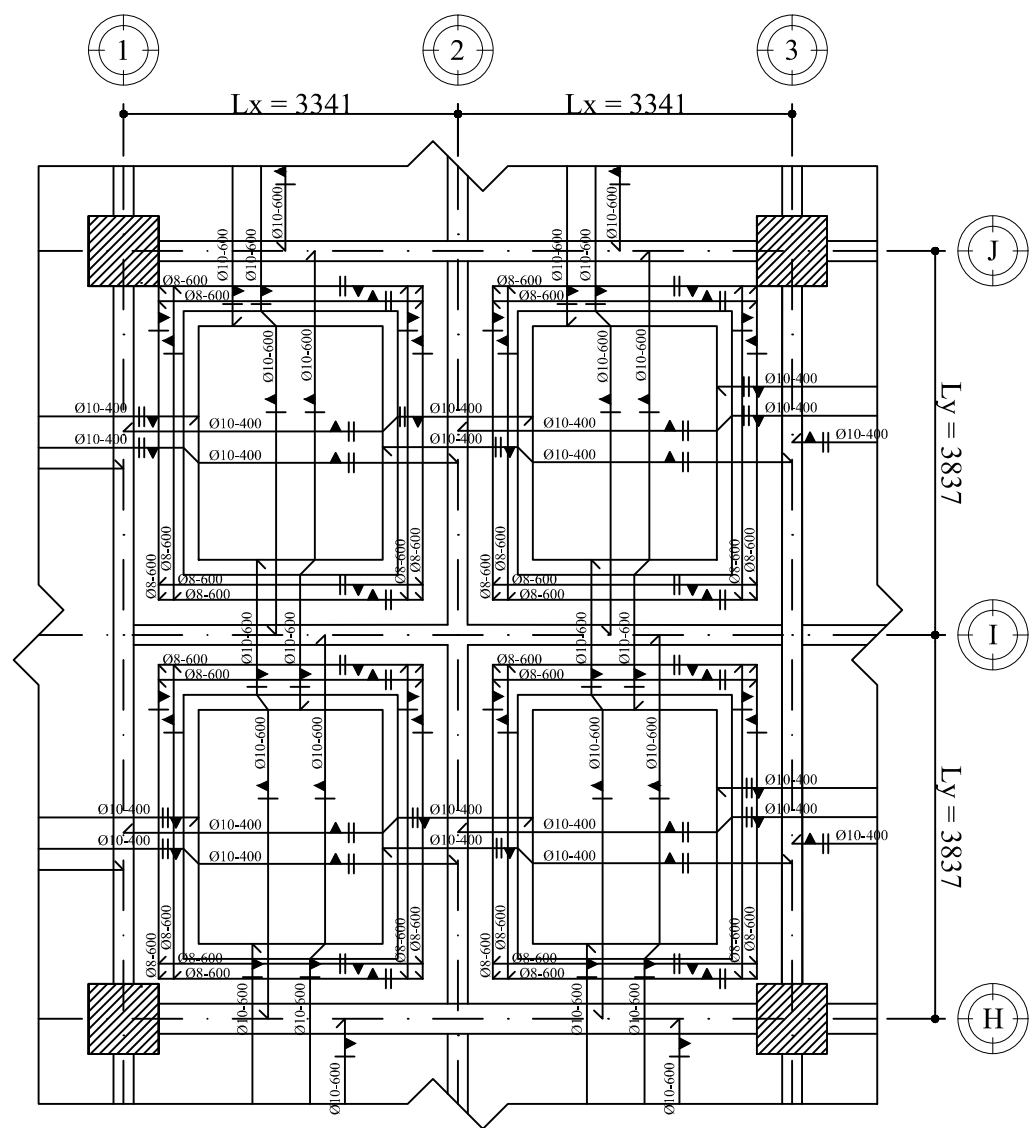
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

17

49



- ▶ | ▽ Atas no 1 dari atas
- ▬ ▬ ▬ Atas no 2 dari atas
- ▶ | ▲ Bawah no 1 dari bawah
- ▬ ▬ ▬ Bawah no 2 dari bawah

**Detail Pelat A Lantai Elv. 0 m**  
 SKALA 1 : 75

Tulangan	
Arah X	Arah Y
Ø10-200	Ø10-300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Detail Pelat B  
 Lantai Elv. 0 m

1 : 75

Kode

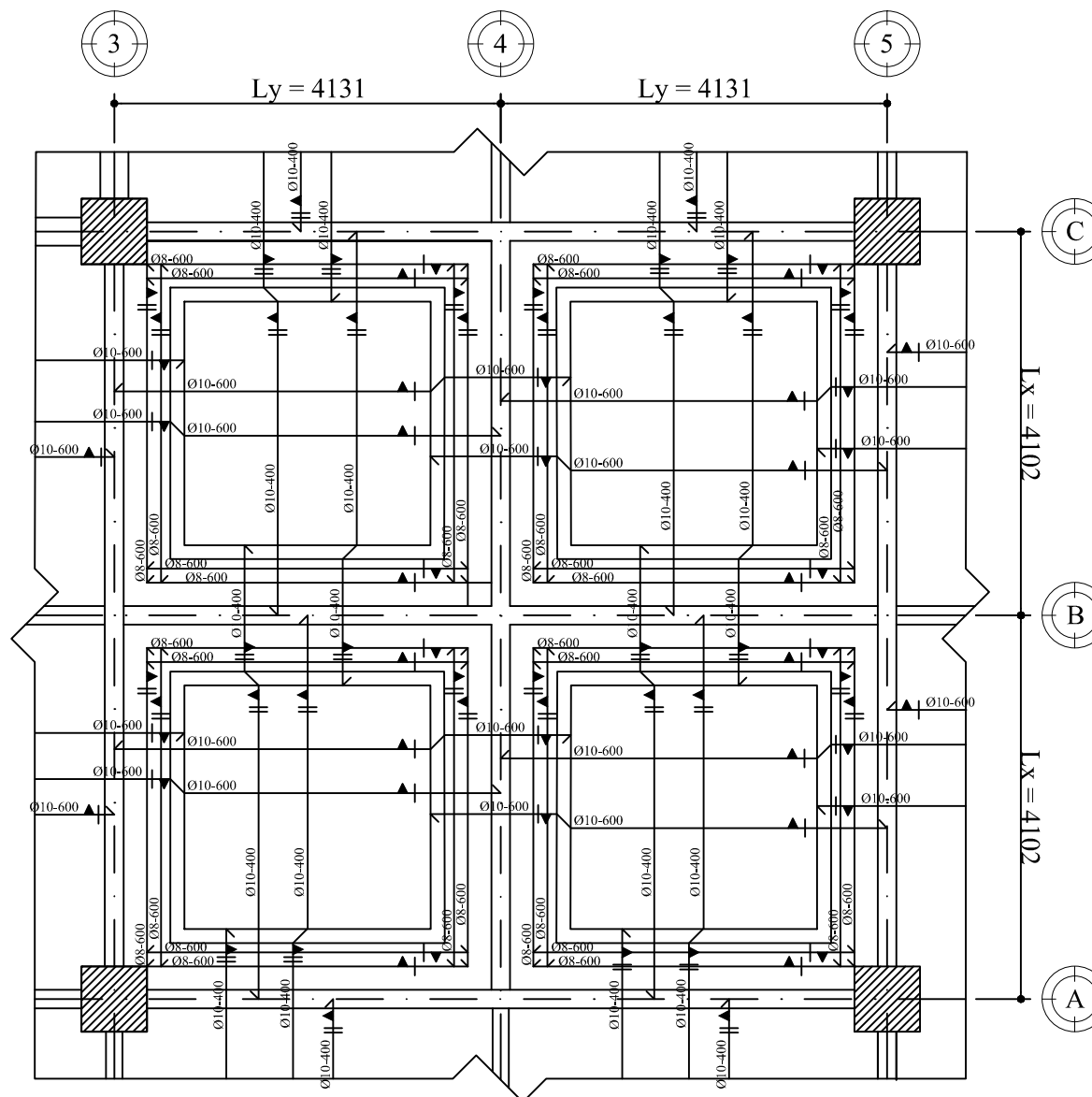
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

18

49



- ▲ | ▽ Atas no 1 dari atas
- ▲ | ▽ Atas no 2 dari atas
- ▲ | ▽ Bawah no 1 dari bawah
- ▲ | ▽ Bawah no 2 dari bawah

**Detail Pelat B Lantai Elv. 0 m**

SKALA 1 : 75

Tulangan	
Arah X	Arah Y
Ø10-200	Ø10-300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Detail Pelat C  
 Lantai Elv. 0 m

1 : 75

Kode

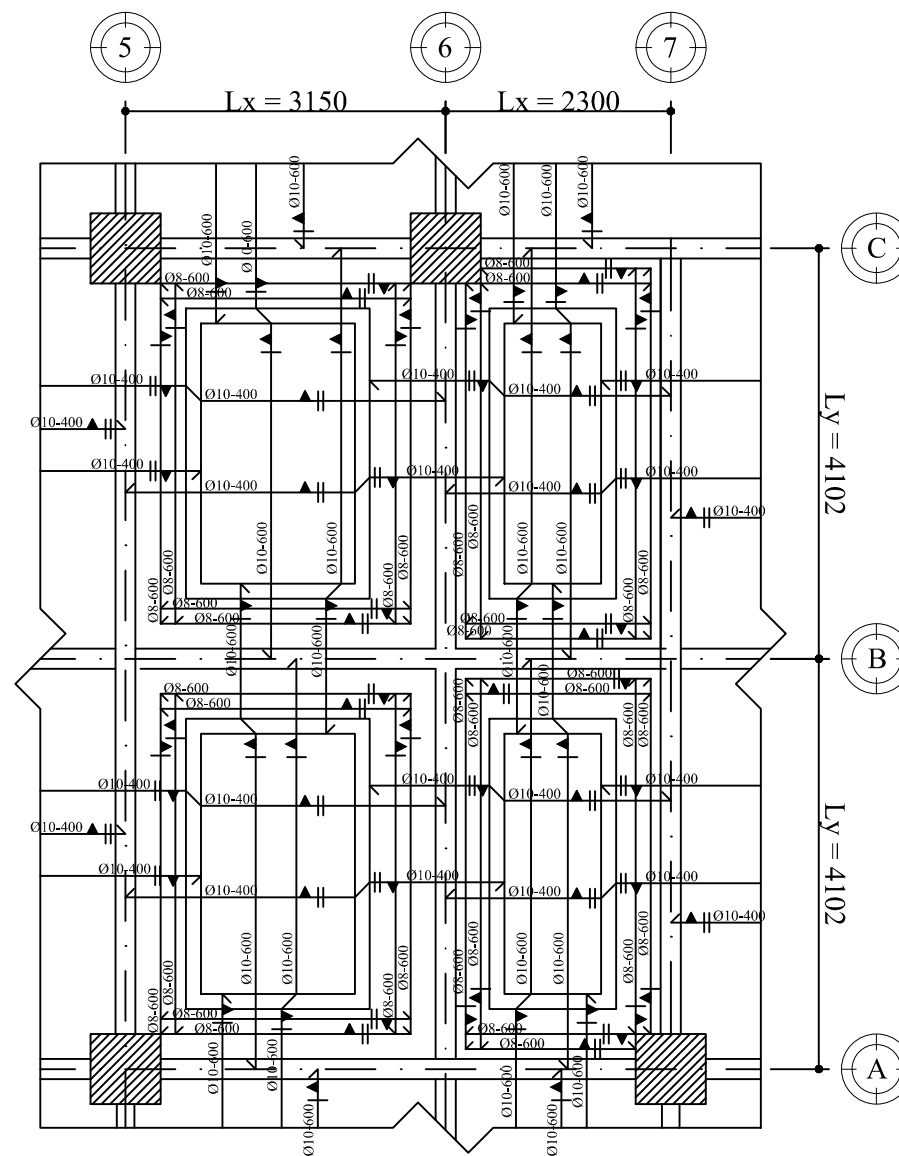
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

19

49



- ▴ ▾ Atas no 1 dari atas
- ▴ ▾ Atas no 2 dari atas
- ▴ ▾ Bawah no 1 dari bawah
- ▴ ▾ Bawah no 2 dari bawah

**Detail Pelat C Lantai Elv. 0 m**

SKALA 1 : 75

Tulangan	
Arah X	Arah Y
Ø10-200	Ø10-300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Detail Pelat D  
 Lantai Elv. 0 m

1 : 75

Kode

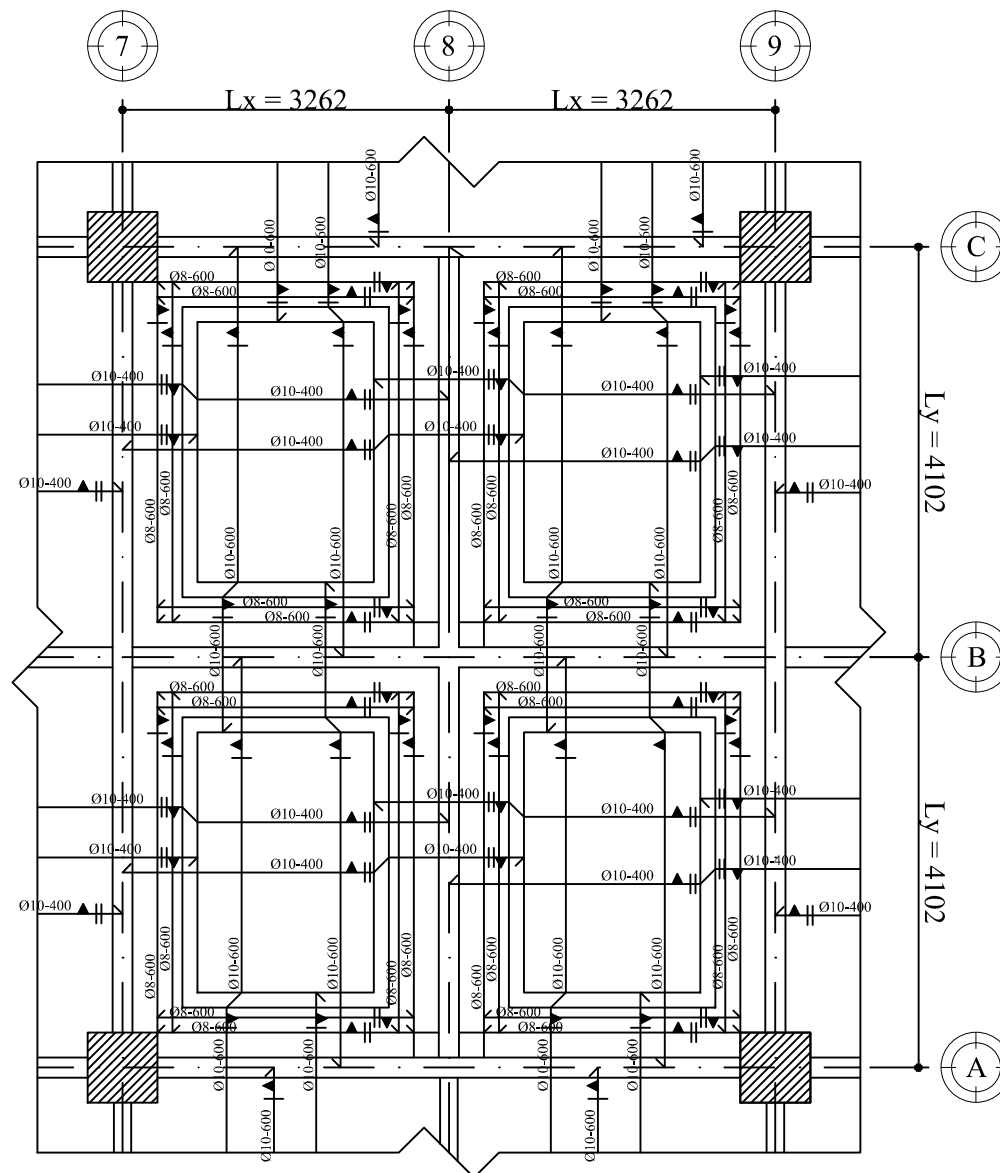
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

20

49



- ▲ ▼ Atas no 1 dari atas
- ▬ ▬ Atas no 2 dari atas
- ▲ ▼ Bawah no 1 dari bawah
- ▬ ▬ Bawah no 2 dari bawah

**Detail Pelat D Lantai Elv. 0 m**

SKALA 1 : 75

Tulangan	
Arah X	Arah Y
Ø10-200	Ø10-300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Detail Pelat E  
 Lantai Elv. 0 m

1 : 75

Kode

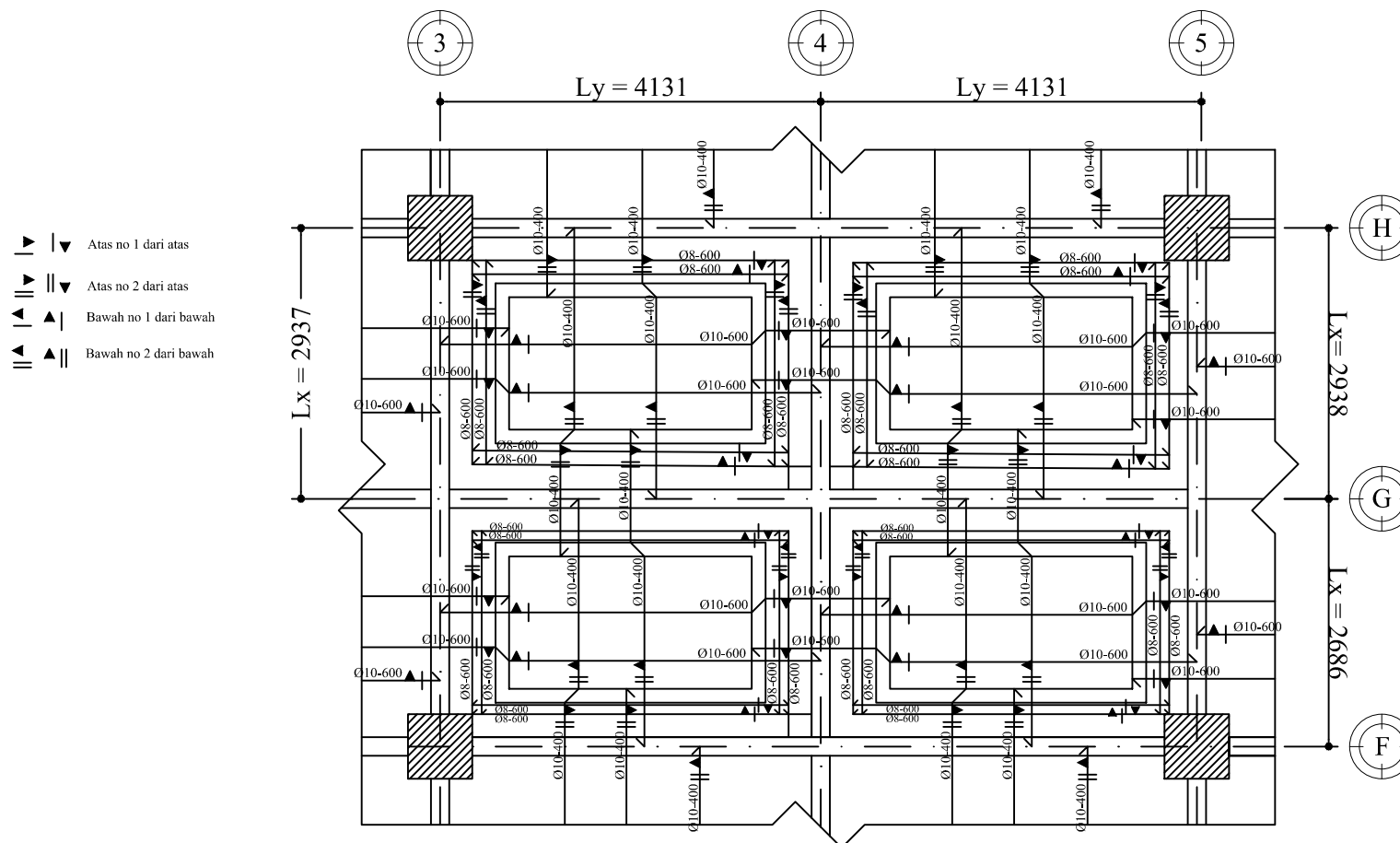
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

21

49



**Detail Pelat E Lantai Elv. 0 m**

SKALA 1 : 75

Tulangan	
Arah X	Arah Y
Ø10-200	Ø10-300



Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Detail Pelat F  
 Lantai Elv. 0 m

1 : 75

Kode

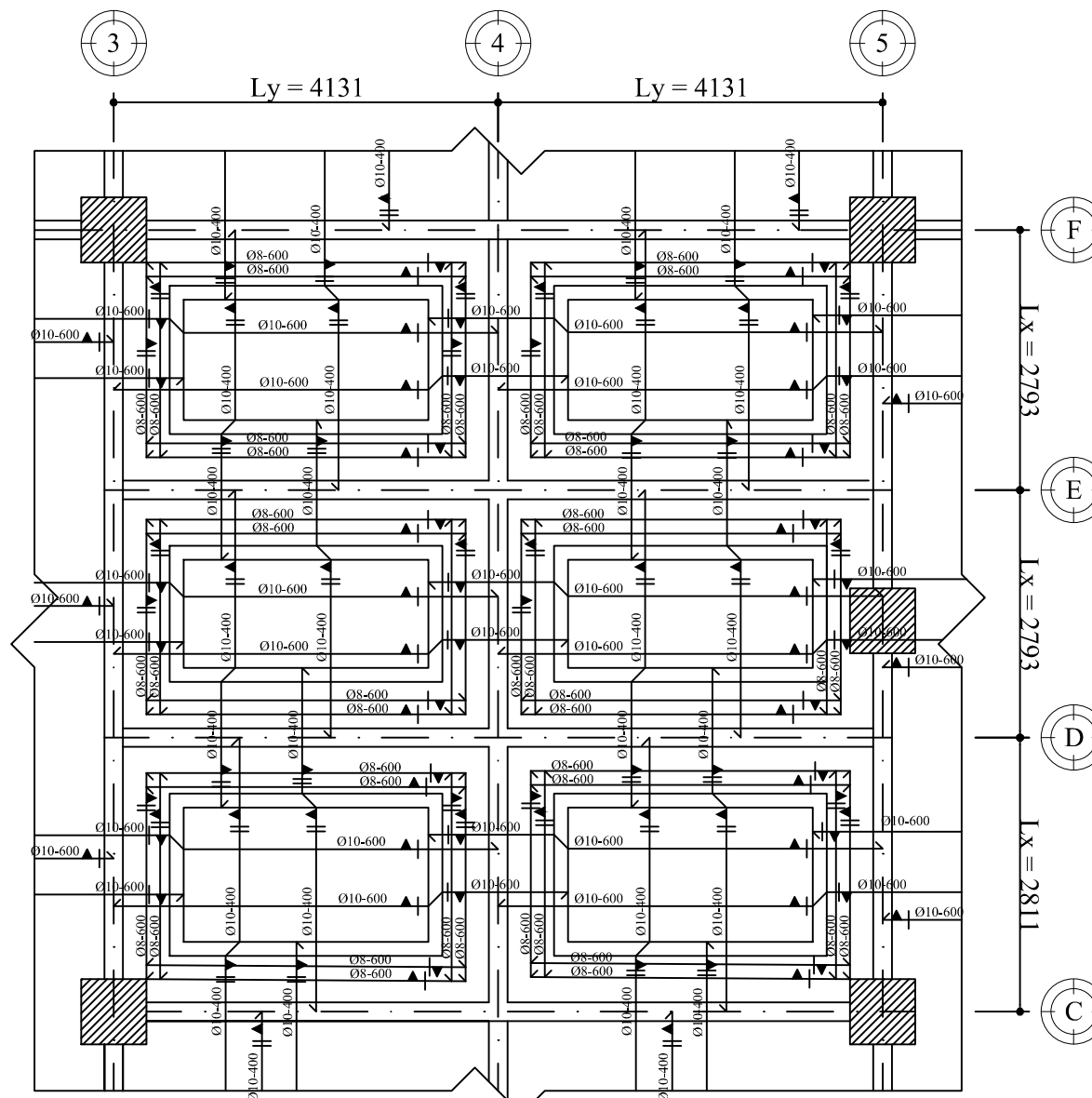
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

22

49



- ▲ ▽ Atas no 1 dari atas
- ▨ ▨ Atas no 2 dari atas
- ▲ ▽ Bawah no 1 dari bawah
- ▨ ▨ Bawah no 2 dari bawah

**Detail Pelat F Lantai Elv. 0 m**

SKALA 1 : 75

Tulangan	
Arah X	Arah Y
Ø10-200	Ø10-300





Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Detail Pelat G  
 Lantai Elv. 0 m

1 : 75

Kode

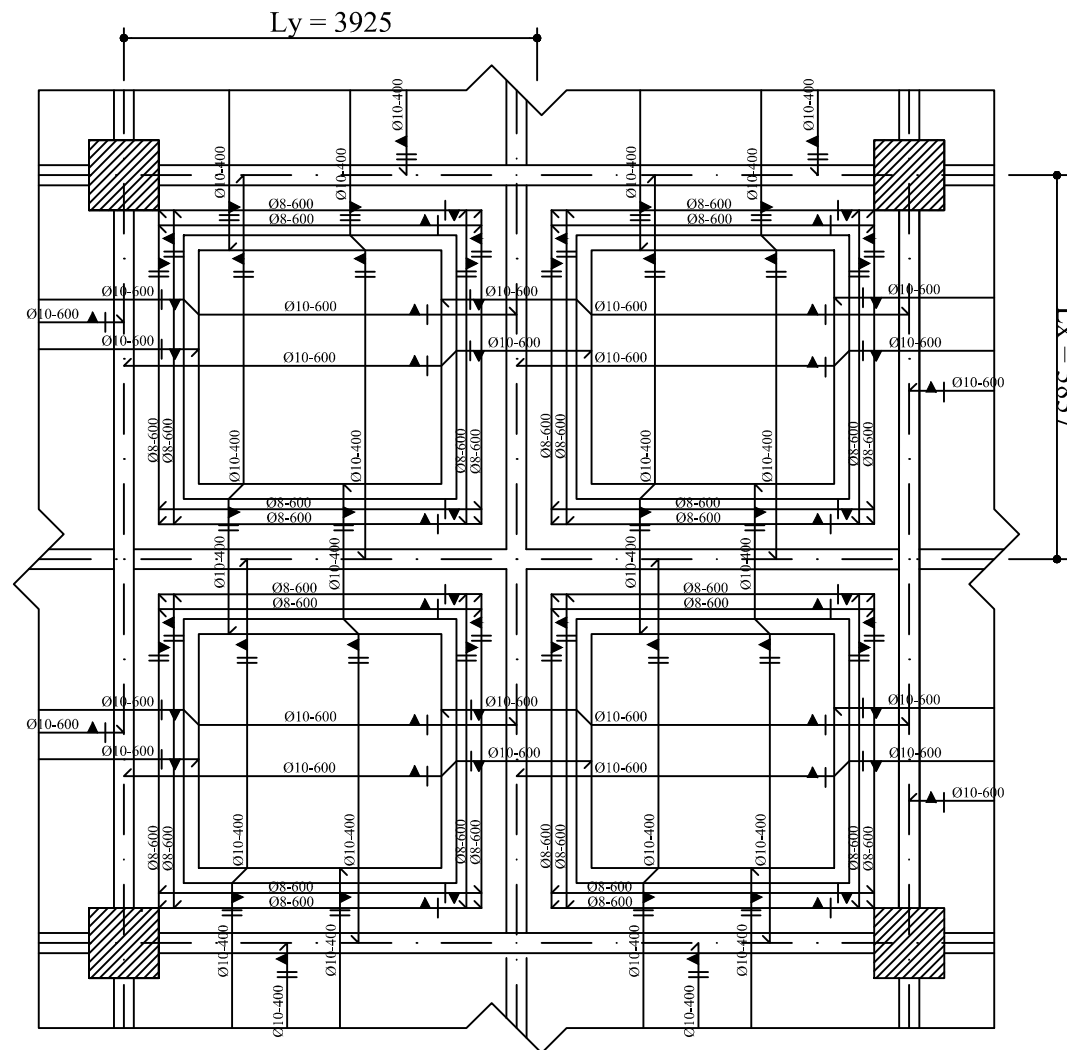
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

23

49



- ▲ | ▼ Atas no 1 dari atas
- || | ▼ Atas no 2 dari atas
- ▲ | ▲ Bawah no 1 dari bawah
- || | ▲ Bawah no 2 dari bawah

**Detail Pelat G Lantai Elv. 0 m**

SKALA 1 : 75

Tulangan	
Arah X	Arah Y
Ø10-200	Ø10-300



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Detail Pelat  
Basement  
Elv. -4,5 m

1 : 75

Kode

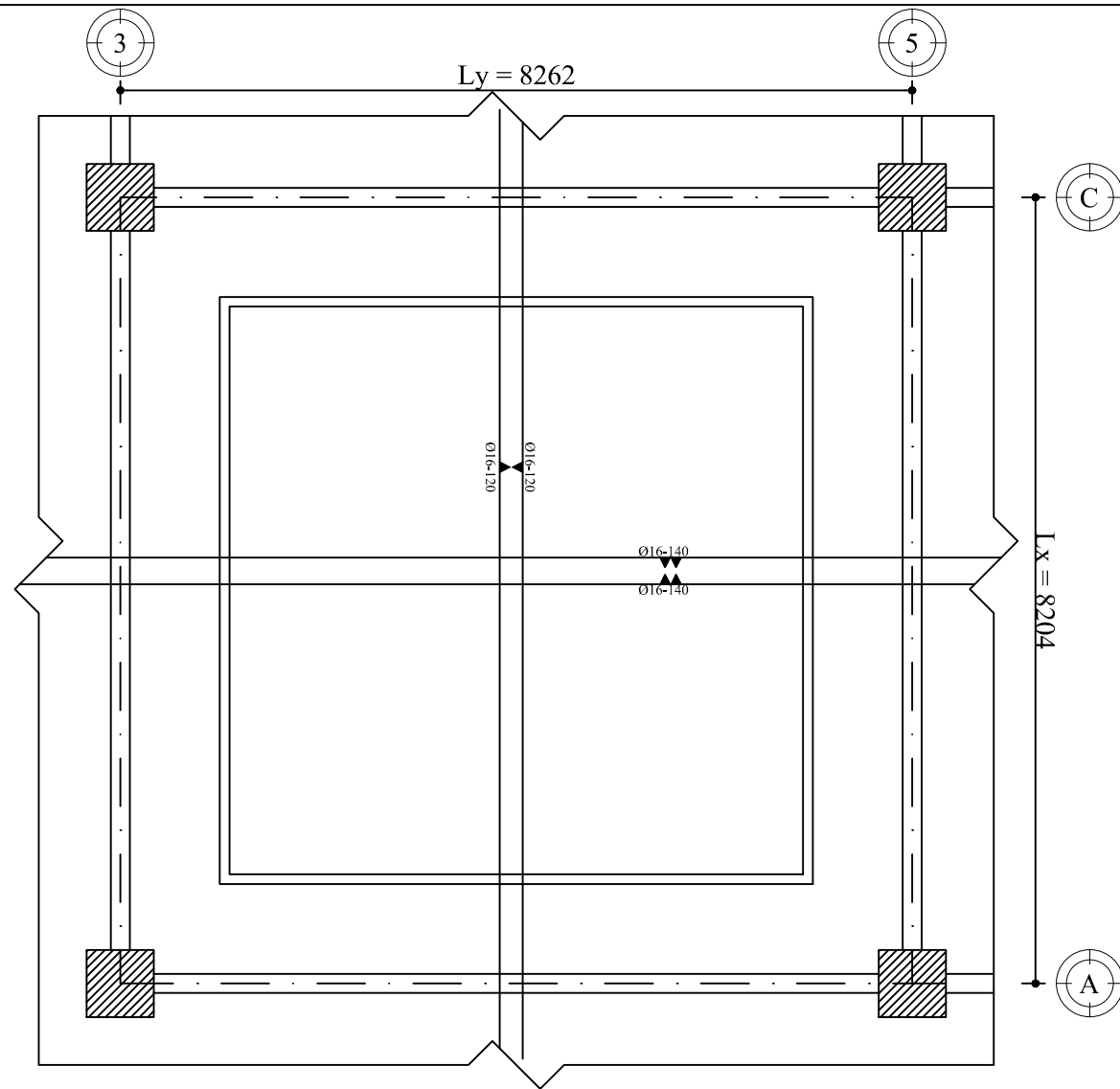
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

24

49



**Detail Pelat Basement Elv. -4,5 m**

SKALA 1 : 75

Tulangan	
Arah X	Arah Y
Ø16-60	Ø16-70



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Detail Pelat Bondek  
A Elv. 3,2 m

1 : 75

Kode

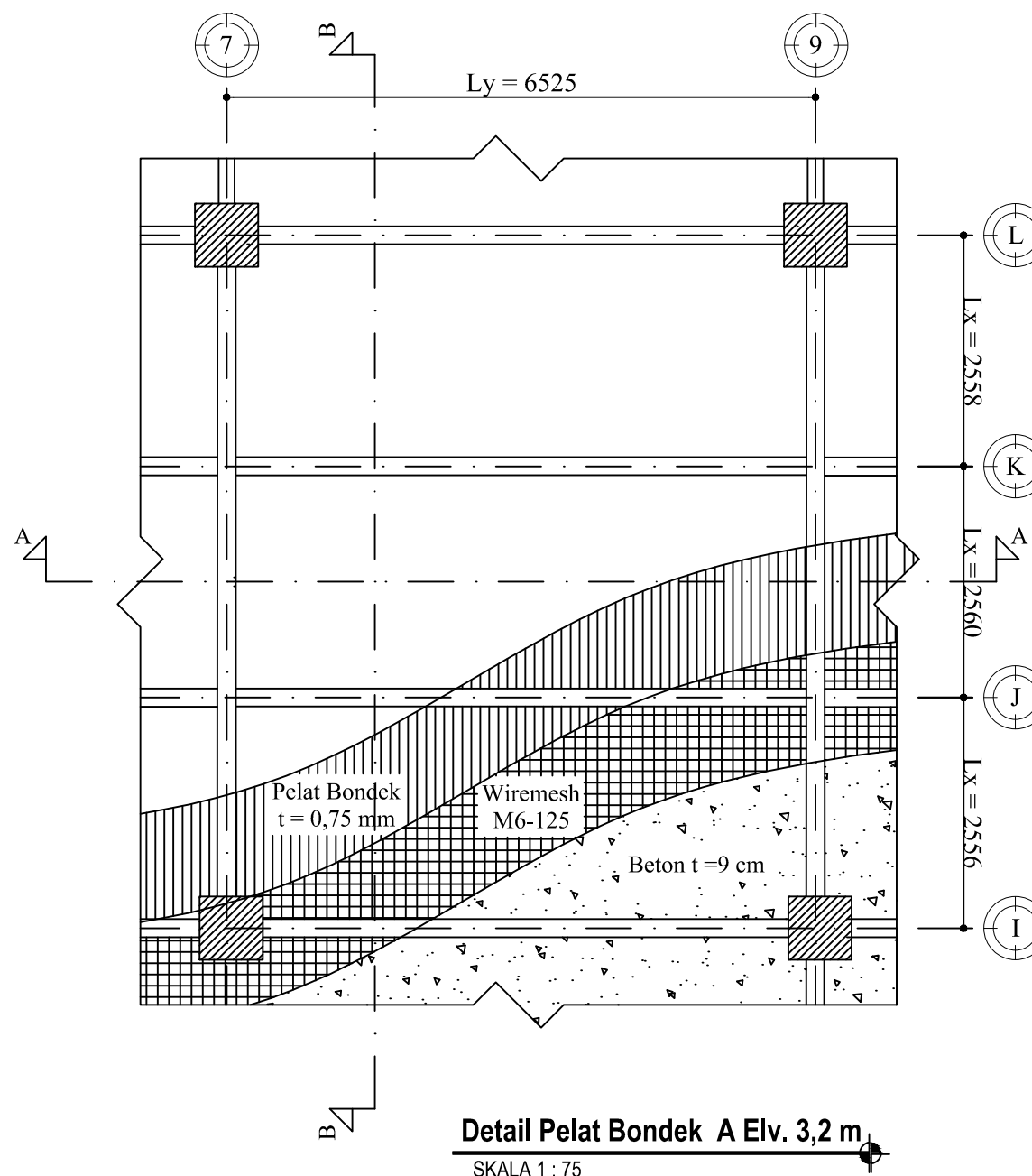
No  
Gambar

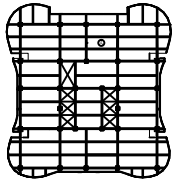
Jumlah  
Gambar

STR

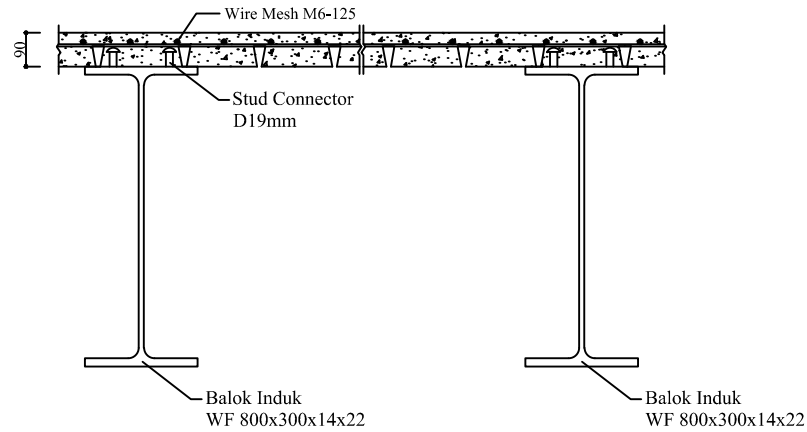
25

49



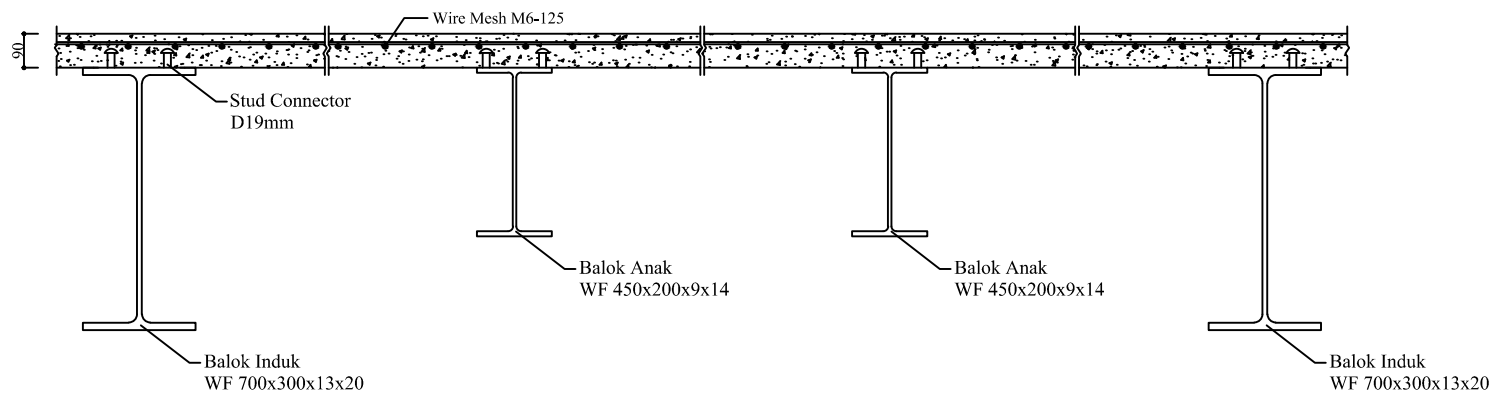


Lantai 2



**Potongan A - A Pelat Bondek**

SKALA 1 : 20



**Potongan B - B Pelat Bondek**

SKALA 1 : 20



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Potongan A-A Pelat  
Bondek

1 : 20

Potongan B-B Pelat  
Bondek

1 : 20

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

26

49



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Potongan Pelat  
Basement

1 : 10

Kode

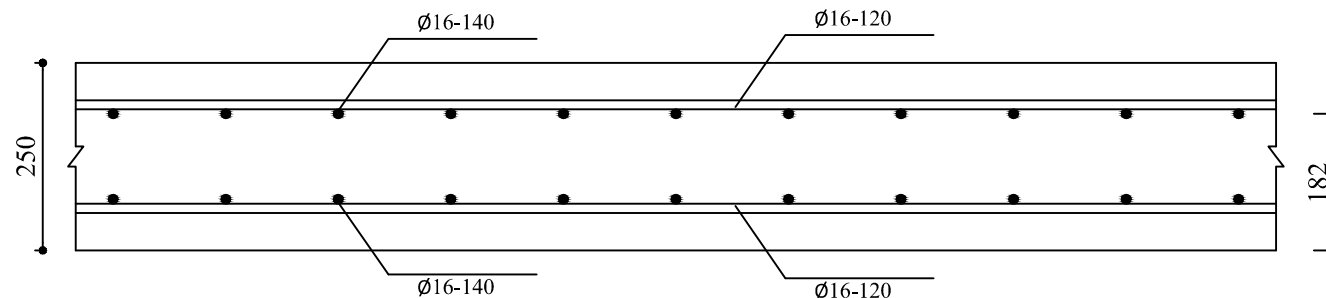
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

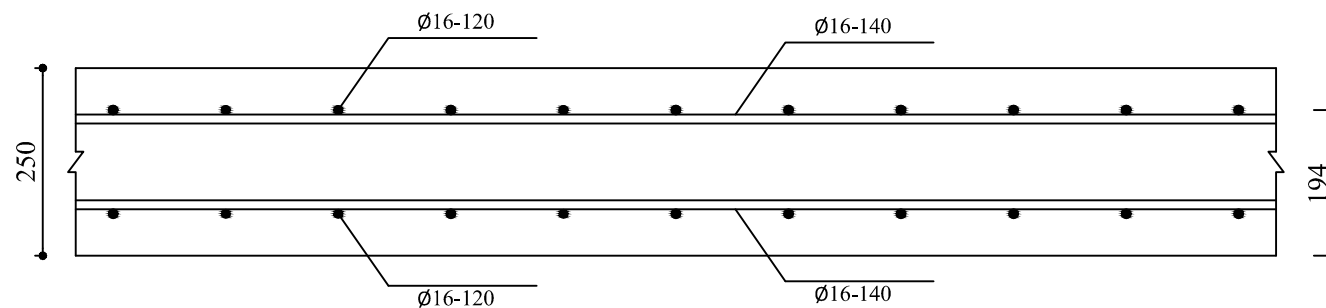
STR

27

49



**Potongan Pelat Basement Y**  
SKALA 1 : 10



**Potongan Pelat Basement X**  
SKALA 1 : 10



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Potongan Pelat  
Lantai

1 : 10

Kode

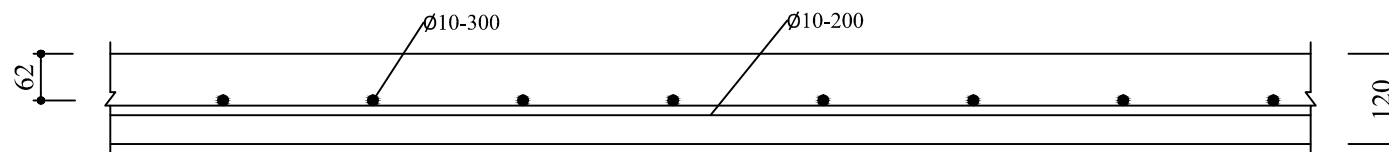
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

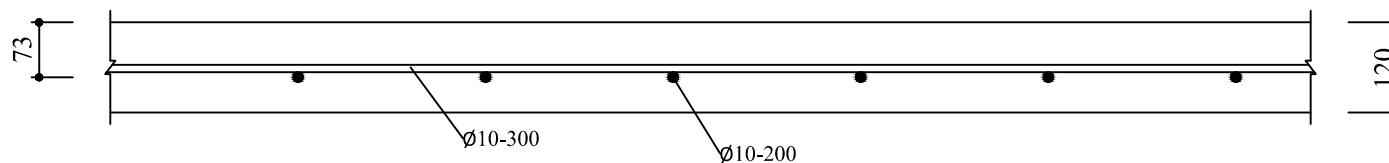
28

49



**Potongan Pelat Lantai Y**

SKALA 1 : 10



**Potongan Pelat Lantai X**

SKALA 1 : 10



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Penulangan Balok  
Induk Beton

1 : 40

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

29

49

NO. KODE	BBI 1		BBI 2		BBI 3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	400 x 700		400 x 600		300 x 500	
DIMENSI	400 x 700		400 x 600		300 x 500	
PENAMPANG						
TULANGAN ATAS	4 D25	2 D25	2 D25	2 D25		2 D25
TULANGAN TENGAH	2 D25		2 D25		2 D25	
TULANGAN BAWAH	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
SENGKANG	D13 - 150	D13 - 300	D13 - 150	D13 - 300	D13 - 150	D13 - 300

**Penulangan Balok Induk Beton**

SKALA 1 : 40





Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Penulangan Balok  
Anak Beton

1 : 40

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

30

49

NO. KODE	BBA 1		BBA 2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 x 450		300 x 400	
PENAMPANG				
TULANGAN ATAS	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
TULANGAN TENGAH	-		-	
TULANGAN BAWAH	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
SENGKANG	D13 - 180	D13 - 300	D13 - 180	D13 - 300

**Penulangan Balok Anak Beton**

SKALA 1 : 40







Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

Aniendhita Rizki Amalia, ST., MT

Keterangan

Nama Mahasiswa

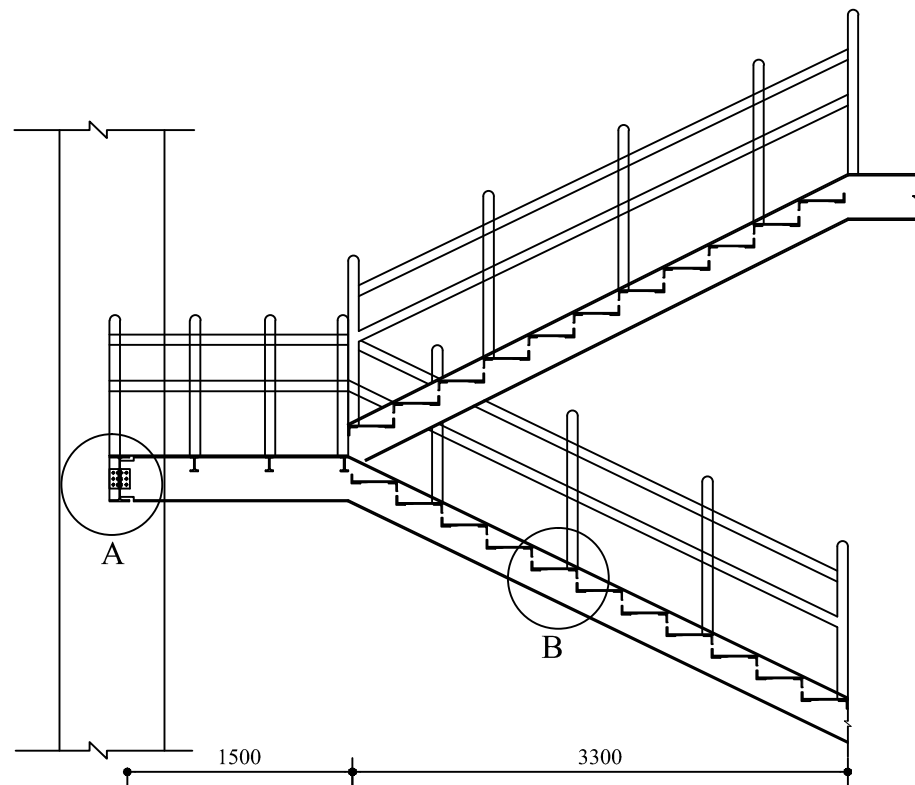
Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar      Skala

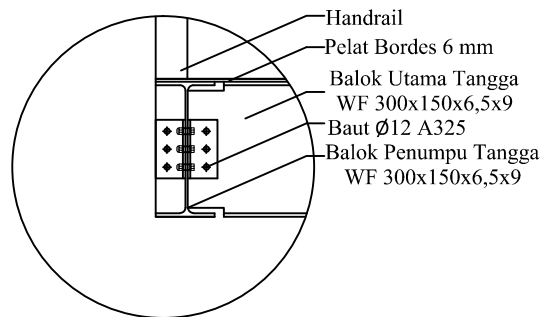
Pembalokan Tangga	1:50
Potongan A-A	1:50
Detail A	1:15
Detail B	1:15

Kode      No Gambar      Jumlah Gambar

STR	31	49
-----	----	----

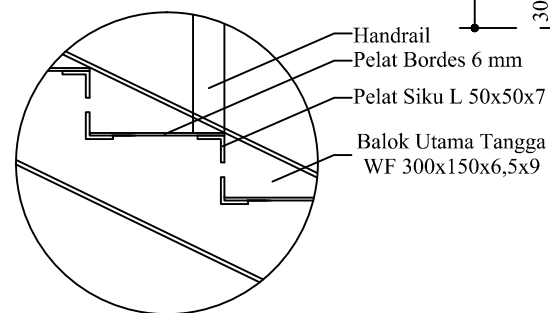


**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 50

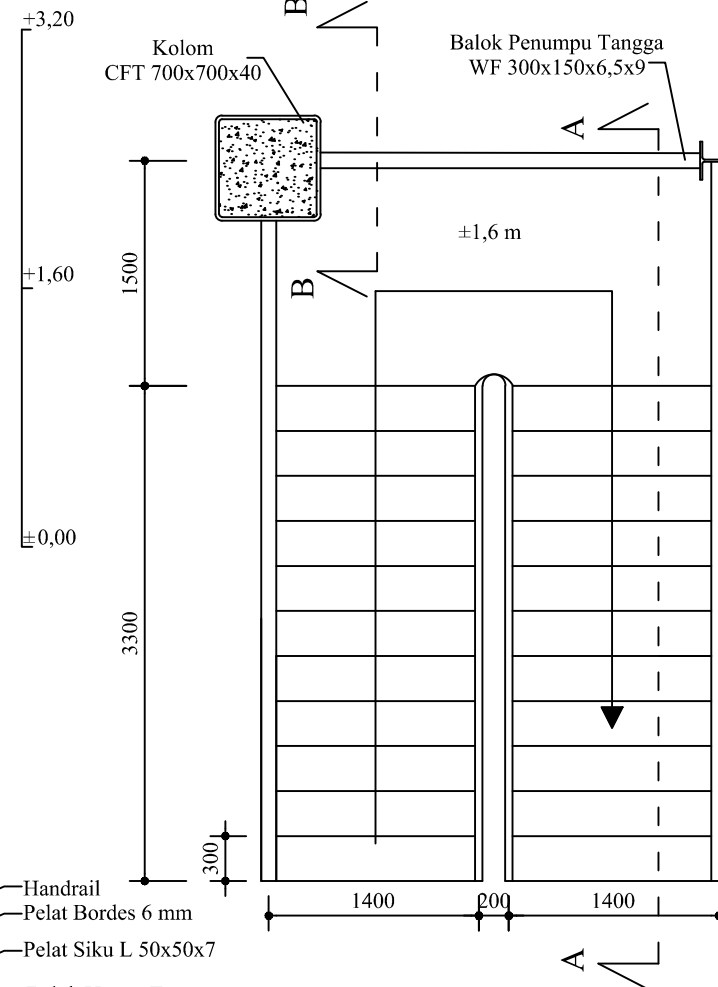


**Detail A-A**  
SKALA 1:15

- Handrail
- Pelat Bordes 6 mm
- Balok Utama Tangga  
WF 300x150x6,5x9
- Baut Ø12 A325
- Balok Penumpu Tangga  
WF 300x150x6,5x9

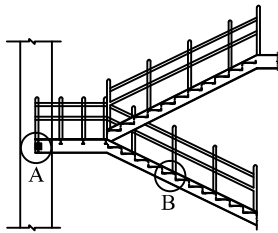


**Detail B-B**  
SKALA 1:15



**Pembalokan Tangga**  
SKALA 1 : 50

- Kolom  
CFT 700x700x40
- Balok Penumpu Tangga  
WF 300x150x6,5x9



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Potongan B-B

1 : 15

Potongan C-C

1 : 15

Kode

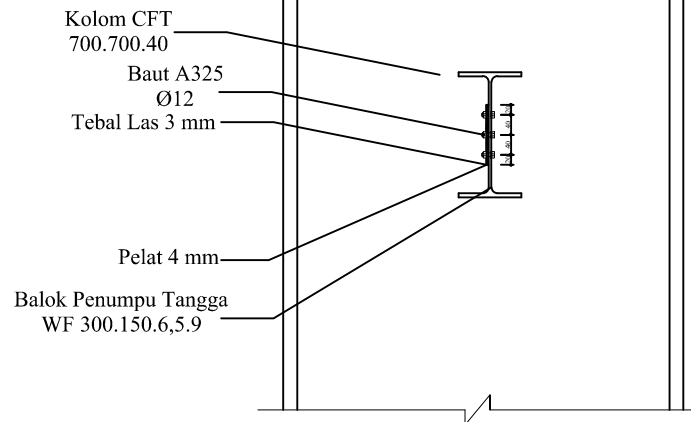
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

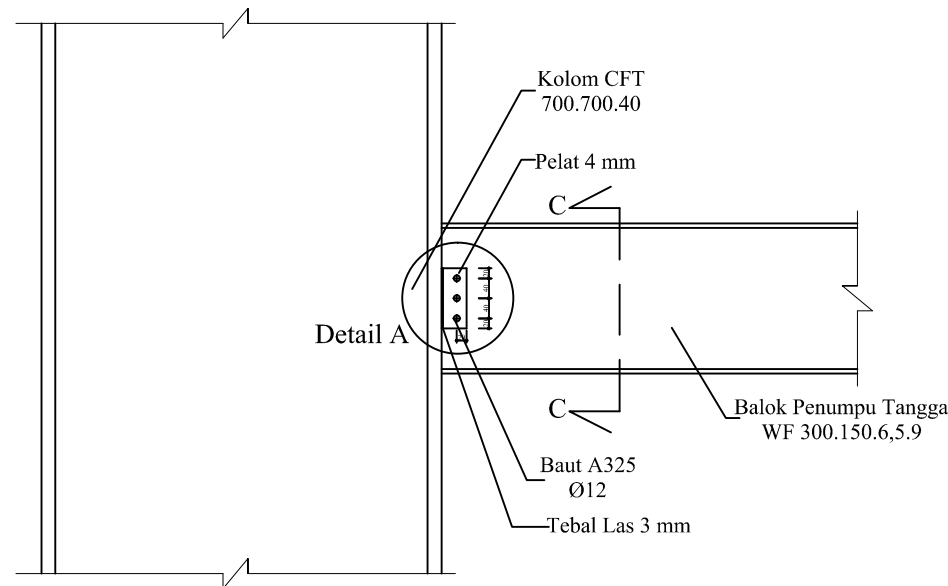
STR

32

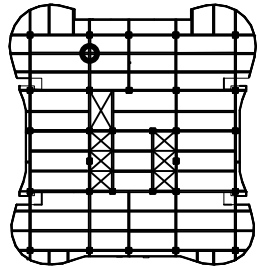
49



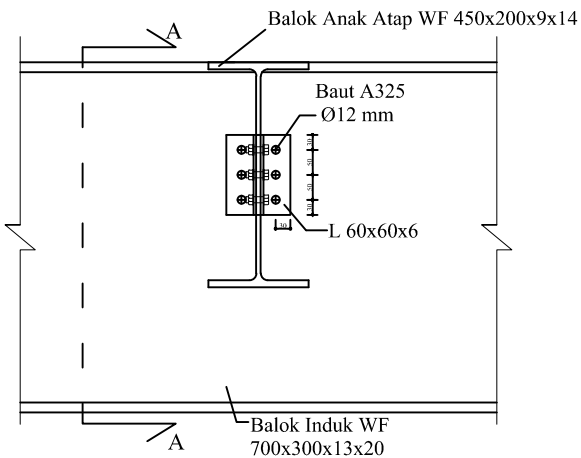
**Potongan C-C**  
SKALA 1 : 15



**Potongan B-B**  
SKALA 1 : 15

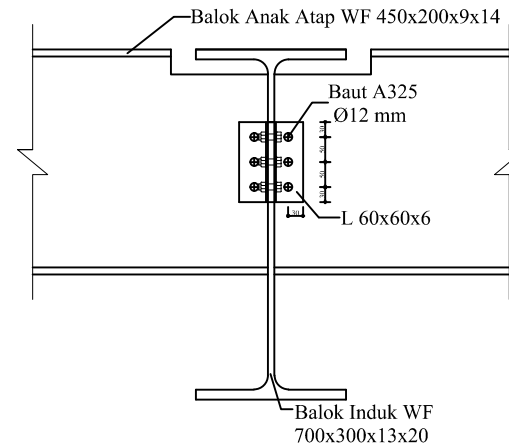


Lantai Atap



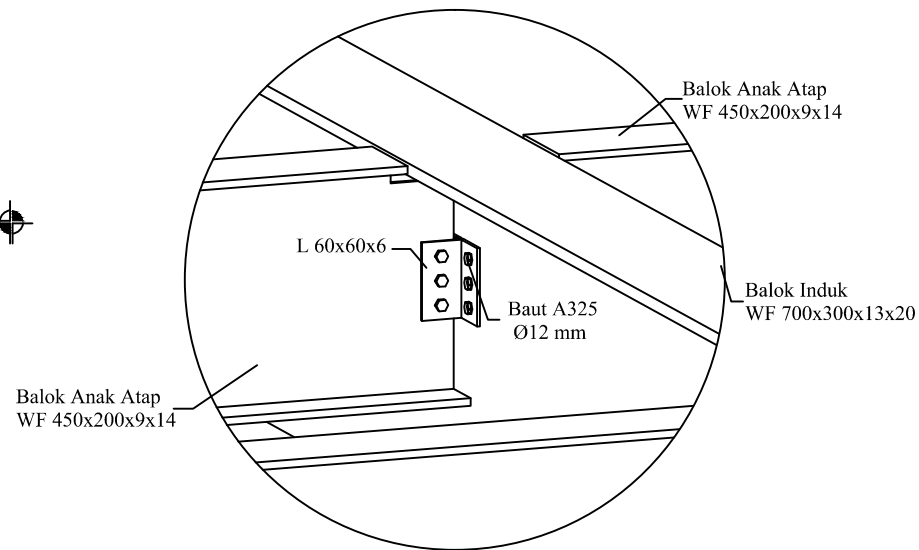
**Sambungan Balok Anak Atap ke Balok Induk**

SKALA 1 : 10



**Potongan A-A**

SKALA 1 : 10



**3D View**

SKALA : NTS



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Sambungan Balok  
Anak Atap ke Balok  
Induk

1 : 15

Potongan A-A

1 : 15

3D View

NTS

Kode

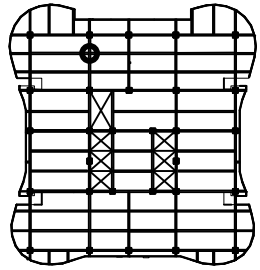
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

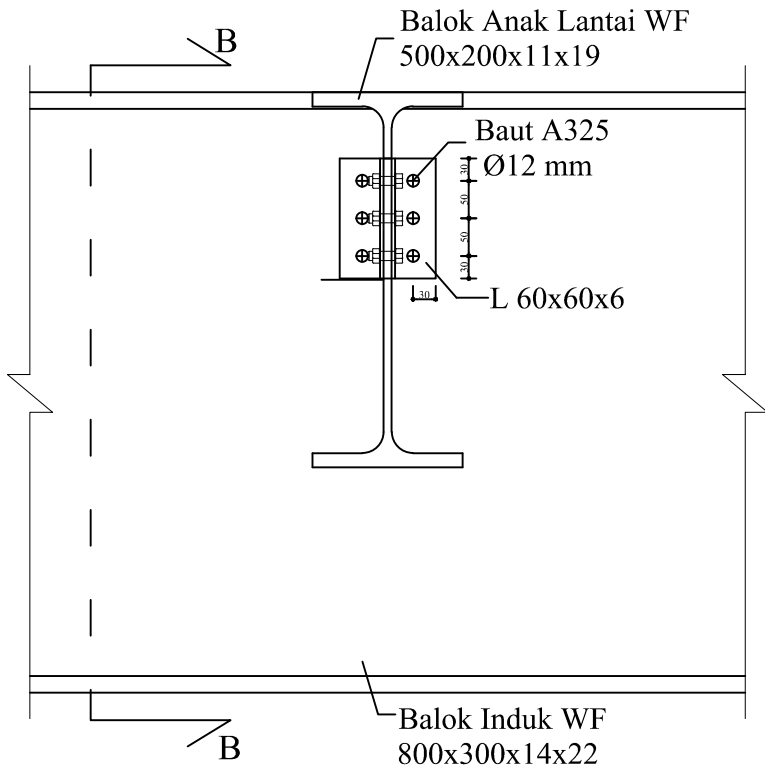
STR

33

49

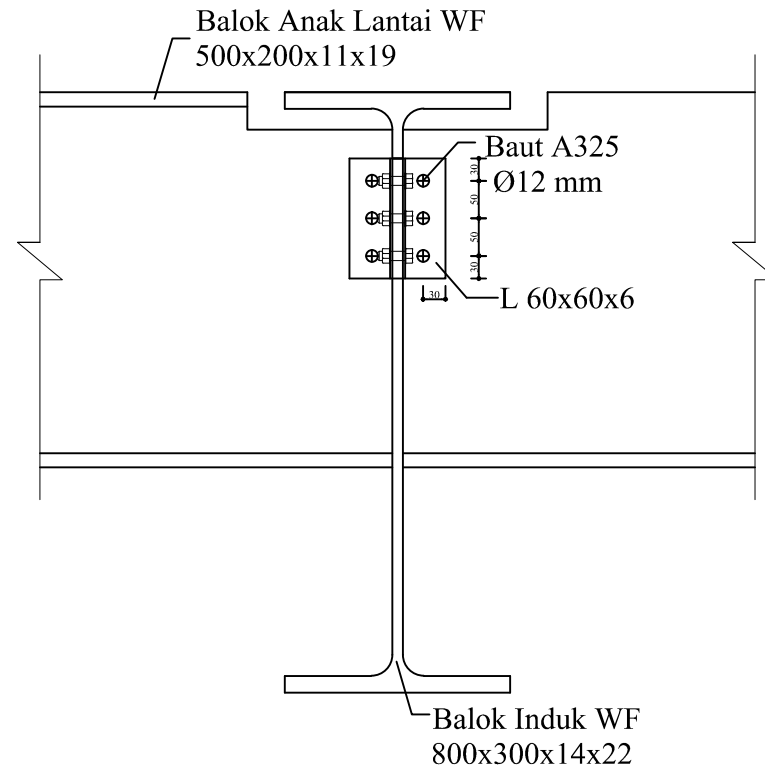


Lantai 2



**Sambungan Balok Anak Lantai ke Balok Induk**

SKALA 1 : 10



**Potongan B-B**

SKALA 1 : 10



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Sambungan Balok  
Anak Lantai ke  
Balok Induk

1 : 10

Potongan A-A

1 : 10

Kode

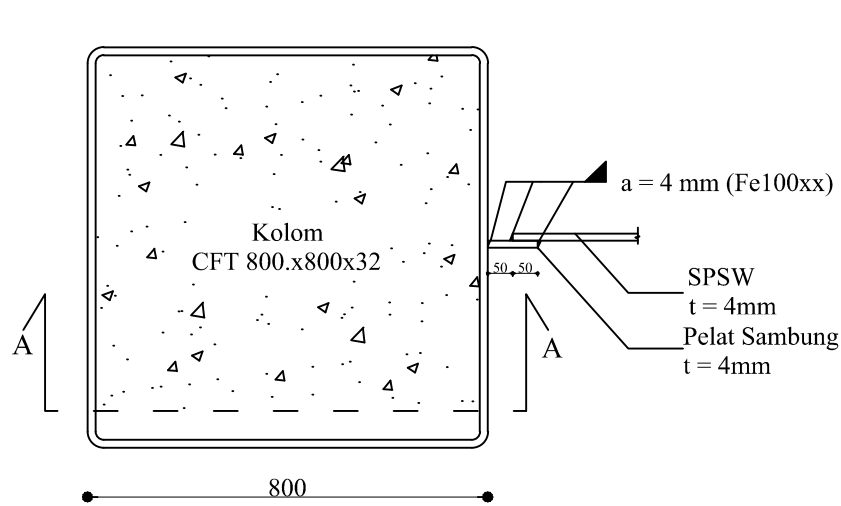
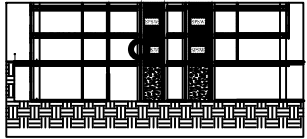
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

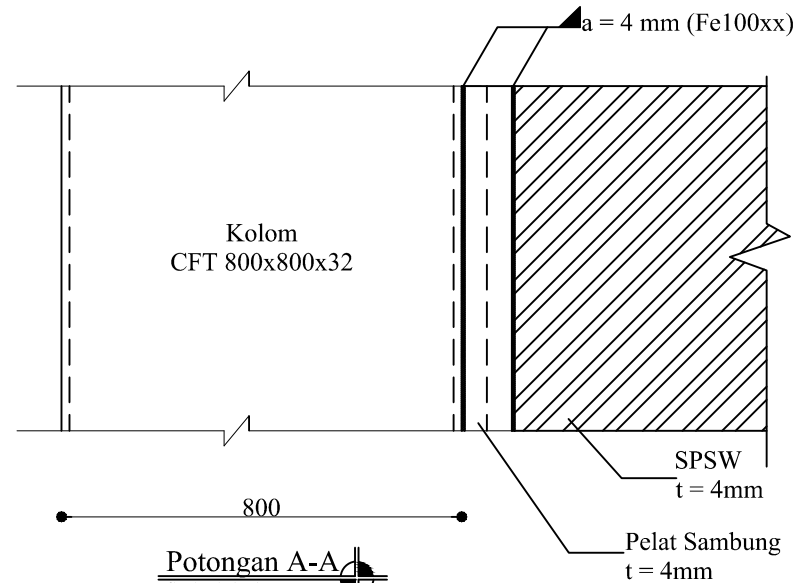
STR

34

49



**Sambungan VBE dan SPSW**  
SKALA 1 : 15



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 15



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Sambungan VBE  
dan SPSW

1 : 15

Potongan A-A

1 : 15

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

35

49



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Sambungan HBE  
dan SPSW

1 : 15

Potongan A-A

1 : 15

Kode

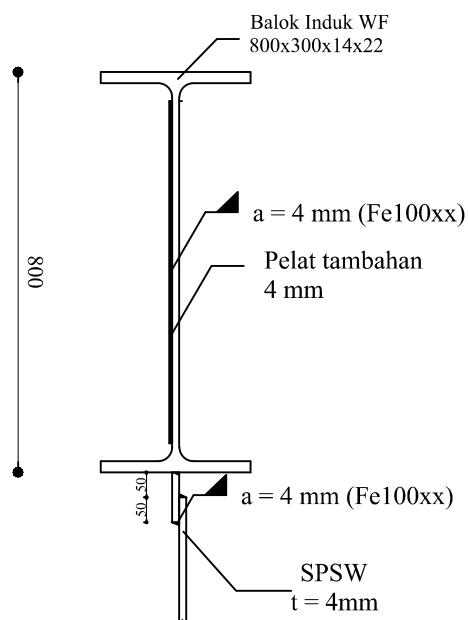
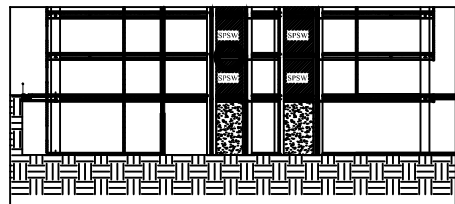
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

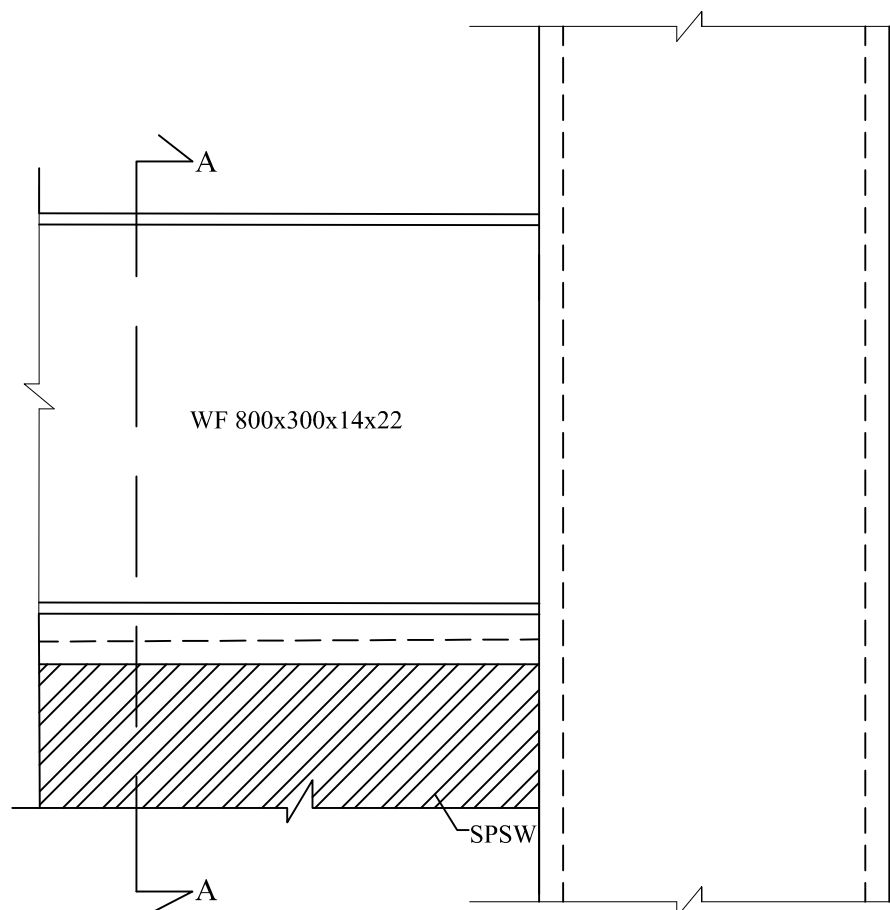
STR

36

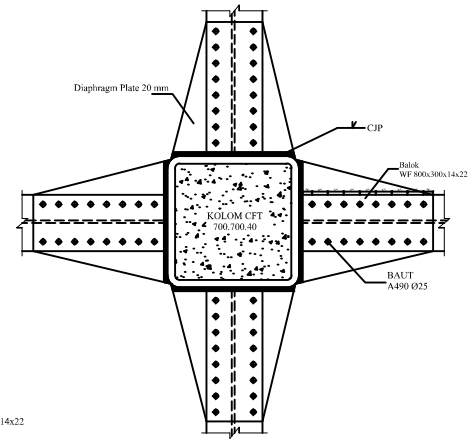
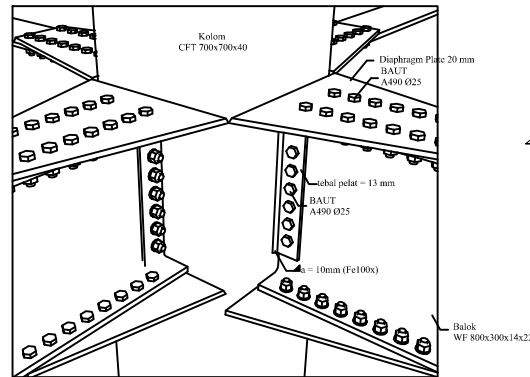
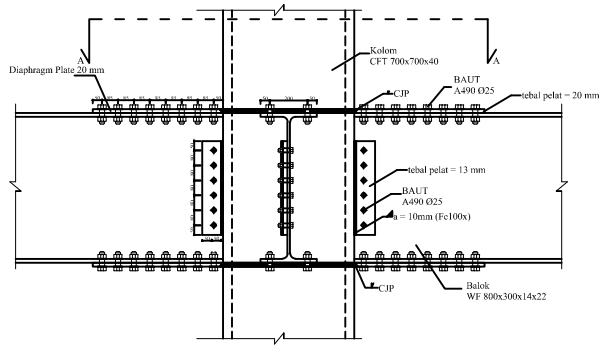
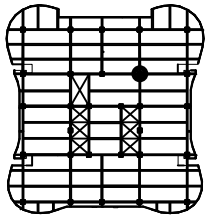
49



Potongan A-A  
SKALA 1 : 15



Sambungan HBE dan SPSW  
SKALA 1 : 15



Sambungan Balok Induk-Kolom

SKALA 1 : 40

3D View

SKALA : NTS

Potongan A-A

SKALA 1 : 40



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Sambungan Balok  
Induk-Kolom

1 : 40

Potongan A-A

1 : 40

3D View

NTS

Kode

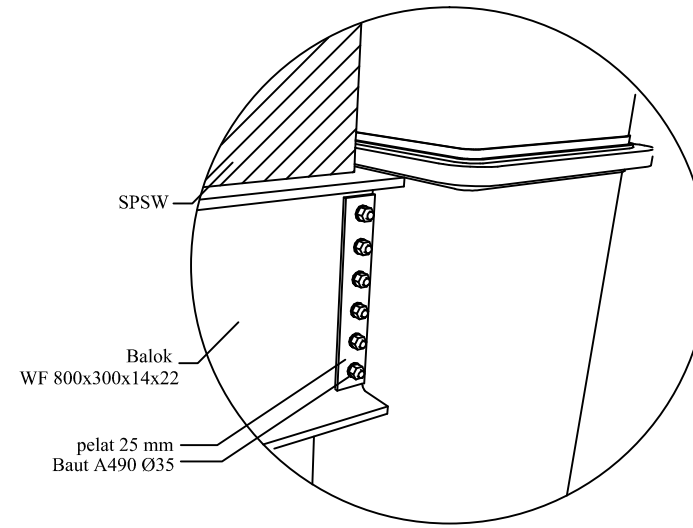
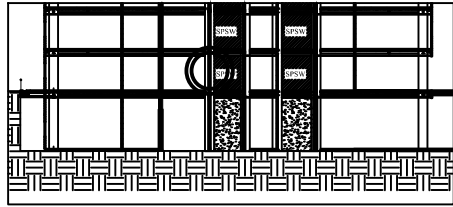
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

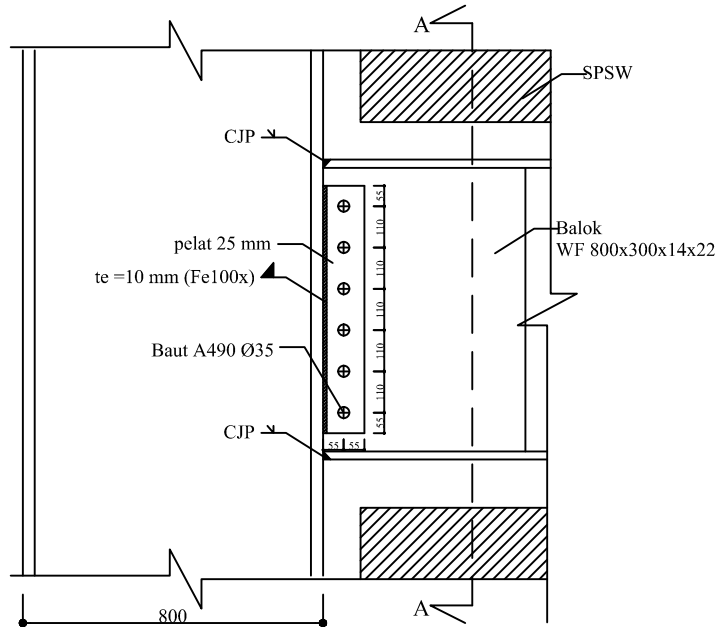
STR

37

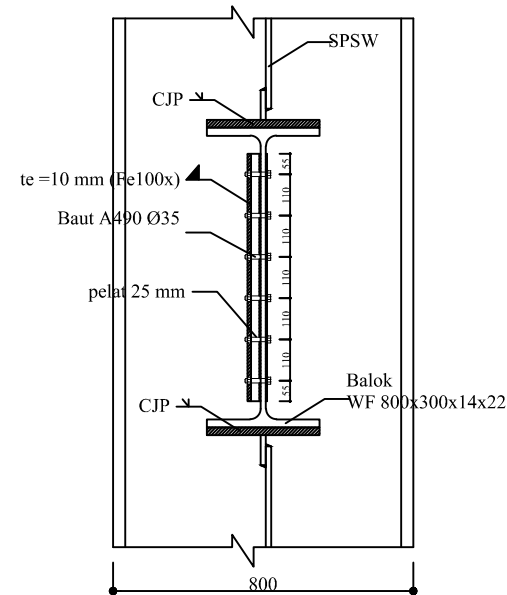
49



3D View  
SKALA: NTS



Sambungan HBE dan VBE  
SKALA: 1:20



Potongan A-A  
SKALA: 1:20



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Sambungan HBE  
dan VBE

1 : 20

Potongan A-A

1 : 20

3D View

NTS

Kode

No  
Gambar

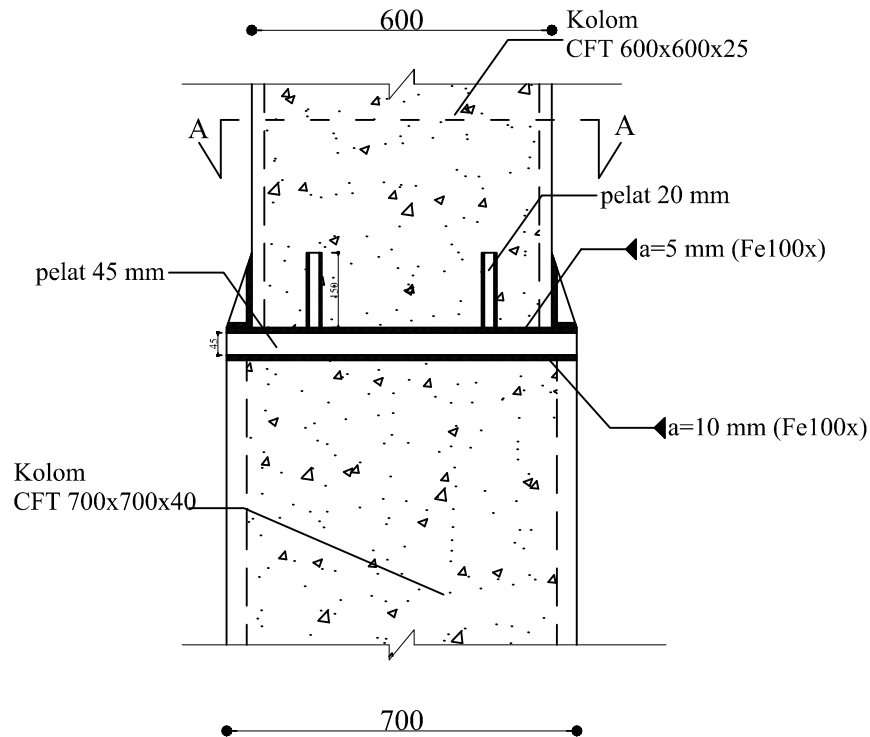
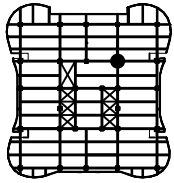
Jumlah  
Gambar

STR

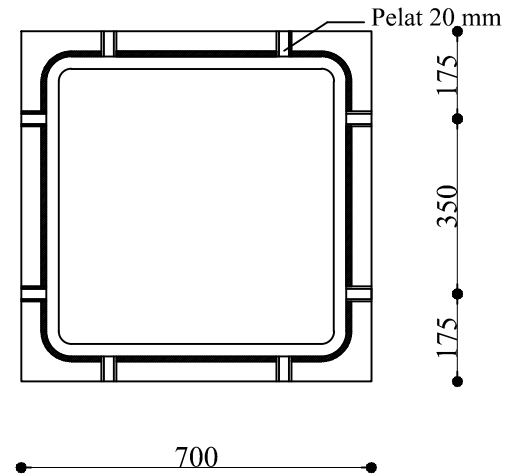
38

49

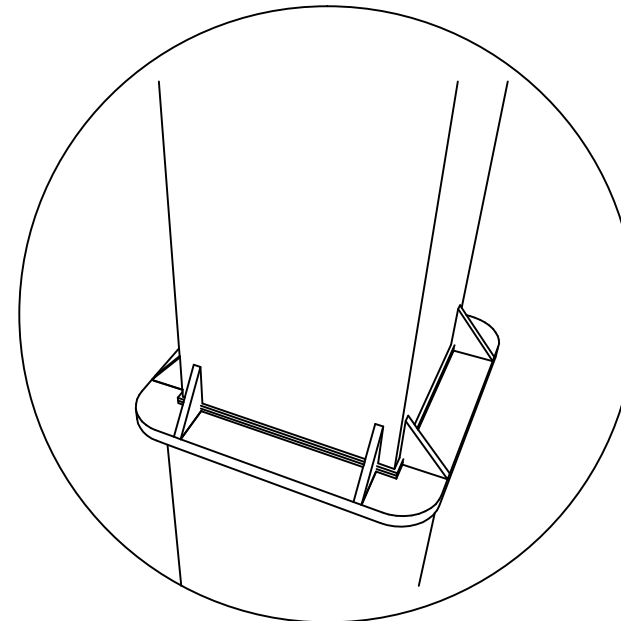




**Sambungan Antar Kolom Beda Dimensi**  
SKALA 1 : 15



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 15



**3D View**  
SKALA : NTS



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

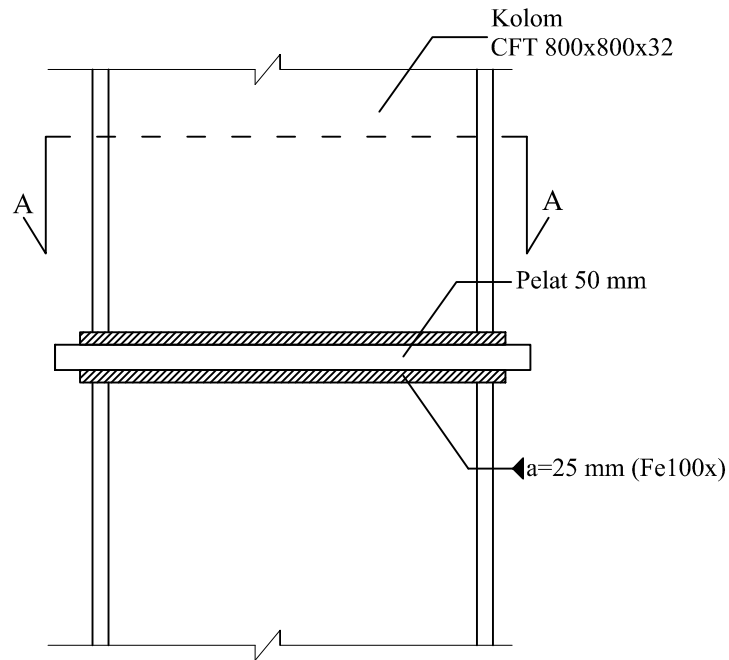
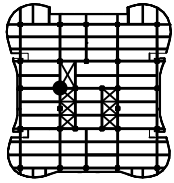
Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

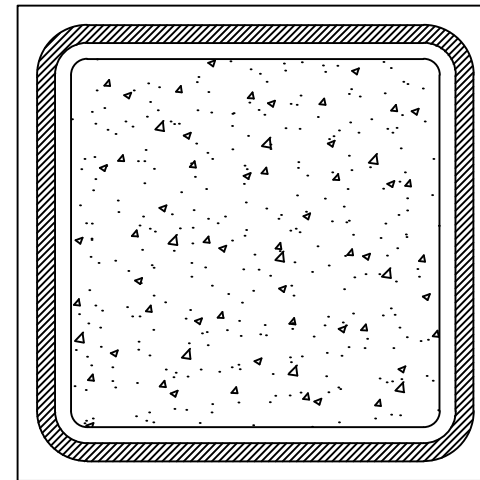
Nama Gambar	Skala
Sambungan Antar Kolom Beda Dimensi	1 : 15
Potongan A-A	1 : 15
3D View	NTS

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
STR	39	49



800

Sambungan Antar Kolom  
SKALA 1 : 15



950

Potongan A-A  
SKALA 1 : 15



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Sambungan Antar  
Kolom

1 : 15

Potongan A-A

1 : 15

Kode

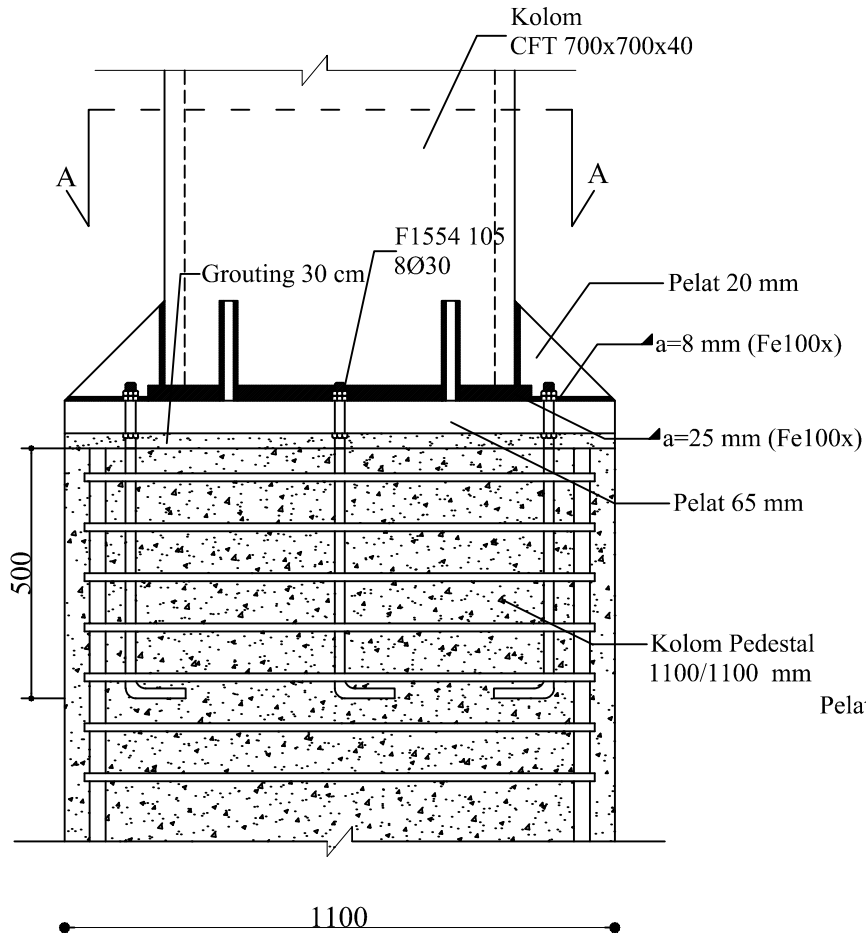
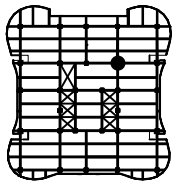
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

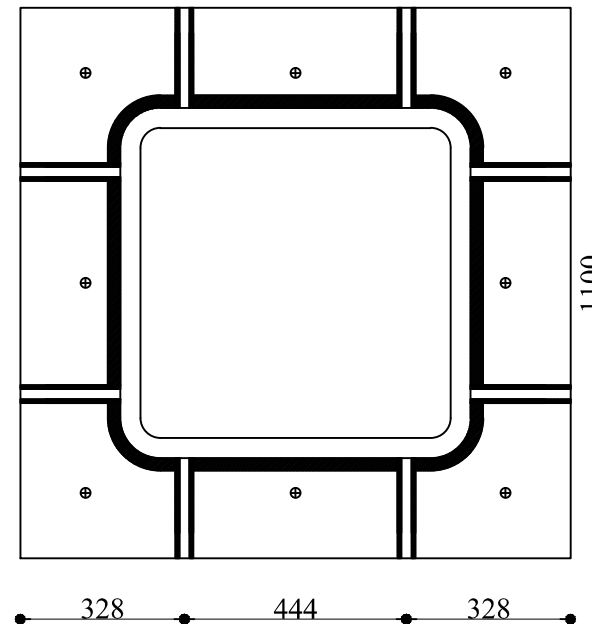
STR

40

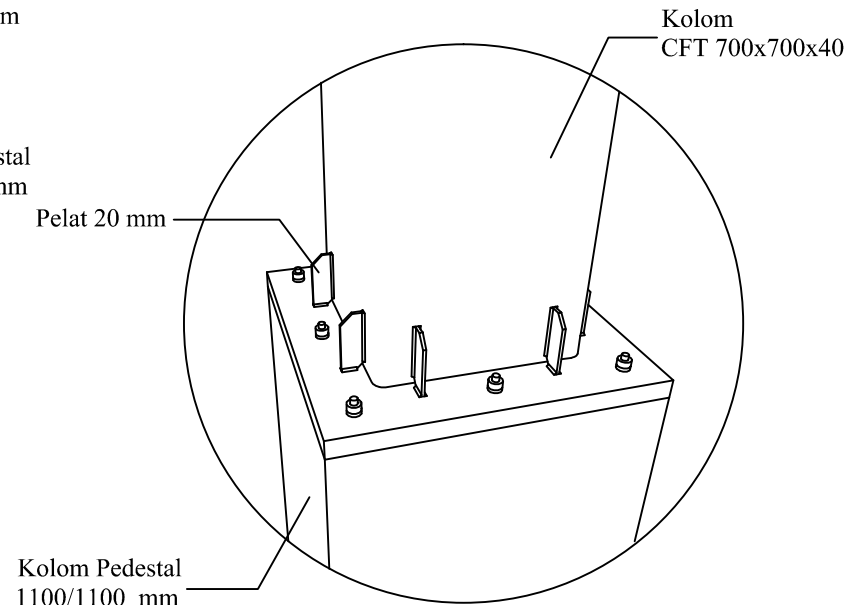
49



**Sambungan Base Plate**  
SKALA 1 : 15



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 15



**3D View**  
SKALA : NTS



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Sambungan Base  
Plate

1 : 15

Potongan A-A

1 : 15

3D View

NTS

Kode

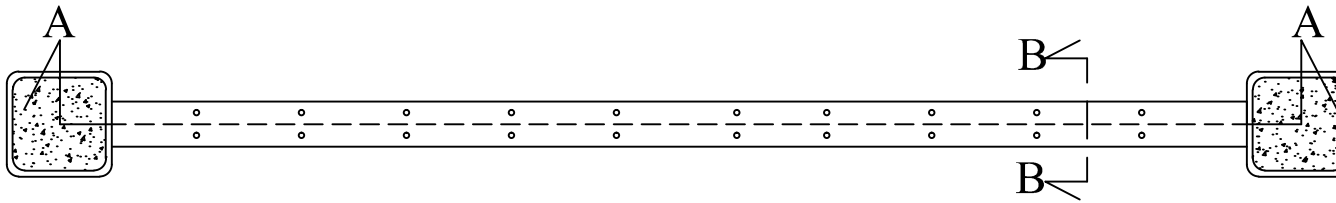
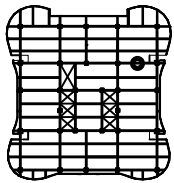
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

41

49



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar

Skala

Detail Balok Induk  
Memanjang

1 : 10

Potongan A-A

1 : 10

Potongan B-B

1 : 10

Kode

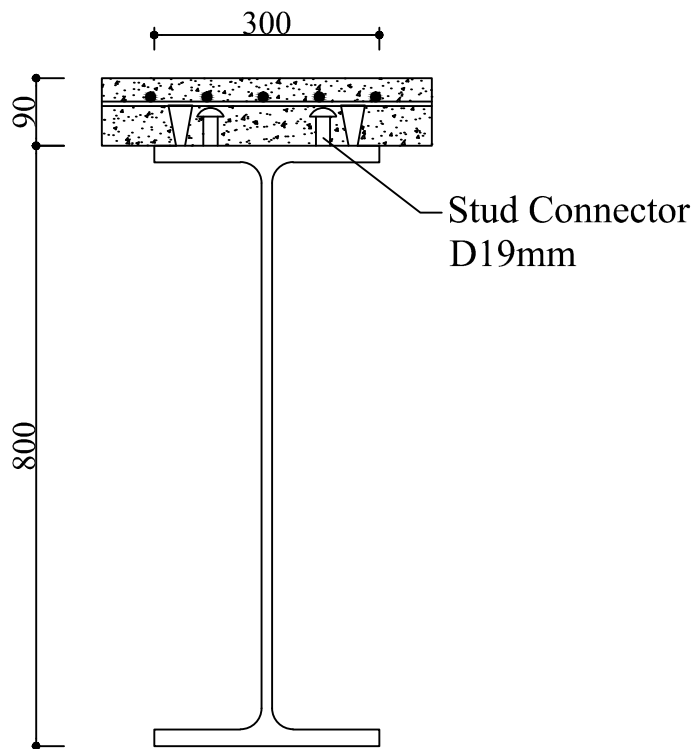
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

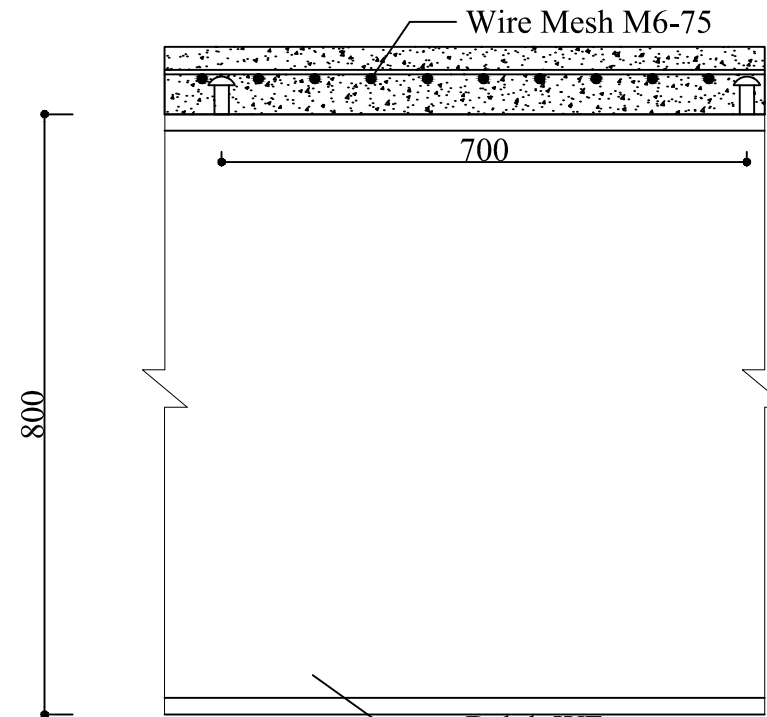
42

49



**Potongan B-B**

SKALA 1 : 10



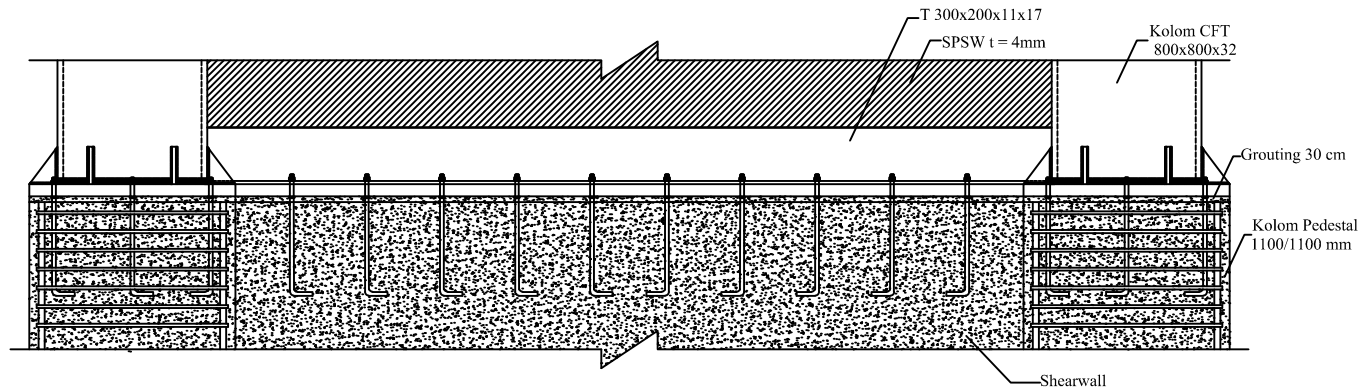
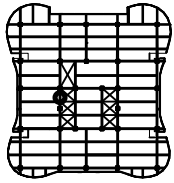
**Potongan A-A**

SKALA 1 : 10

Balok WF  
800x300x14x22

**Detail Balok Induk Memanjang**

SKALA 1 : 10



**Sambungan SPSW Lantai 1**  
SKALA 1 : 40



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Sambungan SPSW  
Lantai 1

1 : 40

Kode

No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

43

49



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
03111640000024

Nama Gambar	Skala
-------------	-------

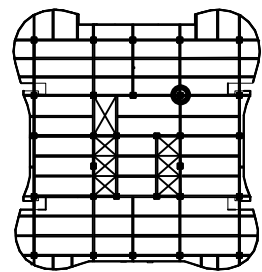
Tampak Atas Hubungan Balok Kolom	1 : 75
----------------------------------	--------

Potongan A-A	1 : 75
--------------	--------

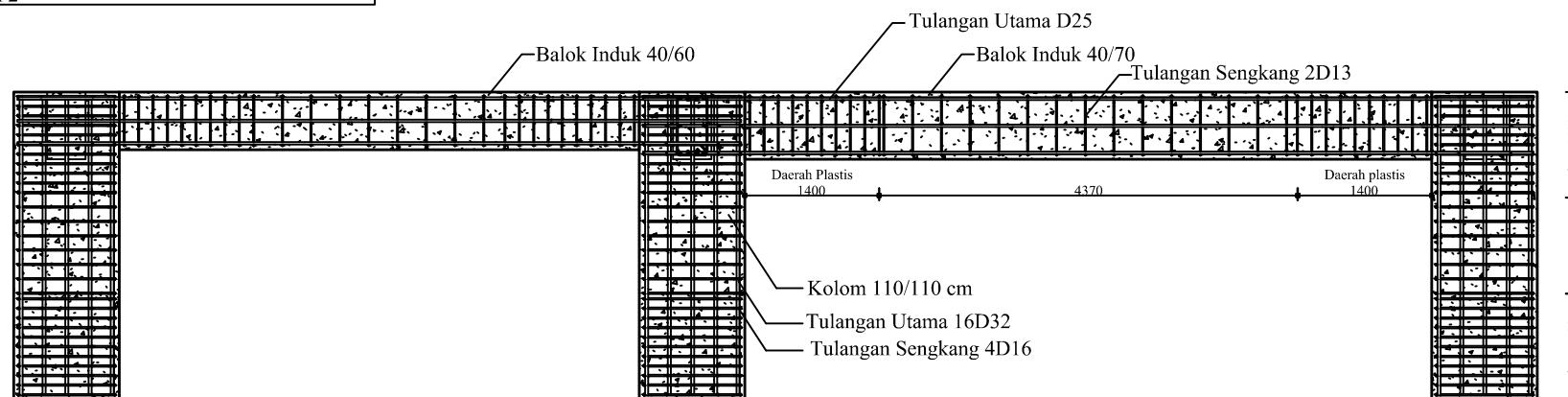
3D View	NTS
---------	-----

Kode	No Gambar	Jumlah Gambar
------	-----------	---------------

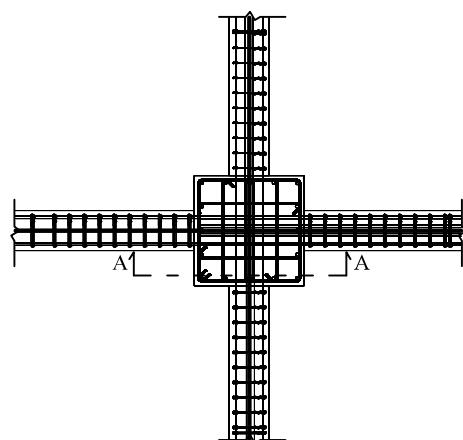
STR	44	49
-----	----	----



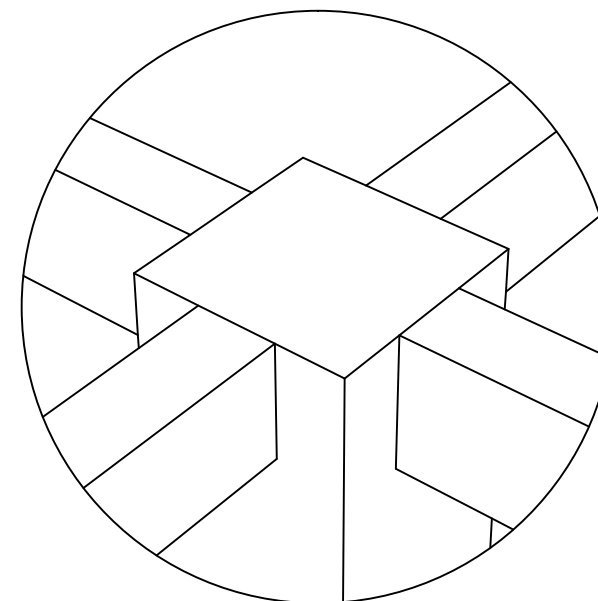
Lantai 2



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 75



**Tampak Atas Hubungan Balok Kolom**  
SKALA 1 : 75



**Tampak 3D View**  
SKALA : NTS



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Penulangan Kolom  
Beton

1 : 20

Kode

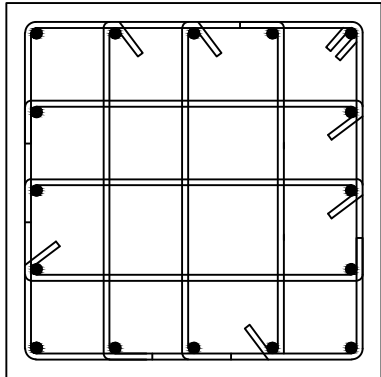
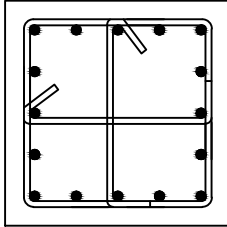
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

45

49

TYPE	K1 (1100 x 1100)		K2 (500 X 500)
			
TULANGAN	16D32	TULANGAN	16D25
SENGKANG	4D16-100	SENGKANG	3D16-100

**Penulangan Kolom Beton**

SKALA 1 : 20





Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Penulangan Sloof  
Beton

1 : 40

Kode

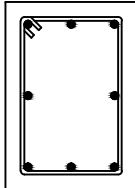
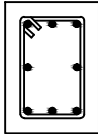
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

46

49

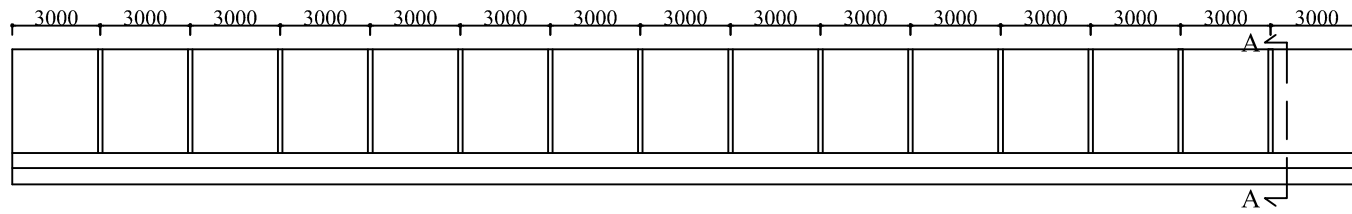
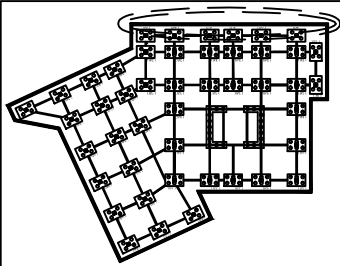
NO. KODE	S1	S2
DIMENSI	350 x 500	250 x 350
PENAMPANG		
TULANGAN UTAMA	8 D19	8 D16
SENGKANG	2D10 - 140	2D10 - 140

**Penulangan Sloof Beton**

SKALA 1 : 40







Departemen Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
 dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 GEDUNG APARTEMEN GRAND  
 DHARMAHUSADA LAGOON  
 MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
 DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
 SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
 TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
 03111640000024

Nama Gambar

Skala

Dinding Penahan  
 Tahan

1 : 50

Detail A

1 : 20

Detail B

1 : 20

Kode

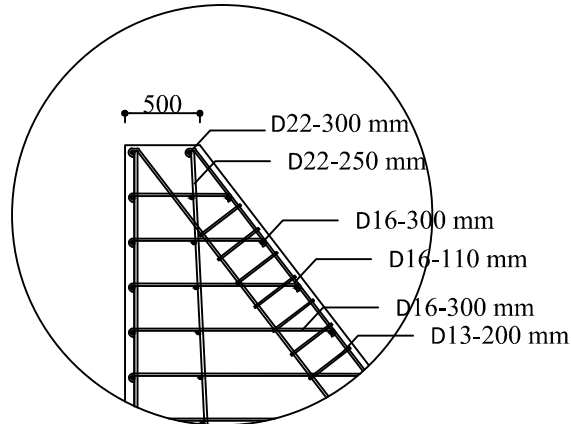
No  
 Gambar

Jumlah  
 Gambar

STR

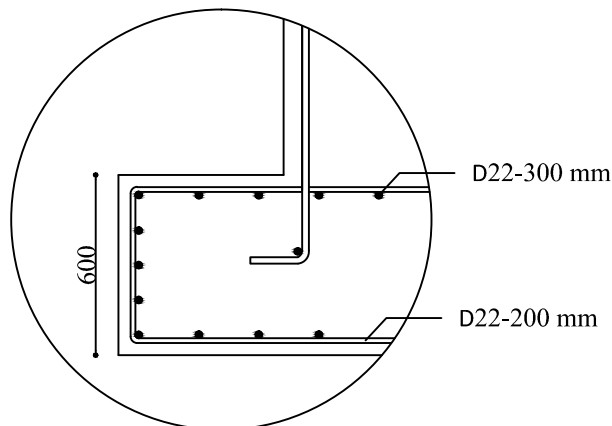
47

49



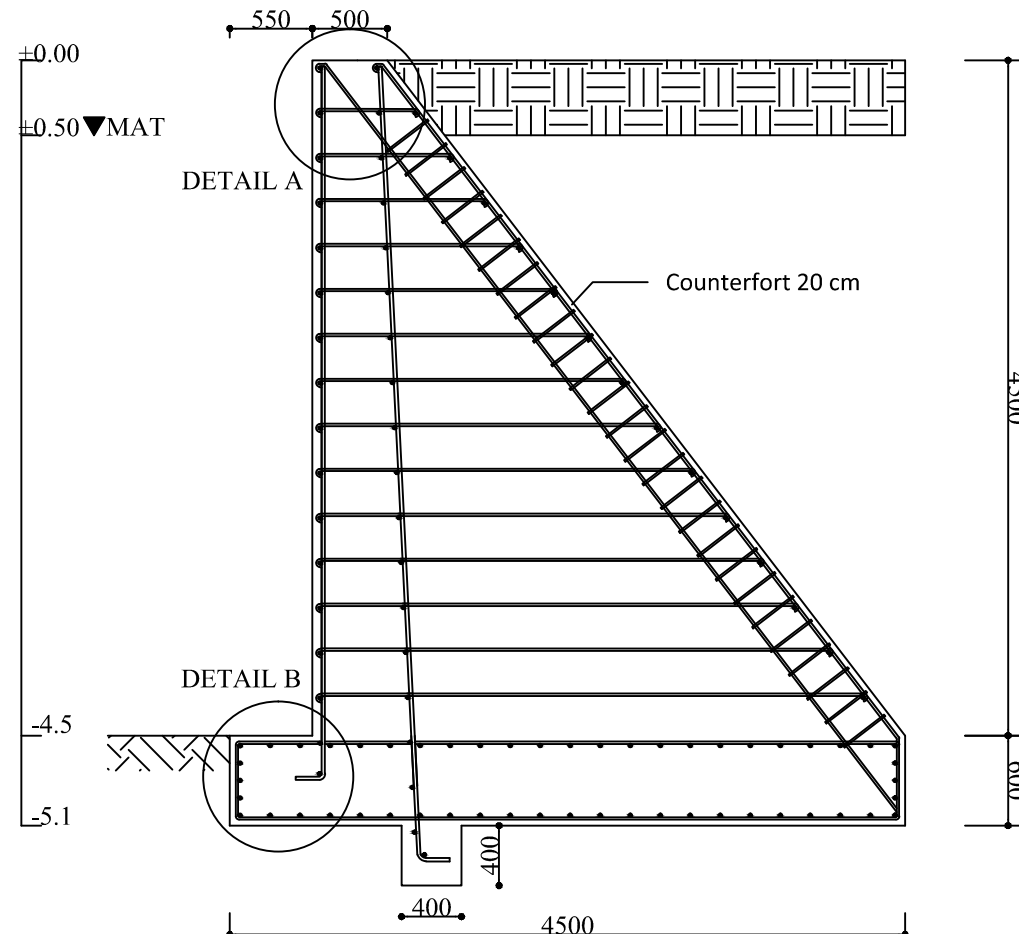
**Detail A**

SKALA 1 : 20



**Detail B**

SKALA 1 : 20



**Dinding Penahan Tanah**

SKALA 1 : 50



Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Dinding Penahan  
Tahan

1 : 50

Detail A

1 : 20

Detail B

1 : 20

Kode

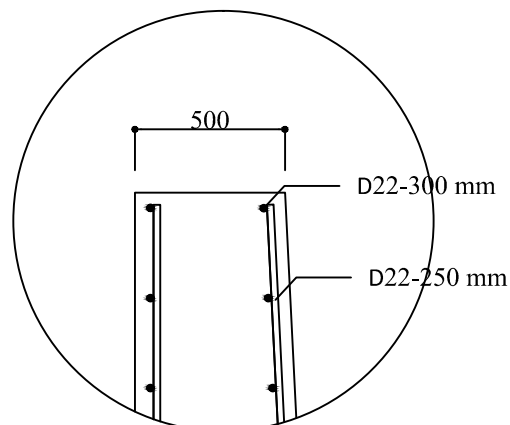
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

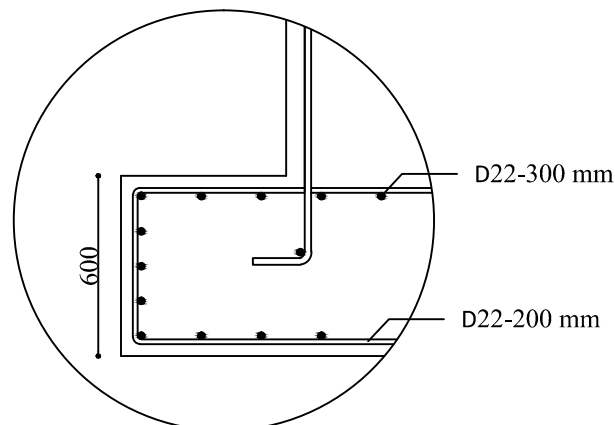
48

49



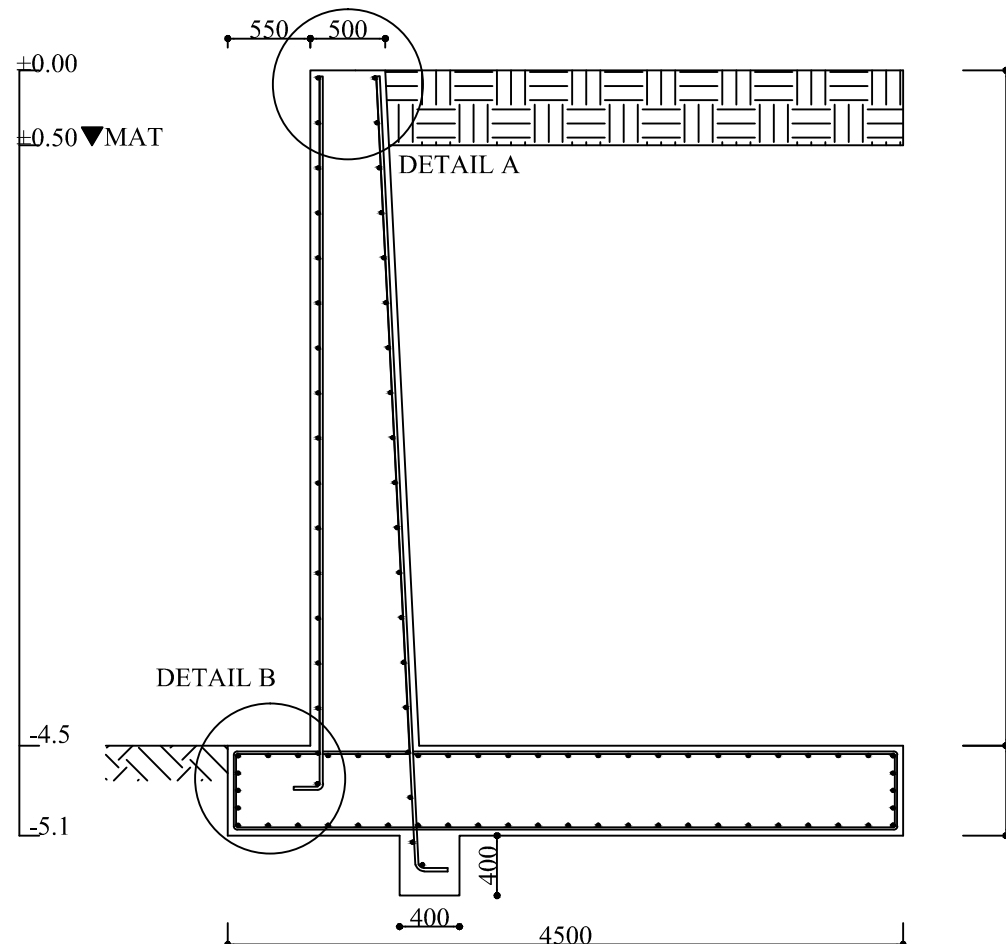
**Detail A**

SKALA 1 : 20



**Detail B**

SKALA 1 : 20



**Dinding Penahan Tanah**

SKALA 1 : 50





Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan  
dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG APARTEMEN GRAND  
DHARMAHUSADA LAGOON  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM STEEL PLATE  
SHEAR WALL (SPSW) AKIBAT  
TINJAUAN SNI GEMPA 1726:2019

Dosen Pembimbing

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

Keterangan

Nama Mahasiswa

Fajar Rizwandha Putra  
0311164000024

Nama Gambar

Skala

Potongan A-A  
Detail Pondasi 2

1 : 75

1 : 75

Kode

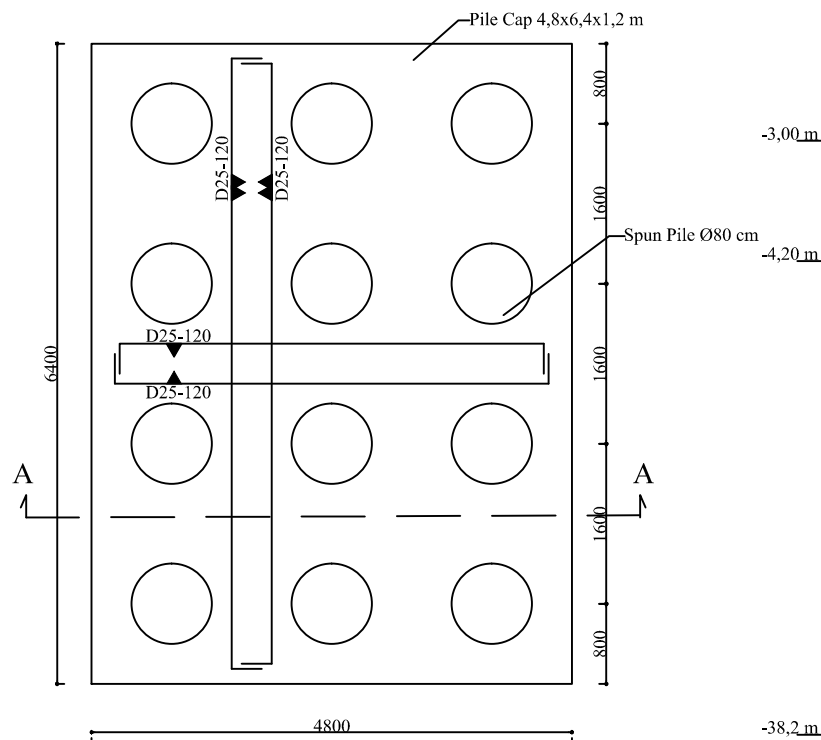
No  
Gambar

Jumlah  
Gambar

STR

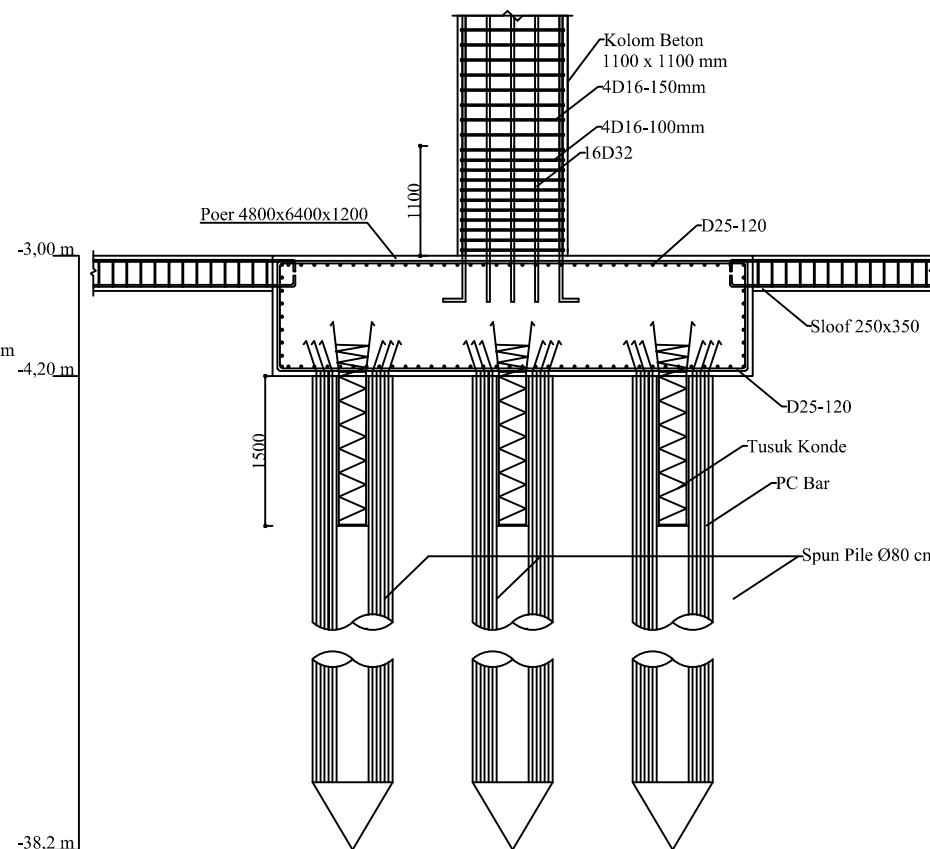
49

49



**Detail Pondasi 2**

SKALA 1 : 75



**Potongan A-A**

SKALA 1 : 10

LAMPIRAN D  
GAMBAR EKSISTING

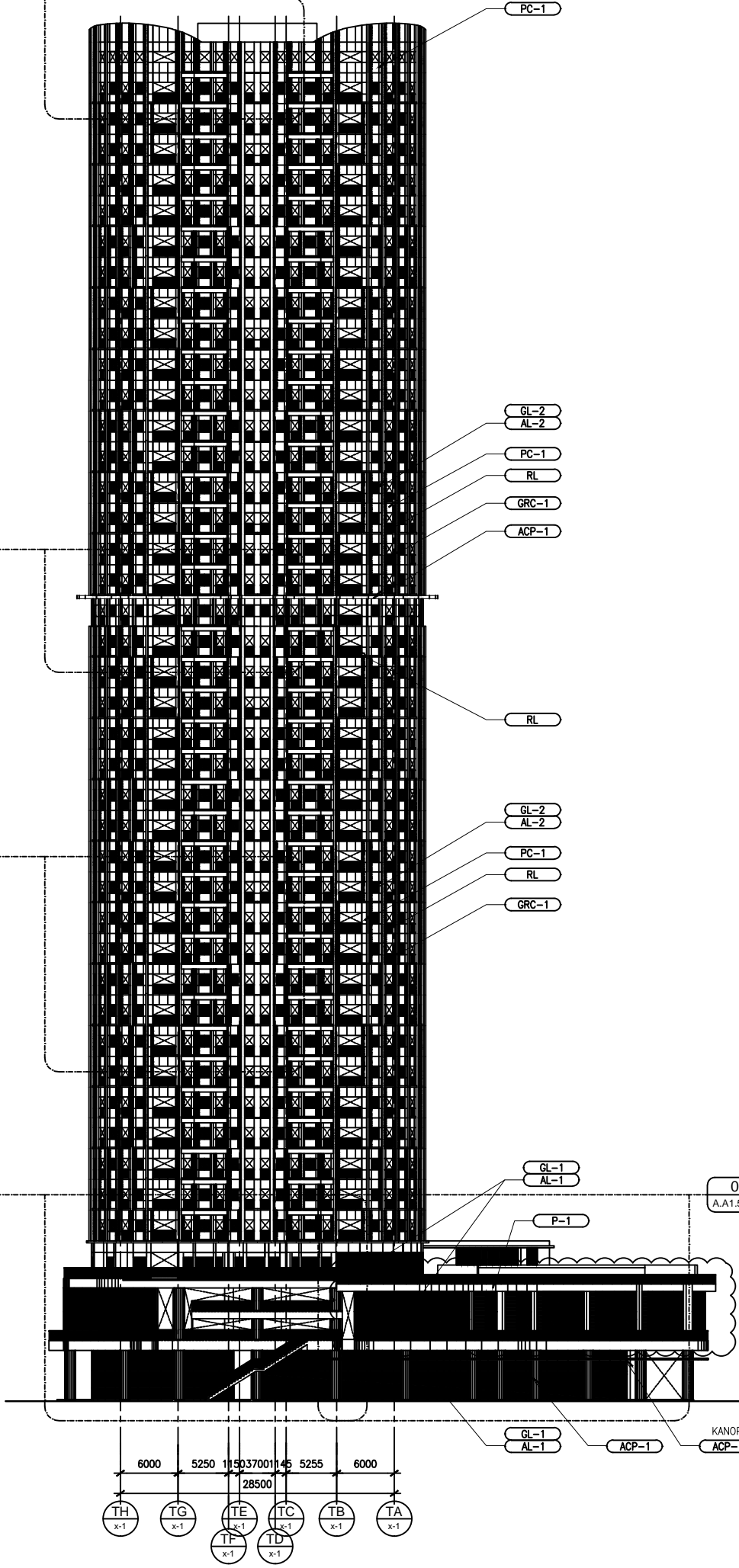
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

01  
A.A1.5.4.01

01  
A.A1.5.3.01

01  
A.A1.5.2.01

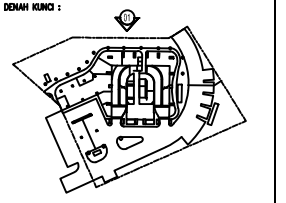
01  
A.A1.5.1.01



LEVEL	MARKETING	CONSTRUCTION
+144250		
+139100	LANTAI ATAP	
+135900	LANTAI SUITE 9	
+132700	LANTAI SUITE 8	
+129500	LANTAI SUITE 7	
+126300	LANTAI SUITE 6	
+123100	LANTAI SUITE 5	
+119900	LANTAI SUITE 3	
+116700	LANTAI SUITE 2	
+113500	LANTAI SUITE 1	
+110300	LANTAI 39	
+107100	LANTAI 38	
+103900	LANTAI 37	
+100700	LANTAI 36	
+97500	LANTAI 35	
+94300	LANTAI 33	
+91100	LANTAI 32	
+87900	LANTAI 30	
+84700	LANTAI 29	
+81500	LANTAI 28	
+78300	LANTAI 27 (REFUGE)	
+75100	LANTAI 26	
+71900	LANTAI 25	
+68700	LANTAI 23	
+65500	LANTAI 21	
+62300	LANTAI 20	
+59100	LANTAI 19	
+55900	LANTAI 18	
+52700	LANTAI 17	
+49500	LANTAI 16	
+46300	LANTAI 15	
+43100	LANTAI 12	
+39900	LANTAI 11	
+36700	LANTAI 10	
+33500	LANTAI 9	
+30300	LANTAI 8	
+27100	LANTAI 7	
+23900	LANTAI 6	
+20700	LANTAI 5	
+17500	LANTAI 3	
+13600	LANTAI 2 (PODIUM DECK)	
+10000	LANTAI MEZANIN (UPPER GROUND MEZANIN)	
+7000	LANTAI 1 (UPPER GROUND)	
+1000	LANTAI DASAR (GROUND FLOOR)	
-3500	LANTAI BESMEN 1	
-6700	LANTAI BESMEN 2	
-9900	LANTAI BESMEN 3	

**CATATAN :**  
 1. SEMUA DATA RENCANA DAN LAYANAN BERDASAR PADA DATA YANG DIBERIKAN OLEH PEMERINTAH DAN/ATAU PERENCANAAN LAINNYA. PERENCANAAN DAN/ATAU PERENCANAAN LAINNYA HARUS DIPERIKSA DAN/ATAU DIVERIFIKASI OLEH PERENCANAAN LAINNYA.  
 2. KONTRAKTOR BERWAJIB MELAKUKAN PEMERIKSAAN TERHADAP KEAKURATAN DAN/ATAU KEMELUHAN DATA YANG DIBERIKAN OLEH PERENCANAAN LAINNYA.  
 3. PERENCANAAN LAINNYA HARUS MELAKUKAKAN PEMERIKSAAN TERHADAP KEAKURATAN DAN/ATAU KEMELUHAN DATA YANG DIBERIKAN OLEH PERENCANAAN LAINNYA.  
 4. PERENCANAAN LAINNYA HARUS MELAKUKAKAN PEMERIKSAAN TERHADAP KEAKURATAN DAN/ATAU KEMELUHAN DATA YANG DIBERIKAN OLEH PERENCANAAN LAINNYA.

- LEGENDA :**
- PC-1 = PRECAST PAINT FINISH 1
  - GRC-1 = GRC CETAK
  - CP = CONCRETE PAINT FINISH
  - ACP-1 = ALUMINIUM COMPOSITE PANEL
  - RL = RAILING W/ DUCO PAINT FINISH
  - TP-1 = TEXTUR PAINT
  - P-1 = PLESTER WALL W/ PAINT FINISH
  - GL-1 = TEMPERED CLEAR GLASS 12MM THK
  - GL-2 = TINTED GLASS 8MM THK
  - AL-1 = ALUMINIUM FRAME W/ POWDERCOATING BACK MULLION PAINT FINISH
  - AL-2 = ALUMINIUM FRAME W/ POWDERCOATING FINISH
  - SSL = STAINLESS STEEL W/ HAIRLINE FINISH
  - CT-1 = CERAMIK TILE -1



NO	REVISI	TANGGAL

**PROJEK :**

Grand Dharmasudada Lagoon  
TOWER-1 (Saphire Tower)  
Jalan Mulyosari Raya, Surabaya Timur

**PEMILIK :**

PT. PP PROPERTI  
Wisma Sahyudana Lt. 2, Jl. Lingsud, TB. Semarang No. 57  
Pasar Utara - Sukoharjo 51060

**KONSULTAN PERENCANAAN ARSITEKTUR :**

**AECOM**  
Ratu Plaza Office Tower, 15th Floor  
Jalan Sindur Street, Kuningan, Jakarta Selatan, 10270, Indonesia

**ARSTEX LOKAL :**

**DETAILStudio**  
Engineering Consultant  
PT. PRIMA DETAILINDO  
Jl. Raya Gungur, No. 10, Gungur, Surabaya

**KONSULTAN PERENCANAAN STRUKTURAL :**

**KETRA ENGINEERING CONSULTANTS**  
Jl. Raya Gungur, No. 10, Gungur, Surabaya

**KONSULTAN PERENCANAAN MEP :**

PT. SKEMANUSA CONSULTAMA TEKNIK  
MECHANICAL & ELECTRICAL CONSULTING ENGINEERS  
Jl. Jember Raya No. 48, Jember, Jawa Timur  
Telp. 0331-820205 - 06 Fax 0331-821642  
www.skemanusa.com

**KONSULTAN PERENCANAAN LANDSCAPE :**

**TOWNLAND**  
Jl. Raya Gungur, No. 10, Gungur, Surabaya

**DISEKUI PERENCANAAN :**

PERENCANAAN :	POSISI	REVISI	TTD	TANGGAL
DIBAHAR	DS			24-11-2016
DIPERIKSA	III			24-11-2016
DISEKUI	EC			24-11-2016

SKALA : A1 1:300  
A3 1:600

DIREVISI UNTUK :	REVISI :	TANGGAL :
DESIGN DEVELOPMENT		24-11-2016

**JUDUL GAMBAR :**

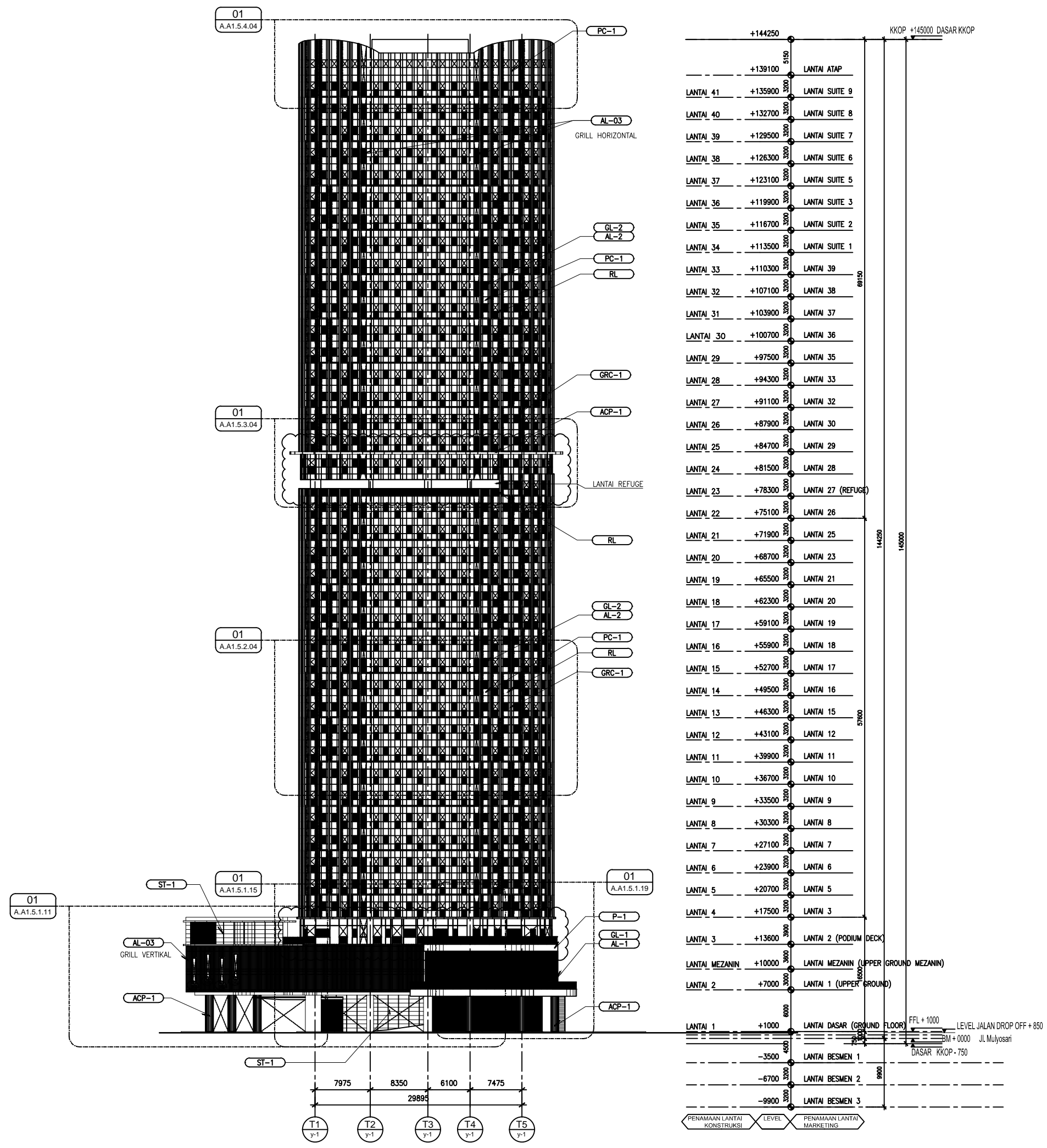
TAMPAK UTARA (01)

**NO GAMBAR :**

A.A1.1.2.01

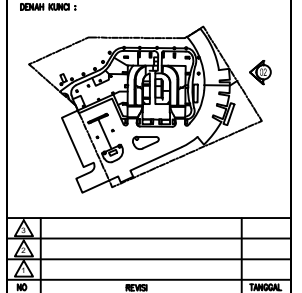
NO. PROJEK	NAMA FILE
16032	AKILAH TRUK - 01 (000)dwg

**CATATAN :**  
 1. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 2. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 3. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 4. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 5. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 6. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 7. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 8. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 9. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 10. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 11. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 12. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 13. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 14. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 15. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 16. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 17. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 18. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 19. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 20. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 21. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 22. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 23. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 24. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 25. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 26. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 27. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 28. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 29. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 30. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 31. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 32. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 33. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 34. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 35. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 36. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 37. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 38. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 39. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 40. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 41. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 42. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 43. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 44. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 45. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 46. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 47. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 48. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 49. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 50. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 51. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 52. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 53. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 54. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 55. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 56. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 57. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 58. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 59. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 60. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 61. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 62. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 63. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 64. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 65. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 66. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 67. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 68. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 69. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 70. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 71. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 72. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 73. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 74. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 75. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 76. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 77. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 78. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 79. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 80. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 81. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 82. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 83. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 84. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 85. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 86. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 87. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 88. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 89. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 90. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 91. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 92. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 93. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 94. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 95. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 96. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 97. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 98. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 99. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA  
 100. SEMUA PERHATIAN RENCANA DAN LAYANAN BERKAITAN DENGAN PERHATIAN PADA



LEVEL	PENAMAAN LANTAI KONSTRUKSI	PENAMAAN LANTAI MARKETING
+144250		KKOP +145000 DASAR KKOP
+139100		LANTAI ATAP
+135900	LANTAI 41	LANTAI SUITE 9
+132700	LANTAI 40	LANTAI SUITE 8
+129500	LANTAI 39	LANTAI SUITE 7
+126300	LANTAI 38	LANTAI SUITE 6
+123100	LANTAI 37	LANTAI SUITE 5
+119900	LANTAI 36	LANTAI SUITE 3
+116700	LANTAI 35	LANTAI SUITE 2
+113500	LANTAI 34	LANTAI SUITE 1
+110300	LANTAI 33	LANTAI 39
+107100	LANTAI 32	LANTAI 38
+103900	LANTAI 31	LANTAI 37
+100700	LANTAI 30	LANTAI 36
+97500	LANTAI 29	LANTAI 35
+94300	LANTAI 28	LANTAI 33
+91100	LANTAI 27	LANTAI 32
+87900	LANTAI 26	LANTAI 30
+84700	LANTAI 25	LANTAI 29
+81500	LANTAI 24	LANTAI 28
+78300	LANTAI 23	LANTAI 27 (REFUGA)
+75100	LANTAI 22	LANTAI 26
+71900	LANTAI 21	LANTAI 25
+68700	LANTAI 20	LANTAI 23
+65500	LANTAI 19	LANTAI 21
+62300	LANTAI 18	LANTAI 20
+59100	LANTAI 17	LANTAI 19
+55900	LANTAI 16	LANTAI 18
+52700	LANTAI 15	LANTAI 17
+49500	LANTAI 14	LANTAI 16
+46300	LANTAI 13	LANTAI 15
+43100	LANTAI 12	LANTAI 12
+39900	LANTAI 11	LANTAI 11
+36700	LANTAI 10	LANTAI 10
+33500	LANTAI 9	LANTAI 9
+30300	LANTAI 8	LANTAI 8
+27100	LANTAI 7	LANTAI 7
+23900	LANTAI 6	LANTAI 6
+20700	LANTAI 5	LANTAI 5
+17500	LANTAI 4	LANTAI 3
+13600	LANTAI 3	LANTAI 2 (PODIUM DECK)
+10000	LANTAI MEZANIN	LANTAI MEZANIN (UPPER GROUND MEZANIN)
+7000	LANTAI 2	LANTAI 1 (UPPER GROUND)
+1000	LANTAI 1	LANTAI DASAR (GROUND FLOOR)
-3500		LANTAI BESMEN 1
-6700		LANTAI BESMEN 2
-9900		LANTAI BESMEN 3

- LEGENDA :**
- PC-1 = PRECAST PAINT FINISH 1
  - GRC-1 = GRC CETAK
  - CP = CONCRETE PAINT FINISH
  - ACP-1 = ALUMINIUM COMPOSITE PANEL
  - RL = RAILING W/ DUCO PAINT FINISH
  - TP-1 = TEXTUR PAINT
  - P-1 = PLESTER WALL W/ PAINT FINISH
  - GL-1 = TEMPERED CLEAR GLASS 12MM THK
  - GL-2 = TINTED GLASS 8MM THK
  - AL-1 = ALUMINIUM FRAME W/ POWDERCOATING BACK MULION PAINT FINISH
  - AL-2 = ALUMINIUM FRAME W/ POWDERCOATING FINISH
  - SSL = STAINLESS STEEL W/ HAIRLINE FINISH
  - CT-1 = CERAMIK TILE -1
  - ST-1 = BATU ALAM
  - AL-03 = ALUMINIUM GRILL W/ POWDERCOATING



**PROJEK :**

Grand Dharmahusada Lagoon  
 TOWER-1 (Sapphire Tower)  
 Jalan Mulyosari Raya, Surabaya Timur

**PEMLIK :**

PT. PP PROPERTI  
 Wisma Sahayana Lt. 2, B. Lajud, TB. Semarang No. 57  
 Phone No. - Surabaya 51980

**KONSULTAN PERENCANA ARSITEKTUR :**

**AECOM**  
 Ratu Plaza Office Tower, 15th Floor  
 Jalan Sindhal Sudirman Kav 9, Jakarta Selatan, 10270, Indonesia

**ARSTEX LOKAL :**

**DETAILStudio**  
 Engineering Consultant  
 PT. PRIMA DETAILINDO  
 Jl. Raya Geger Mulyosari, Surabaya  
 Telp. 031-83800000, 031-83800001

**KONSULTAN PERENCANA STRUKTUR :**

**KETRA ENGINEERING CONSULTANTS**  
 Jl. Raya Geger Mulyosari, Surabaya  
 Telp. 031-83800000, 031-83800001

**KONSULTAN PERENCANA MEP :**

**PT. SKEMANUSA CONSULTAMA TEKNIK**  
 MECHANICAL & ELECTRICAL CONSULTING ENGINEERS  
 Jl. Jember Raya No. 48 Madya Madya Jember  
 Telp. 0331-8380000 - 06 Fax 0331-8380000  
 skema@skema.co.id

**KONSULTAN PERENCANA LANDSCAPE :**

**TOWNLAND**  
 Jl. Raya Geger Mulyosari, Surabaya  
 Telp. 031-83800000, 031-83800001

**REVISI PERENCANA :**

NO.	REVISI	TID	TANGGAL
DIBAHAR	DS		24-11-2016
DPERIKSA	IR		24-11-2016
DSETUJUI	EC		24-11-2016

**SKALA :**

A1	1 : 300
A3	1 : 600

**DIRELUKAN UNTUK :**

NO. PROJEK	REVISI	TANGGAL
16032		24-11-2016

**DESIGN DEVELOPMENT**

**JUDUL GAMBAR :**

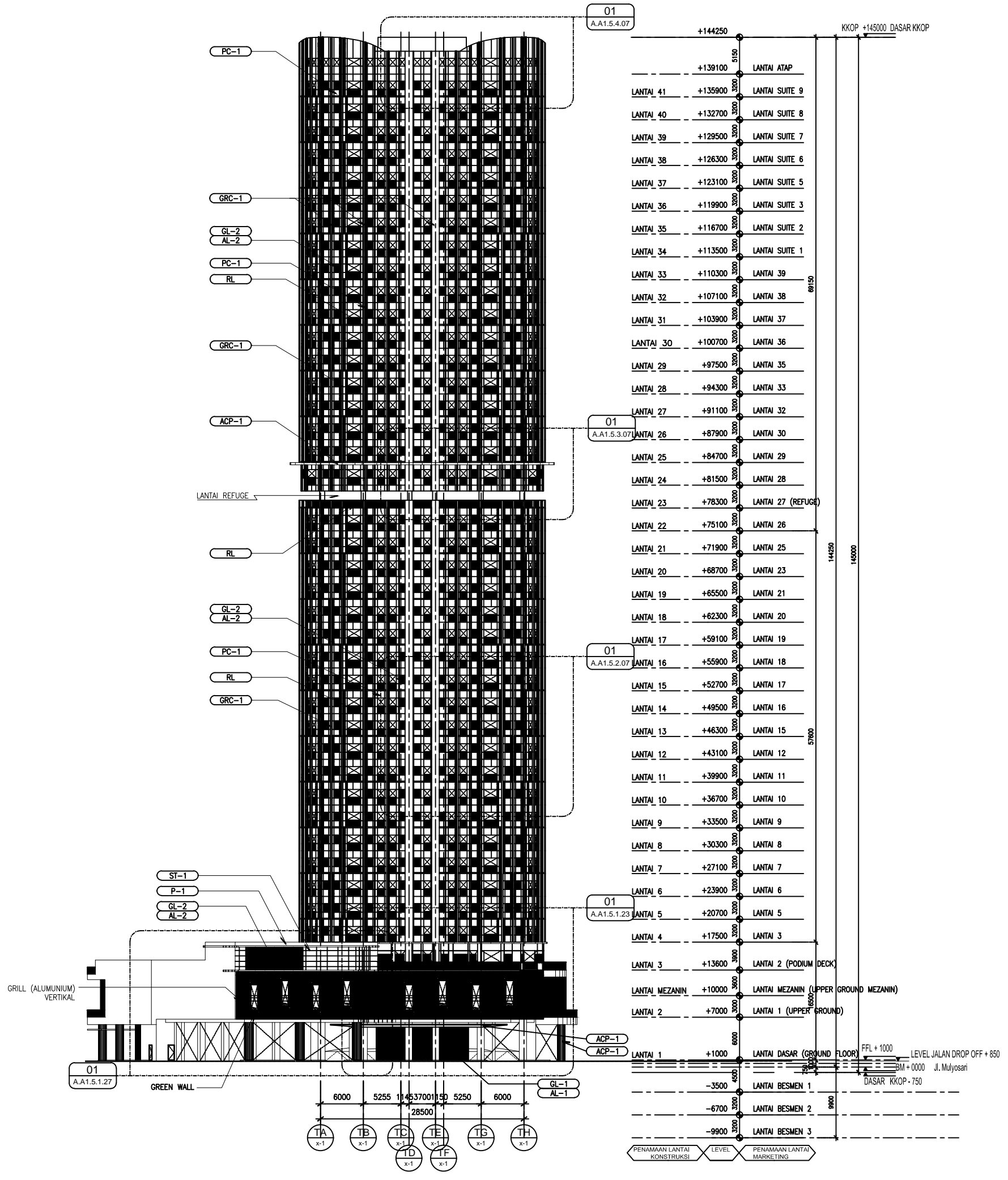
TAMPAK - 02 (TIMUR)

**NO GAMBAR :**

A.A1.1.2.02

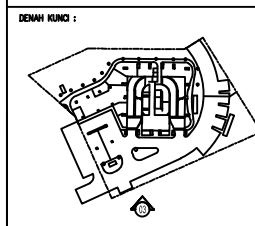
**NO. PROJEK :** 16032

**NAMA FILE :** A.A1.1.2.02



**CATATAN :**  
 1. SEMUA UPAYA RENCANA DAN KARYA SAMA SAMA BERHAJAK PADA  
 2. SEMUA PERUBAHAN DARI RENCANA INI HARUS MELALUI PERSETUJUAN  
 3. KONTRAKTOR BERKAWAN UNYU MENYEDIAKAN DAN MEMERIKSA  
 4. HADAPAN LARANGAN DAN PANGKALAN KESIMPULAN DAN  
 5. LEMBARAN KEDOKUMEN, GAMBAR, RENCANA, DAN  
 6. PERUBAHAN PERUBAHAN KONTRAKTOR BERKAWAN UNYU  
 7. MENYEDIAKAN PERUBAHAN GAMBAR KERJA DAN CONTOH BAHAN DI AMI REJEK.

- LEGENDA :**
- PC-1 = PRECAST PAINT FINISH
  - GRC-1 = GRC CETAK
  - CP = CONCRETE PAINT FINISH
  - ACP-1 = ALUMINIUM COMPOSITE PANEL
  - RL = RAILING W/ DUOCO PAINT FINISH
  - TP-1 = TEXTUR PAINT
  - P-1 = PLESTER WALL W/ PAINT FINISH
  - GL-1 = TEMPERED CLEAR GLASS 12MM THK
  - GL-2 = TINTED GLASS 8MM THK
  - AL-1 = ALUMINIUM FRAME W/ POWDERCOATING BACK MULLION PAINT FIN
  - AL-2 = ALUMINIUM FRAME W/ POWDERCOATING FIN
  - SSL = STAINLESS STEEL W/ HAIRLINE FINISH
  - CT-1 = CERAMIK TILE -1
  - ST-1 = BATU ALAM



NO	REVISI	TANGGAL

**PROJEK :**

**Grand Dharmahusada Lagoon TOWER-1 (Sapphire Tower)**  
 Jalan Mulyosari Raya, Surabaya Timur

**PEMILIK :**

**PT. PP PROPERTY**  
 Wisma Subianto Lt. 2, Jl. Lapangan 13, Surabaya No. 57  
 Ponsel: 031-8231111

**KONSULTAN PERENCANA ARSITEKTUR :**

**AECOM**  
 Batu Plaza Office Tower, 15th Floor  
 Jalan Jenderal Sudirman Kav. 9, Jakarta Selatan, 10270, Indonesia

**ARISTEK LOKAL :**

**DETAILStudio**  
 Engineering Consultant  
 PT. PRIMA DETAILINDO  
 Jl. KAWA, DUREN PLOK, CIBUNGBURUNG, JAKARTA BARAT  
 Telp. 021-5511111, FAKS 021-5511111

**KONSULTAN PERENCANA STRUKTUR :**

**KETIRA ENGINEERING CONSULTANTS**  
 Gedung Kertira, Jl. Kertira, Surabaya

**KONSULTAN PERENCANA MEP :**

**PT. SKEMANUSA CONSULTAMA TEKNIK**  
 MEDIANICAL & ELECTRICAL CONSULTING ENGINEERS  
 Jl. Jipok Raya No. 49 Madya Klaten, Jawa  
 Telp. 0271-82025 - 06 Fax 058162  
 skema@ccn.net.id

**KONSULTAN PERENCANA LANDSCAPE :**

**TOWNLAND**  
 Jl. Raya Pahlawan, Surabaya

**DISERTAKAN PEMILIK :**

PERENCANA :	POSI :	REVISI :	TANGGAL :

**SKALA :** 1:300

**DISERAHKAN UNTUK :** DESIGN DEVELOPMENT

**TANGGAL :** 24-11-20

**JUDUL GAMBAR :**

**TAMPAK - 03 (SELATAN)**

**NO GAMBAR :** A.A1.1.2.03

NO. PROJEK	NAMA FILE
16032	ANALISIS TAMPAK - 03 (SELATAN)

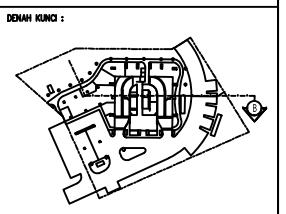






**CATATAN :**  
 1. GAMBAR INI MERUPAKAN BAGIAN DARI RENCANA ARSITEKTUR DAN STRUKTUR YANG TELAH DISETUJUI OLEH PEMERINTAH DAERAH DAN BERLAKU SEBAGAI DASAR UNTUK PELAKSANAAN KONSTRUKSI.  
 2. KONTRAKOR BERKAWajiban MENEMPAH PERMIT DAN IZIN YANG PERLU DITETAPKAN SEBELUM MELAKUKAN PEKERJAAN KONSTRUKSI.  
 3. SELOKAH PERUBAHAN DILAKUKAN, KONTRAKOR BERKAWajiban MENEMPAH PERMIT DAN IZIN YANG PERLU DITETAPKAN SEBELUM MELAKUKAN PEKERJAAN KONSTRUKSI.  
 4. KONTRAKOR BERKAWajiban MENEMPAH PERMIT DAN IZIN YANG PERLU DITETAPKAN SEBELUM MELAKUKAN PEKERJAAN KONSTRUKSI.

**LEGENDA :**



NO	REVISI	TANGGAL

**PROYEK :**

Grand Dharmahusada Lagoon  
 TOWER-1 (Sapphire Tower)  
 Jalan Mahayanti Raya, Surabaya Timur

**PEMLIK :**

PT. PP PROPERTI  
 Wisma Sahyuni Lt. 2, Jl. Lelindung, TB. Siantang No. 37  
 Medan, Sumatera Utara 20136

**KONSULTAN PERENCANA ARSITEKTUR :**

AECOM  
 Ratu Plaza Office Tower, 15th Floor  
 Jalan Jenderal Sudirman Kav. 3, Jakarta Selatan, 10270, Indonesia

**ARSTEX LOKAL :**

DETAILStudio  
 Engineering Consultant  
 PT. PRIMA DETAILINDO  
 Jl. KANAN DUTER BUNG BONG, CIPANGRAH, SUKSES BARAT  
 No. 100, 40132, Bandung, Jawa Barat

**KONSULTAN PERENCANA STRUKTUR :**

KETRA ENGINEERING CONSULTANTS  
 Jl. Raya Pahlawan No. 100, Bandung, Jawa Barat

**KONSULTAN PERENCANA MEP :**

PT. SKEMANUSA CONSULTAMA TEKNIK  
 Jl. Jendral Sudirman No. 48, Mega Kencana, Jakarta  
 Tel. 5852025 - 06 Fax 5858162  
 skema@ccn.net.id

**KONSULTAN PERENCANA LANDSCAPE :**

TOWNLAND  
 Jl. Raya Pahlawan No. 100, Bandung, Jawa Barat

**DISELUAR PEMLIK :**

PERENCANA :	POSISI :	INSIAL :	TID :	TANGGAL :

**SKALA :**

NO	SKALA
A1	1 : 300
A2	1 : 600

**DISELUAR LANTUK :**

REVISI :	TANGGAL :

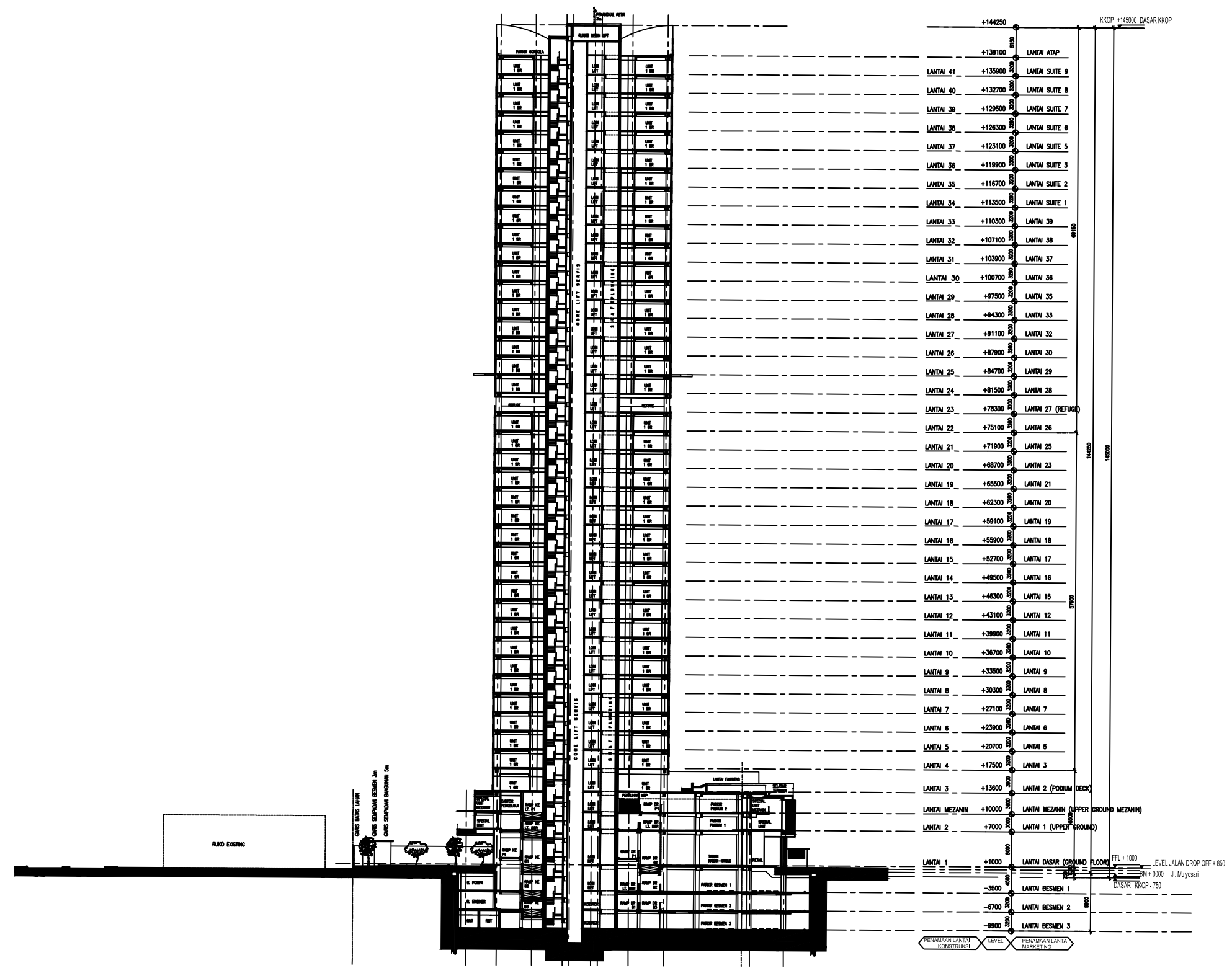
**JUDUL GAMBAR :**

POTONGAN - B

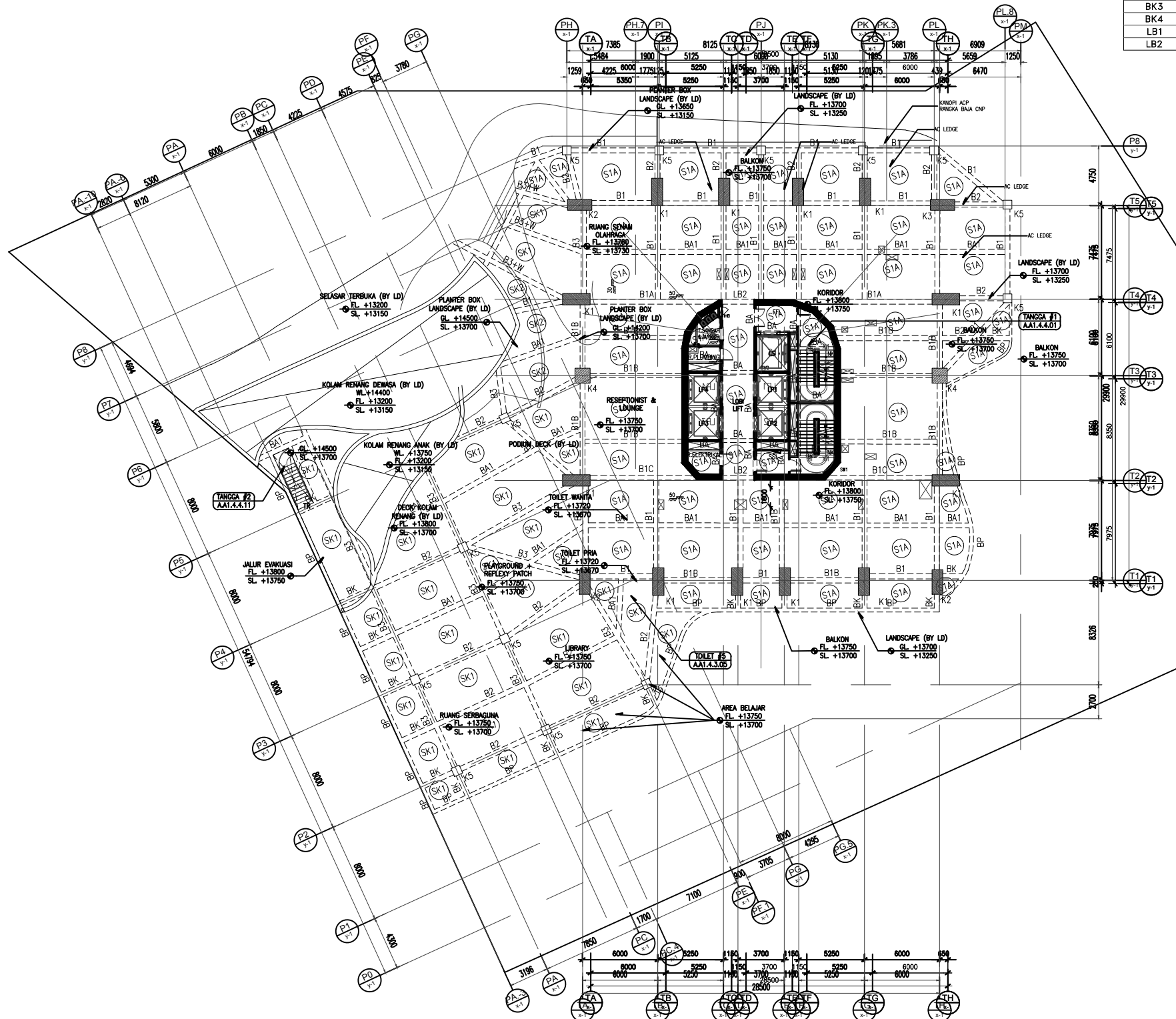
**NO GAMBAR :**

A.A1.1.3.02

NO. PROYEK :	NAMA FILE :
16032	AML131R PONDOK - 84q







DENAH LANTAI 3 (POOL DECK) EL. +13.50  
SKALA 1 : 200

**\*NOTASI PELAT**

NOTASI	TEBAL
S1A	150
S1B	150
SP1	140
SP2	140
SK1	200
SK2	200
SB	200

**\*NOTASI BALOK**

NOTASI	DIMENSI
B1	400x700
B1A	400x800
B1B	450x700
B1C	400x700
B1D	550x600
B1E	300x500
B1F	550x600
B2	350x700
B3	400x800
B4	300x500
B5	450x900
BA	300x600
BA1	300x700
BA2	300x500
BA3	500x600
BP	200x700
BK	400x700
BK2	300x600
BK3	450x1000
BK4	450x900
LB1	400x700
LB2	400x700

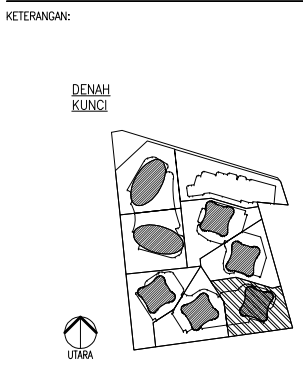
- SELURUH DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER
- SELURUH PEIL/LEVEL DALAM SATUAN METER
- MUTU BETON
  - BOREPILE : K-300
  - RAFT : K-350
  - RETAINING WALL, STP, GWT, DROP PANEL : K-350
  - KOLOM & SHEARWALL LT. B3 - LT. 19 : K-500
  - KOLOM & SHEARWALL LT. 20 - LT. 27 : K-450
  - KOLOM & SHEARWALL LT. 28 - LT. 35 : K-400
  - KOLOM & SHEARWALL LT. 36 - LT. ATAP : K-300
  - PELAT B1, B2, B3 : K-350
  - PELAT, BALOK LT. B3-LT. 35 : K-350
  - PELAT, BALOK LT. 36- LT. ATAP : K-300
  - TANGGA : K-350
- MUTU BAJA TULANGAN
  - A. STRUKTUR BAWAH :
    - U24  $\phi$  < 13mm (POLOS),  $f_y$  = 240 Mpa
    - U40 D  $\geq$  13mm (ULIR),  $f_y$  = 400 Mpa
  - B. STRUKTUR ATAS :
    - U24  $\phi$  < 13mm (POLOS),  $f_y$  = 240 Mpa
    - U40 D  $\geq$  13mm (ULIR),  $f_y$  = 400 Mpa

**\*NOTASI KOLOM**

NOTASI	LANTAI	DIMENSI KOLOM
K1	BASEMENT 3 - LT. 3	2200x900
	LT. 4-LT. 11	2000x800
	LT. 12-LT. 19	1800x700
	LT. 20-LT. 27	1600x650
	LT. 28-LT. 35	1500x550
K2	BASEMENT 3 - LT. 3	1950x850
	LT. 4-LT. 11	1700x750
	LT. 12-LT. 19	1500x700
	LT. 20-LT. 27	1400x600
	LT. 28-LT. 35	1250x500
K3	BASEMENT 3 - LT. 3	1950x850
	LT. 4-LT. 11	1800x750
	LT. 12-LT. 19	1550x700
	LT. 20-LT. 27	1400x650
	LT. 28-LT. 35	1250x550
K4	BASEMENT 3 - LT. 3	1200x1200
	LT. 4-LT. 11	1100x1100
	LT. 12-LT. 19	1000x1000
	LT. 20-LT. 27	900x900
	LT. 28-LT. 35	800x800
K5	BASEMENT 3 - LT. 3	700x700
	BASEMENT 3 - LT. 1	600x600
KR	BASEMENT 3 - LT. MEZZ	400x800

**\*NOTASI SHEARWALL**

NOTASI	LANTAI	TEBAL
SW1	BASEMENT 3 - LT. 3	500
	LT. 4-LT. 11	500
	LT. 12-LT. 19	500
	LT. 20-LT. 27	400
	LT. 28-LT. 35	400
SW2	BASEMENT 3 - LT. ATAP	200



TIM AHLI BANGUNAN GEDUNG	PARAF
Ir. MUDJI IRMAWAN, MS	
<b>PENANGGUNG JAWAB</b>	
SKA/PERENCANA :	
ANNIE.C.RETIKA.MSC	
IPITB NO. 0273/PP/K-A/DP/PP/III-2013	
PENGAWAS/PELAKSANA :	
BAGUS FEBRU S., ST	
PROJECT MANAGER	

BANGUNAN INI AKAN DILAKSANAKAN SESUAI GAMBAR

**PELAKSANA/PEMILIK**

PROYEK :

Grand Dharmahusada Lagoon  
 TOWER-1 (Sapphire Tower)  
 Jalan Mulyasari Raya, Surabaya Timur

PEMBERI TUGAS :

PT. PP PROPERTI  
 Wilaya Subianto Lt. 2, Jl. Lelampar, Tl. Sempu, Surabaya No. 57  
 Ponorogo - Jawa Timur 63271

KONSULTAN ARSITEKTUR:

AECOM  
 Ratu Plaza Office Tower, 15th Floor  
 Jalan Jenderal Sudirman Kav. 9, Jakarta Selatan, 10270, Indonesia

KONSULTAN ARSITEKTUR (LOKAL):

DETAILStudio  
 Engineering & Construction  
 PT. PRIMA DETAILINDO  
 Peta Raya, Jalan Lelampar No. 57  
 A. Kurniawan, Tl. Sempu, Surabaya, Jawa Timur - 63271

KONSULTAN STRUKTUR:

KETIRA ENGINEERING CONSULTANTS  
 Jl. Raya Gubeng No. 10  
 Gubeng, Surabaya, Jawa Timur 60225

KONSULTAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL:

PT. SKEMANUSA CONSULTAMA TEKNIK  
 MECHANICAL & ELECTRICAL CONSULTING ENGINEERS  
 J. Joppe Raya No. 45 Madya Kaban Kaban  
 Tel. 580205 - 06 Fax 580162  
 skema@skema.co.id

BANGUNAN:

APARTEMEN & FASILITASNYA

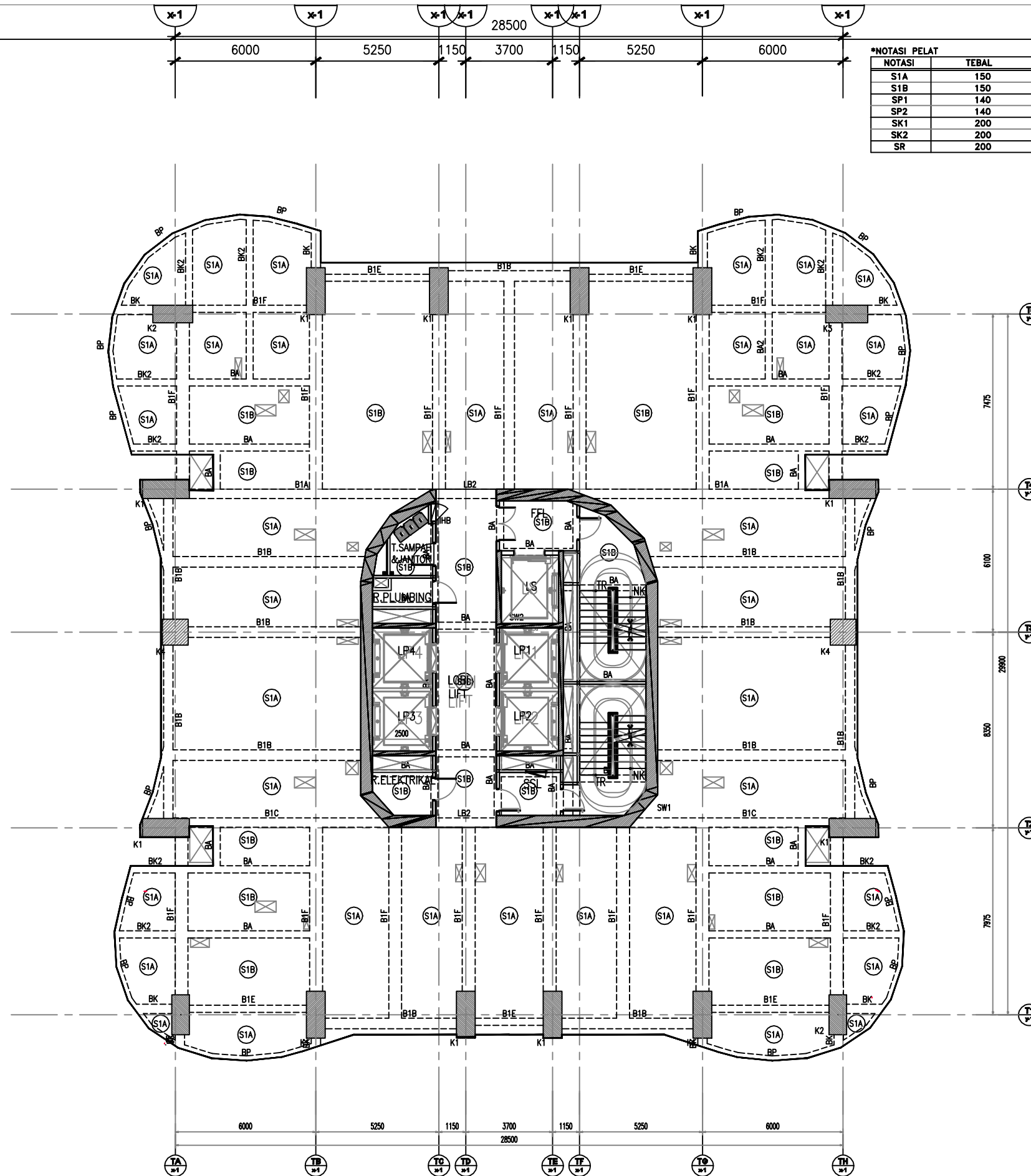
JUDUL GAMBAR :

**DENAH LANTAI 3  
(POOL DECK) EL. +13.50**

SKALA : 1 : 200

DIGAMBAR :	-	TGL : 02-02-2018
DIPERIKSA :	-	TGL : 02-02-2018
DISETUIJILAH :	-	TGL : 02-02-2018
DIKELUARKAN UNTUK:		TGL :
<b>FOR CONSTRUCTION</b>		<b>02-02-2018</b>

NO. GAMBAR : S1-08A



**\*NOTASI PELAT**

NOTASI	TEBAL
S1A	150
S1B	150
SP1	140
SP2	140
SK1	200
SK2	200
SR	200

**\*NOTASI BALOK**

NOTASI	DIMENSI
B1	400x700
B1A	400x800
B1B	450x700
B1C	400x700
B1D	550x600
B1E	300x500
B1F	550x600
B2	350x700
B3	400x800
B4	300x500
B5	450x900
BA	300x600
BA1	300x700
BA2	300x500
BA3	500x600
BP	200x700
BK	400x700
BK2	300x600
BK3	450x1000
BK4	450x900
LB1	400x700
LB2	400x700

- SELURUH DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER
- SELURUH PEIL/LEVEL DALAM SATUAN METER
- MUTU BETON
  - BOREPILE : K-300
  - RAFT : K-350
  - RETAINING WALL, STP, GW, DROP PANEL : K-350
  - KOLOM & SHEARWALL LT. B3 - LT. 19 : K-500
  - KOLOM & SHEARWALL LT. 20 - LT. 27 : K-450
  - KOLOM & SHEARWALL LT. 28 - LT. 35 : K-400
  - KOLOM & SHEARWALL LT. 36 - LT. ATAP : K-300
  - PELAT B1, B2, B3 : K-350
  - PELAT, BALOK LT. B3-LT. 35 : K-350
  - PELAT, BALOK LT. 36- LT. ATAP : K-300
  - TANGGA : K-350
- MUTU BAJA TULANGAN
  - A. STRUKTUR BAWAH :
    - U24  $\phi$  < 13mm (POLOS),  $f_y = 240$  Mpa
    - U40  $\phi$  > 13mm (ULIR),  $f_y = 400$  Mpa
  - B. STRUKTUR ATAS :
    - U24  $\phi$  < 13mm (POLOS),  $f_y = 240$  Mpa
    - U40  $\phi$  > 13mm (ULIR),  $f_y = 400$  Mpa

**\*NOTASI KOLOM**

NOTASI	LANTAI	DIMENSI KOLOM
K1	BASEMENT 3 - LT. 3	2200x900
	LT. 4-LT. 11	2000x800
	LT. 12-LT. 19	1800x700
	LT. 20-LT. 27	1600x650
	LT. 28-LT. 35	1500x550
K2	BASEMENT 3 - LT. 3	1950x850
	LT. 4-LT. 11	1700x750
	LT. 12-LT. 19	1500x700
	LT. 20-LT. 27	1400x600
	LT. 28-LT. 35	1150x550
K3	BASEMENT 3 - LT. 3	1950x850
	LT. 4-LT. 11	1800x750
	LT. 12-LT. 19	1550x700
	LT. 20-LT. 27	1400x650
	LT. 28-LT. 35	1250x550
K4	BASEMENT 3 - LT. 3	1200x1200
	LT. 4-LT. 11	1100x1100
	LT. 12-LT. 19	1000x1000
	LT. 20-LT. 27	900x900
	LT. 28-LT. 35	800x800
K5	BASEMENT 3 - LT. 3	700x700
	BASEMENT 3 - LT. 1	600x600
	BASEMENT 3 - LT. MEZZ	400x800

**\*NOTASI SHEARWALL**

NOTASI	LANTAI	TEBAL
SW1	BASEMENT 3 - LT. 3	500
	LT. 4-LT. 11	500
	LT. 12-LT. 19	500
	LT. 20-LT. 27	400
	LT. 28-LT. 35	400
SW2	BASEMENT 3 - LT. 1	350
	BASEMENT 3 - LT. ATAP	200



TIM AHLI BANGUNAN GEDUNG : PARAF

Ir. MUJJI IRMAWAN, MS

PENANGGUNG JAWAB

SKA/PERENCANA :

ANNIE C. RETIKA MSC  
IPB NO. 0273/PP/K-A/UPPR/18-2015

PENGAWAS/PELAKSANA :

PEMILIK :

BAGUS FERDI S., ST  
PROJECT MANAGER

BANGUNAN INI AKAN DILAKSANAKAN SESUAI GAMBAR

PELAKSANA/PEMILIK

PROYEK :

Grand Dharmahusada Lagoon  
TOWER-1 (Sapphire Tower)  
Jalan Mahadewa Raya, Bandung Barat

PEMBERI TUGAS :

PT. PP PROPERTI  
Jl. Jendral Sudirman No. 2, Lantai 10, Bandung Barat, Jawa Barat 40132

KONSULTAN ARSITEKTUR:

AECOM  
Jalan Jenderal Sudirman Kav. 52-53, Jakarta Selatan, 15257, Indonesia

KONSULTAN ARSITEKTUR (LOKAL):

DETAILStudio  
Ruang Kerja & Desain Interior  
PT. PRIMA DETAILING  
A. Maulana, R. Fauzan, R. Fauzan, R. Fauzan

KONSULTAN STRUKTUR:

NETA ENGINEERING CONSULTANTS

KONSULTAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL:

PT. SIKAMANDIA CONSULTING TEKNIK  
Jl. Jend. Sudirman No. 48, Bandung Barat  
Telp. (021) 882222 - 081 5501612  
www.sikamandia.com

BANGUNAN: APARTEMEN & FASILITASNYA

JUDUL GAMBAR : DENAH LANTAI 4 - LANTAI 11

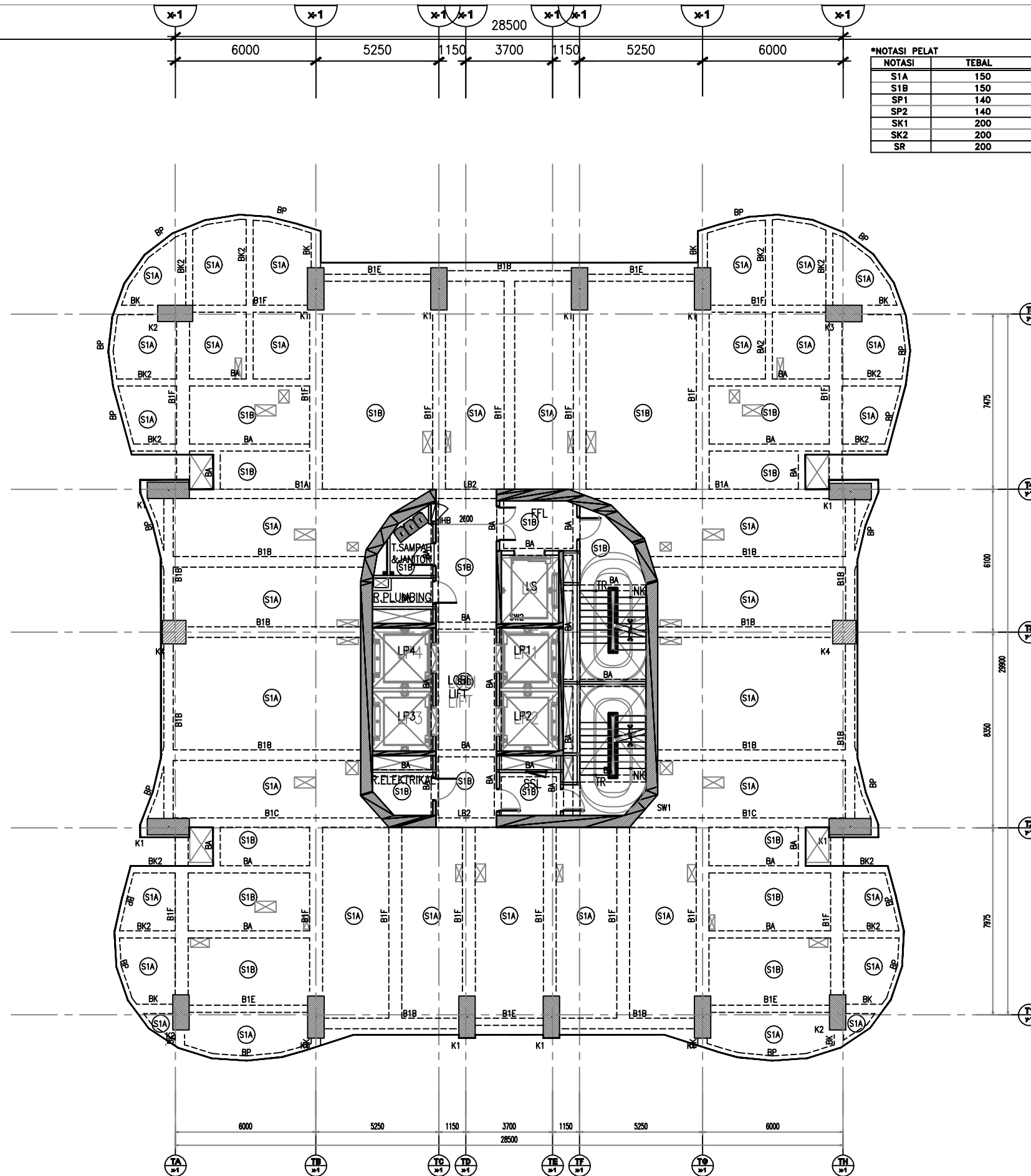
SKALA : 1 : 100

DIGAMBAR :	-	TGL : 02-02-2018
DIPERIKSA :	-	TGL : 02-02-2018
DISETUIJAH :	-	TGL : 02-02-2018

DIKELUARKAN UNTUK : FOR CONSTRUCTION 02-02-2018

NO. GAMBAR : S1-09

**DENAH LANTAI 4 - LANTAI 11**  
SKALA 1 : 100



**\*NOTASI PELAT**

NOTASI	TEBAL
S1A	150
S1B	150
SP1	140
SP2	140
SK1	200
SK2	200
SR	200

**\*NOTASI BALOK**

NOTASI	DIMENSI
B1	400x700
B1A	400x800
B1B	450x700
B1C	400x700
B1D	550x600
B1E	300x500
B1F	550x600
B2	350x700
B3	400x800
B4	300x500
B5	450x900
BA	300x600
BA1	300x700
BA2	300x500
BA3	500x600
BP	200x700
BK	400x700
BK2	300x600
BK3	450x1000
BK4	450x900
LB1	400x700
LB2	400x700

- SELURUH DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER
- SELURUH PEL/LEVEL DALAM SATUAN METER
- MUTU BETON
  - BOREPILE : K-300
  - RAFT : K-350
  - RETAINING WALL, STP, GW, DROP PANEL : K-350
  - KOLOM & SHEARWALL LT. B3 - LT. 19 : K-500
  - KOLOM & SHEARWALL LT. 20 - LT. 27 : K-450
  - KOLOM & SHEARWALL LT. 28 - LT. 35 : K-400
  - KOLOM & SHEARWALL LT. 36 - LT. ATAP : K-300
  - PELAT B1, B2, B3 : K-350
  - PELAT, BALOK LT. B3 - LT. 35 : K-350
  - PELAT, BALOK LT. 36 - LT. ATAP : K-300
  - TANGGA : K-350
- MUTU BAJA TULANGAN
  - A. STRUKTUR BAWAH :
    - U24  $\phi$  < 13mm (POLOS),  $f_y = 240$  Mpa
    - U40  $\phi$  > 13mm (ULIR),  $f_y = 400$  Mpa
  - B. STRUKTUR ATAS :
    - U24  $\phi$  < 13mm (POLOS),  $f_y = 240$  Mpa
    - U40  $\phi$  > 13mm (ULIR),  $f_y = 400$  Mpa

**\*NOTASI KOLOM**

NOTASI	LANTAI	DIMENSI KOLOM
K1	BASEMENT 3 - LT. 3	2200x900
	LT. 4 - LT. 11	2000x800
	LT. 12 - LT. 19	1800x700
	LT. 20 - LT. 27	1600x650
	LT. 28 - LT. 35	1500x550
K2	BASEMENT 3 - LT. 3	1950x850
	LT. 4 - LT. 11	1700x750
	LT. 12 - LT. 19	1500x700
	LT. 20 - LT. 27	1400x600
	LT. 28 - LT. 35	1150x550
K3	BASEMENT 3 - LT. 3	1950x850
	LT. 4 - LT. 11	1800x750
	LT. 12 - LT. 19	1550x700
	LT. 20 - LT. 27	1400x650
	LT. 28 - LT. 35	1250x550
K4	BASEMENT 3 - LT. 3	1200x1200
	LT. 4 - LT. 11	1100x1100
	LT. 12 - LT. 19	1000x1000
	LT. 20 - LT. 27	900x900
	LT. 28 - LT. 35	800x800
K5	BASEMENT 3 - LT. 3	700x700
	BASEMENT 3 - LT. 1	600x600
KR1	BASEMENT 3 - LT. 1	600x600
	BASEMENT 3 - LT. MEZZ	400x800

**\*NOTASI SHEARWALL**

NOTASI	LANTAI	TEBAL
SW1	BASEMENT 3 - LT. 3	500
	LT. 4 - LT. 11	500
	LT. 12 - LT. 19	500
	LT. 20 - LT. 27	400
	LT. 28 - LT. 35	400
SW2	BASEMENT 3 - LT. 1	350
	BASEMENT 3 - LT. ATAP	200



TIM AHLI BANGUNAN GEDUNG : PARAF

Ir. MUDJI IRMAWAN, MS

PENANGGUNG JAWAB

SKA/PERENCANA :

ANNIE C. RETIKA MSC  
IPB NO. 0273/PP/K-A/UPPH/B-2015

PENGAWAS/PELAKSANA :

PEMILIK :

BAGUS FERRI S., ST  
PROJECT MANAGER

BANGUNAN INI AKAN DILAKSANAKAN SESUAI GAMBAR

PELAKSANA/PEMILIK

PROYEK :

Grand Dharmaswasta Lagoon  
TOWER-1 (Sapphire Tower)  
Jalan Mardiana Raya, Bandung Barat

PEMBERI TUGAS :

PT. PP PROPERTI  
Jl. Jendral Sudirman No. 2, Lembang, 40132 Bandung, Jawa Barat

KONSULTAN ARSITEKTUR:

AECOM  
Jalan Jenderal Sudirman, Jakarta Selatan, 10270, Indonesia

KONSULTAN ARSITEKTUR (LOKAL):

DETAILStudio  
Ruang Kerja & Desain Interior  
PT. PRIMA DETAILING  
A. Maulana, P. Fauzan, D. Fauzan, D. Fauzan

KONSULTAN STRUKTUR:

NETA ENGINEERING CONSULTANTS

KONSULTAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL:

PT. SIKAMANDIA CONSULTING TEKNIK  
Jl. Jendral Sudirman No. 48, Bandung Barat  
Telp. (021) 88888888 - 0815 55555555  
www.sikamandia.com

**DENAH LANTAI 12 - LANTAI 19**  
SKALA 1 : 100

BANGUNAN: APARTEMEN & FASILITASNYA

JUDUL GAMBAR : DENAH LT. 12 - LT. 19

SKALA : 1 : 100

DIGAMBAR :	-	TGL : 02-02-2018
DIPERIKSA :	-	TGL : 02-02-2018
DISETUIJAH :	-	TGL : 02-02-2018

DIKELUARKAN UNTUK : FOR CONSTRUCTION TGL : 02-02-2018

NO. GAMBAR : S1-10



## **BIODATA PENULIS**



Penulis yang bernama lengkap Fajar Rizwandha Putra dilahirkan di Bojonegoro pada 17 Juli 1997, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Kauman 1 Bojonegoro, SMP Negeri 1 Bojonegoro, SMA Negeri 1 Bojonegoro. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Bojonegoro pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan sarjana (S1) di Departemen Teknik

Sipil FTSP-ITS melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 03111640000024. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kampus diantaranya : seminar, kepanitiaan, dan kegiatan sosial. Penulis pernah menjadi kepala biro database DIVISI CITRA FTSP ITS 2018/2019. Di Departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil topik TA bidang Struktur khususnya bangunan gedung.

E-mail : fajarrizwandhaputra@gmail.com



Form AK/TA-04  
rev21

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil II.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Budi Sucuwanto, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Edgar Retnowidha Putra
NRP	: 0310640000024
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Grand Observatorium Lagoon 1900 yg diwujudkan struktur baja dengan sistem steel plate shear wall (SPSW) untuk Tumpuan 5000 x 200
TANGGAL PROPOSAL	: 21 Juni 2019
NO. SP-MMTA	: B/59565/ITS.VI.4.1/PP.00.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	29/08/2019	Revisi skema gambar, Penambahan balok anak, Revisi balok pelat lantai 1 lebar = 120cm	Pertimbangan Perhitungan Pelat, Pertimbangan balok anak, a/c gambar	
2	2/09/2019	Revisi gambar dan tabel detail struktur, Perulangan pelat (ok), Kiri pelat ditinjau revisi untuk detail struktur, balok anak (ok)	Perencanaan balok lift, Perencanaan Tangga	
3	6/09/2019	Revisi lebar pelat pangsar anak tangga = 20cm, detail gambar sekap analisis	Permodelan dan kontrol desain struktur sesuai snc (kontrol beton, kontrol sumpang aa, kontrol sistem gendak, kontrol gaya gempa)	
4	18/09/2019	Revisi detail gambar detailan pada balok agar tidak ada spasi terlalu banyak, kontrol desain struktur sudah memenuhi semua LK)	Perencanaan struktur primer balok balok WF, Perencanaan kolom CFT, Perencanaan balok induk beton, Perencanaan balok HBE	
5	21/10/2019	Asistensi balok induk, Revisi gambar dan tabel balok induk WF. Revisi perulangan angka dengan penambahan bambu pemisah, hitung ulang jangkai a put balok kompos	Perencanaan kolom CFT sesuai, Perencanaan balok induk beton Perencanaan kerangka komposit Elemen, Perencanaan kerangka sekunder element	
6	08/10/2019	Asistensi kolom CFT dengan revisi penampang ditunjukkan, Asistensi balok induk beton dan perulangan sudah benar. Pertimbangan balok HBE sudah benar dan dapat dipaten, Pertimbangan kolom HBE dan dimensinya sudah benar	Perencanaan dan pertimbangan Sambungan tangga, Perencanaan dan pertimbangan sambungan balok anak-balok induk lantai, Perencanaan dan pertimbangan sambungan balok anak-balok induk atap	





Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil II.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Budi Suwanto, S.T., M.T., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Fajar Alwantha Putra
NRP	: 031164100024
JUDUL TUGAS AKHIR	: Model, dan Perencanaan Gedung Apartemen Grand Phormaxindo, Layout menggunakan Struktur Baja dengan Sistem Steel Plate Shear Wall (SPSW) untuk Tugasan SAE 136 2019
TANGGAL PROPOSAL	: 21 Juni
NO. SP-MMTA	: PB/59565/IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7.	21/10 2019	Asistensi Sambungan tangga, asistensi Perhitungan sambungan balok induk-balok anak lantai dan atap, revisi penulisan Capitan, revisi penyajian gambar, pesta bangun sudah benar	Perhitungan sambungan steel plate shear wall, perhitungan sambungan balok induk dengan kolom, sambungan VBE dengan RBE, sambungan antar kolom, sambungan antar kolom beda dimensi	JSR
8.	27/10 2019	Perencanaan Sambungan SPSW sudah memenuhi, Perencanaan sambungan balok induk dg kolom diperbaiki gambar-gambar, Sambungan antar kolom sudah memenuhi, Sambungan antar kolom beda dimensi sudah memenuhi	Perencanaan kolom dan sambungan base plate, Perencanaan angkur pada base plate	JSR
9.	01/11 2019	Perhitungan perencanaan kolom dan sambungan base plate ok, pemampangan kolom base plate diperbesar, jarak pemasangan angkur diubah 50 cm dan Jang bertalu de tipe	Perencanaan perhitungan dinding penahan tanah, perhitungan dinding penahan tanah, perencanaan detail fondasi	JSR
10.	08/11 2019	Perhitungan dinding penahan tanah sudah benar, mutu beton diubah 30 MPa, perhitungan dinding penahan tanah sudah benar dan fondasi diperbaiki dan ditambak sesuai kepasti	Perhitungan perencanaan tangkai pemang, perhitungan dan kontrol tangkai pemang, Perhitungan Perhitungan sloof	JSR
12.	20/11 2019	Perhitungan dan perencanaan tangkai pemang sudah benar keahluasaan tangkai pemang tipe 2 diubah ketebalan 30 mm, Perhitungan Perhitungan sloof sudah benar	Asistensi kelengkapan draft tugas akhir	JSR