



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 144542

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem Special Plate Shear Wall (SPSW)

WILLIBRORDUS ADHYATMA SUNU PARAMARTA
NRP. 10111715000013

DOSEN PEMBIMBING :

IR. MUNARUS SULUCH MS.
NIP. 19550408 198203 1 003

PROGRAM DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL LANJUT JENJANG
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 144542

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem Special Plate Shear Wall (SPSW)

WILLIBRORDUS ADHYATMA SUNU PARAMARTA
NRP. 10111715000013

DOSEN PEMBIMBING :

IR. MUNARUS SULUCH MS.
NIP. 19550408 198203 1 003

PROGRAM DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL LANJUT JENJANG
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



APPLIED FINAL PROJECT - RC 144542

Structural Planning Modification of Premier Inn Hotell Using Special Plate Shear Wall (SPSW)

WILLIBRORDUS ADHYATMA SUNU PARAMARTA
NRP. 10111715000013

SUPERVISOR :

IR. MUNARUS SULUCH MS.
NIP. 19550408 198203 1 003

DIPLOMA IV CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATIONAL STUDIES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN MENGGUNAKAN SISTEM SPECIAL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Terapan
Pada
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, Juli 2018

Disusun Oleh :



WILLIBRORDUS ADHYATMA SUNU PARAMARTA

NRP. 10111715000013



Diperiksa Oleh :
Dosen Pembimbing Proyek Akhir

31 JUL 2018

MUNARUS SULUCH, M.S.

NIP. 195504081982031003



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG
 TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 10/07/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem Special Plate Shear Wall (SPSW)		
Nama Mahasiswa	Willibrurdus Adhyatma P	NRP	10111715000013
Dosen Pembimbing 1	Ir. Munarus Suluch, MS NIP 19550408 198203 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> - Sistem ganda → syarat² - gambar & di lemp kaps - gamb hub SWSP (detail) - detail petunghu gamb detail gambar & di check lagi 	 Nur A. Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001
<ul style="list-style-type: none"> - gambar detail di arsitek - Tanda gambar → - gambar detail balok - gamb tul Tangleh - geometri Sambungan sipu jelas - Samb momen ke kolom - Samb kolom continuity 	 Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 19590209 198603 1 002
	-
	NIP -
	-
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Nur A. Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 19590209 198603 1 002	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ir. Munarus Suluch, MS NIP 19550408 198203 1 003	NIP -



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Willibrordus A.-S. Paramarta 2
NRP : 1 1011715 000013 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel
 Premier Inn Menggunakan Sistem Special Plate Shear Wall (SPSW)

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan								
1	05/02/2018	* Tinjauan Sistem Struktur * Letak SPSW * Rencanakan detailing untuk Sambungan.		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
2	14/02/2018	* Flowchart perencanaan kolom, balok, SPSW dan Sambungan. * Preliminary design plat, kolom, Balok, SPSW.		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
3	23/02/2018	* Gaya-gaya di Sambungan		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
4.	28/02/2018.	* Lengkapi flow chart Sambungan		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
5.	7/03/2018.	* Buat excel Sambungan dari flow chart.										
6.	21/03/2018	* Periksa SRPM minimal beban min 25% SPSW 75% * Flowchart System Struktur.		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
		* Excel balok dan kolom										
7.	4/04/2018	* Diskusi Excel keseluruhan (Revisi)		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
		* Diskusi Penyesuaian Realistis										

Ket
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : Willibrondus A.S. Paramarta **2**
NRP : 1611171500013 **2**
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem Special plate Shear wall (SPSW).

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
				B	C	K
8.	18/4/2018	1. Tangga pracetak. 2. Panel zone (gaya 2 dan konsep desain) 3. koefisien Reduksi beban hidup.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	02/05/2018	1. Tangga precast. 2. SPSW, Cek ketersediaan bahan plat. 3. Retaining wall.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	9/05/2018	1. Periksa Splice dan Sambungan Momen minor axis.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	23/05/2018	1. Outline Penulisan Laporan TA disesuaikan dengan kaidah penulisan. 2. Tangg - detail Support. 3. Pocket beam		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Willibrordus A. S. Paramarta 2
NRP : 1 611715 000013 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel
 Premier Inn Menggunakan Sistem Special plate shear wal (SPSW)

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
12	01/06/2018	Bab 2. (via Email)				
13	12/06/2018	Bab 1 & 2 (via Email)		B	C	K
14	13/06/2018	Bab 1 & 2 & 3 (via Email)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	22/06/2018	Bab 4, Penulisan diperbaiki Sesuai Excel		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN MENGGUNAKAN SISTEM SPECIAL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

Nama : Willibrordus A.S.P
NRP : 10111715000013
Jurusan : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Munarus Suluch, MS

ABSTRAK

Baja merupakan material bangunan yang baik bila dihadapkan dengan gempa. Jika dibandingkan dengan struktur beton, baja dinilai memiliki sifat daktil yang dapat dimanfaatkan pada saat struktur memikul beban akibat gempa. *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) merupakan suatu sistem penahan beban lateral yang berbentuk pelat baja vertikal padat yang menghubungkan balok dan kolom di sekitarnya yang terpasang sepanjang ketinggian struktur yang membentuk suatu dinding penopang. SPSW memiliki daktilitas yang baik serta dapat dilaksanakan dengan presisi dan cepat bila dibandingkan dengan beton sehingga cocok digunakan di wilayah yang rawan gempa.

Perhitungan struktur gedung dengan sistem SPSW ini mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012, *Specification for structural steel building* AISC 360-10, *Seismic provision for structural steel building* AISC 341-10, dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1983 sebagai pendamping aturan. Dalam menganalisis struktur ditinjau pengaruh beban gempa dinamik dengan menggunakan program ETABS 2016.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil : tebal pelat lantai bondek = 10 cm, dimensi balok induk memanjang : W350x175x7x11 dan melintang : W400x200x9x16 (Lt 1 sampai Lt 2) W400x200x8x13 (Lt 3 sampai atap), dimensi kolom H300x300x24x29 untuk lt 1 sampai 5 dan H300x300x18x23 untuk lantai 6 sampai atap, dimensi VBE H400x400x35x45 , dimensi HBE H400x200x9x19.

Kata kunci: Gempa, Struktur baja, Steel Plate Shear Wall, SPSW,SRPMK

STRUCTURAL PLANNING MODIFICATION OF PREMIER INN HOTELL USING SPECIAL PLATE SHEAR WALL (SPSW)

Name : Willibrordus A.S.P
Student Id : 10111715000013
Major : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Supervisor : Ir. Munarus Suluch, MS

ABSTRACT

Steel is a good building material againts earthquake. If compared to concrete, steel will have better ductility which is usefull to dissipate energy caused by ground acceleration. Steel Plate Shear Wall (SPSW) is a structural system composed by thin vertical steel plate connected to boundary elements along building height which create a wall that able to support latteral forces. SPSW have a good ductility and can be carried out precisely and relatively faster in construction time compared to concrete shear wall.

Design of SPSW is regulated by *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012* (ASCE 7-10), Specification for structural steel building AISC 360-10, Seismic provision for structural steel building AISC 341-10, and *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1983* as companion to main specification. To analize the structure this paper will use ETABS 2016 as main software.

Design result of this paper are : steel deck thickness = 10 cm, main beam in X direction : H350x175x7x11 and for Y direction is : H400x200x9x16 (1st floor to 2nd floor) H400x200x8x13 (3rd floor to top floor), column dimension is H300x300x18x23 (1st floor to

5th floor), H300x300x24x29 (6th floor to roof floor), VBE dimension is : H400x400x35x45 , HBE dimension is H400x200x9x19.

Key words: Earth quake, Steel structure, Steel Plate Shear Wall, SPSW, SMF

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah atas rahmat, dan karunia-Nya sehingga tugas akhir terapan yang berjudul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem Special Plate Shear Wall (SPSW)” dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Tugas akhir terapan ini sebagai implementasi ilmu yang telah didapat selama perkuliahan di Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penyusunan tugas akhir terapan ini sebagai salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa proposal tugas akhir terapan ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS Surabaya.
2. Bapak Dr. Ir. Kuntjoro, M.T. selaku Kepala Program Studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.
3. Bapak Ir. Chomaedhi, CES. selaku dosen wali.
4. Bapak Ir. Munarus Suluch, MT. selaku dosen pembimbing dalam penyusunan tugas akhir terapan.
5. Bapak dan Ibu dosen Program Diploma yang selama ini membimbing dan membantu dalam proses perkuliahan.

6. Bapak dan Ibu karyawan ITS yang selama ini membantu dan membimbing dalam urusan administrasi selama perkuliahan.
7. Seluruh keluarga mahasiswa ITS pada umumnya dan mahasiswa kampus ITS Manyar khususnya yang selama ini telah mendukung dan berpartisipasi dalam membantu terlaksananya penyusunan tugas akhir terapan ini.
8. Seluruh pihak yang terlibat dalam membantu terlaksananya tugas akhir terapan ini.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis berharap saran dan tanggapan yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir terapan ini. Semoga tugas akhir terapan ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surabaya, 29 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK..... i

ABSTRACTiii

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI..... vii

DAFTAR GAMBARxiii

DAFTAR TABEL..... xvii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Perumusan Masalah 2

1.3. Tujuan 2

1.4. Batasan Masalah 3

1.5. Manfaat 3

1.6. Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1. Tinjauan umum 5

2.2. Beban-beban yang diperhitungkan..... 5

2.3. Struktur bangunan tahan gempa..... 7

2.3.1. Parameter – parameter dalam pemilihan sistem struktur 7

2.3.2. Jenis – jenis sistem struktur..... 12

2.3.3. Persyaratan perilaku struktur terhadap beban lateral 14

2.4. Steel plate shear wall..... 18

2.4.1. Kelebihan dan kekurangan SPSW	19
2.4.2. Analisis dan Desain Steel Plate Shear Wall	21
2.5. Rangka Momen Khusus	26
2.5.1. Kelebihan dan kekurangan Rangka Momen Khusus	26
2.5.2. Perencanaan Balok IWF.....	27
2.5.3. Perencanaan Kolom H Beam	28
2.6. Perencanaan Struktur Sekunder	31
2.6.1. Perencanaan Pelat Lantai SuperFloorDeck®	31
2.6.2. Perencanaan Balok Anak IWF.....	32
2.6.3. Perencanaan Ruang Mesin Elevator.....	32
2.6.4. Perencanaan Tangga Darurat Pracetak.....	33
2.7. Perencanaan Sambungan.....	35
2.7.1. Kondisi – kondisi batas	35
2.7.2. Reduced Beam Section	42
2.7.3. Directly welded flanges pada sumbu kuat kolom	44
2.7.4. Welded flange plates pada sumbu lemah kolom.....	46
2.7.5. Simple shear connection	47
2.7.6. Column splice	49
2.7.7. Baseplate connection.....	50
2.8. Perencanaan Struktur Bawah	51
2.8.1. Dinding basement	51
2.8.2. Tie beam	52
2.8.3. Pile cap	53
2.8.4. Tiang Pancang.....	55

BAB III METODOLOGI	59
3.1. Persiapan	59
3.1.1. Studi literatur.....	59
3.1.2. Penyusunan proposal tugas akhir	60
3.2. Pengumpulan data	60
3.2.1. Data primer	60
3.2.2. Data sekunder.....	63
3.3. Metode Analisis dan Desain.....	63
3.3.1. Beban - beban yang bekerja	63
3.3.2. Mendesain struktur sekunder	68
3.3.3. Menganalisa perilaku struktur dengan SNI 1726-2012.....	71
3.3.4. Melakukan desain elemen struktur primer	71
3.3.5. Melakukan penggambaran hasil desain	71
3.3.6. Melakukan perencanaan metode pelaksanaan pekerjaan ..	71
BAB IV ANALISA DAN PERENCANAAN	73
4.1. Preliminary design	73
4.1.1. Balok induk	73
4.1.2. Kolom induk	75
4.2. Perencanaan struktur sekunder.....	77
4.2.1. Perencanaan pelat lantai Super Floor Deck®	77
4.2.2. Perencanaan balok anak	81
4.2.3. Perencanaan balok penumpu mesin elevator	89
4.2.4. Perencanaan tangga pracetak	93
4.2.5. Perencanaan lantai basement.....	97

4.3. Analisa Sistem Struktur	99
4.3.1. Pemilihan Sistem Struktur	99
4.3.2. Memodelkan desain awal pada ETABS 2016.....	102
4.3.3. Memodelkan beban pada model ETABS	105
4.3.4. Kontrol SMF Memikul Min 25% Beban Lateral	107
4.3.5. Kontrol dinamis struktur	117
4.4. Perencanaan struktur primer	126
4.4.1. Perencanaan balok IWF	130
4.4.2. Perencanaan kolom IWF.....	136
4.4.3. Perencanaan Steel Plate Shear Wall (SPSW).....	142
4.4.4. Kontrol <i>Strong Column Weak Beam</i>	151
4.5. Perencanaan sambungan	154
4.5.1. Sambungan geser balok anak ke balok induk	155
4.5.2. Sambungan <i>reduced beam section</i>	164
4.5.3. Sambungan balok induk ke sumbu kuat kolom	166
4.5.4. Sambungan balok induk ke sumbu lemah kolom	176
4.5.5. Sambungan splice kolom – kolom	181
4.5.6. Sambungan baseplate kolom pedestal.....	186
4.6. Perencanaan struktur bawah.....	190
4.6.1. Perhitungan balok sloof	190
4.6.2. Dinding basement	191
4.6.3. Perhitungan pondasi.....	194
4.6.4. Perhitungan pile cap.....	196
BAB V METODE PELAKSANAAN.....	201

5.1. Spesifikasi Teknis Pekerjaan.....	201
5.1.1. Lingkup Pekerjaan	201
5.1.2. Bahan-Bahan	201
5.1.3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	201
5.2. Metode Pelaksanaan.....	205
5.2.1. Perencanaan Alat Berat	205
5.2.2. Perencanaan Alur Pekerjaan	205
BAB VI PENUTUP	213
6.1. Kesimpulan	213
6.2. Saran	214
DAFTAR PUSTAKA	215
BIODATA	217

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Percepatan Respon Spektral Periode Pendek....	9
Gambar 2. 2 Peta Percepatan Respon Spektral Periode Panjang ..	9
Gambar 2. 3 Spektrum Respon Desain	12
Gambar 2. 4 Perilaku sistem ganda	13
Gambar 2. 5 Ketidakberaturan horizontal torsi	15
Gambar 2. 6 Kekakuan tingkat lunak	15
Gambar 2. 7 Dinding Geser Plat Baja	18
Gambar 2. 8 Gaya-gaya yang bekerja pada SPSW	22
Gambar 2. 9 Free body diagram pada komponen SPSW	22
Gambar 2. 10 Free body diagram pada boundary element.....	22
Gambar 2. 11 Sambungan SPSW ke elemen batas	26
Gambar 2. 12 Nomogram kekakuan struktur bergoyang	29
Gambar 2. 13 Profil SuperFloorDeck®	31
Gambar 2. 14 Beban elevator pada ruang mesin	33
Gambar 2. 15 Dimensi anak tangga	34
Gambar 2. 16 Desain tipikal tangga pracetak.....	34
Gambar 2. 17 Las sudut dan las tumpul	36
Gambar 2. 18 Runtuh geser blok.....	38
Gambar 2. 19 Deformasi akibat tumpu baut	38
Gambar 2. 20 Kegagalan kuat geser baut	39
Gambar 2. 21 Flange local bending.....	39
Gambar 2. 22 Pelipatan pada badan	40
Gambar 2. 23 Pelelehan lokal badan	40
Gambar 2. 24 Leleh terhadap geser pada elemen	41
Gambar 2. 25 Runtuh terhadap geser pada elemen	41
Gambar 2. 26 Skematik sambungan RBS	42
Gambar 2. 27 Mekanisme gaya pada muka kolom akibat RBS ..	43
Gambar 2. 28 Skematik sambungan pada sumbu kuat.....	45
Gambar 2. 29 Mekanisme gaya pada sambungan sumbu kuat....	45
Gambar 2. 30 Sambungan pada sumbu lemah	46
Gambar 2. 31 Skematik sambungan dan mekanisme gaya	47

Gambar 2. 32 Skematik sambungan geser	48
Gambar 2. 33 Mekanisme gaya splice kolom	49
Gambar 2. 34 Posisi splice yang direkomendasikan AISC	49
Gambar 2. 35 Mekanisme gaya pada baseplate kolom	50
Gambar 2. 36 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	57
Gambar 2. 37 Koordinasi Tiang Pancang Konversi Labarre.....	58
Gambar 3. 1 Tampak Bangunan Hotel Premier Inn	61
Gambar 3. 2 Tampak 3D Bangunan Hotel Premier Inn	61
Gambar 3. 3 Denah arsitektur tipikal lantai 3 sd 9	62
Gambar 3. 4 Model tangga pracetak.....	68
Gambar 3. 5 Tumpuan khusus tangga	69
Gambar 3. 6 Arah pelenturan pelat	69
Gambar 3. 7 Denah struktur ruang mesin elevator	70
Gambar 4. 1 Tributary area balok induk.....	73
Gambar 4. 2 <i>Tributary area</i> kolom yang ditinjau	76
Gambar 4. 3 Perletakan pelat lantai.....	78
Gambar 4. 4 Denah pelat bondek	79
Gambar 4. 5 Detail potongan pelat lantai	80
Gambar 4. 6 Denah balok anak	81
Gambar 4. 7 Denah balok anak	85
Gambar 4. 8 Pembebanan pada balok pemikul mesin elevator...	89
Gambar 4. 9 Beban pada balok pemikul mesin elevator	90
Gambar 4. 10 Model beban hidup pada tangga.....	95
Gambar 4. 11 Model beban mati pada tangga	95
Gambar 4. 12 Diagram momen hasil permodelan.....	95
Gambar 4. 13 Diagram gaya geser hasil permodelan.....	95
Gambar 4. 14 Reaksi tumpuan pada tangga	96
Gambar 4. 15 Desain tangga pracetak.....	97
Gambar 4. 16 Pelat lantai basement	97
Gambar 4. 17 Rencana letak SPSW pada lantai 3 s/d 9	101
Gambar 4. 18 Properti dari SPSW.....	102
Gambar 4. 19 Isometri model struktur	103
Gambar 4. 20 Tampak samping model struktur	103

Gambar 4. 21 Portal 7.....	104
Gambar 4. 22 Portal 3.....	104
Gambar 4. 23 Load set ruang hunian.....	105
Gambar 4. 24 Daftar load set yang digunakan	105
Gambar 4. 25 Permodelan beban tanah.....	106
Gambar 4. 26 Input respon spektra	107
Gambar 4. 27 Model rangka ruang.....	108
Gambar 4. 28 Kombinasi pembebanan diaplikasikan	109
Gambar 4. 29 Hasil analisa elemen terhadap beban gravitasi ...	110
Gambar 4. 30 Simpangan lantai akibat gempa arah X	112
Gambar 4. 31 Simpangan lantai akibat gempa arah Y	112
Gambar 4. 32 Simpangan lantai akibat pembebanan angin.....	113
Gambar 4. 33 Kombinasi pembebanan yang diaplikasikan	113
Gambar 4. 34 Hasil desain portal 4 thd 25% beban lateral	114
Gambar 4. 35 Kombinasi beban yang diaplikasikan.....	115
Gambar 4. 36 Hasil desain portal 4 thd 100% beban lateral	116
Gambar 4. 37 Portal 7 pada model ETABS	128
Gambar 4. 38 Portal 4 dari model ETABS.....	129
Gambar 4. 39 Gaya – gaya ultimit pada balok B42	130
Gambar 4. 40 Gaya – gaya pada balok yang ditinjau.....	133
Gambar 4. 41 Gaya – gaya pada kolom yang ditinjau	136
Gambar 4. 42 Gaya – gaya pada kolom yang ditinjau (cont)....	137
Gambar 4. 43 Gaya – gaya pada kolom yang ditinjau	139
Gambar 4. 44 Gaya – gaya pada kolom yang ditinjau (cont)....	140
Gambar 4. 45 Gaya – gaya pada hubungan balok kolom.....	151
Gambar 4. 46 Lokasi hub. yang ditinjau	152
Gambar 4. 47 Lokasi sambungan (portal 7).....	154
Gambar 4. 48 Letak sambungan (portal C)	155
Gambar 4. 49 Sambungan geser balok LT 1 dan LT 2	159
Gambar 4. 50 Sambungan geser balok LT 3 dan LT Atap.....	164
Gambar 4. 51 <i>Reduced Beam Section</i>	166
Gambar 4. 52 Detail Sambungan Momen A	171
Gambar 4. 53 Detail sambungan momen B.....	176

Gambar 4. 54 Detail sambungan C	180
Gambar 4. 55 Sambungan splice kolom VBE.....	183
Gambar 4. 56 Sambungan splice kolom struktur	186
Gambar 4. 57 Baseplate kolom	189
Gambar 4. 58 Penulangan sloof hasil perhitungan	191
Gambar 4. 59 Penulangan dinding basement	194
Gambar 4. 60 Detail pile cap yang di desain.....	199
Gambar. 5 1 Contoh marking komponen	202
Gambar. 5 2 Pengaitan hook ke kolom	206
Gambar. 5 3 Pemasangan kolom ke pedestal	206
Gambar. 5 4 Kolom ditahan oleh crane.....	207
Gambar. 5 5 Kolom - kolom terpasang	207
Gambar. 5 6 Ikatan sling pada balok baja	208
Gambar. 5 7 Setting posisi elemen oleh pekerja	208
Gambar. 5 8 Pemasangan baut – baut sambungan	209
Gambar. 5 9 Pengangkatan elemen spsw	209
Gambar. 5 10 Setting posisi spsw	210
Gambar. 5 11 Pemasangan pelat bondek.....	210
Gambar. 5 12 Pemasangan stud	211
Gambar. 5 13 Pengangkatan tangga.....	211
Gambar. 5 14 Setting posisi tangga pracetak	212

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori risiko macam – macam bangunan	7
Tabel 2. 2 Faktor keutamaan	7
Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs Menurut SNI 1726-2012	8
Tabel 2. 4 Koefisien situs, F_a	8
Tabel 2. 5 Koefisien situs, F_v	10
Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik	11
Tabel 2. 7 Faktor R , C_d dan Ω_0 sistem penahan gaya seismik ..	13
Tabel 2. 8 Simpangan antar lantai ijin.....	14
Tabel 2. 9 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	17
Tabel 2. 10 Nilai koefisien C_u	17
Tabel 2. 11 Perencanaan Praktis.....	32
Tabel 2. 12 Throat Efektif dari PJP.....	36
Tabel 2. 13 Ukuran Minimum Las Sudut	37
Tabel 3. 1 Beban mati perencanaan.....	64
Tabel 3. 2 Beban hidup perencanaan.....	65
Tabel 3. 3 faktor reduksi beban hidup.....	65
Tabel 3. 4 Masukan beban gempa pada ETABS	67
Tabel 4. 1 Perencanaan Praktis Bentang Bondek	78
Tabel 4. 8 Simpangan lantai pada model SMF.....	99
Tabel 4. 9 Simpangan Lantai Pada Model SMF.....	100
Tabel 4. 2 Partisipasi massa	118
Tabel 4. 3 Kontrol simpangan antar lantai sumbu kuat.....	123
Tabel 4. 4 Kontrol simpangan antar lantai sumbu lemah	123
Tabel 4. 5 Kontrol ketidakberaturan torsi.....	124
Tabel 4. 6 Kontrol lantai lunak arah X.....	125
Tabel 4. 7 Kontrol lantai lunak arah Y	125

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

1. Tabel profil baja yang digunakan
2. Katalog SuperFloorDeck®
3. Katalog Adhi Beton Spun Pile
4. Data tanah bor log
5. Gambar desain

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peta hazard gempa Indonesia tahun 2017 telah dirilis baru – baru ini dengan menunjukkan banyaknya potensi gempa di Indonesia. Hal ini menunjukkan trend kebutuhan struktur gedung tahan gempa yang meningkat. Penerapan dalam desain sistem struktur tahan gempa untuk bangunan gedung di Indonesia umumnya didominasi oleh sistem struktur rangka pemikul momen khusus beton dan juga sistem ganda atau perpaduan antara rangka pemikul momen khusus beton dan dinding geser beton bertulang. Namun disamping sistem struktur diatas ada juga terdapat sistem struktur yang berbasiskan baja sebagai material utamanya. Sistem – sistem struktur tersebut diantaranya menurut SNI 1726-2012 adalah rangka baja pemikul momen khusus dan dinding geser pelat baja (SPSW).

Struktur baja menawarkan berat yang lebih ringan ketimbang apabila menggunakan beton sehingga berat keseluruhan struktur juga lebih ringan. Hal ini baik karena dapat mengurangi beban lateral yang bekerja ke gedung. Selain itu pekerjaan struktur baja cenderung lebih cepat dibandingkan struktur beton. Namun demikian struktur baja sendiri meskipun mampu memberi kekuatan struktur yang baik namun umumnya kurang mampu mengakomodasi kekakuan struktur. Dengan demikian diperlukan sistem penahan lateral tambahan. Sistem ganda SPSW dan Rangka Pemikul Momen Khusus (SMF) mampu menjadi alternatif dari sistem penahan lateral yang sudah ada sebelumnya seperti bresing.

Berdasarkan dari pertimbangan - pertimbangan diatas maka penulis tertarik mengambil judul tugas akhir terapan yang mana akan membahas secara khusus “*Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem Special Plate*”

Shear Wall (SPSW)”. Substansi tugas akhir terapan ini adalah perencanaan sistem *Special Plate Shear Wall* dan menjadikan gedung hotel Premier Inn sebagai obyek perencanaan.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan dalam proyek akhir terapan dengan judul “*Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem Special Plate Shear Wall (SPSW)*” ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana rancangan bangunan menggunakan sistem ganda SPSW dan Sistem Rangka Momen Khusus Baja?
- 2) Bagaimana detail hubungan balok-kolom yang dapat bekerja sebagai sendi plastis?
- 3) Bagaimana detail sambungan antara SPSW dan elemen batas (kolom dan balok baja)?
- 4) Bagaimana rancangan pondasi untuk memikul beban – beban yang bekerja?
- 5) Bagaimanakah metode pelaksanaan pekerjaan pemasangan dinding SPSW yang benar?

1.3. Tujuan

Tujuan proyek akhir terapan dengan judul “*Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem Special Plate Shear Wall (SPSW)*” ini adalah sebagai berikut:

- 1) Merancang bangunan dengan sistem ganda SPSW dan Sistem Rangka Momen Khusus.
- 2) Mendapatkan hasil perencanaan struktur berupa gambar kerja.
- 3) Memperoleh hasil desain pondasi sesuai beban yang bekerja.

- 4) Menjelaskan metode kerja pelaksanaan SPSW yang benar dan sesuai dengan filosofi perencanaan.

1.4. Batasan Masalah

Pembatasan masalah proyek akhir terapan dengan judul *“Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem Special Plate Shear Wall (SPSW)”* ini adalah sebagai berikut:

- 1) Perhitungan struktur hanya dilakukan pada 1 portal yaitu portal melintang
- 2) Hanya membahas metode pelaksanaan SPSW
- 3) Beban gempa diperhitungkan dengan metode respon spektrum menurut SNI 1726-2012
- 4) Tidak membahas perhitungan non struktural seperti utilitas, air bersih dan lain sebagainya

1.5. Manfaat

Manfaat penulisan Tugas Akhir Terapan ini adalah sebagai berikut :

- 1) Dapat menganalisa rangka baja pemikul momen menggunakan metode LRFD
- 2) Dapat memahami dan memberi penjelasan terkait metode pelaksanaan SPSW
- 3) Dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil dengan menjadikan tugas akhir ini sebagai bahan referensi yang berkualitas.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir Terapan ini adalah :

Bab 1 Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penulisan, serta sistematika penulisan tugas akhir terapan

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka yang memuat pendapat, teori, ataupun tinjauan terhadap penelitian terdahulu yang bersifat ilmiah, empiris, dan objektif.

Bab 3 Metode

Berisi tentang cara penyelesaian permasalahan yang dirumuskan pada perumusan masalah menggunakan formula – formula yang diperoleh dari tinjauan pustaka.

Bab 4 Pembahasan

Berisi tentang perhitungan, kontrol perhitungan dan hasil perhitungan dari permodelan struktur serta membahas metode pelaksanaan pekerjaan.

Bab 5 Kesimpulan

Berisi simpulan atas tugas akhir yang harus menjawab seluruh perumusan masalah yang terdapat pada Bab 1.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan umum

Kriteria desain untuk struktur tahan gempa mensyaratkan bahwa bangunan harus didesain agar mampu menahan beban gempa 2500 tahun sesuai SNI gempa yang berlaku saat ini. Pada prinsipnya struktur bangunan tahan gempa boleh direncanakan terhadap beban gempa yang direduksi dengan suatu faktor modifikasi respon struktur R yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur.

Dengan konsep ini saat gempa kuat terjadi elemen – elemen struktur bangunan tertentu boleh mengalami plastifikasi (kerusakan) sebagai sarana disipasi energi gempa. Elemen – elemen yang dipilih untuk mengalami plastifikasi adalah elemen yang bersifat daktail dan tidak mudah runtuh. Sementara itu elemen lain harus dijaga agar tetap berperilaku elastis ketika gempa. Hal ini bisa dicapai dengan melakukan pelemahan pada bagian struktur dengan detailing khusus. Hal ini dibuat demikian agar hanya pada elemen – elemen atau titik tersebut kerusakan akan terjadi. (Imran & Hendrik, 2010)

2.2. Beban-beban yang diperhitungkan

Dalam perencanaan suatu gedung, perhitungan beban-beban sangat diperhatikan. Dalam perencanaan struktur gedung hotel ini, beban yang bekerja adalah beban hidup, beban mati, beban gempa, dan beban angin.

1) Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh komponen bangunan terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, finishing, komponen arsitektural dan struktural lainnya. Beban mati pada

perencanaan ini akan dibagi menjadi dua jenis yaitu beban mati berat sendiri struktur dan beban mati tambahan yang merupakan semua beban mati yang tidak termasuk komponen struktur.

2) Beban Hidup

Beban hidup adalah seluruh beban yang timbul akibat pengguna dan penghuni gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan lingkungan. Besaran beban hidup akan diambil dari tabel 4-1 SNI 1727-2013.

3) Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul pada struktur dan komponen struktur akibat perbedaan tekanan udara. Besaran beban angin dihitung menurut pasal 26 SNI 1727-2013

4) Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang timbul pada struktur akibat eksitasi tanah berupa percepatan. Beban gempa yang digunakan untuk merencanakan struktur dalam tugas akhir terapan ini menggunakan metode spektrum respon.

5) Kombinasi Pembebanan

Struktur gedung harus mampu memikul kombinasi pembebanan yang diatur di SNI 1726-2012 dengan ketentuan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- a. $1.4D$
- b. $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ atau } R)$
- c. $1.2D + 1.6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0.5W)$
- d. $1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ atau } R)$
- e. $1.2D + 1.0E + L$
- f. $0.9D + 1.0W$
- g. $0.9D + 1.0E$

2.3. Struktur bangunan tahan gempa

2.3.1. Parameter – parameter dalam pemilihan sistem struktur

1) Kategori risiko dan faktor keutamaan

Dalam SNI 1726-2012, struktur bangunan gedung dibedakan berdasarkan jenis pemanfaatan struktur tersebut. Struktur yang dapat digolongkan dalam lebih dari satu macam kategori risiko harus direncanakan berdasarkan kategori risiko yang paling tinggi. Kategori risiko dapat dilihat pada tabel 1 SNI 1726 – 2012. Berikut adalah cuplikan tabel tersebut.

Tabel 2. 1 Kategori risiko macam – macam bangunan

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I

Tabel 2. 2 Faktor keutamaan

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2) Kelas Situs dan koefisien situs

Lapisan tanah pada lokasi suatu proyek dapat dikategorikan menjadi beberapa kelas situs dari kelas A hingga F. Klasifikasi situs dapat ditentukan melalui uji SPT lalu hasil pengujian SPT diolah dengan rumus :

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum \frac{d_i}{N_i}} \quad (2.1)$$

Dengan :

d_i : kedalaman lapisan uji (m)

N_i : nilai SPT

Σd_i : harus lebih besar atau sama dengan 30 m

Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs Menurut SNI 1726-2012

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{eq}	\bar{s}_w (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15smpai 50	50 sampai100

Setelah ditentukan kelas situsnya maka selanjutnya berdasarkan nilai S_s dan S_1 dapat ditentukan besarnya koefisien situs F_a dan F_v . Koefisien situs merupakan suatu faktor amplifikasi seismik yang dapat dipakai untuk menentukan respon spektral percepatan gempa di permukaan tanah. (Setiawan, 2016). F_a merupakan faktor amplifikasi getaran yang terkait percepatan pada getaran periode pendek. Sedangkan F_v merupakan faktor amplifikasi terkait percepatan pada getaran periode 1 detik.

Tabel 2. 4 Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Tabel 2. 5 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

Nilai F_a dan F_v selanjutnya Parameter Spektrum Respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) dengan rumus sebagai berikut :

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (2.2)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (2.3)$$

Demikian faktor percepatan spektral desain untuk periode pendek S_{DS} dan untuk periode 1 detik S_{D1} dapat dihitung

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.5)$$

3) Kategori Desain Seismik

Penentuan kategori desain seismik bergantung pada faktor keutamaan I_e dan kelas situs tempat bangunan bersangkutan akan dibangun. Faktor keutamaan dapat dilihat pada tabel 1 SNI 1726-2012. Penentuan kategori desain seismik dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,2$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

4) Spektrum Respon Desain

Spektrum respons desain dapat dibentuk setelah nilai S_{DS} dan S_{D1} dihitung. Kurva spektrum respons desain dikembangkan dengan mengikuti ketentuan berikut :

- a. Untuk $T \leq T_0$

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + \frac{0.6 T}{T_a} \right) \quad (2.6)$$

$$T_0 = \frac{0.2 S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.7)$$

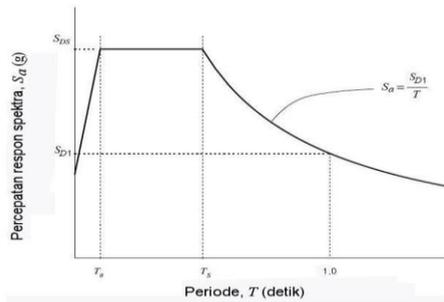
T = waktu getar alami struktur, dinyatakan dalam detik

- b. Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.8)$$

- c. Untuk $T \geq T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.9)$$



Gambar 2. 3 Spektrum Respon Desain

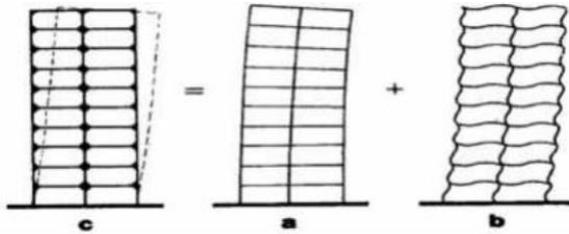
2.3.2. Jenis – jenis sistem struktur

Dalam penentuan tipe sistem rangka yang harus digunakan, perlu memperhatikan batasan – batasan syarat yang diberikan pada SNI 1726-2012. Diantara banyak sistem struktur diantaranya adalah sistem rangka pemikul momen dan sistem ganda.

Sistem rangka pemikul momen adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom dan joint-jointnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial (Iswandi, 2014). Menurut SNI 1729-2015 sistem rangka pemikul momen dapat dibedakan dalam tiga jenis menurut kemampuannya memikul beban lateral yaitu :

1. Sistem Rangka Momen Biasa (SRMB)
2. Sistem Rangka Momen Menengah (SRMM)
3. Sistem Rangka Momen Khusus (SRMK)

Sistem ganda adalah suatu sistem struktur dimana pada dasarnya rangka berfungsi untuk memikul beban gravitasi dan untuk memikul beban lateral disediakan rangka pemikul momen yang didetailkan secara khusus dan juga dinding geser atau bresing (Gioviandan, 2013). Perilaku dari sistem ganda dapat dilihat dalam gambar dibawah ini dimana sifat – sifat dari rangka pemikul momen dikombinasikan dengan sifat – sifat dari dinding geser.



Gambar 2. 4 Perilaku sistem ganda

Pemilihan sistem struktur didasarkan pada nilai KDS dari lokasi tempat bangunan akan didirikan. Berikut adalah cuplikan dari tabel 9 SNI 1726 – 2012.

Tabel 2. 7 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya seismik

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus ^f	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI ^{hA}
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30

2.3.3. Persyaratan perilaku struktur terhadap beban lateral

1) Simpangan antar lantai ijin

Gempa lateral akan menghasilkan simpangan struktur dalam arah lateral. Dalam proses perencanaan struktur, maka simpangan lateral antar lantai tingkat harus selalu diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur, mencegah kerusakan elemen – elemen non struktural serta menjamin kenyamanan pengguna bangunan. (Setiawan, 2016)

Tabel 2. 8 Simpangan antar lantai ijin

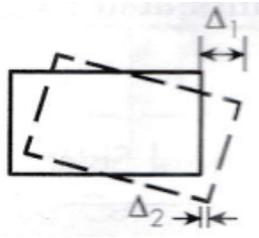
Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{xx}^c$	$0,020 h_{xx}$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

2) Ketidakberaturan horizontal torsi

Suatu struktur bangunan harus diklasifikasikan sebagai suatu struktur bangunan beraturan ataukah tidak beraturan berdasarkan kriteria – kriteria yang ditetapkan dalam pasal 7.3.2 SNI 1726 – 2012.

Suatu struktur dianggap mengalami ketidakberaturan horizontal torsi apabila memenuhi persamaan 2.10.

$$\Delta 1 > 1.2 \left(\frac{\Delta 1 + \Delta 2}{2} \right) \quad (2.10)$$



Gambar 2. 5 Ketidakberaturan horizontal torsi

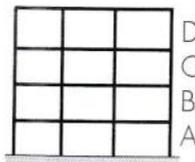
3) Ketidakberaturan horizontal tingkat lantai lunak (soft story)

Suatu struktur bangunan harus diklasifikasikan sebagai suatu struktur bangunan beraturan ataukah tidak beraturan berdasarkan kriteria – kriteria yang ditetapkan dalam pasal 7.3.2 SNI 1726 – 2012.

Suatu struktur dianggap mengalami ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak apabila memenuhi kondisi

$$A < 70\% B \quad (2.11)$$

$$A < 80\% \left(\frac{B+C+D}{3} \right) \quad (2.12)$$



Kekakuan:

$$A < 70\% B \text{ atau}$$

$$A < 80\% \left| \frac{B+C+D}{3} \right|$$

Gambar 2. 6 Kekakuan tingkat lunak

4) Skala gaya geser dasar seismik

Suatu bangunan yang direncanakan harus diperiksa skala gayanya antara gaya geser dasar seismik statik ekuivalen (V) dan gaya geser dasar ragam (V_t). Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) yang lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen maka harus diperbesar sebesar (BSN, 2012) :

$$0.85 \frac{V}{V_t} \quad (2.13)$$

Gaya geser dasar seismik statis ekuivalen dapat ditentukan melalui persamaan :

$$V = C_s W \quad (2.14)$$

dimana C_s dapat ditentukan sebesar

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.15)$$

namun tidak perlu melebihi

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.16)$$

dan tidak kurang dari

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01 \quad (2.17)$$

Sebelum dapat menghitung gaya geser dasar statik ekuivalen maka perlu diketahui periode alami dari struktur. Periode alami struktur pendekatan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2.18)$$

Dengan nilai C_t dan x dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 9 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen 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 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sebagai batas atas dari periode diambil sebesar

$$T = C_u \cdot T_a \quad (2.19)$$

Nilai C_u diambil dari tabel berikut ini

Tabel 2. 10 Nilai koefisien C_u

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Apabila periode alami struktur diperoleh dari hasil analisis menggunakan software (T_c), maka periode alami struktur yang diambil (T) harus ditentukan dengan ketentuan berikut. (Setiawan, 2016) :

$$T_c > C_u T_a, \text{ maka } T = C_u T_a \quad (2.20)$$

$$T_a < T_c < C_u T_a, \text{ maka } T = T_c \quad (2.21)$$

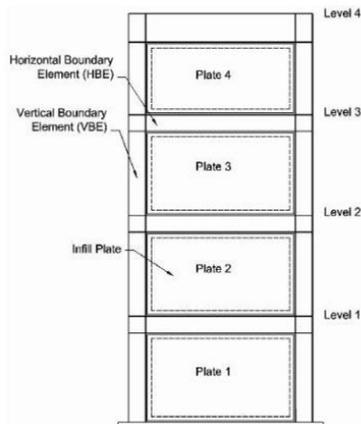
$$T_c < T_a, \text{ maka } T = T_a \quad (2.22)$$

5) Partisipasi massa

Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

2.4. *Steel plate shear wall*

Steel plate shear wall 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 (Berman dan Bruneau, 2003). Steel plate shear wall yang dikenakan beban siklik menunjukkan kekakuan, daktilitas yang tinggi, dan mampu mendisipasi energi dalam jumlah besar. Karakter-karakter ini membuat dinding geser plat baja sangat cocok digunakan untuk menahan beban seismik.



Gambar 2. 7 Dinding Geser Plat Baja

Secara umum, dinding geser plat baja terdiri dari dinding plat baja yang dikelilingi oleh kolom yang disebut Vertical Boundary Elements (VBEs), dan balok yang disebut Horizontal Boundary Elements (HBEs). Batang vertikal atau kolom berfungsi sebagai sayap, dinding geser berfungsi sebagai pelat badan dan batang horizontal atau balok berfungsi sebagai pengaku (Astaneh,2000). Penggunaan steel plate shear wall banyak dilakukan di kota-kota besar yang sering terdampak gempa seperti Amerika, Kanada, Meksiko, Jepang dan Taiwan.

2.4.1.Kelebihan dan kekurangan SPSW

Kelebihan dari SPSW adalah

1) Ketebalan Dinding

Steel plate shear wall lebih tipis dibandingkan ketebalan dinding geser beton. Pada beberapa studi yang dilakukan, penggunaan steel plate shear wall dapat menghemat sekitar 2% dari luas total bangunan (Seilie dan Hooper, 2005).

2) Berat Bangunan

Dari hasil studi, berat bangunan yang menggunakan steel plate shear wall lebih ringan 18% dibandingkan dengan berat bangunan yang menggunakan dinding geser beton core system, yang mana hasil ini dapat mengurangi beban yang diterima pondasi akibat adanya beban gravitasi dan beban gempa (Seilie dan Hooper, 2005).

3) Pekerjaan Konstruksi yang Cepat

Penggunaan steel plate shear wall mengurangi waktu pengerjaan konstruksi. Tidak hanya cepat pada waktu pemasangan

tetapi juga pada waktu perawatan. Hasil studi juga menunjukkan bahwa pengerjaan steel plate shear wall jauh lebih mudah dari pada pengerjaan sistem rangka bresing konsentrik khusus (Seilie dan Hooper, 2005).

4) Daktilitas

Plat baja tipis memiliki kapasitas pasca tekuk yang baik. Steel plate shear wall dapat bertahan hingga 4% tanpa mengalami kerusakan signifikan, meskipun sebagian besar kerusakan terjadi pada tepi panel plat baja. Ada beberapa kerutan dan robekan pada panel karena lentur. Namun, robekan ini tidak mengurangi kapasitas kekakuan plat. (Astaneh & Zhao, 2002)

5) Sistem yang teruji

Sistem ini telah diuji sejak tahun 1970 and telah diatur dalam National Building Code of Canada (NBCC) sejak 1994 dan juga telah diatur dalam American Institute of Steel Construction (AISC) Seismic Provisions pada tahun 2005 (Seilie dan Hooper, 2005).

Kekurangan SPSW adalah :

1) Kekakuan

Steel plate shear wall pada umumnya lebih lentur dibandingkan dengan dinding geser beton. Sehingga ketika menggunakan steel plate shear wall pada gedung bertingkat tinggi perencana terkadang perlu menambahkan pengaku. (Seilie dan Hooper, 2005).

2) Urutan pekerjaan konstruksi

Urutan pekerjaan konstruksi sangat perlu diperhatikan dalam pemasangan steel plate shear wall untuk menghindari

tekanan awal berlebihan pada dinding pelat baja. Pada kasus di sebuah gedung, pengelasan pelat sambung pada dinding geser ditunda sampai sebagian besar deformasi akibat beban mati dalam rangka. Hal ini dimaksudkan untuk meringankan tekanan awal pada steel plate shear wall. (Seilie dan Hooper, 2005).

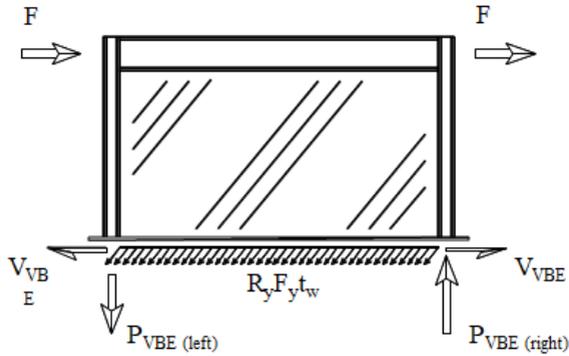
3) Sistem baru

Karena ketidakpahaman terhadap steel plate shear wall, kontraktor akan mengestimasi biaya yang tinggi dalam pemasangan steel plate shear wall. Hal ini dapat diatasi dengan melibatkan kontraktor dalam perencanaan steel plate shear wall. (Seilie dan Hooper, 2005).

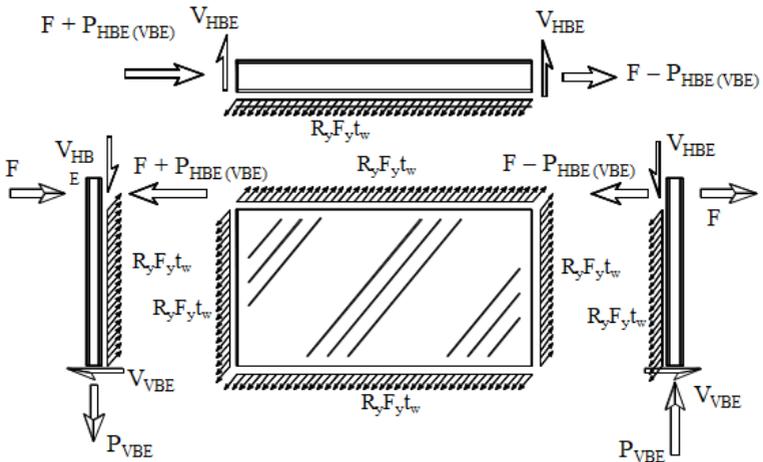
2.4.2. Analisis dan Desain Steel Plate Shear Wall

Dalam analisa dinding geser plat baja, pemodelan perlu dilakukan untuk mendapatkan gaya-gaya pada elemen struktur yang digunakan untuk dasar perancangan. Untuk menentukan profil tampang elemen, maka gaya aksial dan lentur pada kolom serta tegangan pada pelat badan perlu diketahui. Selain itu, tujuan kedua adalah untuk mengestimasi perpindahan lateral yang terjadi pada rangka, karena simpangan / drift yang berlebihan akan menghasilkan perilaku struktur yang tidak dapat diandalkan, sehingga kekakuan rangka sering menjadi nilai yang menentukan desain.

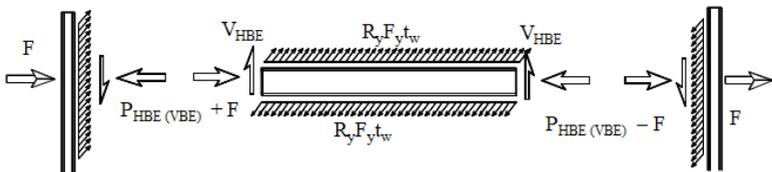
Pada model ini, plat direncanakan dengan bentuk orthotropic (sifat elemen tergantung pada sumbunya) dengan tekan yang berbeda dan perlawanan tarik dari plat. Sumbu lokal pada elemen ditetapkan untuk menghitung sudut tegangan tarik, α (Ericksen dan Sabelli, 2008).



Gambar 2. 8 Gaya-gaya yang bekerja pada SPSW



Gambar 2. 9 Free body diagram pada komponen SPSW



Gambar 2. 10 Free body diagram pada boundary element di lantai menengah

- 1) Menghitung sudut tarik pelat
Sudut tarik pelat dapat dihitung dengan formula berikut

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h \left(\frac{1}{Ab} + \frac{h^3}{360I_c L} \right)} \quad (2.23)$$

Sudut tarik pelat dapat digunakan rata – rata sudut dari semua lantai (Sabelli & Bruneau, 2006).

- 2) Menghitung kapasitas geser pelat badan

$$V_n = 0.42 F_y t_w L_c f \sin 2\alpha \quad (2.24)$$

$$\phi = 0.9$$

- 3) Persyaratan kekakuan elemen batas

$$I_c > 0.0031 t_w \cdot h^4 / L \quad (2.25)$$

$$I_b > 0.0031 \Delta t_w \cdot L^4 / h \quad (2.26)$$

- 4) Rasio aspek yang disarankan

Berdasarkan commentary F5 AISC 341-10 disarankan :

$$0.8 < L/h < 2.5 \quad (2.27)$$

$$300 < L/t_w < 800 \quad (2.28)$$

- 5) Kapasitas nominal HBE yang diperlukan

Menurut AISC 341-10 elemen batas dari spsw harus didesain dengan pendekatan kapasitas nominal untuk memastikan bahwa spsw akan mampu mengalami deformasi inelastis. Oleh karena demikian maka kuat dari HBE harus memenuhi :

Gaya aksial pada HBE :

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} R_y F_y [t_i \sin(2\alpha_i) - t_{i+1} \sin(2\alpha_{i+1})] L_{cf} \quad (2.29)$$

$$P_{HBE(VBE)} = \sum \frac{1}{2} h_c R_y F_y \sin^2(\alpha) t_w \quad (2.30)$$

Gaya lentur pada HBE :

$$M_u = R_y F_y [t_i \cos^2(\alpha_i) - t_{i+1} \cos^2(\alpha_{i+1})] \frac{L_h^2}{8} \quad (2.31)$$

$$V_{HBE(web)} = R_y F_y [t_i \cos^2(\alpha_i) - t_{i+1} \cos^2(\alpha_{i+1})] \frac{L_h}{2} \quad (2.32)$$

$$V_{HBE(MF)} = \frac{2M_{pr}}{L_h} \quad (2.33)$$

6) Kapasitas nominal VBE yang diperlukan

Menurut AISC 341-10 elemen batas dari spsw harus didesain dengan pendekatan kapasitas nominal untuk memastikan bahwa spsw akan mampu mengalami deformasi inelastis. Oleh karena demikian maka kuat dari VBE harus memenuhi :

Gaya aksial pada VBE :

$$P_{VBE(web)} \leq \sum_i^n \frac{1}{2} R_y F_y t_i \sin(2\alpha_i) h_c \quad (2.34)$$

$$P_{VBE(HBE)} = V_{HBE(MF)} \pm V_{HBE(web)} \quad (2.35)$$

Gaya lentur pada VBE :

$$V_{VBE(web)} = \frac{1}{2} h_c R_y F_y \sin^2(\alpha) t_w \quad (2.36)$$

$$V_{VBE(MF)} = \frac{\sum \frac{1}{2} M^*_{pb}}{h_c} \quad (2.37)$$

$$M_{VBE(web)} = R_y F_y \sin^2(\alpha) t_w \frac{h_c^2}{12} \quad (2.38)$$

$$M_{VBE(MF)} \leq \frac{\frac{1}{2} \sum M^*_{pb}}{1.1 R_y} \quad (2.39)$$

7) Sambungan pelat badan ke elemen batas

Pelat spsw harus dihubungkan dengan benar pada elemen – elemen batasnya. Hubungan pelat badan ke elemen batas dilakukan dengan menggunakan sambungan lewatan (lap joint). Kuat perlu sambungan dapat dihitung dengan formula :

Pada VBE :

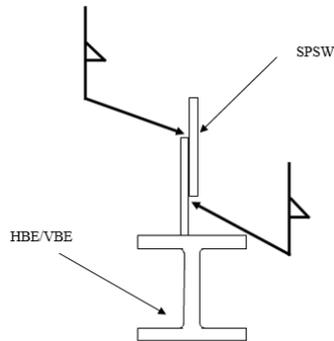
$$P = R_y F_y t_w h_c \sin 2(\alpha) \quad (2.40)$$

$$V = \frac{1}{2} R_y F_y t_w h_c \sin(2\alpha) \quad (2.41)$$

Pada HBE :

$$P = R_y F_y t_w L_{cf} \cos 2(\alpha) \quad (2.42)$$

$$V = \frac{1}{2} R_y F_y t_w L_{cf} \sin(2\alpha) \quad (2.43)$$



Gambar 2. 11 Sambungan SPSW ke elemen batas

2.5. Rangka Momen Khusus

Rangka Momen Khusus atau selanjutnya disingkat RMK adalah sebuah sistem struktur pemikul lateral yang didesain untuk memikul beban gempa dengan dengan kemampuan disipasi energy yang cukup besar. Balok, kolom, dan hubungan balok kolom dalam RMK didesain untuk memikul momen, aksial dan geser agar bangunan dapat megalami beberapa siklus simpangan inelastis ketika mengalami gempa yang besar. (NIST, 2009)

2.5.1.Kelebihan dan kekurangan Rangka Momen Khusus

RMK memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan seperti dibawah ini (Dardis, 2016)

Keunggulan dari RMK adalah :

- 1) Tidak memiliki batasan tinggi maksimum dalam segala kategori desain seismik.
- 2) Kebebasan arsitektural ketidaktidak digunakan dalam sistem ganda.
- 3) Memiliki deformasi inelastis yang besar.

Sedangkan kekurangan dari RMK adalah :

- 1) Desain balok RMK biasanya dibatasi oleh kontrol simpangan sehingga balok yang dipasang cenderung besar dan boros.
- 2) Desain kolom RMK akan mengikuti ukuran balok yang berhubungan untuk mendapatkan perilaku kolom kuat balok lemah.

2.5.2. Perencanaan Balok IWF

Perencanaan Balok dilakukan menurut AISC 360-10 dan AISC 341-10 yang tahapannya dapat dilihat dalam Flow Chart dibawah ini.

- 1) Memeriksa panjang tak terkekang

Balok IWF untuk SRPMK harus memenuhi ketentuan pada AISC 341-10 D1.2b yaitu ketentuan mengenai panjang tak terkekang dan panjang plastis pada AISC 360-10 F2.2

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.44)$$

$$L_b = 0.086 r_y \frac{E}{F_y} \quad (2.45)$$

- 2) Kontrol terhadap tekuk lokal

$$\frac{b_f}{2t_f} < \frac{170}{\sqrt{F_y}} \quad (2.46)$$

$$\frac{h_z}{t_w} < \frac{1680}{\sqrt{F_y}} \quad (2.47)$$

- 3) Perhitungan kapasitas momen nominal (AISC 360-10 F2.1)

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (2.48)$$

$$\phi = 0.9$$

$$M_u < \phi M_n$$

4) Perhitungan kapasitas geser nominal (AISC 360-10 G2.1)

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad (2.49)$$

$$\phi = 1$$

$$C_v = 1$$

$$V_u < \phi V_n$$

2.5.3. Perencanaan Kolom H Beam

Perencanaan Kolom dilakukan menurut AISC 360-10 dan AISC 341-10 yang tahapannya dapat dilihat dalam Flow Chart dibawah ini.

1) Klasifikasi penampang

Klasifikasi penampang untuk SRPMK harus memenuhi persyaratan pada AISC 341-10 Tabel D1.1

Pada Sayap

$$\frac{b}{t_f} > \lambda_{hd}$$

$$\lambda_{hd} = 0.3\sqrt{E/F_y} \quad (2.50)$$

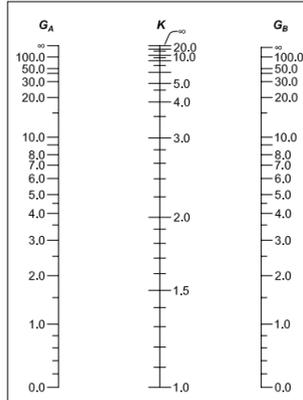
Pada Badan

$$\frac{h}{t_w} > \lambda_{hd}$$

$$\lambda_{hd} = 1.49\sqrt{E/F_y} \quad (2.51)$$

2) Menghitung kekakuan kolom

Kekakuan kolom dihitung berdasarkan nomogram kekakuan kolom pada bagian Appendix 7 AISC 360-10 seperti dibawah ini :



Gambar 2. 12 Nomogram kekakuan struktur bergoyang

Dimana nilai G_A dan G_B dihitung berdasarkan formula :

$$G = \frac{\Sigma(E_c I_c / L_c)}{\Sigma(E_g I_g / L_g)} = \frac{\Sigma(EI / L)_c}{\Sigma(EI / L)_g} \quad (2.52)$$

Nilai KL/r disarankan tidak lebih dari 200 (AISC 360-10 E2)

Untuk Metode Analisis DAM angka kekakuan K diambil 1.

3) Menghitung kapasitas aksial

Kapasitas aksial kolom ditentukan menurut AISC 360-10 E3

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (2.53)$$

dengan F_{cr} dihitung berdasarkan :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (2.54)$$

dan,

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (2.55)$$

maka,

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (2.56)$$

atau apabila tidak memenuhi,

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.57)$$

dan,

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (2.58)$$

maka,

$$F_{cr} = 0.877 F_e \quad (2.59)$$

$$\phi = 0.9$$

- 4) Menghitung kapasitas momen nominal (AISC 360-10 F2.1)

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (2.60)$$

$$\phi = 0.9$$

$$M_u < \phi M_n$$

- 5) Memeriksa rasio kebutuhan dan kapasitas terkombinasi

Kolom baja harus memenuhi rasio kebutuhan dan kapasitas terkombinasi dari beban aksial, momen arah x dan momen arah y seperti dalam formula dibawah ini :

Apabila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$ memenuhi maka,

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (2.61)$$

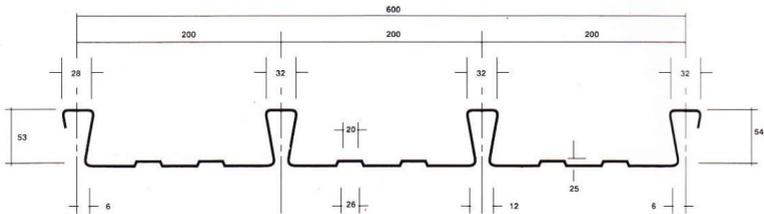
Apabila $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$ memenuhi maka,

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (2.62)$$

2.6. Perencanaan Struktur Sekunder

2.6.1. Perencanaan Pelat Lantai SuperFloorDeck®

Perencanaan pelat lantai SuperFloorDeck® dilakukan dengan menggunakan tabel perencanaan praktis dari pabrikan bahan.



Gambar 2. 13 Profil SuperFloorDeck®

Tabel 2. 11 Perencanaan Praktis

Super Floor Deck® 0.75 MM		BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT															
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M²		200		300		400		500		600		750		1000			
TIANG PENYANGGA PROPPING	BENTANG SPAN M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT NEG. REINF. CM²/M	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF NEG. REINF. CM²/M												
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08		
	1.75	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53		
	2.00	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35		
	2.25	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85		
	2.50	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69		
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.75	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23		
	3.00	9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74				
	3.25	10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22				
	3.50	11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71				
	3.75	11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09						
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	4.00	12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55						
	4.50	13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53								
	5.00	15	6.20	15	7.27	15	8.90										

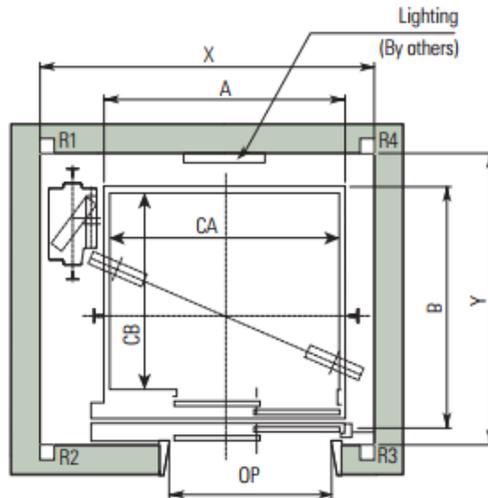
Dengan beban super imposed adalah beban mati tambahan dan beban hidup pada lantai. Sedangkan beban mati akibat beton dan SuperFloorDeck® sudah diperhitungkan.

2.6.2. Perencanaan Balok Anak IWF

Balok anak adalah komponen struktural yang tidak memikul beban seismik seperti kolom dan balok utama. (Murata, Masumoto, Sawahara, Harada, & Yamanari, 2012). Fungsi dari balok anak adalah mendistribusikan beban ke balok utama dari elemen pelat yang dipikulnya.

2.6.3. Perencanaan Ruang Mesin Elevator

Ruang mesin elevator direncanakan secara khusus untuk memikul beban – beban peralatan mekanikal elevator. Ruang elevator akan memikul beban – beban akibat reaksi dari elevator seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2. 14 Beban elevator R1, R2, R3 dan R4 pada ruang mesin

2.6.4. Perencanaan Tangga Darurat Pracetak

Tangga adalah komponen penting dari sebuah bangunan yang menyediakan akses antar lantai dan ke atap dari bangunan tersebut. Tangga terdiri dari anak tangga dan satu atau lebih bordes diantara dua buah tingkat lantai (CE IIT-Kharagpur, 2006)

Perencanaan tangga darurat harus memperhatikan peraturan SNI 03-1746-2000 tentang Tata cara perencanaan dan pemasangan sarana jalan ke luar untuk penyelamatan terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung :

- 1) Panjang pijakan sebesar minimal 28 cm
- 2) Tinggi pijakan sebesar 10 s/d 18 cm

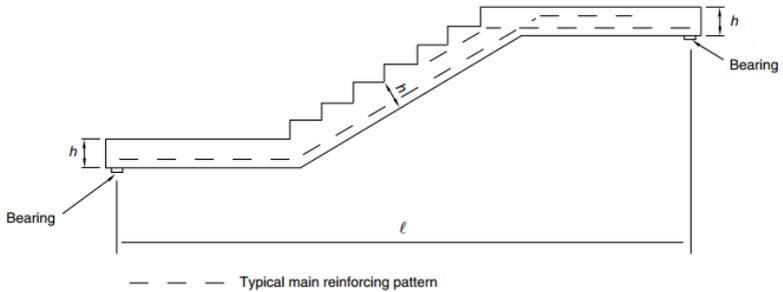
Menurut SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain, tangga darurat yang

digunakan pada bangunan hunian yang dihuni lebih dari satu keluarga perlu didesain untuk memikul beban sebesar 479 kg/m^2 .



Gambar 2. 15 Dimensi anak tangga

Menurut (Precast Concrete Institute, 2010) tangga pracetak disarankan mengikuti spesifikasi berikut dengan asumsi bahwa beban mati diperhitungkan bersama beban hidup sebesar 100 lb/ft^2 (479 kg/m^2) dan mutu beton adalah 5000 psi pada umur 28 hari.



Thickness h , in.	Span l , ft
6	14
8	19
10	23
12	26

Gambar 2. 16 Desain tipikal tangga pracetak

2.7. Perencanaan Sambungan

2.7.1. Kondisi – kondisi batas

Desain struktural berdasar pada konsep bahwa semua komponen struktur didesain untuk kekuatan dan kekakuan yang cukup. Sebuah sambungan dapat memiliki beberapa kondisi batas seperti dibawah ini. (Green, Sposito, & Veltri, 2003)

1) Kuat baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor , R_u , harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2.63)$$

Baut dalam geser

$$V_d = \phi f V_n = \phi r_1 f_u A_B \quad (2.64)$$

Baut yang memikul gaya tarik

$$T_d = \phi T_n = \phi_f 0.75 f_u^b A_b \quad (2.65)$$

Baut pada sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n A_b (3)} \leq r_1 \phi f_u^{bm} \quad (2.66)$$

$$T_d = \phi T_n = \phi f_t A_b \quad (2.67)$$

$$f_1 \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2 \quad (2.68)$$

Tahanan tumpu

$$R_d = \phi R_n = 2.4 \phi d_b t_p f_u \quad (2.69)$$

Keterangan :

$r_1 = 0.5$ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_1 = 0.4$ untuk baut dengan ulir pada bidang geser

n = Jumlah baut

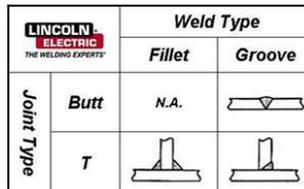
m = Jumlah bidang geser

2) Kuat las
a. Las tumpul (*Groove weld*)

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 tertepis di join. Throat efektif dari las tumpul penetrasi-joint-sebagian (PJS) harus seperti yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 2. 12 Throat Efektif dari Las Tumpul Penetrasi Joint Sebagian

Proses Pengelasan	Posisi Pengelasan F	Tipe Las Tumpul	Throat Efektif
	(datar), H (horizontal), V (vertikal), OH (overhead)	(AWS D1.1/D1/1M)	
Shielded Metal Arc (SMAW)	Semua	Las tumpul J atau U	Tinggi Las Tumpul
Gas Metal Arc (GMAW)		V 60°	
Flux Cored Arc (FCAW)			
Submerged Arc (SAW)	F	Las tumpul J atau U VMiring 60° atau V	
Gas Metal Arc (GMAW)	F, H	Miring 45°	Tinggi Las
Flux Cored Arc (FCAW)			Tumpul
Shielded Metal Arc (SMAW)	Semua	Miring 45°	Tinggi Las
Gas Metal Arc (GMAW)	V, OH		Tumpul dikurangi
Flux Cored Arc (FCAW)			1/8 in (3mm)



Gambar 2. 17 Las sudut dan las tumpul

b. Las sudut (*Fillet weld*)

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.

Tabel 2. 13 Ukuran Minimum Las Sudut

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung , in (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut ^{b1} , in. (mm)
Sampai dengan 1/4 (6)	1/8 (3)
Lebih besar dari 1/4 (6) sampai dengan 1/2 (13)	3/16 (5)
Lebih besar dari 1/2 (13) sampai dengan 3/4 (19)	1/4 (6)
Lebih besar dari 3/4	5/16 (8)
^{b1} Dimensi kaki las sudut. Las pas tunggal harus digunakan	
Catatan: Lihat pasal J2.2b untuk ukuran maksimum las sudut	

Kuat las sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, R_u , harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_w \quad (2.70)$$

Dengan,

$$R_n = f_n B_M A_{BM} \quad (2.71)$$

$$R_n = f_{nw} A_{we} \quad (2.72)$$

Keterangan :

$f_n B_M$ = Tegangan nominal dari logam dasar , MPa

f_{nw} = Tegangan nominal dari logam las, MPa

A_{BM} = Luas penampang logam dasar, mm²

A_{we} = Luas efektif las, mm²

3) Runtuh geser blok (*block shear rupture*)

Runtuh geser blok diatur dalam AISC 360-10 rumus J4-5. Runtuh geser blok adalah kondisi batas dimana kegagalan terjadi pada daerah yang mengalami tekan dan geser.

$$R_n = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \quad (2.73)$$

$$\phi = 0.75$$

$U_{bs} = 1$ (jika gaya tarik seragam)

0.5 (jika tidak seragam)



Gambar 2. 18 Runtuh geser blok

4) Kuat tumpu baut (*bolt bearing*)

Kuat tumpu baut bergantung pada deformasi material pada sisi yang dibebani. Kuat tumpu sambungan dipengaruhi oleh jarak baut terhadap sisi yang dibebani. AISC 360-10 J3-6a

$$R_n = 1.2 l_c F_u \leq 2.4 dt F_u \quad (2.74)$$

$$\phi = 0.75$$



Gambar 2. 19 Deformasi akibat tumpu baut

5) Kuat geser baut (*bolt shear*)

Kuat geser baut tunggal dihitung dengan AISC 360-10 untuk menjamin kemampuannya memikul beban geser.

$$R_n = F_n A_b \quad (2.75)$$



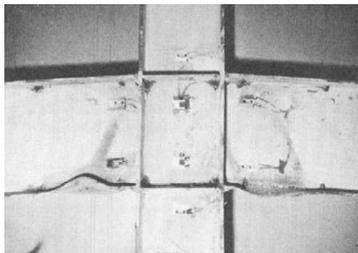
Gambar 2. 20 Kegagalan kuat geser baut

6) Lentur lokal sayap (*flange local bending*)

Lentur lokal sayap adalah terjadinya tekuk lokal pada sayap balok di daerah sambungan. Kuat dari pelat sayap dapat dihitung menurut formula dibawah ini

$$R_n = 6.25 F_y t_f^2 \quad (2.76)$$

$$\phi = 0.9$$



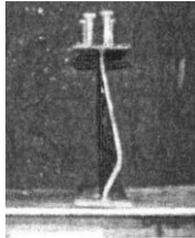
Gambar 2. 21 Flange local bending

7) Pelipatan pada badan (*web crippling*)

Kuat terhadap pelipatan pada badan dihitung mengikuti AISC 360-10 J10.3

$$R_n = 0.8 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{l_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}} \quad (2.77)$$

$$\phi = 0.75$$



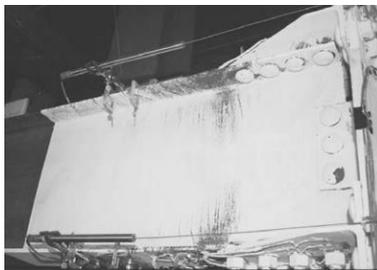
Gambar 2. 22 Pelipatan pada badan

8) Pelelehan lokal badan (*web local yielding*)

AISC 360-10 J10.2

$$R_n = F_{yw} t_w (5k + l_b) \quad (2.78)$$

$$\phi = 1$$



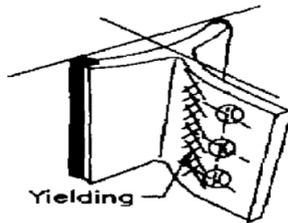
Gambar 2. 23 Pelelehan lokal badan

9) Pelelehan geser elemen (*shear yielding*)

Kekuatan elemen dalam geser terhadap leleh dihitung dengan AISC 360-10 J4.2

$$R_n = 0.6 F_y A_{gv} \quad (2.79)$$

$$\phi = 1$$



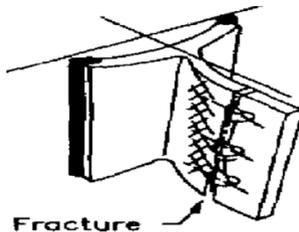
Gambar 2. 24 Leleh terhadap geser pada elemen

10) Keruntuhan geser elemen (*shear rupture*)

Keruntuhan geser elemen dihitung dengan AISC 360-10 J4.2 seperti pada formula dibawah ini.

$$R_n = 0.6 F_u A_{nv} \quad (2.80)$$

$$\phi = 0.75$$



Gambar 2. 25 Runtuh terhadap geser pada elemen

11) Kuat geser zona panel

Kuat geser zona panel harus dihitung menurut AISC 360-10 J10.6 dengan ketentuan sebagai berikut:

Bila $P_r < 0.4 P_c$ (P kolom)

$$R_n = 0.6F_y d_c t_w \quad (2.81)$$

$$\phi = 0.9$$

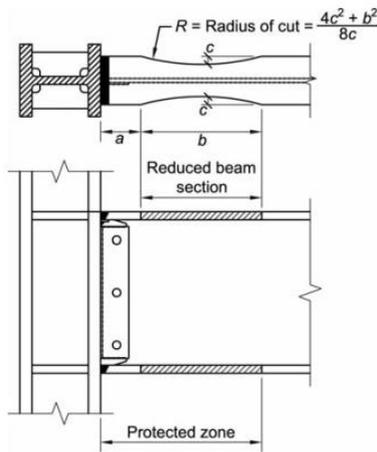
Bila $P_r > 0.4 P_c$ (P kolom)

$$R_n = 0.6F_y d_c t_w \left(1.4 - \frac{P_r}{P_c}\right) \quad (2.82)$$

$$\phi = 0.9$$

2.7.2.Reduced Beam Section

Dalam sambungan Reduced Beam Section sebagian sayap balok di dekat sambungan balok kolom dipotong secara terukur. Leleh dan pembentukan sendi plastis dimaksudkan terjadi dalam bagian balok yang dikurangi penampangnya. (AISC 358, 2010).



Gambar 2. 26 Skematik sambungan RBS

Dalam perencanaan RBS spesifikasi dalam AISC 358-10 pasal 5 perlu diikuti. Spesifikasi tersebut antara lain adalah :

1) Parameter dari bagian yang dipotong

Bagian sayap yang dipotong harus memenuhi batasan berdasarkan beberapa formula dibawah ini.

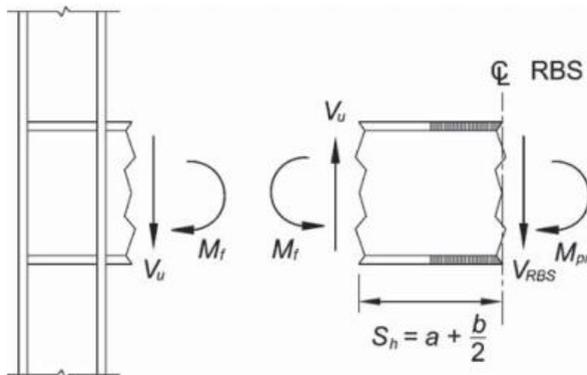
$$0.5b_{bf} \leq a \leq 0.75b_{bf} \quad (2.83)$$

$$0.65d \leq b \leq 0.85d \quad (2.84)$$

$$0.1b_{bf} \leq c \leq 0.25b_{bf} \quad (2.85)$$

2) Gaya yang direncanakan pada sambungan balok kolom

Gaya untuk direncanakan dalam sambungan balok kolom harus dihitung berdasarkan diagram gaya dibawah ini :



Gambar 2. 27 Mekanisme gaya pada muka kolom akibat RBS

- 3) Modulus plastis dan momen probabilitas pada penampang RBS adalah :

$$Z_{RBS} = Z_x - 2ct_{bf}(d - t_{bf}) \quad (2.86)$$

$$M_{pr} = C_{pr}R_yF_yZ_{RBS} \quad (2.87)$$

Momen di muka kolom dapat dihitung sebagai berikut :

$$M_f = M_{pr} + V_{RBS}S_h \quad (2.88)$$

Kapasitas momen dari balok dapat dihitung sebagai berikut :

$$M_{pe} = R_yF_yZ_x \quad (2.89)$$

- 4) RBS harus memenuhi persyaratan berikut :

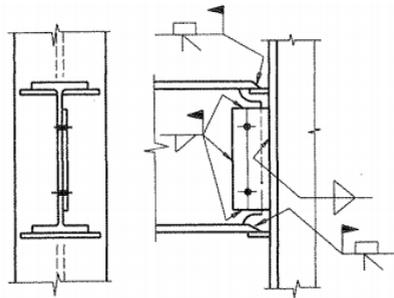
$$M_f \leq \phi M_{pe} \quad (2.90)$$

- 5) Gaya geser ultimit pada muka kolom dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{gravity} \quad (2.91)$$

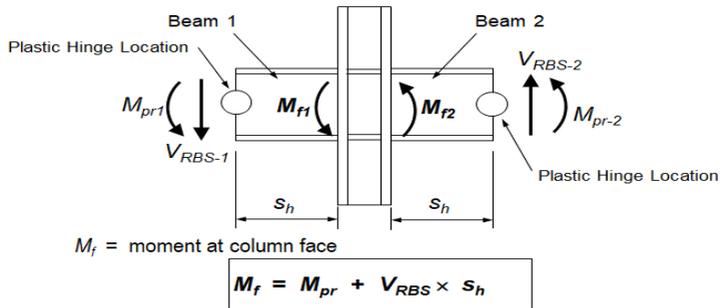
2.7.3. Directly welded flanges pada sumbu kuat kolom

Directly welded flanges adalah sebuah tipe sambungan yang dilakukan dengan menghubungkan bagian sayap balok dengan sayap kolom menggunakan las dan badan dihubungkan dengan baut. Skematik sebuah sambungan *directly welded flanges* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



(b)

Gambar 2. 28 Skematik sambungan pada sumbu kuat (AISC, Detailing For Steel Construction, 2002)



Gambar 2. 29 Mekanisme gaya pada sambungan sumbu kuat

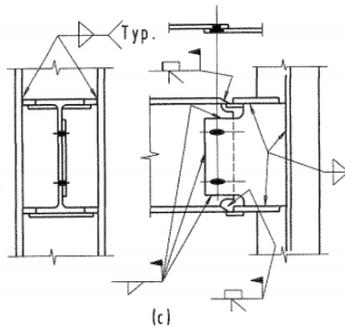
Kondisi batas yang berlaku pada jenis sambungan ini adalah (Green, Sputo, & Veltri, 2003):

- Kuat tumpu baut di badan balok dan pelat badan (*shear tab*)
- Kuat geser baut di badan balok dan pelat badan (*shear tab*)
- Tekuk badan kolom
- Tekuk lokal sayap kolom
- Leleh lokal badan
- Kuat zona panel
- Kuat las

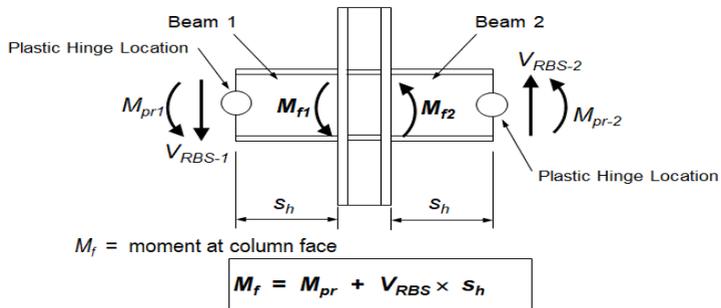
Menurut AISC 340-10 pasal E3.6.f sambungan antara balok dan kolom pada SMF perlu memperhitungkan kebutuhan *continuity plate* yaitu sebesar 0.5 tebal flange balok untuk hubungan dengan 1 balok yang terhubung dan 1 tebal flange balok terbesar untuk hubungan dengan 2 buah balok terhubung. (AISC, AISC 340-10 Seismin Provision for Structural Steel Buildings, 2010)

2.7.4. *Welded flange plates* pada sumbu lemah kolom

Sambungan ini digunakan untuk menghubungkan balok ke kolom pada sumbu lemahnya. Sayap balok di las terhadap plat yang dihubungkan pada sayap kolom untuk menyalurkan momen. Sedangkan plat yang disambungkan pada badan balok dan kolom digunakan untuk menyalurkan geser (Green, Sputo, & Veltri, 2003).



Gambar 2. 30 Sambungan pada sumbu lemah (AISC, Detailing For Steel Construction, 2002)



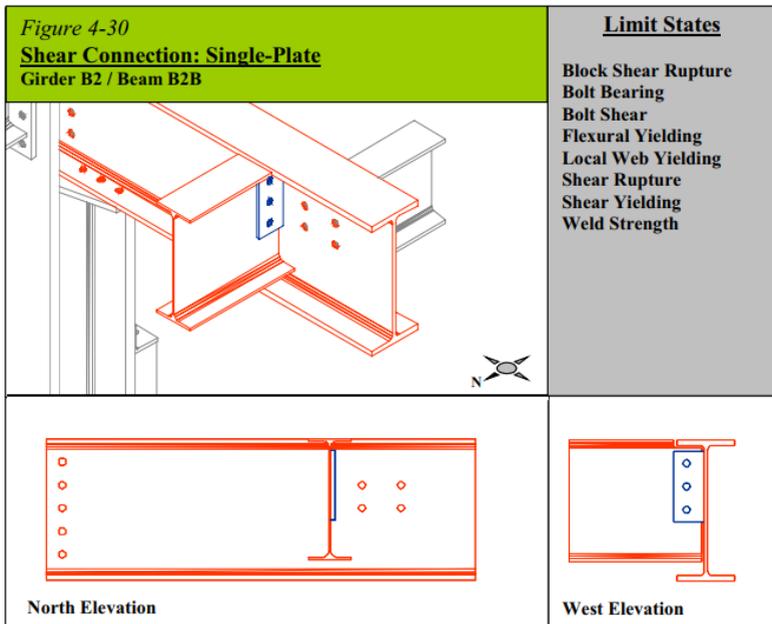
Gambar 2. 31 Skematik sambungan dan mekanisme gaya

Kondisi – kondisi batas yang harus dipenuhi oleh sambungan ini adalah :

- a. Kuat tumpu baut
- b. Kuat geser baut
- c. Tekuk pelat
- d. Keruntuhan tarik
- e. Kelelahan tarik
- f. Kuat las

2.7.5. Simple shear connection

Sambungan geser sederhana digunakan untuk menghubungkan balok anak dan balok induk. Sambungan ini menggunakan satu buah pelat yang dilas pada pelat badan balok induk dan dihubungkan dengan balok anak menggunakan baut.



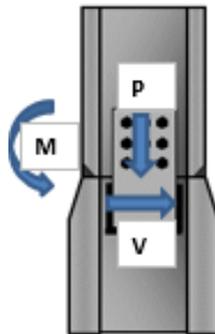
Gambar 2. 32 Skematik sambungan geser
(Green, Sputo, & Veltri, 2003)

Kondisi – kondisi batas yang harus dipenuhi oleh sambungan jenis ini adalah sebagai berikut (Green, Sputo, & Veltri, 2003)

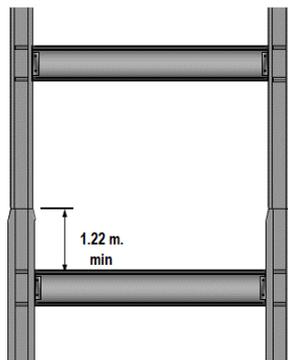
- a. Keruntuhan geser blok
- b. Kuat tumpu baut
- c. Kuat geser baut
- d. Kelelahan lentur
- e. Kelelahan lokal pelat web
- f. Keruntuhan geser
- g. Kelelahan geser
- h. Kuat las

2.7.6. Column splice

Splice kolom digunakan untuk menyambung dua buah kolom yang umumnya dilakukan karena keterbatasan panjang profil kolom. Splice kolom dilakukan dengan menghubungkan pelat badan dua buah kolom dengan sebuah pelat hubung menggunakan baut. Pada bagian pelat sayap digunakan sambungan las tumpul penuh (CJP).



Gambar 2. 33 Mekanisme gaya splice kolom



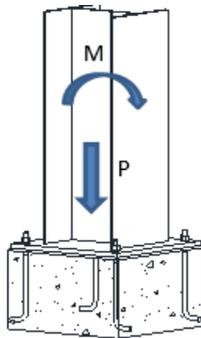
Gambar 2. 34 Posisi splice yang direkomendasikan AISC

Sebuah splice kolom harus memenuhi beberapa kondisi batas berikut (Green, Sposito, & Veltri, 2003)

- a. Kuat tumpu baut
- b. Kuat geser baut
- c. Keruntuhan geser
- d. Kelelahan geser
- e. Keruntuhan tarik
- f. Kelelahan tarik
- g. Kuat las

2.7.7. Baseplate connection

Sambungan baseplate berfungsi untuk menghubungkan kolom dan pedestal. Hubungan antara kolom dan pedestal dilakukan dengan menggunakan sebuah pelat landas yang diangkur pada pedestal beton dibawahnya.



Gambar 2. 35 Mekanisme gaya pada baseplate kolom

Sebuah baseplate kolom harus memenuhi kondisi batas :

- a. Kapasitas tumpu beton
- b. Tebal minimum baseplate
- c. Kuat ankur

- d. Kuat las
- e. Kuat cabut beton
- f. Kuat runtuh beton

2.8. Perencanaan Struktur Bawah

2.8.1. Dinding basement

Basement merupakan suatu struktur yang dibuat untuk menyediakan suatu ruangan dibawah tanah. Pembuatan basement dilakukan dengan menggali tanah lalu memasang dinding yang berfungsi menahan tanah. Oleh karena itu dinding basement didesain untuk menahan beban akibat tekanan aktif tanah.

Tahapan mendesain suatu dinding basement adalah sebagai berikut :

- 1) Memeriksa kapasitas geser

$$V_{c1} = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_w d \quad (2.92)$$

- 2) Penulangan lentur

Momen ultimit dalam perhitungan penulangan lentur harus memperhitungkan momen negatif dan positif yang timbul pada dinding basement. Penulangan yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus :

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (2.93)$$

Rasio penulangan yang diperlukan adalah :

$$\rho_{perlu} = \frac{0.85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f'c}} \right] \quad (2.94)$$

Maka luas tulangan perlu dapat dihitung dengan rumus :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d \quad (2.95)$$

2.8.2. Tie beam

Tie beam atau balok sloof berfungsi untuk mengikat pile cap agar apabila terjadi penurunan pondasi maka penurunan dapat ditahan atau dapat turun bersamaan. (Pamungkas & Harianti, 2013)

1) Beban tie beam

Beban tie beam disebabkan oleh struktur yang ada di atasnya dan juga 10% dari beban aksial kolom. (Pamungkas & Harianti, 2013)

2) Tulangan lentur

Tulangan lentur tidak boleh kurang dari :

$$A_{smin} = \frac{1.4bd}{f_y} \quad (2.96)$$

Dan :

$$A_{smin} = \frac{\sqrt{f'c}}{4f_y} bd \quad (2.97)$$

Dan momen nominal tie beam adalah :

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 f' c b} \quad (2.98)$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.99)$$

$$\phi = 0.8$$

3) Tulangan geser

Jarak tulangan geser maksimum dibatasi sebesar :

- a. $\frac{1}{4}$ tinggi efektif balok
- b. 8 kali diameter terkecil tulangan longitudinal
- c. 24 kali diameter sengkang
- d. 300 mm

Kuat geser beton :

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (2.100)$$

$$N_u = \text{ gaya tarik terfaktor}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (2.101)$$

2.8.3.Pile cap

1) Dimensi pile cap

Ketebalan minimum pilecap dibatasi dalam SNI 2847-2013 pasal 15.7 sebesar 300 mm. Jarak minimal tiang pancang agar dapat mentransfer beban dengan baik ke lapisan tanah dibatasi minimal sebesar 3 kali diameter tiang pancang.

2) Kuat pile cap terhadap geser pons (punch shear)

- a. Geser dua arah di sekitar kolom

$$b_o = 4(d + d) \quad (2.102)$$

- b. Geser dua arah di sekitar tiang pancang

$$b_o = 2 \left(\text{jarak tepi} + \frac{c}{2} + \frac{d}{2} \right) \quad (2.103)$$

- c. Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara (Setiawan, 2016) :

$$V_{c1} = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (2.104)$$

$$V_{c2} = 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (2.105)$$

$$V_{c3} = 0.33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d \quad (2.106)$$

Kuat geser pile cap terhadap geser pons harus memenuhi :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (2.107)$$

$$\phi = 0.75$$

3) Kuat pile cap terhadap lentur

Nilai momen lentur yang digunakan dalam desain penulangan pile cap diambil dari reaksi tiang pancang terhadap muka kolom.

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (2.108)$$

Rasio penulangan yang diperlukan adalah :

$$\rho_{perlu} = \frac{0.85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f'c}} \right] \quad (2.109)$$

Maka luas tulangan perlu dapat dihitung dengan rumus :

$$A_{s\ perlu} = \rho b d \quad (2.110)$$

2.8.4. Tiang Pancang

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 vertikal dan momen :

$$P_i = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y \cdot d_{xi}}{\Sigma d_{xi}^2} \pm \frac{M_x \cdot d_{yi}}{\Sigma d_{yi}^2} \quad (2.111)$$

Dimana :

- ΣV = Jumlah beban vertikal (N)
- n = Jumlah tiang
- M_x dan M_y = Momen pada perletakan (Nmm)
- d_{xi} dan d_{yi} = Jarak dari tiang ke titik berat kel. tiang (m)

2) Daya Dukung Tiang Pancang

Berikut ini adalah rumus umum daya dukung tiang pancang tunggal :

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (2.112)$$

Dimana :

- Q_{ult} = Kapasitas ultimit 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 data tanah SPT dapat dihitung dengan cara berikut:

$$Q_L = Q_p + Q_s \quad (2.113)$$

Dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada fondasi

Q_P = Resistance ultimate di dasar pondasi

Q_S = Resistance ultimate akibat lekatan lateral

a. Daya dukung tiang pada ujung :

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (2.114)$$

Dimana :

A_P = Luas penampang ujung tiang

N_P = rata-rata SPT 4D \pm ujung tiang

K = Koefisien karakteristik tanah

b. Daya dukung tiang akibat friksi :

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \quad (2.115)$$

Dimana :

q_s = Tegangan akibat lekatan lateral pada sisi tiang

N_s = Rata-rata NSPT sepanjang tiang yang tertanam

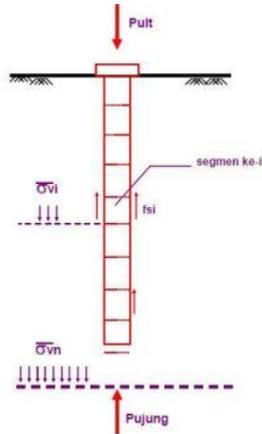
A_S = Luas selimut tiang yang terbenam

Harga N di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N' . N' dihitung dengan rumus berikut ini :

$$N' = 15 + 0.5(N - 15) \quad (2.116)$$

Dimana :

N = Jumlah pukulan di lapangan untuk di bawah MAT



Gambar 2. 36 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

3) Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

Efisiensi kelompok tiang ditentukan dengan menggunakan persamaan konversi Labarre.

$$E_k = 1 - \theta \left[\frac{(n - 1) \cdot m + (m - 1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \quad (2.117)$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{D}{s} \right) \quad (2.118)$$

Dengan :

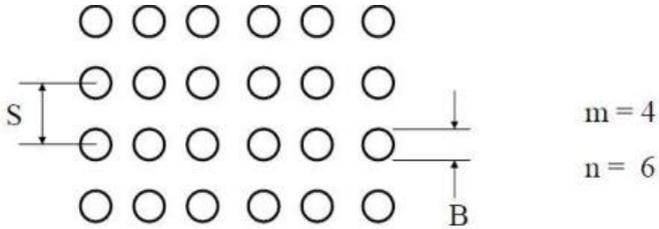
E_k = Efisiensi kelompok tiang pancang

n = Jumlah tiang dalam kolom

m = Jumlah tiang dalam baris

s = Jarak pusat tiang ke pusat berat pile cap (mm)

D = Diameter tiang pancang (mm)



Gambar 2. 37 Koordinasi Tiang Pancang Konversi Labarre
 Sehingga daya dukung 1 tiang dalam kelompok adalah :

$$Q_{ult} = E_k \cdot Q_{ult \text{ tiang}} \quad (2.119)$$

Dimana,

$$Q_{ult} \geq P_{max \text{ tiang}} \quad (2.120)$$

$$Q_{ult} \geq P_{min \text{ tiang}} \quad (2.121)$$

BAB III METODOLOGI

3.1. Persiapan

Tahapan persiapan merupakan rangkaian kegiatan awal sebelum mengerjakan Tugas Akhir. Dalam tahapan ini dilakukan hal – hal yang diperlukan agar dalam proses penulisan tugas akhir menjadi lancar dan terstruktur. Hal yang dilakukan dalam tahapan ini antara lain :

3.1.1. Studi literatur

Dalam tahap ini dipelajari literatur yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan struktur dan elemen – elemen struktur didalamnya. Literatur yang dipelajari antara lain :

1. SNI 1726-2012 tentang “Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung”
2. AISC 360-10 tentang “Spesifikasi untuk Baja Struktural Gedung”
3. AISC 341-10 tentang “Ketentuan Seismik untuk Baja Struktural Gedung”
4. AISC 358-10 tentang “Sambungan Terprakualifikasi untuk SRPMK dan SRPMB”
5. SNI 2847-2013 tentang “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung”
6. SNI 1727-2013 tentang “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”
7. PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung)
8. AISC Design Guide 20 (SPSW)
9. AISC Design Guide 21 (Welded Connection)
10. AISC Design Guide 04 (Bolted Moment Connection)
11. AISC Design Guide 01 (Baseplate and Anchor Rod)

3.1.2. Penyusunan proposal tugas akhir

Dalam tahap ini disusun proposal tugas akhir untuk diajukan kepada tim penguji untuk menilai kelayakan dari topik tugas akhir yang dipilih. Tahap ini telah dilakukan dan diperoleh masukan – masukan dari tim penguji terhadap tugas akhir yang akan dilakukan. Salah satu masukan yang diperoleh pada saat pengujian proposal tugas akhir adalah penggunaan denah arsitektur awal sebagai acuan perencanaan struktur.

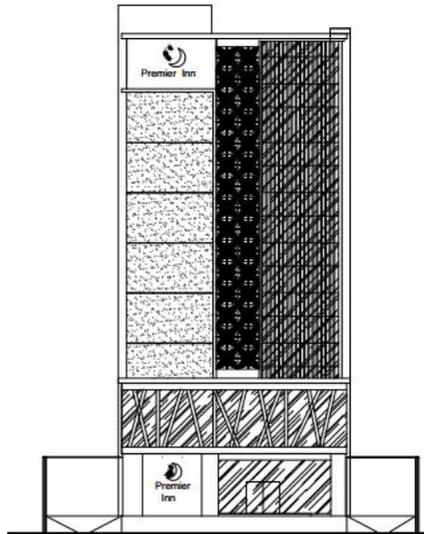
3.2. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan merupakan data – data yang menjadi dasar desain yang meliputi :

3.2.1. Data primer

Data primer adalah berupa desain arsitektur dan rencana peruntukan bangunan sebagai dasar perencanaan struktur. Berdasarkan data yang diperoleh bangunan yang akan didesain memiliki :

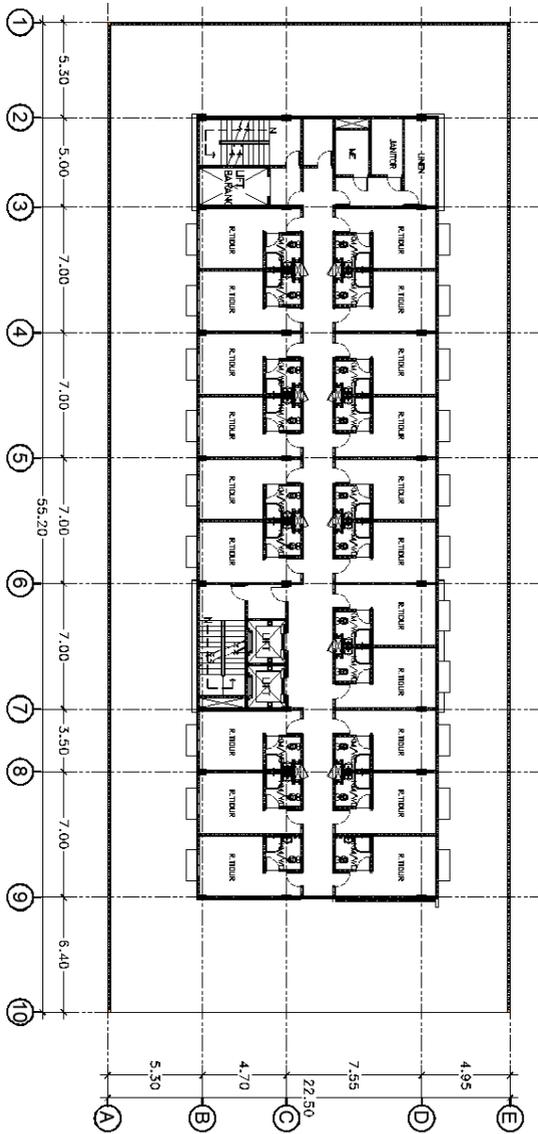
	Awal	Perubahan
Nama		Premier Inn
Fungsi		Hotel
Lokasi		Biliton, Surabaya
KDS		D
Tinggi		30.5 m
Kolom	Beton	H Beam Baja
Balok	Beton	IWF Baja
Penahan Lateral	Shear Wall Beton	SPSW Baja



Gambar 3. 1 Tampak Bangunan Hotel Premier Inn



Gambar 3. 2 Tampak 3D Bangunan Hotel Premier Inn



Gambar 3. 3 Denah arsitektur tipikal lantai 3 sd 9

3.2.2.Data sekunder

Data sekunder merupakan data – data berupa bahan atau material yang digunakan dalam perencanaan sistem struktur. Bahan – bahan tersebut adalah sebagai berikut :

1) Baja profil

Baja profil menggunakan baja dari produsen JFE Steel Corporation. Baja profil digunakan untuk elemen kolom dan elemen balok.

2) Pelat baja

Pelat baja menggunakan baja dari produsen Gunung Garuda. Pelat baja digunakan untuk elemen pelat SPSW dan komponen komponen dalam sambungan.

3) Bondek

Pelat bondek menggunakan produk dari Super Steel Indah. Pelat bondek digunakan dalam elemen lantai deck.

4) Tiang pancang

Tiang pancang menggunakan produk dari Adhi Persada Beton. Tiang pancang digunakan dalam struktur pondasi dalam.

3.3. Metode Analisis dan Desain

Metode analisis dan desain struktur bangunan gedung adalah sebagai berikut :

3.3.1.Beban - beban yang bekerja

Yang dimaksud beban dalam perencanaan ini adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa seperti dijelaskan dalam bab 2 tinjauan pustaka.

1) Beban mati :

Daftar beban mati untuk perencanaan dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 3. 1 Beban mati perencanaan

No	Nama	Berat	Keterangan
1	Berat sendiri struktur	Otomatis	Oleh ETABS
2	Plafon dan penggantung	18 kg/m ²	PPIUG
3	Spesi setebal 2cm	42 kg/m ²	PPIUG
4	Keramik	17.2 kg.m ²	Katalog
5	Mekanikal & Elektrikal	40 kg/m ²	Asumsi
6	Plumbing	25 kg/m ²	Asumsi
7	Bata ringan	595 kg/m ³	Katalog
8	Waterproofing	5 kg/m ²	Katalog

2) Beban hidup :

Beban hidup yang digunakan dalam perencanaan ditentukan berdasarkan perencanaan penggunaan ruangan yang dapat diperoleh dari gambar denah arsitektur. Berdasarkan data tersebut maka beban hidup dapat dibedakan menjadi beberapa seperti dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3. 2 Beban hidup perencanaan

No	Nama	Berat	Keterangan
1	Lobby dan kantor	479 kg/m ²	SNI1727-2013
2	Hunian	192 kg/m ²	SNI1727-2013
3	Atap hunian	192 kg/m ²	SNI1727-2013
4	Parkiran	192 kg/m ²	SNI1727-2013

Beberapa beban hidup diijinkan untuk direduksi dengan suatu koefisien reduksi beban hidup untuk kepentingan perencanaan struktur terhadap beban gempa dan juga untuk perencanaan elemen struktur. Besaran koefisien reduksi beban hidup dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 3 faktor reduksi beban hidup

No	Nama	Faktor thd		Keterangan
		Gempa	Elemen	
1	Lobby dan kantor	0.3	0.7	PPIUG
2	Hunian	0.3	0.7	PPIUG
3	Atap hunian	0.3	0.7	PPIUG
4	Parkiran	1.0	1.0	SNI 1727-2013

3) Beban gempa :

Beban gempa ditentukan melalui prosedur respon spektra seperti pada bab 2 tinjauan pustaka sub bab 2.3.1.

a. Kategori risiko dan faktor keutamaan

Berdasarkan fungsi bangunan sebagai Hotel maka dapat ditentukan kategori risiko = 1 , dan faktor keutamaan, $I_e = 1.0$.

b. Kelas situs dan koefisien situs

Kelas situs dapat ditentukan berdasarkan data tanah tempat bangunan akan didirikan. Kelas situs ditentukan berdasarkan nilai \bar{N} yang dapat dihitung dengan rumus 2.1.

$$\bar{N} = \frac{\Sigma 2.5 + \dots + 50.5}{\Sigma \frac{2.5}{2} + \dots + \frac{50.5}{60}}$$

$$\bar{N} = \frac{662.5}{22.56} = 29.36$$

Maka kelas situs memenuhi persyaratan tanah sedang (SD).

Selanjutnya ditentukan nilai S_s dan S_1 dari peta zonasi gempa pada gambar 2.1 dan 2.2. Berdasarkan peta tersebut maka Surabaya memiliki nilai $S_s = 0.663$ $S_1 = 0.247$.

Dari nilai S_s maka ditentukan nilai faktor amplifikasi getaran yang terkait percepatan pada getaran periode pendek, F_a dari tabel 2.4 menggunakan interpolasi linier sebesar $F_a = 1.27$. Sedangkan dari nilai S_1 ditentukan nilai merupakan faktor amplifikasi terkait percepatan pada getaran periode 1 detik dari tabel 2.5 menggunakan interpolasi linier sebesar $F_v = 1.91$.

Dari nilai F_a dan F_v selanjutnya ditentukan Parameter Spektrum Respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) dengan rumus 2.2 dan 2.3 sebagai berikut :

$$S_{MS} = 1.27 \times 0.663$$

$$S_{MS} = 0.842$$

$$S_{M1} = 1.91 \times 0.247$$

$$S_{M1} = 0.472$$

Demikian faktor percepatan spektral desain untuk periode pendek S_{DS} dan untuk periode 1 detik S_{D1} dapat dihitung

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 0.842$$

$$S_{DS} = 0.561$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0.472$$

$$S_{D1} = 0.315$$

c. Kategori desain seismik

Maka menurut tabel 2.6, berdasarkan nilai – nilai yang telah ditentukan sebelumnya, bangunan hotel yang akan dibangun pada lokasi tertentu ini masuk dalam kategori desain seismik D.

Data respon spektral yang harus dimasukkan kedalam software ETABS agar dapat memberi beban gempa seperti yang direncanakan adalah :

Tabel 3. 4 Masukan beban gempa pada ETABS

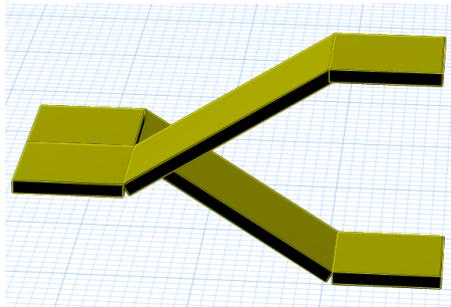
No	Nama	Nilai	Keterangan
1	Aturan yang digunakan	ASCE 7-10	
2	Nilai SS	0.663	Dari peta
3	Nilai S1	0.247	Dari peta
4	Kelas Situs	SD	Dari data tanah

3.3.2. Mendesain struktur sekunder

Desain struktur sekunder meliputi desain tangga darurat pracetak, pelat lantai, ruangan mesin elevator dan juga balok anak. Pada bagian ini akan dijelaskan asumsi desain dan juga dasar dari desain yang dilakukan kepada struktur sekunder.

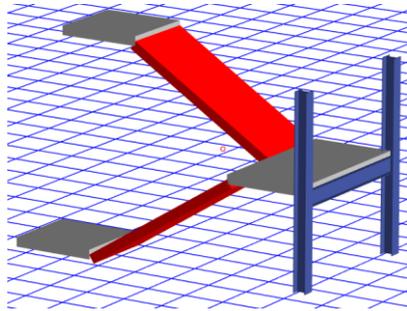
1) Desain tangga pracetak

Tangga pracetak didesain untuk memiliki tumpuan sendi. Hal ini dilakukan agar keberadaan tangga tidak mempengaruhi kekakuan struktur. Selain itu dikarenakan sistem konstruksi tangga adalah sistem pracetak maka tangga dibuat tipikal dengan sebuah bordes pada tengah tinggi antar lantai. Ilustrasi tangga pracetak dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 4 Model tangga pracetak

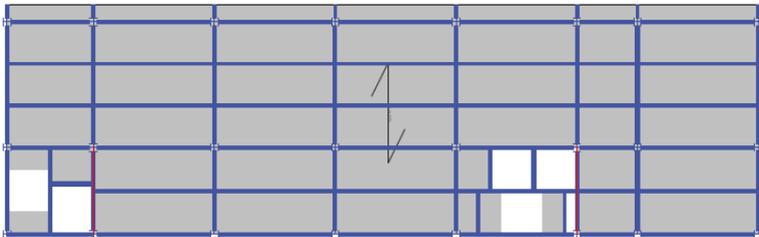
Pada bagian bordes akan dipasang balok tumpuan sebagai sarana tangga menumpu. Pada bagian – bagian yang menyebabkan tangga tidak dapat menumpu pada portal utama bangunan dibuat tumpuan khusus. Ilustrasi tumpuan khusus tangga dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 5 Tumpuan khusus tangga

2) Desain pelat lantai

Pelat lantai didesain sebagai beban pada struktur karena tidak didesain komposit terhadap balok. Pelat lantai akan berfungsi memberi area berguna untuk gedung sekaligus menyalurkan beban beban bekerja pada struktur utama bangunan melalui balok anak dan balok tempat menumpunya. Dikarenakan pelat lantai menggunakan bondek maka perilaku pelat akan melentur satu arah sesuai arah profil bondek. Arah pelenturan pelat dipilih pada arah pelenturan terpendek dari pelat lantai.



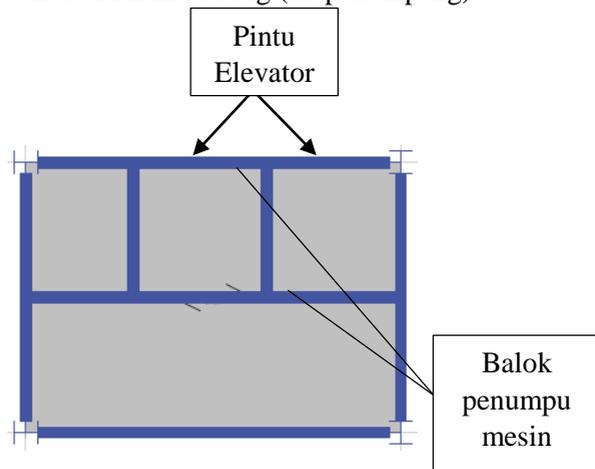
Gambar 3. 6 Arah pelenturan pelat

3) Desain balok penumpu mesin elevator

Balok penumpu mesin elevator pada dasarnya berfungsi untuk mengakomodasi peralatan mekanikal dan elektrikal elevator

yang akan dipasang. Yang perlu diperhatikan dalam desain balok penumpu ruangan elevator adalah reaksi dari peralatan mekanikal dan elektrik yang akan bekerja pada balok penumpu tersebut.. Pada perencanaan gedung ini digunakan dua jenis elevator yaitu untuk keperluan service (operasional staff hotel) digunakan elevator Hyundai Luxen MRL 1300kg (20 penumpang).

Sedangkan pada elevator penumpang digunakan tipe elevator Hyundai Luxen MRL 1000kg (15 penumpang).



Gambar 3. 7 Denah struktur ruang mesin elevator penumpang

4) Desain balok anak

Balok anak berfungsi untuk membagi beban yang bekerja pada pelat lantai dan beban pelat lantai itu sendiri pada balok balok induk. Selain itu balok anak juga berfungsi sebagai pengaku lateral dari balok induk agar tidak mengalami tekuk global. Jarak antar balok anak diambil sebesar 2.4 hingga 2.5 meter agar pelat lantai SuperFloorDeck® tidak membutuhkan tumpuan tambahan ditengah bentang seperti pada tabel 2.11.

3.3.3.Menganalisa perilaku struktur dengan SNI 1726-2012

Dalam tahap ini dilakukan analisa perilaku struktur dari hasil permodelan awal yang telah dimodelkan pada aplikasi ETABS 2016. Perilaku struktur harus memenuhi persyaratan – persyaratan pada SNI 1726 – 2012 secara khusus yang telah dimuat dalam bab 2 tinjauan pustaka pasal 2.3.3.

3.3.4.Melakukan desain elemen struktur primer

Dalam tahap ini dilakukan desain terhadap elemen struktur primer sesuai dengan prosedur desain yang berlaku seperti pada bab 2 pasal 2.4 untuk desain SPSW, pasal 2.5 untuk desain SMF, pasal 2.7 untuk desain sambungan – sambungan struktur dan pasal 2.8 untuk desain struktur bawah gedung.

3.3.5.Melakukan penggambaran hasil desain

Hasil dari desain struktur kemudian disajikan dalam bentuk gambar teknik. Penggambaran gambar teknik dilakukan dengan menggunakan alat bantu gambar AutoCad.

3.3.6.Melakukan perencanaan metode pelaksanaan pekerjaan

Dalam tahap ini akan direncanakan metode pelaksanaan pekerjaan. Pekerjaan yang akan dibahas adalah pekerjaan pemasangan SPSW pada elemen elemen batasnya. Tahap pelaksanaan ini dianggap perlu diperhatikan lebih agar SPSW dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan asumsi pada saat desain.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

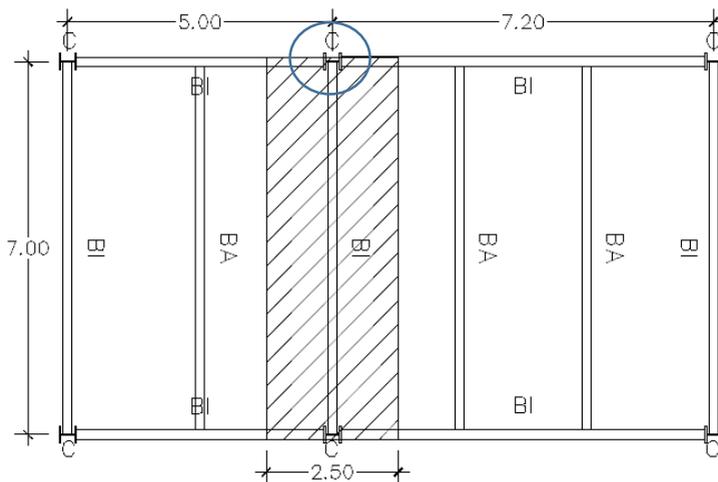
BAB IV ANALISA DAN PERENCANAAN

4.1. Preliminary design

Pada bagian ini akan dilakukan suatu upaya analisa pendekatan untuk menentukan profil – profil yang akan digunakan. Analisa pendekatan ini dilakukan dengan cara yang paling sederhana agar analisa menjadi cepat. Hasil pendekatan profil pada tahap *preliminary design* kemudian dapat digunakan dalam analisis struktur. *Preliminary design* akan dilakukan pada elemen balok induk dan kolom induk.

4.1.1. Balok induk

Balok induk yang ditinjau adalah pada daerah ruang publik karena memiliki beban hidup bekerja yang lebih besar sehingga hasil analisis yang diperoleh akan lebih konservatif.



Gambar 4. 1 Tributary area balok induk

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (qD) :

- Beban mati pelat lantai		= 142.2 kg/m ²
- Berat bondek		= 10,1 kg/m ²
- Berat pelat beton 0.1 x 2400 kg/m ²		= 240 kg/m ²
qD₁		= 392.3 kg/m²

- Beban Mati Merata

$$qD_1 \times Ly = 392.3 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 980.75 \text{ kg/m}$$

- Berat Profil		= 66 kg/m
----------------	--	-----------

$$qD \text{ Total} = 1046.75 \text{ kg/m}$$

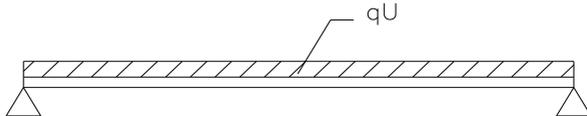
Beban Hidup (qL) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Beban hidup hunian		
488.44 kg/m ² x 2,5 m		= 1221.1 kg/m

Beban Terfaktor (qU)

$$\begin{aligned} qU &= 1.2 qD + 1.6 qL \\ &= 1.2 \times 1046.75 + 1.6 \times 1221.1 = 3209.86 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen (Mu) :

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{12} Q \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 3209.86 \cdot 7^2 \\ &= 131069283.3 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan pendekatan berdasarkan lendutan maksimum balok tersebut sebagai berikut :

$$\Delta_{max} = \frac{L}{240} = \frac{7000}{240} = 29.2 \text{ mm}$$

Maka profil setidaknya memiliki momen inersia sebesar :

$$I_{(req)} = \frac{5.8.MuL^2}{384E\Delta_{max}} = \frac{5x8x131069283.3x7000^2}{384x2x10^6x29.2}$$

$$I_{(req)} = 11455 \text{ cm}^4$$

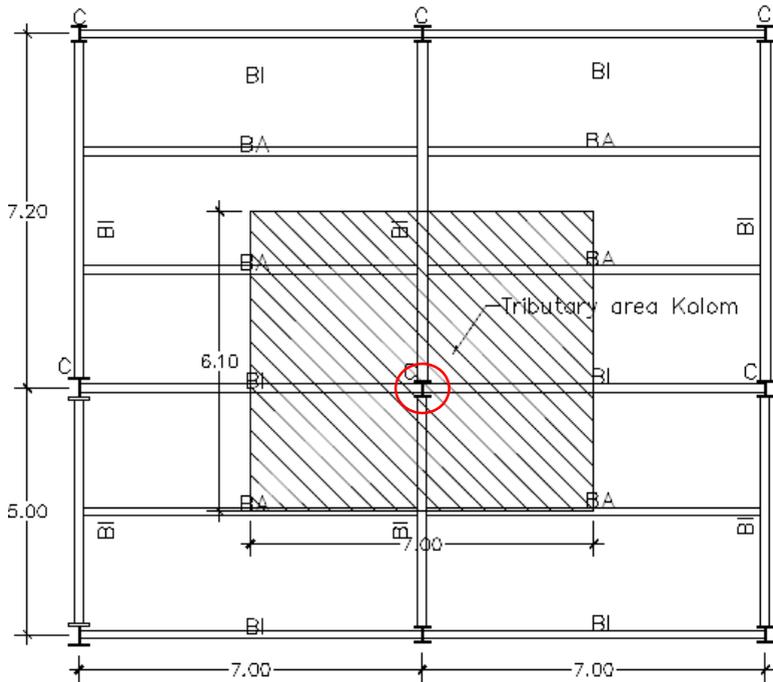
Sehingga dipilih profil W350x175x7x11 dengan inersia sebesar 13600 cm^4 yang mana sedikit lebih besar dari yang dibutuhkan pada analisis preliminary. Kemudian profil ini dimodelkan dan untuk mendapat profil yang paling sesuai dilakukan *trial and error*.

4.1.2. Kolom induk

Preliminary design kolom dilakukan dengan pendekatan kapasitas aksial kolom oleh karena itu perlu diketahui data – data berikut:

- a. Beban aksial yang bekerja
- b. Mutu material baja yang digunakan

Hasil analisa *preliminary design* ini akan menunjukkan luasan kolom yang dibutuhkan. Beban yang diperhitungkan dalam *preliminary design* adalah beban merata pada tributary area. Hal ini dilakukan untuk mempermudah analisa pendekatan sehingga tujuan analisa yaitu memperoleh perkiraan profil yang dipakai dengan cepat dapat tercapai.



Gambar 4. 2 Tributary area kolom yang ditinjau

Beban beban yang bekerja adalah sebagai berikut :

Beban Mati (q_D) :

- Beban mati pelat lantai	=	142.2	kg/m^2	
- Berat bondek	=	10,1	kg/m^2	
- Berat pelat beton $0.1 \times 2400 \text{ kg/m}^3$	=	240	kg/m^2	
	q_{D1}	=	392.3	kg/m^2

Beban hidup (q_L)

- 488.44 kg/m^2 (Area umum, perkantoran, ruang publik)
- 195.79 kg/m^2 (Hunian)

Sehingga beban pada tiap jenis lantai berdasarkan fungsi ruangnya adalah :

$$\text{Area umum} : 392.3 + 488.44 \text{ kg/m}^2 = 880.74 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Area hunian} : 392.3 + 195.79 \text{ kg/m}^2 = 588.09 \text{ kg/m}^2$$

Kemudian dapat dihitung P_u pada kolom berdasarkan *tributary area* pada gambar 4.2 diatas sebagai berikut :

$$\text{Area umum (2 lantai)} : 880.74 \times 7 \times 6.1 \times 2 = 75,215.2 \text{ kg}$$

$$\text{Area hunian (8 lantai)} : 588.09 \times 7 \times 6.1 \times 8 = 200,891.5 \text{ kg}$$

$$\text{Total } P_u \text{ pada kolom dasar} : 276,106.7 \text{ kg} = 2,761,067 \text{ N}$$

$$A_s = \frac{P_u}{0.9 \times F_y}$$

$$A_s = \frac{2,761,067}{0.9 \times 248} = 12,370.4 \text{ mm}^2 = 123 \text{ cm}^2$$

Sehingga kemudian dipilih profil H300x300x18x23 dengan luas penampang sebesar 156 cm^2 . Kemudian profil ini dimodelkan dan untuk mendapat profil yang paling sesuai dilakukan *trial and error*.

4.2. Perencanaan struktur sekunder

Dalam bagian ini akan direncanakan elemen – elemen struktur sekunder meliputi pelat lantai, balok anak, ruang elevator dan tangga darurat.

4.2.1. Perencanaan pelat lantai Super Floor Deck®

Dalam melakukan perencanaan pelat lantai digunakan desain yang tipikal untuk semua kebutuhan pada bangunan. Seluruh struktur lantai didesain menggunakan bondek dengan tabel perencanaan praktis dari PT SUPER STEEL INDAH. Pelat bondek yang akan digunakan berdasarkan brosur Super Floor Deck® dengan keterangan sebagai berikut :

- Struktur lantai direncanakan tanpa menggunakan penyangga.
- Tebal bondek adalah 0.75 mm.
- Lebar bondek adalah 600 mm
- Panjang bondek adalah 12000 mm (maksimal)
- Mutu beton yang digunakan adalah $f'c$ 30 MPa.
- Mutu baja tulangan U-48
- Tulangan menggunakan wiremesh dari Gunung Garuda



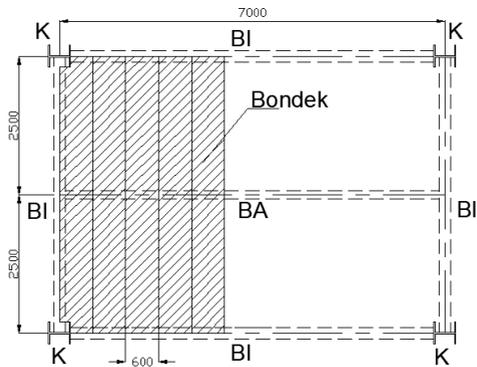
Gambar 4. 3 Perletakan pelat lantai

Tabel 4. 1 Perencanaan Praktis Bentang Bondek

Super Flor Deck 0,75 mm		BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT													
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M2		200		300		400		500		600		700		1000	
TIANG PENYANGGA PROPIING	BENTANG SPAN m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m	TEBAL PELAT cm	TUL. NEGATIF cm ² /m
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1,50	9	0,59	9	0,73	9	0,85	9	0,98	9	1,11	9	1,31	9	1,65
	1,75	9	0,81	9	0,99	9	1,17	9	1,35	9	1,53	9	1,81	10	2
	2,00	9	1,07	9	1,31	9	1,55	9	1,79	9	2,03	9	2,39	10	2,65
	2,25	9	1,37	9	1,68	9	1,98	9	2,3	9	2,6	9	3,08	11	3,04
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2,50	9	1,71	9	2,09	9	2,48	9	2,86	9	3,25	10	3,39	14	2,92
	2,75	9	2,09	9	2,25	9	3,02	10	3,11	11	3,18	12	3,39	15	3,33
	3,00	9	2,51	9	3,07	9	3,25	11	3,38	12	3,49	13	3,75		
	3,25	10	2,70	10	3,27	10	3,84	12	3,67	12	3,82	14	4,12		
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3,50	11	2,90	11	3,49	11	4,09	12	4,29	13	4,46	15	4,51		
	3,75	11	3,36	11	4,04	11	4,73	13	4,61	14	4,81				
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	4,00	12	3,59	12	4,28	12	4,99	14	4,93	15	5,17				
	4,50	13	4,34	13	5,14	14	5,58	15	5,95						
5,00	15	4,90	15	5,73	15	6,58									

Keterangan :

Tabel Perencanaan Praktis di dapatkan dari brosur PT SUPER STEEL INDAH, berat sudah termasuk beban beton dan pelat bondek



Gambar 4. 4 Denah pelat bondek

Pembebanan dilakukan berdasarkan beban bekerja terbesar pada bangunan yaitu pada area perkantoran dan ruangan umum. Beban yang bekerja sebagai berikut.

Beban Mati (q_D) :

- Berat plafon dan berat penggantung = 18 kg/m^2
- Berat ducting dan plumbing = 25 kg/m^2
- Berat spesi ($t = 2\text{cm}$) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2$ = 42 kg/m^2
- Keramik = 17.2 kg/m^2
- Mekanikal dan elektrik = 40 kg/m^2

$$q_D \text{ Total} = 142.2 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (q_L) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Atap (4.79 kN/m^2) = 488.44 kg/m^2

Beban Berguna :

- $q_U = q_D + q_L$
 $= 142.2 + 488.44$
 $= 630.64 \text{ kg/m}^2$

Perencanaan Pelat dan Bondek menggunakan tabel perencanaan praktis pada brosur Super Floor Deck dengan dan didapatkan data sebagai berikut :

- Bentang Bondex = 2.5 m
- Beban Berguna = 700 kg/m²
- Tebal Pelat = 10 cm
- Tulangan negatif = 3.39 cm²/m , U-48

Direncanakan tulangan negatif (Ø) :

- Diameter Tulangan = 10 mm
- As = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2 = 0.785 \text{ cm}^2$

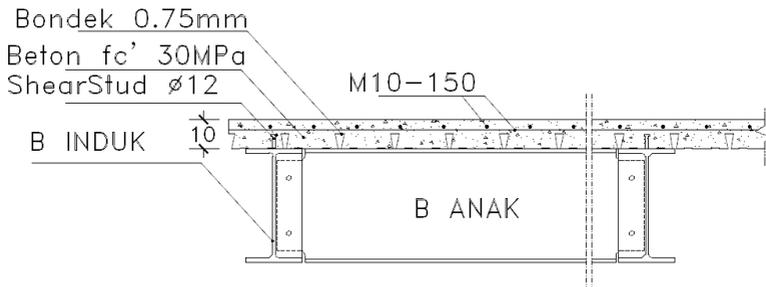
Jumlah Tulangan (n) :

- n = $\frac{3.39}{0.785} = 4.32 \approx 5$ Buah

Jarak Antar Tulangan per meter (s) :

- s = $\frac{1000}{5} = 200$ mm

Maka dipasang tulangan wiremesh dengan ukuran M10-150

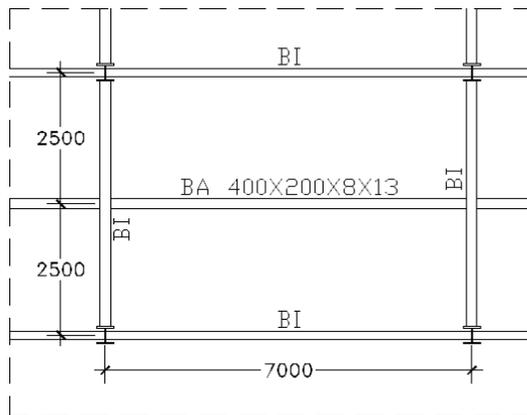


Gambar 4. 5 Detail potongan pelat lantai

4.2.2. Perencanaan balok anak

1) Balok anak di ruang publik

Balok anak memikul ruangan yang berfungsi sebagai ruang publik sehingga beban hidup yang bekerja lebih besar daripada area hunian.



Gambar 4. 6 Denah balok anak

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (qD) :

- Beban mati pelat lantai = 142.2 kg/m²

- Berat bondek = 10,1 kg/m²

- Berat pelat beton 0.1 x 2400 kg/m² = 240 kg/m²

qD₁ = 392.3 kg/m²

- Beban Mati Merata

qD₁ x Ly = 392.3 kg/m² x 2,5 m = 980.75 kg/m

- Berat Profil = 66 kg/m

qD Total = 1046.75 kg/m

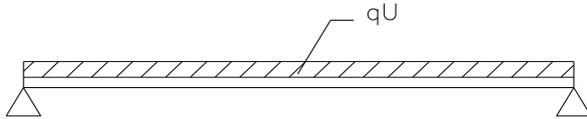
Beban Hidup (qL) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Beban hidup area umum
 $488.44 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 1221.1 \text{ kg/m}$

Beban Terfaktor (qU)

$$\begin{aligned} qU &= 1.2 qD + 1.6 qL \\ &= 1.2 \times 1046.75 + 1.6 \times 1221.1 = 3209.86 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen (M_u) :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \cdot 3209.86 \cdot 7^2 \\ &= 19660.39 \text{ kg.m} = 196.6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Gaya Geser (V_u) :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \cdot 3209.86 \cdot 7 \\ &= 11234.51 \text{ kg} = 112.34 \text{ kN} \end{aligned}$$

Balok Lentur WF Menurut AISC 360-10

Data Desain

Profil Balok

W400x200x8x13

Bresing Lateral

 USE

3 bush

Panjang Terkekang

1.75 m

Kuat Leleh

 $F_y = 248$ MPa

Modulus Elastisitas

 $E = 200000$ MPa

Bentang Bersih

 $L = 7$ m

Momen Ultimit

 $M_{ux} = 196.6$ kNm

Geser Ultimit

 $V_u = 112.34$ kN

Properti Penampang

A	tf	b	tw	hw
83.37	1.30	20.00	0.80	37.40
lx	ly	Zx	Zy	rx
23823	1737	1333	288	16.90
ry	Sx	Sy	Cw	J
4.58	1191.20	173.70	648999	35.9



Analisis

1. PERIKSA KONDISI BALOK (AISC 341-10 D1,2b)

$$L_o = 1.76 \cdot r_y \sqrt{E / f_y} = 2281.244 > 1750 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$L_o = 0.086 \cdot r_y \cdot E / f_y = 3165.532 > 1750 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 4762.9 > 1750 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x} = 28.2, \quad r_{ts} = 5.31 \text{ cm} \quad \text{[BALOK PLASTIS]}$$

2. KLASIFIKASI UNTUK TEKUK LOKAL (AISC 360-10 Tab. B2.1a)

rasio ketebalan sayap

$$\lambda = (b_f / 2) / t_f = 7.69 \quad \text{[Kompak]}$$

batas rasio ketebalan sayap (compact)

$$\lambda_{p0} = 0.38 \sqrt{E / f_y} = 10.79$$

batas rasio ketebalan sayap (slender)

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{E / f_y} = 28.40$$

rasio ketebalan badan				
$\lambda = h_w / t_w$	=	46.75		[Kompak]
batas rasio ketebalan badan (compact)				
$\lambda_{p0} = 3.76 \sqrt{E / f_y}$	=	106.78		
batas rasio ketebalan badan (slender)				
$\lambda_r = 5.70 \sqrt{E / f_y}$	=	161.87		

3. PERIKSA KAPASITAS LENTUR (AISC 360 Chapter F) TANPA PENGARUH LTB

$\phi M_{rx} = 0.9 Z_x \cdot F_y$	=	330.534	x 0.9	=	297.481	kNm
$\phi M_{ry} = 0.9 Z_y \cdot F_y$	=	66.484	x 0.9	=	59.8176	kNm

AKIBAT PENGARUH LTB

Plastic $L_p > L_b$	$\phi M_{rx} = 0.9 Z_x \cdot F_y$	=	297.481	kNm
---------------------	-----------------------------------	---	---------	-----

Kondisi elastis tidak berlaku untuk balok SMF

Kondisi	Sumbu	M_r (kNj)	ϕM_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	196.60	297	0.66

[Memenuhi]

4. KAPASITAS TERKOMBINASI TEKAN DAN LENTUR (AISC 360 H1)

$$(P_r / 2P_c) + (M_{rx} / M_{rx}) + (M_{ry} / M_{ry}) < 1$$

Kondisi	$P_r / 2P_c$	M_{rx} / M_{rx}	M_{ry} / M_{ry}	$\Sigma D/C$
Ultimit	0	0.66	0.00	0.66

[Memenuhi]

5. PERIKSA LENDUTAN MAKSIMUM (AISC 360-10 COM. L3)

$\Delta = (5.8 \cdot M_u L^2) / (384 \cdot E I)$	=	21.1	mm
$\Delta_{max} = L / 240$	=	29.2	mm
$D/C = \Delta / \Delta_{max} < 1$	=	0.722	

[Memenuhi]

6. PERIKSA KAPASITAS GESER (AISC 360-10 G)

C_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00	
ϕ_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00	
$\phi V_n = 1 \cdot 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v$	=	445.21	kN

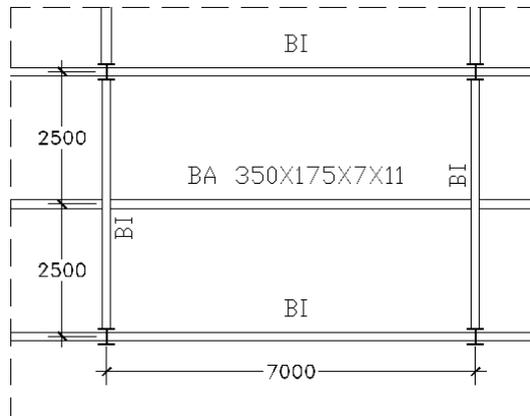
Kondisi	Axis	V_r (kNj)	ϕV_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	112.34	445	0.25

[Memenuhi]

Semua persyaratan dipenuhi maka WF 400x200x8x13, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai ruang publik.

2) Balok anak di ruang hunian

Balok anak memikul ruangan yang berfungsi sebagai ruang hunian sehingga beban hidup yang bekerja lebih kecil daripada area publik.



Gambar 4. 7 Denah balok anak

Beban-Beban yang Bekerja :

Beban Mati (qD) :

- Beban mati pelat lantai	=	142.2	kg/m^2
- Berat bondek	=	10,1	kg/m^2
- Berat pelat beton $0.1 \times 2400 \text{ kg/m}^2$	=	240	kg/m^2
qD_1	=	<u>392.3</u>	kg/m^2
- Beban Mati Merata			
$qD_1 \times Ly = 392.3 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m}$	=	980.75	kg/m
- Berat Profil	=	<u>49.6</u>	kg/m
qD Total	=	1030.35	kg/m

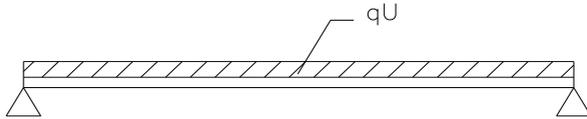
Beban Hidup (qL) (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Beban hidup hunian
 $195.79 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 489.47 \text{ kg/m}$

Beban Terfaktor (qU)

$$\begin{aligned} qU &= 1.2 qD + 1.6 qL \\ &= 1.2 \times 489.47 + 1.6 \times 1030.35 = 2235.93 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya Dalam yang Bekerja Pada Balok Anak :



Momen (Mu) :

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{8} \times qU \times L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2235.93 \cdot 7^2 \\ &= 13695.1 \text{ kg.m} = 137 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Gaya Geser (Vu) :

$$\begin{aligned} Vu &= \frac{1}{2} \times qU \times L = \frac{1}{2} \times 2235.93 \times 7 \\ &= 7825.7 \text{ kg} = 78.26 \text{ kN} \end{aligned}$$

Balok Lentur WF Menurut AISI 360-10**Data Desain**

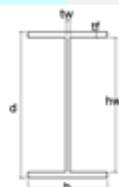
Profil Balok	W350x175x7x11		
Bresing Lateral	<input checked="" type="checkbox"/> USE	3	buah
Panjang Terkekang		1.75	m
Kuat Leleh	$F_y =$	248	MPa
Modulus Elastisitas	$E =$	200000	MPa
Bentang Bersih	$L =$	7	m

Momen Ultimit $M_{ux} = 137$ kNm

Geser Ultimit $V_u = 78.26$ kN

Properti Penampang

A	tf	b	tw	hw
63.40	1.10	17.50	0.70	32.80
lx	ly	Zx	Zy	rx
13629	985	872	174	14.66
ry	Sx	Sy	Cw	J
3.94	778.80	112.50	282289.7	19.4

**Analisis****1. PERIKSA KONDISI BALOK (AISC 341-10 D1,2b)**

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{E / f_y} = 1969.841 > 1750 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$L_b = 0.086 \cdot r_y \cdot \sqrt{E / f_y} = 2733.141 > 1750 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 4029.7 > 1750 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x} = 21.4, \quad r_{ts} = 4.63 \text{ cm} \quad \text{[BALOK PLASTIS]}$$

2. KLASIFIKASI UNTUK TEKUK LOKAL (AISC 360-10 Tab. B2.1a)

rasio ketebalan sayap

$$\lambda = (b_f/2) / t_f = 7.95 \quad \text{[Kompak]}$$

batas rasio ketebalan sayap (compact)

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{E / f_y} = 10.79$$

batas rasio ketebalan sayap (slender)

rasio ketebalan badan				
$\lambda = h_w / t_w$	=	48.88		[Kompak]
batas rasio ketebalan badan (compact)				
$\lambda_p = 3.76 \sqrt{E / f_y}$	=	108.78		
batas rasio ketebalan badan (slender)				
$\lambda_r = 5.70 \sqrt{E / f_y}$	=	181.87		

3. PERIKSA KAPASITAS LENTUR (AISC 360 Chapter F) TANPA PENGARUH LTB

$\phi M_{rx} = 0.9 Z_x \cdot F_y$	=	216.33	x 0.9	=	194.6974	kNm
$\phi M_{ry} = 0.9 Z_y \cdot F_y$	=	43.1024	x 0.9	=	38.79216	kNm

AKIBAT PENGARUH LTB

Plastic $L_p > L_b$	$\phi M_{rx} = 0.9 \cdot Z_x \cdot F_y$	=	194.6974	kNm
---------------------	---	---	----------	-----

Kondisi elastis tidak berlaku untuk balok SMF

Kondisi	Sumbu	M_t (kN)	ϕM_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	137.00	195	0.70

[Memenuhi]

4. KAPASITAS TERKOMBINASI TEKAN DAN LENTUR (AISC 360 H1)

$$(P_r / 2P_c) + (M_{rx} / M_{rx}) + (M_{ry} / M_{ry}) < 1$$

Kondisi	$P_r / 2P_c$	M_{rx} / M_{rx}	M_{ry} / M_{ry}	$\Sigma D/C$
Ultimit	0	0.70	0.00	0.70

[Memenuhi]

5. PERIKSA LENDUTAN MAKSIMUM (AISC 360-10 COM. L3)

$\Delta = (5.8 \cdot M_u L^2) / (384 E I)$	=	25.7	mm
$\Delta_{max} = L / 240$	=	29.2	mm
$D/C = \Delta / \Delta_{max} < 1$	=	0.880	

[Memenuhi]

6. PERIKSA KAPASITAS GESER (AISC 360-10 G)

C_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00	
ϕ_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00	
$\phi V_n = 1 \cdot 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v$	=	341.64	kN

Kondisi	Axis	V_r (kN)	ϕV_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	78.28	342	0.23

[Memenuhi]

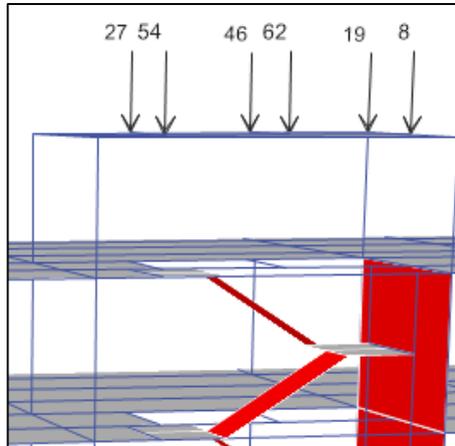
Semua persyaratan dipenuhi maka WF 350x175x7x11, dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai ruang hunian.

4.2.3. Perencanaan balok penumpu mesin elevator

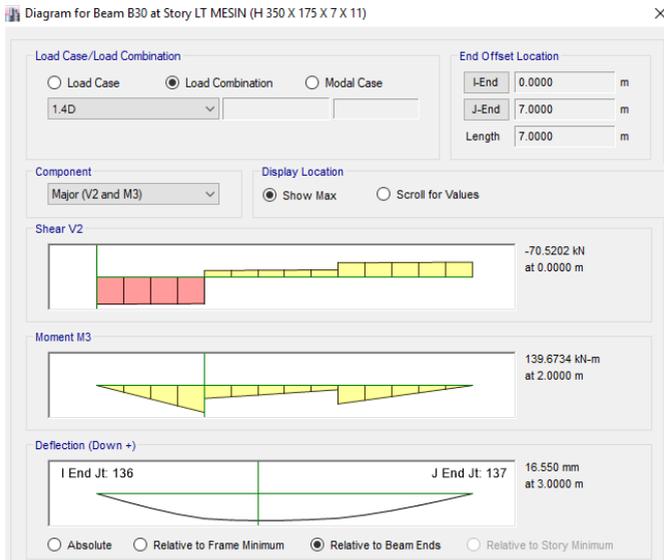
Balok penumpu mesin elevator direncanakan berdasarkan tipe elevator yang dipasang. Dalam gedung hotel Premier Inn direncanakan untuk dipasang dua jenis elevator. Perhitungan dari balok elevator dibawah ini meninjau balok elevator pengunjung.

Elevator untuk pengunjung direncanakan menggunakan elevator dengan data sebagai berikut :

Merek	:	Hyundai
Tipe	:	Luxen MRL 1000kg (15 pax)
Ukuran terowongan	:	2300 x 1900 mm
Beban reaksi 1	:	5400 kg, 54 kN
Beban reaksi 2	:	2700 kg, 27 kN
Beban reaksi 3	:	1900 kg, 19 kN
Beban reaksi 4	:	800 kg, 8 kN



Gambar 4. 8 Pembebanan pada balok pemikul mesin elevator



Gambar 4. 9 Beban pada balok pemikul mesin elevator

Balok Lentur WF Menurut AISC 360-10

Data Desain

Profil Balok

W350x175x7x11

Bresing Lateral



USE

2 buah

Panjang Terkekang

2.33 m

Kuat Leleh

 $F_y = 248$ MPa

Modulus Elastisitas

 $E = 200000$ MPa

Bentang Bersih

 $L = 7$ m

Momen Ultimit

 $M_{ux} = 139.67$ kNm

Geser Ultimit

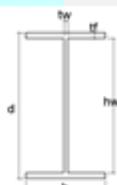
 $V_u = 70.52$ kN M_{rx} Support 1 (1/4 span) $M_{rx} = 122.34$ kNm M_{rx} Mid $M_{rx} = 41.06$ kNm M_{rx} Support 2 (3/4 span) $M_{rx} = 67.26$ kNm

Lendutan Maksimum

 $f = 16.55$ mm

Properti Penampang

A	tf	b	tw	hw
63.40	1.10	17.50	0.70	32.80
ix	ly	Zx	Zy	rx
13629	985	872	174	14.66
ry	Sx	Sy	Cw	J
3.94	778.80	112.50	282289.7	19.4



Analisis

1. PERIKSA KONDISI BALOK (AISC 341-10 D1,2b)

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \sqrt{E / f_y} = 1989.641 > 2333.333 \text{ mm} \quad \text{[Tidak memenuhi]}$$

$$L_b = 0.086 \cdot r_y \cdot E / f_y = 2733.141 > 2333.333 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 4029.7 > 2333.333 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x} = 21.4, \quad r_{ts} = 4.63 \text{ cm} \quad \text{[BALOK INELASTIS]}$$

2. KLASIFIKASI UNTUK TEKUK LOKAL (AISC 360-10 Tab. B2.1a)

rasio ketebalan sayap

$$\lambda = (b_f/2)/t_f = 7.95 \quad \text{[Kompak]}$$

batas rasio ketebalan sayap (compact)

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{E/f_y} = 10.79$$

batas rasio ketebalan sayap (slender)

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{E/f_y} = 28.40$$

rasio ketebalan badan

$$\lambda_w = h_w/t_w = 46.86 \quad \text{[Kompak]}$$

batas rasio ketebalan badan (compact)

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{E/f_y} = 106.78$$

batas rasio ketebalan badan (slender)

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{E/f_y} = 161.87$$

3. PERIKSA KAPASITAS LENTUR (AISC 360 Chapter F)

TANPA PENGARUH LTB

$$\phi M_{nx} = 0.9 Z_x F_y = 216.33 \times 0.9 = 194.6974 \quad \text{kNm}$$

$$\phi M_{ny} = 0.9 Z_y F_y = 43.1024 \times 0.9 = 38.79216 \quad \text{kNm}$$

AKIBAT PENGARUH LTB

$$\text{Plastic; } L_p > L_b \quad \phi M_{nx} = 0.9 Z_x F_y = - \quad \text{kNm}$$

Inelastic; $L_p < L_b < L_r$ dengan C_b (faktor modifikasi Lat torsional buckling)

$$C_b = 12.5 \cdot M_{max} / (2.5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C) = 1.61$$

$$\phi M_{nx} = 0.9 \cdot C_b \{M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_x) \cdot [(L_b - L_p) / (L_r - L_p)]\} \leq \phi M_p = 267.4339 \quad \text{kNm}$$

$$\phi M_{nx} = 194.6974 \quad \text{kNm}$$

[digunakan M_p]

Kondisi elastis tidak berlaku untuk balok SMF

Kondisi	Sumbu	M_r (kN)	ϕM_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	139.67	195	0.72

[Memenuhi]

4. KAPASITAS TERKOMBINASI TEKAN DAN LENTUR (AISC 360 H1)

$$(P_r / 2P_c) + (M_{rx} / M_{nx}) + (M_{ry} / M_{ny}) < 1$$

Kondisi	$P_r / 2P_c$	M_{rx} / M_{nx}	M_{ry} / M_{ny}	$\Sigma D/C$
Ultimit	0	0.72	0.00	0.72

[Memenuhi]

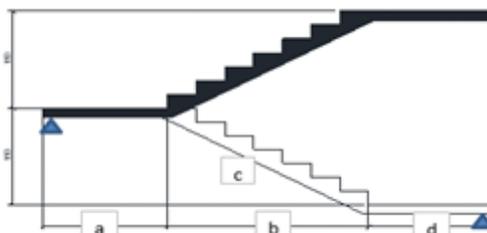
5. PERIKSA LENDUTAN MAKSIMUM (AISC 360-10 COM. L3)				
Δ	=	16.6	mm	
$\Delta_{max} = L / 240$	=	29.2	mm	
$D/C = \Delta / \Delta_{max} < 1$	=	0.587		
[Memenuhi]				
6. PERIKSA KAPASITAS GESER (AISC 360-10 G)				
C_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00		
ϕ_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00		
$\phi V_n = 1 \cdot 0.6F_y \cdot A_w \cdot C_v$	=	341.64	kN	
Kondisi	Axis	V_r (kN)	ϕV_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	70.52	342	0.21
[Memenuhi]				

Semua persyaratan dipenuhi maka WF 350x175x7x11, dapat digunakan sebagai balok pemikul mesin elevator pengunjung.

4.2.4. Perencanaan tangga pracetak

Dalam perhitungan ini ditinjau perhitungan tangga dengan tinggi lantai 3 meter. Perhitungan desain tangga pracetak dapat dilihat dalam perhitungan berikut ini.

Perhitungan Tangga Precast



Data Bahan

Mutu Beton (f_c) =	30 MPa
Mutu Tulangan (f_y) =	400 MPa
Diameter tulangan (ϕ) =	16.0 mm

Geometri Tangga

Tinggi lantai (h) =	300 cm
Lebar (w) =	125 cm

	Tinggi sd bordes (h) =	150.0 cm
	Jumlah anak tangga =	8.0 pcs
	Lebar injakan, min 28 cm =	30.0 cm
	Tinggi injakan, 10 sd 18 cm =	18.8 cm
	Panjang bordes (a) =	130.0 cm
	Panjang bordes (d) =	130.0 cm
	Panjang tangga (b) =	240.0 cm
	Panjang miring (c) =	283.0 cm
	a + b + a =	500.0 cm
Tebal minimum	t _{min} =	10.1 cm
Tebal dipakai	t =	14.0 cm

[ABAIKAN LENDUTAN]

Beban :

Live

(beban hidup tangga)

479 kg/m²

$$Q = 598.75 \text{ kg/m'}$$

(beban pekerja pemasangan)

2 xPekerja (@100kg)

$$Q = 200.00 \text{ kg/m'}$$

Faktor beban impact = 1.5

$$Q = 300 \text{ kg/m'}$$

Beban mati tambahan

Berat 1 anak tangga = 84.6 kg

Berat total anak tangga = 676.8 kg

Panjang miring (c) = 283.0 cm

Berat per m' (w_{total}/l) = 239.1 kg/m'

Maka beban untuk permodelan adalah sebagai berikut :

Live $Q = 598.75 \text{ kg/m'}$

S,Dead $Q = 239.1 \text{ kg/m'}$

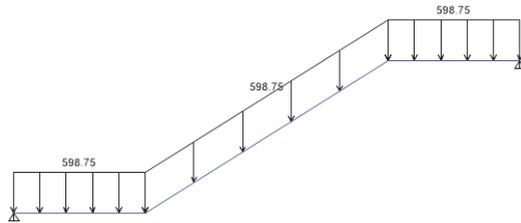
Dan hasil analisa struktur dari permodelan adalah sebagai berikut :

$V_u = 42.75 \text{ KN}$

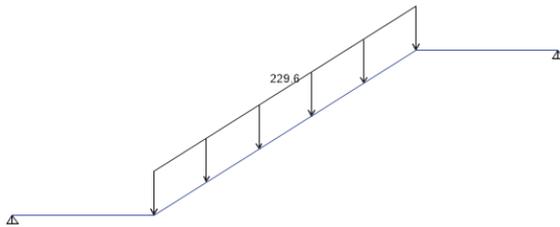
$M_u (-) = 0.00 \text{ kNm}$

$M_u (+) = 57.93 \text{ kNm}$

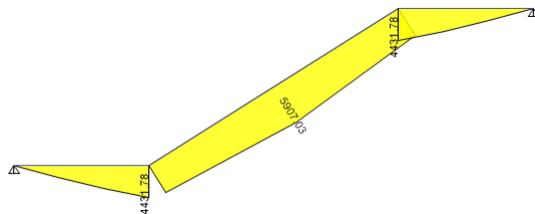
Beban – beban yang telah diperoleh kemudian dimodelkan dalam aplikasi ETABS 2016.



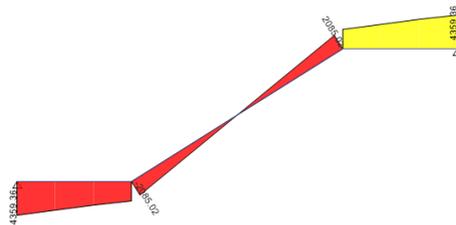
Gambar 4. 10 Model beban hidup pada tangga



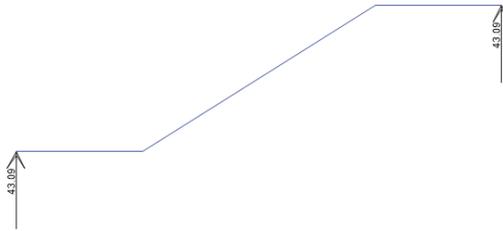
Gambar 4. 11 Model beban mati pada tangga



Gambar 4. 12 Diagram momen hasil permodelan



Gambar 4. 13 Diagram gaya geser hasil permodelan



Gambar 4. 14 Reaksi tumpuan pada tangga

Kemudian dari hasil analisis dilakukan perhitungan penulangan dan sambungan pada balok penumpu tangga.

Analisis Penulangan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \quad dx = \rho \times d = 0,5 \times d = 112,0 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \quad , R_n = 5,77 \text{ Mpa}$$

$$r_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right) \quad , m = 15,7$$

$$r_{min} = 0,002 \quad , r_{perlu} = 0,0166$$

$$r_{max} = 0,0250$$

[Dipakai rperlu]

$$A_s = b \times \rho \times d \times dx \quad A_s = 1858,13 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = b \times \rho \times d \times dx \quad A_{s \text{ min}} = 896,00 \text{ mm}^2$$

Spasi minimum diatur sbb :

$$s < 3h \text{ atau } 450 \text{ mm (SNI 2847-2013, Ps. 10.5.4)}$$

$$s = 3h = 420 \text{ mm}$$

$$s = 450 = 450 \text{ mm}$$

Spasi dipakai, s

$$s_{pakai} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Notasi tulangan} = \mathbf{D16-100}$$

$$A_{s \text{ Pakai}} = 2009,6 \text{ mm}^2$$

[Memenuhi]

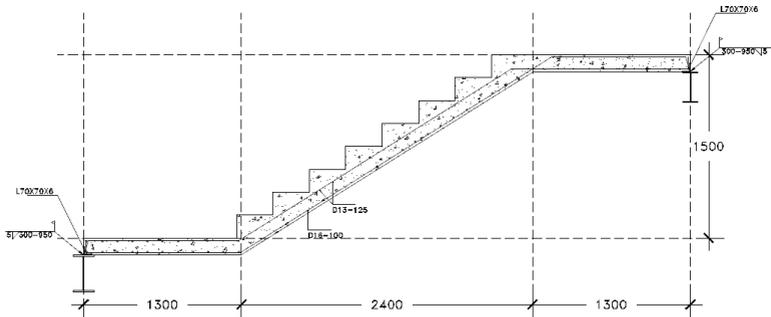
Pemeriksaan terhadap geser:

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda_c f'_c^{0,5} b_w d) = 78,2 \text{ kN}$$

$$V_u / \phi V_n = 0,55$$

[Memenuhi]

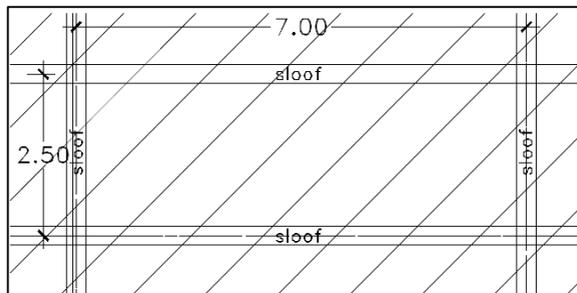
Sedangkan untuk sambungan antara tangga dan balok penumpu dari hasil analisis struktur hanya menunjukkan reaksi kearah vertikal sehingga hanya diberi sambungan las untuk keperluan praktis setebal 5 mm dengan panjang 300 mm pada ujung – ujung pelat bordes.



Gambar 4. 15 Desain tangga pracetak

4.2.5. Perencanaan lantai basement

Lantai basement terletak pada level basement dan berfungsi sebagai lahan parkir.



Gambar 4. 16 Pelat lantai basement

Berdasarkan gambar diatas pelat mempunyai rasio panjang/lebar > 2 maka pelat didesain sebagai pelat satu arah.

Perhitungan pelat lantai basement			
Data perencanaan			
bentang panjang	b	=	7 m
bentang pendek	h	=	2.5 m
Mutu Baja	Fy	=	400 Mpa
Mutu Beton	Fc'	=	30 Mpa
Diameter Tulangan	WMS	=	10 mm
	As	=	79 mm ²
tebal pelat	t slab	=	250 mm
selimut beton (Ps 7.7.1)	c	=	75 mm
	λ	=	1
Pembebanan pelat			
Mati :			
Berat sendiri / 1m		=	6 kN/m ²
Beban hidup		=	1.92 kN/m ²
1.2D + 1.6 L		=	10.272 kN/m ²
	V _{u maks}	=	12.84 kN
Mu = 1/8 ql ²	M _{u maks}	=	8.03 kNm
Perhitungan Penulangan			
1. Pemeriksaan Terhadap Geser			
	d	=	165 mm
$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda f_c^{0,5} b_w d)$	Vc	=	315.56 kN
	D/C Ratio ϕV_c	=	0.04 [Memenuhi]
2. Untuk Penulangan Lentur Momen negatif = positif			
$Rn = Mu/\phi b d^2$; Rn	= 0.33
$\rho_{perlu} = \frac{0.85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0.85 \times f_c'}} \right)$			= 0.001
A _{s perlu} = ρbd		A _{s perlu}	= 135.98 mm ²
SNI 10.5.4 (0.002)		A _{s min}	= 330.00 mm ²
	As pakai		= 330.00 mm ²
Maka tiap 1 meter dibutuhkan tulangan sebanyak			
	n	=	5
Notasi Tulangan	WMS	10	- 200
4. Tulangan memanjang dalam arah horizontal, dapat diberikan berdasarkan kebutuhan rasio minimum tulangan sebesar 0.0020 (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1)			
As = 0.002 x b x d		As	= 330 mm ²

Maka tiap 1 meter dibutuhkan tulangan sebanyak				
		n	=	5
Notasi Tulangan	WMS	10	-	200
Spasi maksimum 3 x t slab , 450 mm				
3 x tebal slab	=	750 mm		

Maka karena wiremesh yang ada di pasaran memiliki jarak antar tulangan 150 mm maka digunakan tulangan M10-150.

4.3. Analisa Sistem Struktur

4.3.1. Pemilihan Sistem Struktur

Dalam memilih sistem struktur hendaknya diperiksa performa bangunan dari bentuk struktur yang paling sederhana dalam kasus ini adalah rangka SMF. Parameter yang ditinjau untuk menentukan kelayakan suatu sistem struktur salah satunya adalah simpangan antar lantai. Berikut adalah simpangan antar lantai dari model struktur tanpa menggunakan SPSW dibebani oleh beban lateral terkalibrasi dari proses kontrol dinamis sebelumnya.

Tabel 4. 2 Simpangan lantai pada model SMF

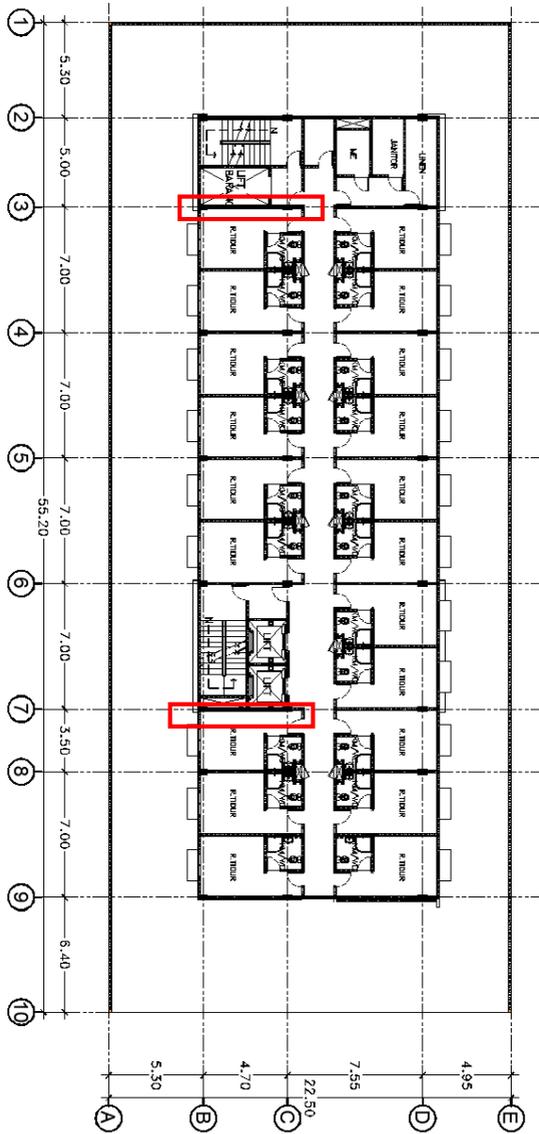
Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu X							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
ATAP 2	30.5	2.5	60.89	-5.91	-32.51	50	OK
ATAP	28	3	66.80	2.14	11.75	60	OK
LT 9	25	3	64.67	3.72	20.45	60	OK
LT 8	22	3	60.95	5.22	28.68	60	OK
LT 7	19	3	55.73	6.57	36.11	60	OK
LT 6	16	3	49.17	7.81	42.97	60	OK
LT 5	13	3	41.35	8.28	45.54	60	OK
LT 4	10	3	33.07	9.23	50.78	60	OK
LT 3	7	3	23.84	10.10	55.56	60	OK
LT 2	4	4	13.74	13.41	73.77	80	OK
LT1	0	2.8	0.33	0.33	1.80	56	OK
BSM	-2.8	-2.8	0.00	0.00	0.00	-56	OK

Tabel 4. 3 Simpangan Lantai Pada Model SMF

Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
ATAP 2	30.5	2.5	69.14	-9.92	-54.53	50	OK
ATAP	28	3	79.06	3.02	16.60	60	OK
LT 9	25	3	76.04	4.74	26.06	60	OK
LT 8	22	3	71.30	6.47	35.57	60	OK
LT 7	19	3	64.83	8.06	44.31	60	OK
LT 6	16	3	56.78	9.54	52.44	60	OK
LT 5	13	3	47.24	10.38	57.09	60	OK
LT 4	10	3	36.86	11.35	62.41	60	NO
LT 3	7	3	25.51	11.80	64.89	60	NO
LT 2	4	4	13.72	12.87	70.80	80	OK
LT1	0	2.8	0.84	0.84	4.64	56	OK
BSM	-2.8	-2.8	0.00	0.00	0.00	-56	OK

Dari hasil kontrol simpangan lantai maka diperoleh bahwa pada simpangan arah sumbu Y (sumbu lemah bangunan) terdapat kontrol yang tidak memenuhi sehingga diperlukan penggunaan dinding geser SPSW. Sedangkan pada sumbu X tidak diperlukan penggunaan SPSW.

Berdasarkan pertimbangan denah arsitektur ruangan pada gambar 4.13 maka direncanakan SPSW untuk memperkuat bangunan pada sumbu lemah, yaitu pada grid 3-BC dan grid 7-BC karena tidak mengganggu fungsi ruangan.

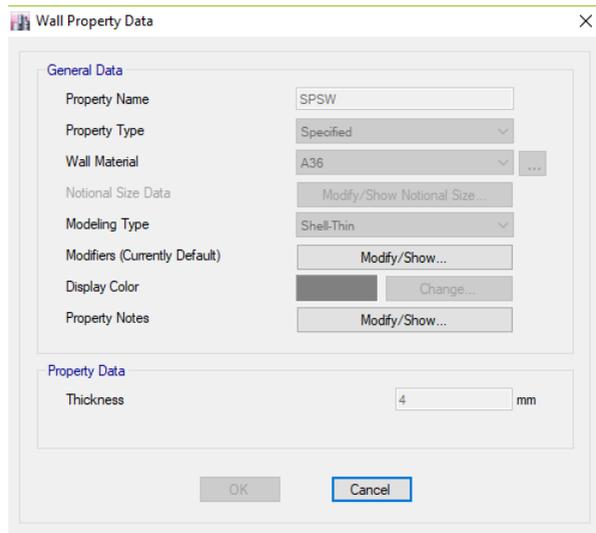


Gambar 4. 17 Rencana letak SPSW pada lantai 3 s/d 9

4.3.2. Memodelkan desain awal pada ETABS 2016

Berdasarkan perencanaan awal letak dinding geser dan juga desain struktur sekunder yang telah dilakukan maka dilakukan permodelan pada aplikasi ETABS 2016.

Dalam permodelan SPSW dianggap sebagai shell-thin dimana pada permodelan mula – mula tebal dipakai adalah 4 mm.

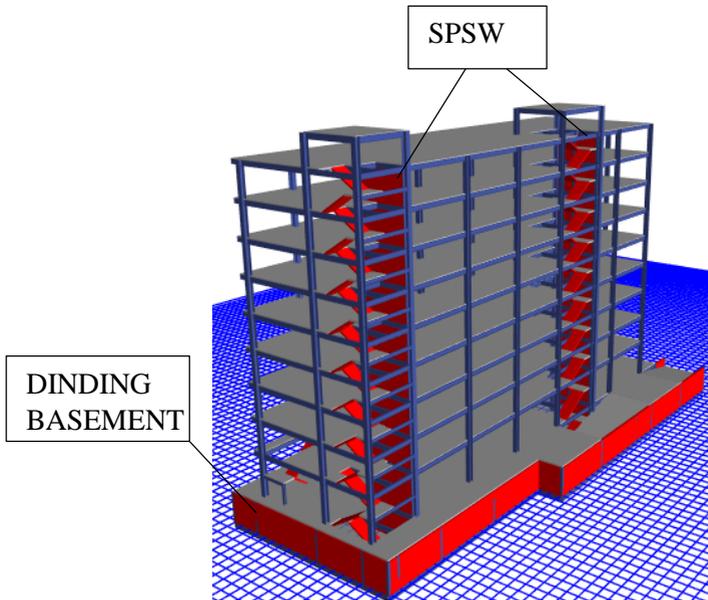


Gambar 4. 18 Properti dari SPSW

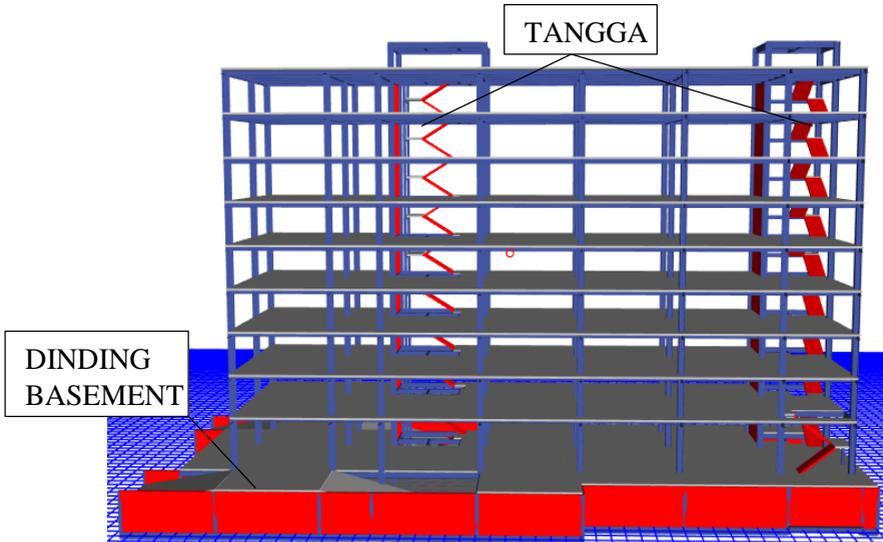
Kemudian SPSW dimodelkan sesuai dengan tempat yang telah direncanakan pada gambar 3.4 yaitu pada Grid 3 dan Grid 7.

Setelah dimodelkan, kemudian local axes dari SPSW dirubah sesuai dengan sudut perkiraan yaitu sebesar 40.8° .

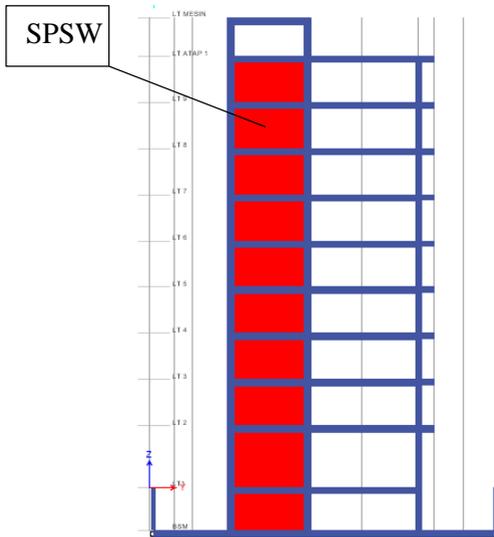
Berikut adalah tampak isometri, tampak samping, tampak potongan portal 3 dan portal 7 dari model struktur.



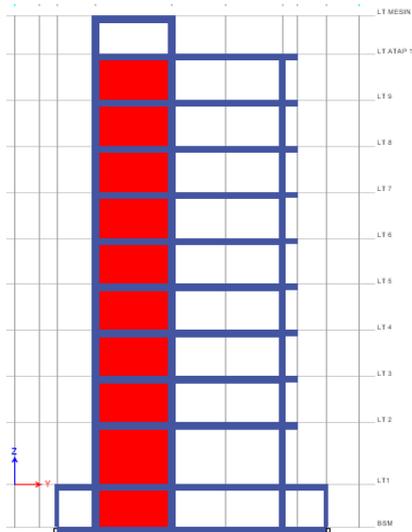
Gambar 4. 19 Isometri model struktur



Gambar 4. 20 Tampak samping model struktur



Gambar 4. 21 Portal 7



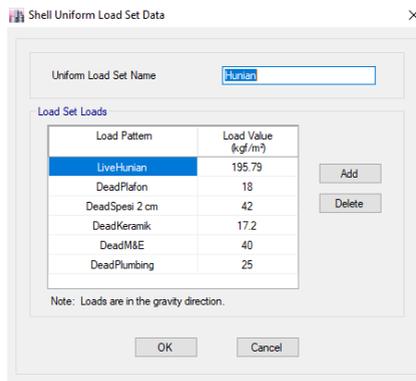
Gambar 4. 22 Portal 3

4.3.3. Memodelkan beban pada model ETABS

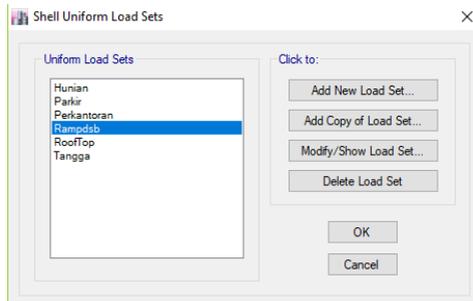
Permodelan beban meliputi beban merata pada lantai, beban tekanan tanah pada dinding dan beban gempa.

1) Beban merata pada lantai

Beban merata pada lantai dimodelkan dengan menggunakan fitur uniform load set. Load set dibedakan berdasarkan fungsi ruang yang didesain. Fungsi load set dapat diakses dari menu Assign>Shell load>Uniform load sets



Gambar 4. 23 Load set ruang hunian



Gambar 4. 24 Daftar load set yang digunakan

2) Beban tekanan tanah

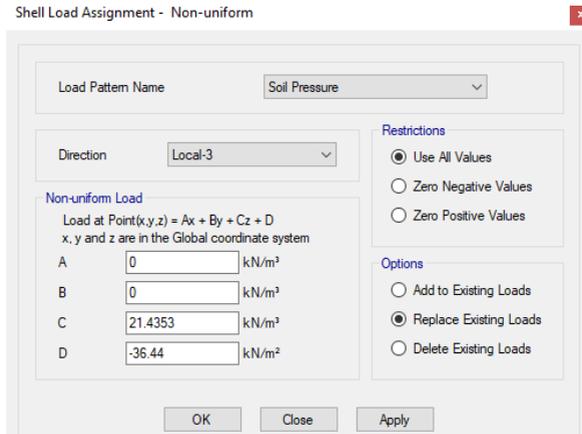
Beban tekanan tanah dihitung menggunakan teori rankine dengan terlebih dahulu menghitung koefisien tekanan tanah aktifnya. Dari data tanah diketahui bahwa tanah pada sekitar dinding basement memiliki gamma tanah $\gamma_t = 1.58 \text{ Ton/m}^3$ dan sudut gesek tanah adalah sebesar $\theta = 5.6^\circ$. Kemudian koefisien tekanan tanah aktif dihitung dengan formula :

$$C_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta}, C_a = \frac{1 - \sin 5.6}{1 + \sin 5.6} = 0.82$$

Sehingga tekanan yang bekerja pada dasar dinding sedalam 2.8 meter dibawah muka tanah adalah sebesar :

$$P_a = C_a wh, P_a = 0.82 \times 15.8 \times 2.8 = 36.44 \text{ kN/m}^2$$

Kemudian beban diaplikasikan pada model menggunakan fasilitas Non Uniform Shell Load. Untuk dapat mengaplikasikan dengan cara ini maka pelat terlebih dahulu dipilih. Kemudian diaplikasikan beban melalui menu Assign>Shell Load>Non Uniform



Gambar 4. 25 Permodelan beban tanah

3) Beban gempa

Pengaplikasian beban gempa dilakukan melalui menu Define>Function>Response Spectrum kemudian memilih function type menurut ASCE 7-10. Setelah itu dimasukkan nilai S_s dan S_1 serta kelas situsnya.

Parameter	Value
Function Name	SUB
Ss and S1 from USGS -	User Specified
Site Latitude (degrees)	?
Site Longitude (degrees)	?
Site Zip Code (5-Digits)	?
0.2 Sec Spectral Accel, S_s	0.663
1 Sec Spectral Accel, S_1	0.247
Long-Period Transition Period	8
Site Class	D
Site Coefficient, F_a	1.2696
Site Coefficient, F_v	1.906

Gambar 4. 26 Input respon spektra

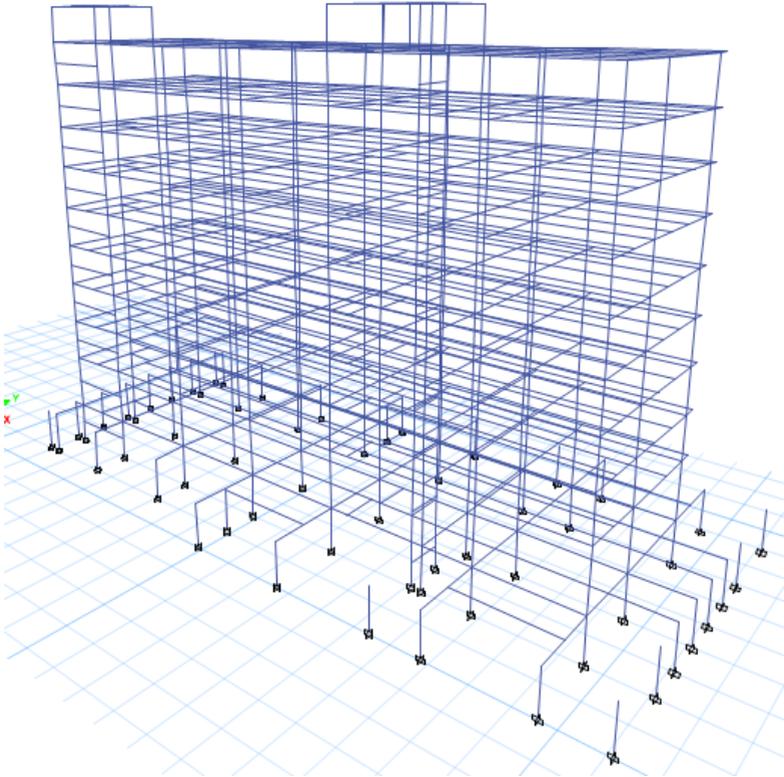
4.3.4. Kontrol SMF Memikul Min 25% Beban Lateral

Seperti yang disyaratkan pada SNI 1726-2012 Pasal 7.2.5.1 rangka pemikul momen pada sistem ganda harus mampu menahan paling sedikit 25% dari gaya gempa desain oleh karena itu perlu dilakukan permodelan khusus untuk membuktikan kemampuan struktur memikul beban sehingga dibuat model antara lain :

- Rangka dibebani oleh beban gravitasi
- Rangka dibebani oleh 25% beban lateral + beban gravitasi, dipilih yang dominan antara beban gempa dan angin
- Sistem ganda dibebani dengan 100% beban lateral

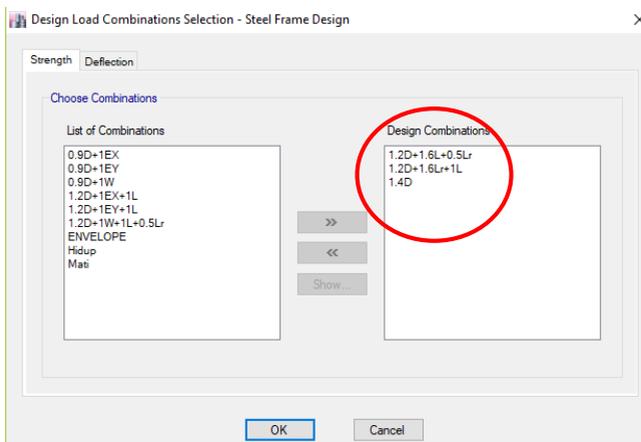
Langkah – langkah pemeriksaan dijabarkan dalam pembahasan berikut.

- 1) Rangka dibebani oleh beban gravitasi
 - a) Menghapus elemen pelat SPSW dan menyisakan hanya elemen batasnya seperti pada gambar 4.27 dibawah.



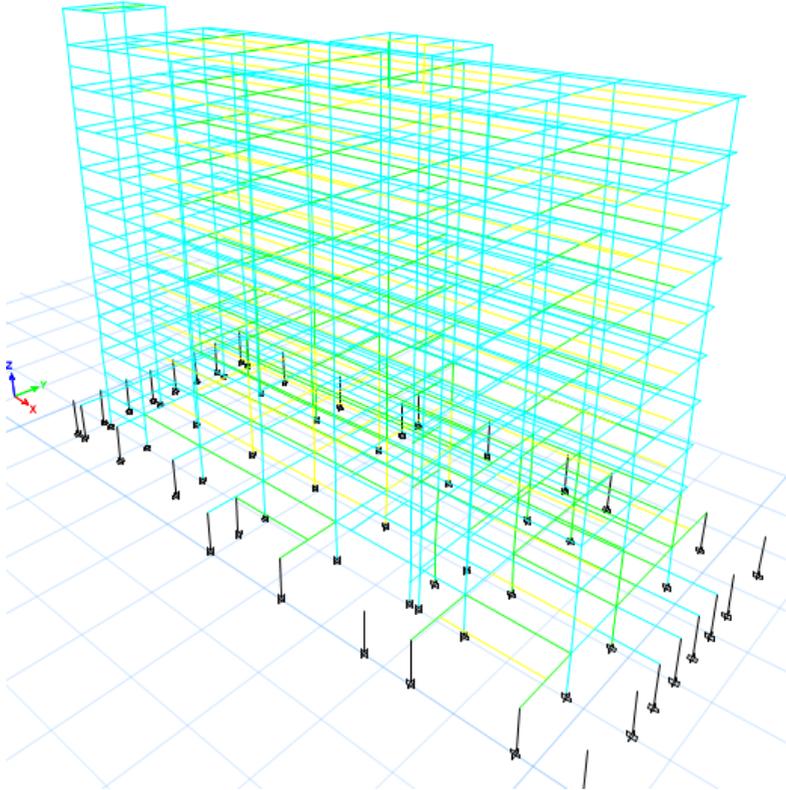
Gambar 4. 27 Model rangka ruang

- b) Menjalankan model tersebut dan mendesain dengan menggunakan program ETABS terhadap beban gravitasi. Dalam hal ini digunakan kombinasi pembebanan : $1.4D$, $1.2D+1.6L+0.5Lr$, $1.2D+1.6Lr+1L$.



Gambar 4. 28 Kombinasi pembebanan diaplikasikan

- c) Memeriksa apakah terdapat kegagalan struktur akibat pembebanan yang berlaku. Dalam kasus ini ditinjau portal tipikal yaitu portal 4.



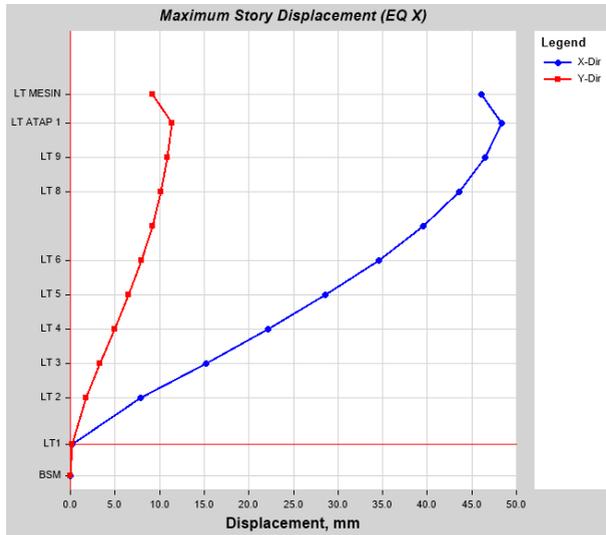
Gambar 4. 29 Hasil analisa elemen terhadap beban gravitasi

Dari permodelan terhadap beban gravitasi diperoleh hasil bahwa rangka mampu memikul seluruh beban gravitasi yang diaplikasikan dengan rincian perbandingan antara beban dan kapasitas pada tabel berikut.

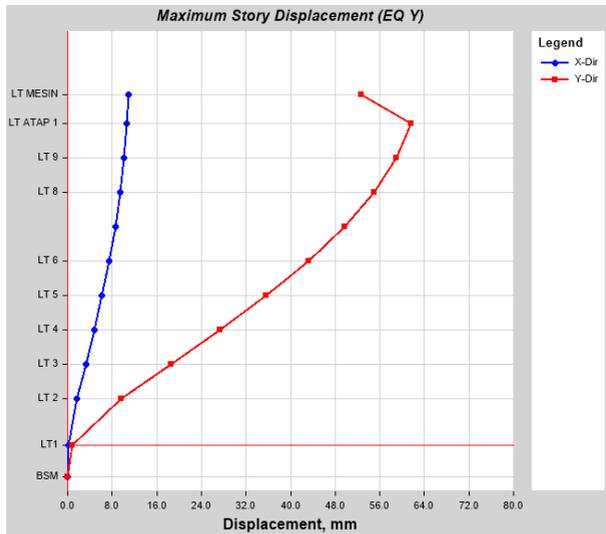
Tabel 4. 4 Rekapitulasi D/C ratio (Gravitasi)

No	Uraian	Profil	D/C Ratio Max.
1	Balok HBE: - Lt. 1 – Lt. Atap	W400X200X9X19	0.053
2	Kolom VBE: - Lt. 1 – Lt. Atap	H400X400X35X45	0.330
3	Balok Induk: - Lt. 1 – Lt. 2 - Lt. 3 – Lt. Atap	W400X200X9X16 W400X200X8X13	0.857 0.700
4	Kolom Struktur: - Lt.1 – Lt. 5 - Lt.6 – Lt. Atap	H300X300X24X29 H300X300X18X23	0.755 0.483
5	Balok Anak: - Lt. 1 – Lt. 2 - Lt. 3 – Lt. Atap	W400X200X8X13 W350X175X7X11	0.646 0.630
6	Balok Lift: - Lt. Roof top 1	W350X175X7X11	0.713

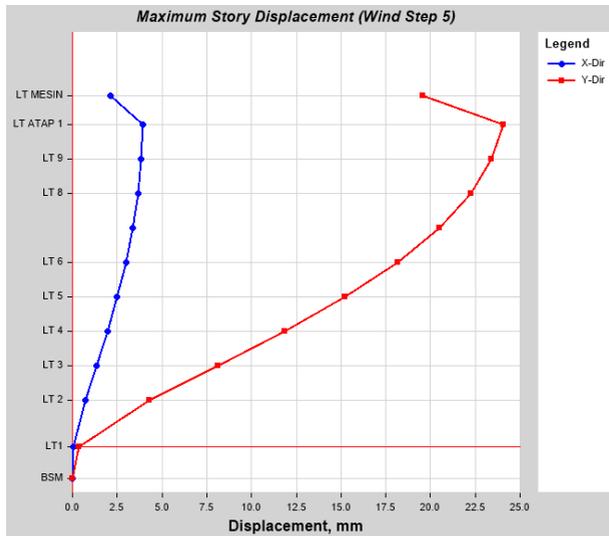
- 2) Rangka dibebani oleh 25% beban lateral + beban layan
 - a) Menjalankan model dari tahap 1 dengan pembebanan 25% beban lateral akibat angin dan gempa
 - b) Memeriksa beban lateral yang dominan berdasarkan perpindahan lantai maksimum



Gambar 4. 30 Simpangan lantai akibat gempa arah X



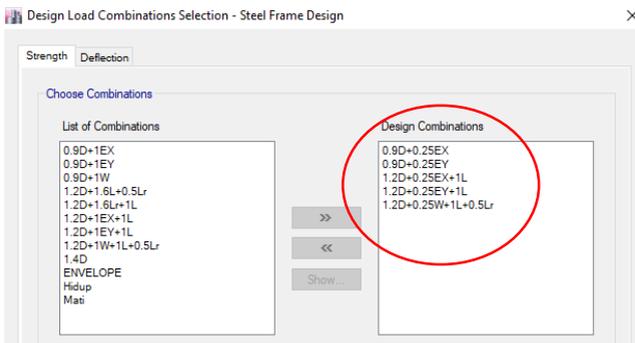
Gambar 4. 31 Simpangan lantai akibat gempa arah Y



Gambar 4. 32 Simpangan lantai akibat pembebanan angin

Dari grafik simpangan lantai maksimum tersebut disimpulkan bahwa beban lateral yang dominan adalah beban gempa.

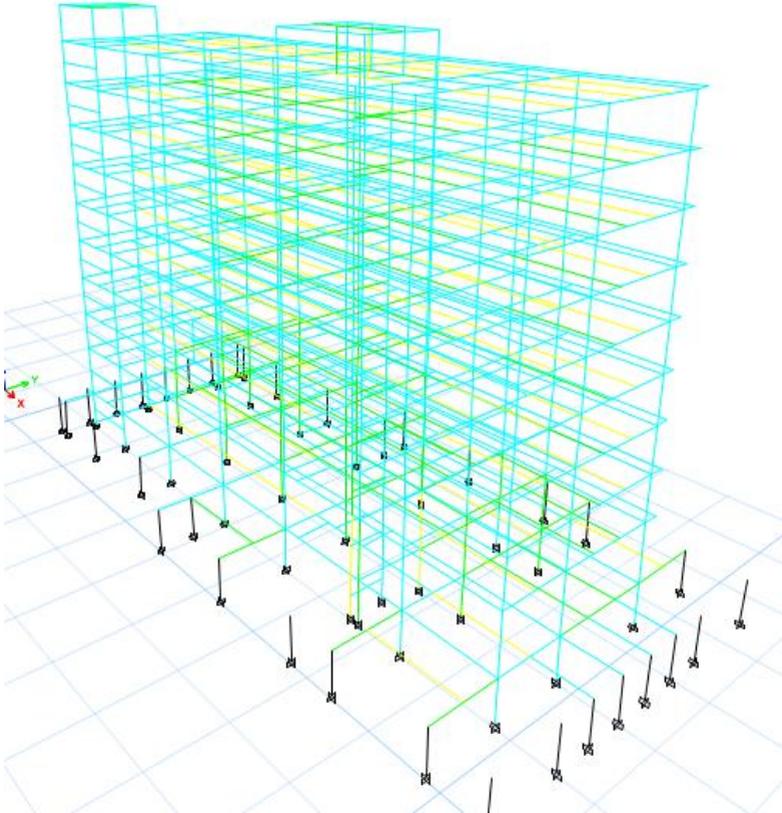
- c) Melakukan desain elemen dengan ETABS terhadap beban lateral yang dominan sebesar 25% dari beban lateral.



Gambar 4. 33 Kombinasi pembebanan yang diaplikasikan

d) Memeriksa apakah terdapat kegagalan elemen struktur

Hasil analisa struktur dapat dilihat pada gambar 4.33 dimana dapat diperiksa apakah terdapat elemen struktur yang mengalami kegagalan. Kegagalan struktur terindikasi dengan warna frame merah.



Gambar 4. 34 Hasil desain portal 4 terhadap 25% beban lateral

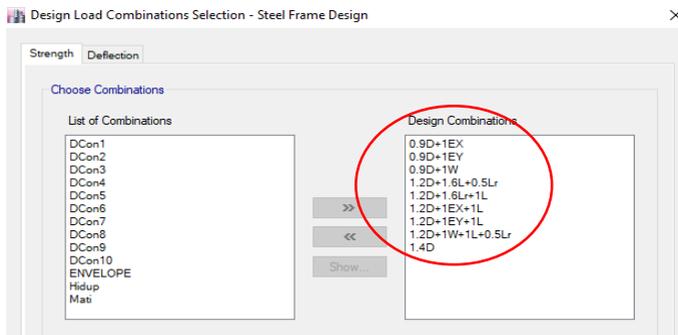
Dari pemeriksaan dengan menggunakan ETABS diperoleh hasil bahwa seluruh elemen portal mampu memikul 25% beban

lateral gempa yang dibebankan dengan rekapitulasi hasil desain sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi D/C ratio (25% Lateral)

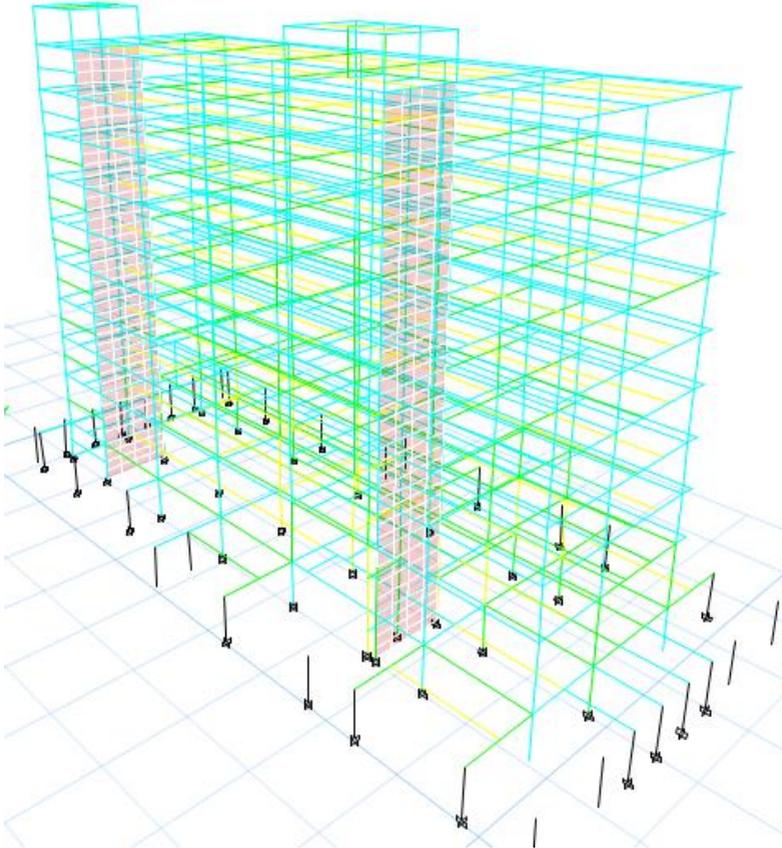
No	Uraian	Profil	D/C Ratio Max.
1	Balok HBE: - Lt. 1 – Lt. Atap	W400X200X9X19	0.059
2	Kolom VBE: - Lt. 1 – Lt. Atap	H400X400X35X45	0.735
3	Balok Induk: - Lt. 1 – Lt. 2 - Lt. 3 – Lt. Atap	W400X200X9X16 W400X200X8X13	0.679 0.616
4	Kolom Struktur: - Lt.1 – Lt. 5 - Lt.6 – Lt. Atap	H300X300X24X29 H300X300X18X23	0.652 0.444
5	Balok Anak: - Lt. 1 – Lt. 2 - Lt. 3 – Lt. Atap	W400X200X8X13 W350X175X7X11	0.500 0.537
6	Balok Lift: - Lt. Roof top 1	W350X175X7X11	0.659

- 3) Rangka dibebani oleh 100% beban lateral + beban layan
- a) Menjalankan model dari tahap 1 dengan penambahan dinding geser dan kombinasi 100% lateral.



Gambar 4. 35 Kombinasi beban yang diaplikasikan

- b) Memeriksa kegagalan struktur terhadap beban yang diaplikasikan.



Gambar 4. 36 Hasil desain portal 4 terhadap 100% beban lateral

Dari hasil desain elemen struktur diperoleh hasil bahwa elemen rangka dapat memikul beban yang diaplikasikan. Hasil desain dapat di lihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi D/C ratio (100% Lateral)

No	Uraian	Profil	D/C Ratio Max.
1	Balok HBE: - Lt. 1 – Lt. Atap	W400X200X9X19	0.113
2	Kolom VBE: - Lt. 1 – Lt. Atap	H400X400X35X45	0.753
3	Balok Induk: - Lt. 1 – Lt. 2 - Lt. 3 – Lt. Atap	W400X200X9X16 W400X200X8X13	0.857 0.700
4	Kolom Struktur: - Lt.1 – Lt. 5 - Lt.6 – Lt. Atap	H300X300X24X29 H300X300X18X23	0.784 0.535
5	Balok Anak: - Lt. 1 – Lt. 2 - Lt. 3 – Lt. Atap	W400X200X8X13 W350X175X7X11	0.646 0.630
6	Balok Lift: - Lt. Roof top 1	W350X175X7X11	0.713

4.3.5. Kontrol dinamis struktur

1) Kontrol partisipasi massa

SNI 1726 – 2012 pasal pasal 7.9.1 mensyaratkan suatu analisa ragam menyertakan jumlah ragam yang cukup hingga partisipasi massa mencapai minimal 90%. Dalam bagian ini akan dikontrol jumlah partisipasi massa dari bangunan yang direncanakan. Partisipasi massa diperoleh dari output program ETABS 2016. Berikut adalah tabel partisipasi massa dari model bangunan yang sedang didesain.

Tabel 4. 7 Partisipasi massa

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	94.8
Modal	Acceleration	UY	100	96.53

2) Kontrol perioda fundamental struktur

Periode fundamental struktur dihitung untuk menentukan besaran skala gaya yang diperlukan. Periode fundamental struktur diatur menurut SNI 1726 – 2012 pasal 7.8.2. Periode fundamental struktur pendekatan dari bangunan ini dapat dihitung menggunakan formula 2.18. Data bangunan yang diperlukan untuk perhitungan ini adalah sebagai berikut :

Tinggi bangunan : 30.5 m
 Koefisien C_u (tabel 2.10) : 1.4 (untuk $SD1 > 0.4$)

Arah sumbu lemah bangunan

Pada arah sumbu lemah bangunan, penahan lateral yang digunakan adalah SMF dan SPSW maka dari itu menurut tabel 2.9 termasuk dalam struktur lainnya.

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$T_a = 0.0488 \times 30.5^{0.75}$$

$$T_a = 0.63 \text{ detik}$$

Batas atas dari periode fundamental pendekatan dihitung menurut formula 2.19 sebagai berikut.

$$T = C_u \cdot T_a$$

$$T = 1.4 \cdot 0.63$$

$$T = 0.89$$

Arah sumbu kuat bangunan

Pada arah sumbu kuat bangunan, penahan lateral yang digunakan adalah SMF maka dari itu menurut tabel 2.9 termasuk dalam rangka baja pemikul momen.

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$T_a = 0.0724 \times 30.5^{0.8}$$

$$T_a = 1.11 \text{ detik}$$

Batas atas dari periode fundamental pendekatan dihitung menurut formula 2.19 sebagai berikut.

$$T = C_u \cdot T_a$$

$$T = 1.4 \cdot 1.11$$

$$T = 1.56$$

3) Kontrol skala gaya geser dasar

Skala gaya seperti disyaratkan dalam SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1 mengharuskan gaya geser dasar yang bekerja pada struktur memenuhi paling sedikit 85% dari gaya geser dasar statik ekuivalen. Maka untuk melakukan kontrol tersebut perlu terlebih dahulu menghitung gaya geser dasar statik ekuivalen. Data – data yang diperlukan untuk menghitung gaya geser dasar statik ekuivalen adalah sebagai berikut :

Berat bangunan	: 38165.63 kN
S _{DS}	: 0.561
S _{DI}	: 0.314
R (faktor modifikasi)	: 8

I_e (faktor keutamaan) : 1
 Periode arah sb lemah : 1.318, $T > C_u \cdot T_a$; $T = 0.89$
 Periode arah sb kuat : 2.995, $T > C_u \cdot T_a$; $T = 1.56$

Gaya geser dasar statik ekivalen dapat dihitung dengan formula 2.14 dengan nilai C_s dihitung dengan formula 2.15, 2.16 dan 2.17 sebagai berikut :

Nilai C_s untuk sumbu lemah dihitung sebagai berikut :

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

$$C_s = \frac{0.561}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.07$$

Namun tidak boleh kurang dari :

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01$$

$$C_s = 0.044 \times 0.561 \times 1 = 0.025$$

Dan tidak perlu melebihi :

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

$$C_s = \frac{0.314}{0.89 \left(\frac{8}{1}\right)} = 0.044$$

Maka C_s digunakan sebesar 0.044 dan gaya geser dasar statik ekivalen dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = C_s W$$

$$V = 0.044 \times 38165.63 \text{ kN}$$

$$V = 1690.75 \text{ kN}$$

Nilai C_s untuk sumbu kuat dihitung sebagai berikut :

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

$$C_s = \frac{0.561}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.07$$

Namun tidak boleh kurang dari :

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01$$

$$C_s = 0.044 \times 0.561 \times 1 = 0.025$$

Dan tidak perlu melebihi :

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

$$C_s = \frac{0.314}{1.56\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.025$$

Maka C_s digunakan sebesar 0.025 dan gaya geser dasar statik ekuivalen dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = C_s W$$

$$V = 0.025 \times 38165.63 \text{ kN}$$

$$V = 960.26 \text{ kN}$$

Dari aplikasi ETABS 2016 diketahui gaya geser dasar dari bangunan sebagai berikut :

Baseshear X (sumbu kuat) : 443.15 kN

Baseshear Y (sumbu lemah) : 740.55 kN

Sedangkan batas minimum gaya geser dasar yang disyaratkan adalah :

Baseshear X (sumbu kuat) : $0.85 \times 960.26 = 816.22$ kN

Baseshear Y (sumbu lemah) : $0.85 \times 1690.75 = 1437.13$ kN

Sehingga kedua arah gaya geser perlu diperbesar sebesar :

Arah X (sumbu kuat) : $\frac{816.22}{443.15} = 1.842$

Arah Y (sumbu lemah) : $\frac{1437.13}{740.55} = 1.941$

Perbesaran gaya geser dilakukan dengan mengalikan percepatan pada Load Case gempa pada ETABS dengan faktor perbesaran. Gaya geser dasar setelah diperbesar adalah sebagai berikut.

Arah X (sumbu kuat) : 816.74 kN > 816.22 kN

Arah Y (sumbu lemah) : 1437.41 kN > 1437.13 kN

Kedua gaya geser dasar telah melebihi gaya geser dasar minimum sehingga struktur **Memenuhi** kontrol skala gaya.

4) Kontrol batas simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai dibatasi oleh SNI 1726-2012 pasal 7.12.1. Pada tabel 2.8 ditentukan bahwa gedung yang didesain termasuk dalam kategori semua struktur lainnya sehingga batasan simpangan antar lantai dipakai sebesar $\Delta = 0.02 h_{sx}$ dimana h_{sx} adalah tinggi lantai dibawahnya. Kontrol simpangan antar lantai dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4. 8 Kontrol simpangan antar lantai sumbu kuat

Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu X							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
ATAP 2	30.5	2.5	70.74	-0.38	-2.06	50	OK
ATAP	28	3	71.11	2.71	14.93	60	OK
LT 9	25	3	68.40	4.32	23.78	60	OK
LT 8	22	3	64.08	5.86	32.24	60	OK
LT 7	19	3	58.22	7.26	39.94	60	OK
LT 6	16	3	50.95	8.53	46.94	60	OK
LT 5	13	3	42.42	9.33	51.31	60	OK
LT 4	10	3	33.09	10.22	56.18	60	OK
LT 3	7	3	22.88	10.68	58.76	60	OK
LT 2	4	4	12.19	11.78	64.81	80	OK
LT1	0	2.8	0.41	0.41	2.24	56	OK
BSM	-2.8	0	0.00	0.00	0.00	0	OK

Tabel 4. 9 Kontrol simpangan antar lantai sumbu lemah

Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{ye} (mm)	δ_y (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
ATAP 2	30.5	2.5	43.15	-9.98	-64.85	50	OK
ATAP	28	3	53.13	4.92	31.98	60	OK
LT 9	25	3	48.21	5.82	37.82	60	OK
LT 8	22	3	42.39	6.15	39.95	60	OK
LT 7	19	3	36.24	6.25	40.65	60	OK
LT 6	16	3	29.99	6.26	40.68	60	OK
LT 5	13	3	23.73	6.00	39.03	60	OK
LT 4	10	3	17.73	5.78	37.56	60	OK
LT 3	7	3	11.95	5.41	35.18	60	OK
LT 2	4	4	6.53	5.46	35.50	80	OK
LT1	0	2.8	1.07	1.07	6.97	56	OK
BSM	-2.8	0	0.00	0.00	0.00	0	OK

5) Kontrol ketidakberaturan torsi

Kontrol ketidakberaturan torsi harus memenuhi syarat $\Delta < 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$ pada SNI 1726-2012 tabel 10 dengan ilustrasi kasus seperti pada gambar 2.5. Kontrol ketidakberaturan torsi dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4. 10 Kontrol ketidakberaturan torsi

Lantai	Elevasi	X-Dir	Y-Dir	1.2 $\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	Cek $\Delta_1 >$ Kontrol
	m	mm	mm		
ATAP 2	30.5	0.025	0.004	0.0174	OK
ATAP 1	28	0.026	0.006	0.0192	OK
LT 9	25	0.025	0.005	0.018	OK
LT 8	22	0.023	0.005	0.0168	OK
LT 7	19	0.021	0.004	0.015	OK
LT 6	16	0.018	0.003	0.0126	OK
LT 5	13	0.015	0.003	0.0108	OK
LT 4	10	0.011	0.002	0.0078	OK
LT 3	7	0.007	0.002	0.0054	OK
LT 2	4	0.004	0.001	0.003	OK
LT1	0	0	0		
BSM	-2.8	0	0		

Dari data diatas disimpulkan bahwa struktur memenuhi syarat ketidakberaturan torsi.

6) Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak (soft story)

Suatu bangunan harus memenuhi syarat ketidakberaturan tingkat lunak yang diatur dalam SNI 1726 – 2012 tabel 10 dengan ilustrasi kasus seperti pada gambar 2.6. Kontrol ketidakberaturan lantai lunak dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4. 11 Kontrol lantai lunak arah X

Lantai	Elevasi	Arah X	B	(B+C+D)/3	Kont
	m	kN/m	kN/m	kN/m	
ATAP 2	30.5	22990.21	0.0	0.0	
ATAP 1	28	49526.76	16093.1	18392.2	OK
LT 9	25	56703.7	34668.7	29006.8	OK
LT 8	22	56889.35	39692.6	34458.8	OK
LT 7	19	56275.54	39822.5	43498.6	OK
LT 6	16	56199.47	39392.9	45298.3	OK
LT 5	13	58092.93	39339.6	45163.8	OK
LT 4	10	58745.85	40665.1	45484.8	OK
LT 3	7	61452.57	41122.1	46143.5	OK
LT 2	4	60004.35	43016.8	47544.4	OK
LT1	0	4380757	42003.0	48054.1	OK
BSM	-2.8	0			

Tabel 4. 12 Kontrol lantai lunak arah Y

Lantai	Elevasi	Arah Y	B	(B+C+D)/3	Kont
	m	kN/m	kN/m	kN/m	
ATAP 2	30.5	19611.87	0.0	0.0	
ATAP 1	28	67658.02	13728.3	15689.5	OK
LT 9	25	79688.76	47360.6	34908.0	OK
LT 8	22	80435.35	55782.1	44522.3	OK
LT 7	19	79653.14	56304.7	60741.9	OK
LT 6	16	79734.02	55757.2	63940.6	OK
LT 5	13	82389.96	55813.8	63952.7	OK
LT 4	10	85984.38	57673.0	64473.9	OK
LT 3	7	96120.94	60189.1	66162.2	OK
LT 2	4	97452.41	67284.7	70532.1	OK
LT1	0	1878434	68216.7	74548.7	OK
BSM	-2.8	0			

Dari kontrol diatas disimpulkan struktur tidak mengalami perilaku lantai lunak.

4.4. Perencanaan struktur primer

Perencanaan struktur primer meninjau satu buah portal tipikal untuk dilakukan desain elemen struktur utama dan satu buah portal untuk desain elemen struktur SPSW. Portal yang ditinjau dalam perencanaan ini adalah portal 4 untuk elemen struktur utama dan portal 7 untuk elemen struktur SPSW.

Profil – profil yang digunakan dalam model struktur disajikan dalam tabel 4.13 dimana tersedia informasi lokasi dan profil yang digunakan pada masing – masing lokasi tersebut.

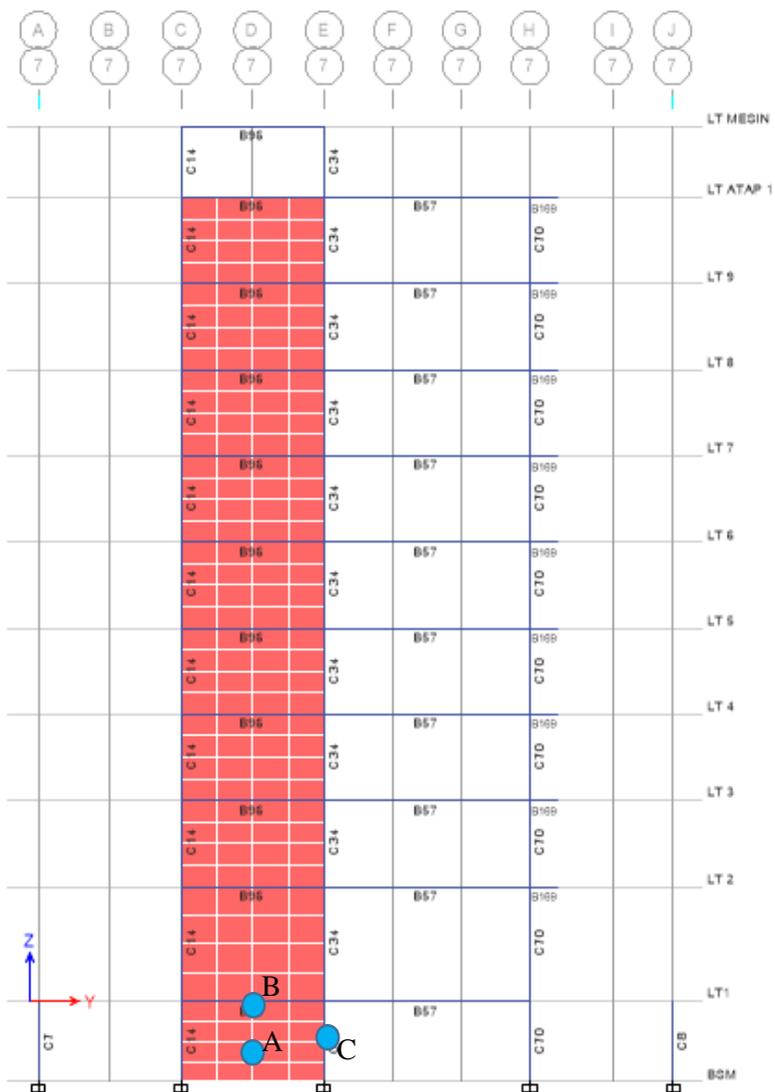
Tabel 4. 13 Pembagian elemen pada tiap lantai

No	Uraian	Profil	Keterangan
1	Balok HBE: - Lt. 1 – Lt. Atap	W400X200X9X19	Berdasarkan kap. SPSW
2	Kolom VBE: - Lt. 1 – Lt. Atap	H400X400X35X45	Berdasarkan kap. SPSW
3	Balok Induk: - Lt. 1 – Lt. 2 - Lt. 3 – Lt. Atap	W400X200X9X16 W400X200X8X13	Berdasarkan beban pada ruang
4	Kolom Struktur: - Lt.1 – Lt. 5 - Lt.6 – Lt. Atap	H300X300X24X29 H300X300X18X23	Berdasarkan beban pada ruang
5	Balok Anak: - Lt. 1 – Lt. 2 - Lt. 3 – Lt. Atap	W400X200X8X13 W350X175X7X11	Berdasarkan beban pada ruang

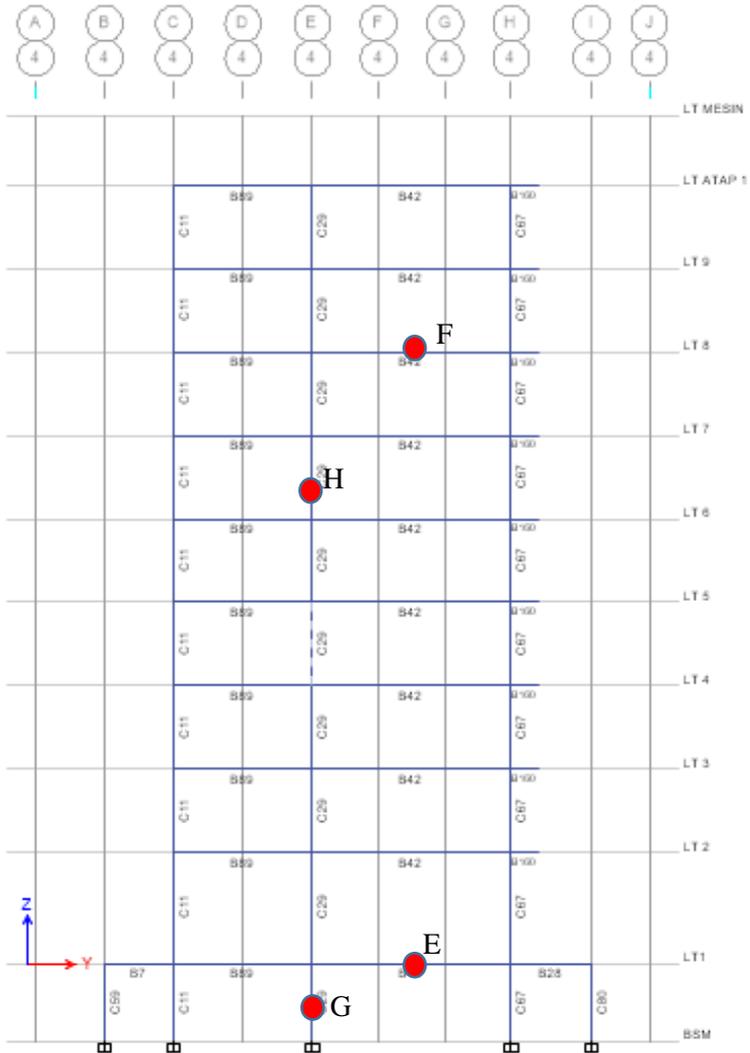
Pembagian elemen struktur diatas dilakukan berdasarkan pertimbangan teknis yaitu beban yang bekerja pada lantai yang dipikulnya. Sebagai contoh beban pada ruangan publik lebih berat daripada pada ruangan hunian sehingga alokasi profil balok yang digunakan juga berbeda.

Selain itu pada kolom dilakukan pembagian kedalam dua segmen dengan pertimbangan efisiensi dari profil yang dipakai berdasarkan alasan akumulasi beban pada lantai yang berada dibawah lebih besar sehingga memerlukan profil yang juga lebih besar.

Sedangkan pada elemen batas SPSW tidak dibuat berbeda karena desain berdasarkan kapasitas pelat SPSW yang dipasang. Gambar portal masing – masing yang ditinjau ditunjukkan dalam gambar – gambar berikut ini. Titik mengindikasikan objek yang ditinjau.



Gambar 4. 37 Portal 7 pada model ETABS

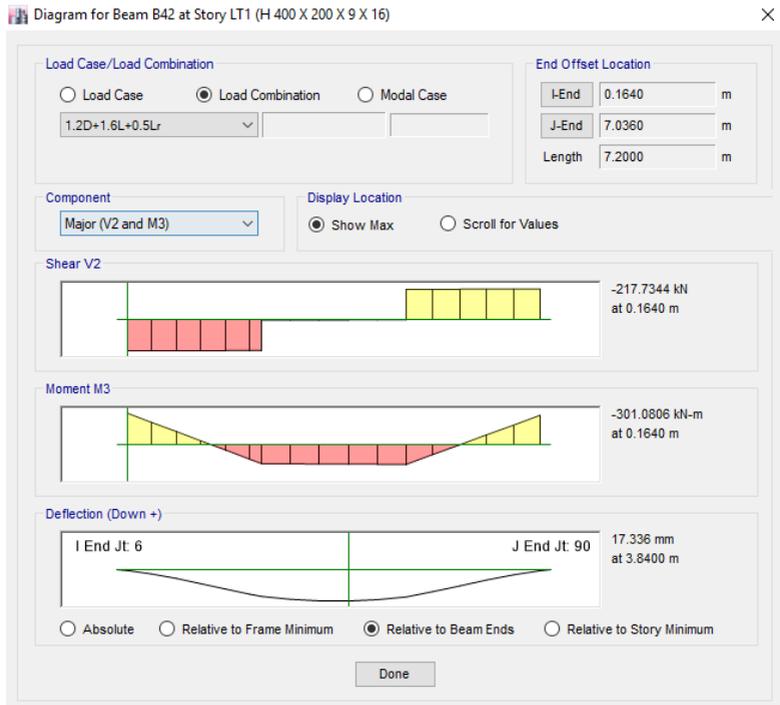


Gambar 4. 38 Portal 4 dari model ETABS

4.4.1. Perencanaan balok IWF

A. Perencanaan balok primer portal 4 lantai 1 dan 2

Berdasarkan hasil analisa struktur maka dipilih B42 Lt 1 sebagai elemen yang ditinjau. Lokasi balok yang ditinjau ditandai dengan huruf E pada gambar 4.38. Gaya – gaya ultimit yang bekerja pada elemen tersebut disajikan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 4. 39 Gaya – gaya ultimit pada balok B42

Balok Lentur WF Menurut AISC 360-10 B42LT1

Data Desain

Profil Balok	W400x200x9x16		
Bresing Lateral	<input checked="" type="checkbox"/> USE	2	buah
Panjang Terkekang		2.40	m
Kuat Leleh	$F_y =$	248	MPa
Modulus Elastisitas	$E =$	200000	MPa
Bentang Bersih	$L =$	7.2	m

Momen Ultimit	$M_{ux} =$	301.08	kNm
Geser Ultimit	$V_u =$	217.73	kN
M_{rx} Support 1 (1/4 span)	$M_{rx} =$	53.91	kNm
M_{rx} Mid	$M_{rx} =$	187.46	kNm
M_{rx} Support 2 (3/4 span)	$M_{rx} =$	63.91	kNm
Lendutan Maksimum	$f =$	17.34	mm

Properti Penampang

A	tf	b	tw	hw
98.80	1.60	20.00	0.90	36.80
ix	ly	Zx	Zy	rx
27897	2137	1564	329	16.80
ry	Sx	Sy	Cw	J
4.65	1395.00	213.70	786432	63.9



Analisis

1. PERIKSA KONDISI BALOK (AISC 341-10 D1,2b)

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{E / f_y} = 2324.316 > 2400 \text{ mm} \quad \text{[Tidak memenuhi]}$$

$$L_b = 0.086 \cdot r_y \cdot E / f_y = 3225.3 > 2400 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 6039.8 > 2400 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x} = 29.4, \quad r_{ts} = 5.42 \text{ cm} \quad \text{[BALOK INELASTIS]}$$

2. KLASIFIKASI UNTUK TEKUK LOKAL (AISC 360-10 Tab. B2.1a)

rasio ketebalan sayap

$\lambda = (b_f/2) / t_f$	=	6.25	[Kompak]
batas rasio ketebalan sayap (compact)			
$\lambda_p = 0.38 \sqrt{E / f_y}$	=	10.79	
batas rasio ketebalan sayap (slender)			
$\lambda_r = 1.0 \sqrt{E / f_y}$	=	28.40	
rasio ketebalan badan			
$\lambda = h_w / t_w$	=	40.89	[Kompak]
batas rasio ketebalan badan (compact)			
$\lambda_p = 3.76 \sqrt{E / f_y}$	=	108.78	
batas rasio ketebalan badan (slender)			
$\lambda_r = 5.70 \sqrt{E / f_y}$	=	161.87	

3. PERIKSA KAPASITAS LENTUR (AISC 360 Chapter F)

TANPA PENGARUH LTB

$\phi M_{nx} = 0.9 Z_x F_y$	=	387.897 x 0.9	=	349.1071	kNm
$\phi M_{ny} = 0.9 Z_y F_y$	=	81.5176 x 0.9	=	73.36584	kNm

AKIBAT PENGARUH LTB

Plastic $L_p > L_b$ $\phi M_{nx} = 0.9 Z_x F_y$ = - kNm

Inelastic; $L_p < L_b < L_r$

dengan C_b (faktor modifikasi Lat torsional buckling)

$$C_b = 12.5 \cdot M_{max} / (2.5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C) = 2.03$$

$$\phi M_{nx} = 0.9 \cdot C_b \{ M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_x) \cdot [(L_b - L_p) / (L_r - L_p)] \} \leq \phi M_p$$

$$= 633.1359 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{nx} = 349.1071 \text{ kNm}$$

[digunakan M_p]

Kondisi elastis tidak berlaku untuk balok SMF

Kondisi	Sumbu	M_t (kN)	ϕM_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	301.08	349	0.86

[Memenuhi]

4. KAPASITAS TERKOMBINASI TEKAN DAN LENTUR (AISC 360 H1)

$$(P_r / 2P_c) + (M_{rx} / M_{rx}) + (M_{ry} / M_{ry}) < 1$$

Kondisi	$P_r / 2P_c$	M_{rx} / M_{rx}	M_{ry} / M_{ry}	$\Sigma D/C$
Ultimit	0	0.86	0.00	0.86

[Memenuhi]

5. PERIKSA LENDUTAN MAKSIMUM (AISC 360-10 COM. L3)

Δ	=	17.3	mm
$\Delta_{max} = L / 240$	=	30.0	mm
$D/C = \Delta / \Delta_{max} < 1$	=	0.578	

[Memenuhi]

6. PERIKSA KAPASITAS GESER (AISC 360-10 G)

C_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00	
ϕ_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00	
$\phi V_n = 1 \cdot 0.6F_y \cdot A_w \cdot C_v$	=	492.83	kN

Kondisi	Axis	V_r (kN)	ϕV_n (kN)	D/C
Ultimit	Mej	217.73	493	0.44

[Memenuhi]

Dari perhitungan diatas maka disimpulkan bahwa balok H400x200x9x16 memenuhi sebagai balok induk pada lantai yang memikul ruangan dengan fungsi ruang publik yaitu lantai 1 dan lantai 2 dengan D/C ratio sebesar 0.86.

B. Perencanaan balok primer portal 4 lantai 3 s/d atap.

Berdasarkan hasil analisa struktur pada portal 4 diperoleh momen dan geser terbesar pada balok B42 LT 3 ditandai dengan huruf F pada gambar 4.38.



Gambar 4. 40 Gaya – gaya pada balok yang ditinjau

Balok Lentur WF Menurut AISC 360-10

B42 L78

Data Desain

Profil Balok

W400x200x8x13

Bresing Lateral

 USE

2 buah

Panjang Terkekang

2.40 m

Kuat Leleh

 $F_y = 248$ MPa

Modulus Elastisitas

 $E = 200000$ MPa

Bentang Bersih

 $L = 7.2$ m

Momen Ultimit

 $M_{ux} = 205.76$ kNm

Geser Ultimit

 $V_u = 182.7$ kN M_{ox} Support 1 (1/4 span) $M_{ox} = 47.84$ kNm M_{ox} Mid $M_{ox} = 112.99$ kNm M_{ox} Support 2 (3/4 span) $M_{ox} = 23.76$ kNm

Lendutan Maksimum

 $f = 12.305$ mm

Properti Penampang

A	tf	b	tw	hw
83.37	1.30	20.00	0.80	37.40
ix	ly	Zx	Zy	rx
23823	1737	1333	268	16.90
ry	Sx	Sy	Cw	J
4.66	1191.20	173.70	648999	35.9



Analisis

1. PERIKSA KONDISI BALOK (AISC 341-10 D1,2b)

$$L_o = 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{E / f_y} = 2281.244 > 2400 \text{ mm} \quad \text{[Tidak memenuhi]}$$

$$L_o = 0.086 \cdot r_y \cdot E / f_y = 3165.532 > 2400 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$L_r = 1.95 r_{1.5} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 4762.9 > 2400 \text{ mm} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x} = 28.2, \quad r_s = 5.31 \text{ cm} \quad \text{[BALOK INELASTIS]}$$

2. KLASIFIKASI UNTUK TEKUK LOKAL (AISC 360-10 Tab. B2.1a)

rasio ketebalan sayap

$\lambda = (b_f/2)/t_f$	=	7.69	[Kompak]
batas rasio ketebalan sayap (compact)			
$\lambda_p = 0.38 \sqrt{E/f_y}$	=	10.79	
batas rasio ketebalan sayap (slender)			
$\lambda_r = 1.0 \sqrt{E/f_y}$	=	28.40	
rasio ketebalan badan			
$\lambda = h_w/t_w$	=	46.75	[Kompak]
batas rasio ketebalan badan (compact)			
$\lambda_p = 3.76 \sqrt{E/f_y}$	=	106.78	
batas rasio ketebalan badan (slender)			
$\lambda_r = 5.70 \sqrt{E/f_y}$	=	161.87	

3. PERIKSA KAPASITAS LENTUR (AISC 360 Chapter F)

TANPA PENGARUH LTB

$$\phi M_{rx} = 0.9 Z_x F_y = 330.534 \times 0.9 = 297.481 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{ry} = 0.9 Z_y F_y = 66.464 \times 0.9 = 59.8176 \text{ kNm}$$

AKIBAT PENGARUH LTB

$$\text{Plastic } L_p > L_b \quad \phi M_{rx} = 0.9 Z_x F_y = - \text{ kNm}$$

Inelastic; $L_p < L_b < L_r$

dengan C_b (faktor modifikasi Lat torsional buckling)

$$C_b = 12.5 \cdot \frac{M_{max}}{(2.5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C)} = 2.18$$

$$\phi M_{rx} = 0.9 \cdot C_b \{M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_x) \cdot [(L_b - L_p)/(L_r - L_p)]\} \leq \phi M_p = 574.4888 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{rx} = 297.481 \text{ kNm}$$

[digunakan M_p]

Kondisi elastis tidak berlaku untuk balok SMF

Kondisi	Sumbu	M_i (kN)	ϕM_{ri} (kN)	D/C
Ultimit	Maj	205.76	297	0.69

[Memenuhi]

4. KAPASITAS TERKOMBINASI TEKAN DAN LENTUR (AISC 360 H1)

$$(P_r / 2P_c) + (M_{rx} / M_{rx}) + (M_{ry} / M_{ry}) < 1$$

Kondisi	$P_r / 2P_c$	M_{rx} / M_{rx}	M_{ry} / M_{ry}	$\Sigma D/C$
Ultimit	0	0.69	0.00	0.69

[Memenuhi]

5. PERIKSA LENDUTAN MAKSIMUM (AISC 360-10 COM. L3)

$$\Delta = 12.3 \text{ mm}$$

$$\Delta_{max} = L / 240 = 30.0 \text{ mm}$$

$$D/C = \Delta / \Delta_{max} < 1 = 0.410$$

[Memenuhi]

6. PERIKSA KAPASITAS GESER (AISC 360-10 G)			
C_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00	
ϕ_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00	
$\phi V_n = 1 \cdot 0.8F_y \cdot A_w \cdot C_v$	=	445.21	kN

Kondisi	Axis	V_r (kN)	ϕV_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	182.70	445	0.41

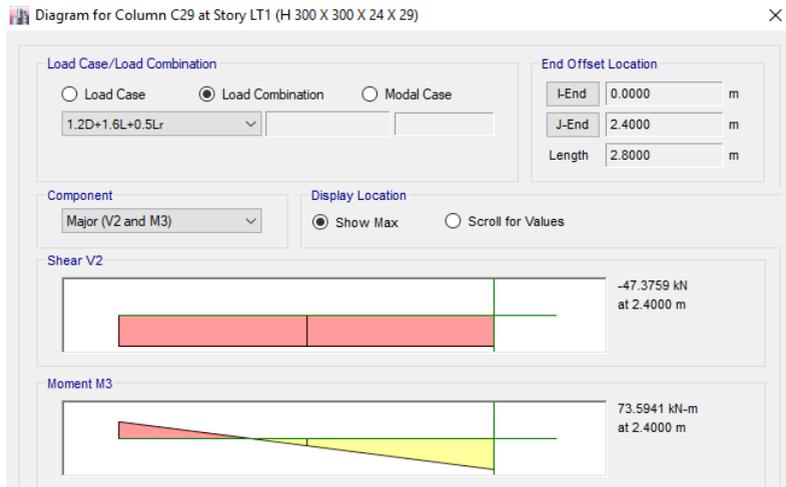
[Memenuhi]

Maka balok H400x200x8x13 memenuhi sebagai balok induk pada lantai yang memikul ruangan dengan fungsi hunian yaitu lantai 3 s/d lantai atap dengan D/C ratio sebesar 0.69.

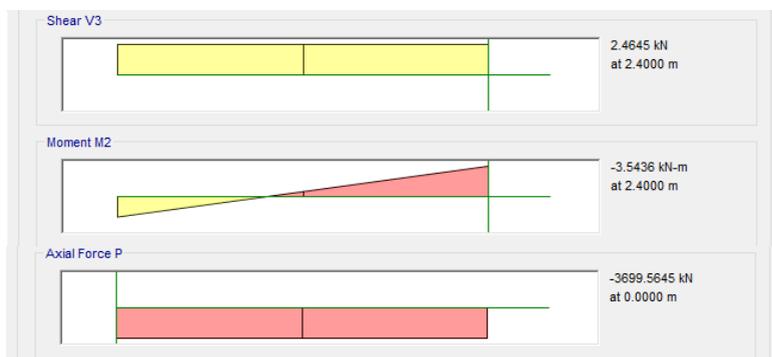
4.4.2. Perencanaan kolom IWF

A. Kolom lantai 1 s/d lantai 5

Desain kolom lt 1 s/d 5 dipilih C29 pada portal 4 ditantai dengan huruf G pada gambar 4.38. Berikut adalah gaya – gaya yang bekerja pada kolom tersebut.



Gambar 4. 41 Gaya – gaya pada kolom yang ditinjau



Gambar 4. 42 Gaya – gaya pada kolom yang ditinjau (lanjutan)

Elemen Tekan dan Lentur WF dengan AISC 360-10 C29 LT1

Data - data perencanaan

Kuat Leleh	$F_y =$	248	MPa
Modulus Elastisitas	$E =$	200000	MPa
Tinggi Kolom	$H =$	2.8	m
F. Kekakuan = 1 untuk DAM	$K_x =$	1	
(DAM = Direct Analysis Method)	$K_y =$	1	

Beban Aksial	$P =$	3699.56	kN
Momen arah X (Sumbu 33)	$M_{rx} =$	73.59	kNm
Momen arah Y (Sumbu 22)	$M_{ry} =$	3.54	kNm
Gaya geser	$V_u =$	47.38	kN

Penampang

W300x300x24x29

PROPERTI PENAMPANG

A	tf	bf	d	tw	hw
lx	ly	Zx	Zy	rx	ry
253.30	2.90	32.20	32.80	2.40	27.00
46103	16171.8	3251.70	1544.90	13.49	7.99

Analisis

1. Klasifikasi Penampang (AISC 341-10 TABEL D1.1)

Sayap

$$b/t = 5.55$$

$$b/t_{max} = 0.3 (E / F_y)^{0.5} = 8.52$$

[Memenuhi]

Badan				
htw	=	11.25		
$1.49 (E / F_y)^{0.5}$	=	42.31		
				[Memenuhi]
Periksa Kekompakan				
$KL / r \leq 4.71 (E / F_y)^{0.5} =$		20.75	<	133.76
				[Memenuhi]
				[Seismically Compact]
$F_{effective}$				
$F_o = (\pi^2 E) / (KL/r)^2$	=	4577.87	MPa	
$F_{critical}$				
$F_{cr} = [0.658^{F_y/F_o}] F_y$	=	242.44	MPa	

2. Kapasitas Penampang (AISC 360 H 1)

Dengan	$KL_x =$	2.8	m	
	$KL_y =$	2.8	m	
(AISC 360 - 10 E2)				
$(KL / r)_{max} =$		21	<	200
				[Memenuhi]
(AISC 360 Chapter E)				
$P_c = P_n \times \phi_c$	6141	x 0.9 =	5526.90514	Kn
D/C RATIO		=	0.67	
				[Memenuhi]
(AISC 360 Chapter F)				
$M_{cx} = M_n \times \phi_b =$	806.4216	x 0.9 =	725.78	kNm
D/C RATIO		=	0.101	
				[Memenuhi]
$M_{cy} = M_n \times \phi_b =$	383.1352	x 0.9 =	344.82	kNm
D/C RATIO		=	0.010	
				[Memenuhi]

3. Kapasitas Terkombinasi Tekan dan Lentur (AISC 360 H 1)

$$\left[\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \right], \text{ for } \frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 = 0.77$$

[Memenuhi]

4. PERIKSA KAPASITAS GESER (AISC 360-10 G)

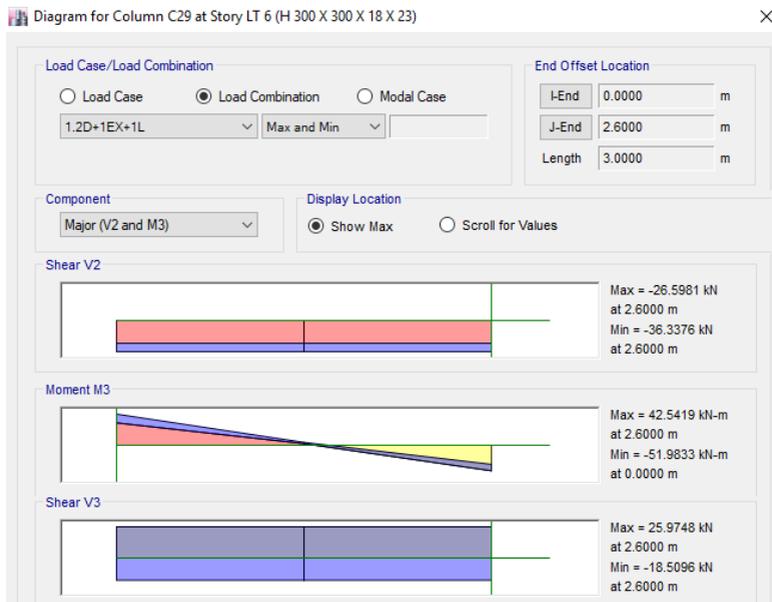
C_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00
ϕ_v (AISC Spec G2.1)	=	1.00
$\phi V_n = 1 \cdot 0.6F_y \cdot A_w \cdot C_v$	=	1171.35 kN

Kondisi	Axis	V_r (kN)	ϕV_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	47.38	1171	0.04

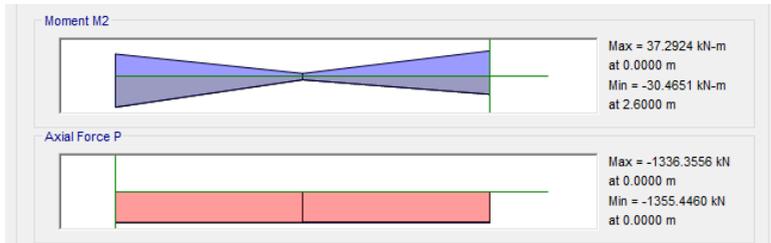
Dari perhitungan maka disimpulkan kolom H300x300x24x29 **Memenuhi** semua persyaratan dan dapat digunakan sebagai kolom utama lantai 1 s/d lantai 5 dengan D/C ratio sebesar 0.77.

B. Kolom lantai 6 s/d lantai Atap

Berdasarkan data beban aksial pada kolom di portal 4 maka diambil kolom C29 lantai 6 ditandai oleh huruf H pada gambar 4.38. Gaya yang bekerja pada kolom C29 lantai 1 adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 43 Gaya – gaya pada kolom yang ditinjau



Gambar 4. 44 Gaya – gaya pada kolom yang ditinjau (lanjutan)

Elemen Tekan dan Lentur WF dengan AISC 360-10	C29 LT6
--	----------------

Data - data perencanaan

Kuat Leleh	$F_y =$	248	MPa
Modulus Elastisitas	$E =$	200000	MPa
Tinggi Kolom	$H =$	3	m
F. Kekakuan = 1 untuk DAM (DAM = Direct Analysis Method)	$K_x =$	1	
	$K_y =$	1	
Beban Aksial	$P =$	1336.35	kN
Momen arah X (Sumbu 33)	$M_{rx} =$	42.54	kNm
Momen arah Y (Sumbu 22)	$M_{ry} =$	37.3	kNm
Gaya geser	$V_u =$	26.59	kN

Penampang

W300x300x18x23

PROPERTI PENAMPANG

A	tf	bf	d	tw	hw
195.70	2.30	31.60	31.60	1.80	27.00
lx	ly	Zx	Zy	rx	ry
34508	12111.6	2479.90	1172.30	13.28	7.87

Analisis

1. Klasifikasi Penampang (AISC 341-10 TABEL D1.1)

Sayap

$$b/t = 6.87$$

$$b/t_{max} = 0.3 (E / F_y)^{0.5} = 8.52$$

[Memenuhi]

Badan

$$h/t_w = 15.00$$

$$1.49 (E / F_y)^{0.5} = 42.31$$

[Memenuhi]

Periksa Kekompakan
 $KL / r \leq 4.71 (E / F_y)^{0.5} =$ 22.59 < 133.76
[Memenuhi]
[Seismically Compact]

$$F_{\text{effective}} = (\pi^2 E) / (KL/r)^2 = 3863.44 \text{ MPa}$$

$$F_{\text{critical}} = [0.658^{F_y/F_{\text{effective}}}] F_y = 241.43 \text{ MPa}$$

2. Kapasitas Penampang (AISC 360 H 1)

Dengan $KL_x = 3 \text{ m}$
 $KL_y = 3 \text{ m}$

(AISC 360 - 10 E2)

$$(KL / r)_{\text{max}} = 23 < 200 \quad \text{[Memenuhi]}$$

(AISC 360 Chapter E)

$$P_c = P_n \times \phi_c = 4725 \times 0.9 = 4252.22927 \text{ Kn}$$

$$D/C \text{ RATIO} = 0.31 \quad \text{[Memenuhi]}$$

(AISC 360 Chapter F)

$$M_{cx} = M_n \times \phi_b = 615.0152 \times 0.9 = 553.51 \text{ kNm}$$

$$D/C \text{ RATIO} = 0.077 \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$M_{cy} = M_n \times \phi_b = 290.7304 \times 0.9 = 261.66 \text{ kNm}$$

$$D/C \text{ RATIO} = 0.143 \quad \text{[Memenuhi]}$$

3. Kapasitas Terkombinasi Tekan dan Lentur (AISC 360 H 1)

$$\left[\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \right], \text{ for } \frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 = 0.51 \quad \text{[Memenuhi]}$$

4. PERIKSA KAPASITAS GESER (AISC 360-10 G)

$$C_v \text{ (AISC Spec G2.1)} = 1.00$$

$$\phi_v \text{ (AISC Spec G2.1)} = 1.00$$

$$\phi V_n = 1.0 \cdot 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v = 848.37 \text{ kN}$$

Kondisi	Axis	V_r (kN)	ϕV_n (kN)	D/C
Ultimit	Mej	28.59	848	0.03

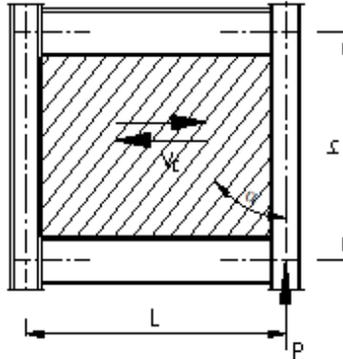
Dari perhitungan maka disimpulkan kolom H300x300x18x23 **Memenuhi** semua persyaratan dan dapat digunakan sebagai kolom utama lantai 6 s/d lantai Atap dengan D/C ratio sebesar 0.51.

4.4.3. Perencanaan Steel Plate Shear Wall (SPSW)

Perencanaan *steel plate shear wall* meliputi perencanaan *web plate* (plat badan dari spsw), HBE (elemen batas horizontal, balok), VBE (elemen batas vertikal, kolom), serta sambungan antara *web plate* dan elemen – elemen batasnya. Elemen yang didesain ditandai dengan huruf A, B dan C pada gambar 4.37.

Pada prinsipnya perencanaan elemen batas menggunakan konsep desain kapasitas dengan acuan desain adalah kapasitas *web plate* dari spsw tersebut. Perhitungan adalah sebagai berikut :

Desain SPSW dengan AISC 341-10 & AISC 360-10



Data Perencanaan

Elemen batas vertikal, VBE

W400x400x35x45

A	d	t_w	b_f	t_f
509.6	44.8	3.50	42.20	4.50
S_x	I_x	I_y	r_x	r_y
7571.6	169604	56516	18.24	10.53
Z_x	Z_y			
8853	4127			

Elemen batas horizontal, HBE

W400x200x9x19

A	d	h_w	t_w	b_f
110.3	40.0	36.2	0.90	20.00
t_f	S_x	S_y	I_x	I_y
1.90	1584.8	253.7	31696	2536.7
r_x	r_y	Z_x	Z_y	C_w
16.95	4.80	1773	389	919353
J				
100.7				

Profil T (Untuk Samb. Ke Sloof)

W400x200x8x13

A	d	h_w	t_w	b_f
83.37	40.0	18.7	0.80	20.00
t_f				
1.30				

Modulus Plastis RBS		$Z_{RBS} =$	1193.58	cm ³
Kuat Leleh		$F_y =$	248	Mpa
Gaya Geser Pada Lantai		$V_E =$	1462.712	kN
Pu pada VBE		$P_u =$	3699.56	kN
Pu pada HBE		$P_u =$	42.19	kN
Panjang Balok		$L =$	5	m
		$L_{cf} =$	4.552	m
Jarak muka kolom ke sendi		$S_h =$	0.24	m
Jarak antar sendi plastis		$L_h =$	4.52	m
Tebal Pelat Badan		$t_w =$	4	mm
Tinggi Lantai	h_1	$h =$	2.8	m
n lantai		$h_c =$	2.4	m
	h_2	$h_{n+1} =$	4	m
n lantai		$h_{c_{n+1}} =$	3.6	m
	h_3	$h_{n+2} =$	3	m
n lantai		$h_{c_{n+2}} =$	2.6	m
Mutu Las		$F_{EXX} =$	70	ksi
		$F_{EXX} =$	482.3	Mpa
Diameter Angkur		$db =$	32	mm
		$A =$	803.84	mm ²

Tepi dalam ke ujung tekuk	eh =	144	mm
Kuat Tarik Angkur (SS400)	Fu =	400	Mpa
Jarak Antar Angkur	S =	250	mm

Analisa

1. Periksa Kuat Geser Pelat Badan (AISC 341 F5.5b)

$$\alpha = \text{ATAN} \left(\frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360I_c L} \right)} \right) =$$

sudut °	Keterangan
41.0	h1
41.6	h2
40.7	h3
40.8	Rata2

$$\phi V_n = \phi (0.42 F_y t_w L_c \text{ SIN } 2\alpha) = \quad 1876.22 \quad \text{kN}$$

$$1876.22 > 1462.7 \text{ kN} \quad \text{[Memenuhi]}$$

0.78

2. Periksa Kekakuan HBE dan VBE (AISC 341-10 F5.4a)

$I_c > 0.0031 T_w h^4 / L$	=	9037.8	
	<	169604	cm ³
			[Memenuhi]
$I_b > 0.0031 \Delta T_w L^4 / h$	=	0.0	
	<	31696	cm ³
			[Memenuhi]

3. Perhitungan Beban Desain HBE

Kuat perlu akibat selisih tebal pelat badan Δt_w

$$W_u = R_y F_y [t_{\text{bot}} \cos^2 \alpha_{\text{bot}} - t_{\text{top}} \cos^2 \alpha_{\text{top}}]$$

$$= 0 \quad \text{kN/m}$$

Dari balok anak

$$P_u \text{ balok anak} = 42.19 \quad \text{kN}$$

$$M_u = W_u L^2 / 8 + R1 L = 105.475 \quad \text{kNm}$$

a. Gaya aksial desain pada HBE

Akibat pelat badan melalui VBE

$$P_{\text{HBE (VBE)}} = \Sigma 1/2 R_y \cdot F_y \cdot \text{Sin}^2 \alpha \cdot t_w \cdot h_c$$

$$= 1651.927 \quad \text{kN}$$

Akibat selisih tebal pelat badan

$$P_{\text{HBE (WEB)}} = 1/2 R_y \cdot F_y \cdot [t_1 \text{ Sin } (2\alpha_1) + t_{r+1} \text{ Sin } (2\alpha_{r+1})] L_c$$

$$= 0 \quad \text{kN}$$

b. Gaya aksial desain HBE ke VBE

Gaya pada hubungan sebelah kiri

$$P_u = P_{HBE (VBE)} + 0.5 P_{HBE (WEB)} = 1651.93 \text{ kN}$$

Gaya pada hubungan sebelah kanan

$$P_u = P_{HBE (VBE)} - 0.5 P_{HBE (WEB)} = 1651.93 \text{ kN}$$

c. Gaya lentur desain HBE

Kuat lentur probabilitas balok (dengan RBS)

$$M_{pr} = 1.1 R_y \cdot F_y \cdot Z_{rbs} = 488.41 \text{ kNm}$$

Reduksi kuat lentur pada sendi plastis

$$P_y = F_y \cdot A_g = 2735.44 \text{ kN}$$

Pada sisi kiri HBE

$$P_u / P_y = 0.604 > 0.2$$

$$M_{pr}^* = 9/8 [1.1 R_y \cdot F_y \cdot Z_{rbs}] [1 - (P_{uHBE} / P_y)] = 217.64 \text{ kNm}$$

Pada sisi kanan HBE

$$P_u / P_y = 0.604 > 0.2$$

$$M_{pr}^* = 9/8 [1.1 R_y \cdot F_y \cdot Z_{rbs}] [1 - (P_{uHBE} / P_y)] = 217.64 \text{ kNm}$$

Geser ultimit pada HBE

$$V_u = (M_{pr \text{ left}} + M_{pr \text{ right}}) / L_h = 96.30 \text{ kN}$$

Rangkuman beban HBE

Beban pada elemen HBE

P_u	=	1651.93	kN
V_u	=	96.30	kN
M_u	=	105.48	kNm

Beban pada sambungan HBE ke VBE

P_u	=	1651.93	kN
V_u	=	96.30	kN
M_u	=	217.64	kNm

4. Perhitungan Beban Desain VBE

Desain VBE menggunakan asumsi beban kapasitas SP SW

+ beban service VBE sendiri

Beban aksial pada VBE

$$P_u \text{ (Beban service ETABS)} = 3699.56 \quad \text{kN}$$

$$E_m = \Sigma 1/2 R_y F_y \sin(2\alpha) t_w h + \Sigma V_u$$

$$E_m = 4019.93 \quad \text{kN}$$

$$P_u \text{ total} = 7719.49 \quad \text{kN}$$

Beban momen pada VBE

$$M_{VBE(\text{web})} = R_y F_y \sin^2(\alpha) t_w (h_c^2/12)$$

$$M_{VBE(\text{web})} = 359.75 \quad \text{kNm}$$

$$M_{pr \text{ RBS balok di sisi lawan}} = 488.41 \quad \text{kNm}$$

$$M_{pr \text{ samb HBE-VBE}} = 217.64 \quad \text{kNm}$$

$$M_{VBE(\text{HBE})} = 1/2 \Sigma M_{pb}^* / 1.1 R_y = 427.91 \quad \text{kNm}$$

$$V_{VBE(\text{web})} = 1/2 R_y \cdot F_y \cdot \sin^2 \alpha t_w h_c$$

$$V_{VBE(\text{web})} = 1321.54 \quad \text{kN}$$

$$V_{VBE(\text{HBE})} = \Sigma 1/2 M_{pb}^* / hc = 294.19 \quad \text{kN}$$

*Rangkuman beban VBE**Beban pada elemen VBE*

Pu	=	7719.49	kN
Vu	=	1615.73	kN
Mu	=	787.67	kNm

5. Perhitungan Sambungan Las Pada Elemen Batas

$$W_{(\text{HBE})} = R_y F_y \cos \alpha t_w (2)^{0.5} / (\phi 0.6 F_{EXX} [1+0.5 \cos^{1.5} \alpha])$$

$$= 4.8 \quad \text{mm}$$

$$W_{(\text{VBE})} = R_y F_y \sin \alpha t_w (2)^{0.5} / (\phi 0.6 F_{EXX} [1+0.5 \sin^{1.5} \alpha])$$

$$= 4.3 \quad \text{mm}$$

$$\text{Tebal las ke HBE (satu sisi)} = 2.4 \quad \text{mm}$$

$$\text{Tebal las ke VBE (satu sisi)} = 2.2 \quad \text{mm}$$

6. Perhitungan Sambungan Pada Fondasi (ACI318M-11)

Kuat angkur terhadap geser (D.29)

$$V_u = 1/2 R_y F_y \sin(2\alpha) t_w s = 79.74 \quad \text{kN/angkur}$$

$$V = \phi 0.6 A_n b \cdot F_u = 125.40 \quad \text{kN/angkur}$$

$$D/C \text{ ratio} = 0.64 \quad \text{[Memenuhi]}$$

Kuat angkur terhadap tarik (D.2)

$N_u = R_y F_y \cos(\alpha)^2 t_w s$	=	92.37	kN/angkur
$N = \phi A_n b \cdot F_u$	=	241.15	kN/angkur
D/C ratio	=	0.38	[Memenuhi]
Interaksi geser dan tarik (D.42)			
D/C geser + D/C tarik < 1.2	=	1.02	[Memenuhi]
Kuat cabut angkur (D.15)			
$N_p = 0.9 f_c' e_n da$	=	124.42	kN/angkur
D/C ratio	=	0.64	[Memenuhi]

Dari beban yang telah dihitung pada tahap 3 maka dapat dihitung kekuatan dari HBE untuk memikul beban yang ada. Perhitungan elemen HBE adalah sebagai berikut.

Elemen Tekan dan Lentur WF dengan AISC 360-10		HBE			
Data - data perencanaan					
Kuat Leleh	$F_y =$	248 MPa			
Modulus Elastisitas	$E =$	200000 MPa			
Tinggi Kolom	$H =$	5 m			
F. Kekakuan = 1 untuk DAM (DAM = Direct Analysis Method)	$K_x =$ $K_y =$	1			
Beban Aksial	$P =$	1651.93 kN			
Momen arah X (Sumbu 33)	$M_{rx} =$	105.48 kNm			
Momen arah Y (Sumbu 22)	$M_{ry} =$	0 kNm			
Gaya geser	$V_u =$	96.30 kN			
Penampang	W400x200x9x19				
PROPERTI PENAMPANG					
A	tf	bf	d	tw	hw
110.30	1.90	20.00	40.00	0.90	36.20
I_x	I_y	Z_x	Z_y	r_x	r_y
31696	2536.7	1772.70	388.60	16.95	4.80

Analisis

1. Klasifikasi Penampang (AISC 341-10 TABEL D1.1)

Sayap

$$b/t = 5.26$$

$$b/t_{max} = 0.3 (E / F_y)^{0.5} = 8.52$$

[Memenuhi]

$$\begin{aligned} \text{Badan} & \\ h/tw & = 40.22 \\ 1.49 (E/F_y)^{0.5} & = 42.31 \end{aligned} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$\begin{aligned} \text{Periksa Kekompakan} & \\ KL/r \leq 4.71 (E/F_y)^{0.5} & = 29.50 < 133.76 \\ & \text{[Memenuhi]} \\ & \text{[Seismically Compact]} \end{aligned}$$

$$F_{\text{effective}} \\ F_{\phi} = (\pi^2 E) / (KL/r)^2 = 2286.61 \text{ MPa}$$

$$F_{\text{critical}} \\ F_{cr} = [0.658^{F_y/F_{\phi}}] F_y = 236.90 \text{ MPa}$$

2. Kapasitas Penampang (AISC 360 H1)

$$\begin{aligned} \text{Dengan } KL_x & = 5 \text{ m} \\ KL_y & = 5 \text{ m} \end{aligned}$$

(AISC 360 - 10 E2)

$$(KL/r)_{\text{max}} = 29 < 200 \quad \text{[Memenuhi]}$$

(AISC 360 Chapter E)

$$\begin{aligned} P_c & = P_n \times \phi_c = 2813 \times 0.9 = 2351.69493 \text{ Kn} \\ D/C \text{ RATIO} & = 0.70 \end{aligned} \quad \text{[Memenuhi]}$$

(AISC 360 Chapter F)

$$\begin{aligned} M_{\phi} & = M_n \times \phi_b = 439.6296 \times 0.9 = 395.67 \text{ kNm} \\ D/C \text{ RATIO} & = 0.267 \end{aligned} \quad \text{[Memenuhi]}$$

$$\begin{aligned} M_{\phi} & = M_n \times \phi_b = 96.3728 \times 0.9 = 86.74 \text{ kNm} \\ D/C \text{ RATIO} & = 0.000 \end{aligned} \quad \text{[Memenuhi]}$$

3. Kapasitas Terkombinasi Tekan dan Lentur (AISC 360 H1)

$$\left[\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \right], \text{ for } \frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 = 0.94 \quad \text{[Memenuhi]}$$

4. PERIKSA KAPASITAS GESER (AISC 360-10 G)

$$\begin{aligned} C_v \text{ (AISC Spec G2.1)} & = 1.00 \\ \phi_v \text{ (AISC Spec G2.1)} & = 1.00 \\ \phi V_n = 1 \cdot 0.8F_y \cdot A_w \cdot C_v & = 535.68 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kondisi	Axis	V_r (kN)	ϕV_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	96.30	536	0.18

Dari perhitungan diatas disimpulkan H400x200x9x19 dengan mutu baja A36 (248 MPa) dapat digunakan sebagai HBE pada sistem SPSW.

Dari beban yang telah dihitung pada tahap 4 maka dapat dihitung kekuatan dari VBE untuk memikul beban yang ada. Perhitungan elemen VBE adalah sebagai berikut.

Elemen Tekan dan Lentur WF dengan AISC 360-10		VBE
Data - data perencanaan		
Kuat Leleh	$F_y =$	344.74 MPa
Modulus Elastisitas	$E =$	200000 MPa
Tinggi Kolom	$H =$	3 m
F. Kekakuan = 1 untuk DAM (DAM = Direct Analysis Method)	$K_x =$ $K_y =$	1 1
Beban Aksial	$P =$	7719.49 kN
Momen arah X (Sumbu 33)	$M_{rx} =$	787.67 kNm
Momen arah Y (Sumbu 22)	$M_{ry} =$	0 kNm
Gaya geser	$V_{ur} =$	1615.73 kN
Penampang	W400x400x35x45	
PROPERTI PENAMPANG		
A	tf	bf
509.60	4.50	42.20
d	tw	hw
44.80	3.50	35.80
I_x	I_y	Z_x
16960.4	56515.8	8853.40
Z_y	r_x	r_y
4126.80	18.24	10.53
Analisis		
1. Klasifikasi Penampang (AISC 341-10 TABEL D1.1)		
Sayap		
b/t	=	4.69
$b/t_{max} = 0.3 (E / F_y)^{0.5}$	=	7.23
		[Memenuhi]
Badan		
h/tw	=	10.23
$1.49 (E / F_y)^{0.5}$	=	35.89
		[Memenuhi]
Periksa Kekompakan		
$KL / r \leq 4.71 (E / F_y)^{0.5} =$	16.44	< 113.45
		[Memenuhi]
		[Seismically Compact]

$$F_{\text{effective}}$$

$$F_o = (\pi^2 E) / (KL/r)^2 = 7292.11 \text{ MPa}$$

$$F_{\text{critical}}$$

$$F_{cr} = [0.658^{F_y/F_o}] F_y = 337.99 \text{ MPa}$$

2. Kapasitas Penampang (AISC 360 H1)

Dengan $KL_x = 3 \text{ m}$
 $KL_y = 3 \text{ m}$

(AISC 360 - 10 E2)
 $(KL/r)_{\text{max}} = 16 < 200$ **[Memenuhi]**

(AISC 360 Chapter E)
 $P_c = P_n \times \phi_c = 17224 \times 0.9 = 15501.3707 \text{ kN}$
 D/C RATIO = 0.50 **[Memenuhi]**

(AISC 360 Chapter F)
 $M_{ox} = M_n \times \phi_b = 3052.12112 \times 0.9 = 2746.91 \text{ kNm}$
 D/C RATIO = 0.287 **[Memenuhi]**

$M_{oy} = M_n \times \phi_b = 1422.67303 \times 0.9 = 1280.41 \text{ kNm}$
 D/C RATIO = 0.000 **[Memenuhi]**

3. Kapasitas Terkombinasi Tekan dan Lentur (AISC 360 H1)

$$\left[\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \right], \text{ for } \frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 = 0.75$$

[Memenuhi]

4. PERIKSA KAPASITAS GESER (AISC 360-10 G)

$$C_v \text{ (AISC Spec G2.1)} = 1.00$$

$$\phi_v \text{ (AISC Spec G2.1)} = 1.00$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 0.6 F_y \cdot A_w \cdot C_v = 3243.31 \text{ kN}$$

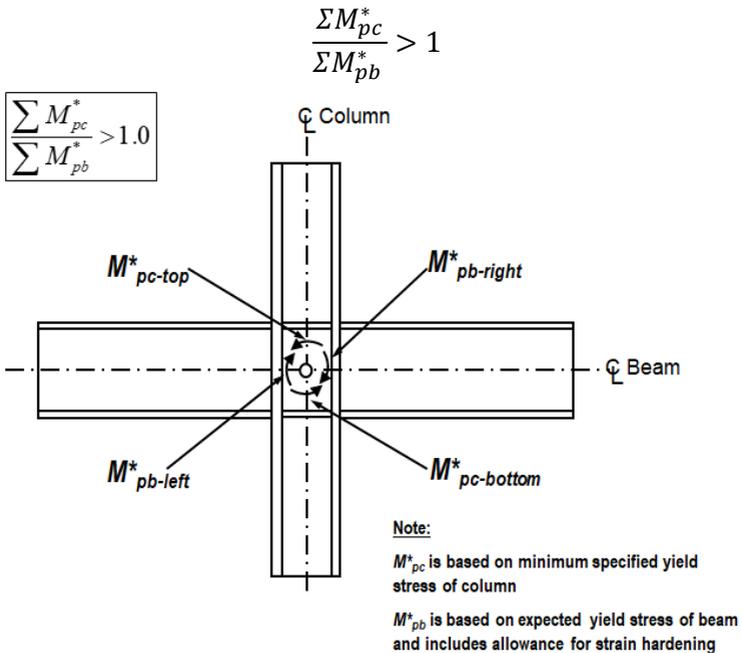
Kondisi	Axis	V _r (kN)	ϕV_n (kN)	D/C
Ultimit	Maj	1615.73	3243	0.50

Dari perhitungan diatas disimpulkan H400x400x35x45 dengan mutu baja A529 Gr. 50 (344.7 MPa) dapat digunakan sebagai VBE pada sistem SPSW.

4.4.4. Kontrol *Strong Column Weak Beam*

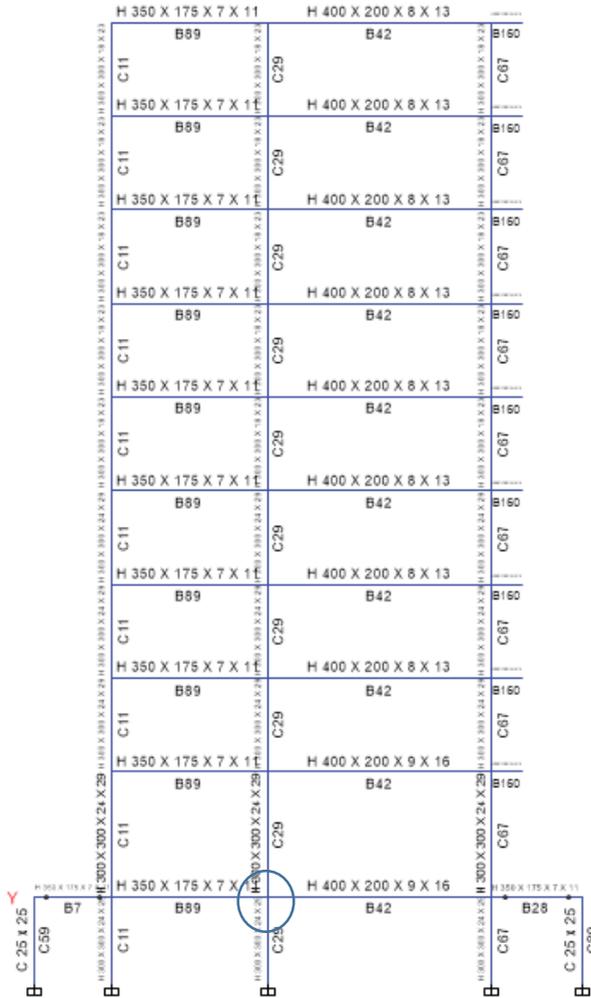
Suatu hubungan balok kolom harus dikontrol rasio kekuatan kolom dan balok – balok yang saling berhubungan untuk memastikan terjadinya perilaku *strong column weak beam* atau balok lemah kolom kuat sehingga keruntuhan tidak terjadi pada kolom terlebih dahulu melainkan pada sendi – sendi plastis balok.

Hubungan dari balok dan kolom harus memenuhi formula :



Gambar 4. 45 Gaya – gaya pada hubungan balok kolom

Kontrol kolom kuat balok lemah dilakukan pada hubungan dibawah ini :



Gambar 4. 46 Lokasi hub. yang ditinjau

Strong Column Weak Beam (AISC 341-10 E3 4a)

 $M_{pr} = M_n$

$$F_y = 248 \text{ MPa}$$

$$= 24.8 \text{ kN/cm}^2$$



Sumbu yang diperiksa

Balok 1 W400x200x8x13 **B89 LT1**

$Z_b = 1332.8 \text{ cm}^3$

$A_g = 83.37 \text{ cm}^2$

Balok 2 W400x200x9x16 **B42 LT1**

$Z_b = 1564.1 \text{ cm}^3$

$A_g = 98.8 \text{ cm}^2$

Kolom 1 W300x300x24x29 **C29 LT1**

$P_{uc} = 3112.05 \text{ kN}$

$Z_c = 3251.7 \text{ cm}^3$

$A_g = 253.3 \text{ cm}^2$

Kolom 2 W300x300x24x29 **C29 LT2**

$P_{uc} = 2677.62 \text{ kN}$

$Z_c = 3251.7 \text{ cm}^3$

$A_g = 253.3 \text{ cm}^2$

Kolom Atas (AISC 341-10 Formula E3-2a)

$$\Sigma M^*_{pc} = \Sigma Z_c (F_{yc} - P_{uc}/A_g)$$

$$\Sigma M_{pc} = 462.7 \text{ kNm}$$

Kolom Bawah (AISC 341-10 Formula E3-2a)

$$\Sigma M^*_{pc} = \Sigma Z_c (F_{yc} - P_{uc}/A_g)$$

$$\Sigma M_{pc} = 406.9 \text{ kNm}$$

Balok Kiri

$$\Sigma M^*_{pb} = \Sigma Z_{rbs} F_{yc}$$

$$\Sigma M_{pb} = 330.5 \text{ kNm}$$

Balok Kanan

$$\Sigma M^*_{pb} = \Sigma Z_{rbs} F_{yc}$$

$$\Sigma M_{pb} = 387.9 \text{ kNm}$$

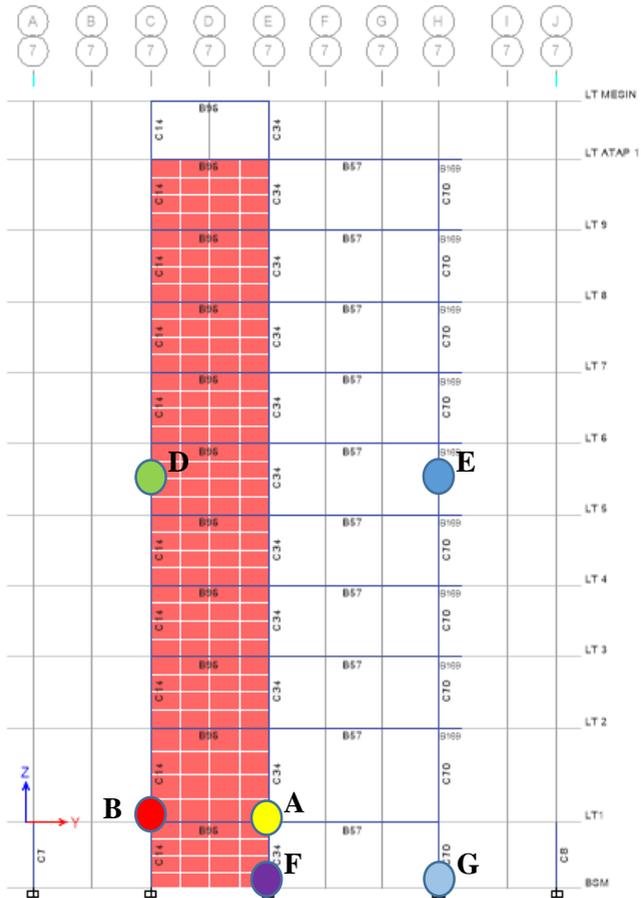
Kontrol

$$\Sigma M^*_{pc} / \Sigma M^*_{pb} \quad 1.21 \quad > 1 \quad \text{[Memenuhi]}$$

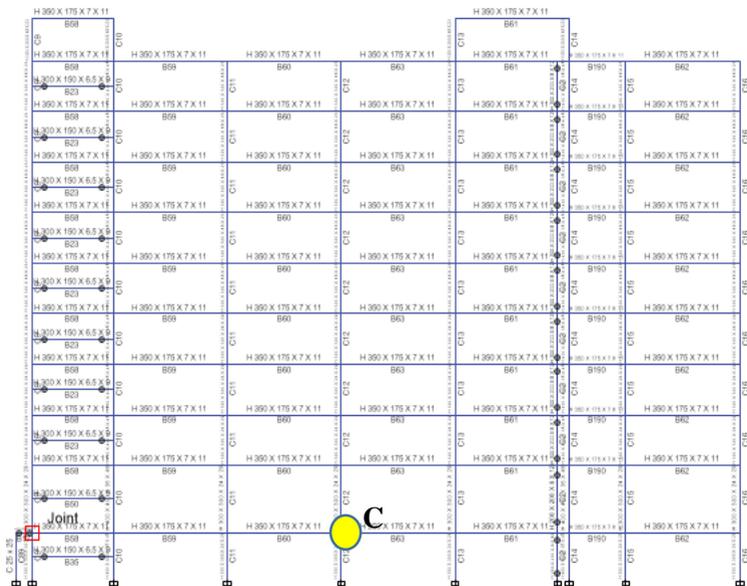
Dari kontrol diatas dapat disimpulkan bahwa kolom 300x300x24x29 yang memikul balok 400x200x9x16 dan 400x200x8x13 memenuhi kontrol *strong column weak beam*.

4.5. Perencanaan sambungan

Pada perencanaan sambungan akan ditinjau beban – beban maksimum yang bekerja pada macam – macam sambungan sebagai dasar desain dari sambungan tersebut. Sambungan – sambungan yang akan didesain ditunjukkan dalam gambar – gambar berikut ditandai dengan lingkaran.



Gambar 4. 47 Lokasi sambungan (portal 7)



Gambar 4. 48 Letak sambungan (portal C)

4.5.1. Sambungan geser balok anak ke balok induk

1) Sambungan geser balok – balok LT 1 dan LT 2

Sambungan geser balok – balok perhitungan ini akan ditinjau sambungan antara balok anak W400x200x8x13 pada sebuah balok induk W400x200x9x16. Seperti diketahui gaya geser pada tumpuan adalah sebesar $V_u = 112.34$ kN.

Sambungan geser balok ke balok AISC 360-10				
Data - data perencanaan			LT1 DAN 2	
Penampang balok anak			W400x200x8x13	
d	t_w	t_f	k	b_f
40.0	0.8	1.3	2.90	20
Z_x				
1333				
Penampang balok induk			W400x200x9x16	
d	t_w	t_f	k	b_f
40.0	0.9	1.6	2.90	20
Z_x				
1564				
Gaya aksial vertikal		$P =$	0.00	kN
Geser		$V =$	112.34	kN
Kuat leleh		$F_y =$	248.00	MPa
Kuat tarik		$F_u =$	400.00	MPa
Diameter baut		$\phi =$	20	mm
Mutu baut		ASTM =	A490	
Diameter lubang		$Dh =$	22.00	mm
Jarak antar baut		$S =$	121.00	mm
S minimum : 3d	60	mm, maka :	[Memenuhi]	
Jarak tepi baut		Lev & Leh =	50.00	mm
Kuat tarik baut		$F_t =$	780.00	MPa
Mutu las		$F_{exx} =$	70.00	ksi
		$F_{exx} =$	482.65	MPa
Ukuran las		$D =$	8	mm
		$D =$	91	D/16mm
Coakan				
Panjang coakan = 2 x Leh		$c =$	100.00	mm
kedalaman coakan atas		$d_{ct} =$	50.00	mm
kedalaman coakan bawah		$d_{cb} =$	50.00	mm
setback = radius sudut		$G =$	16.00	mm
Pelat badan				
		$L =$	368.00	mm
		$B =$	93.50	mm
		$t_w =$	10.00	mm

Analisis**KEBUTUHAN KUAT GESER**

$$R_u = (P^+ + V^+) = 112.34 \quad \text{kN}$$

1. Kuat geser baut (AISC 360 J3-1)

$$\phi R_n = 0.75 \cdot F_{nv} \cdot A_b = 183.69 \quad \text{kN / bolt}$$

$$\text{baut dibutuhkan, } R_u / \phi R_n = 1.00$$

$$\text{Jumlah baut dipasang} = 2.00 \quad \text{baut}$$

$$\text{Kapasitas kelompok baut} = 367.38 \quad \text{kN}$$

$$D/C \ R_u / R_c < 1 ; = 0.31$$

[Memenuhi]

2. Kuat tumpu baut pada pelat badan (AISC J3-6a)

$$l_{c1} = L_{ov} - d_h / 2 = 39.00 \quad \text{mm}$$

$$l_c = S - d_h = 99.00 \quad \text{mm}$$

$$\phi r_{n1} = 0.75 (1.2 l_{c1} \cdot t \cdot F_u) = 140.40 \quad \text{kN}$$

$$\phi r_{n2} = 0.75 (1.2 l_c \cdot t \cdot F_u) = 356.40 \quad \text{kN}$$

$$\phi r_{n \max} = 0.75 (2.4 d_b \cdot t \cdot F_u) = 144.00 \quad \text{kN}$$

$$\phi R_n = \min (\phi r_{n1}, \phi r_{n \max}) + (n - 1) \min (\phi r_{n2}, \phi r_{n \max}) = 284.40 \quad \text{kN}$$

$$D/C \ R_u / \phi R_n < 1 = 0.40$$

[Memenuhi]

3. Kuat leleh terhadap geser pada pelat badan (AISC 360 J4-3)

$$A_{gv} = L \cdot t = 3680.00 \quad \text{mm}^2$$

$$\phi R_n = 1 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} = 547.58 \quad \text{kN}$$

$$D/C \ R_u / \phi R_n < 1 = 0.21$$

[Memenuhi]

4. Kuat runtuh thd geser pada pelat badan (AISC 360 J4-4)

$$A_{nv} = \{L - n \text{ (hole diameter)}\} \cdot t = 3240.00 \quad \text{mm}^2$$

$$\phi R_n = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{nv} = 583.20 \quad \text{kN}$$

$$D/C \ R_u / \phi R_n < 1 = 0.19$$

[Memenuhi]

5. Kuat runtuh blok terhadap geser pada pelat badan (J4-5)

$$A_{nt} = [L_{eh} - 1/2 \text{ (hole diameter)}]t = 390.00 \quad \text{mm}^2$$

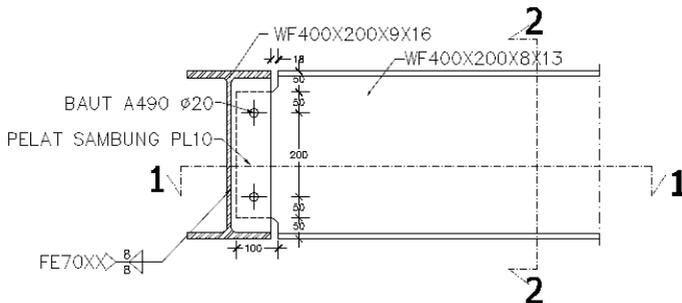
L_{eh} = horizontal bolt edge distance

$$A_{nv} = \{[(n-1) s + L_{ov}] - \{(2n-1)/2 \cdot \text{(hole diameter)}\}\}t$$

	=	1380.00	mm ²
$A_{gv} = [(n-1) s + L_{ov}] t$	=	1710.00	mm ²
$L_{ov} =$ vertical bolt edge distance			
$\phi R_n = 0.75 \cdot [F_u \cdot A_{nt} + \min (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}, 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv})]$	=	307.84	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.36	
			[Memenuhi]
6. Kuat desain las (J2-3)			
$\phi R_n = (0.75 \cdot 0.8 \cdot F_{max} \cdot D \cdot L) / 22.627$	=	639.43	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.18	
			[Memenuhi]
7. Kuat tumpu baut di pelat badan balok (AISC J3-6a)			
$l_{c1} = L_{ov} - d_n / 2$	=	39.00	mm
$l_c = S - d_n$	=	99.00	mm
$\phi r_{n1} = 0.75 (1.2 l_{c1} \cdot t \cdot F_u)$	=	112.32	kN
$\phi r_{n2} = 0.75 (1.2 l_c \cdot t \cdot F_u)$	=	285.12	kN
$\phi r_{n \max} = 0.75 (2.4 d_b \cdot t \cdot F_u)$	=	115.20	kN
$\phi R_n = \min (\phi r_{n1}, \phi r_{n \max}) + (n - 1) \min (\phi r_{n2}, \phi r_{n \max})$	=	227.52	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.49	
			[Memenuhi]
8. Kuat runtuh blok terhadap geser pada pelat badan balok (J4-5)			
$A_{nt} = [L_{oh} - 1/2 (\text{hole diameter})] t$	=	312.00	mm ²
$A_{nv} = \{[(n-1) s + L_{ov}] - \{(2n-1)/2 \cdot (\text{hole diameter})\}\} t$	=	1104.00	mm ²
$A_{gv} = [(n-1) s + L_{ov}] t$	=	1368.00	mm ²
$\phi R_n = 0.75 \cdot [F_u \cdot A_{nt} + \min (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}, 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv})]$	=	246.27	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.46	
			[Memenuhi]
9. Kuat lentur pada bagain yang dicoak (AISC MANUAL PART 9)			
$e = c + \text{setback (k beam)}$	=	116.00	mm
$h_0 = d - d_{ca}$	=	350.00	mm
$M_u = R_u \cdot e$	=	13.03	kNm
$A = b_f t_f + (h_0 - t_f) t_w$	=	5296.00	mm ²

$Y = h_0 - [h_0^2 t_w + t_f^2 (b_f - t_w)] / 2A$	=	254.41	mm
$I_{xx} = 1/3 [t_w y^3 + b_f (h_0 - y)^3 - (b_f - t_w) (h_0 - y - t_f)^3]$	=		
$S_{net} = I_{xx} / Y$	=	6608.60	cm ⁴
	=	259.76	cm ³
$\phi M_n = 0.9 \cdot F_y \cdot S_{net}$	=	57.98	kNm
$D/C = M_u / \phi M_n < 1$	=	0.22	
			[Memenuhi]
10. Tekuk lokal pelat badan pada bagian yang dicoak			
$h_0 = d - d_{ca}$	=	350.00	mm
$f = 2 \cdot c / d$	=	0.50	
$k = 2.2 \cdot [h_0 / c]^{1.65}$	=	17.38	
$\phi f_{bc} = 0.9 \cdot [(\pi^2 \cdot E) / (12 (1 - \nu^2))] \cdot [t_w / h_0]^2 \cdot f_k$	=	738.00	MPa
$e = c + setback$	=	116.00	mm
$\phi R_n = 0.9 \cdot f_{bc} \cdot S_{net} / e$	=	1487.34	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.08	
			[Memenuhi]
11. Runtuh terhadap geser pada pelat badan balok			
$t_{min} = (F_{oux} \cdot D) / (22.627 \cdot F_u)$	=	4.83	mm
$D/C = t_{min} / t_w < 1$	=	0.54	
			[Memenuhi]

Dengan demikian sambungan dengan data perencanaan yang telah disajikan diawal dapat digunakan sebagai sambungan antara balok induk dan balok anak pada LT 1 dan LT 2.



Gambar 4. 49 Sambungan geser balok anak LT 1 dan LT 2

2) Sambungan geser balok – balok LT 3 s/d LT Atap

Seperti telah didesain sebelumnya balok induk pada LT 3 s/d LT Atap adalah W400x200x8x13 dan balok anak adalah W350x175x7x11. Sambungan geser antara kedua balok tersebut didesain sebagai berikut.

Sambungan geser balok ke balok AISC 360-10				
Data - data perencanaan			LT 3 DST	
Penampang balok anak			W350x175x7x11	
d	t_w	t_f	k	b_f
35.0	0.7	1.1	2.50	17.5
Z_x				
872				
Penampang balok induk			W400x200x8x13	
d	t_w	t_f	k	b_f
40.0	0.8	1.3	2.90	20
Z_x				
1333				
Gaya aksial vertikal		$P =$	0.00	kN
Geser		$V =$	78.26	kN
Kuat leleh		$F_y =$	248.00	MPa
Kuat tarik		$F_u =$	400.00	MPa
Diameter baut		$\phi =$	20	mm
Mutu baut		ASTM =	A490	
Diameter lubang		$D_h =$	22.00	mm
Jarak antar baut		$S =$	100.00	mm
S minimum : 3d	60	mm, maka :	[Memenuhi]	
Jarak tepi baut		Lev & Leh =	50.00	mm
Kuat tarik baut		$F_t =$	780.00	MPa
Mutu las		$F_{exx} =$	70.00	ksi
		$F_{exx} =$	482.65	MPa
Ukuran las		$D =$	8	mm
		$D =$	91	D/16mm
Coakan		$c =$	100.00	mm
Panjang coakan = 2 x Leh		$d_{ct} =$	50.00	mm
kedalaman coakan atas		$d_{cb} =$	50.00	mm
kedalaman coakan bawah		$G =$	14.00	mm
setback = radius sudut				

Pelat badan

L =	374.00	mm
B =	82.00	mm
t_w =	10.00	mm

Analisis

KEBUTUHAN KUAT GESER

$$R_u = (P^* + V^*)^{LR} = 78.26 \text{ kN}$$

1. Kuat geser baut (AISC 360 J3-1)

$$\phi R_n = 0.75 \cdot F_{nv} \cdot A_b = 183.69 \text{ kN / bolt}$$

$$\text{baut dibutuhkan, } R_u / \phi R_n = 1.00$$

$$\text{Jumlah baut dipasang} = 2.00 \text{ baut}$$

$$\text{Kapasitas kelompok baut} = 367.38 \text{ kN}$$

$$D/C \ R_u / R_c < 1 ; = 0.21$$

[Memenuhi]

2. Kuat tumpu baut pada pelat badan (AISC J3-6a)

$$l_{c1} = L_{av} - d_n / 2 = 39.00 \text{ mm}$$

$$l_c = S - d_n = 78.00 \text{ mm}$$

$$\phi r_{n1} = 0.75 (1.2 l_{c1} \cdot t \cdot F_u) = 140.40 \text{ kN}$$

$$\phi r_{n2} = 0.75 (1.2 l_c \cdot t \cdot F_u) = 280.80 \text{ kN}$$

$$\phi r_{n \max} = 0.75 (2.4 d_b \cdot t \cdot F_u) = 144.00 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = \min(\phi r_{n1}, \phi r_{n \max}) + (n - 1) \min(\phi r_{n2}, \phi r_{n \max}) = 284.40 \text{ kN}$$

$$D/C = R_u / \phi R_n < 1 = 0.28$$

[Memenuhi]

3. Kuat leleh terhadap geser pada pelat badan (AISC 360 J4-3)

$$A_{gv} = L \cdot t = 3740.00 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 1 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} = 556.51 \text{ kN}$$

$$D/C = R_u / \phi R_n < 1 = 0.14$$

[Memenuhi]

4. Kuat runtuh thd geser pada pelat badan (AISC 360 J4-4)

$$A_{nv} = \{L - n (\text{hole diameter})\} \cdot t = 3300.00 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{nv} = 594.00 \text{ kN}$$

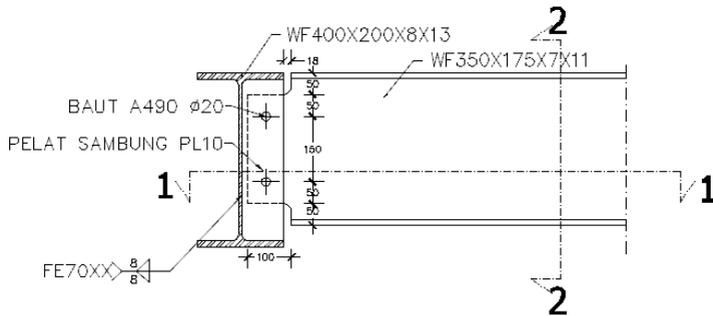
$$D/C = R_u / \phi R_n < 1 = 0.13$$

[Memenuhi]

5. Kuat runtuh blok terhadap geser pada pelat badan (J4-5)			
$A_{nt} = [L_{eh} - 1/2 \text{ (hole diameter)}]t$	=	390.00	mm ²
L_{eh} = horizontal bolt edge distance			
$A_{nv} = [\{(n-1) s + L_{ev}\} - \{(2n-1) \phi\} \cdot \text{(hole diameter)}]t$	=	1170.00	mm ²
$A_{gv} = [(n-1) s + L_{ev}] t$	=	1500.00	mm ²
L_{ev} = vertical bolt edge distance			
$\phi R_n = 0.75 \cdot [F_u \cdot A_{nt} + \min (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}, 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv})]$	=	284.40	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.28	
[Memenuhi]			
6. Kuat desain las (J2-3)			
$\phi R_n = (0.75 \cdot 0.6 \cdot F_{max} \cdot D \cdot L) / 22.627$	=	649.85	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.12	
[Memenuhi]			
7. Kuat tumpu baut di pelat badan balok (AISC J3-6a)			
$l_{c1} = L_{ev} - d_n / 2$	=	39.00	mm
$l_c = S - d_n$	=	78.00	mm
$\phi r_{n1} = 0.75 (1.2 l_{c1} \cdot t \cdot F_u)$	=	98.28	kN
$\phi r_{n2} = 0.75 (1.2 l_c \cdot t \cdot F_u)$	=	196.56	kN
$\phi r_{n \max} = 0.75 (2.4 d_b \cdot t \cdot F_u)$	=	100.80	kN
$\phi R_n = \min (\phi r_{n1}, \phi r_{n \max}) + (n - 1) \min (\phi r_{n2}, \phi r_{n \max})$	=	199.08	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.39	
[Memenuhi]			
8. Kuat runtuh blok terhadap geser pada pelat badan balok (J4-5)			
$A_{nt} = [L_{eh} - 1/2 \text{ (hole diameter)}]t$	=	273.00	mm ²
$A_{nv} = [\{(n-1) s + L_{ev}\} - \{(2n-1) \phi\} \cdot \text{(hole diameter)}]t$	=	819.00	mm ²
$A_{gv} = [(n-1) s + L_{ev}] t$	=	1050.00	mm ²
$\phi R_n = 0.75 \cdot [F_u \cdot A_{nt} + \min (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}, 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv})]$	=	199.08	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.39	
[Memenuhi]			

9. Kuat lentur pada bagian yang dicoak (AISC MANUAL PART 9)			
$e = c + \text{setback (k beam)}$	=	114.00	mm
$h_0 = d - d_{ct}$	=	300.00	mm
$M_u = R_u \cdot e$	=	8.92	kNm
$A = b_f t_f + (h_0 - t_f) t_w$	=	3948.00	mm ²
$Y = h_0 - [h_0^2 t_w + t_f^2 (b_f - t_w)] / 2A$	=	217.64	mm
$I_{xx} = 1/3 [t_w y^3 + b_f (h_0 - y)^3 - (b_f - t_w) (h_0 - y - t_f)^3]$	=	3629.35	cm ⁴
$S_{net} = I_{xx} / Y$	=	166.76	cm ³
$\phi M_n = 0.9 \cdot F_y \cdot S_{net}$	=	37.22	kNm
$D/C = M_u / \phi M_n < 1$	=	0.24	[Memenuhi]
10. Tekuk lokal pelat badan pada bagian yang dicoak			
$h_0 = d - d_{ct}$	=	300.00	mm
$f = 2 \cdot c / d$	=	0.57	
$k = 2.2 \cdot [h_0 / c]^{1.65}$	=	13.48	
$\phi f_{bc} = 0.9 \cdot [(\pi^2 \cdot E) / (12 (1 - \nu^2))] \cdot [t_w / h_d]^2 \cdot k$	=	681.55	MPa
$e = c + \text{setback}$	=	114.00	mm
$\phi R_n = 0.9 \cdot f_{bc} \cdot S_{net} / e$	=	897.28	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.09	[Memenuhi]
11. Runtuh terhadap geser pada pelat badan balok			
$t_{min} = (F_{ox} \cdot D) / (22.627 \cdot F_u)$	=	4.83	mm
$D/C = t_{min} / t_w < 1$	=	0.60	[Memenuhi]

Dengan demikian sambungan dengan data perencanaan yang telah disajikan diawal dapat digunakan sebagai sambungan antara balok induk dan balok anak pada LT 3 s/d LT Atap. Sambungan pada LT 3 s/d LT Atap dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 50 Sambungan geser balok anak LT 3 dan LT Atap

4.5.2. Sambungan *reduced beam section*

Dalam bagian ini akan direncanakan suatu sambungan *Reduced Beam Section* atau sambungan RBS. Sambungan RBS direncanakan untuk dibuat pada balok – balok Elemen batas SPSW (HBE).

Desain sambungan RBS dengan AISC 358-10					
Data - Data Perencanaan					B96 LT 2
Profil Kolom			W400x400x35x45		
A	tf	bf	tw	hw	Ix
509.60	4.50	42.20	3.50	35.80	169604
Iy	Zx	Zy	rx	ry	
56516	8853	4126.80	18.24	10.53	
Profil Balok			W400x200x9x19		
A	tf	bf	tw	hw	Ix
110.30	1.90	20.00	0.90	36.20	31696
Iy	Zx	Zy	rx	ry	
2536.70	1773	388.60	16.95	4.80	
Kuat Leleh			$F_y =$	248	MPa
Kuat Putus			$F_u =$	400	MPa
Bentang Balok			$L =$	5.00	m
Ry : 341-10 Tab. A3.1			$R_y =$	1.5	
Vu di tengah RBS			$V_u =$	40.56	kN
(AISC 341-10 E3.4a)			$C_{pr} =$	1.1	
(AISC 358-10 2.4.1)			$\phi d =$	1.0	

Analisis

1. Ambil nilai coba - coba untuk nilai a, b dan c

$$\min = 100 \quad \max = 150$$

$$\min = 260 \quad \max = 340$$

$$\min = 20 \quad \max = 50$$

Digunakan

$$a = 100 \quad \text{mm} \quad [\text{Memenuhi}]$$

$$b = 280 \quad \text{mm} \quad [\text{Memenuhi}]$$

$$c = 40 \quad \text{mm} \quad [\text{Memenuhi}]$$

$$\text{Jarak antara sendi plastis } S_h = 240 \text{ mm}$$

ke muka kolom

$$\text{Jarak antar sendi plastis } L' = 4.52 \text{ m}$$

2. Hitung modulus plastis penampang di tengah RBS

$$Z_{RBS} = Z_x - 2ct_{bf}(d - t_{bf}) \quad Z_{RBS} = 1193.58 \text{ cm}^3$$

3. Hitung momen probabilitas pada penampang RBS

$$M_{pr} = C_{pr} R_y F_y Z_{RBS} \quad M_{pr} = 488.41 \text{ kNm}$$

AISC 358-10 5.8-5

4. Hitung momen probabilitas di muka kolom

$$M_f = M_{pr} + V_{RBS} S_h \quad M_f = 498.15 \text{ kNm}$$

AISC 358-10 5.8-6

5. Hitung kapasitas momen plastis balok

$$M_{pe} = R_y F_y Z_x \quad M_{pe} = 659.44 \text{ kNm}$$

AISC 358-10 5.8-7

6. Periksa kuat lentur balok

$$M_f \leq \phi_d M_{pe} \quad \phi_d M_{pe} > M_f ? \quad [\text{Memenuhi}]$$

AISC 358-10 5.8-8

7. Hitung kuat perlu sambungan

$$V_u = \frac{2 M_{pr}}{L_h} + V_{gravity} \quad V_u = 256.67 \text{ kN}$$

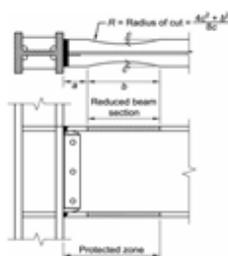
AISC 358-10 5.8-9

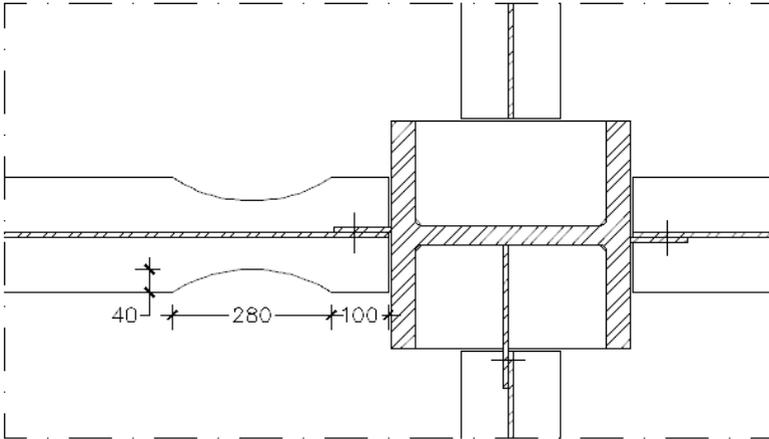
Kesimpulan Desain

Profil balok digunakan W400x200x9x19

Dimensi RBS

a =	100 mm	, Ratio to bf	0.500
b =	280 mm	, Ratio to d	0.700
c =	40 mm	, Ratio to bf	0.200

Momen di muka kolom $M_f = 498.147 \text{ kNm}$ Geser di muka kolom $V_u = 256.672 \text{ kN}$ 

Gambar 4. 51 *Reduced Beam Section*

4.5.3. Sambungan balok induk ke sumbu kuat kolom

A. HBE ke VBE (Sambungan A)

Letak sambungan balok HBE ke sumbu kuat kolom VBE yang direncanakan telah ditunjukkan pada gambar 4.47 sebelumnya dengan kode A. Sambungan ini direncanakan memiliki RBS pada sisi HBE dan tanpa RBS di sisi balok utama biasa. Berikut adalah perhitungan perencanaan sambungan momen sumbu kuat.

Sambungan Momen Balok Kolom Sumbu Kuat AISC 360-10					
Data - data perencanaan					
Profil balok yang ditinjau		W400x200x9x19			B96 LT 2
d	t_w	t_f	k	b_f	
400	09	1.9	2.2	20.0	
Z_x	A				
1773	110				

Profil balok di sisi berlawanan			W450x200x9x16	B57 LT 2
d	t_w	t_f	k	b_f
45.0	0.9	1.6	2.9	20.0
Z_x	A			
1817	103			
Profil kolom			W400x400x35x45	C34
d	t_w	t_f	k	b_f
44.8	3.5	4.5	6.7	42.2
Z_x	A			
8853	510			
Kuat leleh		$F_y =$	248	MPa
Kuat putus		$F_u =$	400	MPa
Momen		$M =$	498.1	kNm
Momen sisi berlawanan		$M_i =$	222.9	kNm
Aksial pada balok		$P_b =$	0	kN
Aksial pada kolom		$P_c =$	4095.3	kN
Geser		$V =$	256.67	kN
Diameter baut		$\phi =$	20	mm
Diameter lubang		$D_h =$	22	mm
(Tab J3.3M)		Jarak baut =	150.0	mm
S min : 3d	Ø	mm, maka :	[Memenuhi]	
(Tab J3.4M)		Jarak tepi =	50	mm
Mutu baut		ASTM =	A490	
Kuat putus baut		$F_t =$	780	MPa
Mutu las		$F_{exx} =$	70	ksi
		$F_{exx} =$	482.65	MPa
Ukuran las				
Sayap balok (CJP)		D =	304	/16 mm
Pelat Badan (Fillet)		D =	8	mm
		D =	91	/16 mm
Lubang akses las		=	30	mm
Ukuran plat badan				
Tinggi pelat maksimum		h =	362	mm
Tinggi pelat digunakan		h =	250	mm
Lebar pelat digunakan		b =	100	mm
Tebal pelat digunakan		$t_w =$	10	mm
Resultan gaya				
$R_u = (P^2 + V^2)^{0.5}$		=	257	kN

Analisis

1. Kapasitas lentur balok (AISC 360 F13-1)			
$M_n = R_y \cdot Z_x \cdot F_y$	=	593.50	kNm
$D/C = M_u / \phi M_n < 1$	=	0.84	
[Memenuhi]			
2. Kapasitas baut pada pelat badan (AISC 360 J3)			
Kapasitas geser ijin	=	183.7	kN / bolt
Jumlah baut dibutuhkan	=	2.0	
Jumlah baut dipakai	=	2	bolts
Jumlah baris dibutuhkan	=	1	rows
Kapasitas kelompok baut	=	367	kN
$D/C \text{ Ratio Required} < 1$;	=	0.70	
[Memenuhi]			
3. Kapasitas leleh terhadap geser di pelat badan (AISC 360 J4-3)			
$A_{gv} = L \cdot t$	=	2500.0	mm ²
$\phi R_n = 1 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}$	=	372.0	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.69	
[Memenuhi]			
4. Kapasitas runtuh thd geser di pelat badan (AISC 360 J4-4)			
$A_{nv} = \{L - n \cdot (dh)\} \cdot t$	=	2060.0	mm ²
$\phi R_n = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv}$	=	370.8	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.69	
[Memenuhi]			
5. Kapasitas runtuh blok terhadap geser di pelat badan (J4-5)			
$A_{nt} = [L_{ch} - 1/2 \cdot (dh)]t$	=	390.0	mm ²
$A_{nv} = [\{(n-1)s + L_{ch}\} - \{(2n-1)/2 \cdot (dh)\}]t$	=	1670.0	mm ²
$A_{gt} = [(n-1) s + L_{ch}]t$	=	2000.0	mm ²
$\phi R_n = 0.75 \cdot [F_u \cdot A_{nt} + \min (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}, 0.6 \cdot F_u \cdot A_{gt})]$	=	340.2	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.75	
[Memenuhi]			
6. Kuat las pada pelat badan (J2-3)			
$\phi R_n = (0.75 \cdot 0.6 \cdot F_{tens} \cdot D \cdot 2L) / 22.627$	=	434.4	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.6	
[Memenuhi]			
7. Kuat runtuh pelat badan pada bagian yang dilas			
$t_{min} = (F_{tens} \cdot D) / (22.627 \cdot F_u)$	=	4.8	mm

$D/C = t_{min} / t_w < 1$	=	0.1	
			[Memenuhi]
8. Kelelahan geser pada badan balok (J4-3)			
$A_{gv} = L \cdot t$	=	3600.0	mm ²
$\phi R_n = 1 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}$	=	535.7	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.5	
			[Memenuhi]
9. Keruntuhan geser pada badan balok (AISC 360 J4-4)			
$A_{nv} = (L - n \cdot (dh)) \cdot t$	=	3204.0	mm ²
$\phi R_n = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv}$	=	576.7	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.4	
			[Memenuhi]
10. Kapasitas runtuh blok terhadap geser di badan balok (J4-5)			
$L_{eh} = \text{bolt edge distance}$	=	50	mm
$L_{ev} = (d - L) / 2$	=	75.0	mm
$A_{nt} = [L_{eh} - 1/2 (dh)]t$	=	351.0	mm ²
$A_{nv} = [((n-1)s + L_{ev}) - ((2n-1)/2 \cdot (dh))]t$	=	1728.0	mm ²
$A_{gv} = [(n-1)s + L_{ev}]t$	=	2025.0	mm ²
$\phi R_n = 0.75 \cdot [F_u \cdot A_{nt} + \min(0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}, 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv})]$	=	331.3	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.8	
			[Memenuhi]
11. Kuat geser zona panel (AISC DG 13, SECT 2.2.1)			
$R_u = M_{te} / (d - t_f)$ (Balok yang ditinjau)	=	1307.5	kN
$R_u = M_{te} / (d - t_f)$ (Balok berlawanan)	=	513.7	kN
$2 \cdot R_u$ (2 buah balok berlawanan)	=	1821.1	kN
$P_y = F_y \cdot A$	=	12638.1	kN
$P_u < 0.4P_y$?	=	0.3	
			[Memenuhi]
$\phi R_n = 0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w$	=	1874.9	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.97	
			[Memenuhi]
12. Tekuk lokal sayap kolom (AISC DG 13, SECT 2.2.2)			
$\phi R_n = 0.9 \cdot 6.25 \cdot t_f^2 \cdot F_y \cdot C_1$	=	2824.9	kN

$$D/C = R_u / \phi R_n < 1 \quad = \quad 0.5 \quad \text{[Memenuhi]}$$

13. Leleh lokal pada badan kolom (AISC DG 13. SECT 2.2.3)

$$N = t_f \quad = \quad 19.0 \quad \text{mm}$$

$$\phi R_n = 1 \cdot (5K + N) F_y t_w \quad = \quad 3072.7 \quad \text{kN}$$

$$D/C = R_u / \phi R_n < 1 \quad = \quad 0.4$$

[Memenuhi]

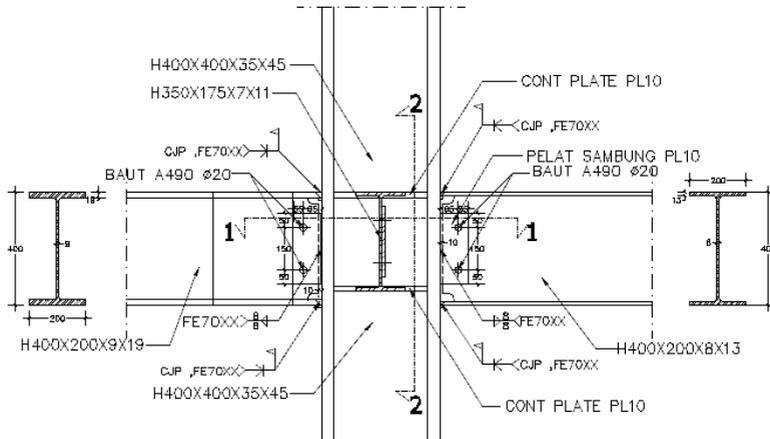
14. Cripling di badan

$$\phi R_n = 0.75 \cdot 135 \cdot t_w^2 [1 + 3(N/d)(t_w/t_f)^{1.5}] \cdot (F_y t_f/t_w)^{0.5}$$

$$= \quad 1896.9 \quad \text{kN}$$

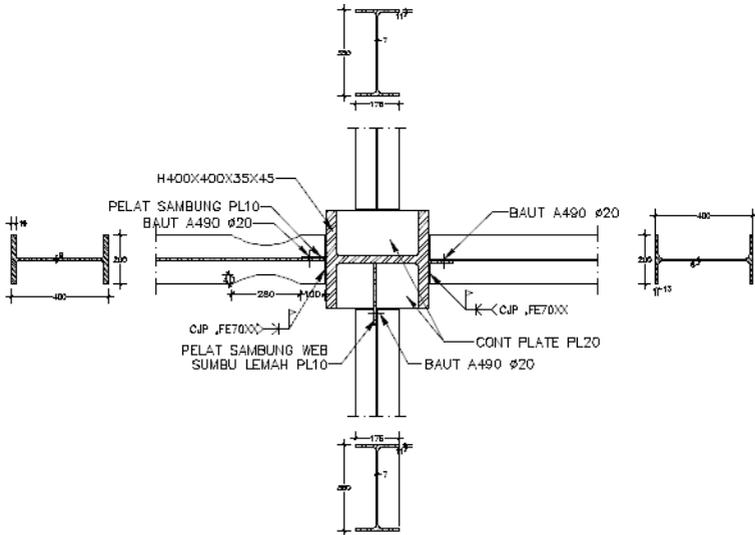
$$D/C = R_u / \phi R_n < 1 \quad = \quad 0.69 \quad \text{[Memenuhi]}$$

Dari perhitungan diatas disimpulkan sambungan yang didesain memenuhi seluruh kontrol yang berlaku dan dapat digunakan sebagai sambungan antara HBE dan VBE serta Balok biasa.



DETAIL A

(a)



POT 1-1

(b)

Gambar 4. 52 Detail Sambungan Momen A (a) Tampak detail (b) potongan 1-1

B. Sambungan momen B

Letak sambungan balok induk ke sumbu kuat kolom yang direncanakan ditunjukkan pada gambar 4.48 dengan ditandai dengan huruf B. Beban perencanaan diambil dari RBS yang dipasang pada balok yang berhubungan.

Sambungan Momen Balok Kolom Sumbu Kuat AISC 360-10				
Data - data perencanaan				
Profil balok yang ditinjau		W400x200x9x19		B42 LT1
d	t_w	t_f	k	b_f
40.0	0.9	1.9	2.2	20.0
Z_x	A			
1773	110			
Profil balok di sisi berlawanan				-----
d	t_w	t_f	k	b_f
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Z_x	A			
#N/A	#N/A			
Profil kolom		W400x400x35x45		
d	t_w	t_f	k	b_f
44.8	3.5	4.5	6.7	42.2
Z_x	A			
8853	510			
Kuat leleh		$F_y =$	248	MPa
Kuat putus		$F_u =$	400	MPa
Momen		$M =$	498.1	kNm
Momen sisi berlawanan		$M_i =$	0.0	kNm
Aksial pada balok		$P_b =$	0.0	kN
Aksial pada kolom		$P_c =$	3705.86	kN
Geser		$V =$	256.67	kN
Diameter baut		$\phi =$	20	mm
Diameter lubang		$D_h =$	22	mm
(Tab.J3.3M)		Jarak baut =	150.0	mm
S min : 3d	60	mm, maka :	[Memenuhi]	
(Tab.J3.4M)		Jarak tepi =	50	mm
Mutu baut		ASTM =	A490	
Kuat putus baut		$F_t =$	780	MPa
Mutu las		$F_{t ux} =$	70	ksi
		$F_{t ox} =$	482.65	MPa
Ukuran las				
Sayap balok (CJP)		D =	304	/16 mm
Pelat Badan (Fillet)		D =	8	mm
		D =	91	/16 mm
Lubang akses las		=	30	mm

Ukuran plat badan			
Tinggi pelat maksimum	$h =$	362	mm
Tinggi pelat digunakan	$h =$	250	mm
Lebar pelat digunakan	$b =$	100	mm
Tebal pelat digunakan	$t_w =$	10	mm
Resultan gaya			
$R_u = (P^2 + V^2)^{0.5}$	$=$	257	kN

Analisis

1. Kapasitas lentur balok (AISC 360 F13-1)

$M_u = R_y \cdot Z_x \cdot F_y$	$=$	593.50	kN m
$D/C = M_u / \phi M_n < 1$	$=$	0.84	

[Memenuhi]

2. Kapasitas baut pada pelat badan (AISC 360 J3)

Kapasitas geser ijin	$=$	183.7	kN / bolt
Jumlah baut dibutuhkan	$=$	2.0	
Jumlah baut dipakai	$=$	2	bolts
Jumlah baris dibutuhkan	$=$	1	rows
Kapasitas kelompok baut	$=$	367	kN
D/C Ratio Required < 1 ;	$=$	0.70	

[Memenuhi]

3. Kapasitas leleh terhadap geser di pelat badan (AISC 360 J4-3)

$A_{gv} = L \cdot t$	$=$	2500.0	mm^2
$\phi R_n = 1 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}$	$=$	372.0	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	$=$	0.69	

[Memenuhi]

4. Kapasitas runtuh thd geser di pelat badan (AISC 360 J4-4)

$A_{nv} = \{L - n (dh)\} \cdot t$	$=$	2060.0	mm^2
$\phi R_n = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv}$	$=$	370.8	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	$=$	0.69	

[Memenuhi]

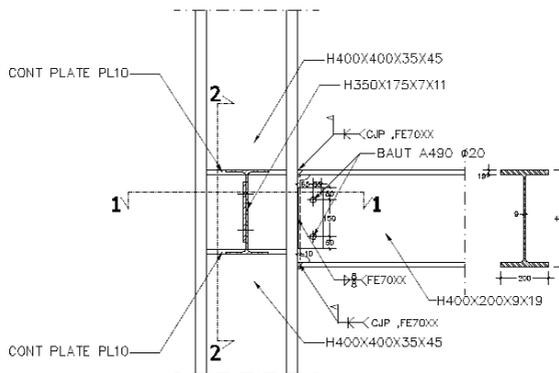
5. Kapasitas runtuh blok terhadap geser di pelat badan (J4-5)

$A_{et} = [L_{eh} - 1/2 (dh)]t$	$=$	390.0	mm^2
$A_{nv} = [((n-1)s + L_{nv}) - ((2n-1)/2 \cdot (dh))]t$	$=$	1670.0	mm^2
$A_{gv} = [(n-1)s + L_{gv}]t$	$=$	2000.0	mm^2
$\phi R_n = 0.75 \cdot [F_u \cdot A_{et} + \min \{ 0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}, 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \}]$	$=$	340.2	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	$=$	0.75	

6. Kuat las pada pelat badan (J2-3)			
$\phi R_n = (0.75 \cdot 0.6 \cdot F_{uwx} \cdot D \cdot 2L) / 22.627$	=	434.4	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.6	
			[Memenuhi]
7. Kuat runtuh pelat badan pada bagian yang dilas			
$t_{min} = (F_{uwx} \cdot D) / (22.627 \cdot F_u)$	=	4.8	mm
$D/C = t_{min} / t_w < 1$	=	0.1	
			[Memenuhi]
8. Kelelahan geser pada badan balok (J4-3)			
$A_{gv} = L \cdot t$	=	3600.0	mm ²
$\phi R_n = 1 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}$	=	535.7	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.5	
			[Memenuhi]
9. Keruntuhan geser pada badan balok (AISC 360 J4-4)			
$A_{nv} = (L - n \cdot (dh)) \cdot t$	=	3204.0	mm ²
$\phi R_n = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv}$	=	576.7	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.4	
			[Memenuhi]
10. Kapasitas runtuh blok terhadap geser di badan balok (J4-5)			
$L_{eh} = \text{bolt edge distance}$	=	50	mm
$L_{ev} = (d - L) / 2$	=	75.0	mm
$A_{eh} = [L_{eh} - 1/2 (dh)]t$	=	351.0	mm ²
$A_{ev} = [((n-1)s + L_{ev}) - ((2n-1)/2 \cdot (dh))]t$	=	1728.0	mm ²
$A_{gv} = [(n-1)s + L_{ev}]t$	=	2025.0	mm ²
$\phi R_n = 0.75 \cdot [F_u \cdot A_{eh} + \min(0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}, 0.6 \cdot F_u \cdot A_{ev})]$	=	331.3	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.8	
			[Memenuhi]
11. Kuat geser zona panel (AISC DG 13, SECT 2.2.1)			
$R_u = M_{tb} / (d - t_f)$ (Balok yang ditinjau)	=	1307.5	kN
$R_u = M_{tb} / (d - t_f)$ (Balok berlawanan)	=	0.0	kN
$2 \cdot R_u$	=	1307.5	kN
$P_y = F_y \cdot A$	=	12638.1	kN
$P_u < 0.4P_y$?	=	0.3	
			[Memenuhi]

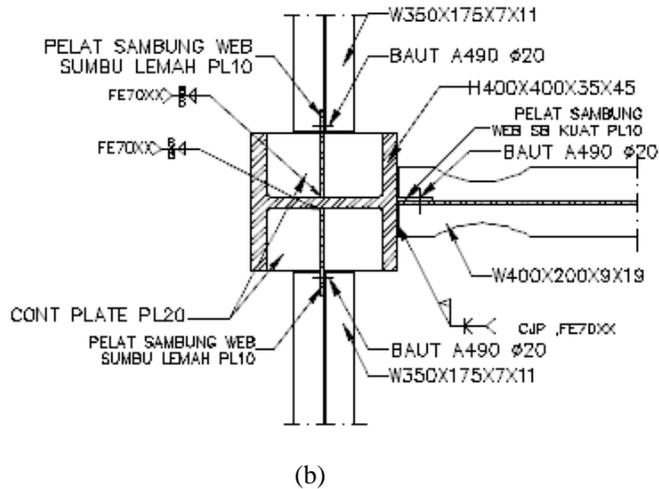
$\phi R_n = 0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d \cdot t_w$	=	1874.9	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.7	
[Memenuhi]			
12. Tekuk lokal sayap kolom (AISC DG 13. SECT 2.2.2)			
$\phi R_n = 0.9 \cdot 6.25 \cdot t_f^2 \cdot F_y \cdot C_1$	=	2824.9	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.5	
[Memenuhi]			
13. Leleh lokal pada badan kolom (AISC DG 13. SECT 2.2.3)			
$N = t_f$	=	19.0	mm
$\phi R_n = 1 \cdot (5K + N) F_y t_w$	=	3072.7	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.4	
[Memenuhi]			
14. Crippling di badan			
$\phi R_n = 0.75 \cdot 135 \cdot t_w^2 [1+3 (N/d) (t_w/t_f)^{1.5}] \cdot (F_y t_f / t_w)^{0.5}$	=	1896.9	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.69	
[Memenuhi]			

Dari perhitungan diatas disimpulkan sambungan yang didesain memenuhi seluruh kontrol yang berlaku dan dapat digunakan sebagai sambungan antara HBE dan VBE pada tepi bangunan. Detail sambungan yang didesain adalah sebagai berikut.



DETAIL B

(a)



Gambar 4. 53 Detail sambungan momen B (a) Detail sambungan
(b) potongan 1-1

4.5.4. Sambungan balok induk ke sumbu lemah kolom

Sambungan balok induk ke sumbu lemah kolom yang direncanakan pada perencanaan ini meninjau portal C seperti pada gambar 4.48. Gaya – gaya yang digunakan dalam desain merupakan gaya – gaya ultimit yang bekerja pada sambungan. Perhitungan sambungan dilakukan sebagai berikut.

Sambungan Momen Balok Kolom Sumbu Lemah AISC 360-10

Data - data perencanaan

B13 LT2

Profil balok

W350x175x7x11

d	t_w	t_f	k	b_f
35.0	0.7	1.1	2.5	17.5

Z_x

872

Profil kolom

W300x300x24x29

d	t_w	t_f	k	b_f
32.8	2.4	2.9	4.2	32.2

Z_x

3252

Kuat leleh

$F_y = 248$ MPa

Kuat tarik

$F_u = 400$ MPa

Beban

Momen

$M = 129.72$ kNm

Beban titik

$P = 0$ kN

Geser

$V = 92.47$ kN

Baut

Diameter baut

$\phi = 20$ mm

Mutu baut

ASTM = A490

Kuat tarik baut

$F_t = 780$ MPa

Diameter lubang

$D_h = 22$ mm, (Tab J3.3M)

Jarak ke tepi

Leh & Lev = 50 mm, (Tab J3.4M)

Jarak antar baut

$S = 148$ mm

S minimum : 3 60

mm, maka : [Memenuhi]

Las

Mutu las

$F_{\text{oxk}} = 70$ ksi

$F_{\text{oxk}} = 482.65$ MPa

Ukuran las pada :

Sayap balok

$D = 176$ D/16 mm

Pelat badan

$D = 91$ D/16 mm

Tinggi efektif

Tinggi las	$D = 8$ mm
Lubang akses las	$D = 30$ mm

Dimensi pelat badan

L =	328 mm
B =	252 mm
$t_w =$	10 mm

Analisis

Resultan gaya

$$R_u = (P^2 + V^2)^{0.5} = 92 \quad \text{kN}$$

1. Kuat lentur balok (AISC 360 F13-1)

$$M_n = R_y \cdot Z_x \cdot F_y = 281.23 \quad \text{kNm}$$

$$D/C = M_u / \phi M_n < 1 = 0.46 \quad \text{[Memenuhi]}$$

2. Periksa kapasitas baut (AISC 360 J3)

$$\text{Kuat geser per baut} = 183.7 \quad \text{kN/baut}$$

$$\text{Jumlah perlu baut} = 1.0 \quad \text{baut}$$

$$\text{Jumlah baut digunakan} = 2 \quad \text{bolts}$$

$$\text{Jumlah baris} = 1 \quad \text{rows}$$

$$\text{Kapasitas kelompok baut} = 367 \quad \text{kN}$$

$$D/C \text{ Ratio} = 0.25 \quad \text{[Memenuhi]}$$

3. Leleh terhadap geser pada pelat badan (AISC 360 J4-3)

$$A_{gv} = L \cdot t = 3280 \quad \text{mm}^2$$

$$\phi R_n = 1 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} = 488 \quad \text{kN}$$

$$D/C = R_u / \phi R_n < 1 = 0.19 \quad \text{[Memenuhi]}$$

4. Runtuh terhadap geser pada pelat badan (AISC 360 J4-4)

$$A_{nv} = \{L - n \cdot (dh)\} \cdot t = 2840 \quad \text{mm}^2$$

$$\phi R_n = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_{nv} = 511 \quad \text{kN}$$

$$D/C = R_u / \phi R_n < 1 = 0.18 \quad \text{[Memenuhi]}$$

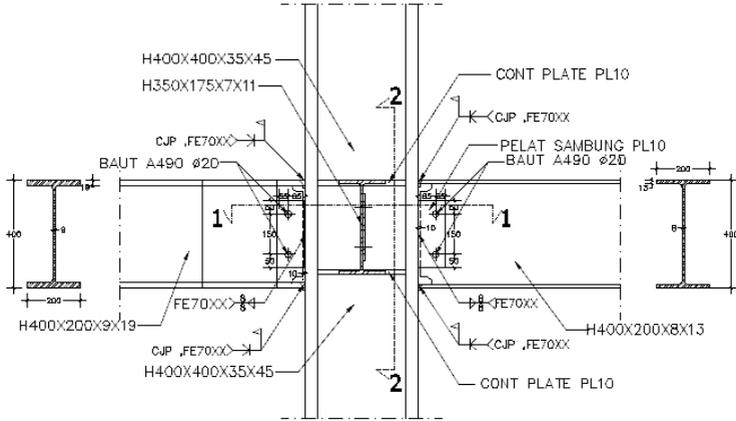
5. Kuat runtuh blok terhadap geser (J4-5)

$$A_{nt} = [L_{eh} - 1/2 \cdot (dh)]t = 390 \quad \text{mm}^2$$

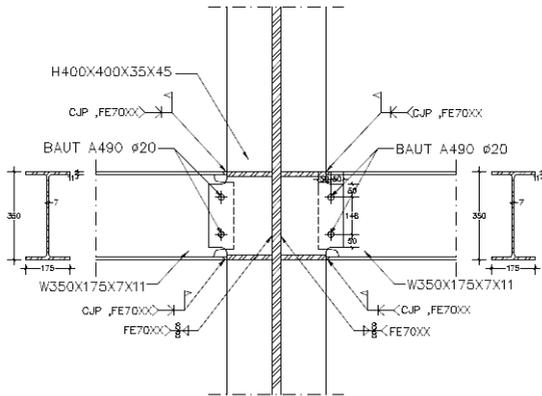
$$A_{nv} = [\{(n-1) s + L_{gv}\} - \{(2n-1)/2 \cdot (dh)\}]t$$

	=	1650	mm ²
$A_{gv} = [(n-1) s + L_{ov}] t$	=	1980	mm ²
$\phi R_n = 0.75 \cdot [F_u \cdot A_{nt} + \min(0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv}, 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv})]$	=	338	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.27	
			[Memenuhi]
6. Kuat las desain(J2-3)			
$\phi R_n = (0.75 \cdot 0.6 \cdot F_{uax} \cdot D \cdot 2L) / 22.627$	=	1108.24	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.08	
			[Memenuhi]
7. Kuat las terhadap tarik di sayap (J2-3), LAS CJP => Berdasarkan kuat sayap balok (TABLE J2.5)			
$R_u = R_y \cdot A_{br}$	=	477.4	kN
$R_n = R_y \cdot A_{br} \cdot F_y$	=	620.62	kN
$D/C = R_u / \phi R_n < 1$	=	0.77	
			[Memenuhi]
8. Kuat las terhadap geser di pelat badan kolom (AISC MANUAL 14th Eq. 9-2)			
$t_{min} = (F_{uax} \cdot D) / (22.627 \cdot F_u)$	=	9.39	mm
$D/C = t_{min} / t_w < 1$	=	0.39	
			[Memenuhi]

Dari perhitungan diatas menunjukkan sambungan dengan data – data perencanaan yang dipakai memenuhi semua kontrol sehingga dapat digunakan. Gambar detail sambungan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



(a)



POT 2-2

(b)

Gambar 4. 54 Detail sambungan C (a) tampak atas sambungan (b) tampak

4.5.5. Sambungan splice kolom – kolom

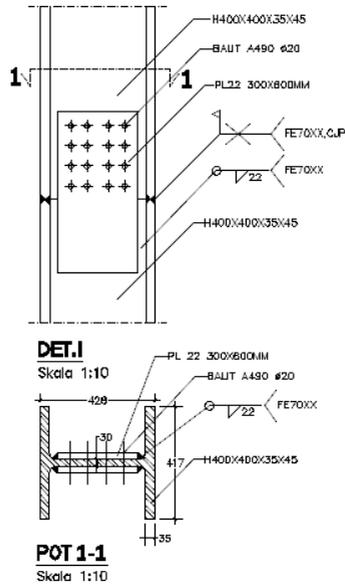
1) Splice kolom VBE

Sambungan kolom – kolom direncanakan dengan desain kapasitas. Letak sambungan kolom yang ditinjau ditunjukkan dalam gambar 4.47 sebelumnya dengan kode D.

Sambungan Kolom - Kolom berdasarkan AISC 360-10				
Data perencanaan			VBE	
Profil kolom atas			W400x400x35x45	
d	t_w	t_f	k	b_f
44.8	3.5	4.5	6.7	42.2
A	Z_x	Z_y		
509.6	8853.4	4126.8		
Profil kolom bawah			W400x400x35x45	
d	t_w	t_f	k	b_f
44.8	3.5	4.5	6.7	42.2
A	Z_x	Z_y		
509.6	8853.4	4126.8		
Kuat leleh baja		$F_y =$	248	Mpa
Kuat leleh baja		$F_{yp} =$	248	Mpa
Kuat putus baja		$F_u =$	400	Mpa
Kuat putus baja		$F_{uT} =$	400	Mpa
Tebal pelat splice		$t_{sp} =$	22	mm
Kapasitas tarik sayap		$P_f =$	4238.6	kN
Kapasitas tarik badan		$P_w =$	2796.7	kN
Diameter baut		$\phi =$	20	mm
Luas penampang		A =	314	mm ²
Diameter lubang		dh =	22	mm
Mutu baut		ASTM =	A490	
		$F_t =$	780	Mpa
Jumlah baut		baris vert	4	buah
		baut tiap baris	4	buah
Mutu las		$F_{exx} =$	70	Ksi
		$F_{exx} =$	482.65	MPa
Tebal las		tw =	35	mm
Analisis				
1. Menentukan dimensi splice badan				
Jarak antar baut		S =	66.67	mm
S minimum, 3d	60	mm, maka :	[Memenuhi]	
Jarak tepi		Leh dan Lev =	50	mm

Lebar pelat badan perlu	$L =$	30.0	cm
Lebar pelat badan digunakan	$L =$	30	cm
Panjang pelat badan untuk baut	$L_{wp\ min} =$	30.0	cm
Panjang pelat badan dipakai	$L_{wp} =$	60	cm
2. Periksa kapasitas baut (AISC 360 J3)			
Kuat geser ijin baut	$R_n \cdot \phi_v =$	183.7	kN/baut
Geser pada baut	$V = Vnp/n =$	174.8	kN/baut
	$n =$	16	baut
			[Memenuhi]
3. Periksa kapasitas las sudut pada pelat badan (AISC 360 J3)			
Panjang tersedia	$L_{wt} = 2 \cdot b_f =$	600	mm
	$tw =$	15.6	mm
	$R_n \cdot \phi_v =$	2027	kN
Tarik pada badan satu sisi	$T =$	1398.3	kN
			[Memenuhi]
4. Periksa kapasitas tarik pelat badan (AISC 360 D2)			
	$Pn = F_y \cdot A_g\ web\ kolom =$	3107.4	kN
	$Pn = F_y \cdot A_g\ web\ splice =$	3273.6	kN
			[Memenuhi]
5. Periksa runtuh geser pada pelat badan (AISC 360 J4)			
	$A_{nv} = (n-1) S\ nv =$	8800.0	mm ²
	$A_{nt} = [L_{ch} - 1/2 (dh)]tw =$	1716.0	mm ²
	$V =$	2796.70	kN
	$\phi R_n = 0.75 \cdot (F_u \cdot A_{nt} + 0.6 F_u \cdot A_{nv}) =$	4197.60	kN
			[Memenuhi]

Dengan demikian sambungan kolom – kolom splice dengan data perencanaan yang telah disajikan diatas dapat memikul beban sebesar kapasitas dari kolom – kolom VBE yang disambung. Gambar hasil perhitungan ditampilkan dalam gambar berikut ini.



Gambar 4. 55 Sambungan splice kolom VBE

2) Sambungan splice kolom E

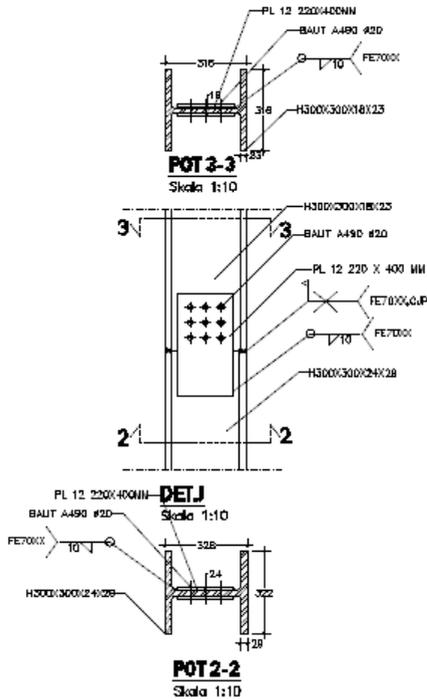
Sambungan splice kolom E menghubungkan dua buah kolom struktur. Letak sambungan telah disajikan pada gambar 4.47 sebelumnya dengan kode E. berikut adalah perhitungan sambungan splice kolom E.

Sambungan Kolom - Kolom berdasarkan AISC 360-10

Data perencanaan			KOLOM	
Profil kolom atas			W300x300x18x23	
d	t_w	t_f	k	b_f
31.6	1.8	2.3	3.6	31.6
A	Z_x	Z_y		
195.7	2479.9	1172.3		
Profil kolom bawah			W300x300x24x29	
d	t_w	t_f	k	b_f
32.8	2.4	2.9	4.2	32.2
A	Z_x	Z_y		
253.3	3251.7	1544.9		
Kuat leleh baja		$F_y =$	248	Mpa
Kuat leleh baja		$F_{yp} =$	248	Mpa
Kuat putus baja		$F_u =$	400	Mpa
Kuat putus baja		$F_{uT} =$	400	Mpa
Tebal pelat splice		$t_{sp} =$	12	mm
Kapasitas tarik sayap		$P_f =$	1622.2	kN
Kapasitas tarik badan		$P_{tW} =$	1084.8	kN
Diameter baut		$\phi =$	20	mm
Luas penampang		$A =$	314	mm ²
Diameter lubang		$d_h =$	22	mm
Mutu baut		$ASTM =$	A490	
		$F_t =$	780	Mpa
Jumlah baut		baris vert	3	buah
		baut tiap baris	3	buah
Mutu las		$F_{exx} =$	70	Ksi
		$F_{exx} =$	482.65	MPa
Tebal las		$t_w =$	35	mm
Analisis				
1. Menentukan dimensi splice badan				
Jarak antar baut		$S =$	60.00	mm
S minimum, 3d	60	mm, maka :	[Memenuhi]	
Jarak tepi		Leh dan Lev =	50	mm

Lebar pelat badan perlu	$L =$	22.0	cm
Lebar pelat badan digunakan	$L =$	22	cm
Panjang pelat badan untuk baut	$L_{wp\ min} =$	22.0	cm
Panjang pelat badan dipakai	$L_{wp} =$	40	cm
2. Periksa kapasitas baut (AISC 360 J3)			
Kuat geser ijin baut	$R_n \cdot \phi_v =$	183.7	kN/baut
Geser pada baut	$V = Vnp/n =$	120.5	kN/baut
	$n =$	9	baut
			[Memenuhi]
3. Periksa kapasitas las sudut pada pelat badan (AISC 360 J3)			
Panjang tersedia	$L_{wt} = 2 \cdot b_f =$	360	mm
	$tw =$	8.5	mm
	$R_n \cdot \phi_v =$	663	kN
Tarik pada badan satu sisi	$T =$	542.4	kN
			[Memenuhi]
4. Periksa kapasitas tarik pelat badan (AISC 360 D2)			
	$Pn = F_y \cdot A_g\ web\ kolom =$	1205.3	kN
	$Pn = F_y \cdot A_g\ web\ splice =$	1309.4	kN
			[Memenuhi]
5. Periksa runtuh geser pada pelat badan (AISC 360 J4)			
	$A_{nv} = (n-1) S_{nv} =$	2880.0	mm ²
	$A_{nt} = [L_{ch} - 1/2 (dh)]tw =$	936.0	mm ²
	$V =$	1084.75	kN
	$\phi R_n = 0.75 \cdot (F_u \cdot A_{nt} + 0.6 F_u \cdot A_{nv}) =$	1598.40	kN
			[Memenuhi]

Dengan demikian sambungan kolom – kolom splice dengan data perencanaan yang telah disajikan diatas dapat memikul beban sebesar kapasitas dari kolom – kolom struktur yang disambung. Gambar hasil perhitungan ditampilkan dalam gambar berikut ini.



Gambar 4. 56 Sambungan splice kolom struktur

4.5.6. Sambungan baseplate kolom pedestal

Perencanaan baseplate diambil dengan beban terbesar yaitu terdapat pada kolom C34 portal 7. Letak kolom yang ditinjau ditunjukkan dalam gambar 4.47 sebelumnya dengan kode F. perhitungan sambungan dilakukan sebagai berikut.

Desain baseplate untuk aksial on AISC 360-10
Data - data perencanaan
C34 LT1

Profil kolom

W400x400x35x45

d	t_w	t_f	k	b_f
44.8	3.5	4.5	6.7	42.2
Z_x				
8853				

Momen

$$M_u = 113.6 \text{ kNm}$$

Beban aksial

$$P = 4496.63 \text{ kN}$$

Beban geser

$$V_u = 79.95 \text{ kN}$$

Kuat leleh

$$F_y = 248 \text{ MPa}$$

Kuat tekan beton

$$F_c' = 30 \text{ MPa}$$

Diameter angkur

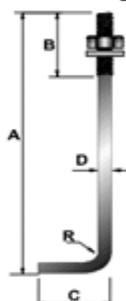
$$\phi = 28 \text{ mm}$$

Kuat leleh angkur

$$F_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\text{Leh} = ch = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Lev} = cv = 50 \text{ mm}$$



$$R = 30 \text{ mm}$$

$$A = 750 \text{ mm}$$

$$B = 100 \text{ mm}$$

$$C = 150 \text{ mm}$$

$$\text{heff} = 650 \text{ mm}$$

$$e_h = C - D = 122 \text{ mm}$$

Mutu las

$$F_{exx} = 70 \text{ ksi}$$

$$F_{exx} = 482.65 \text{ MPa}$$

Tebal las

$$D = 100 \text{ D/16 mm}$$

1. Luas baseplate

$$N = \max(d + 2 \cdot ch), (d + 2(L_{ch} + ch)) = 648 \text{ mm}$$

$$B = \max(b_f + 2 \cdot cv), (b_f + 2(L_{cv} + cv)) = 622 \text{ mm}$$

Pedestal

$$\text{Jarak tepi baseplate ke tepi pedestal, } a \text{ dan } b.$$

$$a = 25 \text{ mm}$$

$$b = 25 \text{ mm}$$

$$N_p = N + 2 \cdot a = 698 \text{ mm}$$

$$B_p = B + 2 \cdot b = 672 \quad \text{mm}$$

Luas baseplate dan pedestal

$$A1 = N \cdot B = 0.40 \quad \text{m}^2$$

$$A2 = N_p \cdot B_p = 0.47 \quad \text{m}^2$$

eksentrisitas dan eksentrisitas kritis

$$e = M_u / P_u = 0.025 \quad \text{m}$$

$$\phi f_p (\text{max}) = 0.65 \cdot 0.85 f'_c, \text{Min} [2, (A2/A1)^{0.5}]$$

$$\phi f_p = 17.88 \quad \text{MPa}$$

$$q_{\text{max}} = \phi f_p (\text{max}) \cdot B = 11121.76 \quad \text{N/mm}$$

$$e_{\text{crit}} = (N/2) - (P_u/2 \cdot q_{\text{max}}) = 0.12 \quad \text{m}$$

Kontrol : $e > e_{\text{crit}}$?

e lebih kecil e crit, design baseplate untuk aksial

Luas perlu baseplate akibat beban aksial

$$A1(\text{req}) = \frac{P_u}{\phi 0.85 \cdot f'_c} = 271289.9 \quad \text{mm}^2$$

$$\text{Lebar (B)} = \text{Panjang (N)} = A1^{0.5} = 520.85 \quad \text{mm}$$

$$\text{Dimensi baseplate min} = 648.00 \quad \text{mm}$$

$$\text{Dimensi baseplate dipakai} = 650 \quad \text{mm}$$

$$\text{Lebar \& panjang pedestal} = 700 \quad \text{mm}$$

2. Kuat runtuh beton

$$P_u < \phi P_p = 0.65 \times 0.85 \times f'_c \times A = 7002.94 \quad \text{kN}$$

$$P_u / \phi P_p = 0.6$$

[Memenuhi]

3. Tebal perlu baseplate

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} = 112.2$$

$$n = \frac{B - 0.8bf}{2} = 124.6$$

$$l = \max(n, m) = 124.6$$

$$t_{\text{min}} = l \sqrt{\frac{2P_u}{\phi F_y \cdot B \cdot N}} = 39.6 \quad \text{mm}$$

$$t_{\text{pakai}} = 30.0 \quad \text{mm}$$

4. Ukuran baut angkur

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0.75 \cdot F_{nv} \cdot A_o &= 108.47 & \text{ kN/baut} \\ \text{Kuat geser klpk baut} & &= 433.8852 & \text{ kN} \\ V_u / \phi R_n & &= 0.18 & \end{aligned}$$

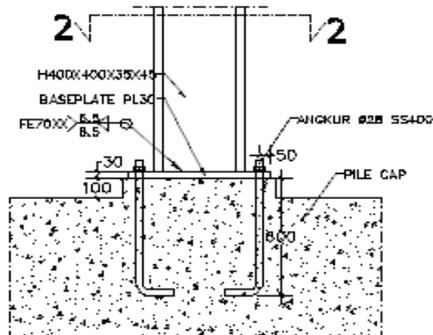
[Memenuhi]

5. Sambungan las kolom ke baseplate

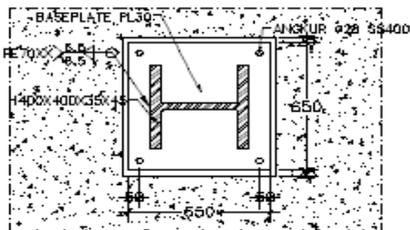
$$\begin{aligned}\text{Panjang las, } L &= 2(bf+d) &= 1740 & \text{ mm} \\ \phi R_n &= (0.75 \cdot 0.6 \cdot F_{max} \cdot D \cdot L) / 22.627 &= 1670.19 & \text{ kN} \\ V_u / \phi R_n & &= 0.05 & \end{aligned}$$

[Memenuhi]

Dengan demikian disimpulkan bahwa desain baseplate dengan data perencanaan diatas mampu memikul beban terbesar yang bekerja pada struktur.

**DET H**

Skala 1:10

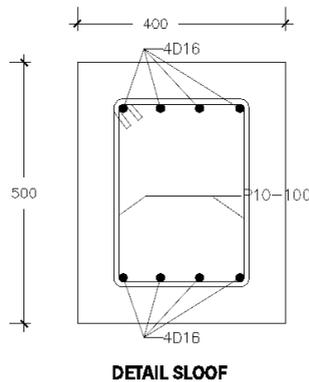
**POT 2-2**

Skala 1:10

Gambar 4. 57 Baseplate kolom

Tul Geser			
$\phi V_c = \phi(0,17 \lambda f_c^{0,5} b_w d)$	$\phi V_c =$	113,7 kN	
$1/2 \phi V_c$	$1/2 \phi V_c =$	56,8 kN	
	$V_u =$	58,8 kN	
Maka :			Dipasang tulangan minimum
Perhitungan tulangan geser			
$s_2 = d/4$		$s =$	101,750 mm
$n \text{ Tul} =$	P	10	- 100

Kemudian hasil perhitungan penulangan disajikan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 4. 58 Penulangan sloof hasil perhitungan

4.6.2.Dinding basement

Dinding basement menerima beban dari tekanan tanah yang ditahannya. Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan penulangan. Dari output tabel ETABS diperoleh $M_u = 30,37 \text{ kNm}$ dan $V_u = 34,64 \text{ kN}$. Perhitungan penulangan dinding basement adalah sebagai berikut.

Perhitungan pelat dinding basement

Data perencanaan

Berat Tanah Timbunan	w	=	15.83 kN/m ³
Sudut Geser Dalam	ϕ	=	5.6°
Tinggi	h	=	2.8 m
Kedalaman tanah	h'	=	1.7 m
Mutu Baja	Fy	=	400 Mpa
Mutu Beton	Fc'	=	30 Mpa
Diameter Tulangan 1	D	=	13 mm
	As	=	133 mm ²
Diameter Tulangan 2	D	=	13 mm
	As	=	133 mm ²
tebal dinding	t wall	=	250 mm
selimut beton (Ps 7.7.1)	c	=	75 mm
	λ	=	1

Analisis Pembebanan

1. Dengan menggunakan teori Rankine, hitung nilai C_a

$$C_a = (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)$$

$$C_a = 0.82$$

maka :

$$P_a = C_a \cdot W \cdot h$$

$$P_a = 36.44 \text{ kN/m}^2$$

2. Momen dan Geser Pada Retaining Wall (ETABS)

Asumsi sebagai kantilever

$$V_{u \text{ maks}} = 84.61 \text{ kN}$$

$$M_{u \text{ maks}} = 29.78 \text{ kNm}$$

Perhitungan Penulangan

1. Pemeriksaan Terhadap Geser

$$d = 162 \text{ mm}$$

$$\phi V_c = \phi (0.17 \lambda f_c^{0.5} b_w d)$$

$$V_c = 309.825 \text{ kN}$$

$$D/C \text{ Ratio } \phi V_c = 0.27$$

[Memenuhi]

2. Untuk Penulangan Lentur Momen Negatif

$R_n = Mu/\phi bd^2$;	R_n	=	1.26
$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0.85 \times f'c}} \right)$			=	0.003
$A_s \text{ perlu} = \rho b d$		$A_s \text{ perlu}$	=	523.92 mm ²
$A_s \text{ min} = \frac{1.4}{f_y} b d$		$A_s \text{ min}$	=	567.00 mm ²
Maka tiap 1 meter dibutuhkan tulangan sebanyak				
		n	=	5
Notasi Tulangan	D	13	-	200

3. Penulangan Lentur Momen Positif :

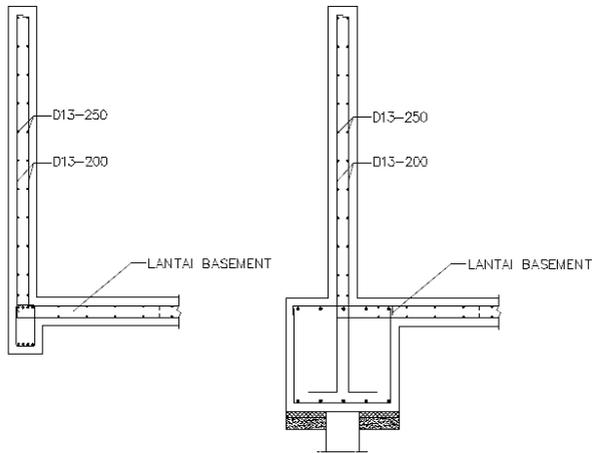
$R_n = Mu/\phi bd^2$;	R_n	=	1.26
$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0.85 \times f'c}} \right)$			=	0.003
$A_s \text{ perlu} = \rho b d$		$A_s \text{ perlu}$	=	523.92 mm ²
$A_s \text{ min} = \frac{1.4}{f_y} b d$		$A_s \text{ min}$	=	567.00 mm ²
Maka tiap 1 meter dibutuhkan tulangan sebanyak				
		n	=	5
Notasi Tulangan	D	13	-	200

4. Tulangan memanjang dalam arah horizontal, dapat diberikan berdasarkan kebutuhan rasio minimum tulangan sebesar 0.0020 (SNI 2847:2013 Pasal 14.3.3).

$$A_s = 0.0020 \times 250 \times 1000$$

		A_s	=	500	mm ²
Maka tiap 1 meter dibutuhkan tulangan sebanyak					
		n	=	4	
Notasi Tulangan	D	13	-	250	

Dari perhitungan diatas maka dilakukan penulangan pelat dinding basement seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 4. 59 Penulangan dinding basement pada hub terhadap sloof dan pile cap pondasi dinding

4.6.3. Perhitungan pondasi

Beban untuk perhitungan pondasi adalah beban akibat struktur di atasnya dalam hal ini ditinjau pada portal 7 adalah kolom C34 sebagai beban terbesar pada struktur sebagai elemen yang ditinjau dalam perhitungan ini.

PERHITUNGAN PONDASI PANCANG		C34 LT1
Input Data		
Diameter pancang	Dp =	0.40 m
Keliling Tiang	$Up = \pi \times D =$	1.26 m
Berat tiang	=	191.00 kg/m
Nilai N-SPT ujung tiang	N1 =	22.00
Nilai N-SPT rata-rata 4D dr ujung tiang	N2 =	22.00
Safety factor (beban tetap)	SF =	3.00
Panjang tiang	$L_{tot} =$	32.50 m
safety factor (beban sementara)	SF =	2.00
Pu kolom	$Pu =$	4496.53 kN
		449.7 ton
Pu bahan	$Pu =$	121.10 ton
Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang		
Daya Dukung Geser Maksimum Dinding Tiang (Rf)		
$\Sigma (li \times fi) =$		307.00 t/m
$Rf = Up \times \Sigma (li \times fi)$		385.79 ton
Daya Dukung Pada Ujung Tiang (Rt)		
$A = 1/4 \times \pi \times D^2$		0.13 m ²
Dengan :		
l =		1.00 m
l/diameter ujung		2.50
4*D tiang		1.60 m
qd/N = dari grafik (gbr 6.7)		15.00
$N = (N1 + N2) / 2$		22.00
$qd = N \times (qd/N)$		330.00 ton/m ²
$Rt = qd \times A$		41.47 Ton
Daya Dukung Ultimate Tiang (Ru)		
$Ru = Rf + Rt$		427.26 ton/tiang
Daya Dukung Ijin Tiang (Ra)		
Wt = berat tiang		0.19 ton/m
Wp = berat total per tiang		6.21 ton/tiang
$Ra = (Ru / Sf) - Wp$		136.21 ton/tiang

Efisiensi Kelompok Tiang

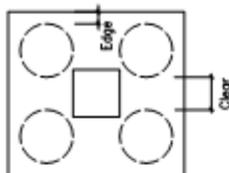
Diameter pile, D	0.40	m
Jarak antar pile, s	2.00	m
$\theta = \text{Arc.Tan } D/s$	11.32	°
Jumlah tiang 1 kolom, m	2.00	pcs
Jumlah tiang 1 baris, n	2.00	pcs
Faktor efektivitas, E_g	0.87	
$1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n}$		
P ijin klpk tiang = n . m . Pijin . E_g	4763.42	kN
P tetap dari kolom	4496.53	kN
P per pancang	112.41	ton/tiang
Kontrol		
P tetap / P ijin < 1 ?	0.94	OK
Pu pancang / Daya Dukung Ijin < 1	0.93	OK

Dari perhitungan diatas maka untuk memikul kolom – kolom utama dapat digunakan 4 buah pancang sedalam 32.5 meter. Pancang – pancang ini kemudian dihubungkan dengan pile cap yang akan dihitung pada perhitungan selanjutnya.

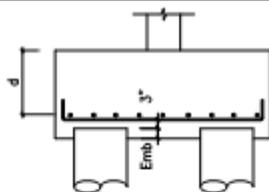
4.6.4.Perhitungan pile cap

Perhitungan pile cap mengacu pada kapasitas ijin kelompok tiang yang terhubung untuk menentukan nilai momen di muka kolomnya. Selain itu pile cap harus dikontrol terhadap geser pons. Berikut adalah perhitungan desain pile cap disajikan dibawah ini.

Pile Cap Design Untuk 4 Tiang Dengan SNI 2847-2013

DESAIN KAPASITAS

PILE PATTERN



SECTION

Data perencana an

Mutu beton	f_c'	=	30	MPa
Kuat leleh tulangan	f_y	=	400	MPa
Diameter pancang	D	=	400	mm
Ukuran kolom (sisi pendek)	C	=	800	mm
Jarak bersih pancang	Clear	=	1600	mm
Jarak tepi	Edge	=	500	mm
Tinggi P.C	h	=	1000	mm
Selimit beton (ps 7.7.1)	c	=	75	mm
Tinggi efektif P.C	d	=	925	mm
Tulangan lentur P.C	D	22	@	175
Rasio sisi panjang/pendek	b_1	=	1	
	λ	=	1	
	α_s	=	40	
	ϕ	=	0.75	
Momen ultimit pada pilecap	M_u	=	2098.115	kNm
V_u kolom = P_u kolom	P_u	=	4196.23	kN
V_u pancang = P_u/n pile		=	1049.0575	kN

Analisis

Jarak pancang (as ke as)	=	2000	mm
Panjang tepi pile cap	=	3000.0	mm

1. Dimensi pile cap

Ketebalan minimum pilecap dibatasi dalam SNI 2847-2013 pasal 15.7 sebesar 300 mm

2. Kuat pile cap terhadap geser pons (punch shear)

Geser dua arah di sekitar kolom			
$b_o = 4(c+d)$, $b_o =$	6900	mm
Geser dua arah di sekitar tiang pancang			
$b_o = 2(\text{tepi} + c/2 + d/2)$, $b_o =$	2325	mm

Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara (Setiawan, 2016)

Geser dua arah di sekitar kolom

$Vc1=0.17 (1+2/\beta c)\lambda v (f'c) b o d$,Vc1 =	17828.78	kN
$Vc2=0.083((\alpha s d)/bo + 2)\lambda v (f'c) b o d$,Vc2 =	21362.11	kN
$Vc3=0.33 \lambda v (f'c) b o d$,Vc3 =	11536.27	kN

Kuat geser pile cap terhadap geser pons harus memenuhi :

			, $\phi Vn =$	8652.20	kN
$Vu > \phi Vn$	4196.23	<	8652		

Memenuhi

Geser dua arah di sekitar tiang pancang

$Vc1=0.17 (1+2/\beta c)\lambda v (f'c) b o d$,Vc1 =	6007.52	kN
$Vc2=0.083((\alpha s d)/bo + 2)\lambda v (f'c) b o d$,Vc2 =	17514.41	kN
$Vc3=0.33 \lambda v (f'c) b o d$,Vc3 =	3887.22	kN

Kuat geser pile cap terhadap geser pons harus memenuhi :

			, $\phi Vn =$	2915.42	kN
	1049.058	<	2915.416		

Memenuhi

3. Periksa penulangan lentur

$$Rn = Mu / (\phi b d^2)$$

$$Rn = 0.908$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0.85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0.85 f'c}} \right]$$

$$\rho_{perlu} = 0.0023$$

$$As = \rho_{perlu} . b . d$$

$$As_{perlu} = 6417.0 \text{ mm}^2$$

$$As = \rho_{min} . b . d$$

$$As_{min} = 4995.0 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 6417.0 \text{ mm}^2$$

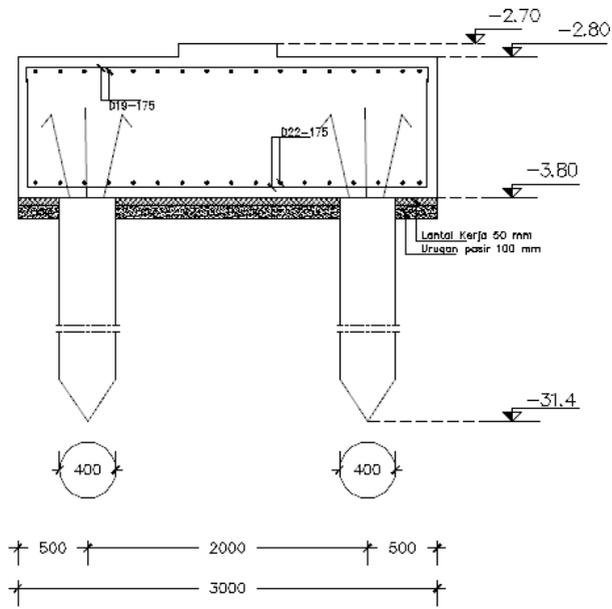
$$As = As . n \text{ tulangan}$$

$$As_{pasang} = 6838.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{kontrol : } As_{pasang} > As_{pakai}$$

Memenuhi

Maka Pile cap dengan ukuran 3000 x 3000 x 1000 mm yang dipasang tulangan D22 – 175 mampu memikul beban yang bekerja dari kolom di atasnya dan menghubungkan tiang pancang dengan diameter 400 mm.



Gambar 4. 60 Detail pile cap yang di desain

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

METODE PELAKSANAAN

5.1. Spesifikasi Teknis Pekerjaan

5.1.1. Lingkup Pekerjaan

Pekerjaan yang dibahas pada proyek akhir ini meliputi pekerjaan pemasangan balok, kolom, dan SPSW secara tipikal tiap lantai seperti yang tercantum dalam gambar perencanaan struktur, termasuk bahan-bahan dan peralatan bantu lainnya yang dibutuhkan untuk melaksanakan pekerjaan dengan baik.

5.1.2. Bahan-Bahan

Material baja yang digunakan merupakan baja Hot Rolled Structural Steel dengan mutu A36 untuk seluruh bahan kecuali untuk VBE dari SPSW yang menggunakan mutu SM490Y. Mutu A36 memiliki kuat leleh 36 ksi atau sebesar 248 MPa dan baja SM490Y memiliki kuat leleh sebesar 325 MPa.

5.1.3. Syarat-Syarat Pelaksanaan

1. Gambar Kerja

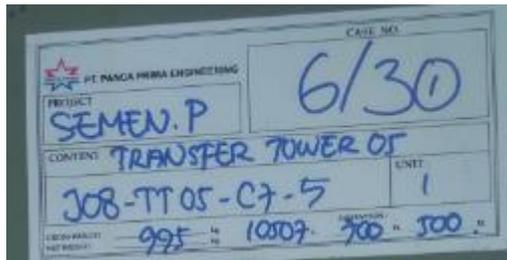
Agar suatu gambar rencana dapat difabrikasi maka gambar rencana tersebut harus diolah menjadi gambar kerja atau shop drawing. Shop drawing umumnya dibuat oleh kontraktor pelaksana dengan persetujuan oleh konsultan pengawas dan pemilik pekerjaan. Shop drawing yang digunakan dalam fabrikasi struktur baja meliputi General assembly drawing, Assembly drawing dan single part drawing. General assembly drawing berfungsi menggambarkan bentuk struktur setelah dilakukan perakitan secara utuh beserta Assembly part yang menyusunnya.. Assembly

drawing berfungsi menggambarkan bentuk komponen struktur setelah dirakit beserta macam – macam part yang menyusunnya.

Pihak suplier baja membuat Bill of Material (BOM) yang memuat daftar setiap single part material yang meliputi assembly list, bolt list, dan Material Take Off (MTO). Setelah itu, material difabrikasi sesuai permintaan pihak kontraktor. Kemudian suplier baja membuat daftar pengiriman baja yang akan dikirim ke lapangan.

2. Marking Komponen

Untuk memudahkan dalam pelaksanaan, setiap item material harus diberi tanda kode dengan jelas yang tercatat dalam setiap gambar kerja yang bersangkutan.



Gambar. 5 1 Contoh marking komponen

3. Pengelasan

Pengelasan dilakukan sesuai standard pengelasan menurut AWS D1.1. Pengelasan menggunakan mesin las listrik. Kontraktor menyediakan tukang las berpengalaman yang baik. Sebelum dilakukan pengelasan, material harus dibersihkan dahulu dari cat, minyak, karat, dan bekas-bekas potongan api yang kasar agar tidak menimbulkan slag saat pengelasan. Kotoran tersebut digerinda secara rata hingga kotoran-kotoran tersebut hilang. Pada pekerjaan pengelasan lebih dari satu kali, maka sebelum pengelasan berikutnya harus dibersihkan dahulu slag yang menempel pada

material. Tebal lapisan sekali pengelasan maksimum 7 mm. Lapisan las yang berpori, retak, rusak harus dibuang.

Untuk menganalisa hasil pengelasan menggunakan metode pengujian Non Destructive Test (NDT) untuk mengetahui kualitas hasil pengelasan dan menganalisa cacat yang terjadi dengan tidak merusak material. Welding Inspector harus melakukan analisa hasil pengelasan. Hal pertama yang dilakukan dengan cara Visual Test yaitu dengan cara melihat dengan teliti hasil pengelasan. Pengujian selanjutnya menggunakan metode Radiography Test sesuai persyaratan menurut AWS D1.0 , ASTM E114-75, ASTM E109. Bila terjadi kerusakan maka segala macam biaya yang menyangkut perbaikan harus ditanggung oleh kontraktor. Seluruh biaya pengujian hasil las menjadi tanggung jawab kontraktor.

4. Pembautan

Lubang-lubang baut harus tepat dan sesuai dengan diameter pada dokumen perencanaan. Kontraktor tidak boleh mengubah atau membuat lubang baru dilapangan. Membuat lubang menggunakan api sama sekali tidak diperkenankan. Baut pada sambungan harus berkualitas baik dan baru. Mutu baut yang digunakan adalah A490. Lubang baut dibuat maksimum 2mm lebih besar dari lubang baut. Pemasangan dan pengencangan baut harus dilakukan dengan baik sehingga tidak menimbulkan momen torsi yang berlebihan pada baut yang akan mengurangi kekuatan baut. Panjang baut harus sedemikian rupa, sehingga setelah dikencangkan masih dapat paling sedikit 4 ulir menonjol pada permukaan, tanpa menimbulkan kerusakan pada baut. Baut harus dilengkapi 2 ring, masing-masing 1 buah disetiap kedua sisinya. Baut yang sudah dikencangkan ditandai dengan cat, guna menghindari baut yang tidak dapat dikencangkan.

5. Pemotongan

Semua bekas pemotongan besi harus rapi dan rata. Pemotongan dapat menggunakan gergaji besi dan juga api (flame cut).

6. Pengecatan

Pengecatan dilakukan dengan sebelumnya terlebih dahulu dilakukan pengupasan kerak karat dengan sand blasting atau penyemprotan pasir kuarsa bertekanan pada elemen yang akan di las. Setelah dilakukan sand blasting struktur kemudian dicat dengan satu lapis cat primer dan dua lapis cat permukaan.

7. Penyimpanan

Material yang telah dikirim disimpan sesuai lokasi komponen tersebut akan dipasang dengan memperhatikan tempat penyimpanan sehingga tidak merusak material yang akan dipasang.

8. Pemasangan Balok, Kolom, dan SPSW

Pemasangan balok, kolom, dan SPSW harus sesuai dengan sambungan baut dan sambungan las yang direncanakan dalam gambar rencana. Sebelum pemasangan dimulai, kontraktor memeriksa kembali kedudukan angker-angker baja dan berkordinasi dengan eksekutor ereksi terkait metode pelaksanaan pekerjaan agar pekerjaan berjalan lancar. Pekerja wajib menggunakan peralatan keamanan seperti ikat pinggang pengaman, safety helmet, sarung tangan, dan pemadam kebaran untuk pekerja. Pekerjaan pemasangan dikepalai oleh seseorang yang benar-benar ahli dan berpengalaman. Kegagalan dalam pemasangan menjadi tanggung jawab kontraktor. Segala material yang rusak tidak boleh digunakan pada pekerjaan pemasangan.

9. Pemeriksaan akhir

Setelah pemasangan dilakukan seluruh komponen yang telah terpasang wajib diperiksa oleh petugas Quality Assurance dan disetujui oleh pemilik pekerjaan. Hasil pekerjaan yang ditolak wajib diperbaiki atau diganti.

5.2. Metode Pelaksanaan

5.2.1. Perencanaan Alat Berat

Alat berat yang digunakan pada pemasangan balok, kolom, dan SPSW harus sesuai dengan beban maksimal yang akan diangkat. Beban maksimal yang akan diangkat adalah satu buah kolom H400x400x35x45 dengan berat per meter 400 kg sepanjang 12 meter sehingga beban maksimalnya sebesar 4.6 ton.

Sedangkan panjang lengan yang dibutuhkan tower crane agar kebutuhan material selama pelaksanaan terpenuhi sebesar 50m. Sehingga tower crane yang direncanakan dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Merk	: JASO J300-2R
Tinggi	: 54,46m
Panjang Jib	: 50m
Kapasitas maksimal	: 5,8 ton

5.2.2. Perencanaan Alur Pekerjaan

Pembangunan gedung dengan struktur baja meliputi proses ereksi elemen – elemen struktur. Dalam bagian ini hanya akan dibahas pelaksanaan ereksi balok, kolom dan SPSW.

1. Pemasangan Kolom
 - a. Mempersiapkan kebutuhan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) untuk para pekerja agar terhindar dari kecelakaan saat bekerja.
 - b. Memeriksa elevasi pedestal sebelum ereksi

- c. Mengaitkan hook crane pada kolom yang akan dipasang.



Gambar. 5 2 Pengaitan hook ke kolom

- d. Memasang kolom pada pedestal

Pekerja memasang dan mengencangkan baut pada pedestal dan baseplate dengan kolom sementara ditahan oleh crane.



Gambar. 5 3 Pemasangan kolom ke pedestal



Gambar. 5 4 Kolom ditahan oleh crane



Gambar. 5 5 Kolom - kolom terpasang

Setelah seluruh kolom terpasang maka dapat dilanjutkan dengan pemasangan balok – balok.

2. Pemasangan Balok Induk dan Balok Anak
 - a. Mempersiapkan dan memastikan seluruh kebutuhan K3 pekerja terpenuhi untuk mengantisipasi kecelakaan kerja.
 - b. Mengikat balok yang akan diangkat



Gambar. 5 6 Ikatan sling pada balok baja

Pengangkatan disarankan tidak menggunakan rantai agar tidak licin.

- c. Mengangkat balok yang akan dipasang



Gambar. 5 7 Setting posisi elemen oleh pekerja

- d. Memasang baut – baut pada sambungan



Gambar. 5 8 Pemasangan baut – baut sambungan

Setelah diperiksa bahwa posisi seluruh elemen balok yang dipasang sudah benar maka dilakukan pengencangan baut dan pengelasan untuk sambungan las yang dilakukan di lapangan.

3. Pemasangan SPSW
- Mempersiapkan dan memeriksa seluruh kebutuhan K3.
 - Mengaitkan elemen web spsw pada kait crane



Gambar. 5 9 Pengangkatan elemen spsw

- c. Setting posisi elemen web spsw



Gambar. 5 10 Setting posisi spsw

- d. Melakukan las sementara (tack weld) pada sambungan – sambungan spsw.
e. Melakukan las permanen pada sambungan

Setelah bangunan setting dan dianggap tidak akan mengalami deformasi akibat konstruksi lagi. Hal ini dilakukan untuk menghindari tegangan – tegangan akibat deformasi struktur yang tidak perlu.

4. Pengecoran pelat lantai
a. Pekerja menyiapkan peralatan standar K3 sebelum pemasangan.
b. Memasang bondek diatas balok – balok



Gambar. 5 11 Pemasangan pelat bondek

c. Memasang stud dengan stud welder

Karena pelat tidak direncanakan sebagai pelat komposit maka jarak antar stud yang dipasang adalah sejarak kekangan lateral balok. Dalam hal ini stud berfungsi sebagai kekangan lateral untuk mencegah balok mengalami global buckling.



Gambar. 5 12 Pemasangan stud

- d. Memasang tulangan pelat
- e. Melakukan pengecoran dan finishing cor

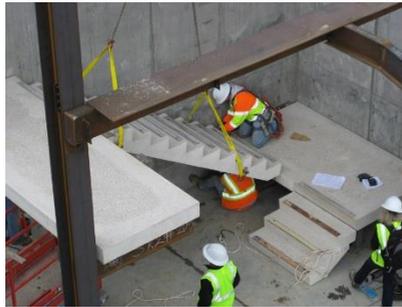
5. Pemasangan Tangga Pracetak

- a. Pekerja menyiapkan peralatan standar K3 sebelum pemasangan.
- b. Mengangkat tangga dengan crane



Gambar. 5 13 Pengangkatan tangga

c. Setting posisi tangga



Gambar. 5 14 Setting posisi tangga pracetak

d. Las sambungan tangga dan tumpuan

BAB VI PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perhitungan struktur maka disimpulkan data – data perencanaan rangka pemikul momen khusus sebagai berikut :
 - a. Dari perhitungan struktur sekunder:
 - 1) Pelat lantai : *Super floor deck* tebal = 100 mm
 - 2) Balok anak lt 1 dan 2 : W400x200x8x13
 - 3) Balok anak lt 3 s/d atap : W350x175x7x11
 - 4) Balok lift : W350x175x7x11
 - 5) Tangga pracetak : tebal = 140 mm
 - 6) Pelat lantai basement : tebal = 250 mm
 - b. Dari hasil perhitungan struktur primer:
 - 1) Balok lt 1 dan 2 : W400x200x9x16
 - 2) Balok lt 3 sd atap : W400x200x8x13
 - 3) Balok memanjang : W350x175x7x11
 - 4) Kolom utama lt 1 s/d 5 : H300x300x24x29
 - 5) Kolom utama lt 6 s/d atap : H300x300x18x23
 - 6) VBE : H400x400x35x45
 - 7) HBE : W400x200x9x19
 - 8) Pelat spsw : tebal = 4 mm
 - c. Bangunan bawah
 - 1) Kedalaman pacang : 32.5 m
 - 2) Dimensi pile cap 3 x 3 x 1 meter
 - 3) Dimensi Sloof : 40 x 50
 - 4) Dinding basement : tebal : 250 mm
2. Detail hubungan balok kolom untuk memastikan terjadinya sendi plastis dapat tercapai adalah dengan menggunakan sambungan *Unstiffened Welded Flanges* sesuai dengan AISC 354-10.

3. Sambungan antara pelat spsw dan elemen – elemen batas menggunakan sambungan las *lap joint*.
4. Rancangan pondasi untuk memikul beban – beban digunakan pondasi tiang pancang sedalam 32.5 m dan dihubungkan dengan pilecap yang dikontrol terhadap kuat lentur dan geser pons.
5. Metode pelaksanaan pekerjaan pemasangan SPSW yang benar adalah dengan tidak melakukan sambungan permanen terlebih dahulu sebelum struktur dianggap tidak mengalami deformasi akibat proses konstruksi.
6. Semua detail hasil perencanaan dapat dilihat pada lampiran gambar rencana.

6.2. Saran

1. Sebaiknya dikembangkan peraturan gempa yang secara khusus mengakomodir desain menggunakan SPSW karena peraturan yang ada saat ini mengelompokkan SPSW dalam kategori “struktur lainnya” yang mana berarti dianggap memiliki perilaku mirip dengan sistem ganda SRPMK beton dan dinding geser beton sedangkan kenyataannya SPSW jauh lebih lentur sehingga menghasilkan perhitungan periode bangunan estimasi yang sangat jauh dari keadaan pada permodelan struktur.
2. Pembaca yang memiliki ketertarikan terhadap topik struktur baja sebaiknya melakukan tinjauan terhadap peraturan – peraturan baja khususnya untuk keperluan kegempaan yang pada saat ini berkiblat ke peraturan baja amerika serikat, AISC.

DAFTAR PUSTAKA

- AISC. (2002). *Detailing For Steel Construction*. American Institute of Steel Construction.
- AISC. (2010). *AISC 340-10 Seismin Provision for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Construction.
- AISC . (2010). *AISC 358-10 Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*. American Institute of Steel Construction.
- BSN. (2012). *SNI 1726-2012* . Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Carter, C. J. (1999). *DG 13 Stiffening of Wide-Flange Columns at Moment Connections : Wind and Seismic Applications*. American Institute of Steel Construction, Inc.
- CE IIT-Kharagpur. (2006). *Lesson 20 Types and Design of Staircase*. Kharagpur: Indian Institute of Technology Kharagpur.
- Dardis, J. (2016, OCTOBER). THE RIGHT MOMENT. *MODERN STEEL CONSTRUCTION*.
- Ferrell, M. T. (1998). Moment Connection to Column Web. *National Steel Construction Conference*.
- Green, P. S., Sputo, T., & Veltri, P. (2003). *Connections Teaching Toolkit : A Teaching Guide for Structural Steel Connection*. AISC.
- Imran, I., & Hendrik, F. (2010). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: Penerbit ITB.
- Murata, R., Masumoto, S., Sawahara, A., Harada, K., & Yamanari, M. (2012). *Knowledge-based Structural Design System of*

- Steel Deck Slab for Beginners*. Kumamoto: Graduate School of Science and Technology Kumamoto University Japan.
- NIST. (2009). *NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 2, Seismic Design of Steel NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 2, Seismic Design of Steel*. NIST.
- Pamungkas, A., & Harianti, E. (2013). *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Precast Concrete Institute. (2010). *PCI Design Handbook 7th Edition*. Precast Concrete Institute.
- Sabelli, R., & Bruneau, M. (2006). *Steel Design Guide 20 Steel Plate Shear Wall*. American Institute of Steel Construction.
- Setiawan, A. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 - 2013*. Jakarta: Erlangga.

BIODATA PENULIS

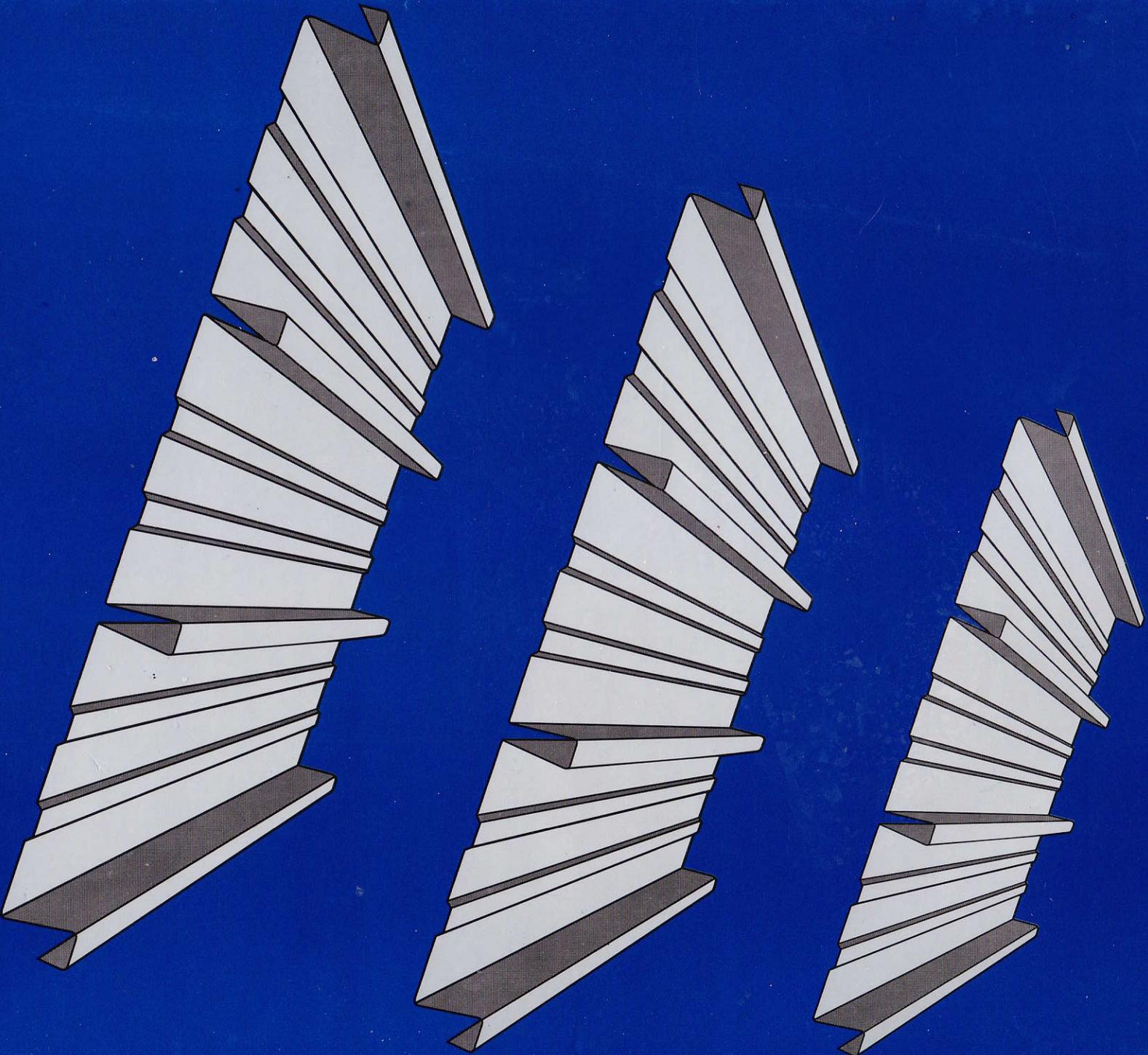


Penulis memiliki nama lengkap Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta dilahirkan di Bantul, 01 Juni 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SMA Seminari Petrus van Diepen, Sorong Papua Barat. Setelah lulus dari pendidikan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2013, penulis menempuh pendidikan program Diploma III di Universitas Gajah Madah pada tahun 2013 dan tercatat dengan nomor registrasi 13/355515/SV/5141. Penulis lulus dari program Diploma III pada tahun 2016 dan Pada tahun 2017 penulis mengikuti ujian masuk Lanjut Jenjang Diploma IV Teknik Sipil ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil Bangunan Gedung dengan nomor registrasi 10111715000013.

Kontak

Email : adhyatmasunu@gmail.com

Super Floor Deck®



Super Floor Deck® adalah bahan lembaran panel berbentuk plat gelombang yang terbuat dari baja struktural bermutu tinggi dengan High-tensile steel JIS 3302 (570 N/mm²), dan berfungsi sebagai bekisting tetap dan penulangan positif satu arah pada lantai beton bangunan bertingkat.

Tebal bahan yang tersedia adalah 0.75 mm dan 1.00 mm dengan lapisan seng minimum 220 gr/m².

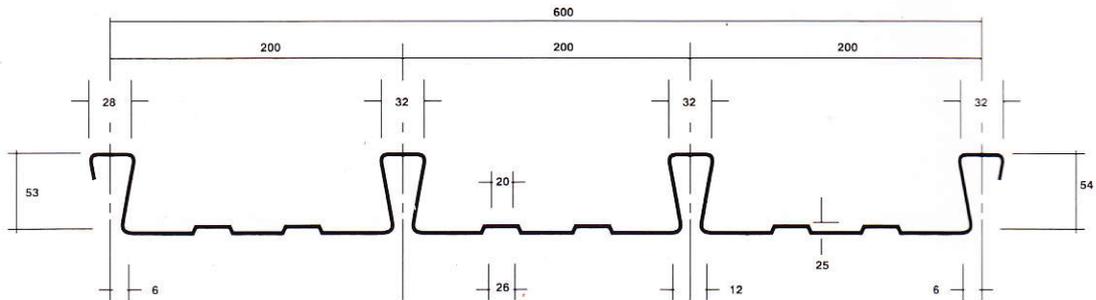
Super Floor Deck® dapat dipesan sesuai panjang yang dibutuhkan. Untuk memudahkan dalam pemasangan dan pengangkutan, dianjurkan panjang maximum 12 meter.

KEUNGGULAN-KEUNGGULAN **Super Floor Deck**®

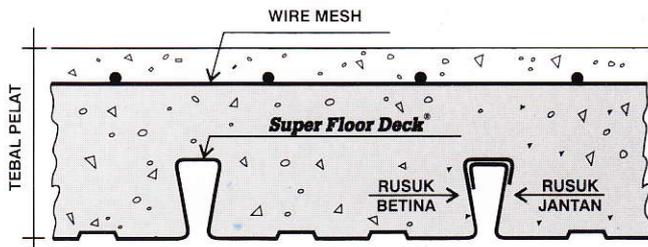
- pemasangan yang cepat dan mudah.
- Sebagai pengganti tulangan positif searah.
- Ketahanannya terhadap kebakaran lebih baik.
- Dapat difinishing dengan cat sebagai plafond.
- Baja berkekuatan tinggi yang memberlkan platform kerja yang lebih aman.

SPESIFIKASI

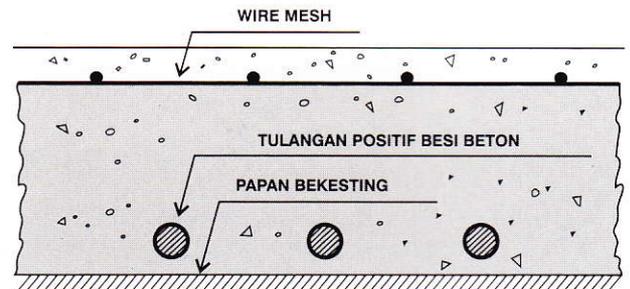
Bentuk gelombang dan ukuran **Super Floor Deck**®



Berat per satuan luas : 10,10 Kg/M² untuk ketebalan 0,75 mm
 Berat per satuan panjang : 6,06 Kg/M²



SUPER KOMPOSIT PELAT BETON



KONVESIONAL PELAT BETON

PERBANDINGAN	Jenis Bekisting	Bentang m	Beban kg/m ²	Tebal cm	Tulangan Positif
KONVENSIONAL PELAT BETON	Kayu	4.5	400	14	O 12 mm
SUPER KOMPOSIT PELAT BETON	Super Floor Deck ®	4.5	400	11	Tidak Perlu

CARA PEMASANGAN

Lembaran **Super Floor Deck**® diletakkan diatas balok-balok pemikul (beam), baik diatas kontruksi beton maupun pada kontruksi baja, kemudian segera dimatikan/dipakukan atau di-las, jika perletakan di alas kontruksi baja. Hal tersebut untuk menghindari dari geseran perletakan lembaran **Super Floor Deck**® pada kedudukannya. Cara perletakan **Super Floor Deck**® pada umumnya minimum 5 cm dari bibir balok pemikul. Untuk sambungan arah memanjang, jarak perletakan **Super Floor Deck**® satu dengan lainnya diusahakan seminimal mungkin. Usahakan perletakan lembaran **Super Floor Deck**® bisa menutup dua atau tiga bentangan balok pemikul (continuous span), agar lebih praktis dan menghemat waktu baik dalam pemasangan maupun dalam pengangkutan. Lembaran **Super Floor Deck**® pada waktu beton masih basah berfungsi sebagai bekisting dan merupakan lantai kerja paling aman bagi pekerja lainnya. Tapi hindarkan terjadinya pemusatan beban diatas lembaran **Super Floor Deck**® yang belum berfungsi tersebut. Disarankan, gunakanlah papan balok kayu untuk lintasan jalan para pekerja.

CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BAJA

Setelah konstruksi baja selesai dipasang dan balok-balok (beam) nya sudah dilot water pas, lembaran **Super Floor Deck**® segera dipasang. Biasanya pada konstruksi baja pemasangan **Super Floor Deck**® dengan cara bentang menerus, kemudian dimatikan dengan las listrik atau paku tembak.

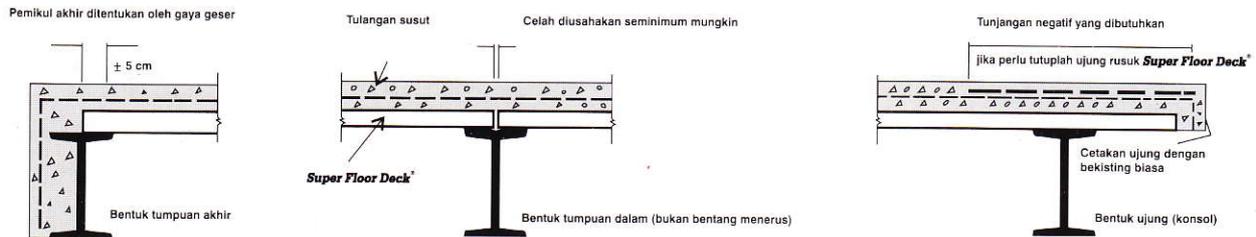
Syarat-syarat cara pengikatan

1. Dengan cara pengelasan:

Pada bagian ujung **Super Floor Deck**® dan dibawah kaki rusuk dilas dengan las cantum berdiameter 1 cm. Pada balok pemikul tengah, lembaran dilas pada bagian rata kaki rusuk betina disetiap lembaran **Super Floor Deck**®. Mutu kawat las yang digunakan berukuran 3,25 mm, dengan baja celulose AC/DC bermutu tinggi. Cara pengelasannya dilakukan dari atas ke bawah.

2. Dengan cara pemakuan:

Bisa dengan paku keling biasa atau paku tembak. Bisa juga menggunakan paku berdiameter 4 mm. Kalau balok pemikul baja (beam), diperhitungkan sebagai balok T komposit, maka bisa digunakan paku berdiameter 10- 16 mm dilas ke balok baja pemikul dan berfungsi sebagai penahan geser.



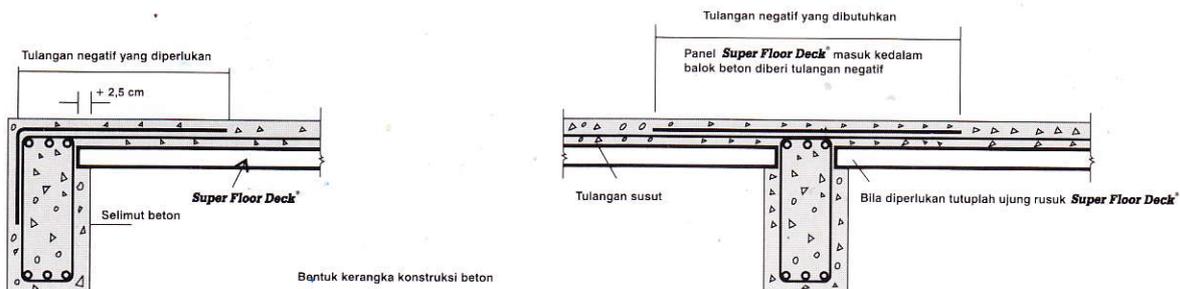
CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BETON

Memasang lembaran **Super Floor Deck**® di atas konstruksi beton pada umumnya dipasang sebagai bentang tunggal karena pengecoran balok dan lantai bersamaan, yaitu untuk menghemat waktu pekerjaan cor dan supaya menghasilkan balok T sesuai perencanaan.

Syarat-syarat cara pengikatan

1. Lembaran **Super Floor Deck**® dipasang diantara dua balok pemikul sebagai bentang tunggal. Ada dua cara pemasangan, yaitu lembaran **Super Floor Deck**® dimatikan pada balok pemikul yang sudah dicor atau diletakkan di atas papan bekisting balok pemikul/dinding dengan jarak 2,5 cm dari sisi balok, sebelum balok/dinding dicor.

2. Lembaran **Super Floor Deck**® dipasang di atas beberapa balok pemikul sebagai bentang menerus. Pada waktu pengecoran balok-balok pemikul, siapkan angkur-angkur atau stek besi yang akan ditanam ke dalam coran beton tadi. **Super Floor Deck**® diletakkan setelah dilubangi sesuai dengan jarak angkur-angkur atau stek besi tersebut. Setelah angkur-angkur/stek besi dibengkokkan, selanjutnya pengecoran dilaksanakan.

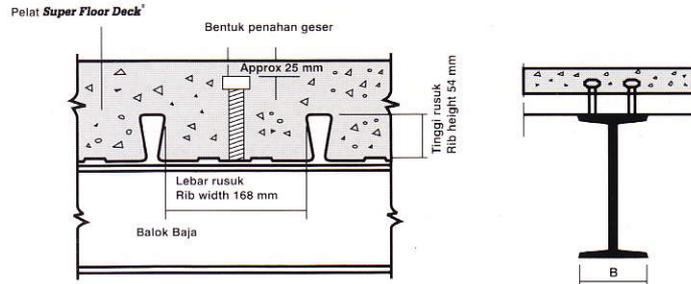


TIANG PENYANGGA SEMENTARA

Sebelum **Super Floor Deck** dicor dengan adukan beton, terlebih dahulu disangga oleh tiang penyangga sementara, terbuat dari kayu dolken atau papan, terutama untuk bentang besar. Hal ini untuk menghindari lendutan akibat pembebanan sementara **Super Floor Deck** belum berfungsi. Biasanya tiang penyangga sementara ini dilepas setelah beton berumur 7 sampai 14 hari.

PENAHAN GESER

Penahan geser dibutuhkan untuk ikatan antara lantai beton dengan balok pemikul dibawahnya. Terbuat dari besi beton dengan diameter antara 10 sampai 16 mm. Ada juga yang dibuat seeara khusus. Tinggi maksimum di bawah permukaan akhir plat beton 2 cm. Adapun jaraknya harus dihitung berdasarkan diagram gaya lintang balok.



TULANGAN SUSUT

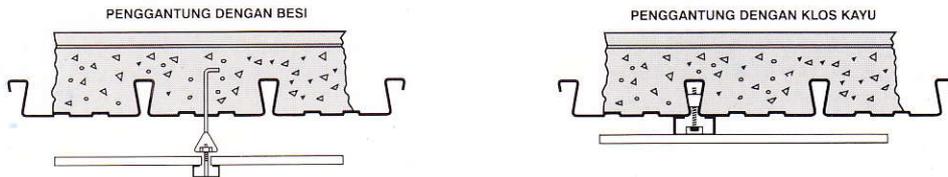
Disarankan memakai Tulangan Susut yang berfungsi selain untuk mengatasi keretakan lantai beton akibat perubahan temperatur dan juga menyebarkan pembebanan. Untuk plat tebal antara 9-12 cm, bisa digunakan jaring kawat berdiameter 5 mm dan 6 mm untuk tebal antara 13-16 cm

SYARAT-SYARAT MUTU BETON

Disarankan kekuatan tekanan karakteristik minimum 200 kg/Cm² (K-200) dan harus tercapai setelah beton berumur 28 hari dan harus memenuhi syarat - syarat PBI 1971 (NI - 2)

PEKERJAAN LANGIT-LANGIT

Langit-langit yang menggantung bisa dibuat penggantung dari kawat baja yang di tanam ke dalam plat beton sebelum di-cor. Atau pada alur gelombang **Super Floor Deck** dipasang rusuk dari kayu dan berfungsi sebagai pengikat. Penyemprotan dengan bahan plesteran seperti gips, vermikulit, bisa langsung disemprotkan kepermukaan bagian bawah **Super Floor Deck**





JFE

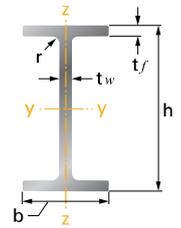
WIDE FLANGE SHAPES



JFE Steel Corporation

	Nominal Size	Section Dimensions (mm)					Area of Section (cm ²)	Mass per Metre (kg/m)	Second Moment of Area (cm ⁴)		Elastic Modulus (cm ³)		Plastic Modulus (cm ³)	
	h x b	h	b	t _w	t _f	r			Axis y-y I _y	Axis z-z I _z	Axis y-y Wel.y	Axis z-z Wel.z	Axis y-y Wpl.y	Axis z-z Wpl.z
Medium Width	600 x 300	*594	302	14	23	13	217.1	170	134,000	10,600	4,500	700	5,060	1,080
		588	300	12	20	13	187.2	147	114,000	9,010	3,890	601	4,350	921
		*582	300	12	17	13	169.2	133	98,900	7,660	3,400	511	3,820	786
	500 x 300	*494	302	13	21	13	187.0	147	81,700	9,650	3,310	639	3,700	978
		488	300	11	18	13	159.2	125	68,900	8,110	2,820	540	3,130	825
		*482	300	11	15	13	141.2	111	58,300	6,760	2,420	450	2,700	690
	450 x 300	*446	302	13	21	13	180.8	142	65,000	9,650	2,920	639	3,250	976
		440	300	11	18	13	153.9	121	54,700	8,110	2,490	540	2,760	976
		*434	299	10	15	13	131.6	103	45,500	6,690	2,090	447	2,320	682
	400 x 300	390	300	10	16	13	133.3	105	37,900	7,200	1,940	480	2,140	730
		*386	299	9	14	13	117.4	92.2	32,900	6,240	1,700	417	1,870	634
	350 x 250	340	250	9	14	13	99.53	78.1	21,200	3,650	1,250	292	1,380	445
		*336	249	8	12	13	86.17	67.6	18,100	3,090	1,070	248	1,190	378
	300 x 200	*298	201	9	14	13	82.03	64.4	13,100	1,900	878	189	982	289
		294	200	8	12	13	71.05	55.8	11,100	1,600	756	160	842	245
	250 x 175	244	175	7	11	13	55.49	43.6	6,040	984	495	112	550	172
200 x 150	194	150	6	9	8	38.11	29.9	2,630	507	271	67.6	301	103	
Small Width	600 x 200	*612	202	13	23	13	168.0	132	101,000	3,170	3,310	314	3,820	495
		*606	201	12	20	13	149.8	118	88,300	2,720	2,910	270	3,360	426
		600	200	11	17	13	131.7	103	75,600	2,270	2,520	227	2,900	358
		*596	199	10	15	13	117.8	92.4	66,600	1,980	2,240	199	2,580	312
	500 x 200	*506	201	11	19	13	129.3	102	55,500	2,580	2,190	256	2,500	399
		500	200	10	16	13	112.3	88.2	46,800	2,140	1,870	214	2,130	333
		*496	199	9	14	13	99.29	77.9	40,800	1,840	1,650	185	1,870	288
	450 x 200	*456	201	10	17	13	112.0	87.9	39,800	2,310	1,750	229	1,980	355
		450	200	9	14	13	95.43	74.9	32,900	1,870	1,460	187	1,650	290
		*446	199	8	12	13	82.97	65.1	28,100	1,580	1,260	159	1,420	245
	400 x 200	*404	201	9	15	13	95.41	74.9	27,200	2,030	1,350	202	1,510	312
		400	200	8	13	13	83.37	65.4	23,500	1,740	1,170	174	1,310	267
		*396	199	7	11	13	71.41	56.1	19,800	1,450	999	145	1,110	223
	350 x 175	*354	176	8	13	13	73.45	57.7	16,000	1,180	906	134	1,020	208
		350	175	7	11	13	62.91	49.4	13,500	984	771	112	864	173
		*346	174	6	9	13	52.45	41.2	11,000	791	638	91.0	712	140
	300 x 150	300	150	6.5	9	13	46.78	36.7	7,210	508	481	67.7	542	105
		*298	149	5.5	8	13	40.80	32.0	6,320	442	424	59.3	475	91.8

Notes : Some sizes are not manufactured constantly, so please contact us in advance.
Standard of sizes marked with * are SS and SM.

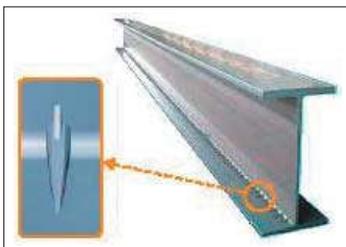


JFE Special Type H-Shapes

J grip-H, Stripe-H, JFE Embossed-H

	Nominal Size	Section Dimensions (mm)					Area of Section (cm ²)	Mass per Metre (kg/m)	Second Moment of Area (cm ⁴)		Elastic Modulus (cm ³)		Plastic Modulus (cm ³)	
		h x b	h	b	t _w	t _f			r	Axis y-y I _y	Axis z-z I _z	Axis y-y Wel.y	Axis z-z Wel.z	Axis y-y Wpl.y
J grip-H	600 x 300	640	307	19	40	13	353.5	555	250,000	19,300	7,820	1,260	8,900	1,940
		632	307	19	36	13	328.9	258	225,000	17,400	7,130	1,130	8,120	1,750
		624	304	16	32	13	285.6	448	195,000	15,000	6,260	987	7,050	1,520
		616	302	14	28	13	249.0	195	168,000	12,900	5,450	852	6,110	1,310
		610	300	12	25	13	218.7	172	147,000	11,300	4,820	751	5,370	1,150
Stripe-H	300 x 300	350	333	35	40	13	362.4	287	70,400	24,700	4,020	1,480	4,790	2,300
		348	332	34	39	13	352.2	279	68,000	23,900	3,910	1,440	4,640	2,230
		344	330	32	37	13	332.1	263	63,300	22,200	3,680	1,350	4,350	2,090
		340	328	30	35	13	312.1	248	58,800	20,700	3,460	1,260	4,070	1,950
		336	326	28	33	13	292.2	232	54,400	19,100	3,240	1,170	3,790	1,810
		332	324	26	31	13	272.5	217	50,200	17,600	3,020	1,090	3,520	1,680
		328	322	24	29	13	253.0	201	46,100	16,200	2,810	1,010	3,250	1,540
		324	320	22	27	13	233.7	186	42,100	14,800	2,600	925	2,990	1,420
		320	323	25	25	13	230.5	184	39,600	14,100	2,480	873	2,860	1,350
		318	317	19	24	13	204.9	163	36,300	12,800	2,280	808	2,600	1,230
		316	316	18	23	13	195.4	156	34,500	12,100	2,180	766	2,480	1,170
		312	314	16	21	13	176.5	141	30,800	10,800	1,970	688	2,230	1,050
		308	312	14	19	13	157.8	126	27,300	9,630	1,770	617	1,990	939
	304	310	12	17	13	139.3	112	24,000	8,450	1,580	545	1,750	828	
	300	308	10	15	13	120.9	97.4	20,700	7,310	1,380	475	1,520	719	
	200 x 200	212	208	12	18	13	97.45	78.0	7,720	2,700	728	260	832	397
		210	207	11	17	13	91.19	73.1	7,180	2,520	684	243	777	371
		208	206	10	16	13	84.97	68.2	6,650	2,330	639	226	723	345
		204	205	9	14	13	74.69	60.1	5,700	2,010	559	196	627	299
		200	204	8	12	13	64.49	52.1	4,800	1,700	480	167	535	254
150 x 150		160	159	12	15	8	63.85	51.4	2,760	1,010	345	127	400	195
		158	158	11	14	8	59.09	47.6	2,520	922	319	117	368	179
		154	157	10	12	8	51.23	41.4	2,110	775	274	98.7	313	152
	150	155	8	10	8	41.95	34.1	1,690	621	225	80.1	254	123	
Embossed-H	Grid pattern	190	197	5.4	7.7	13	41.22	34.3	3,050	1,040	321	106	330	152
	Longitudinal type	190	197	5.4	7.8	13	45.60	35.5	3,250	1,100	342	113	372	155

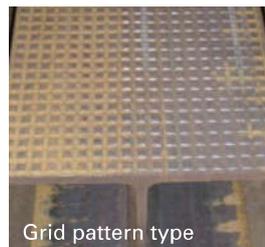
Notes : Some sizes are not manufactured constantly, so please contact us in advance.



J grip-H



Stripe-H



Grid pattern type

JFE Embossed-H



Longitudinal type

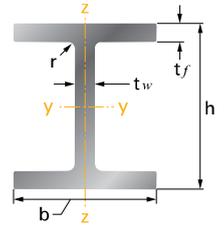
JFE Embossed-H

J-grip H and Stripe-H have been developed for steel-concrete composite structure.
Embossed H-Shapes have been developed for Steel Road Deck.
For more information, please consult us.

Nominal Size	Section Dimensions (mm)					Area of Section (cm ²)	Mass per Metre (kg/m)	Second Moment of Area (cm ⁴)		Elastic Modulus (cm ³)		Plastic Modulus (cm ³)	
	h x b	h	b	t _w	t _f			r	Axis y-y I _y	Axis z-z I _z	Axis y-y Wel.y	Axis z-z Wel.z	Axis y-y Wpl.y
SH 500 x 300	500	300	16	32	13	263.2	207	117,000	14,400	4,680	961	5,280	1,470
	500	300	16	28	13	240.5	189	106,000	12,600	4,240	841	4,790	1,290
	500	300	16	25	13	223.4	175	97,600	11,300	3,900	751	4,400	1,160
	500	300	16	22	13	206.4	162	88,800	9,920	3,550	661	4,020	1,020
	500	300	12	25	13	205.4	161	94,500	11,300	3,780	751	4,200	1,140
	500	300	12	22	13	188.2	148	85,700	9,910	3,430	661	3,810	1,010
	500	300	12	19	13	170.9	134	76,600	8,560	3,060	571	3,420	873
	500	300	12	16	13	153.6	121	67,300	7,210	2,690	481	3,010	738
SH 500 x 250	500	250	12	28	13	194.7	153	87,500	7,300	3,500	584	3,930	892
	500	250	12	25	13	180.4	142	80,400	6,520	3,220	521	3,610	799
	500	250	12	22	13	166.2	130	73,100	5,740	2,920	459	3,290	705
	500	250	9	22	13	152.5	120	70,700	5,730	2,830	459	3,130	698
	500	250	9	19	13	138.0	108	63,100	4,950	2,530	396	2,800	604
	500	250	9	16	13	123.6	097.0	55,300	4,170	2,210	334	2,460	511
SH 500 x 200	500	200	12	25	13	155.4	122	66,300	3,340	2,650	334	3,010	517
	500	200	12	22	13	144.2	113	60,500	2,940	2,420	294	2,760	458
	500	200	12	19	13	132.9	104	54,600	2,540	2,180	254	2,500	398
	500	200	9	22	13	130.5	102	58,100	2,940	2,330	294	2,600	450
	500	200	9	19	13	119.0	093.4	52,100	2,540	2,090	254	2,340	390
	500	200	9	16	13	107.6	084.5	46,000	2,140	1,840	214	2,080	331
	500	200	9	12	13	092.29	072.4	37,500	1,600	1,500	160	1,720	251
SH 450 x 250	450	250	12	28	13	188.7	148	69,100	7,300	3,070	584	3,450	890
	450	250	12	25	13	174.4	137	63,500	6,520	2,820	521	3,160	797
	450	250	12	22	13	160.2	126	57,700	5,740	2,560	459	2,880	703
	450	250	9	22	13	148.0	116	56,000	5,730	2,490	459	2,750	697
	450	250	9	19	13	133.5	105	50,000	4,950	2,220	396	2,460	603
	450	250	9	16	13	119.1	093.5	43,800	4,170	1,950	334	2,160	510
SH 450 x 200	450	200	12	25	13	149.4	117	52,200	3,340	2,320	334	2,630	516
	450	200	12	22	13	138.2	108	47,600	2,940	2,120	294	2,410	456
	450	200	12	19	13	126.9	099.6	42,900	2,540	1,910	254	2,180	396
	450	200	9	22	13	126.0	098.9	45,900	2,940	2,040	294	2,280	449
	450	200	9	19	13	114.5	089.9	41,200	2,540	1,830	254	2,050	389
	450	200	9	16	13	103.1	080.9	36,200	2,140	1,610	214	1,810	330
	450	200	9	12	13	087.79	068.9	29,500	1,600	1,310	160	1,490	250
SH 400 x 200	400	200	12	22	13	132.2	104	36,400	2,940	1,820	294	2,070	454
	400	200	9	22	13	121.5	095.4	35,300	2,940	1,760	294	1,970	448
	400	200	9	19	13	110.0	086.4	31,600	2,540	1,580	254	1,770	388
	400	200	9	16	13	098.57	077.4	27,800	2,140	1,390	214	1,560	329
	400	200	9	12	13	083.29	065.4	22,600	1,600	1,130	160	1,280	249

Notes : Some sizes are not manufactured constantly, so please contact us in advance.

5 Sizes and Section Properties



Heavy Wide Flange H-Shapes – 3 (400 x 400 series)

Nominal Size		Section Dimensions (mm)					Area of Section (cm ²)	Mass per Metre (kg/m)	Second Moment of Area (cm ⁴)		Elastic Modulus (cm ³)		Plastic Modulus (cm ³)	
h x b	Web Thickness	h	b	t _w	t _f	r			Axis y-y I _y	Axis z-z I _z	Axis y-y Wel.y	Axis z-z Wel.z	Axis y-y Wpl.y	Axis z-z Wpl.z
400 x 400	35	498	422	35	70	22	720.3	565	288,000	87,800	11,600	4,160	13,800	6,350
		488	422	35	65	22	678.1	532	262,000	81,600	10,700	3,870	12,800	5,910
		478	422	35	60	22	635.9	499	237,000	75,300	9,930	3,570	11,800	5,460
		468	422	35	55	22	593.7	466	214,000	69,000	9,130	3,270	10,800	5,020
		458	422	35	50	22	551.5	433	191,000	62,800	8,350	2,980	9,800	4,570
		448	422	35	45	22	509.3	400	169,000	56,500	7,570	2,680	8,850	4,130
		438	422	35	40	22	467.1	367	149,000	50,300	6,790	2,380	7,910	3,680
		428	422	35	35	22	424.9	334	129,000	44,000	6,030	2,080	7,000	3,240
	30	478	417	30	60	22	612.0	480	233,000	72,600	9,740	3,480	11,500	5,310
		468	417	30	55	22	570.3	448	209,000	66,600	8,950	3,190	10,500	4,870
		458	417	30	50	22	528.6	415	187,000	60,500	8,170	2,900	9,540	4,440
		448	417	30	45	22	486.9	382	166,000	54,500	7,400	2,610	8,600	4,000
		438	417	30	40	22	445.2	349	145,000	48,400	6,630	2,320	7,670	3,570
		428	417	30	35	22	403.5	317	126,000	42,400	5,880	2,030	6,770	3,130
		418	417	30	30	22	361.8	284	107,000	36,400	5,120	1,740	5,890	2,700
	25	458	412	25	50	22	505.7	397	183,000	58,300	8,000	2,830	9,280	4,310
		448	412	25	45	22	464.5	365	162,000	52,500	7,230	2,550	8,340	3,880
		438	412	25	40	22	423.3	332	142,000	46,700	6,470	2,270	7,430	3,460
		428	412	25	35	22	382.1	300	122,000	40,900	5,720	1,980	6,540	3,030
		418	412	25	30	22	340.9	268	104,000	35,000	4,980	1,700	5,670	2,610
	20	438	407	20	40	22	401.4	315	138,000	45,000	6,310	2,210	7,190	3,350
		428	407	20	35	22	360.7	283	119,000	39,400	5,570	1,930	6,310	2,940
		418	407	20	30	22	320.0	251	101,000	33,700	4,830	1,660	5,450	2,530
	15	418	402	15	30	22	299.1	235	98,000	32,500	4,690	1,620	5,230	2,450

Notes : Some sizes are not manufactured constantly, so please contact us in advance.

PC SPUN PILE

PRECAST CONCRETE SPUN PILE

Description

- Type of Pile : Prestressed Concrete Spun Pile
- System of Splicing : Welded at Steel Joint Plate
- Type of Shoe : Pencil (Standard Product)
- Hammer : Diesel or Hydraulic Hammer
- Concrete Grade : K600
- Standard Operational Procedure : P 124 EN 001 (Production Procedure)
P 124a-b PC 002 (Spun Pile Production Procedure)

Reference of Code

Item	Reference	Description	Specification
Agregate	ASTM C33 - 1999 NI 2 PBI - 1971	Standard Specification for Concrete Agregates Indonesian Concrete Code	
Cement	SNI 15-2049-2004	Portland Cement	Standard Product : Type 1 Special Order : Type 2 or 5
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03-2847-2002	Indonesian Concrete Code	Compressive strength at 28 days : 6000 kgf/cm ² (cube)
PC Wire / PC Strand	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD 1
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	SBPDL 1275/1420
Special Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wire	SWMA / SWMP
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steel for General Structure	SS-400
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 1990	Structural Welding Code - Steel	AWS A 5.1 / E 6013 NIKKOSTEEL RB 26 / RD 260.LION 26 , or equivalent
Quality Management System	ISO 9001:2008	Quality Management Standard	
Health & Safety	OHSAS 18001:2007	Health & Safety Management Standard	
Environment	ISO 14001:2004	Environment Management Standard	

Reference Table for Pile Driving Selection

Spun Pile Specification	Ø 300	Ø 400	Ø 500	Ø 600	Ø 800	Ø 1000	Ø 1200
Type of Diesel Hammer	D025 - D040	D040 - D053	D053 - D063	D063 - D073	D073 - D083	D083 - D0713	
Max. Jump (m)	2.5 - 3.0						
Hammer Weight (ton)	2.5 - 4.0	4.0 - 5.3	5.3 - 6.3	6.3 - 7.3	7.3 - 8.3	8.3 - 11.3	
Hammer Energy (kilojoule)	58 - 120	120 - 158	158 - 190	190 - 220	220 - 248	248 - 330	
Common Driving Penetration (mm/10 blows)	20 - 40	20 - 40	20 - 50	30 - 60	30 - 60	30 - 60	

L (LENGTH) 6m - 20m

Spun Pile Specification Adhibeton

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length (m)	Bending Moment crack (ton.m)	ultimate (ton.m)	Allowed Axial Load (ton)	PC Bar Num	Area (cm ²)	
300	60	A2	452	113	6-13	2.50	3.75	72.00	7.10	6	2.38
		A3				3.00	4.50	70.75	7.10	8	3.17
		B				3.50	6.30	67.20	7.10	12	4.75
350	65	A1	582	145	6-15	4.00	8.00	69.40	9.00	10	6.36
		A3				3.50	5.25	93.10	7.10	8	3.17
		B				4.20	6.30	89.50	7.10	10	3.96
400	75	A2	785	191	6-16	6.00	12.00	85.00	9.00	12	7.63
		A3				5.50	8.25	121.10	7.10	10	3.96
		B				7.50	13.50	114.40	7.10	20	7.92
450	80	A1	930	232	6-16	9.00	18.00	113.90	9.00	16	10.18
		A2				7.50	11.25	149.50	7.10	10	3.96
		A3				8.50	12.75	145.80	7.10	14	5.54
500	90	A1	1159	290	6-16	10.00	20.00	143.80	7.10	18	7.13
		A2				11.00	19.80	139.10	7.10	20	8.71
		A3				13.50	25.00	134.90	9.00	22	12.72
600	100	A1	1370	393	6-16	10.50	21.00	178.02	7.10	24	9.50
		A2				17.00	34.00	169.00	9.00	24	13.27
		A3				19.00	38.00	249.00	7.10	20	7.92
800	120	A1	2564	641	6-18	23.00	46.00	238.30	9.00	24	15.27
		A2				25.00	50.00	229.50	9.00	32	20.36
		A3				40.13	80.20	409.17	9.00	20	12.72
800	120	A1	2564	641	6-18	46.50	93.00	400.12	9.00	20	16.53
		A2				32.11	64.22	390.58	10.70	24	21.57
		A3				60.51	121.02	384.35	10.70	30	26.96
1000	140	A1	3782	945	6-20	71.25	142.50	367.76	12.00	30	37.41
		A2				44.41	88.82	409.51	10.70	16	14.39
		A3				46.89	93.78	405.45	10.70	18	16.19
1000	140	A1	3782	945	6-20	51.90	103.80	397.88	12.00	16	19.95
		A2				62.54	125.08	380.81	10.70	32	28.77
		A3				73.50	147.00	364.57	12.00	32	39.90
1200	150	A1	4948	1236	6-24	74.10	148.20	605.00	9.00	30	46.54
		A2				85.05	170.10	593.00	9.00	34	21.63
		A3				97.67	195.34	578.00	10.70	32	28.77
1200	150	A1	4948	1236	6-24	112.75	225.50	568.00	12.70	30	38.00
		A2				131.09	262.18	547.00	12.70	40	50.67
		A3				82.48	164.96	605.52	9.00	32	30.36
1200	150	A1	4948	1236	6-24	84.70	169.40	602.06	10.70	24	21.58
		A2				97.28	194.56	586.08	10.70	32	28.77
		A3				115.05	230.10	564.87	12.00	32	39.90
1200	150	A1	4948	1236	6-24	128.35	256.70	549.23	14.00	32	49.26
		A2				77.99	155.98	611.22	10.70	20	17.98
		A3				84.56	169.12	602.09	10.70	24	21.58
1200	150	A1	4948	1236	6-24	96.99	193.98	564.94	12.00	24	29.93
		A2				114.71	229.42	548.94	12.00	32	39.90
		A3				128.70	257.40	548.38	12.00	40	49.88
1200	150	A1	4948	1236	6-24	139.38	278.76	777.80	10.70	36	32.37
		A2				149.99	299.98	760.70	12.00	30	37.41
		A3				183.33	366.66	732.30	12.00	44	54.86
1200	150	A1	4948	1236	6-24	208.00	416.00	708.20	12.00	56	69.83
		A2				134.77	269.54	790.35	10.70	30	26.98
		A3				144.80	289.60	779.85	10.70	35	31.47
1200	150	A1	4948	1236	6-24	157.70	315.40	706.65	12.00	30	37.41
		A2				194.35	388.70	730.08	12.00	45	56.11
		A3				217.03	434.06	708.87	14.00	45	65.27

31 JUL 2018



DAFTAR GAMBAR

NO	JUDUL	HALAMAN	SKALA	KODE	NO	JUDUL	HALAMAN	SKALA	KODE
1	LAYOUT PLAN	1	1 : 300	ARS	24	DENAH KOLOM LT 1	24	1 : 200	STR
2	DENAH LT BASEMENT	2	1 : 200	ARS	25	DENAH KOLOM LT 2 - 5	25	1 : 200	STR
3	DENAH LT 1	3	1 : 200	ARS	26	DENAH KOLOM LT 6 - ATAP	26	1 : 200	STR
4	DENAH LT 2	4	1 : 200	ARS	27	DENAH KOLOM LT ATAP 2	27	1 : 200	STR
5	DENAH LT 3 - 9	5	1 : 200	ARS	28	DETAIL PENAMPANG BALOK DAN KOLOM	28	1 : 25	STR
6	RENCANA ATAP	6	1 : 200	ARS	29	DENAH PELAT LANTAI 1	29	1 : 200	STR
7	TAMPAK SELATAN	7	1 : 200	ARS	30	DENAH PELAT LANTAI 2	30	1 : 200	STR
8	TAMPAK UTARA	8	1 : 200	ARS	31	DENAH PELAT LANTAI 3-ATAP	31	1 : 200	STR
9	TAMPAK TIMUR	9	1 : 150	ARS	32	DENAH PELAT LANTAI ATAP 2	32	1 : 200	STR
10	POTONGAN B-B	10	1 : 200	ARS	33	DETAIL PELAT BONDEK	33	1 : 50	STR
11	POTONGAN A-A	11	1 : 200	ARS	34	DENAH SPSW TIPIKAL	34	1 : 200	STR
12	TYPICAL ROOM	12	1 : 100	ARS	35	PORTAL 7	35	1 : 150	STR
13	DENAH TANGGA 1	13	1 : 150	ARS	36	DETAIL A	36	1 : 20	STR
14	DENAH TANGGA 2	14	1 : 150	ARS	37	DETAIL B	37	1 : 20	STR
15	DENAH PILE CAP	15	1 : 200	STR	38	DETAIL C	38	1 : 50	STR
16	DETAIL PILE CAP	16	1 : 50	STR	39	DETAIL D	39	1 : 50	STR
17	DENAH PELAT BASEMENT	17	1 : 200	STR	40	DETAIL E	40	1 : 10	STR
18	DENAH RETAINING WALL	18	1 : 200	STR	41	DETAIL F	41	1 : 10	STR
19	DETAIL RETAINING WALL	19	1 : 25	STR	42	DETAIL G	42	1 : 20	STR
20	DENAH BALOK LT 1	20	1 : 200	STR	43	DETAIL H	42	1 : 20	STR
21	DENAH BALOK LT 2	21	1 : 200	STR	44	DETAIL I	43	1 : 10	STR
22	DENAH BALOK LT 3 - 9	22	1 : 200	STR	45	DETAIL J	43	1 : 10	STR
23	DENAH BALOK LT ATAP	23	1 : 200	STR	46	DENAH DAN POTONGAN TANGGA 1	44	1 : 200	STR
					47	DENAH DAN POTONGAN TANGGA 2	45	1 : 200	STR
					48	DETAIL TANGGA	46	1 : 20	STR



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

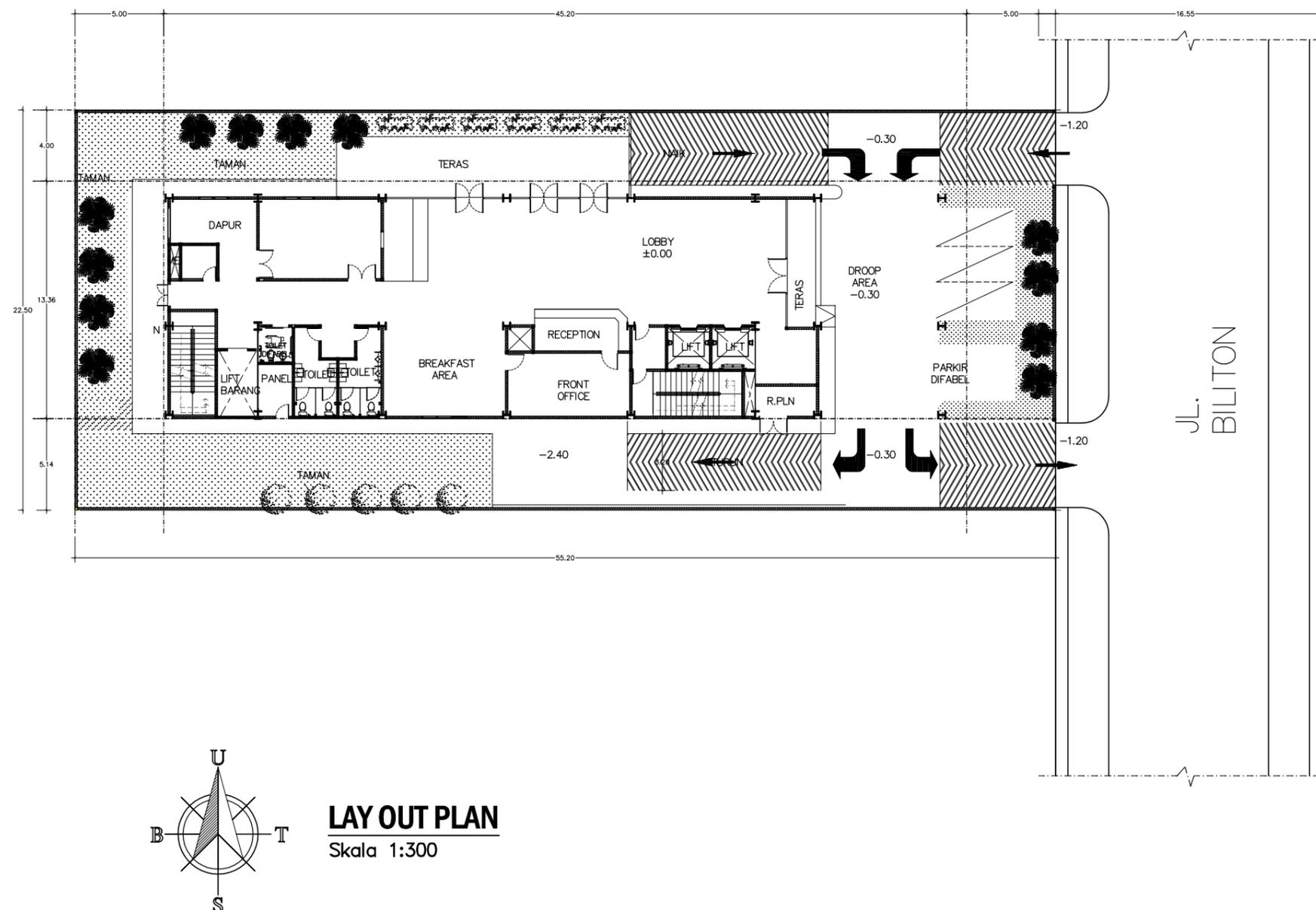
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	1	46



LAY OUT PLAN
 Skala 1:300

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

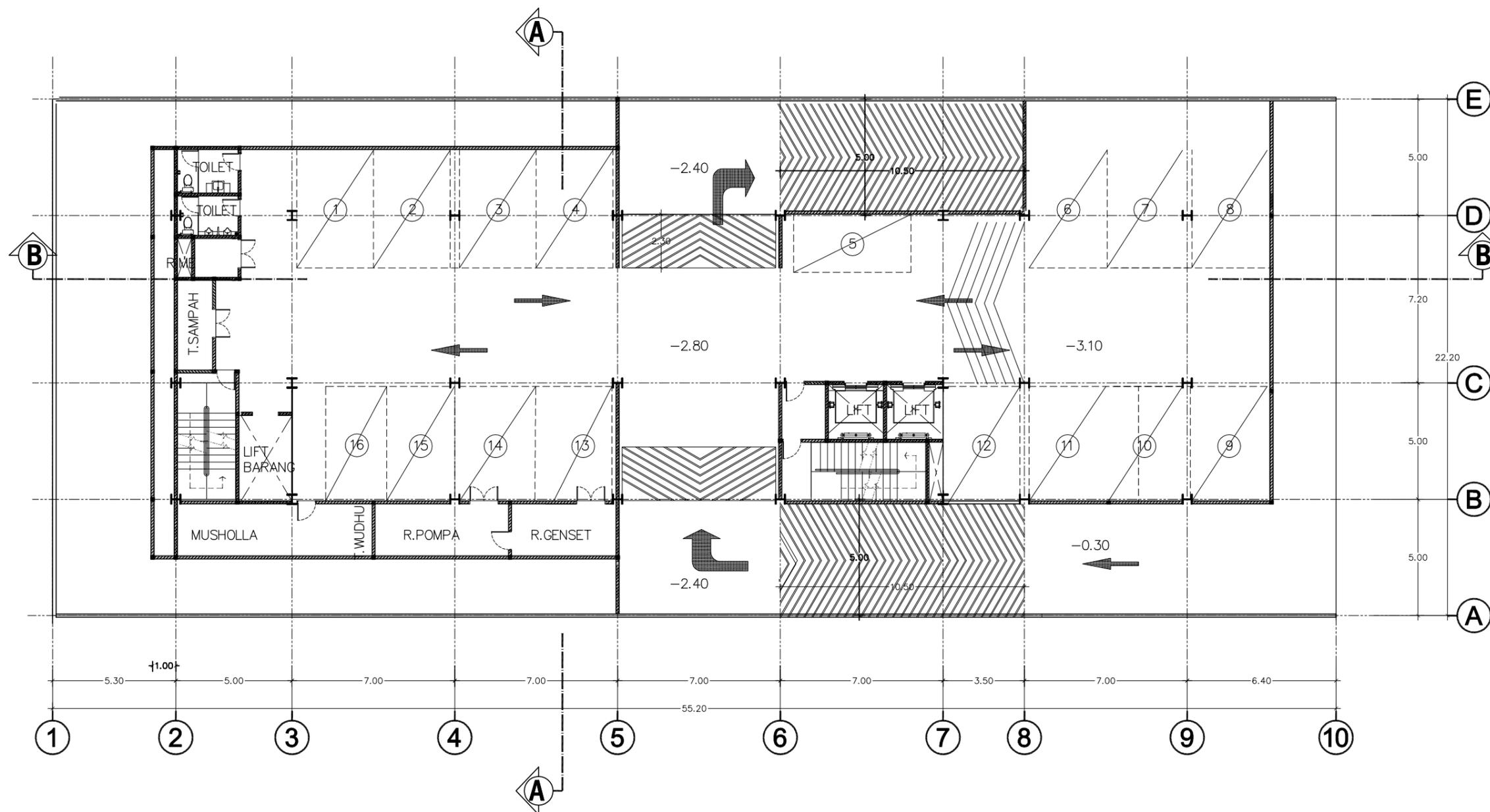
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	2	46



DENAH LT. BASEMENT

Skala 1:200

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluh, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

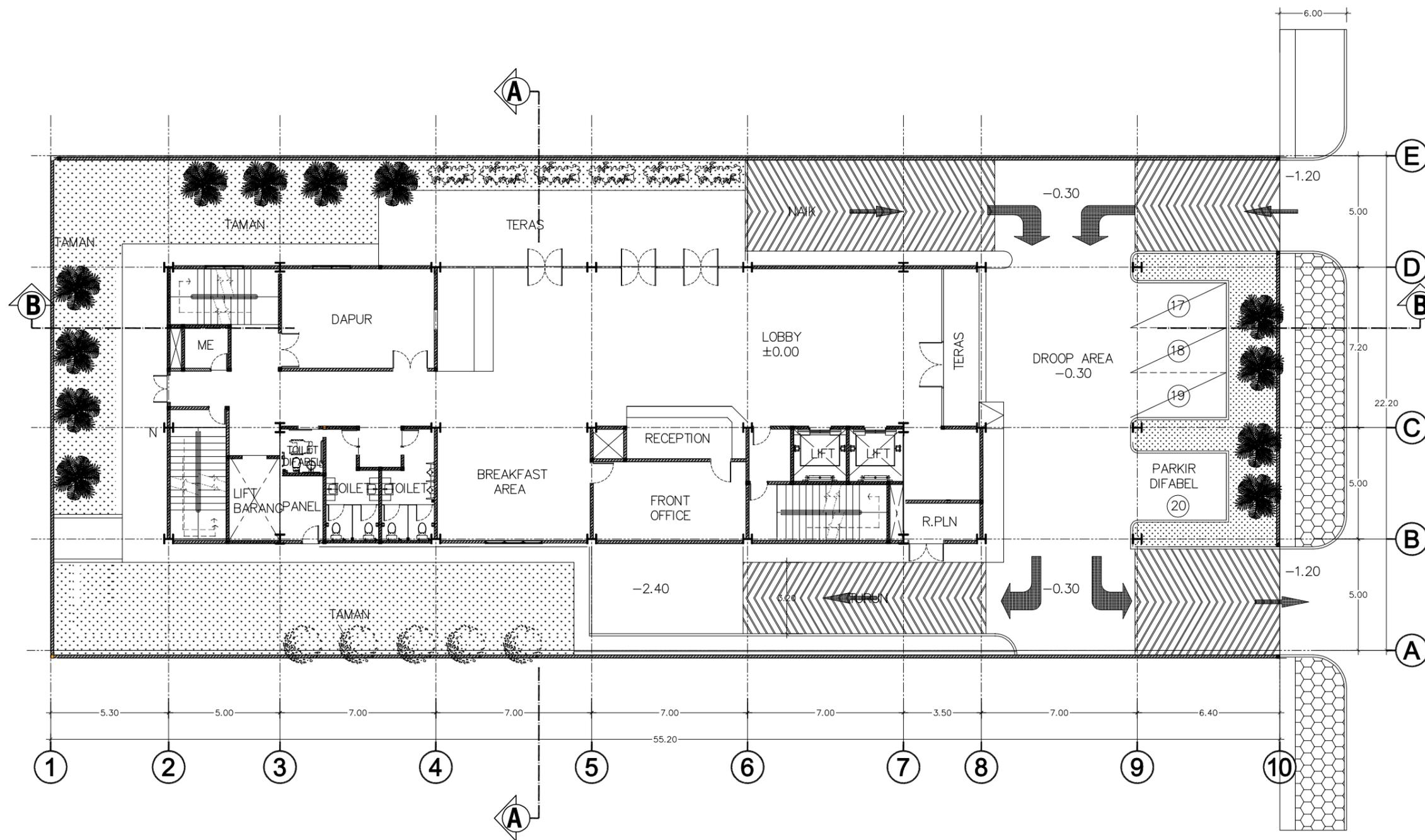
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 1011171500013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	3	46



DENAH LT. 1
 Skala 1:200

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

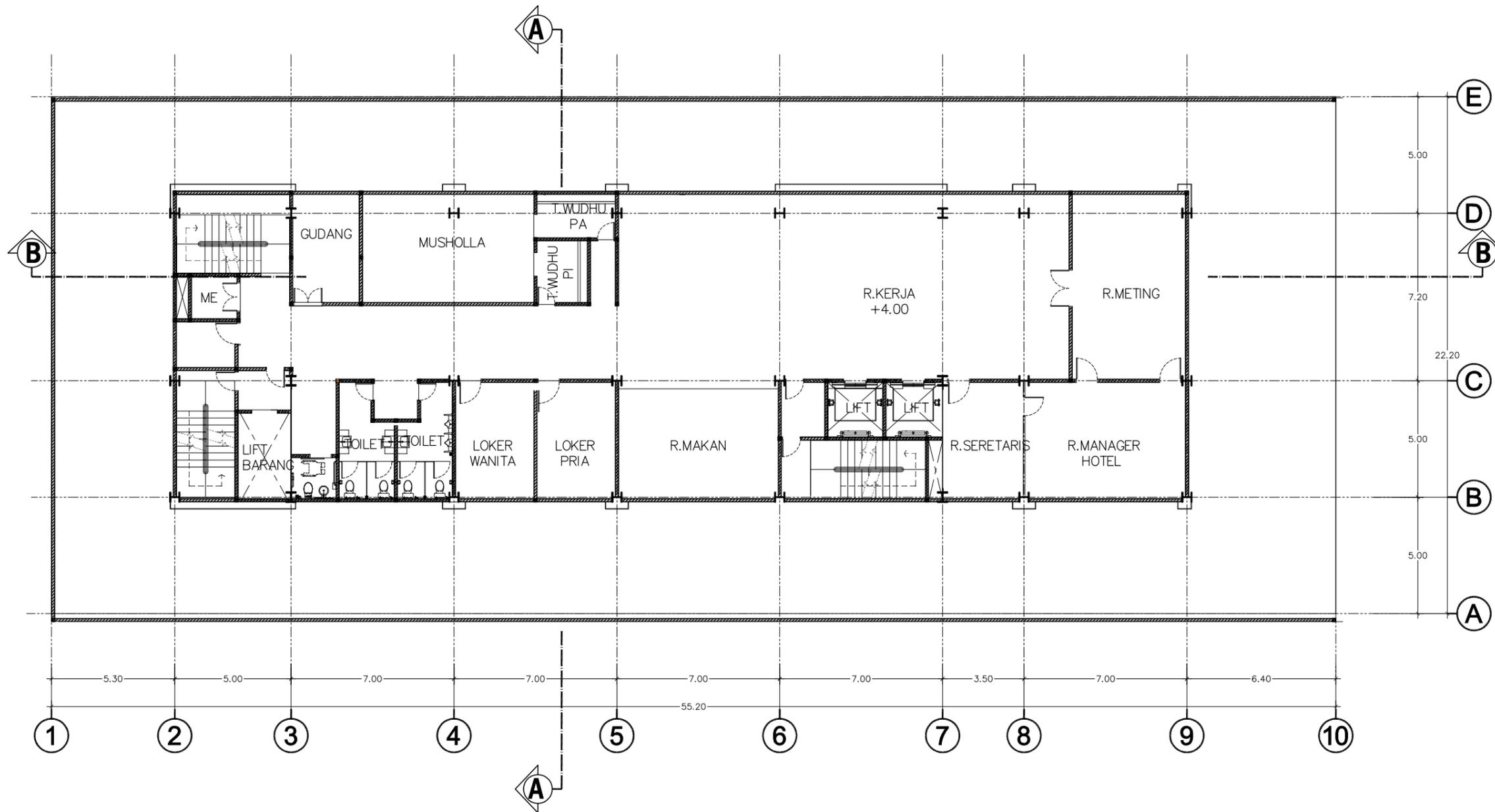
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	4	46



DENAH LT. 2

Skala 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

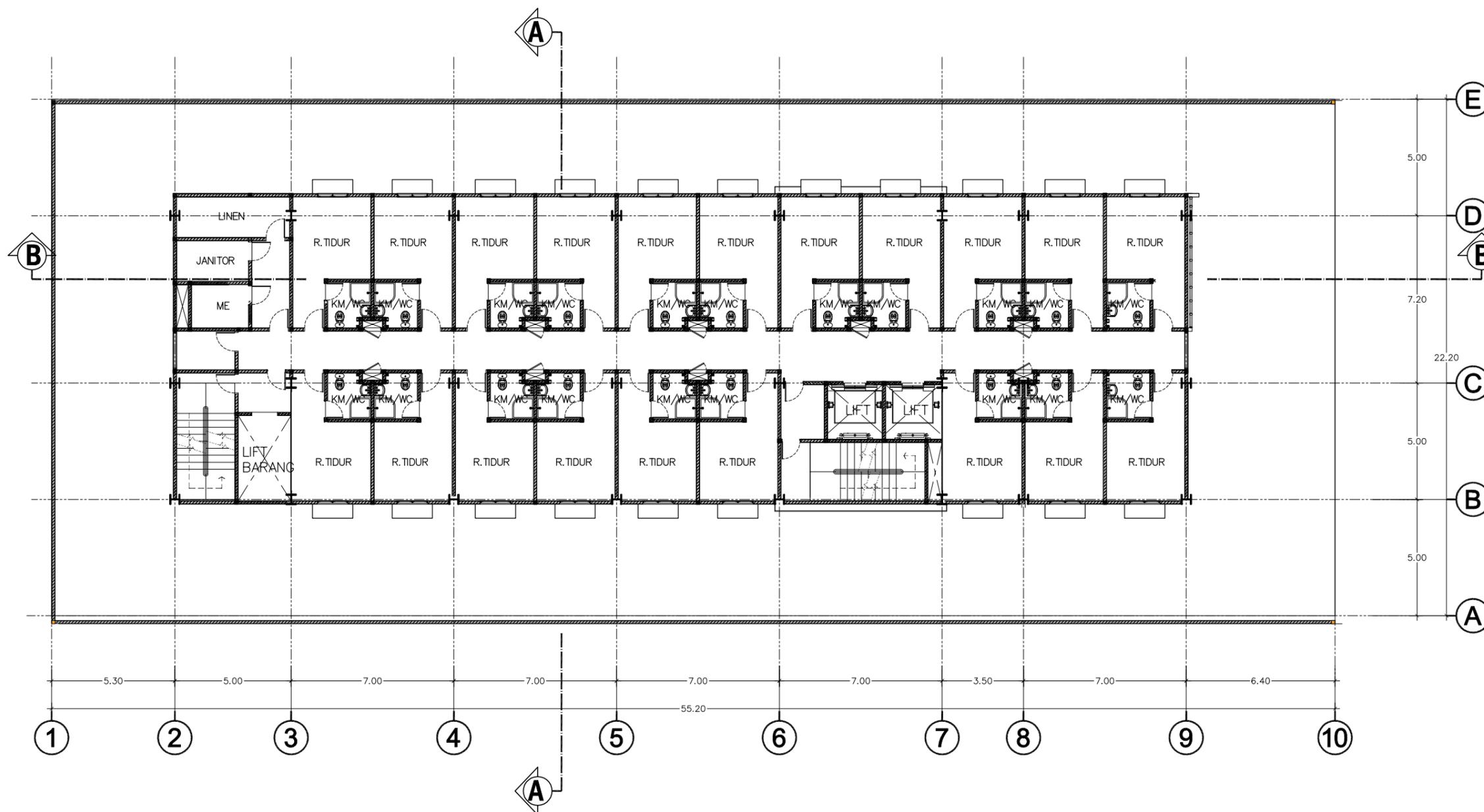
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	5	46



DENAH LT. 3 - 9

Skala 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

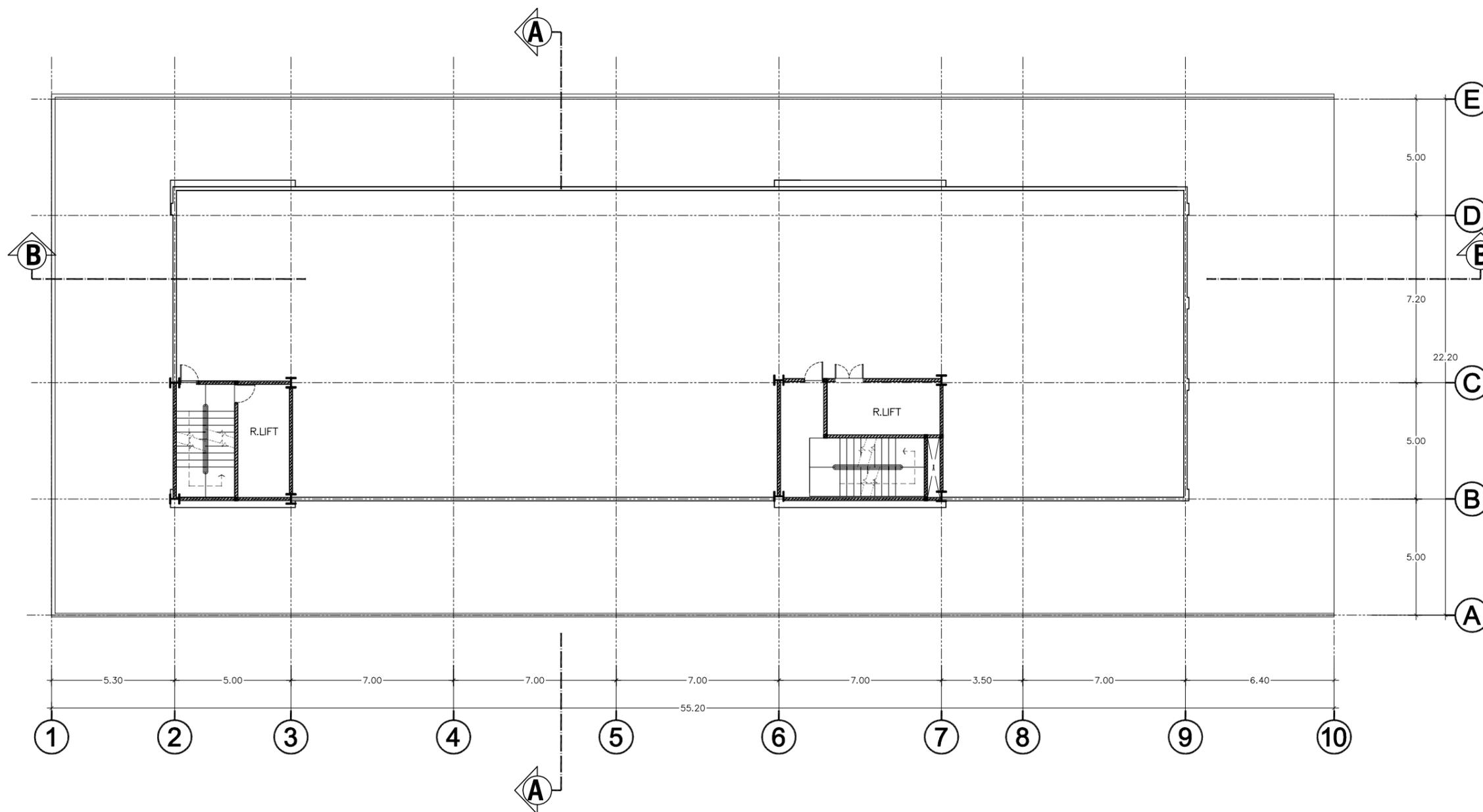
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	6	46



RENCANA ATAP

Skala 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

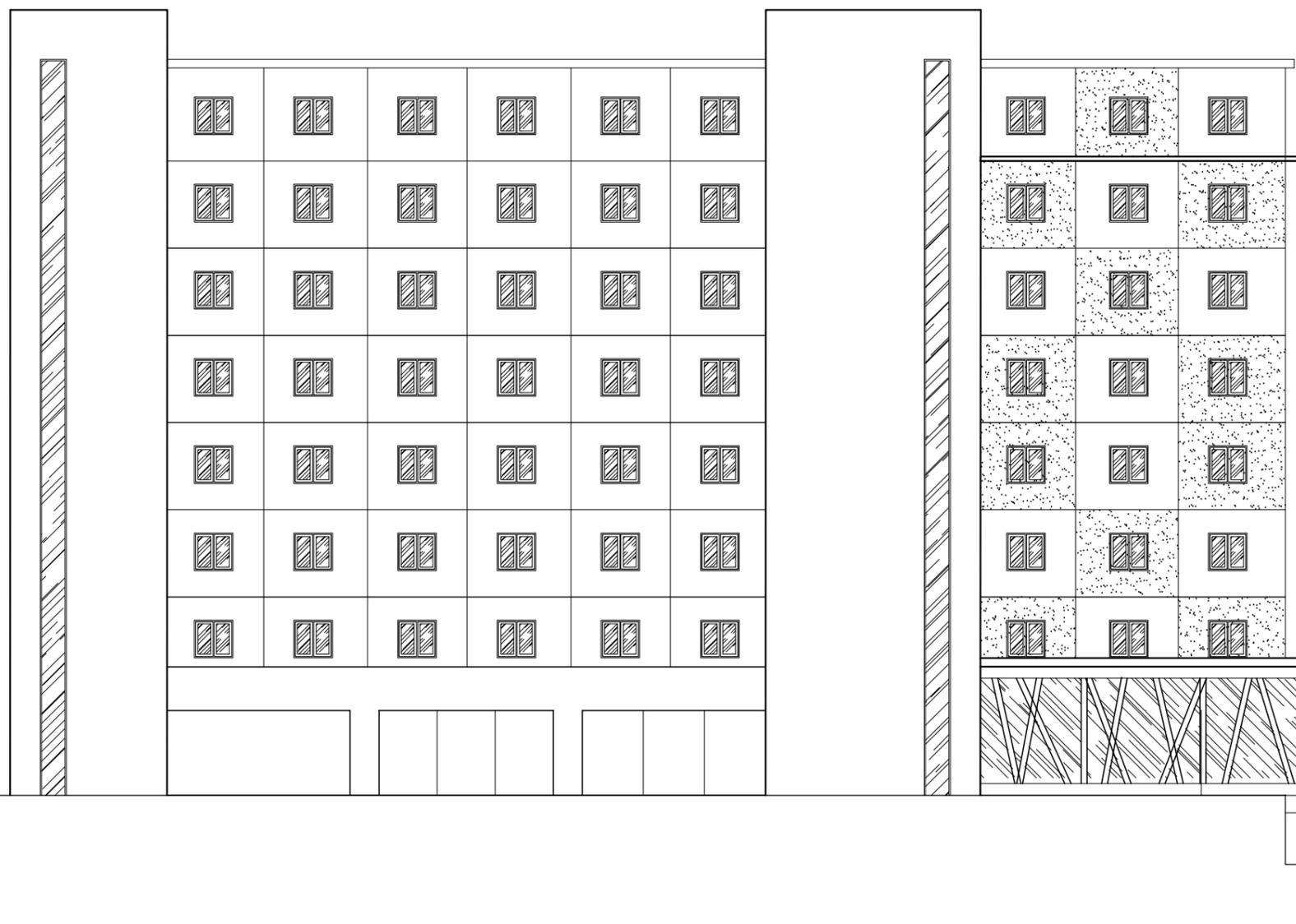
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML GAMBAR
ARS	7	46



TAMPAK SELATAN

Skala 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

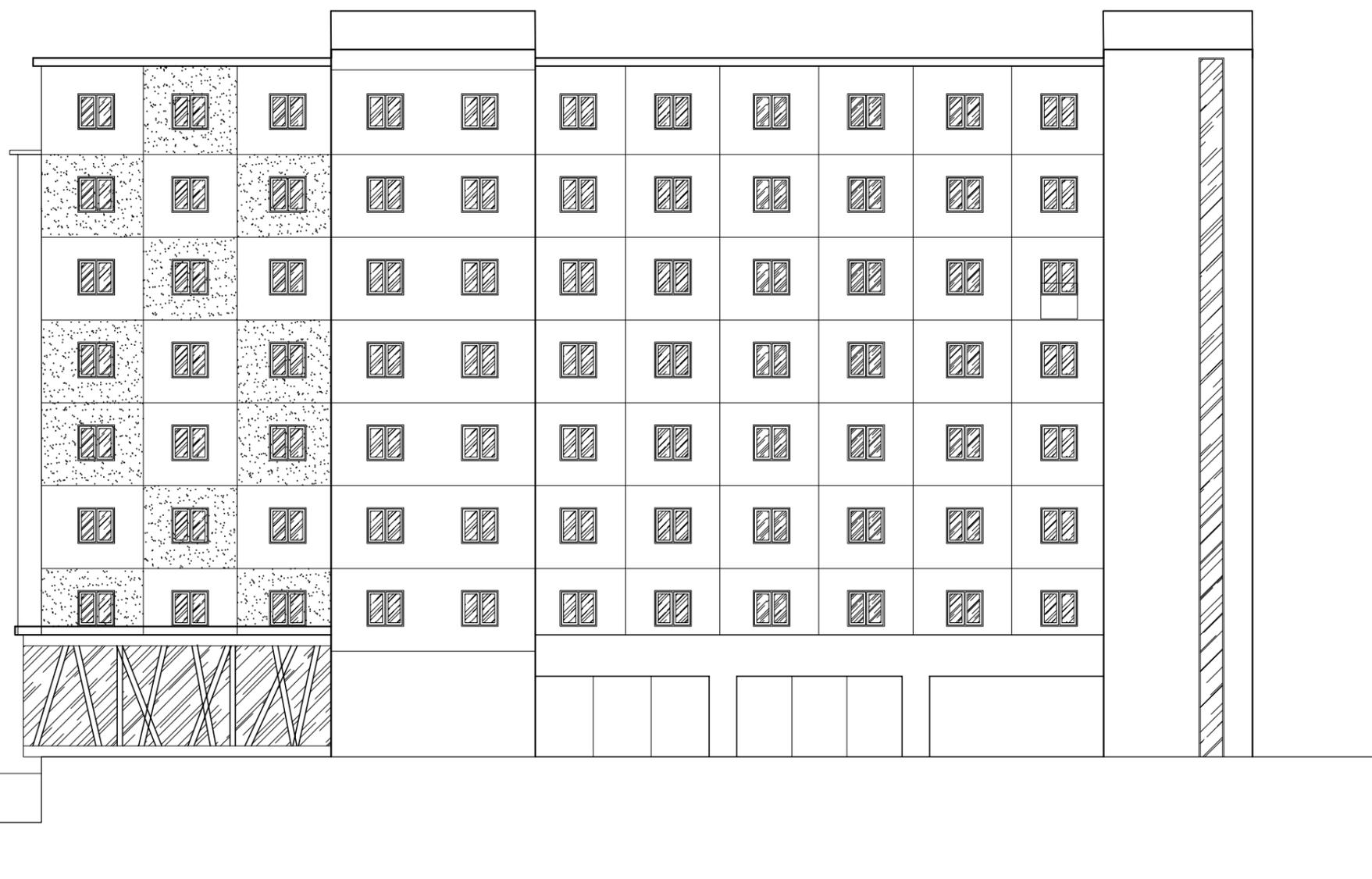
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML GAMBAR
ARS	8	46



TAMPAK UTARA

Skala 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

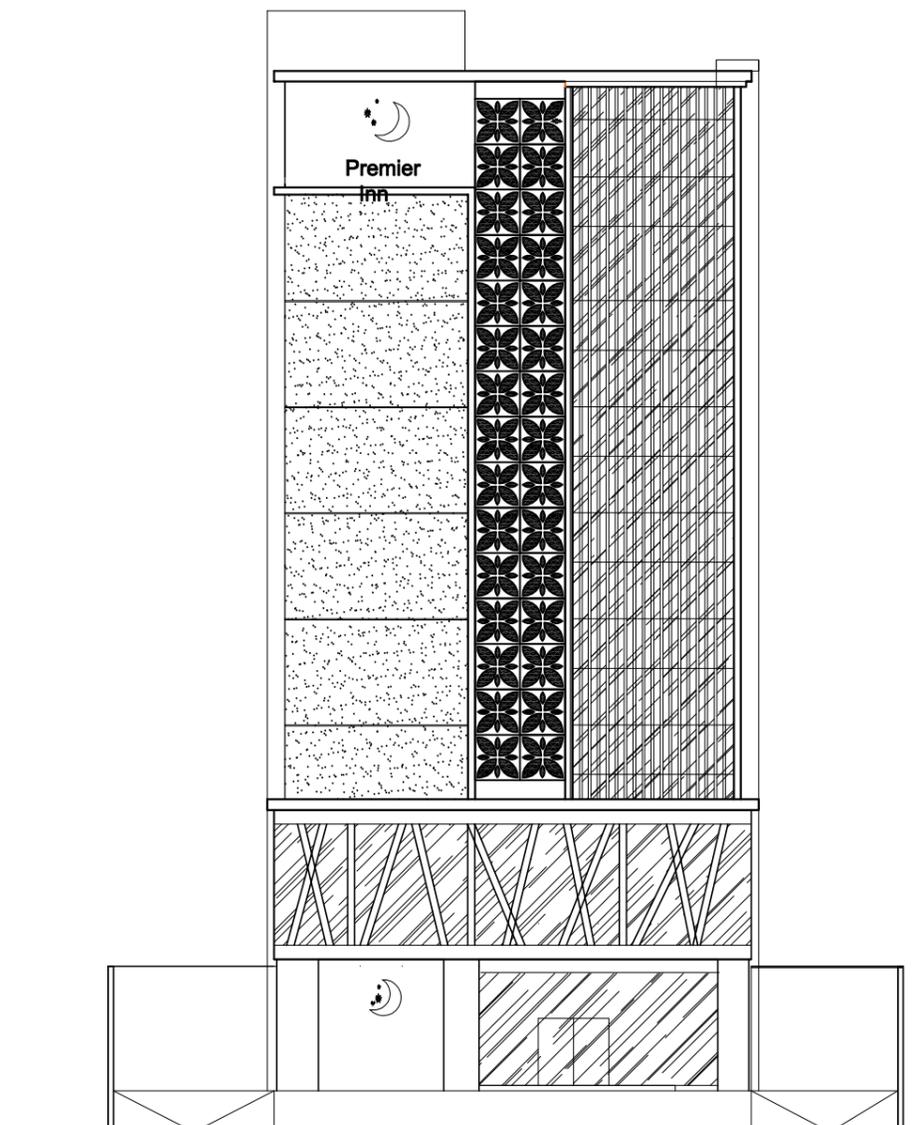
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	9	46



TAMPAK TIMUR

Skala 1:200

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

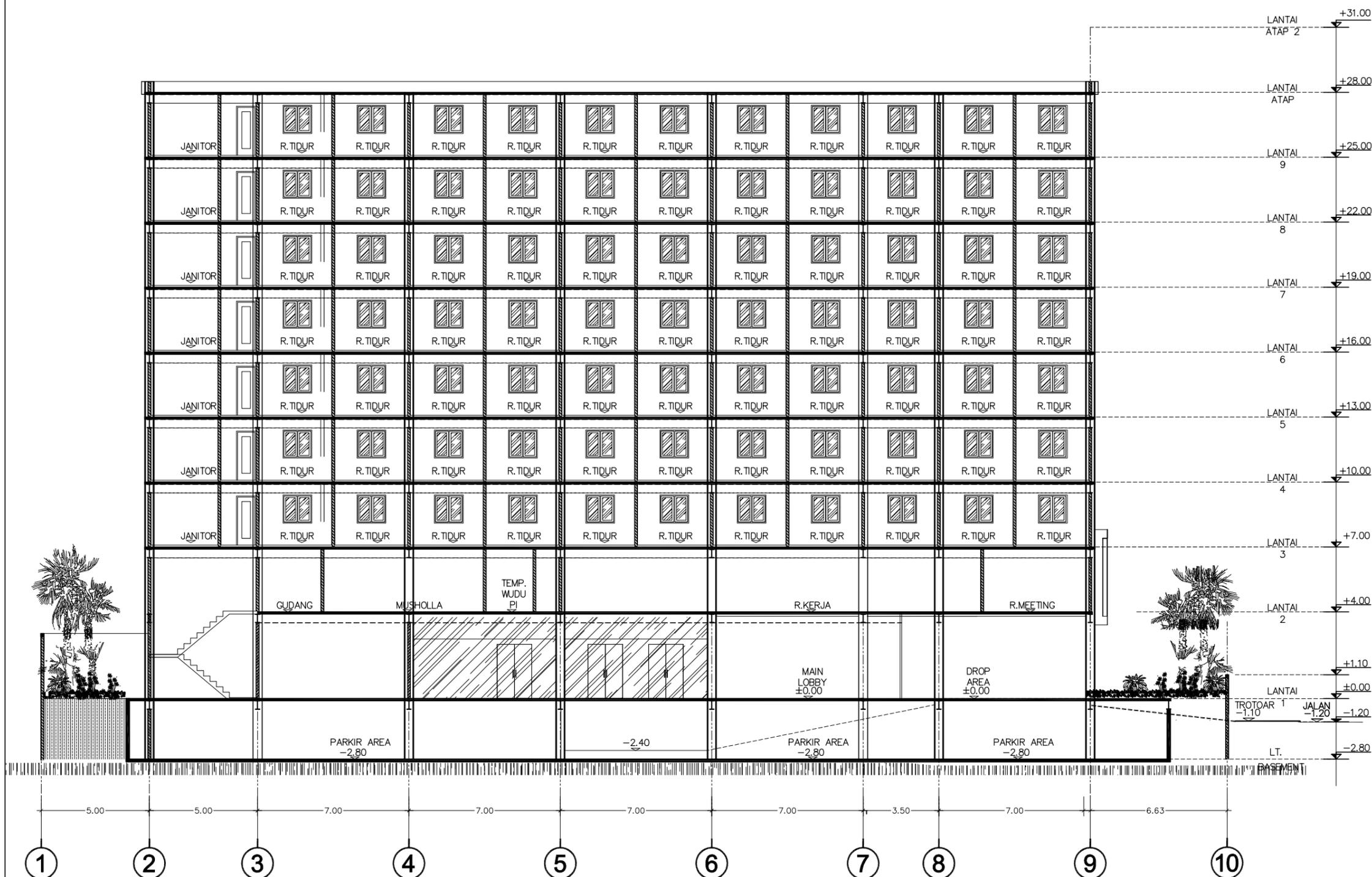
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	10	46



POTONGAN B - B

Skala 1:200

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

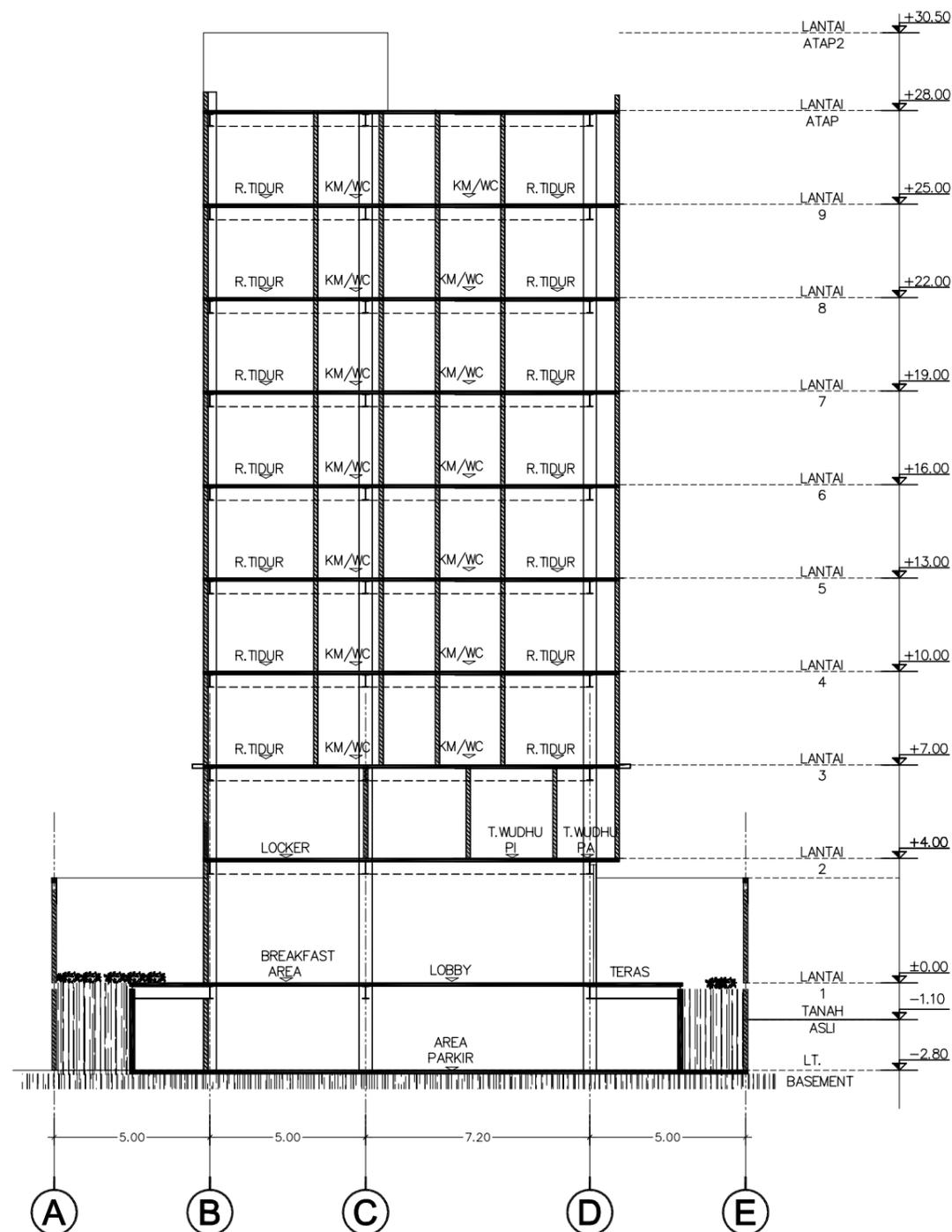
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	11	46



POTONGAN A - A

Skala 1:200

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluh, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

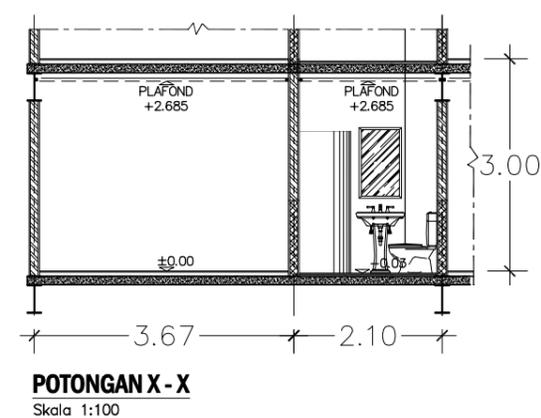
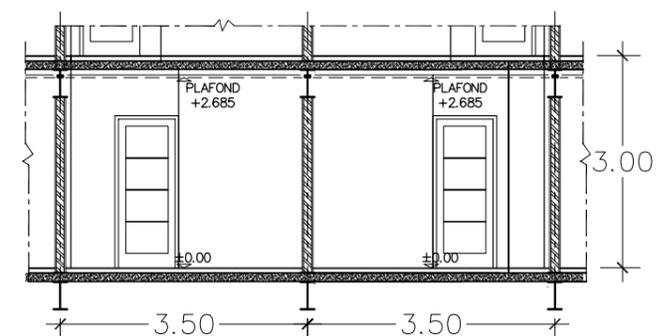
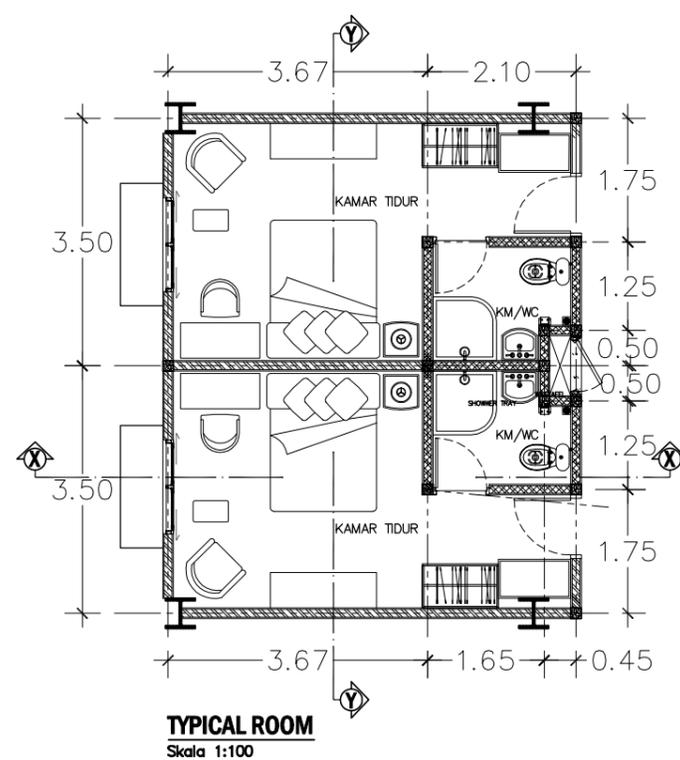
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	12	46



JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

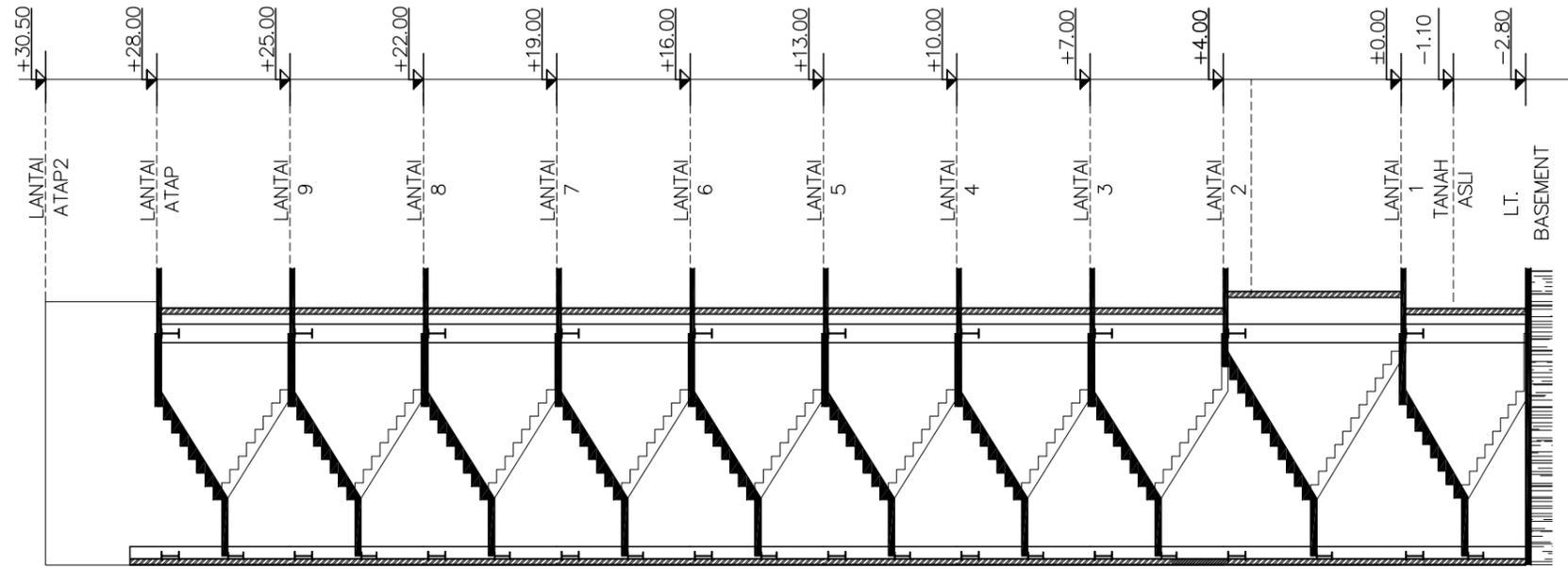
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

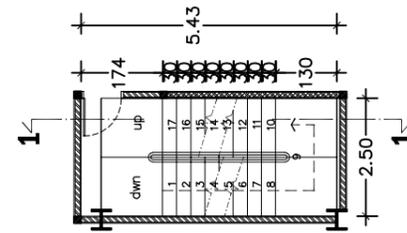
KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
ARS	13	46



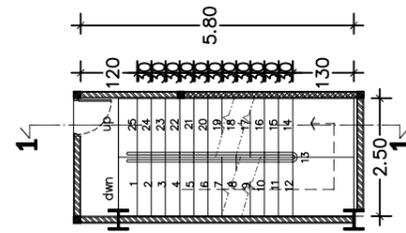
POTONGAN 1 - 1

Skala 1:225



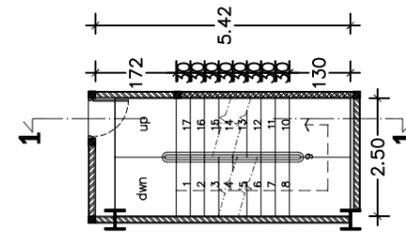
DENAH TANGGA LI.2-Atap

Skala 1:150



DENAH TANGGA LI.1

Skala 1:150



DENAH TANGGA LI. BASEMENT

Skala 1:150

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

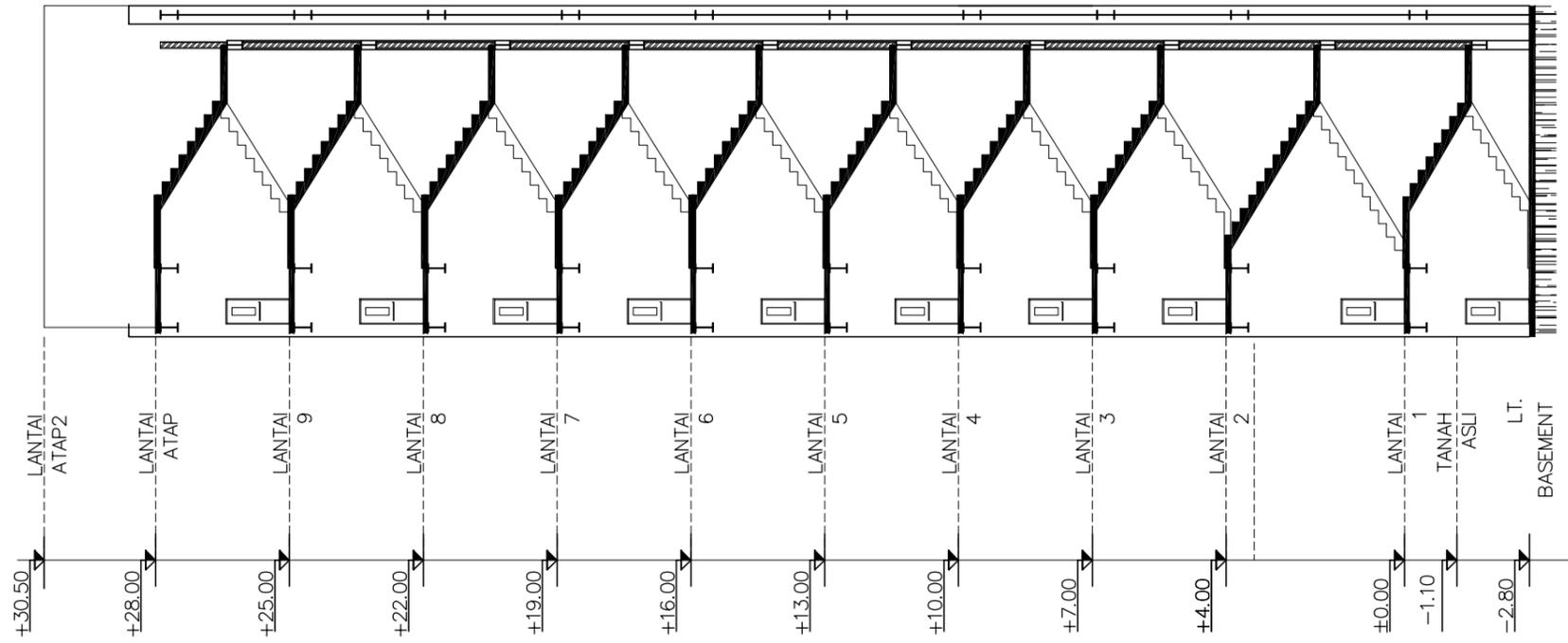
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

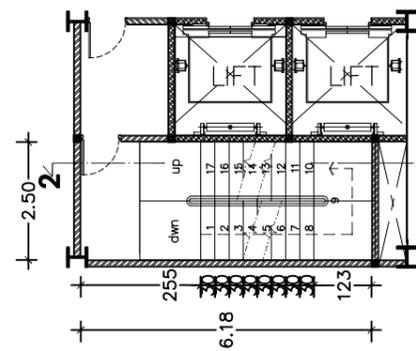
NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
	-Judul pada gambar	

KETERANGAN

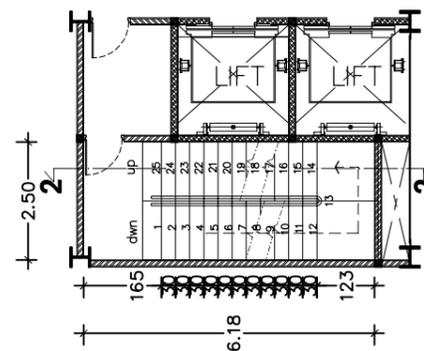
KODE	NO. GAMBAR	JML GAMBAR
ARS	14	46



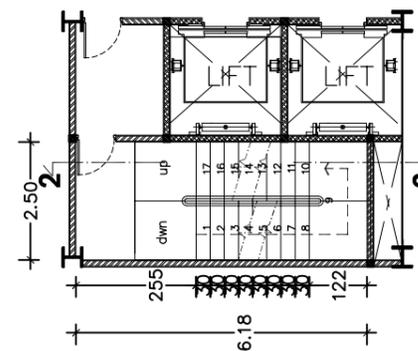
POTONGAN 2 - 2
Skala 1:225



DENAH TANGGA LT.2-Atap
Skala 1:150



DENAH TANGGA LT.1
Skala 1:150



DENAH TANGGA LT. BASEMENT
Skala 1:150

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

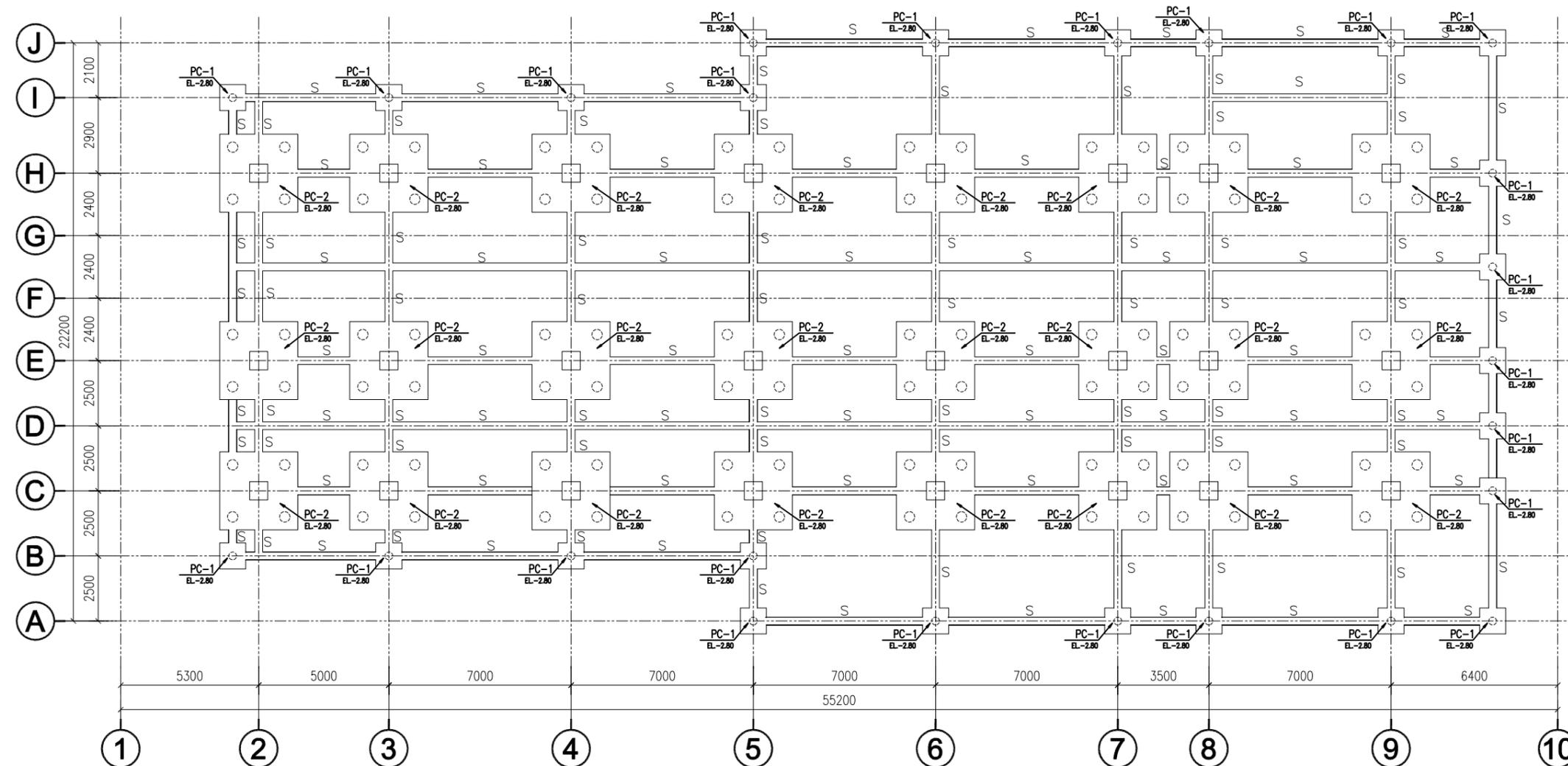
Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

KETERANGAN

- » . Dimensi dan keterangan gambar memakai satuan Milimeter
- » . Keterangan elevasi memakai satuan meter
- » . Mutu Beton dipakai f'_c 30 MPa
- » . Mutu Besi Ulir dipakai f_y = 400 MPa



DENAH PILE CAP & SLOOF

Skala 1:200

NO	TYPE	DIMENSI	JUMLAH PILE CAP	SPUN PILE
		MILIMETER		DIMENSI
1	PC1	1000 X 1000 X 1000	24	Ø 300; L=9.800
2	PC2	3000 X 3000 X 1000	24	Ø 400; L=31.400
3	S	SLOOF 400 X 500		
JUMLAH			48	

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	15	46

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

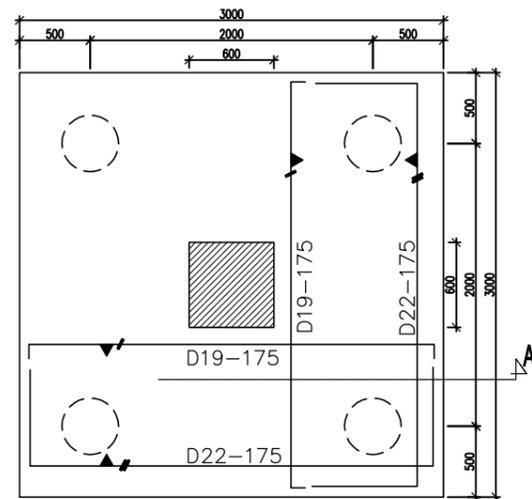
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

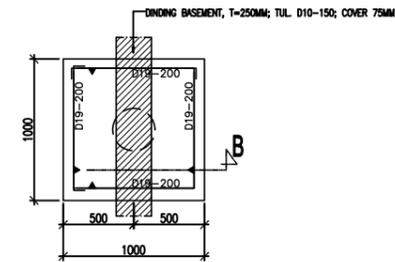
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

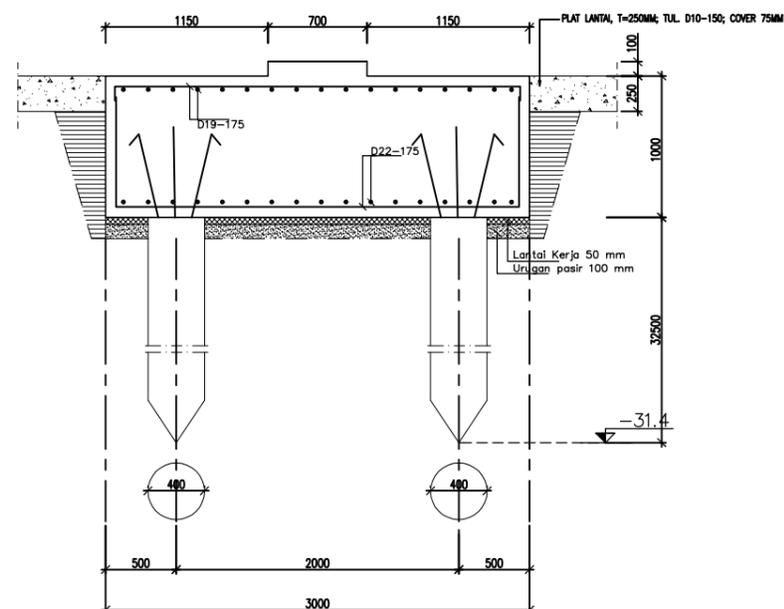
KETERANGAN



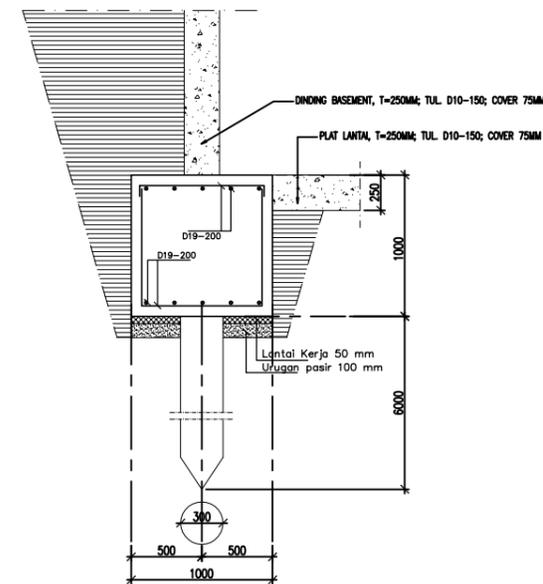
DETAIL PC - 2
Skala 1:50



DETAIL PC-1
Skala 1:50



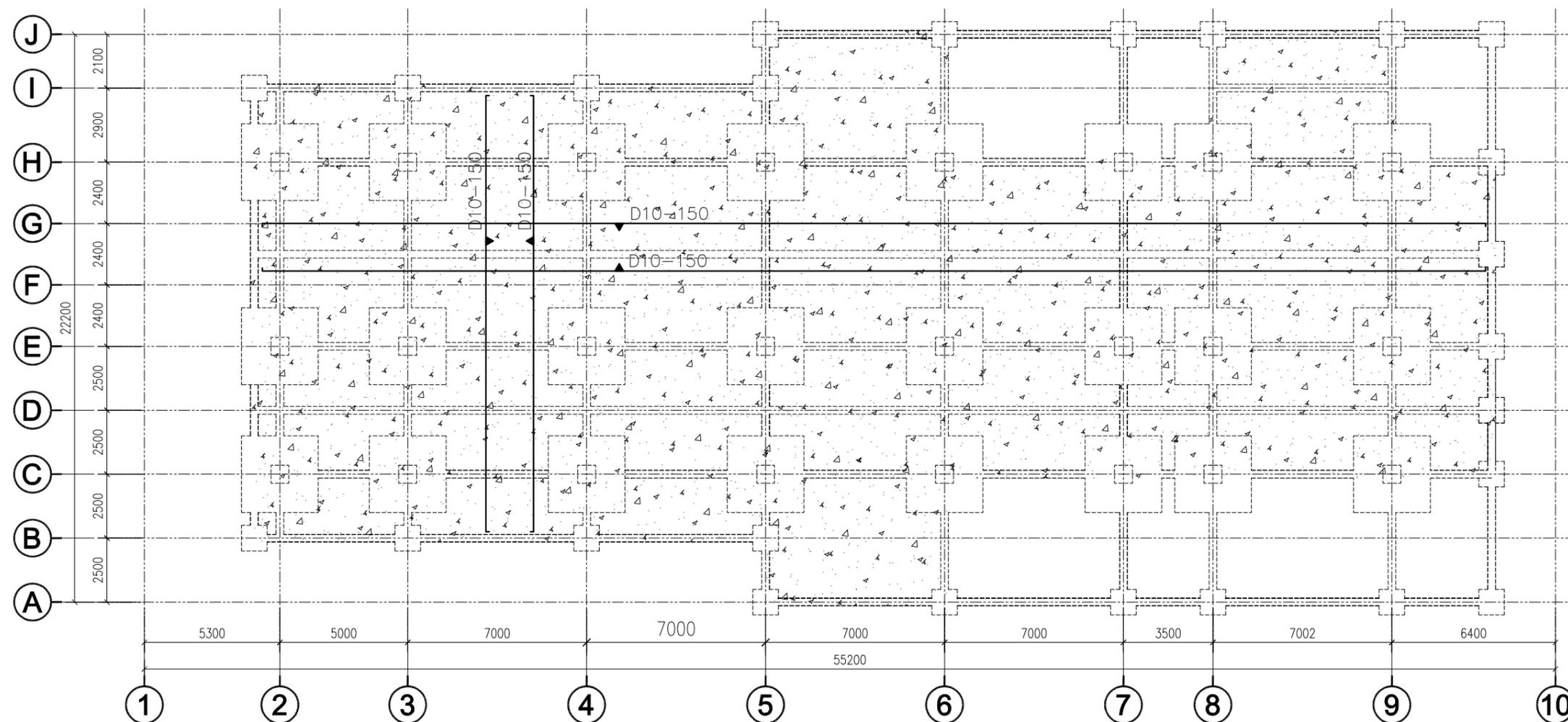
POTONGAN A
Skala 1:50



POTONGAN B
Skala 1:50

KODE	KETERANGAN
PC1	LIHAT DETAIL PC1
PC2	LIHAT DETAIL PC 2
SLOOF	LIHAT DETAIL SLOOF
MATERIAL GRADE	
TUL. ULIR , $F_y = 400\text{MPa}$	
TUL. POLOS , $F_y = 240\text{MPa}$	
BETON FC = 30 MPa	
ANGKUR : SS400, $F_u = 400\text{MPa}$	
LAIN -LAIN	
SELIMUT BETON = 75mm	

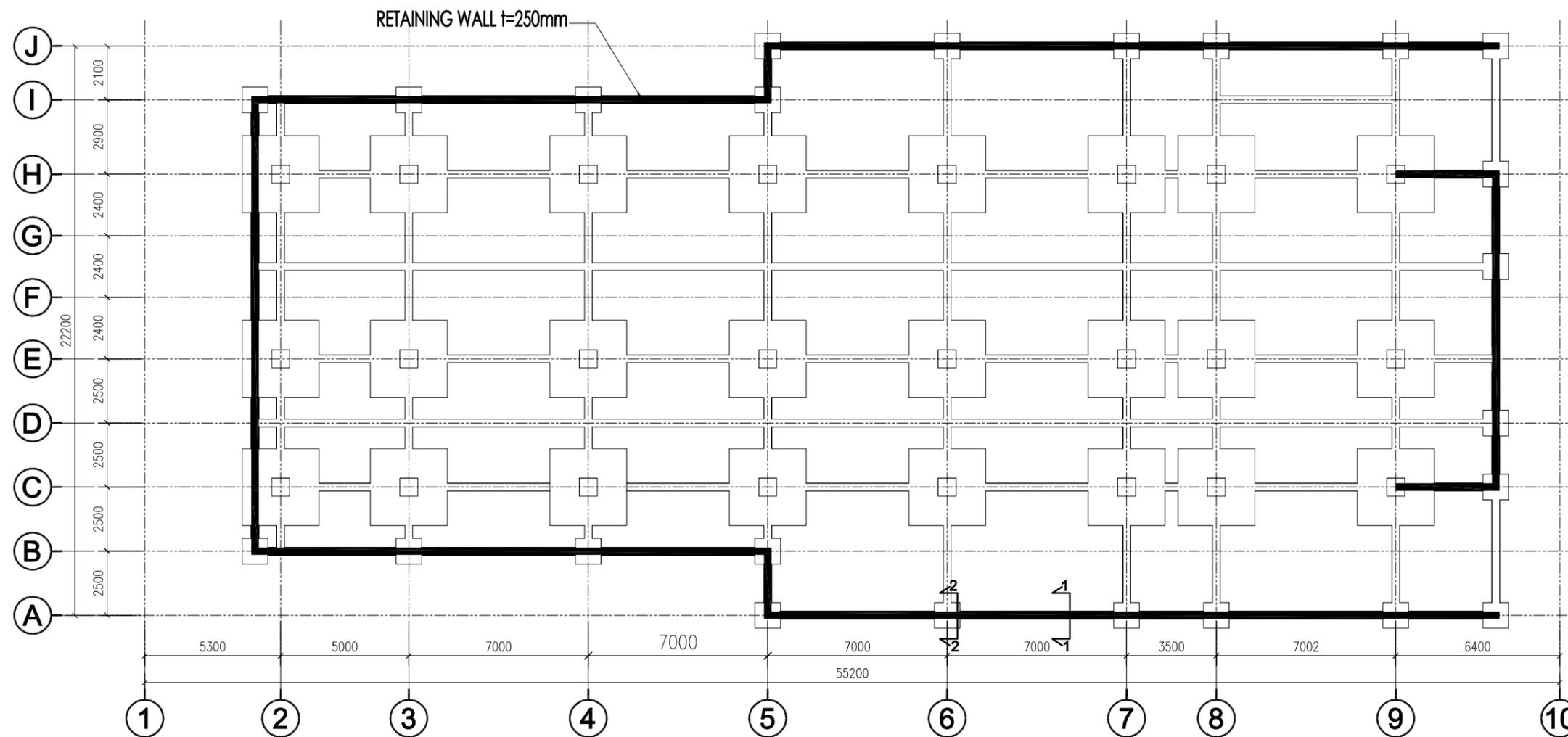
KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	16	46



DENAH PELAT BASEMENT EL -2.80

Skala 1:200

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	17	46

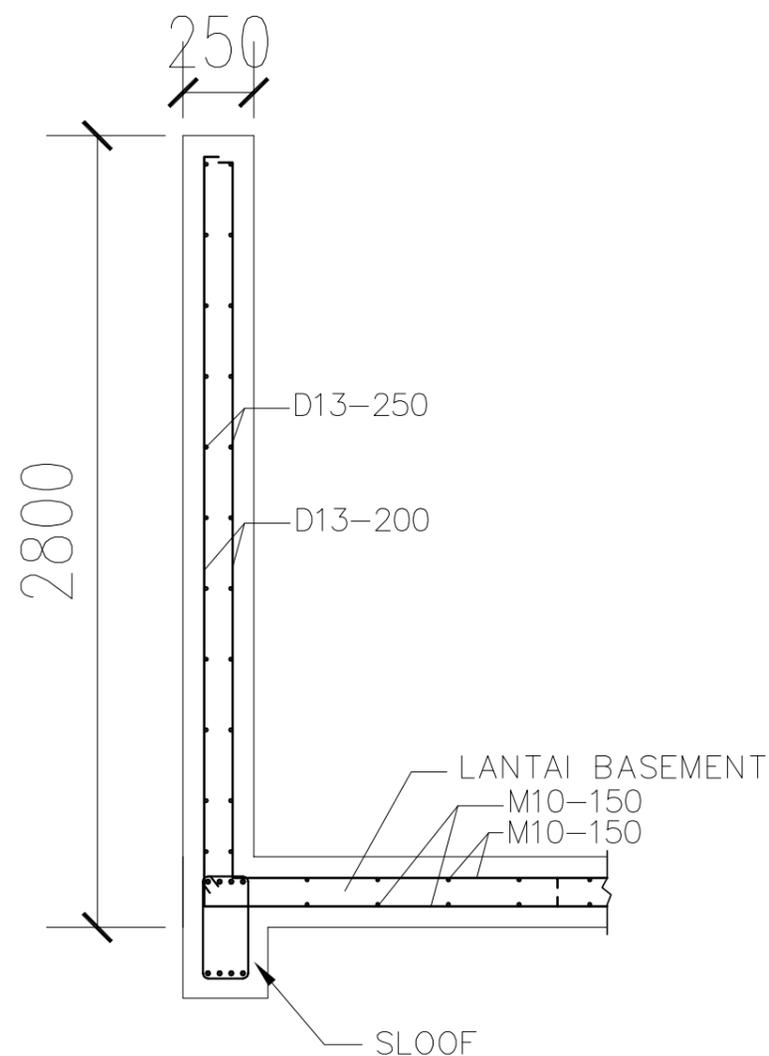


DENAH RETAINING WALL

Skala 1:200

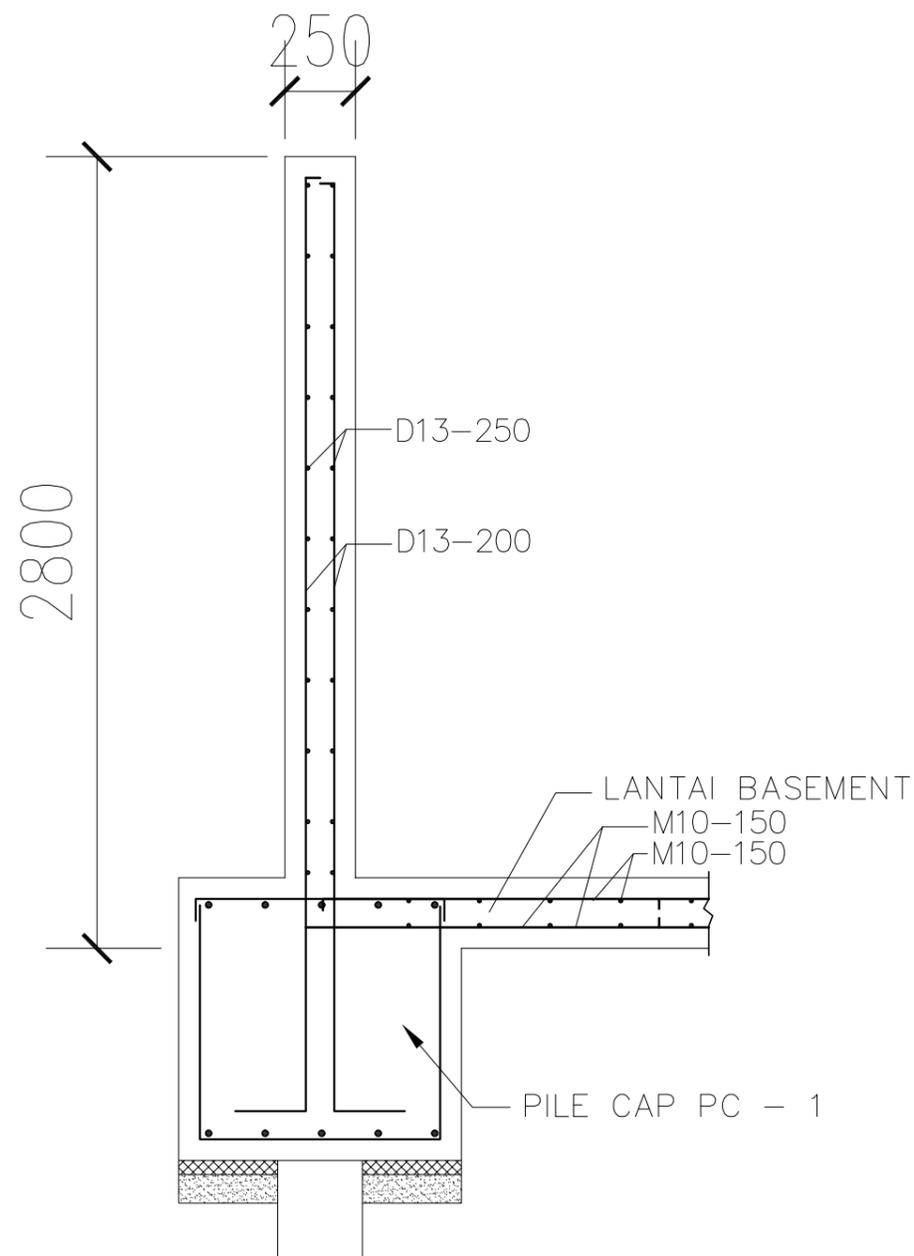
KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	18	46

- Panjang penyaluran = 40D
- Selimut beton = 75 mm
- Mutu beton $F_c' = 30$ MPa
- Mutu wiremesh $F_y = 400$ MPa
- Mutu baja ulir $F_y = 400$ MPa



POT 1-1

Skala 1:25



POT 2-2

Skala 1:25

DETAIL RETAINING WALL

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	19	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

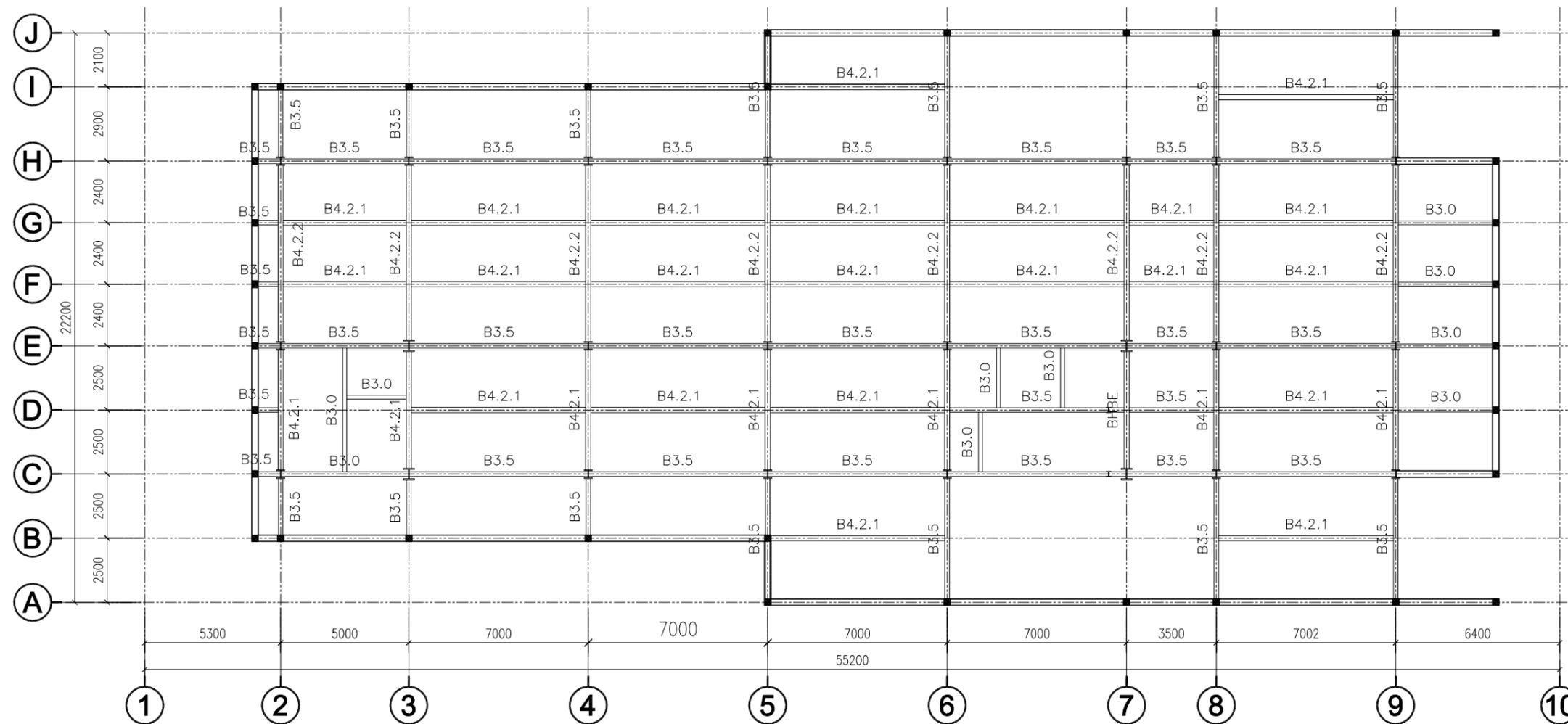
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH BALOK LT 1

Skala 1:200

KODE	PROFIL
B2.5	250X125X6X9
B3.0	300X150X6.5X9
B3.5	350X175X7X11
B4.2.1	400X200X8X13
B4.2.2	400X200X9X16
BHBE	400X200X9X19
MATERIAL GRADE	
ASTM A36	

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	20	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

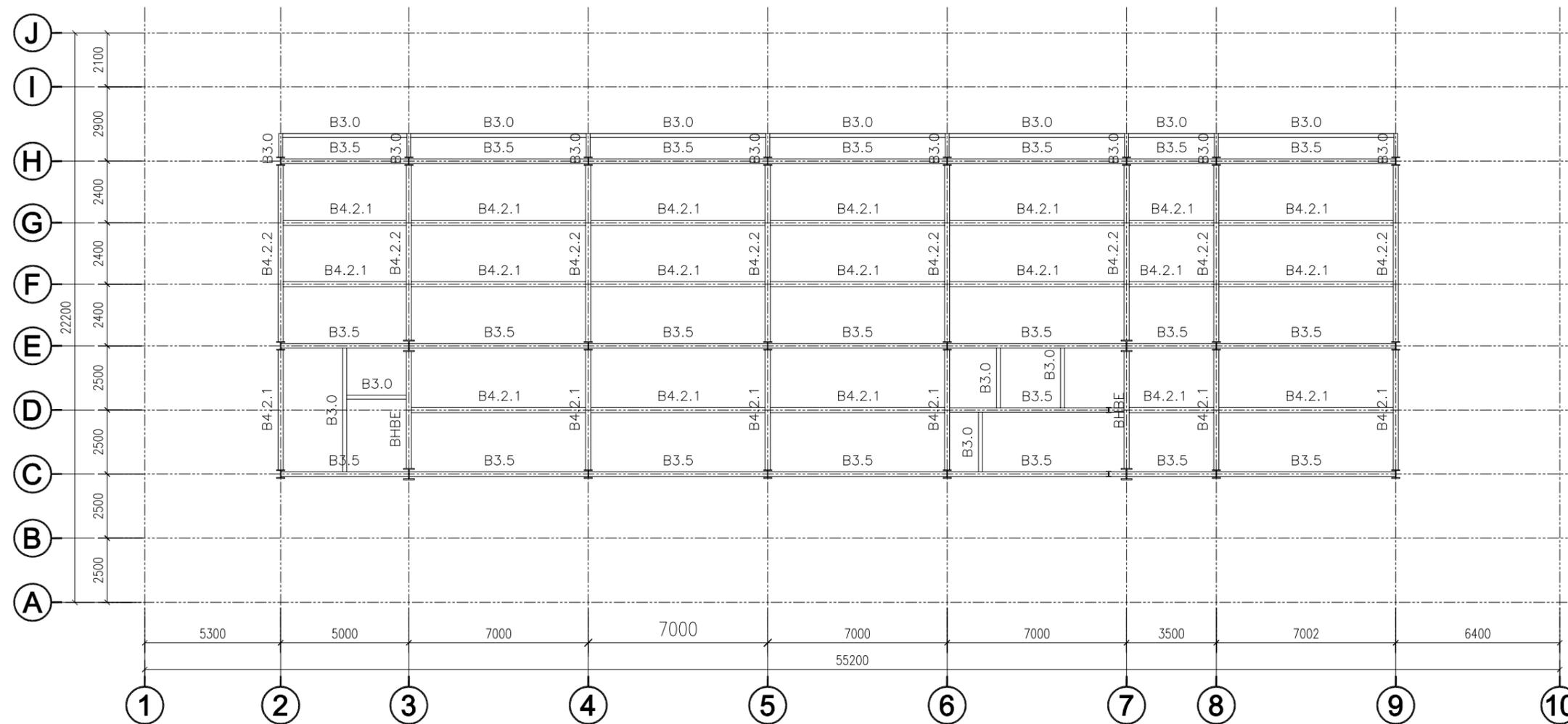
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH BALOK LT 2
 Skala 1:200

KODE	PROFIL
B2.5	250X125X6X9
B3.0	300X150X6.5X9
B3.5	350X175X7X11
B4.2.1	400X200X8X13
B4.2.2	400X200X9X16
BHBE	400X200X9X19
MATERIAL GRADE	
ASTM A36	

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	21	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

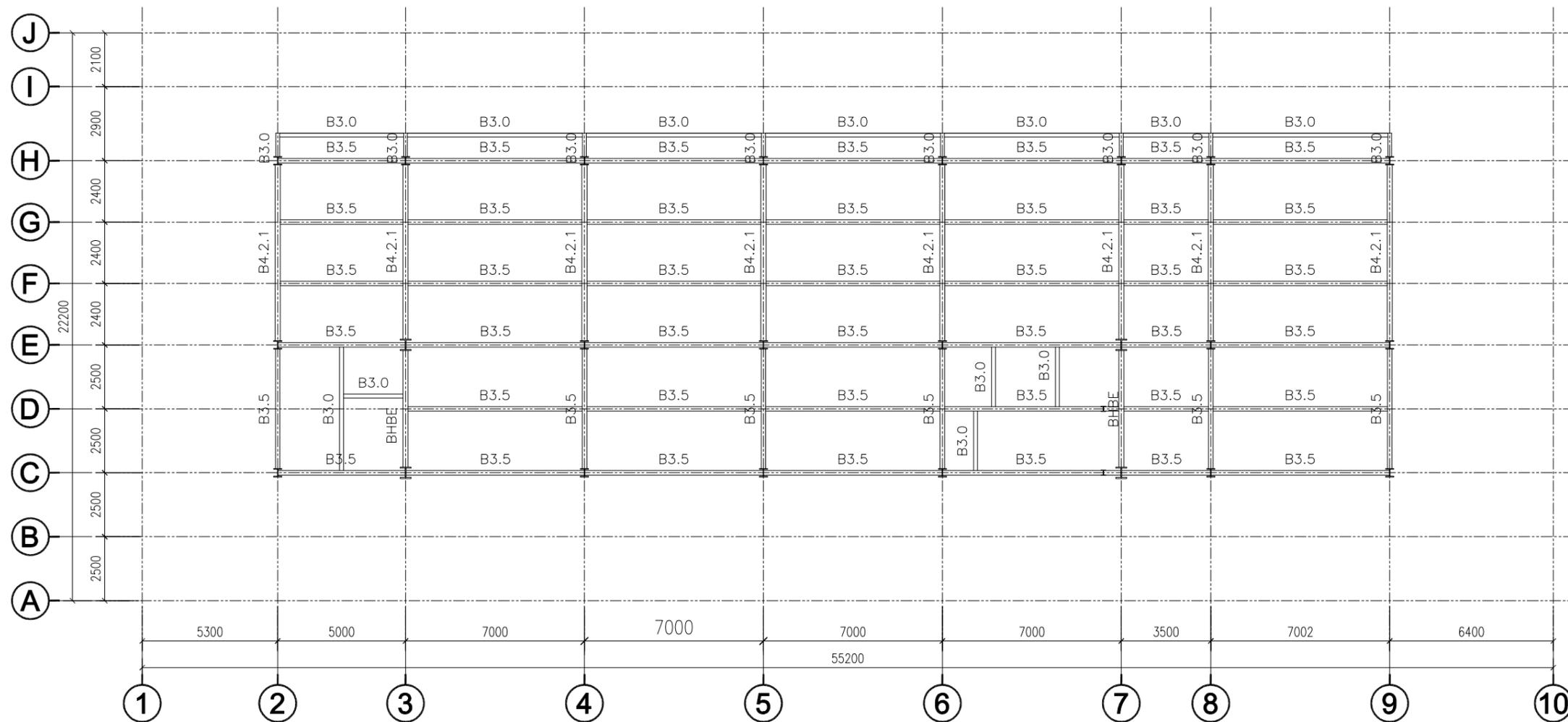
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH BALOK LT 3 S/D ATAP

Skala 1:200

KODE	PROFIL
B2.5	250X125X6X9
B3.0	300X150X6.5X9
B3.5	350X175X7X11
B4.2.1	400X200X8X13
B4.2.2	400X200X9X16
BHBE	400X200X9X19

MATERIAL GRADE	
ASTM A36	

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	22	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

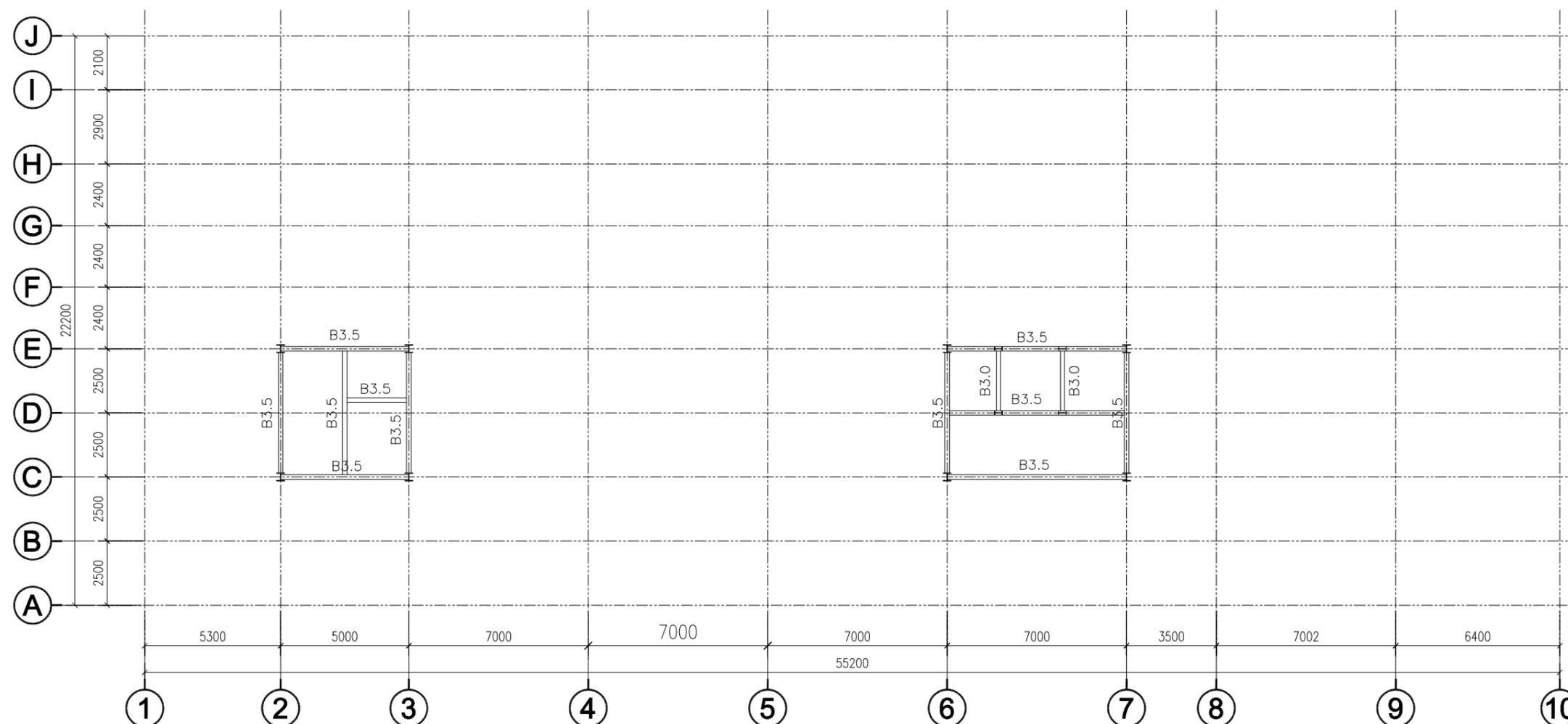
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH BALOK LT ATAP 2

Skala 1:200

KODE	PROFIL
B2.5	250X125X6X9
B3.0	300X150X6.5X9
B3.5	350X175X7X11
B4.2.1	400X200X8X13
B4.2.2	400X200X9X16
BHBE	400X200X9X19
MATERIAL GRADE	
ASTM A36	

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	23	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

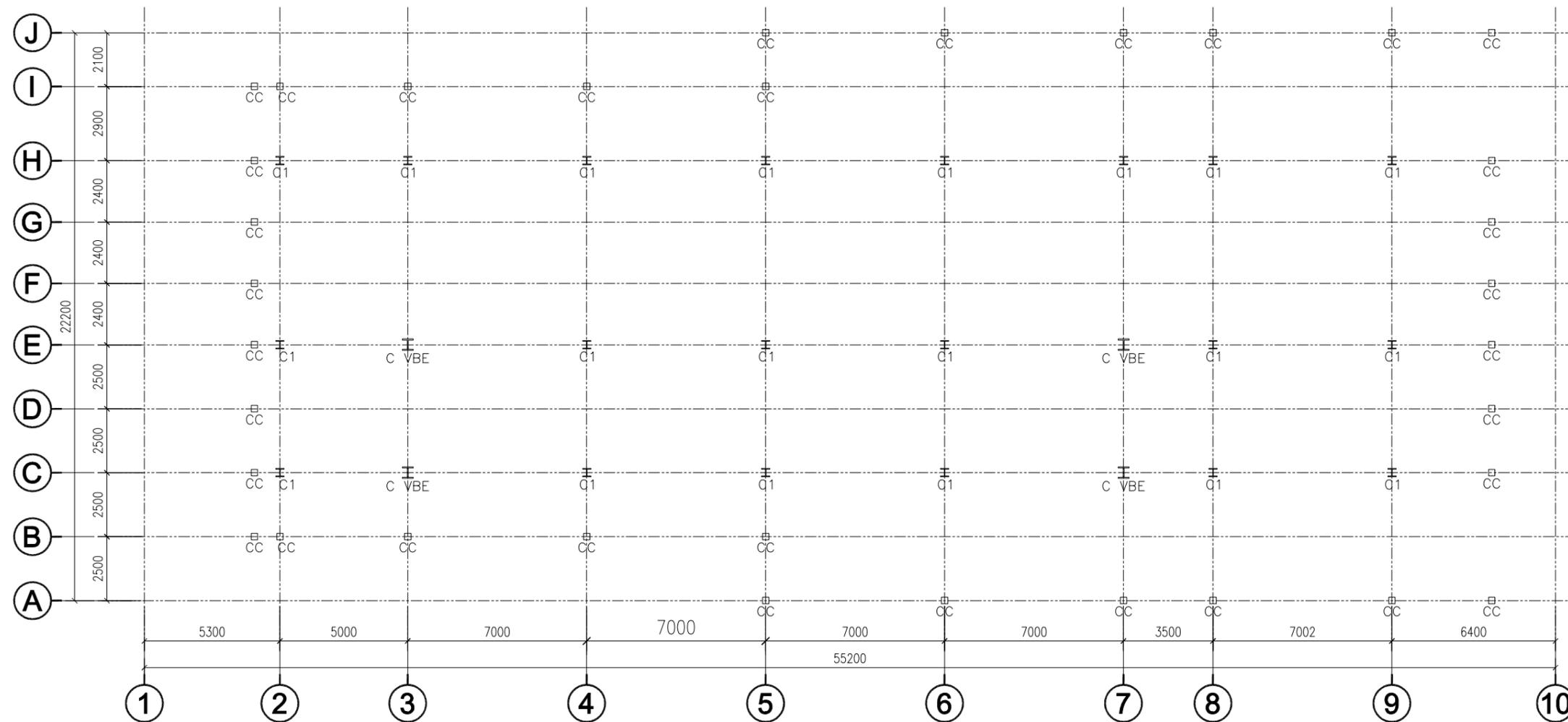
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH KOLOM LT 1
 Skala 1:200

KODE	PROFIL
C1	300X300X24X29
C2	300X300X18X23
CVBE	400X400X35X45
CC	250X250
MATERIAL GRADE	
ASTM A36	

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	24	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

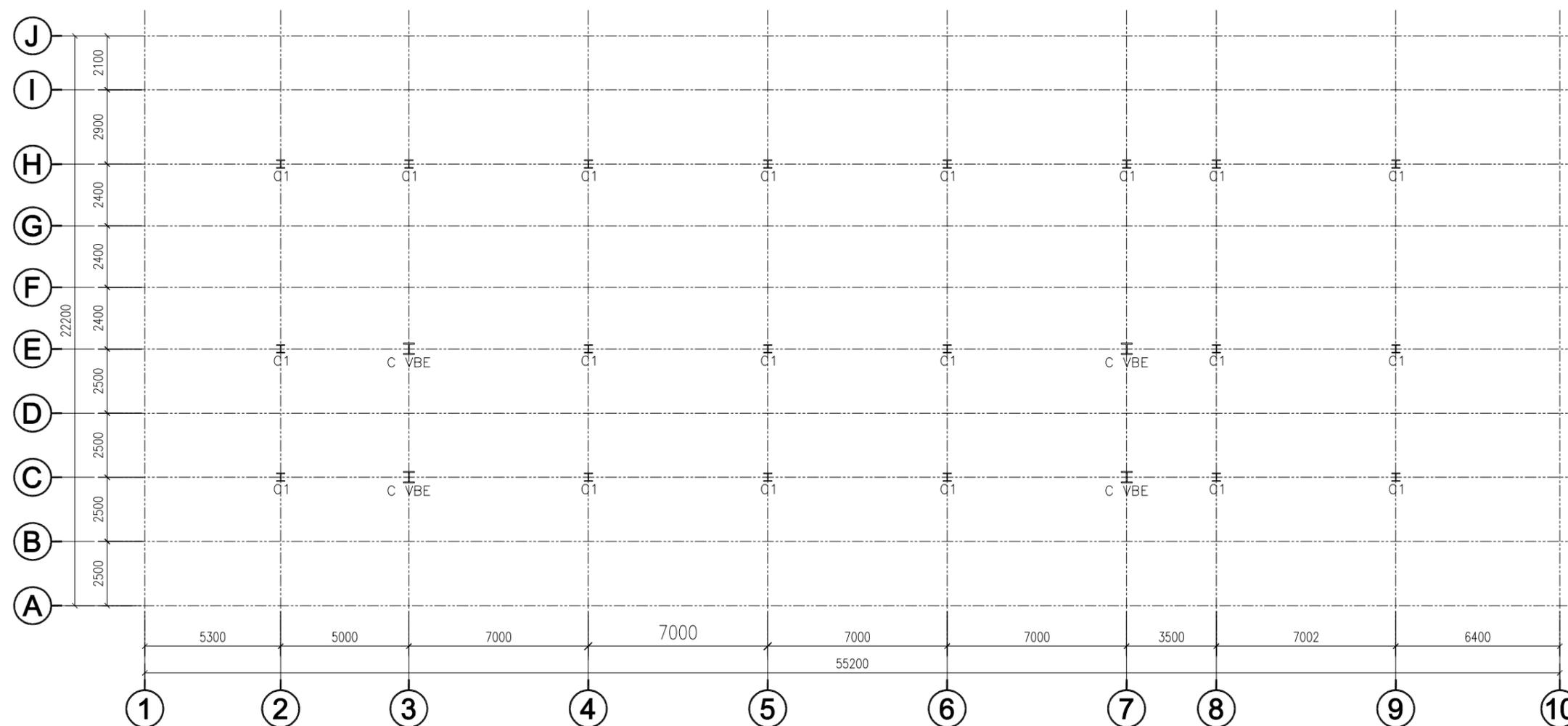
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH KOLOM LT 2 S/D LT 5

Skala 1:200

KODE	PROFIL
C1	300X300X24X29
C2	300X300X18X23
CVBE	400X400X35X45
CC	250X250
MATERIAL GRADE	
ASTM A36	

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	25	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

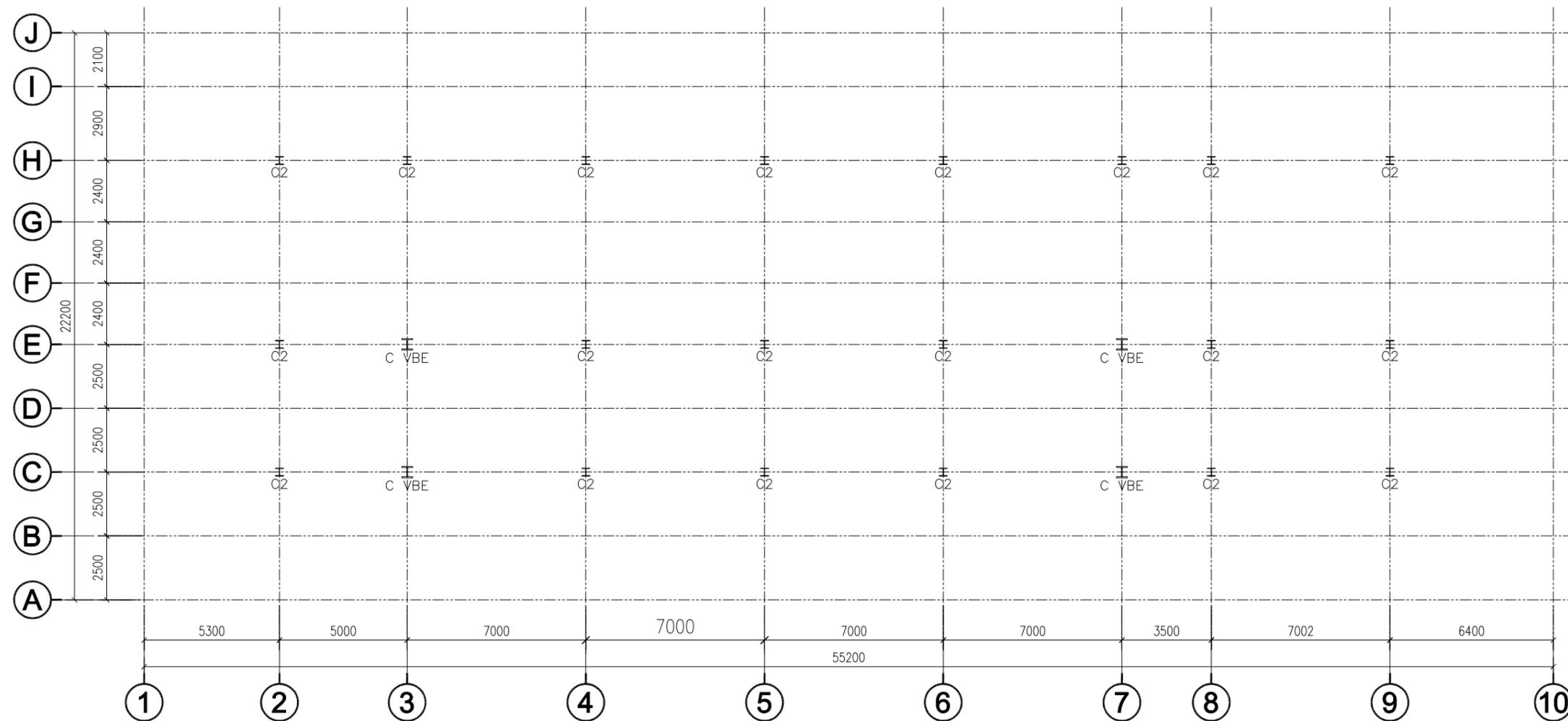
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH KOLOM LT 6 S/D LT ATAP
 Skala 1:200

KODE	PROFIL
C1	300X300X24X29
C2	300X300X18X23
CVBE	400X400X35X45
CC	250X250
MATERIAL GRADE	
ASTM A36	

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	26	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

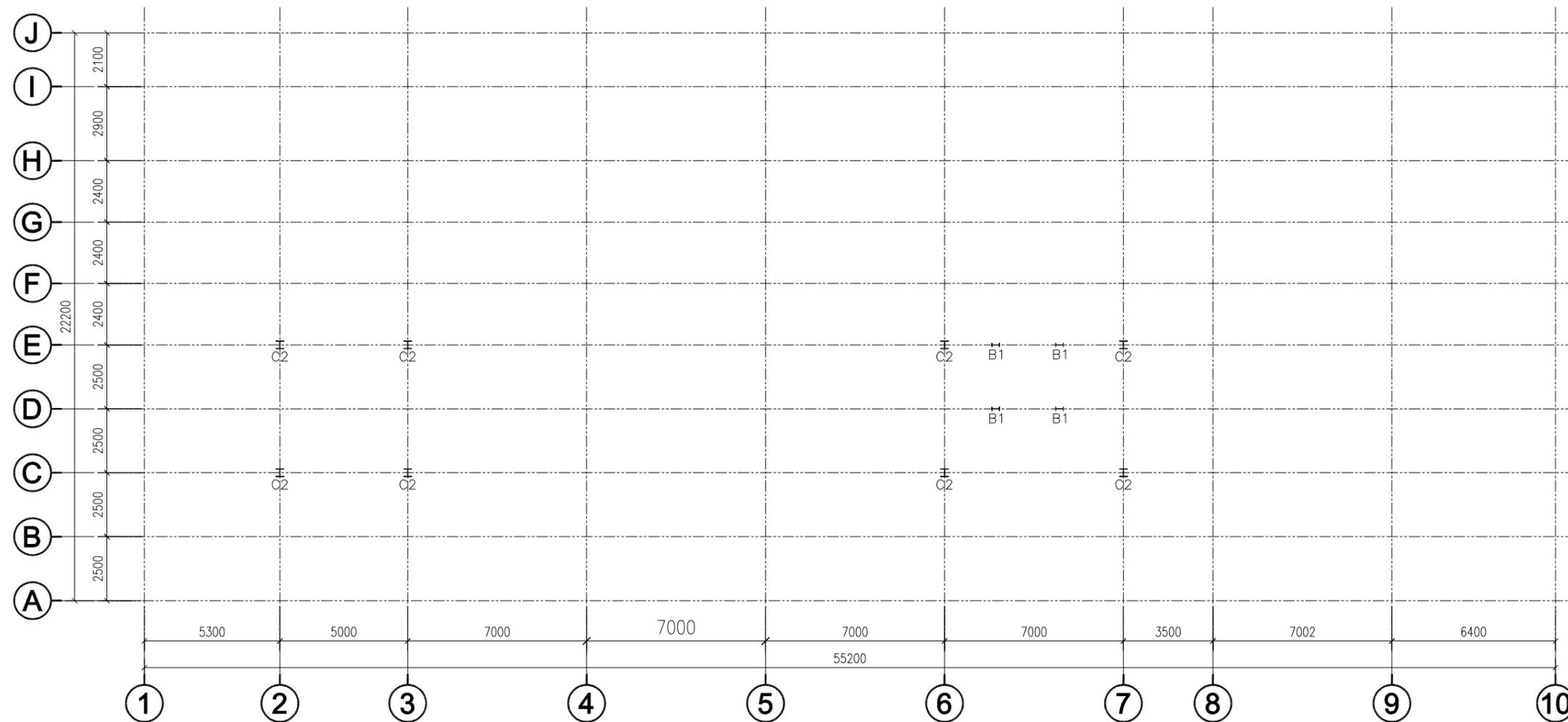
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH KOLOM LT ATAP 2

Skala 1:200

KODE	PROFIL
C1	300X300X24X29
C2	300X300X18X23
CVBE	400X400X35X45
CC	250X250
MATERIAL GRADE	
ASTM A36	

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	27	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

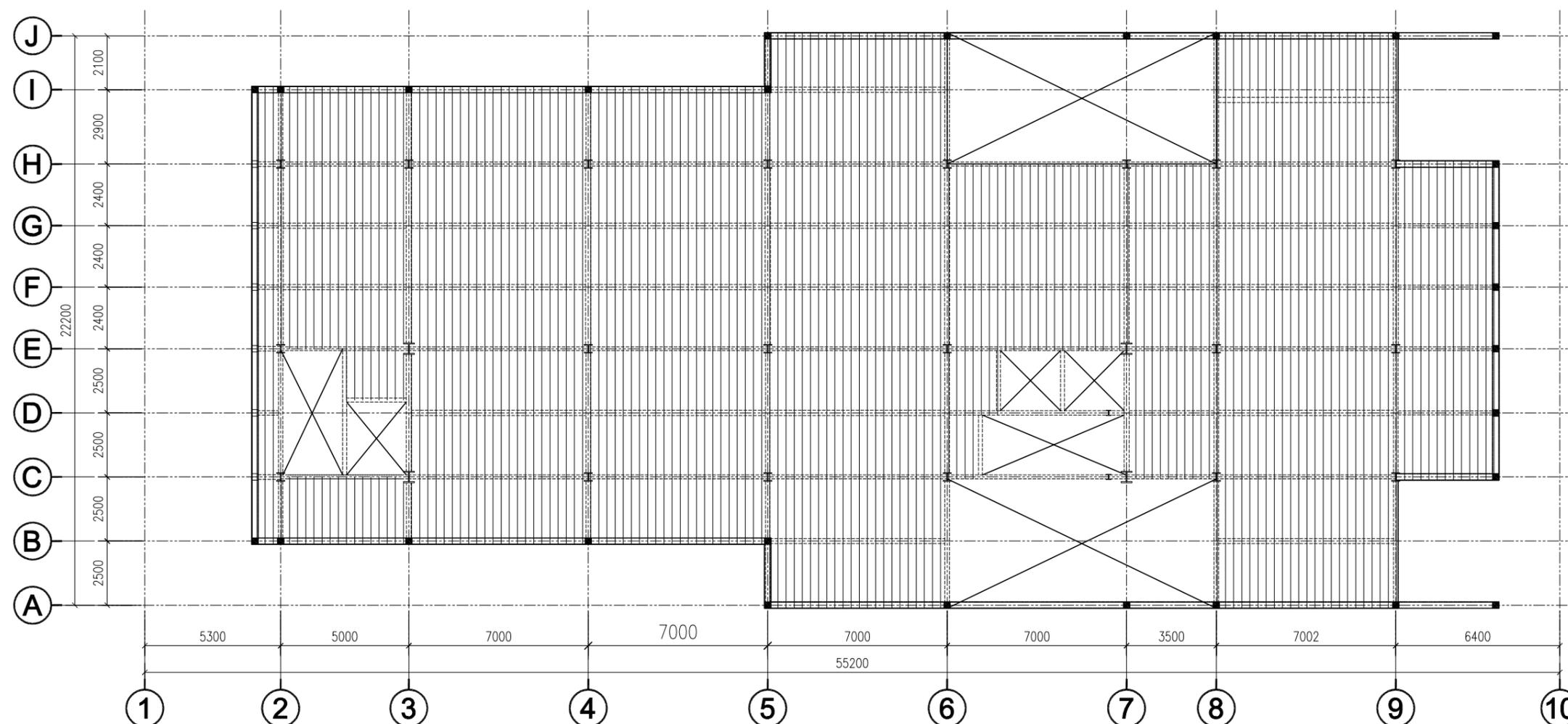
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH PELAT LANTAI LT 1 EL. ±0.00

Skala 1:200

PELAT BONDEK
TEBAL LANTAI= 100 mm (TIPIKAL)
MATERIAL GRADE
BETON FC' 30 MPa WIREMESH 400MPa

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	29	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

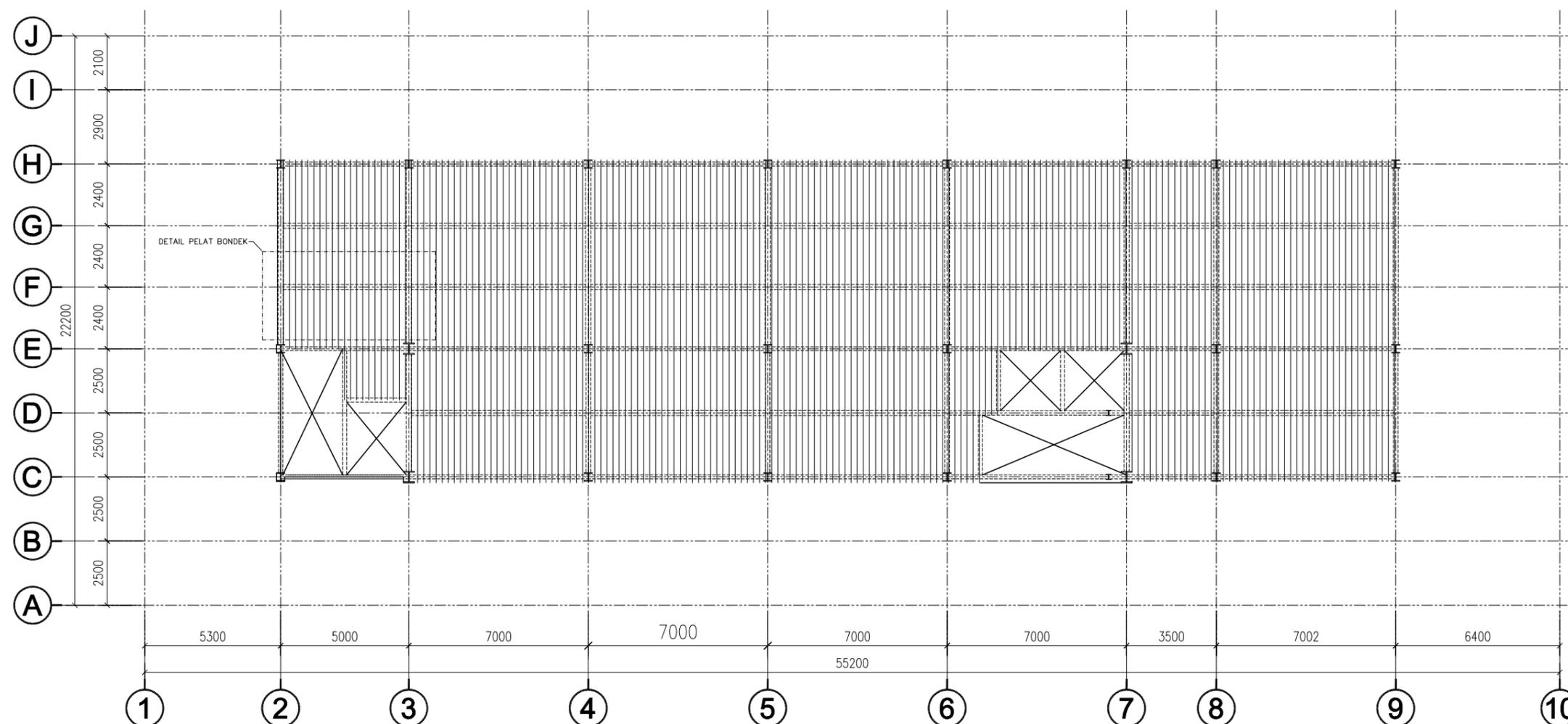
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH PELAT LANTAI LT 2 EL . +4.00

Skala 1:200

PELAT BONDEK
TEBAL LANTAI= 100 mm (TIPIKAL)
MATERIAL GRADE
BETON FC' 30 MPa WIREMESH 400MPa

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	30	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

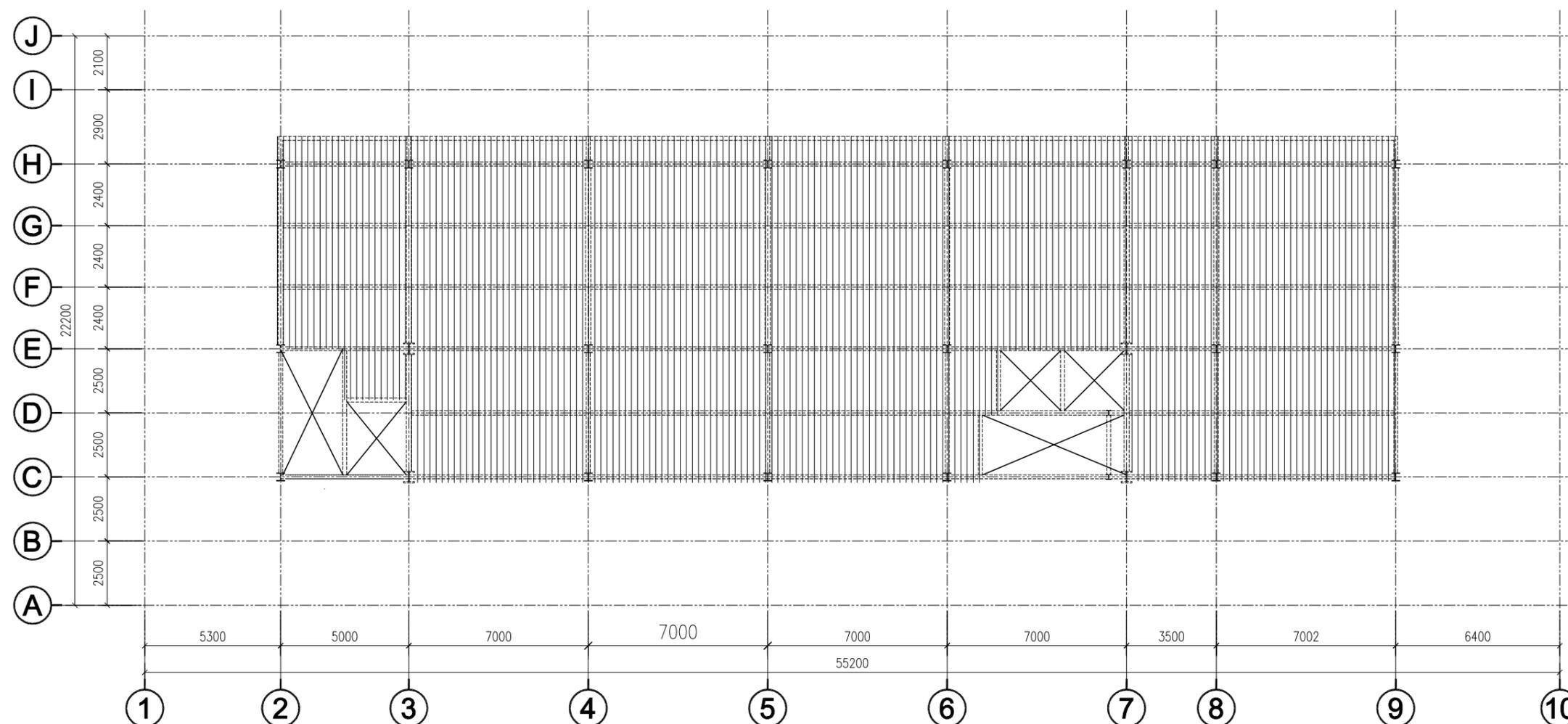
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH PELAT LANTAI TIPIKAL LT 3 S/D ATAP

Skala 1:200

DAFTAR ELEVASI LANTAI

LT 3 EL. +7.00
LT 4 EL. +10.00
LT 5 EL. +13.00
LT 6 EL. +16.00
LT 7 EL. +19.00
LT 8 EL. +22.00
LT 9 EL. +25.00
LT ATAP EL. +28.00

PELAT BONDEK
TEBAL LANTAI= 100 mm (TIPIKAL)
MATERIAL GRADE
BETON FC' 30 MPa WIREMESH 400MPa

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	31	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

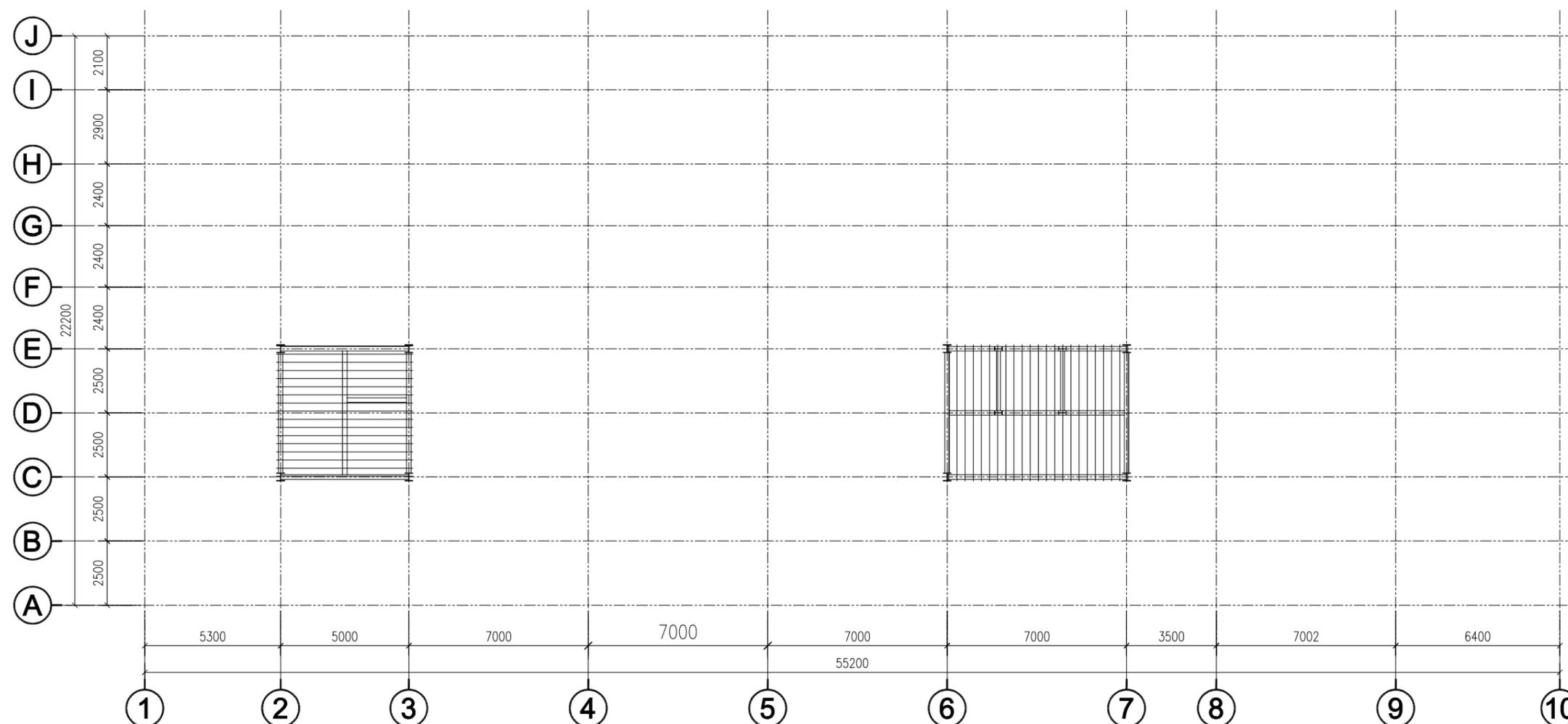
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DENAH PELAT LANTAI LT ATAP 2 EL. +30.5

Skala 1:200

PELAT BONDEK
TEBAL LANTAI= 100 mm (TIPIKAL)
MATERIAL GRADE
BETON FC' 30 MPa WIREMESH 400MPa

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	32	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

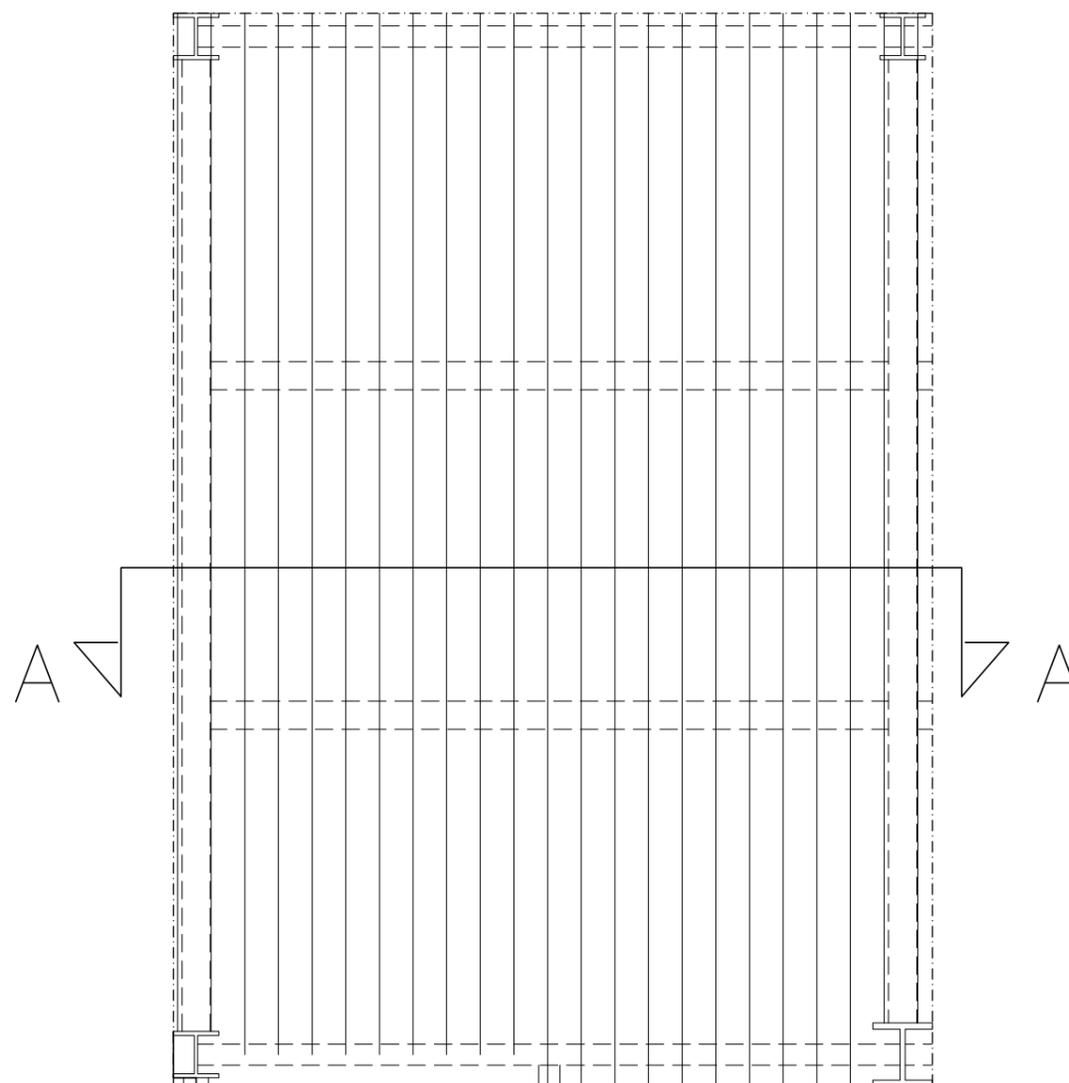
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



DETAIL PELAT BONDEK

Skala 1:50



POTONGAN A-A

Skala 1:50

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	33	46



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
 Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
 Special Plate Shear Wall (SPSW)

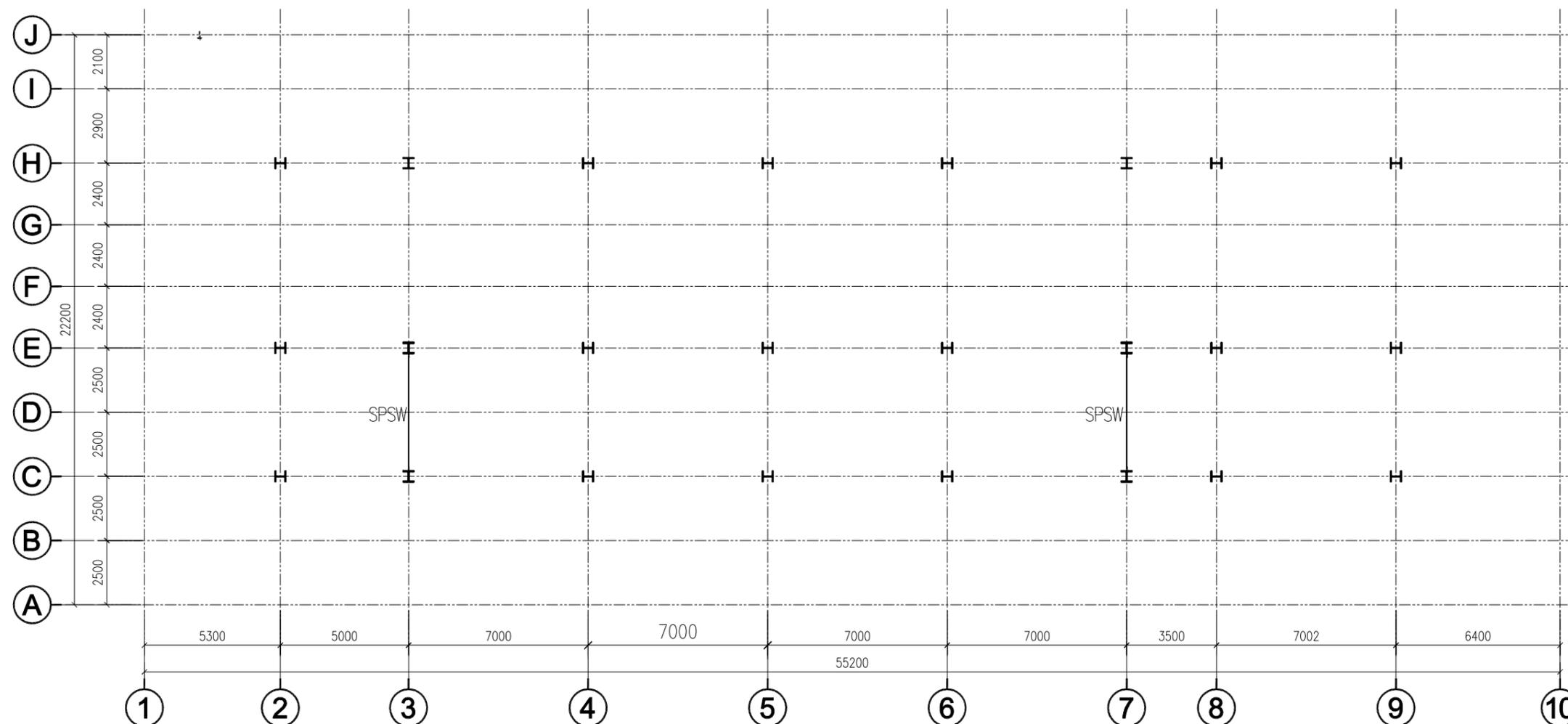
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
 NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
 10111715000013

KETERANGAN



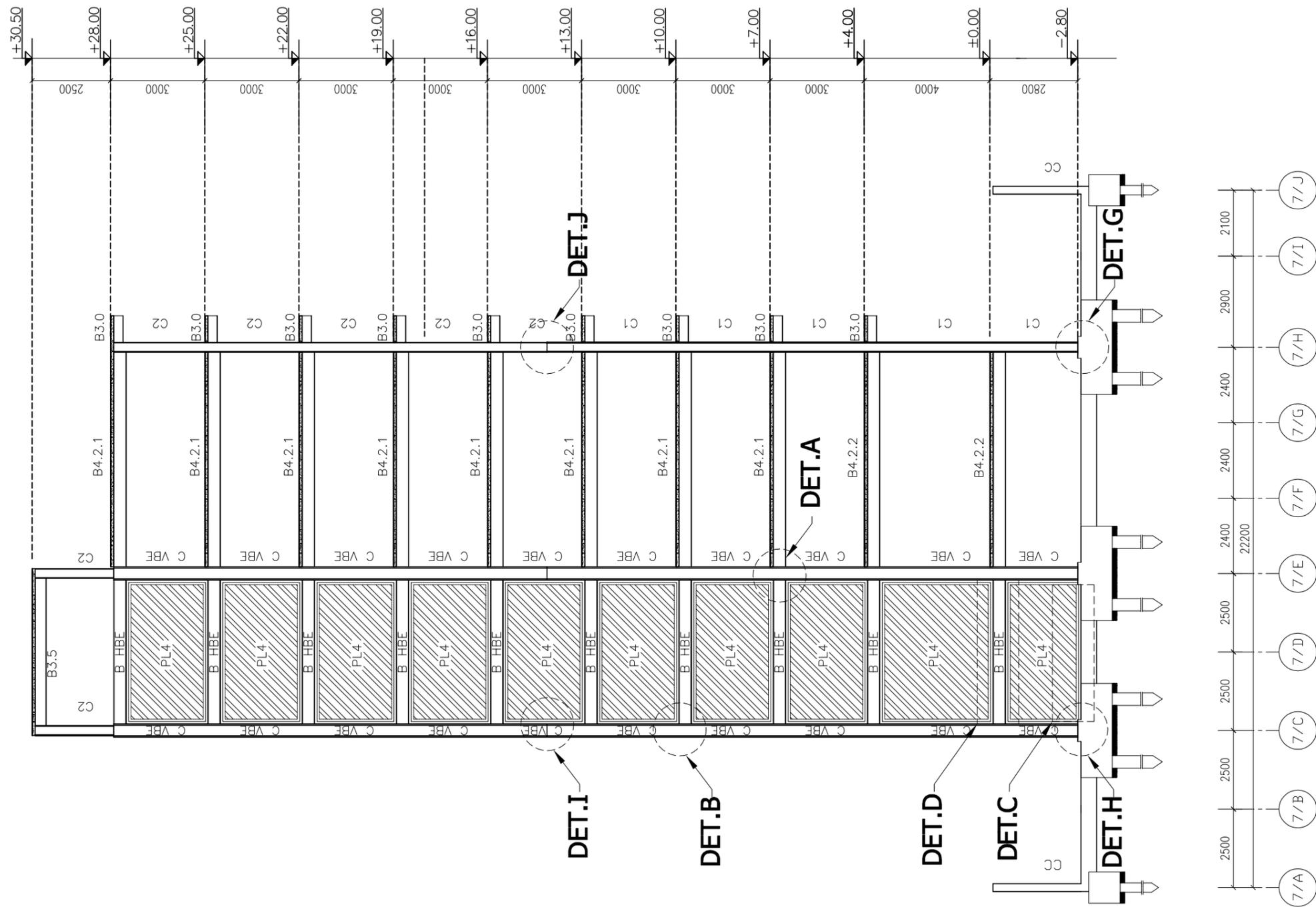
DENAH SPSW TIPIKAL

Skala 1:200

TIPE SPSW	PROFIL
SPSW	PL 4
MATERIAL	ASTM A36

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	34	46

PORTAL 7
Skala 1:150



JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

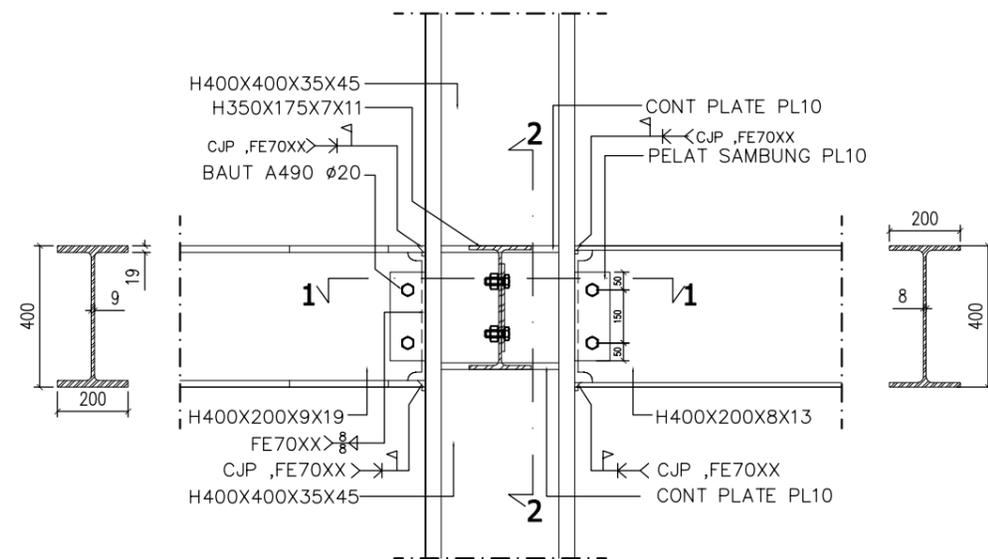
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

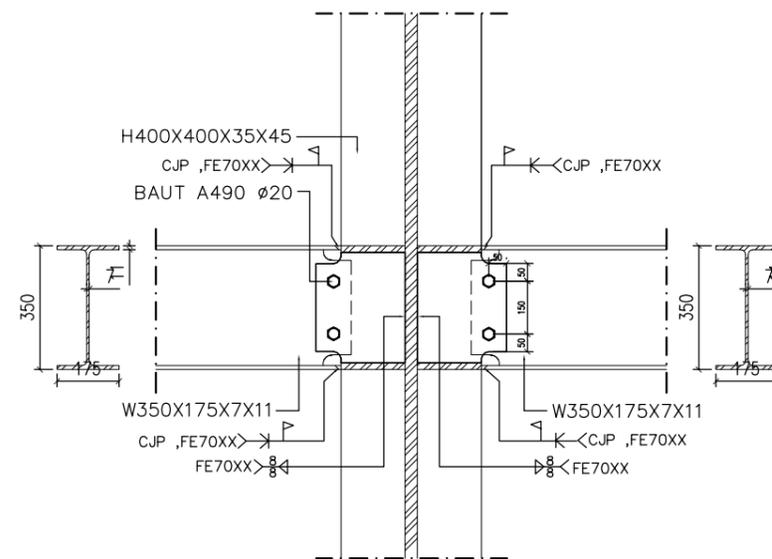
Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

KETERANGAN



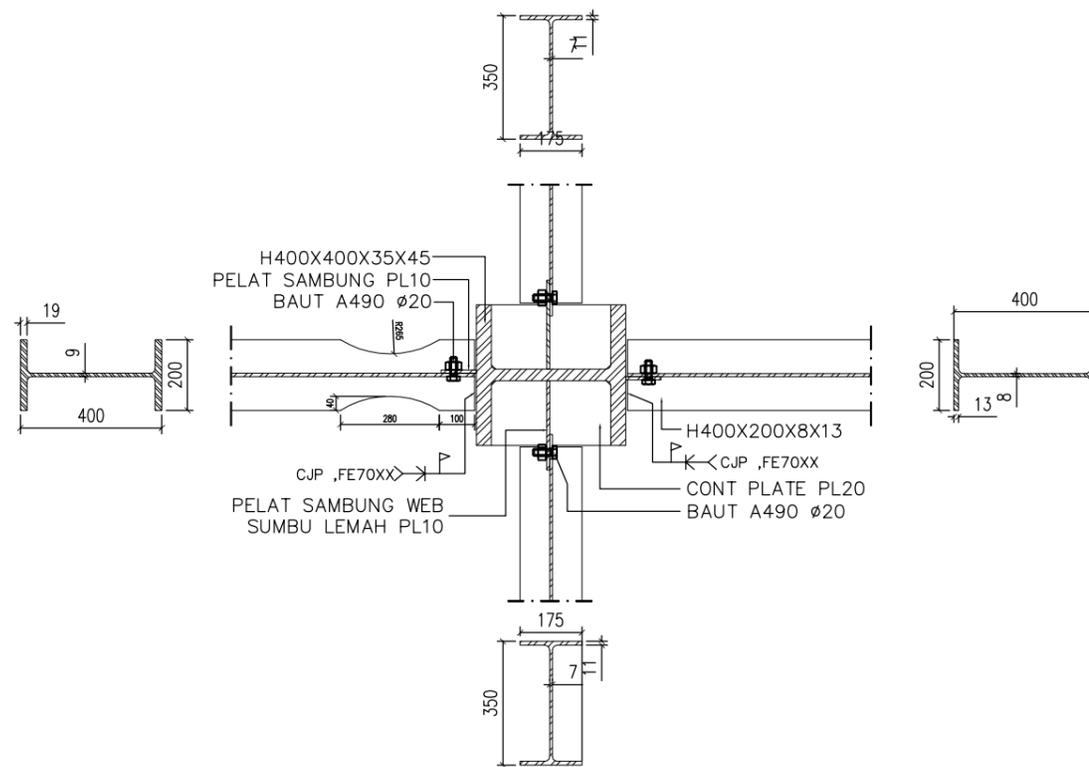
DETAIL A

Skala 1:20



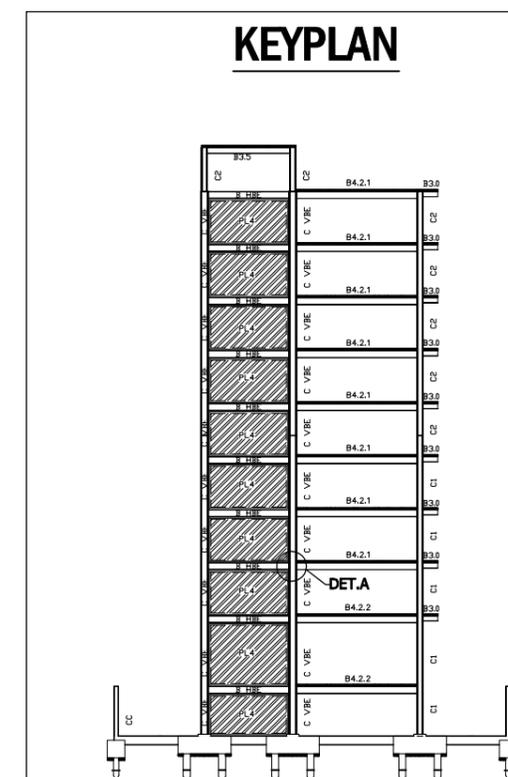
POT 2-2

Skala 1:20



POT 1-1

Skala 1:20



KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	36	46

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

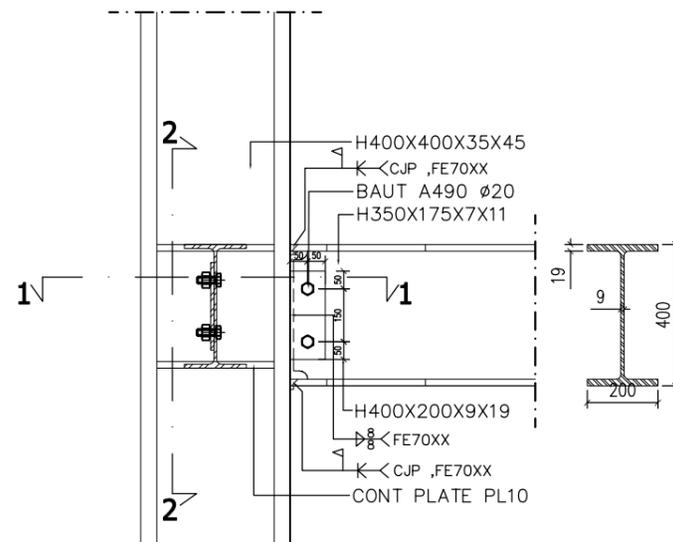
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

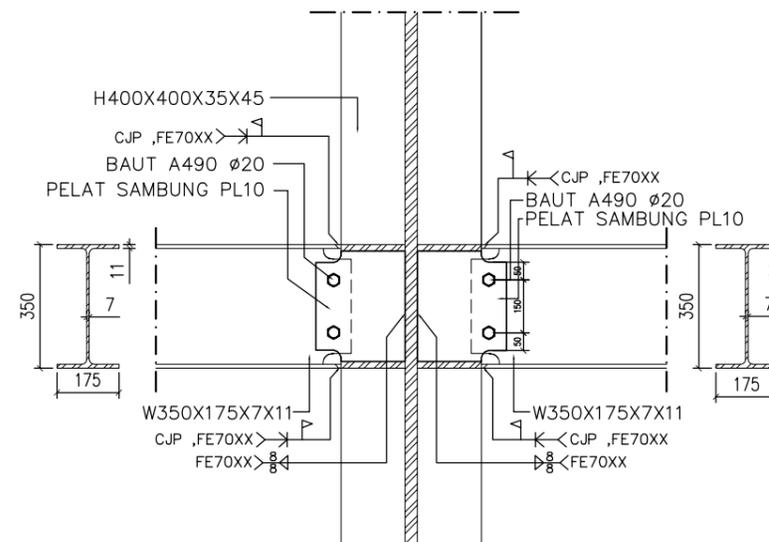
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

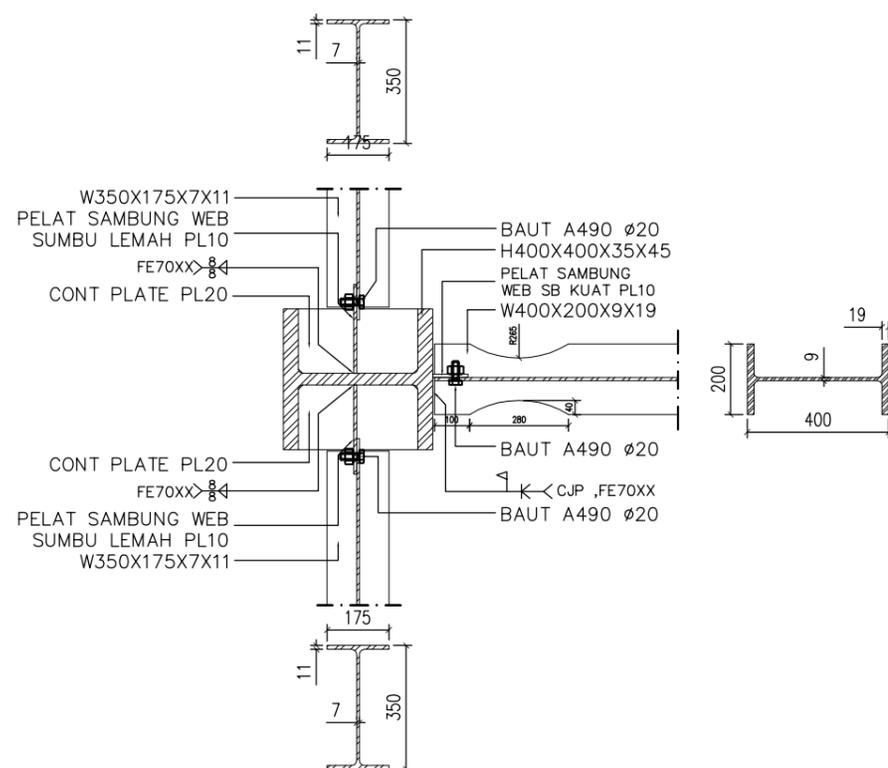
KETERANGAN



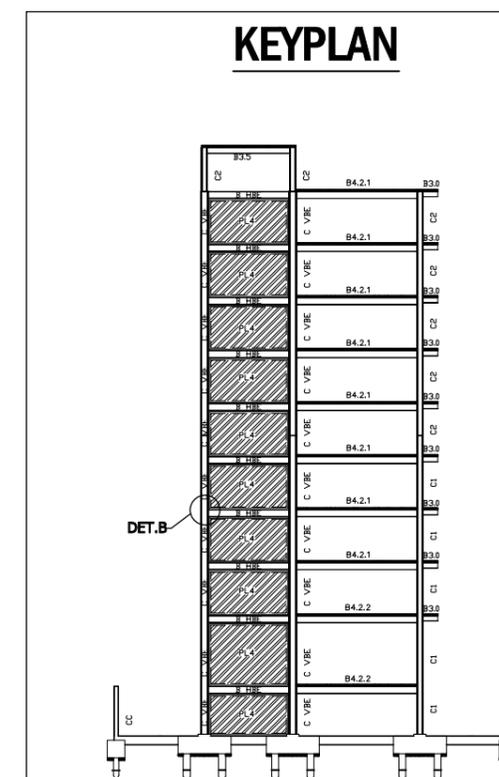
DETAIL B
Skala 1:20



POT 2-2
Skala 1:20



POT 1-1
Skala 1:20



KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	37	46

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

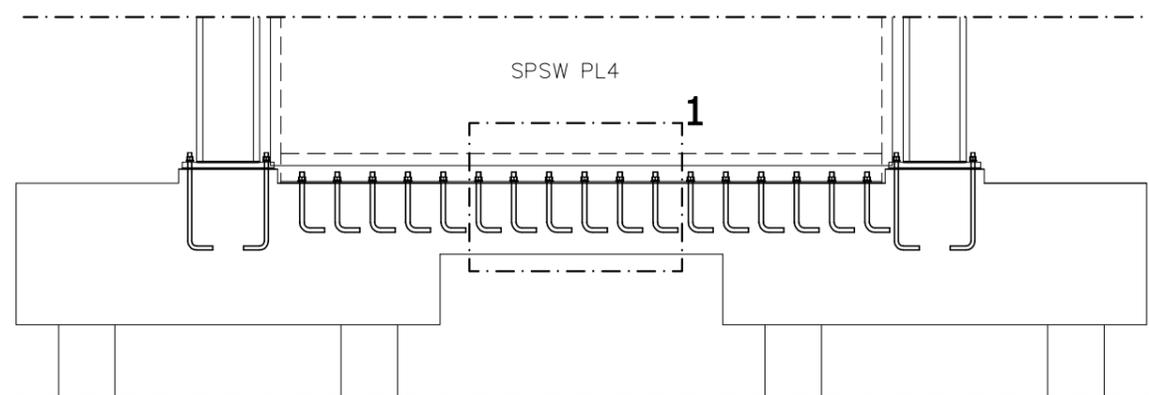
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

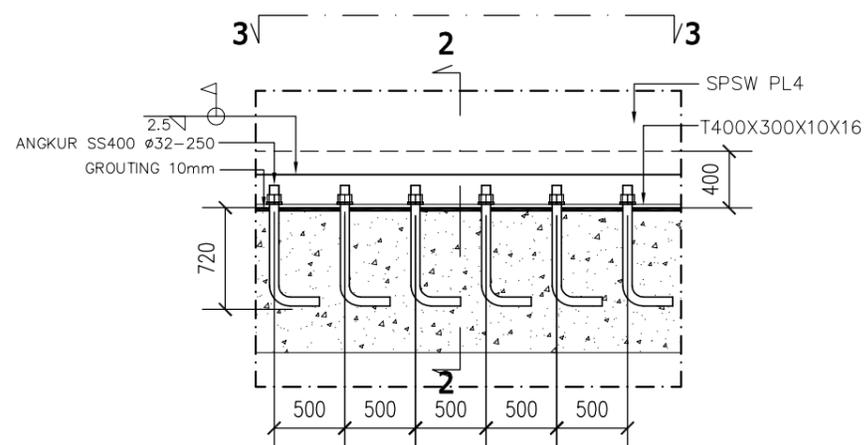
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

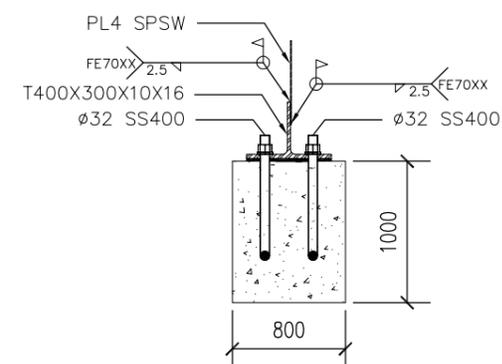
KETERANGAN



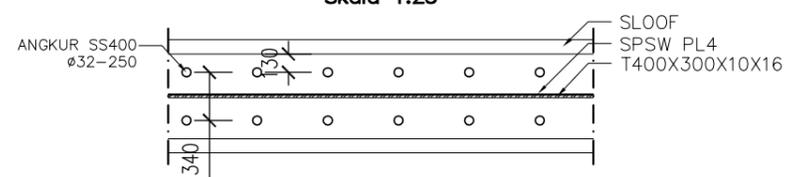
DETAIL C
Skala 1:50



DETAIL 1
Skala 1:25



POT 2-2
Skala 1:25



POT. 3-3
Skala 1:25

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
STR	38	46

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

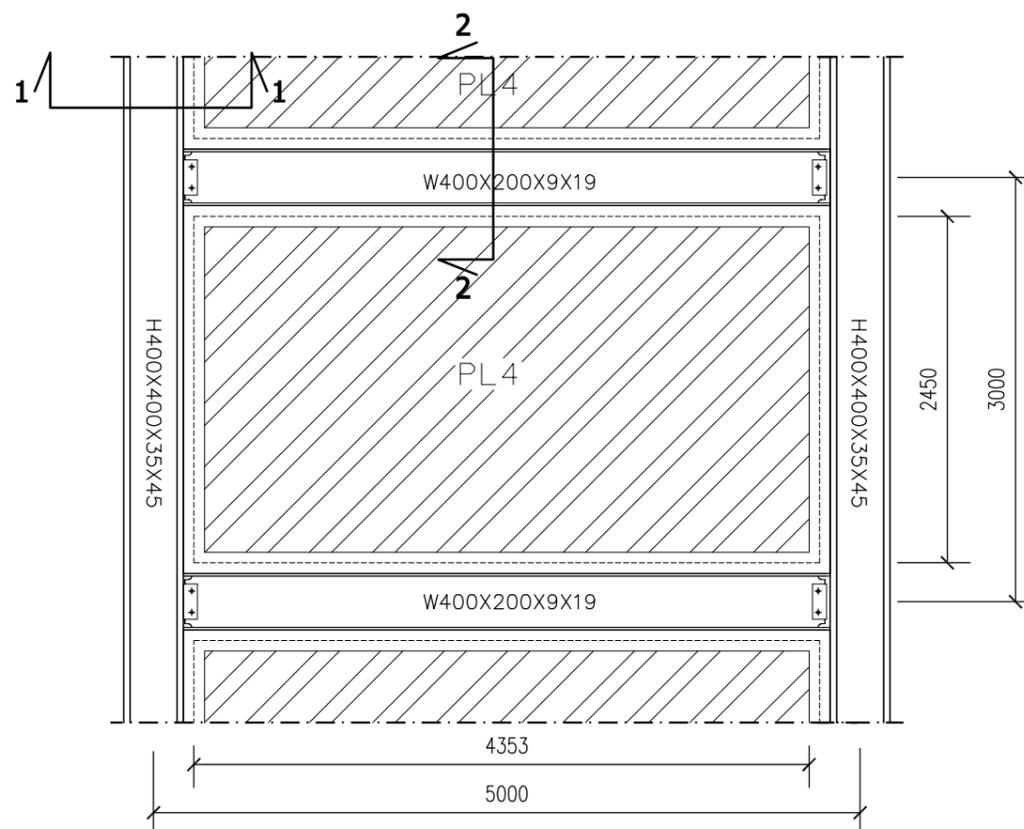
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

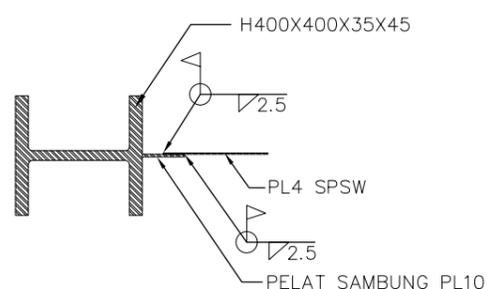
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

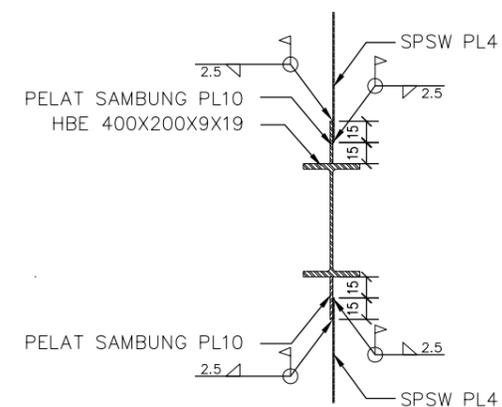
KETERANGAN



DETAIL D
Skala 1:50



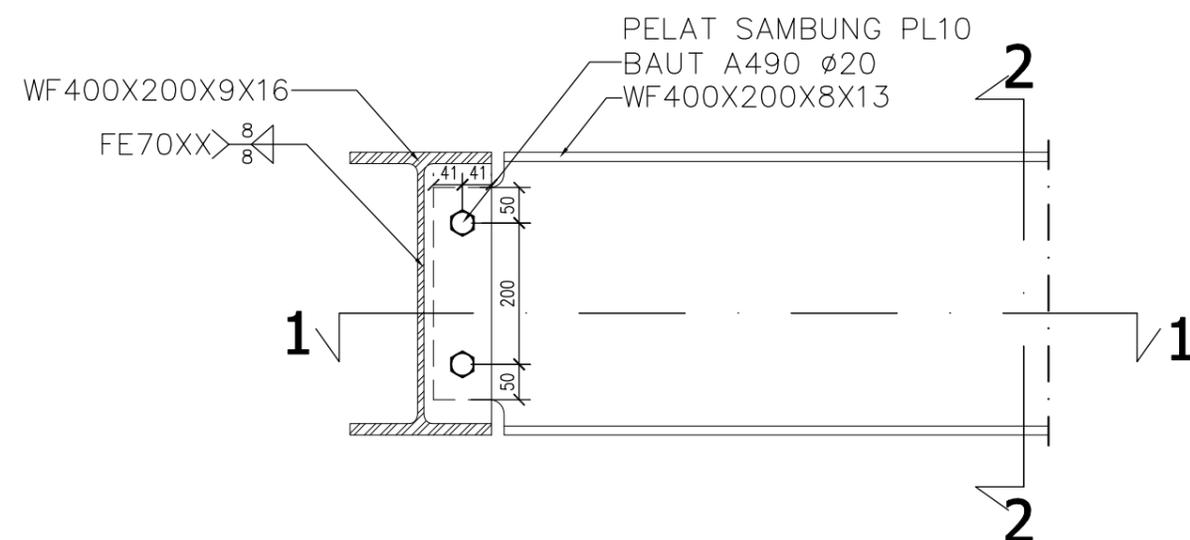
POT 1-1
Skala 1:25



POT 2-2
Skala 1:25

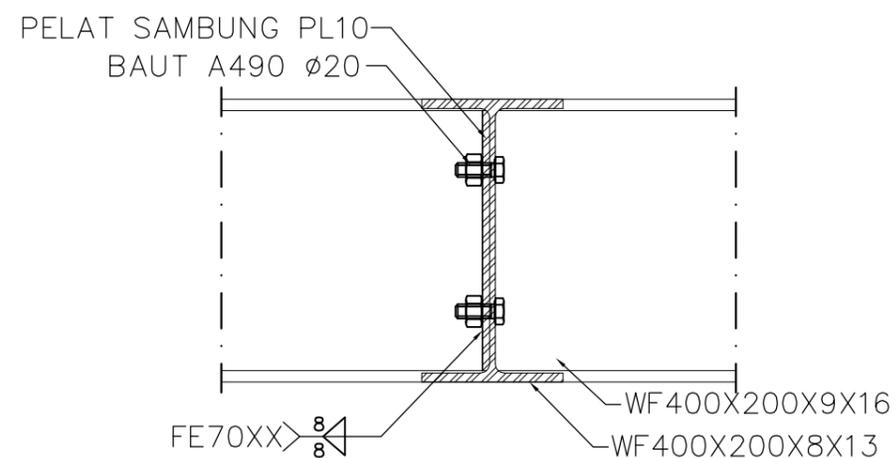
KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------	------------	-------------

STR	39	46
-----	----	----



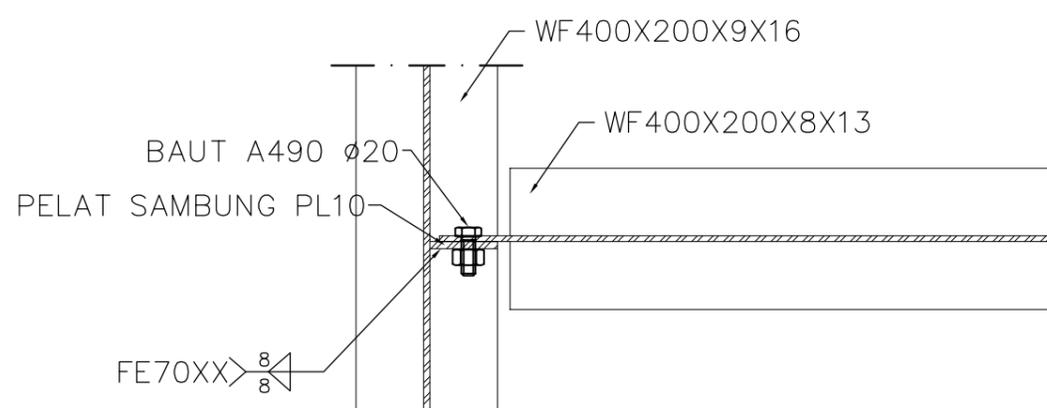
DETAIL E

Skala 1:10



POT 2-2

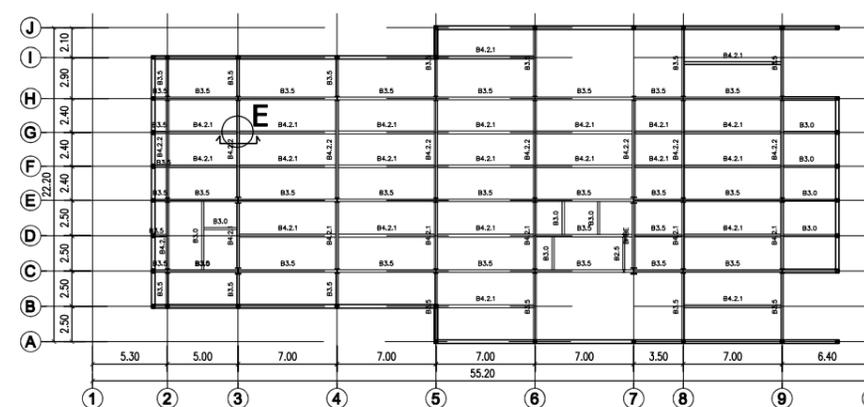
Skala 1:10



POT 1-1

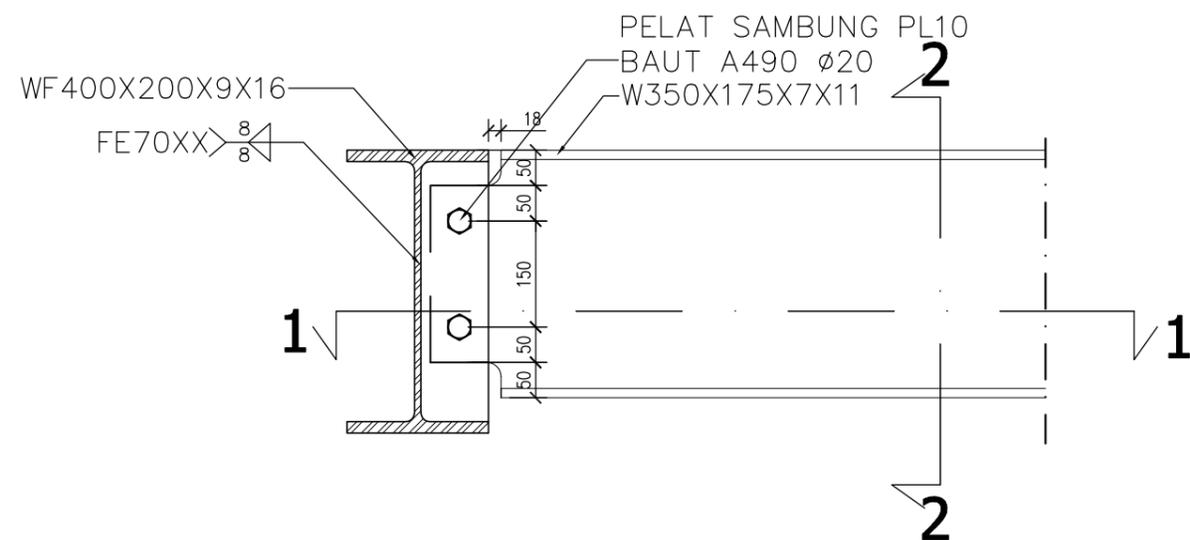
Skala 1:10

KEYPLAN LT 1 SD 2

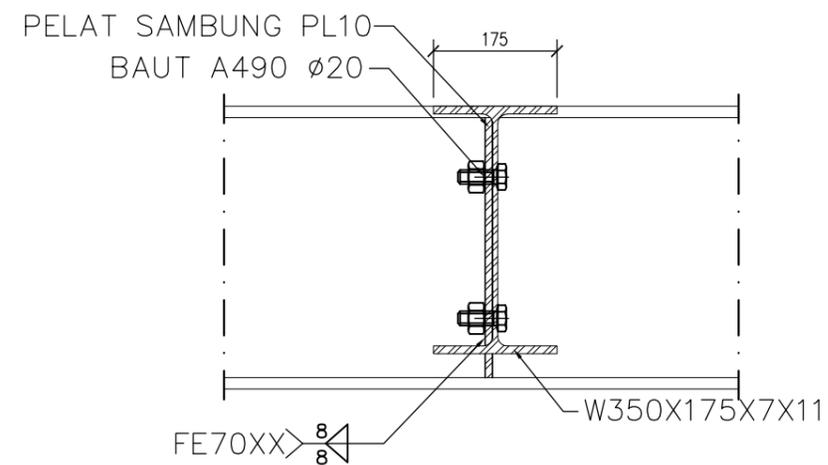


KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------	------------	-------------

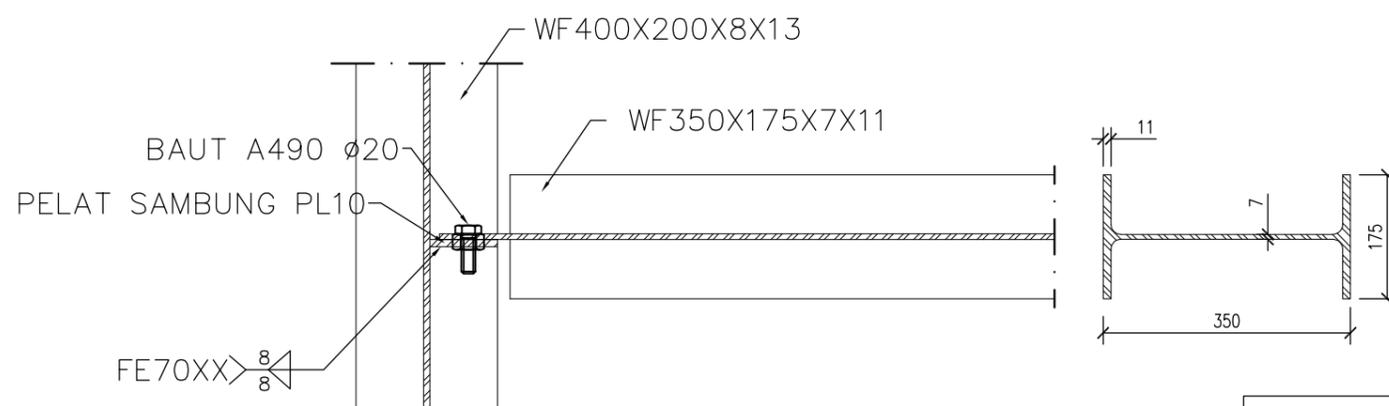
STR	40	46
-----	----	----



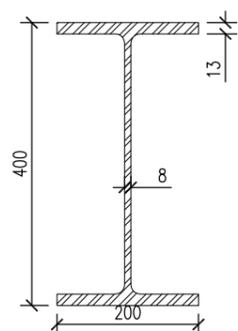
DETAIL F
Skala 1:10



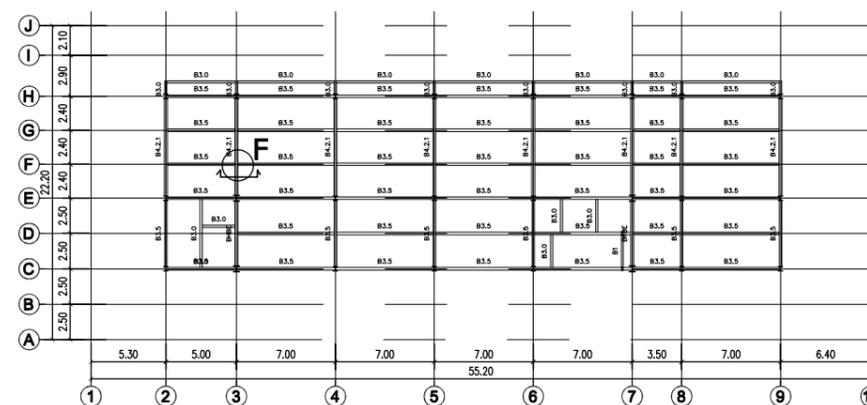
POT 2-2
Skala 1:10



POT 1-1
Skala 1:10



KEYPLAN LT 3 SD ATAP



KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------	------------	-------------

STR	41	46
-----	----	----

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

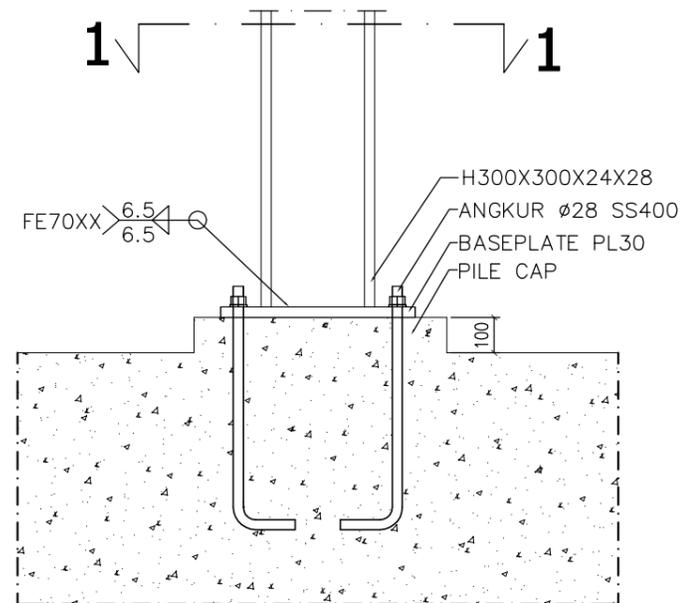
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

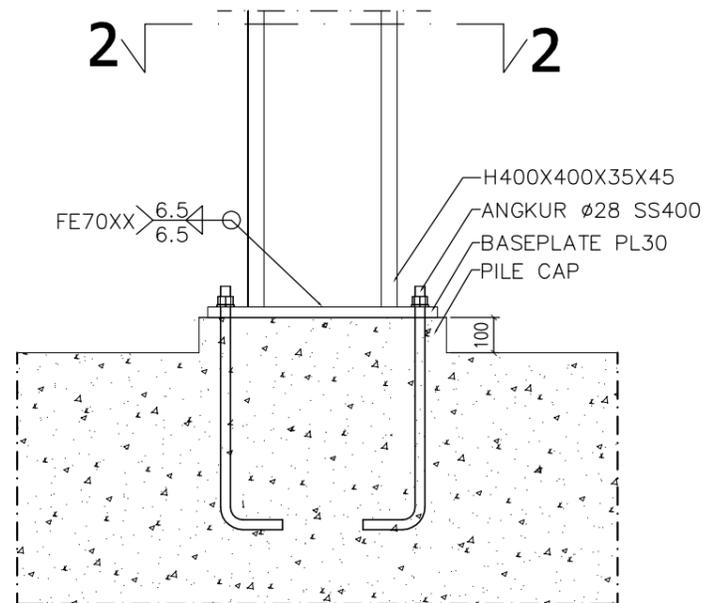
Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

KETERANGAN



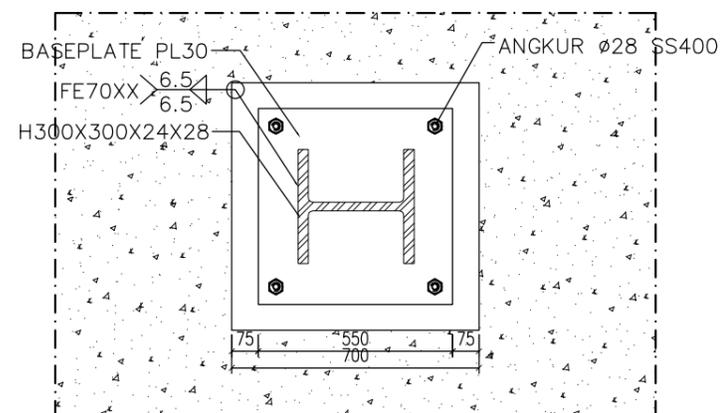
DET G

Skala 1:10



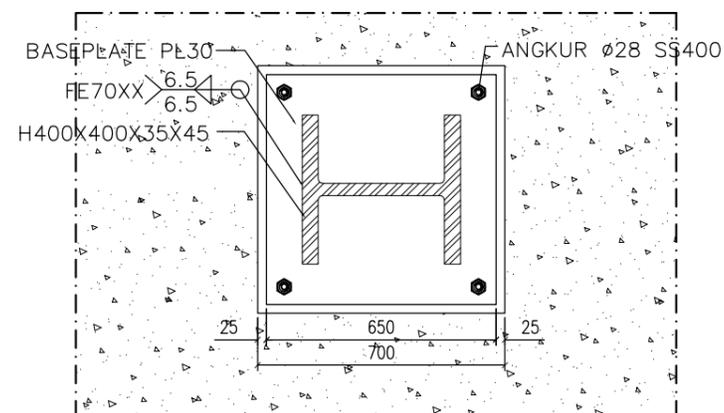
DET H

Skala 1:10



POT 1-1

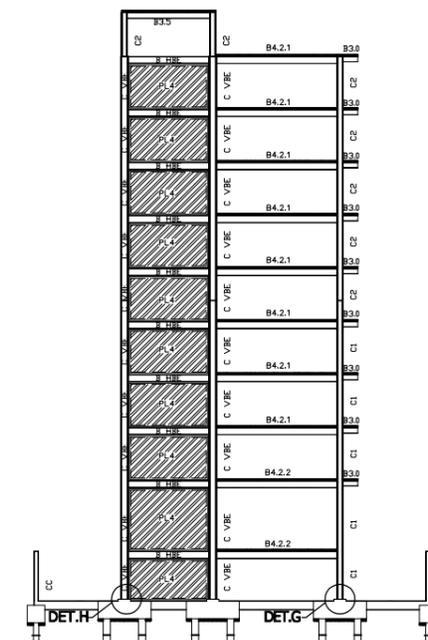
Skala 1:10



POT 2-2

Skala 1:10

KEYPLAN



KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------	------------	-------------

STR	42	46
-----	----	----

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

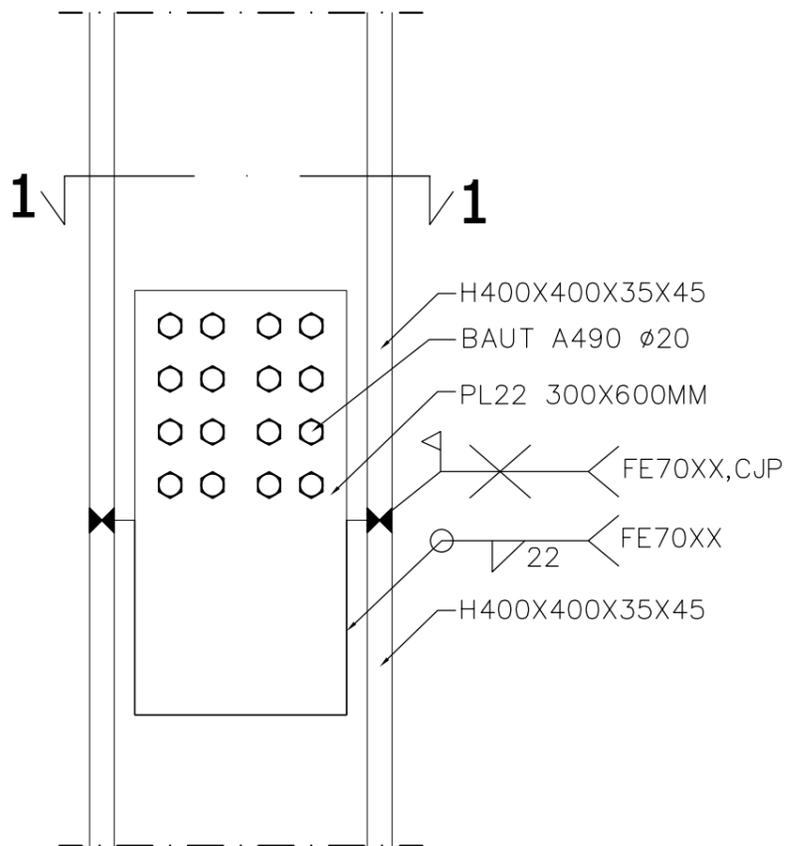
Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

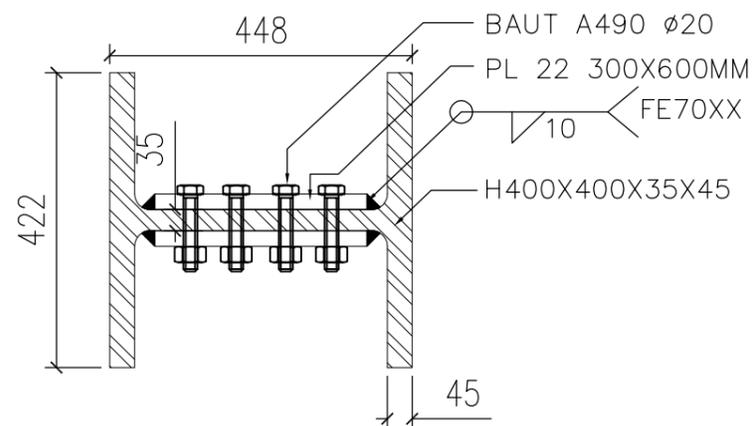
KETERANGAN

- | | |
|-------------|--------|
| 1. Detail I | 1 : 10 |
| 2. Detail J | 1 : 10 |



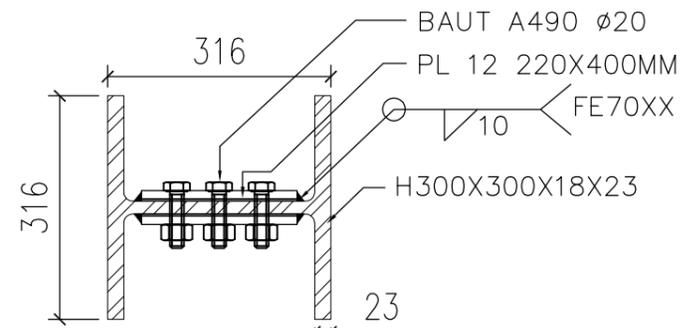
DET.I

Skala 1:10



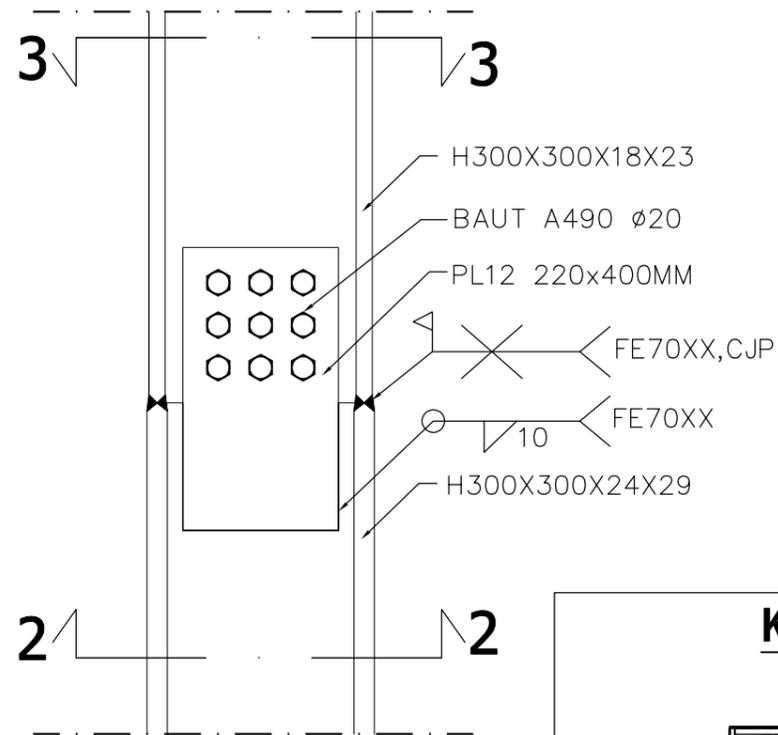
POT 1-1

Skala 1:10



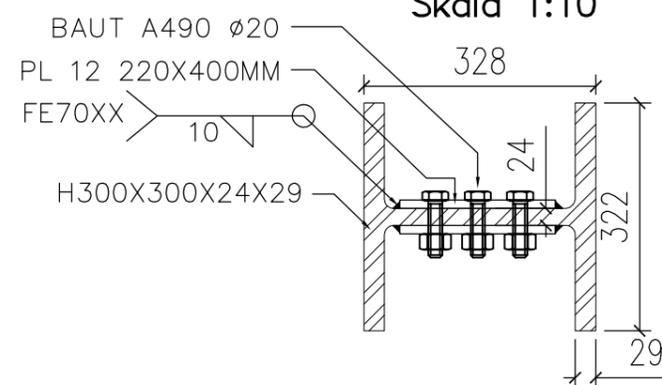
POT 3-3

Skala 1:10



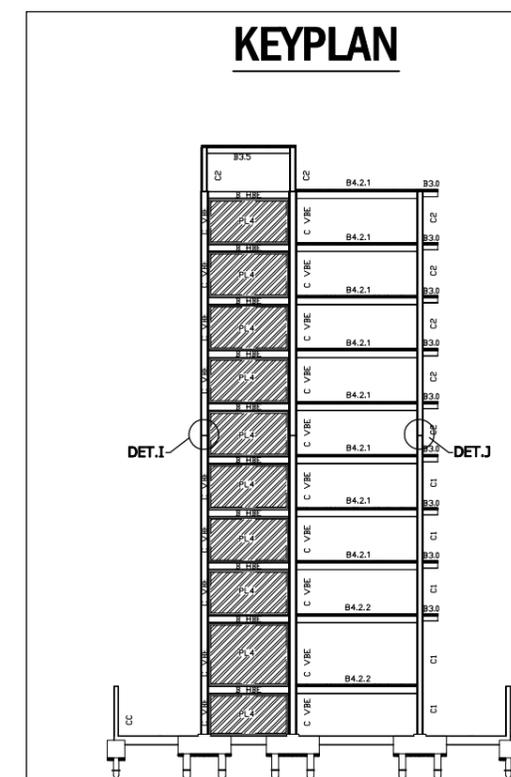
DET.J

Skala 1:10



POT 2-2

Skala 1:10



KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------	------------	-------------

STR	43	46
-----	----	----

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

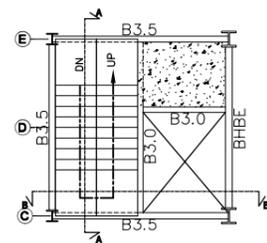
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

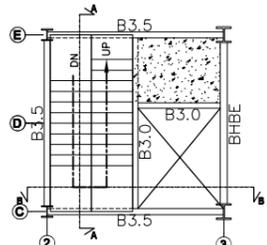
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

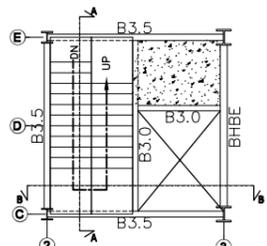
KETERANGAN



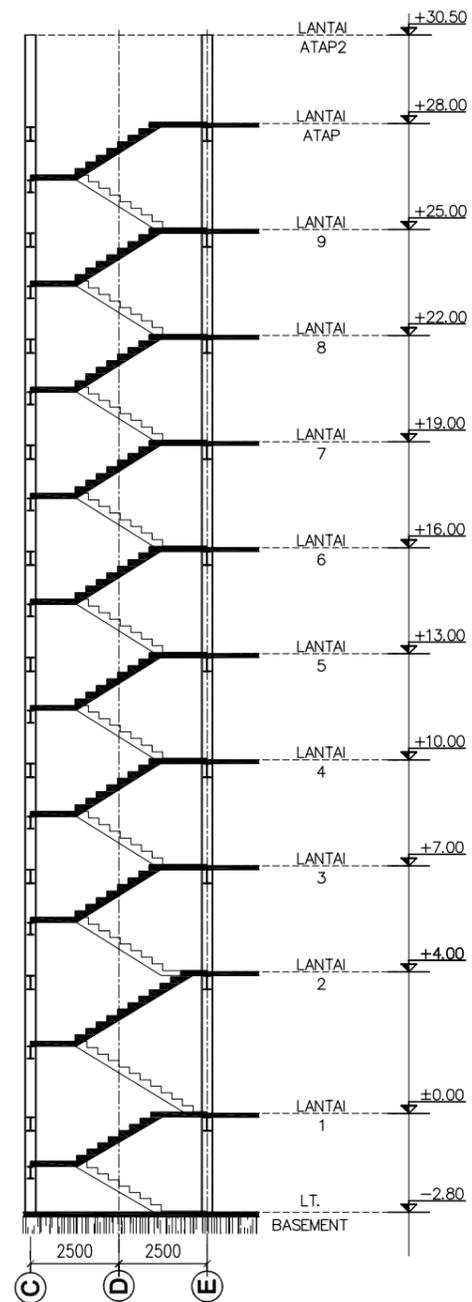
DENAH TANGGA 1 LT 3 S/D ATAP
Skala 1:200



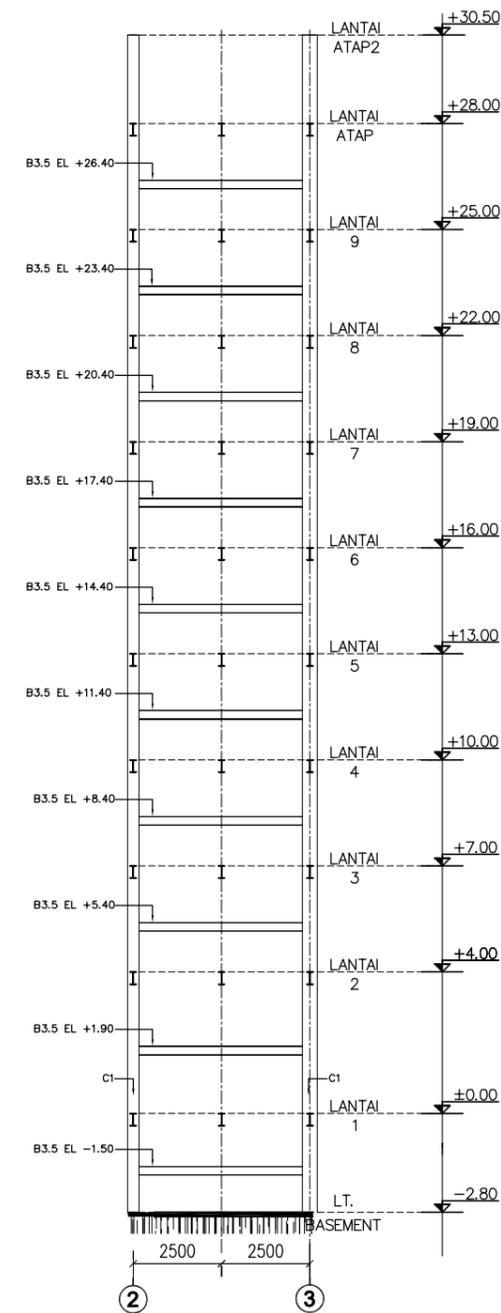
DENAH TANGGA 1 LT 2
Skala 1:200



DENAH TANGGA 1 LT 1
Skala 1:200

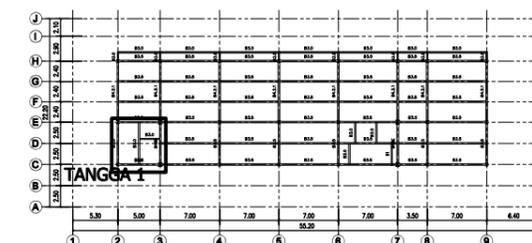


POTONGAN A - A
Skala 1:200



POTONGAN B - B
Skala 1:200

KEYPLAN LT 3 SD ATAP



KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------	------------	-------------

STR	44	46
-----	----	----

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

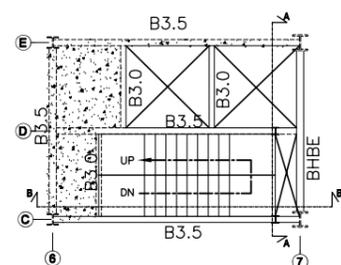
MAHASISWA

Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

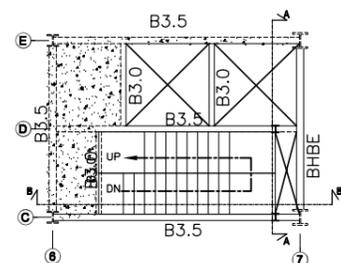
KETERANGAN

KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------	------------	-------------

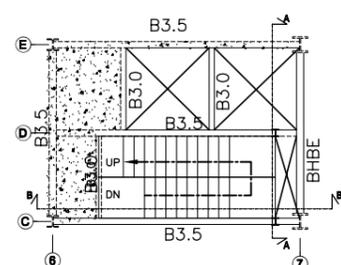
STR	45	46
-----	----	----



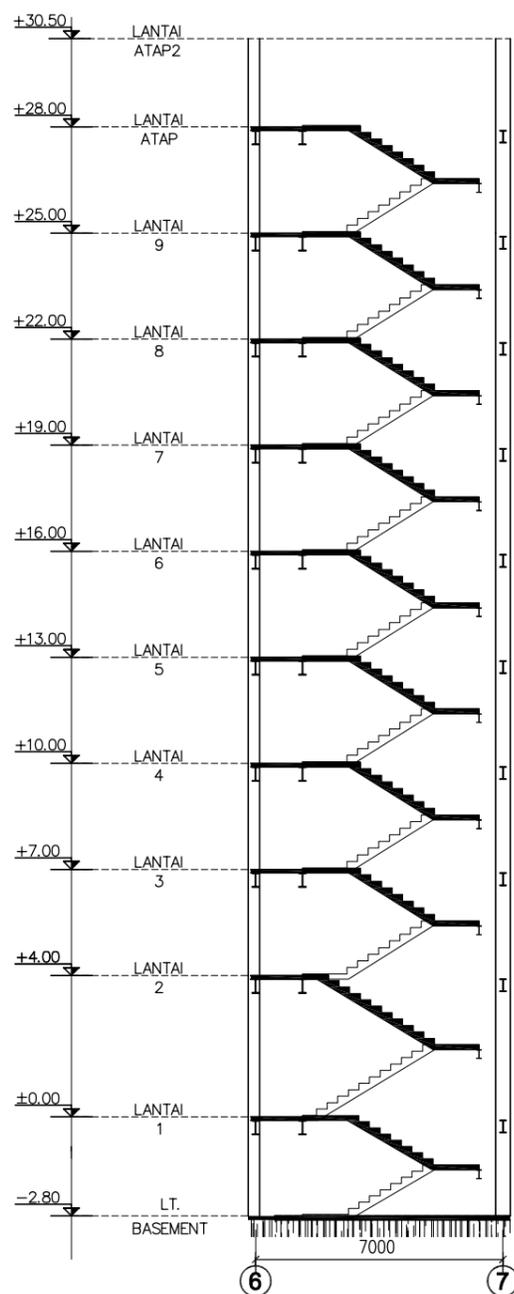
DENAH TANGGA 2 LT 3 S/D ATAP
Skala 1:200



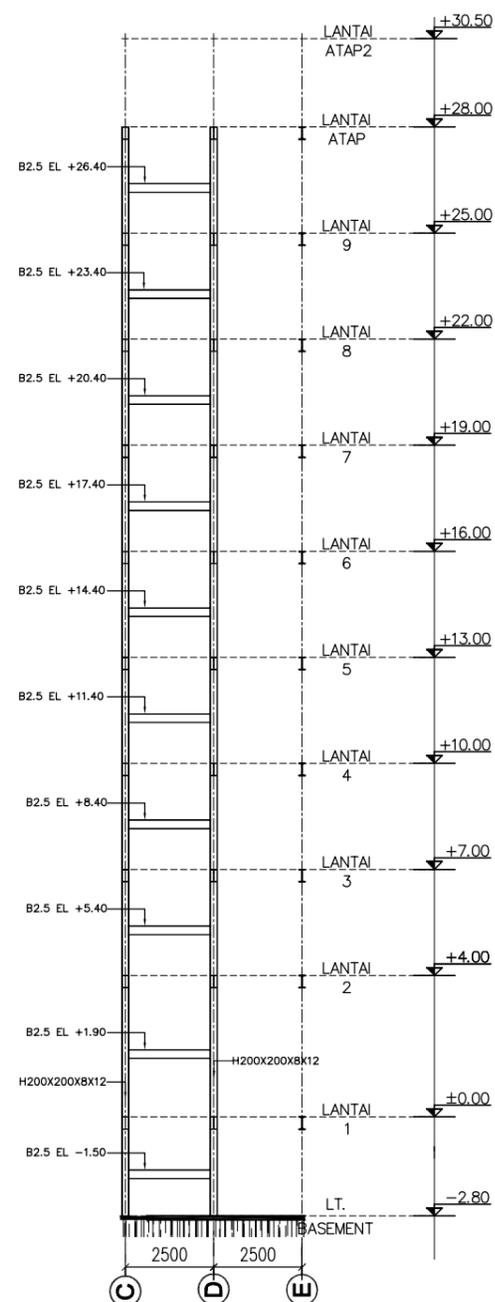
DENAH TANGGA 2 LT 2
Skala 1:200



DENAH TANGGA 2 LT 1
Skala 1:200

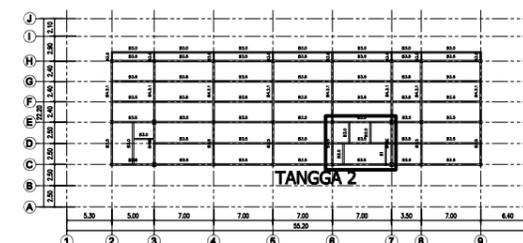


POTONGAN B- B
Skala 1:200



POTONGAN A- A
Skala 1:200

KEYPLAN LT 3 SD ATAP



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
A B C D E F G H I

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung
Hotel Premier Inn Menggunakan Sistem
Special Plate Shear Wall (SPSW)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Munarus Suluch, MS
NIP. 19550408 198203 1 003

MAHASISWA

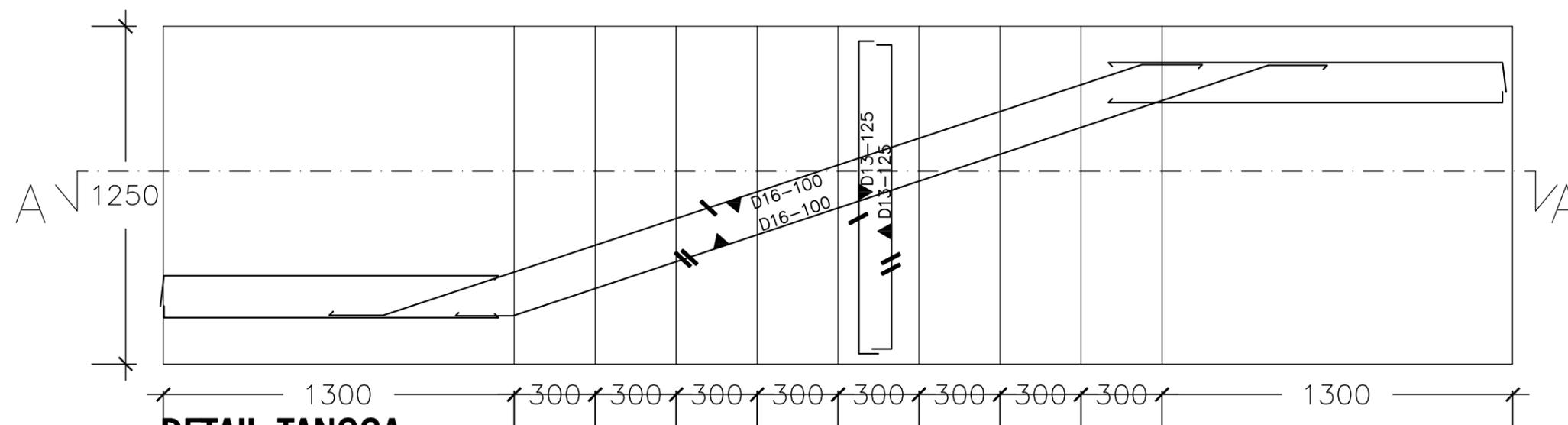
Willibrordus Adhyatma Sunu Paramarta
10111715000013

KETERANGAN

MUTU BETON = 30 MPa
MUTU TUL.ULIR = 400MPa
MUTU TUL.POLOS = 400MPa
COVER BETON = 30mm
MUTU LAS = 70ksi

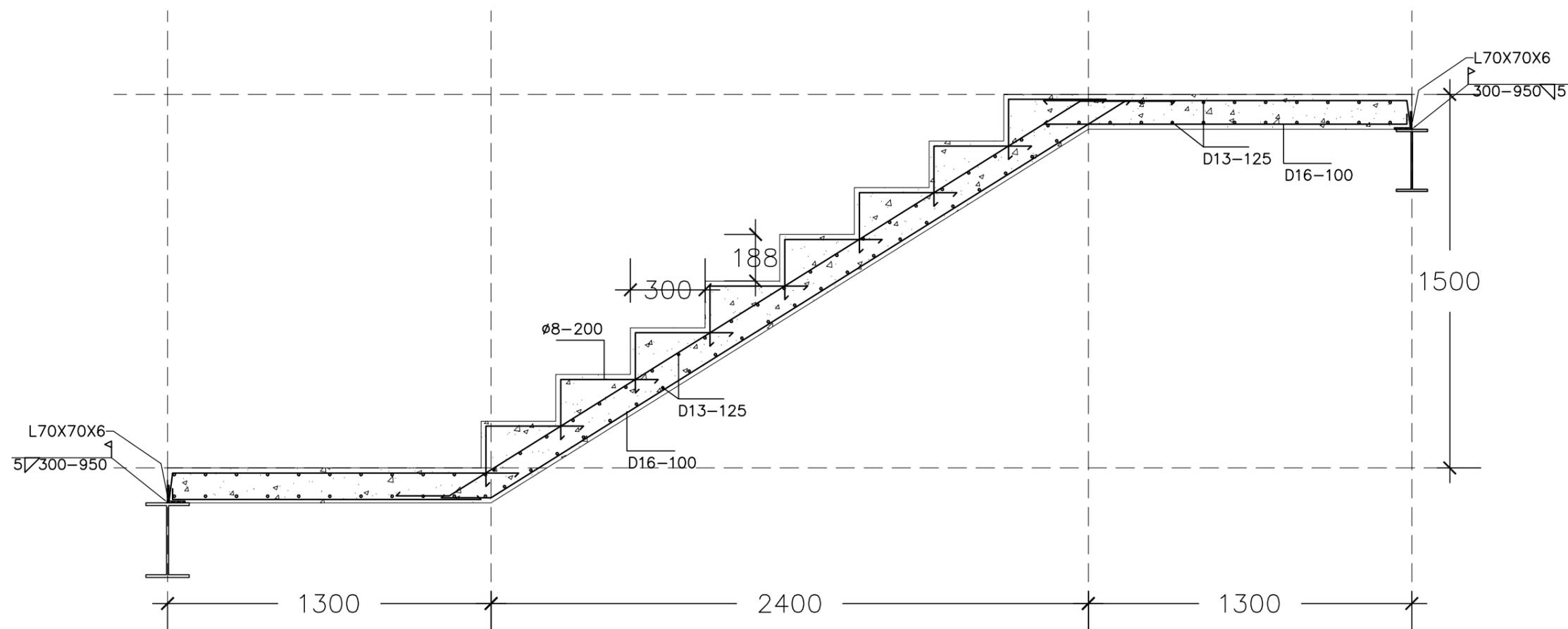
KODE	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------	------------	-------------

STR	46	46
-----	----	----



DETAIL TANGGA

Skala 1:20



POTONGAN A-A

Skala 1:20