



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISS-BELLIN DARMOCENTRUM SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK - PLAT LANTAI

RIZKA RAHMI PUSPITA
NRP 3113 041 043

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D
NIP 19630726 198903 1 003

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599

**DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISS-BELLIN
DARMOCENTRUM SURABAYA MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BALOK - PLAT LANTAI**

**RIZKA RAHMI PUSPITA
NRP 3113 041 043**

**Dosen Pembimbing
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D
NIP 19630726 198903 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT- RC146599

**STRUCTURAL DESIGN OF SWISS BELLIN HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA WITH DUAL SYSTEM
AND CONSTRUCTION METHOD OF BEAMS AND SLAB**

**RIZKA RAHMI PUSPITA
NRP 3113 041 043**

**Supervisor
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D
NIP 19630726 198903 1 003**

**DIPLOMA IV OF CIVIL ENGINEERING
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR TERAPAN
"DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISS-
BELLIN DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE
PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK-PLAT
LANTAI"**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Terapan pada

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 20 Juli 2017

Disusun oleh:

MAHASISWA



Rizka Rahmi Puspita

NRP. 3113 041 043



Disetujui Oleh:
DOSEN PEMBIMBING

24 JUL 2017

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D

NIP. 19630726 198903 1 003



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

No. Agenda :
037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/6/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Struktur Gedung Hotel Swiss - Bellin Darmocentrum Menggunakan Sistem Ganda dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok Plat Lantai		
Nama Mahasiswa	Rizka Rahmi Puspita	NRP	3113041043
Dosen Pembimbing 1	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. Ph.D. NIP 19630726 198903 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none">- Abstrak & Bab I di jelaskan mengenai metode Sistem Ganda- Ditunjukkan gambar ketan Nuring + Ntn Basemat + Pengukuran Stuk Diak- Suku-Tak ditunjukkan	 Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002
<ul style="list-style-type: none">- Tgl buah Stuk diak- Perhitungan balok plat + balok- Gbr Perakal- Gbr Show wall di diak	 R. Buyung Anugraha A., ST., MT. NIP 19740203 200212 1 002
<ul style="list-style-type: none">- Pada kasim paku : Metode pelaksanaan Stuk diak- Detail plat + dinding- Kontrol dimensi tiap- Lokasi bukah left ; Dumb setiap dipabrik- Dimensi Kolan	 Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ridho Bayu Aji, ST., MT., Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002	R. Buyung Anugraha A., ST., MT. NIP 19740203 200212 1 002	Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. Ph.D. NIP 19630726 198903 1 003	- NIP -



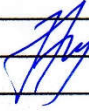
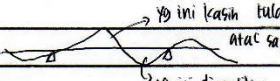
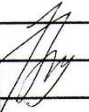


KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RIZKA RAHMI PUSPITA 2
NRP : 1 3113 091043 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISSBELLIN DARMOCENTRUM DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM BANDA DAN METODE PELAKSANAAN BALOK-PCAT LANTAI
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1.	9 Februari 2019	1/ Kolom T Prelim pakai TRIAL & ERROR saja, " / kebutuhan Prelim maka dicoba digunakan dan dimansi ... →  dan  • Kalau sda ditetapi tebal minimum, gak perlu dihitung kontrol retak (Coba cari di SNI). • Coba cari beban angin (Kalau sda ada gambar, semoga ada usah "hitung angin"). • Kalau menghitung basement, perhatikan arah taruhnya.		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.	21 Februari 2017	• jika plat 2 arah, lihat peraturan PSI saja atau modelkan di SAP saja. (1/2 kolom) • Tangga itu ada 2 peraturan merata & terpusat • Tangga itu dibuat yg merata • Beban hidup itu disamakan saja kalau bedanya sedikit? (bore lantai). • Steel deck → Platnya 1 arah,  yg ini digantikan Steel deck Lebih simple lagi, di kasin wire mesh sekalian!		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



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Rizka RAHMI Puspita 2
NRP : 1 310309043 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISS BELLIE DARMOCENTRUM DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN PENERJAUAN BALOK- PLAT LANTAI
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. M. Gigit Darmawan, M.Eng.Sc, Ph.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan									
3.	1 Maret 2017	<ul style="list-style-type: none"> Perhatikan batas minimum kekakuan SW * Base shear force \rightarrow ^{F_x, F_y, F_z} berat struktur lihat di mass weight saja. Mai- 1D * Tangga nya dibuat melayang saja Kayu cukup. Balok juga dibesarkan Kayu memang kurang * O/S itu dihitung lagi sesuai Peraturan yang baru. 		<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K											
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											
4	14 Maret 2017	<ul style="list-style-type: none"> * SAP > PBI, sebab kalo di PBI itu permisalan nya baloknya nggak ikut naik turun. * Beban dinding basement "PROBLEM F" * "disturb region" diberi fulangan ekstra * Plat dicoba tanpa balok, gambar frame kotak? sesuai kolom untuk kolom. * Mass source O/S 		<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K											
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											
5.	6 April 2017	<ul style="list-style-type: none"> * jika hasil tumpuan kanan & kiri beda jauh maka dibedakan saja telungannya. * Pembaharuan plat kolom rengang itu volume air penuh. (Bekas hidup yg kalah). * Pasal 9.9.4-1 		<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K											
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											

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



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Rizka Rahmi Puspita 2
NRP : 1 3113 041043 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISS BELLIN DARMOCENTRUM
 DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK - PLAT LANTAI
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M. Eng. Sc, Ph.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6.	20 April 2019	- Periode coba cek kondisi uncracked & cracked - Kolom di sebelah SW tidak perlu di gambar. - U/ menghitung kolom PCA-COL 2 arah		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	4 Mei 2019	- Balok anak kombinasi 1200x400, tapi gausah di release. Coba dibandingkan antara di release atau gak. - Ngambil momen SW di sejarak d dari tumpuan - Cek "Neutral Axis" pt PCA-COL pakai "control points" kemudian di interpolasi p & NA Depth C (GEE) beban		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8.	26 Mei 2019	- Tulangan sesuai dipasang berlawanan dengan arah steel deck. ditetaskan diruangan atas - Balok dicoba dibesarkan diemenginya. - Bandingkan momen akibat beban tetap, beban gempa, beban kombinasi fluida.		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

**“DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISS-BELLIN
DARMOCENTRUM SURABAYA MENGGUNAKAN
SISTEM GANDA DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI”**

Nama Mahasiswa : Rizka Rahmi Puspita
NRP : 3113 041 043
Jurusan : Diploma IV Teknik Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. M. Sigit
Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D
NIP : 19630726 198903 1 003

ABSTRAK

Bangunan gedung hotel Swiss Bellin Darmocentrum terletak di Jl. Bintoro no. 21 – 25 kota Surabaya. Bangunan terdiri atas 14 lantai dengan lantai semi-basement dan atap dengan rangka baja. Selain itu, pada struktur ini juga terdapat kolam renang pada lantai 10. Setelah dilakukan percobaan beberapa kali, permodelan dengan sistem rangka pemikul momen khusus saja, tidak dapat memenuhi persyaratan kontrol perioda fundamental struktur. Oleh karena itu, desain struktur yang dilakukan adalah menggunakan sistem ganda yang tahan gempa.

Perhitungan struktur dan gempa mengacu kepada peraturan yang berlaku yaitu SNI 2847-2013, SNI 1726-2012, SNI 1727-2013, dan SNI 1729-2015. Proses perhitungan struktur meliputi analisis pembebanan, permodelan struktur dengan bantuan software SAP, analisis gaya dalam, perhitungan penulangan, dan pengecekan syarat elemen struktur.

Hasil perhitungan desain gedung meliputi ukuran balok induk 400x800 mm, ukuran balok anak 300x600 mm, dan dua macam ukuran kolom yaitu lantai basement 900x900 mm, lantai 1-Atap 800x800 mm, serta dinding geser dengan ketebalan 300 mm. Serta, terdapat juga hasil perhitungan penulangan beton struktur utama, balok, dan kolom,serta struktur sekunder berupa plat dan

tangga yang kemudian akan dituangkan dalam bentuk gambar teknik.

Selain itu, akan dibahas metode pelaksanaan pekerjaan balok-plat lantai menggunakan pengganti bekisting plat yang berupa steel deck untuk mempercepat pelaksanaan pekerjaan dan menghemat biaya pelaksanaan. Setelah dilakukan analisis perkiraan biaya untuk membandingkan antara pelaksanaan metode balok dan plat lantai konvensional dengan pelaksanaan metode balok dan plat lantai menggunakan steel deck, didapatkan selisih biaya yaitu Rp 38,970,306 atau sebesar 4,36% pada setiap lantainya.

Kata kunci: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Dinding Geser, Sistem Ganda, Semi-Baseament, Kolam Renang, Steel-deck

Structural Design of Swiss Bellin Hotel Darmocentrum Surabaya with Dual System And Construction Method of Beams and Slab

Student Name : Rizka Rahmi Puspita
Student Number : 3113 041 043
Major : Diploma IV Teknik Sipil FV-ITS
Supervisor : Prof. Ir. M. Sigit
Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D
NIP : 19630726 198903 1 003

ABSTRACT

The building of Swiss Bellin Hotel Darmocentrum placed at Jl. Bintoro no. 21-25 kota Surabaya. This building consisted of 14 floors with steel roof and semi-basement floor. There was also a swimming pool on the 10th floor. After some trials, modeling with special moment resisting frame system didn't fulfill the requirement of structural period fundamental control. Therefore, the design of the structure was using earthquake resistant dual system structure.

Calculation of structure and earthquake follow the applicable regulations, as followed SNI 2847-2013, SNI 1726-2012, SNI 1727-2013, and SNI 1729-2015. The calculation of structure contained of mass analysis, structure modeling with the help of SAP software, calculation of reinforcements, and checking the requirements of structural elements.

The calculation results of the concrete were main beam with the size 400x800 mm, secondary beam with the size 300x600 mm, and two sizes for columns, basement floor 900x900 mm, 1st-roof floor 800x800 mm, and shear wall with 300 mm thickness. As well, there were also calculations of reinforcement of concrete main structure, beams, and columns. Also, the secondary elements as slab and stairs that would be poured in the form of engineering drawings.

In addition, it discussed the implementation method of beam and slab work using steel deck as the replacement of slab framework to accelerate and save cost of the construction. After analyzing the cost estimation to compare between the beam and conventional slab with the beam and slab using steel deck method, the difference of cost was about IDR 38,970,306 or 4,36% for each floor.

Keywords: Special Moment Resisting Frame System, Shear Wall, Dual System, Semi-Basement, Swimming Pool, Steel Deck.

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan petunjuk-Nya, penyusunan Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Desain Struktur Gedung Hotel Swiss-Bellin Darmocentrum Surabaya Menggunakan Sistem Ganda Dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Plat Lantai”** dapat terselesaikan.

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari beberapa pihak yang telah memberikan masukan serta bimbingan kepada penulis. Untuk itu, penulis ucapkan terima kasih terutama kepada:

1. PT. Pembangunan Perumahan, selaku pemberi data Tugas Akhir Terapan.
2. Kedua orang tua penulis, saudara-saudara, sebagai penyemangat terbesar serta teman-teman yang telah memberikan banyak dukungan moril maupun material terutama melalui doa dan semangatnya.
3. Bapak Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.Sc., Ph.D, selaku dekan Fakultas Vokasi dan dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir Terapan, yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan.
4. Bapak Dr. Machsus, ST, MT, selaku koordinator Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
5. Para dosen penguji yang telah memberikan masukan.

Penulis sadari dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini tidaklah sempurna, maka penulis memohon maaf apabila masih terdapat kekurangan.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.

Surabaya, 6 Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR NOTASI	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Sistem Ganda	5
2.2.1 Perilaku Struktur Rangka Pemikul Momen	6
2.2.2 Perilaku Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	7
2.2.3 Perilaku Struktur Rangka Pemikul Momen dan Dinding Geser (<i>Dual System</i>)	8
BAB III METODOLOGI	11
3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir Terapan	11
3.2 Metodologi Pengerjaan Proyek Akhir Terapan.....	12
3.2.1 Pengumpulan Data dan Studi Literatur.....	12
3.2.2 Penentuan Kriteria Desain	14
3.2.3 Preliminary Desain	15
3.2.4 Permodelan Struktur dan Pembebanan	18
3.2.5 Analisis Struktur (Gaya Dalam M, N, dan D)	29
3.2.6 Cek Persyaratan	29
3.2.7 Perhitungan Struktur.....	30
3.2.8 Pesyaratan Struktur.....	42
3.2.9 Penggambaran Teknik	47
3.2.10 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Plat Lantai.....	48

BAB IV PRELIMINARY DESIGN	49
4.1 Data Preliminary Design	49
4.2 Preliminary Design Balok	49
4.3 Preliminary Design Plat	51
4.4 Preliminary Design Kolom	52
4.5 Preliminary Design Dinding Geser	52
4.6 Preliminary Design Tangga.....	53
BAB V ANALISIS PERMODELAN STRUKTUR.....	55
5.1 Pembebanan	55
5.1.1 Beban Mati (DL+SDL).....	55
5.1.2 Beban Hidup (LL)	60
5.1.3 Beban Hidup Atap (Lr).....	61
5.1.4 Beban Hidup Air Kolam Renang (F)	61
5.1.5 Beban Hidup Tanah (H)	61
5.1.6 Beban Gempa	63
5.1.7 Beban Angin (W)	68
5.2 Permodelan Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).....	74
5.2.1 Menentukan Massa Struktur	74
5.2.2 Menentukan Modal dan Ragam Analisis	75
5.2.3 Menentukan Kombinasi Pembebanan	76
5.2.4 Menghitung Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum untuk SRPMK	77
5.2.5 Menghitung Kontrol Periode Fundamental SRPMK 78	
5.2.6 Hasil Periode Fundamental Permodelan SRPMK	79
5.3 Permodelan Struktur dengan Sistem Ganda (<i>Dual System</i>) 81	
5.3.1 Menentukan Massa Struktur	82
5.3.2 Menentukan Modal dan Ragam Analisis	83
5.3.3 Menghitung Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum untuk <i>Dual System</i>	84
5.3.4 Menghitung Kontrol Periode Fundamental Sistem Ganda.....	85

5.3.5 Hasil Perioda Fundamental Permodelan Sistem Ganda	87
5.3.6 Menghitung Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur Sistem Ganda.....	88
5.3.7 Kontrol Syarat Sistem Ganda.....	91
5.3.8 Kontrol Simpangan Antar Lantai	93
BAB VI PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER.....	95
6.1 Umum	95
6.2 Perhitungan Struktur Plat Lantai.....	95
6.2.1 Pembebanan Struktur Plat Lantai.....	95
6.2.2 Analisis Struktur Plat Lantai Konvensional	96
6.2.3 Analisis Struktur Plat Lantai dengan Steel Deck	110
6.3 Perhitungan Struktur Plat dan Dinding Kolam Renang	113
6.3.1 Pembebanan Plat dan Dinding Kolam Renang .	113
6.3.2 Data Perencanaan Struktur Plat.....	114
6.3.3 Analisis Struktur Plat Dasar Kolam Renang	114
6.3.4 Analisis Struktur Plat Dinding Kolam Renang .	116
6.4 Perhitungan Struktur Plat dan Dinding Basement.....	117
6.4.1 Perencanaan Struktur Plat Basement.....	118
6.4.2 Perencanaan Struktur Dinding Basement.....	119
6.5 Perhitungan Struktur Tangga dan Bordes	123
6.5.1 Pembebanan Plat Tangga dan Plat Bordes	123
6.5.2 Data Perencanaan Struktur Plat Lantai.....	124
6.5.3 Analisis Struktur Plat Tangga Utama	125
6.5.4 Analisis Struktur Plat Bordes Tangga Utama....	127
6.5.5 Analisis Struktur Balok Bordes Tangga	128
6.6 Perhitungan Struktur Balok Anak	132
6.6.1 Analisis Struktur Balok Anak.....	132
6.6.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal	132
6.6.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal	134
6.7 Perhitungan Desain Struktur Atap	136
6.7.1 Perhitungan Gording.....	136
6.7.2 Perhitungan Penggantung Gording.....	144
6.7.3 Perhitungan Ikatan Angin	147
6.7.4 Perhitungan Kuda-kuda	149

6.7.5 Perhitungan Overstack Kuda-kuda	157
6.7.6 Perhitungan Kolom Baja.....	163
6.7.7 Perhitungan Sambungan	168

BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER 185

7.1 Umum	185
7.2 Desain Struktur Balok.....	186
7.2.1 Desain Struktur Balok pada Portal Y-Z	186
7.2.2 Desain Struktur Balok pada Portal X-Z	200
7.3 Desain Struktur Kolom	214
7.3.1 Desain Struktur Kolom Lantai Basement.....	214
7.3.2 Desain Struktur Kolom Lantai 9	223
7.4 Desain Hubungan Balok Kolom (HBK)	232
7.4.1 Pengecekan Syarat Panjang HBK	232
7.4.2 Perhitungan Luas Efektif HBK (<i>A_j</i>)	232
7.4.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal untuk <i>Confinement</i>	233
7.4.4 Perhitungan Gaya Geser HBK	233
7.4.5 Kontrol Kuat Geser HBK.....	234
7.5 Desain Struktur Dinding Geser	234
7.5.1 Data Perencanaan	235
7.5.2 Hasil Analisis Struktur Dinding Geser.....	235
7.5.3 Cek Ketebalan Dinding Geser Terhadap Geser.	236
7.5.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum	236
7.5.5 Perhitungan Kuat Geser Dinding Struktural.....	237
7.5.6 Perencanaan Dinding Geser terhadap Gaya Aksial dan Lentur.....	237
7.5.7 Pengecekan Kebutuhan Komponen Batas Khusus (<i>Special Boundary Element</i>).....	238
7.5.8 Perhitungan Panjang <i>Special Boundary Element</i>	239
7.5.9 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal pada <i>Special Boundary Element</i>	239
7.5.10 Perhitungan Kebutuhan Tulangan <i>Confinement</i> pada <i>Special Boundary Element</i>	240

7.5.11	Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan.	242
BAB VIII	METODE PELAKSANAAN BALOK – PLAT LANTAI	243
8.1	Umum	243
8.1.1	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Plat Lantai	243
8.1.2	Pemilihan Alat Pekerjaan Balok-Plat Lantai.....	250
8.1.3	Analisis Perkiraan Biaya Pekerjaan Balok-Plat Lantai	252
BAB IX	PENUTUP	255
9.1	Kesimpulan	255
9.2	Saran	260
DAFTAR PUSTAKA		261
DAFTAR LAMPIRAN		263

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Superimpos mode individu dari deformasi.....	9
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir Terapan	12
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir Terapan	13
Gambar 3. 3 Perbedaan Potongan Memanjang Eksisting dan Desain.....	14
Gambar 3. 4 Dimensi Bidang Plat (satu arah).....	15
Gambar 3. 5 Dimensi bidang plat (dua arah)	16
Gambar 3. 6 S_s , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCER).....	22
Gambar 3. 7 S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCER).....	22
Gambar 3. 8 Nilai $S_s = 0,7$ (Surabaya).....	23
Gambar 3. 9 Nilai $S_1 = 0,25$ (Surabaya)	23
Gambar 3. 10 Spektrum Respons Desain	28
Gambar 3. 11 Diagram Gaya Geser	33
Gambar 3. 12 Faktor panjang efektif kolom	35
Gambar 3. 13 Diagram gaya geser kolom	39
Gambar 3. 14 Luas penampang efektif hubungan balok kolom	41
Gambar 4. 1 Potongan Plat yang Ditinjau	51
Gambar 5. 1 Detail Ukuran Eskalator	57
Gambar 5. 2 Eskalator Hyundai tipe ML-BT 1000.....	57
Gambar 5. 3 Lift dengan 2 dan 3 ruang.....	58
Gambar 5. 4 Ilustrasi Perhitungan Beban Tanah.....	62
Gambar 5. 5 Tekanan Tanah Aktif.....	62
Gambar 5. 6 Respons Spektrum Gempa Kota Surabaya.....	67
Gambar 5. 7 Beban Angin pada Bangunan	69
Gambar 5. 8 Permodelan Struktur SRPMK Gedung Swiss Bellin Darmocentrum Surabaya.....	74
Gambar 5. 9 <i>Mass Source</i> pada Permodelan SRPMK dengan SAP 2000 v.18.....	75

Gambar 5. 10 Modal dan Ragam Analisis Permodelan SRPMK	76
Gambar 5. 11 Faktor Skala Beban Gempa Ex.....	77
Gambar 5. 12 Faktor Skala Beban Gempa Ey.....	78
Gambar 5. 13 Permodelan Struktur <i>Dual System</i> Gedung Swiss Bellin Darmocentrum Surabaya	81
Gambar 5. 14 <i>Mass Source</i> pada Permodelan Struktur Sistem Ganda dengan SAP 2000 v.18.....	83
Gambar 5. 15 Modal dan Ragam Analisis Permodelan Sistem Ganda	83
Gambar 5. 16 Faktor Skala Beban Gempa Ex.....	84
Gambar 5. 17 Faktor Skala Beban Gempa Ey.....	85
Gambar 6. 1 Kode Plat dalam Perencanaan Plat Lantai	96
Gambar 6. 2 Plat Tipe S1	98
Gambar 6. 3 Plat Tipe S2	103
Gambar 6. 4 Permodelan Kolam Renang dengan SAP 2000 V. 18	113
Gambar 6. 5 Tekanan Air pada Dinding Kolam Renang	114
Gambar 6. 6 Plat pada Area Kolam Renang.....	114
Gambar 6. 7 Plat Dinding Kolam Renang.....	116
Gambar 6. 8 Permodelan Tekanan Tanah Aktif pada Dinding Basement	117
Gambar 6. 9 Plat Basement	118
Gambar 6. 10 Denah Tangga Utama lt 3-4 dan Dimensi Injakan - Tanjakan Anak Tangga (mm).....	125
Gambar 6. 11 Plat Tangga Utama	125
Gambar 6. 12 Plat Bordes Tangga Utama	127
Gambar 6. 13 Hasil analisis Momen Tumpuan dan Lapangan serta Geser Balok Bordes dengan SAP 2000.....	128
Gambar 6. 14 Diagram Gaya Geser Balok Bordes.....	130
Gambar 6. 15 Hasil analisis Momen Tumpuan dan Lapangan serta Geser pada Balok Bordes dengan SAP 2000	132
Gambar 6. 16 Diagram Gaya Geser Balok Bordes.....	134
Gambar 6. 17 Desain Struktur Atap	136

Gambar 6. 18 Arah Pembebanan Profil Gording	137
Gambar 6. 19 Pengaruh Beban Angin Bangunan Gedung Tertutup dengan Atap Pelana	138
Gambar 6. 20 Perencanaan Perhitungan Gording	139
Gambar 6. 21 Reaksi dan Beban pada Gording	143
Gambar 6. 22 Lendutan Maksimum Pada Profil Gording....	144
Gambar 6. 23 Penggantung Gording	145
Gambar 6. 24 Perhitungan Ikatan Angin	147
Gambar 6. 25 Beban pada Ikatan Angin	148
Gambar 6. 26 Gaya yang Terjadi pada Kuda-kuda	151
Gambar 6. 27 Lendutan Maksimum Kuda-kuda	157
Gambar 6. 28 Overstack pada Kuda-kuda.....	157
Gambar 6. 29 Lendutan Maksimum Kuda-kuda	163
Gambar 6. 30 Kolom Baja pada Struktur Atap	163
Gambar 6. 31 Lendutan Maksimum Kuda-kuda	168
Gambar 6. 32 Sambungan Kuda-kuda dan Kolom.....	168
Gambar 6. 33 Konfigurasi Sambungan A (Kuda-kuda dan Kolom)	169
Gambar 6. 34 Gaya yang terjadi akibat Momen.....	170
Gambar 6. 35 Konfigurasi Sambungan A (<i>Overstack</i> Kuda-kuda dan Kolom).....	172
Gambar 6. 36 Gaya yang terjadi akibat Momen.....	173
Gambar 6. 37 Sambungan Antar Kuda-kuda	175
Gambar 6. 38 Konfigurasi Sambungan A (Antar Kuda-kuda)	176
Gambar 6. 39 Gaya yang terjadi akibat Momen.....	177
Gambar 6. 40 Plat Landas untuk Kolom Baja.....	178
Gambar 6. 41 Perencanaan Dimensi Plat Landas.....	179
Gambar 6. 42 Gaya pada Plat Landas dengan Kolom Beton	180
Gambar 6. 43 Tegangan pada Angkur Akibat Reaksi Plat Landas	180
Gambar 6. 44 Panjang Penyaluran Angker	182
Gambar 6. 45 Panjang Las pada Sambungan C	183
Gambar 7. 1 Portal Arah Utara-Selatan (Y-Z) pada X=14,5	185
Gambar 7. 2 Portal Arah Barat-Timur (X-Z) pada Y=21.....	186

Gambar 7. 3 Lokasi Balok yang Ditinjau pada Portal Y-Z ..	187
Gambar 7. 4 Diagram Momen dengan Kombinasi <i>Envelope</i>	187
Gambar 7. 5 Diagram Aksial dengan Kombinasi <i>Envelope</i> .	188
Gambar 7. 6 Diagram Geser dengan Kombinasi <i>Envelope</i> ..	188
Gambar 7. 7 Diagram Torsi dengan Kombinasi <i>Envelope</i> ...	188
Gambar 7. 8 Diagram Geser Akibat Kombinasi 1,2D+1L pada Balok	194
Gambar 7. 9 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan Ke Kanan	195
Gambar 7. 10 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kiri	195
Gambar 7. 11 Lokasi Balok yang Ditinjau di Portal X-Z.....	201
Gambar 7. 12 Diagram Momen dengan Kombinasi <i>Envelope</i>	202
Gambar 7. 13 Diagram Aksial dengan Kombinasi <i>Envelope</i>	202
Gambar 7. 14 Diagram Geser dengan Kombinasi <i>Envelope</i>	202
Gambar 7. 15 Diagram Torsi dengan Kombinasi <i>Envelope</i> .	202
Gambar 7. 16 Diagram Geser (1,2D+1L) pada Balok.....	208
Gambar 7. 17 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan Ke Kanan	209
Gambar 7. 18 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kiri	209
Gambar 7. 19 Kolom pada Lantai Basement pada Y=21	215
Gambar 7. 20 Diagram Aksial Kolom Lt. Basement	215
Gambar 7. 21 Konfigurasi Tulangan Kolom Lt. Basement..	216
Gambar 7. 22 Output <i>pcaColumn</i> untuk Kolom Lt. Basement	218
Gambar 7. 23 Diagram Geser Kolom Basement	221
Gambar 7. 24 Kolom pada Lantai 9	223
Gambar 7. 25 Diagram Aksial Kolom Lt. 9	224
Gambar 7. 26 Konfigurasi Tulangan Kolom Lt. 9	225
Gambar 7. 27 Output <i>pcaColumn</i> untuk Kolom Lt. 9 dan Kolom Lt.10	227
Gambar 7. 28 Output <i>pcaColumn</i> untuk Kolom Lt. 9 dan Kolom Lt.8	227
Gambar 7. 29 Diagram Geser Kolom Lt.9	230
Gambar 7. 30 Denah Letak Dinding Geser	235
Gambar 7. 31 Hasil Analisis PCA-COL untuk SW2	238

Gambar 7. 32 Hasil Axial Load <i>pcaColumn</i> untuk Menentukan Nilai <i>c</i>	239
Gambar 7. 33 Hasil Analisis SW2 dengan PCA-COL	240
Gambar 8. 1 Potongan Denah Plat dan Balok Lt.4.....	243
Gambar 8. 2 Langkah Pemasangan Perancah Balok	244
Gambar 8. 3 Cara Pemasangan <i>Steel Deck</i>	245
Gambar 8. 4 Penahan Geser <i>Steel Deck</i>	246
Gambar 8. 5 Rencana Pemasangan Perancah <i>Steel Deck</i> pada sisi <i>lx</i>	247
Gambar 8. 6 Rencana Pemasangan Perancah <i>Steel Deck</i> pada sisi <i>ly</i>	247
Gambar 8. 7 Urutan Penulangan Balok.....	248
Gambar 8. 8 Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Plat Lantai	249
Gambar 8. 9 Flowchart Pekerjaan Balok-Plat Lantai	250
Gambar 8. 10 Peralatan yang digunakan.....	251

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tebal minimum balok non-prategang / Plat satu arah lendutan tidak dihitung.....	16
Tabel 3. 2 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.....	20
Tabel 3. 3 Faktor Keutamaan Gempa.....	21
Tabel 3. 4 Klasifikasi Situs Tanah.....	24
Tabel 3. 5 Koefisien situs, F_a	25
Tabel 3. 6 Koefisien situs, F_v	26
Tabel 3. 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan perioda pendek	27
Tabel 3. 8 Faktor Reduksi Gempa.....	29
Tabel 5. 1 Spesifikasi Eskalator Tipe ML-BT 1000.....	56
Tabel 5. 2 Spesifikasi Geared Elevators Hyundai	58
Tabel 5. 3 Perhitungan SPT Rata-rata DB-1	63
Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan SPT Tanah	64
Tabel 5. 5 Perhitungan Spektrum Respons Desain Kota Surabaya.....	67
Tabel 5. 6 Menghitung nilai C_p Angin Maksimum	70
Tabel 5. 7 Menghitung nilai C_p Angin Minimum.....	71
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Beban Angin.....	72
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Tekanan Angin	73
Tabel 5. 10 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_1 dan x	78
Tabel 5. 11 Koefisien Batas Atas Perioda Dihitung.....	79
Tabel 5. 12 <i>Modal Load Participation Ratios</i> Permodelan SRPMK	79
Tabel 5. 13 <i>Modal and Periods Frequencies</i> Permodelan SRPMK	80
Tabel 5. 14 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_1 dan x	85
Tabel 5. 15 Koefisien Batas Atas Perioda Dihitung.....	86
Tabel 5. 16 <i>Modal Load Participation Ratios</i> Permodelan Sistem Ganda	87
Tabel 5. 17 <i>Modal and Periods Frequencies</i> Permodelan Sistem Ganda	87

Tabel 5. 18 Nilai Wt.....	89
Tabel 5. 19 Reaksi Dasar Permodelan.....	89
Tabel 5. 20 Reaksi Dasar Permodelan Setelah dilakukan Pembesaran Faktor Skala Gaya.....	90
Tabel 5. 21 Persentase Struktur Dalam Menahan Gaya Gempa (Maks)	92
Tabel 5. 22 Persentase Struktur Dalam Menahan Gaya Gempa (Min).....	92
Tabel 5. 23 Kontrol Simpangan Antar Lantai (Ex)	94
Tabel 5. 24 Kontrol Simpangan Antar Lantai (Ey)	94
Tabel 6. 1 Rekap Hasil Momen Plat Lantai 14	97
Tabel 6. 2 Hasil Perhitungan Tulangan Plat S1.....	102
Tabel 6. 3 Hasil Perhitungan Tulangan Plat S2.....	109
Tabel 6. 4 Rekap Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan	109
Tabel 6. 5 Tabel Perencanaan Praktis Steel Deck	110
Tabel 6. 6 Perhitungan Tulangan Plat S1 dengan Steel Deck ...	112
Tabel 6. 7 Penulangan Plat Dasar Kolam Renang.....	115
Tabel 6. 8 Penulangan Plat Dinding Kolam Renang.....	116
Tabel 6. 9 Perhitungan Penulangan Plat Basement	119
Tabel 6. 10 Pembebanan Hidup Tangga Permodelan	124
Tabel 6. 11 Rekap Hasil Perhitungan Beban Ultimate.....	124
Tabel 6. 12 Perhitungan Penulangan Tangga Utama	126
Tabel 6. 13 Perhitungan Penulangan Bordes Tangga Utama	127
Tabel 7. 1 Tabel Momen dengan Kombinasi Envelope	188
Tabel 7. 2 Tabel Momen dengan Kombinasi Envelope	202
Tabel 7. 3 Hasil Analisis Dinding Geser dengan SAP2000	235
Tabel 8. 1 Menentukan Jarak Perancah Steel Deck	246
Tabel 8. 2 Analisis Biaya Pekerjaan dengan Metode Plat Konvensional.....	252
Tabel 8. 3 Analisis Biaya Pekerjaan dengan Metode Plat Steel Deck	253
Tabel 8. 4 Rekapitulasi Analisis Perbandingan Biaya.....	253

DAFTAR NOTASI

- Acp = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm^2
- Acv = Luas efektif bidang geser dalam hubungan balok-kolom (mm^2)
- Ag = Luas bruto penampang (mm^2)
- An = Luas bersih penampang (mm^2)
- Atp = Luas penampang tiang pancang (mm^2)
- Al = Luas total tulangan longitudinal penahan torsi (mm^2)
- Ao = Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm^2)
- Aoh = Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan sengkang (mm^2)
- As = Luas tulangan tarik non prategang (mm^2)
- As' = Luas tulangan tekan non prategang (mm^2)
- At = Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm^2)
- Av = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm^2)
- b = Lebar daerah tekan komponen struktur (mm^2)
- bw = Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
- C = Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
- Cc' = Gaya pada tulangan tekan
- Cs' = Gaya tekan pada beton
- D = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
- d' = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)
- db = Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
- D = Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
- e = Eksentrisitas dari pembebanan tekan pada kolom atau telapak pondasi
- ex = Jarak kolom ke pusat kekakuan arah x

- e_y = Jarak kolom kepusat kekakuan arah y
 E_x = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa X
 E_y = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y
 E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)
 I_b = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
 I_p = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto Plat
 f_c' = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
 f_y = Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
 f_{vy} = Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
 f_{ys} = Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
 h = Tinggi total dari penampang
 h_n = Bentang bersih kolom
 L_n = Bentang bersih balok
 M_u = Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
 M_{nb} = Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
 M_{nc} = Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
 M_n = Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
 M_{nx} = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
 M_{ny} = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
 N_u = Beban aksial terfaktor
 P_{cp} = keliling luar penampang beton (mm)
 P_b = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)
 P_c = Beban kritis (N)
 P_h = Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi
 P_n = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)

- P_o = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol
 P_u = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
 S = Spasi tulangan geser atau torsi ke arah yang diberikan (N)
 T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
 T_n = Kuat momen torsi nominal (Nmm)
 T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh Tulangan tarik
 T_u = Momen torsi terfaktor pada penampang (Nmm)
 V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
 V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
 V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
 x = Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang
 α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari plat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
 α_m = Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
 β = Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari plat dua arah
 δ_s = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitas

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu: Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Sebagai negara berkembang, Indonesia tengah melakukan banyak pembangunan di bidang infrastruktur teknik sipil, maka perencanaan pembangunan infrastruktur tersebut harus memenuhi persyaratan tahan gempa. Jika bangunan tidak direncanakan dengan tahan gempa yang baik dapat menimbulkan kerugian jiwa dan materi yang sangat besar.

Pada Tugas Akhir Terapan ini perancangan dilakukan pada bangunan gedung hotel Swiss Bellin Darmocentrum yang terletak di Jl. Bintoro no. 21 – 25 kota Surabaya. Bangunan ini terdiri atas 14 lantai dengan lantai semi-*basement* dan atap dengan rangka baja. Desain struktur yang dilakukan adalah melakukan pengecekan perhitungan dengan persyaratan struktur sistem rangka pemikul momen terlebih dahulu, kemudian bila persyaratan tidak memenuhi, struktur akan didesain menggunakan persyaratan sistem ganda yang tahan gempa dengan merencanakan bangunan gedung berada pada wilayah Kategori Desain Seismik D.

Pedoman perhitungan perencanaan gedung tahan gempa di Indonesia adalah SNI 2847 -2013 “Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung”, SNI 1727-2013 “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain”, SNI 1726-2012 “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.”, dan SNI 1729 – 2015 tentang “Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural.”

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pokok dari uraian di atas adalah bagaimana merancang struktur Hotel Swiss Bellin Darmocentrum Surabaya menggunakan sistem ganda tahan gempa sesuai dengan SNI 1727 – 2013, SNI 2847 – 2013, SNI 1729 – 2015 dan SNI 1726 – 2012 yang aman, kuat, dan ekonomis. Adapun rincian permasalahan dari perancangan modifikasi struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan pre-eliminari desain.
2. Bagaimana asumsi pembebanan setelah struktur dimodifikasi.
3. Bagaimana merencanakan elemen struktur primer berupa balok induk, kolom, dan *shear wall*.
4. Bagaimana merencanakan elemen struktur sekunder berupa balok anak, plat dan tangga.
5. Bagaimana melakukan analisis struktur akibat beban gravitasi dan beban lateral.
6. Bagaimana merencanakan lantai *basement*.
7. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan ke dalam gambar teknik.
8. Bagaimana metode pelaksanaan dalam pembangunan.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah-masalah di atas dalam penyusunan tugas akhir terapan, maka diberi batasan masalah sebagai berikut :

1. Tidak menghitung sistem utilitas bangunan, instalasi air bersih dan air kotor, instalasi listrik, dan finishing (arsitektural) bangunan.
2. Tidak menghitung perhitungan detail struktur pondasi bangunan.
3. Metode pelaksanaan yang dibahas adalah metode pelaksanaan pengecoran lantai (balok dan plat lantai).

1.4 Tujuan

Adapun tujuan perancangan modifikasi struktur gedung Hotel Swiss Bellin Darmocentrum Surabaya adalah dapat merencanakan struktur gedung menggunakan sistem ganda tahan gempa sesuai SNI 2847 – 2013 dan SNI 1726 – 2012 serta yang aman, ekonomis, dan kuat. Tujuan khusus yang harus dipenuhi antara lain :

1. Dapat merencanakan elemen struktur yang mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur.
2. Dapat merencanakan *shearwall* yang efektif dan efisien agar mampu meningkatkan kinerja struktur.
3. Dapat menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan dalam gambar teknik, serta merencanakan satu metode pelaksanaan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan tugas akhir terapan ini adalah :

1. Mendapatkan suatu perhitungan perancangan struktur gedung beton bertulang yang mampu menahan gempa dengan sistem ganda (*dual system*) yaitu metode SRPMK dengan dinding geser (*shearwall*).
2. Memberikan referensi tentang perhitungan struktur gedung hotel yang menggunakan sistem ganda dengan lantai *basement*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada tugas akhir terapan ini akan direncanakan struktur bangunan gedung hotel Swiss Bellin Darmocentrum yang terletak di kota Surabaya dengan menggunakan sistem ganda (*dual system*) metode SRPMK dan dinding geser (*shearwall*) sesuai dengan peraturan :

1. SNI 1726 – 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung
2. SNI 2847 – 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
3. SNI 1727 – 2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
4. SNI 1729-2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

2.2 Sistem Ganda

Sistem ganda (*dual system*) merupakan salah satu jenis struktur yang baik sebagai sistem struktur yang tahan gempa. Sistem ganda digunakan pada perancangan gedung tingkat tinggi di daerah atau zona gempa menengah hingga kuat. Semakin tinggi suatu gedung, penggunaan sistem rangka saja kurang ekonomis karena untuk menahan gaya lateral akibat beban gempa akan menyebabkan dimensi elemen struktur balok dan kolom yang dibutuhkan akan semakin besar. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur terhadap gaya lateral, digunakan sistem struktur yang menggabungkan sistem rangka kaku dengan dinding geser, yang disebut sebagai sistem ganda (*dual system*).

Kerja sama antara sistem rangka penahan momen dengan dinding geser merupakan suatu keadaan khusus, dimana dua

struktur yang berbeda sifat dan perilakunya digabungkan dan menghasilkan struktur yang lebih ekonomis dan kuat. Sesuai dengan yang terdapat pada SNI 1726 – 2012 pasal 3.49, sistem ganda adalah sistem struktur yang merupakan gabungan rangka pemikul momen sekurang-kurangnya mampu menahan 25% dari gaya lateral dan sisanya ditahan oleh dinding geser. Nilai koefisien dari sistem rangka pemikul momen dengan dinding geser dan *bresing*. Nilai koefisien modifikasi respons (R) yang direkomendasikan untuk sistem ganda dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah 7.

Sistem ganda memiliki 3 ciri utama. Pertama, rangka ruang lengkap berupa sistem rangka pemikul momen (SRPM) yang penting dan berfungsi sebagai pemikul beban gravitasi. Kedua, sesuai SNI 1726 – 2012 pasal 7.2.5.1 mensyaratkan bahwa pemikul beban lateral dilakukan oleh dinding geser dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus mampu memikul setidaknya 25% dari gaya gempa desain. Ketiga, dinding geser dan rangka pemikul momen direncanakan memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan peraturan yang berlaku untuk sistem ganda.

2.2.1 Perilaku Struktur Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen biasanya memiliki bentuk segi empat yang teratur dan terdiri dari balok horizontal dan kolom vertikal yang terhubung satu sama lain secara kaku (*rigid*), sehingga pertemuan keduanya dapat menahan momen. Sifat hubungan yang kontinuitas antara kolom dengan balok menyebabkan mekanisme rangka dalam menahan beban lateral dengan respons bersama dari keduanya, terutama respons melalui lentur dari kedua jenis elemen tersebut. Hal ini mengakibatkan keberadaan kolom, balok, serta sambungan balok dan kolom menjadi sangat penting.

Sistem rangka pemikul momen dibagi menjadi 3, yaitu :

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
Merupakan sistem rangka yang memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan pada bangunan yang memiliki maksimal Kategori Desain Seismik (KDS) B. Pada SRPMB tidak terdapat pendetailan khusus pada elemen-elemen strukturnya.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
Merupakan sistem rangka yang memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan pada bangunan yang memiliki maksimal kategori desain seismik C. Pada SRPMM sudah ada beberapa pendetailan khusus pada elemen-elemen strukturnya.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Merupakan sistem struktur yang direncanakan berbentuk sendi plastis pada seluruh bagian balok pemikul gempa sebelum terjadi keruntuhan. SRPMK memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan pada struktur bangunan yang berada pada KDS D, E, dan F.

2.2.2 Perilaku Dinding Geser (*Shear Wall*)

Dinding geser merupakan subsistem gedung yang memiliki fungsi utama untuk menahan gaya lateral akibat beban gempa. Semakin tinggi gedung, simpangan horizontal yang terjadi akibat gaya lateral akan semakin besar, untuk itu digunakanlah dinding geser untuk membuat struktur lebih kaku sehingga simpangan yang terjadi dapat berkurang. Selain itu, dinding geser berfungsi untuk mereduksi momen yang diterima struktur rangka akibat gaya lateral sehingga dimensi elemen pada struktur rangka dapat dibuat lebih efisien.

Gaya lateral yang terjadi pada suatu gedung, akibat beban gempa ataupun angin akan disebar melalui struktur lantai yang berfungsi sebagai diafragma horizontal yang

selanjutnya akan ditahan oleh dinding geser yang memiliki kekakuan lebih besar untuk menahan gaya lateral (Shueller, 1989). Menurut SNI 2847 – 2013, dinding geser adalah dinding struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa yang dapat dikategorikan menjadi :

- Dinding beton polos struktur biasa (*Ordinary structural plain concrete wall*) yaitu yang memenuhi pasal 22.
- Dinding struktural beton bertulang biasa (*Ordinary reinforced concrete structural wall*) yaitu yang memenuhi persyaratan pasal 1 sampai 18.
- Dinding struktural pracetak menengah (*Intermediate precast structural wall*) yaitu yang memenuhi persyaratan 1 sampai 18 dan sesuai dengan tambahan pada 21.4.
- Dinding struktural khusus (*Special structural wall*) yaitu dinding cor di tempat atau pracetak yang sesuai dengan persyaratan 21.1.3 sampai 21.1.7, 21.9, dan 21.10, sebagaimana sesuai dengan persyaratan untuk dinding struktur beton bertulang biasa.

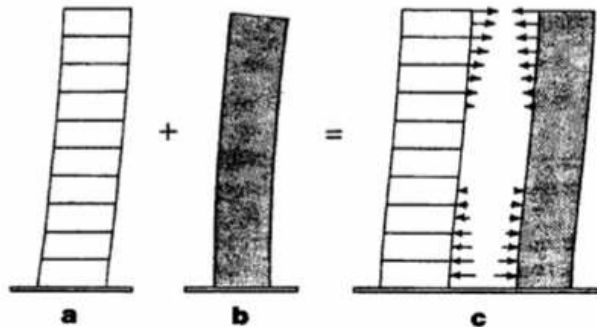
Kemampuan dinding geser dalam menahan gaya lateral, torsi, dan momen guling bergantung kepada konfigurasi geometri, orientasi, dan lokasi dari dinding geser pada suatu bangunan.

2.2.3 Perilaku Struktur Rangka Pemikul Momen dan Dinding Geser (*Dual System*)

Pada struktur kombinasi ini, dinding geser dan kolom-kolom struktur akan dihubungkan secara kaku (*rigid*) oleh balok-balok pada setiap lantai bangunan. Dengan adanya hubungan yang kaku antara balok, kolom, dan dinding geser menyebabkan adanya interaksi antara dinding geser dan struktur rangka yang menyeluruh pada bangunan, sehingga keduanya dapat bekerja bersamaan dalam menahan beban yang bekerja, mulai dari beban

gravitasi sampai beban lateral. Selain itu, sistem ganda mengakibatkan simpangan lateral yang terjadi semakin berkurang seiring dengan peningkatan jumlah lantai pada struktur.

Semakin tinggi suatu struktur gedung, semakin kecil simpangan yang terjadi. Besar simpangan secara keseluruhan yang terjadi pada sistem rangka kaku dengan dinding geser didapatkan dengan cara menggabungkan perilaku dari kedua elemen yang dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 1 Superimpos mode individu dari deformasi
Sumber : Schueller (1989)

Penjelasan dari gambar di atas sebagai berikut :

- a. Deformasi *mode* geser untuk sistem rangka kaku (Gambar 2.4a)

Pada struktur rangka kaku, sudut deformasi (lendutan) paling besar terjadi pada dasar struktur dimana terjadi geser maksimum.

- b. Deformasi *mode* lentur untuk dinding geser (Gambar 2.4b)

Pada struktur dinding geser, sudut deformasi (lendutan) paling besar terjadi pada bagian atas bangunan sehingga sistem dinding geser memberikan kekakuan paling kecil pada bagian atas bangunan.

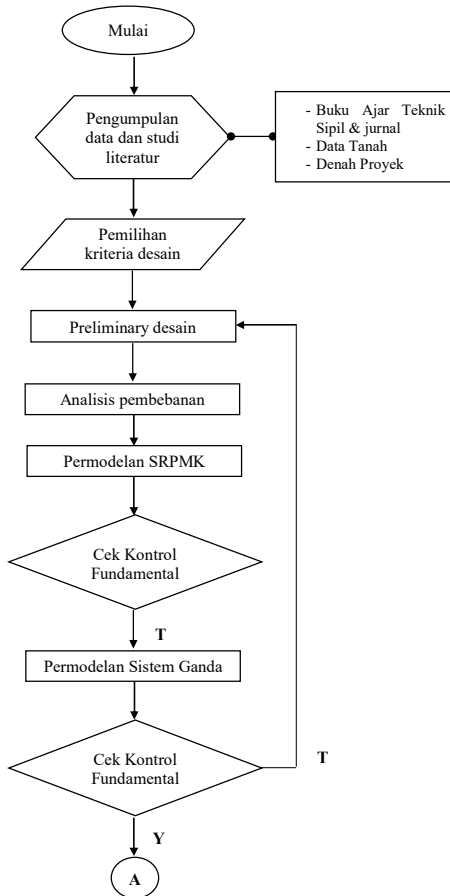
c. Deformasi *mode* untuk gabungan sistem rangka kaku dengan dinding geser (Gambar 2.4c)

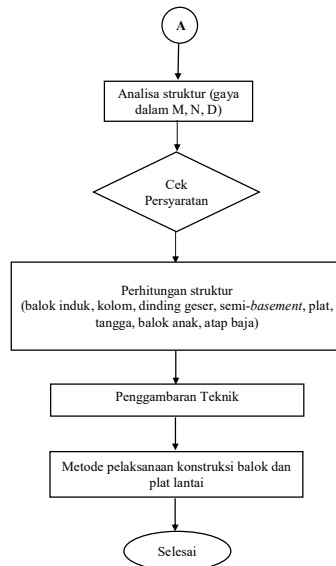
Interaksi antara struktur rangka kaku dengan dinding geser diperoleh dengan membuat superposisi *mode* s defleksi terpisah yang menghasilkan kurva S datar. Perbedaan sifat defleksi antara dinding geser dengan sistem rangka kaku menyebabkan dinding geser menahan simpangan rangka kaku pada bagian bawah, sedangkan sistem rangka kaku akan menahan simpangan dinding geser pada lantai bagian atas. Dengan demikian, geser akibat gaya lateral akan dipikul oleh rangka pada bagian atas bangunan dan dipikul oleh dinding geser di bagian bawah bangunan.

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir Terapan

Metodologi dalam penyelesaian tugas akhir terapan ini akan menguraikan dan menjelaskan urutan pelaksanaan penyusunan tugas akhir terapan.





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir Terapan

3.2 Metodologi Pengerjaan Proyek Akhir Terapan

Dari diagram alir di atas akan dijelaskan mengenai metodologi yang dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir terapan seperti di bawah ini :

3.2.1 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

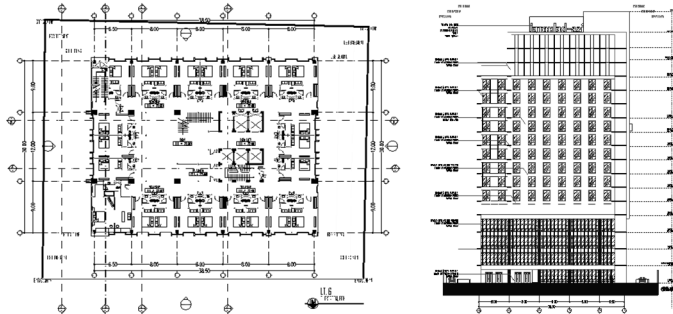
1. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data yang meliputi data bangunan (denah proyek, gambar struktur, gambar arsitektur) dan data tanah dilakukan untuk dapat mengerjakan tugas akhir terapan ini. Dari pengumpulan data ini didapatkan data umum bangunan sebagai berikut :

- Nama Gedung : Swiss Bellin Hotel
Darmocentrum Surabaya
- Lokasi : Jl. Bintoro no. 21 – 25 Surabaya
- Fungsi : Gedung perhotelan
- Jumlah Lantai : 14 lantai dengan lantai semi –

basement dan atap baja

- Tinggi gedung : 64,60 meter
- Panjang gedung : 38,50 meter
- Lebar gedung : 30 meter
- Material : Beton bertulang
- Sistem struktur : Sistem ganda



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir Terapan

1. Studi Literatur

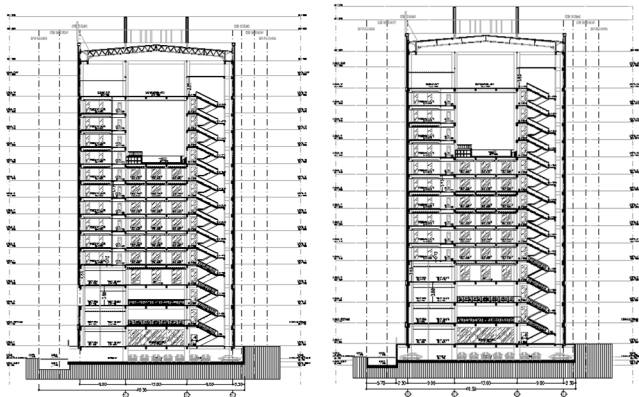
Studi literatur berisi kegiatan mencari literatur seperti buku ajar yang berkaitan dengan tugas akhir, jurnal-jurnal, dan peraturan-peraturan yang berlaku mengenai tugas akhir terapan yang dibahas, di antaranya :

- Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang, Imran, Iswandi, dan Fajar Hendrik, 2014.
- Perancangan Struktur Beton Bertulang, Setiawan, Agus, 2016.
- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
- Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)
- Peraturan Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)
- Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)

3.2.2 Penentuan Kriteria Desain

Gedung Hotel Swiss Bellin Darmocentrum Surabaya akan dihitung dengan struktur dengan sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding geser (sistem ganda). Dalam pengerjaan tugas akhir terapan ini bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi perancangannya menjadi sebagai berikut :

- Nama Gedung : Swiss Bellin Hotel
Darmocentrum Surabaya
- Lokasi : Jl. Bintoro no. 21 – 25 Surabaya
- Fungsi : Gedung perhotelan
- Jumlah Lantai : 14 lantai dengan lantai semi –
basement dan atap baja
- Tinggi gedung : 64,60 meter
- Panjang gedung : 38,50 meter
- Lebar gedung : 30 meter
- Material struktur : Beton bertulang
- Sistem struktur : Sistem ganda



Gambar 3. 3 Perbedaan Potongan Memanjang Eksisting dan Desain

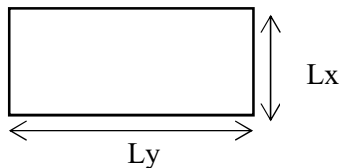
3.2.3 Preliminary Desain

Panduan dalam perhitungan adalah SNI 2847 – 2013 untuk konstruksi beton. Preliminary desain meliputi penentuan dimensi elemen struktur yang terdiri atas plat, tangga, balok, kolom, dan dinding struktural. Selanjutnya, penentuan dimensi ini akan dimasukkan pada saat permodelan struktur.

3.2.3.1 Perencanaan Tebal Plat

a. Perencanaan tebal plat satu arah

Plat satu arah merupakan konstruksi plat dimana rasio bentang panjang dengan bentang pendek sama dengan lebih dari 2.



Gambar 3. 4 Dimensi Bidang Plat (satu arah)

Keterangan :

L_y = bentang panjang ; L_x = bentang pendek

- Tebal minimum plat ditentukan sesuai persyaratan pada SNI 2847 – 2013 pasal 9.5.2.1 sesuai yang terdapat pada tabel 2.2, berlaku untuk konstruksi yang tidak menumpu atau tidak digabungkan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar.

Tabel 3. 1 Tebal minimum balok non-prategang / Plat satu arah
lendutan tidak dihitung

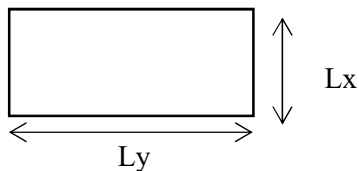
Tebal minimum (h)				
Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
plat masif satu arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau plat rusuk satu arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$

CATATAN :

- Panjang bentang dalam satuan mm
- Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan – tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut :
 - (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan **(1,65 – 0,0003 w_c)** tetapi tidak kurang dari 1,09.
 - (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan **(0,4 + $f_y/700$)**

b. Perencanaan tebal plat dua arah

Plat dua arah merupakan konstruksi plat dimana rasio bentang panjang dengan bentang pendek memiliki nilai lebih dari 2.



Gambar 3. 5 Dimensi bidang plat (dua arah)

Keterangan :

L_y = bentang panjang ; L_x = bentang pendek

- Untuk plat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimum (h) plat ditentukan sesuai dengan persyaratan SNI 2847 – 2013 pasal 9.5.3.3 sebagai berikut :

- a. Untuk $\alpha_f m \leq 0,2 \rightarrow$ tebal minimum harus menggunakan SNI 2847 – 2013 pasal 9.5.3.2;
- b. Untuk $0,2 \leq \alpha_f m \leq 2,0, \rightarrow$ tebal minimum plat harus memenuhi

$$h \geq \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha_f m - 0,2)} \quad (3.1)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- c. Untuk $\alpha_f m$ lebih besar dari 2,0, ketebalan plat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \quad (3.2)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm;

- d. Pada tepi yang tidak menerus , balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_f tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 3.2 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

KETERANGAN :

l_n = panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka balok

f_y = tegangan leleh baja tulangan

β = rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek plat

$\alpha_f m$ = nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel

$$\alpha_f m = \frac{E_{balok} . I_{balok}}{E_{plat} . I_{plat}} \quad (3.3)$$

3.2.3.2 Perencanaan Dimensi Balok

Untuk perencanaan dimensi konstruksi elemen struktur balok, syarat ketinggian dimensi ditentukan berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 9.5.2.1 sesuai tabel 2.2 di atas. Persyaratan tersebut berlaku untuk konstruksi yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar. Untuk syarat lebar balok, dapat ditentukan dengan $\frac{1}{3}$ sampai dengan $\frac{2}{3}$ dari syarat ketinggian balok.

3.2.3.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom mengikuti konsep *strong column weak beam*, dimana tidak boleh terjadi keruntuhan pada kolom sehingga kekakuan yang dimiliki kolom harus lebih besar dari nilai kekakuan balok, seperti persamaan berikut :

$$\frac{EI \text{ kolom}}{h \text{ kolom}} \geq \frac{EI \text{ balok}}{L \text{ balok}} \quad (3.4)$$

KETERANGAN :

E= modulus elastisitas beton

H= tinggi kolom

I = inersia penampang

L= panjang bentang balok

3.2.3.4 Perencanaan Dimensi Dinding Struktural

Penentuan dimensi dinding geser (*shearwall*) mengacu kepada SNI 2847 – 2013 pasal 14.5.3.1, tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari $\frac{1}{25}$ tinggi atau panjang bentang tertumpu yang mana yang lebih pendek, atau lebih kurang dari 100 mm.

3.2.4 Permodelan Struktur dan Pembebanan

a. Permodelan Struktur

Struktur dimodelkan dengan sistem ganda (*dual – system*) sesuai dengan gambar perencanaan. Permodelan dilakukan dengan menggunakan aplikasi SAP 2000 v.

18. Setelah dibuat permodelan strukturnya, dimasukkan pembebanan-pembebanan yang direncanakan bekerja pada struktur bangunan. Beberapa kriteria permodelan struktur adalah sebagai berikut :

- Plat dimodelkan sebagai *area section* agar beban pada plat dapat terdistribusi pada balok
- Beban gempa dimodelkan dengan metode Respons Spektrum Desain sesuai dengan hasil perhitungan beban gempa
- Digunakan sistem struktur *open frame* dimana dinding tidak dimodelkan tetapi menjadi beban pada frame.

b. Pembebanan Elemen Struktur

Beban – beban yang direncanakan dimasukkan sesuai dengan peraturan pada SNI 1727 – 2013. Untuk pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan adalah :

- **Beban Mati**
Mencakup berat semua bagian dari suatu struktur yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan seperti *finishing*, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari struktur tersebut.
- **Beban Hidup**
Mencakup semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk barang-barang dalam ruangan yang tidak permanen atau seperti beban dari air hujan pada atap.
- **Beban Angin**
Beban yang bekerja pada bagian terluar bangunan yang disebabkan oleh selisih tekanan dalam udara. Beban angin yang ditentukan dengan mengingat adanya tekanan positif (tekanan) dan tekanan negatif

(hisapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau.

- Beban Gempa

- a. Gempa Rencana

Tata cara berikut ini untuk menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta bagian-bagian lainnya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2% (2500 tahun).

- b. Perhitungan Gempa

Faktor Keutamaan (I) dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Struktur gedung Hotel Swiss – Bellin direncanakan sebagai gedung perhotelan dengan fasilitas-fasilitas pendukungnya yang penting. Sesuai dengan SNI 1726 – 2012 pasal 4.1.2 dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut struktur gedung Hotel Swiss – Bellin termasuk dalam kategori resiko II dan berdasarkan tabel 3.3 didapatkan faktor keutamaan (I_e) = 1,0

Tabel 3. 2 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran 	II

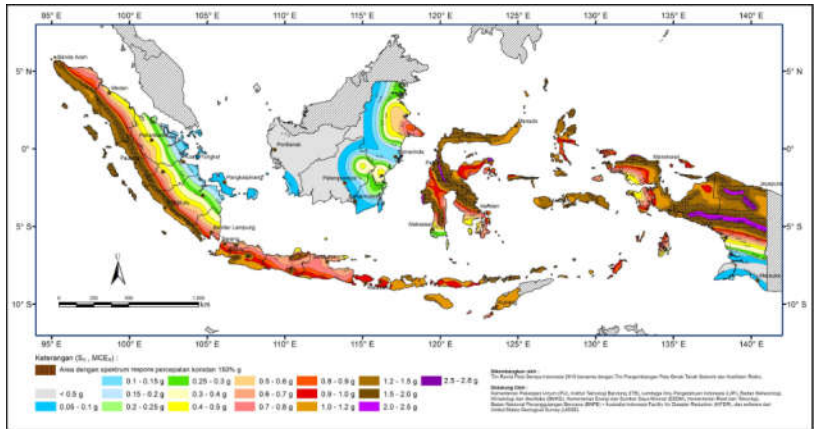
<ul style="list-style-type: none"> - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	
--	--

Tabel 3. 3 Faktor Keutamaan Gempa

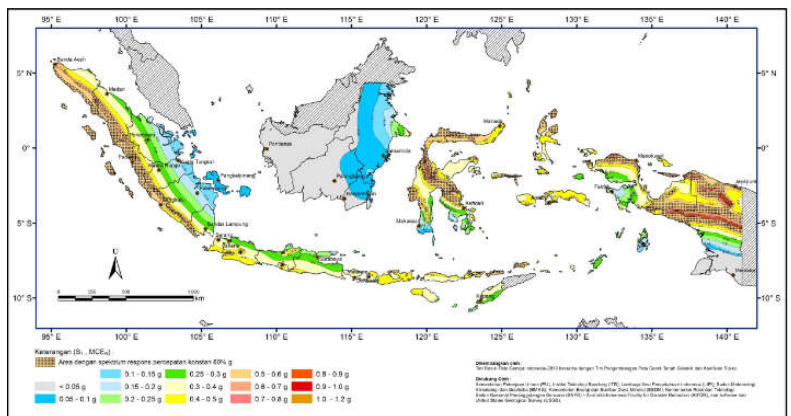
Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

- Parameter Percepatan Gempa

Parameter S_s (percepatan batuan dasar perioda pendek) dan S_l (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

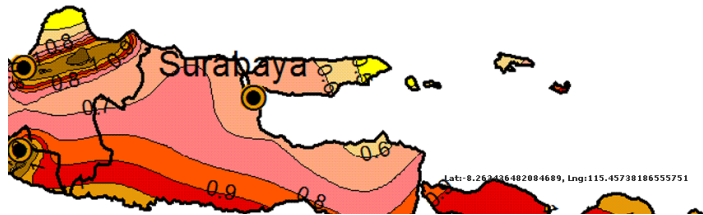


Gambar 3. 6 S_s , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCER)



Gambar 3. 7 S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCER)

Dari gambar 3.6 dan gambar 3.7 Peta Hazard di atas dapat dilihat bahwa Surabaya memiliki nilai $S_s = 0,7$ dan $S_1 = 0,25$, seperti terlampir pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. 8 Nilai Ss = 0,7 (Surabaya)



Gambar 3. 9 Nilai S1 = 0,25 (Surabaya)

- Klasifikasi Situs Tanah

Klasifikasi situs berfungsi untuk memberikan kriteria desain seismik yang berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah maka situs tersebut harus diklasifikasikan lebih dahulu sehingga profil tanah dapat diketahui berdasarkan data tanah yang didapatkan pada pembangunan. Klasifikasi situs tanah pada SNI 1726 – 2012 dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini, tabel tersebut menjelaskan beberapa macam kelas situs yang harus ditinjau. Untuk perhitungan beban gempa akan digunakan data tanah SPT yang kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata (NSPT) sesuai tata cara pada SNI 1726 – 2012.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n ni} \quad (3.5)$$

Tabel 3. 4 Klasifikasi Situs Tanah

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (Batuan Keras)	>1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (Tanah Khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

- Faktor Koefisien Situs dan Parameter Respons

Dalam penentuan faktor koefisien situs dan respons spektral percepatan gempa (MCE_R) di permukaan tanah diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan 1 detik. Penentuan koefisien dan parameter ini mengacu sesuai dengan SNI 1726 – 2012. Faktor amplifikasi terdiri atas faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan terkait percepatan yang mewakili getaran pada 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons

percepatan perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang harus ditentukan dengan perumusan sebagai berikut ini :

$$S_{MS} = Fa \cdot S_S \quad (3.6)$$

$$S_{M1} = Fv \cdot S_1 \quad (3.7)$$

KETERANGAN :

S_S = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik.

Dimana nilai F_a dan F_v didapatkan berdasarkan tabel 2.6 dan tabel 2.7 di bawah ini yang didapatkan dari peraturan SNI 1726 – 2012 pasal 6.2

Tabel 3. 5 Koefisien situs, F_a

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

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat dilakukan interpolasi linear

(b) S_S = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs – spesifik, lihat SNI 1726 – 2012 pasal 6.10.1

Tabel 3. 6 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, 5				
	$S1 \leq 0,25$	$S1=0,5$	$S1=0,75$	$S1=1,0$	$S1 \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	S_s^b				

CATATAN :

- (c) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linear
 - (d) S_s = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs – spesifik, lihat SNI 1726 – 2012 pasal 6.10.1
- Parameter Percepatan Spektral Desain
Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (SDS) dan pada perioda 1 detik (SD_1) harus ditentukan melalui perumusan sesuai SNI 1726 – 2012 pasal 6.3 sebagai berikut :
- $$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.8)$$
- $$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.9)$$
- Kategori Desain Seismik (KDS)
Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti SNI 1726 – 2012 pasal 6.5. KDS dapat ditentukan ketika nilai S_{DS} atau SD_1 sudah ditentukan sesuai dengan peraturan pasal 6.3 seperti telah dijelaskan sebelumnya. Dalam Tugas Akhir Terapan ini, KDS yang ditentukan sesuai dengan nilai S_{DS} berdasarkan peraturan SNI 1726 – 2012 dapat dilihat pada tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3. 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan perioda pendek

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

- Respons Spektrum Desain

Respons Spektrum Desain adalah grafik yang menunjukkan nilai besaran respons struktur dengan periode (waktu getar) tertentu. Perhitungan respons spektrum dapat digunakan untuk bangunan gedung beraturan dan tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal, dapat dilakukan dengan metoda analisis ragam spektrum dengan memakai spektrum respons desain yang mengacu pada gambar 2.9 sesuai SNI 1726-2012 mengikuti ketentuan di bawah ini :

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

$$S_a = S_{ds} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.10)$$

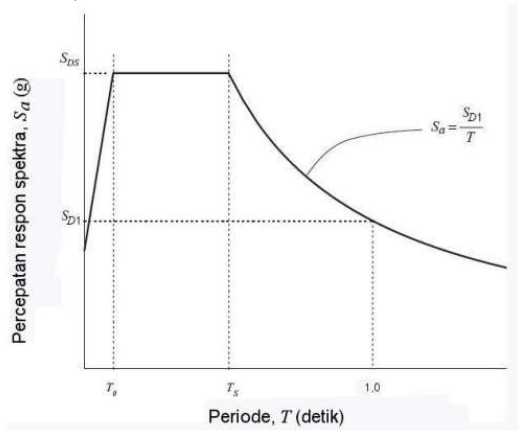
- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain (S_a), sama dengan S_{ds} ;
- Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{d1}}{T} \quad (3.11)$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \quad (3.12)$$

$$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \quad (3.13)$$

Pada gambar 3.10 dapat dilihat grafik respons spektrum,



Gambar 3. 10 Spektrum Respons Desain

- Faktor Reduksi Gempa (R)

Setiap sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang terdapat pada peraturan. Sistem penahan gaya gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku pada peraturan SNI 1726 – 2012 pasal 7.2.2 dan persyaratan tambahan yang ditetapkan pada pasal 7.14. Gedung ini direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk beton bertulang, sehingga berdasarkan tabel 3.8 sesuai dengan SNI 1726 – 2012 pada pasal 7.2.2 di bawah ini, sehingga didapatkan nilai faktor reduksi gempa $R = 8$, $\Omega_0 = 3$, dan $C_d = 5,5$.

Tabel 3. 8 Faktor Reduksi Gempa

Sistem penahan-gaya seismic	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 seismic				
				B	C	D _e	E _e	F _e
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	T B	T B	T B	T B	T B
2. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5	T B	T B	T I	T I	T I
3. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	T B	T I	T I	T I	T I

CATATAN :

TB = tidak dibatasi, TI = tidak diijinkan

3.2.5 Analisis Struktur (Gaya Dalam M, N, dan D)

Setelah dibuat permodelan struktur menggunakan aplikasi bantuan SAP 2000 v . 18 dan dihitung pembebanannya, pembebanan itu dimasukkan ke dalam program bantu dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1726 – 2012 pasal 4.2.2 berikut ini :

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2 D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5 W)
4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R)
5. 1,2 D + 1,0 E + L
6. 0,9 D + 1,0 W
7. 0,9 D + 1,0 E

3.2.6 Cek Persyaratan

Setelah permodelan struktur dan pemberian pembebanan dilakukan, maka pengerjaan perhitungan struktur dapat dilakukan. Sebelum proses perhitungan

detail dilakukan, maka perlu dilakukan pengecekan persyaratan terhadap permodelan, apakah sudah memenuhi atau belum. Pengecekan persyaratan dapat dilakukan lebih dahulu dengan menjalankan program (*running* program). Bila sudah memenuhi, maka perhitungan *detailling* dapat dikerjakan. Bila belum, maka proses kembali ke proses *preliminary* desain, dan dilakukan perubahan dimensi sampai cek persyaratannya memenuhi.

3.2.7 Perhitungan Struktur

Perhitungan struktur meliputi perhitungan elemen struktur balok, kolom, dinding struktural, plat, tangga, dan atap. Perhitungan struktur ini dilakukan sesuai persyaratan pada peraturan yang digunakan.

3.2.7.1 Perhitungan Struktur Plat

Perhitungan pertama untuk elemen struktur plat adalah menghitung penulangan plat. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung kebutuhan tulangan pada plat :

1. Menghitung momen nominal

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad (3.14)$$

2. Menghitung rasio tulangan

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} \quad (3.15)$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'} \quad (3.16)$$

$$\rho b = \frac{0,85 \beta_1 fc'}{fy} \left(\frac{600}{600+fy} \right) \quad (3.17)$$

$$\rho \max = 0,75 \rho b \quad (3.18)$$

$$\rho \min = \frac{1,4}{fy} \quad (3.19)$$

3. Menghitung rasio tulangan yang dipakai

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{fy}} \right) \quad (3.20)$$

Jika, $\rho < \rho_{min}$ maka ρ perlu diperbesar 30%, sehingga $\rho_{perlu} = 1,3 \times \rho$ (3.21)

4. Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan
 $As = \rho \cdot b \cdot d$ (3.22)

3.2.7.2 Perhitungan Struktur Tangga

Penulangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan dengan prinsip yang sama dengan perencanaan plat.

3.2.7.3 Perhitungan Struktur Balok

Langkah-langkah menghitung elemen struktur balok adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad (3.23)$$

$$Xb = \frac{600}{600 + fy} d \quad (3.24)$$

Xb = garis netral dalam kondisi *balanced*

$$Xr \leq 0,75 Xb \quad (3.25)$$

Xr = garis netral rencana

$$Asc = \frac{0,85 \beta_1 fc' Xr}{fy} \quad (3.26)$$

$$Mnc = Asc fy \left(d - \frac{\beta_1 Xr}{2} \right) \quad (3.27)$$

Bila $Mn - Mnc > 0$, maka diperlukan tulangan tekan

Bila $Mn - Mnc < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan

Bila diperlukan tulangan tekan, maka

$$Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d''} \quad (3.28)$$

$$fs' = \left(1 - \frac{d''}{Xr} \right) 0,003 Es \geq fy \quad (3.29)$$

Bila $fs' \geq fy$, maka dipakai $fs' = fy$

Bila $fs' \leq fy$, maka dipakai $fs' = fs'$

$$As' = \frac{Cs'}{(fs' - 0,85 fc')} \quad (3.30)$$

$$Ass = \frac{T_2}{fy} \quad (3.31)$$

$$As = Asc + Ass \text{ dan } As' = As' \quad (3.32)$$

2. Perhitungan sambungan lewatan
 Perhitungan sambungan lewatan disesuaikan dengan persyaratan pada SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.2.3 berikut ini :
- Sambungan lewatan tulangan lentur harus diberi tulangan sengkang atau spiral sepanjang panjang sambungan
 - S *sengkang* pada daerah sambungan lewatan $< d/4$ atau 100mm (yang terkecil)
 - Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka

3. Perhitungan Tulangan Transversal

- Perhitungan *probable moment capacity* (M_{pr})

M_{pr} dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.4.1:

Gaya geser rencana akibat beban gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegang tulangan lentur balok mencapai $1,25 f_y$ dan faktor reduksikuat lentur $\phi = 1$.

Kapasitas momen ujung-ujung balok dapat dihitung dengan:

$$M_{pr} = 1,25 A_s f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \quad (3.33)$$

$$a_{pr} = \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f_c' b} \quad (3.34)$$

KETERANGAN :

A_s = Luas tulangan tarik longitudinal

f_y = Tegangan leleh baja

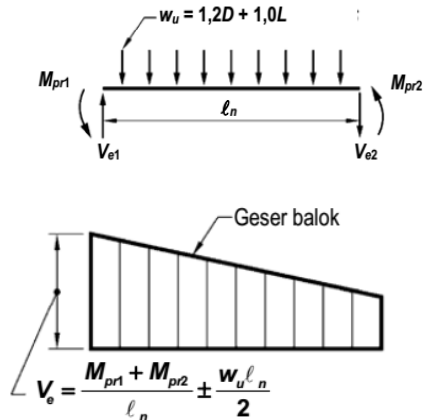
d = tinggi efektif

f_c' = mutu beton

b = lebar balok

M_{pr} dihitung berdasarkan goyangan yang diakibatkan dari arah beban gempa (kanan dan kiri)

- Diagram gaya geser



Gambar 3. 11 Diagram Gaya Geser

Reaksi geser pada ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur, dihitung dengan :

$$V_g = \frac{W_u l_n}{2} \quad (3.35)$$

KETERANGAN :

W_u = beban dari kombinasi 1,2D + 1,0 L

l_n = bentang bersih komponen lentur

Total reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat goyangan gempa dan gaya gravitasi pada struktur :

$$V_{sway} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm V_g \quad (3.36)$$

KETERANGAN :

M_{pr1} = Momen kapasitas balok oleh goyangan arah x

M_{pr2} = Momen kapasitas balok oleh goyangan arah y

- Perhitungan kebutuhan tulangan transversal

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3.37)$$

SNI 2847 – 2013 pasal 11.4.7.9 untuk $V_s \max$

$$V_u < V_s \max = \frac{2\sqrt{f_c'}}{3} b_w \cdot d \quad (3.38)$$

Spasi tulangan diatur melalui persamaan

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (3.39)$$

$$V_s \text{ pakai} = \frac{A_v f_y d}{s} > V_s \quad (3.40)$$

KETERANGAN :

V_s	= gaya geser dari tulangan
V_u	= gaya geser ultimate
V_c	= gaya geser dari beton, diambil nilai 0 apabila memenuhi pasal 21.5.4.2 SNI 2847 - 2013
b_w	= lebar komponen balok
d	= tinggi efektif balok
A_v	= luas tulangan sengkang
f_y	= tegangan leleh baja
s	= spasi tulangan transversal

3.2.7.4 Perhitungan Struktur Kolom

Perhitungan Tulangan Lentur

- Kekuatan lentur kolom

Sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.2.2, kekuatan kolom harus memenuhi :

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb} \quad (3.41)$$

KETERANGAN :

$\sum M_c$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*.

$\sum M_g$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*.

- Perhitungan kebutuhan tulangan lentur

Langkah-langkah perhitungan kebutuhan tulangan lentur :

- Nilai Faktor Kekakuan Kolom (EI)

$$EI = \frac{0,4 E_c . I_g}{1 + \beta_1} \quad (3.42)$$

dari SNI 2847 – 2013 pasal 10.10.6.1

KETERANGAN :

E_c = Modulus elastisitas beton

I_g = Momen inersia penampang kolom

β_1 = Rasio beban mati aksial terfaktor maksimum dengan beban aksial terfaktor maksimum

- Faktor Kekangan Ujung Kolom

$$\Psi = \frac{\Sigma \left(\frac{EI}{L} \right)_{kolom}}{\Sigma \left(\frac{EI}{L} \right)_{balok}} \quad (3.43)$$

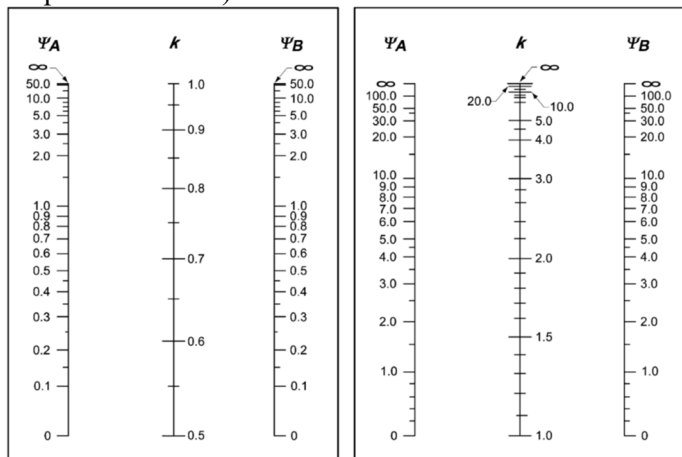
dari SNI 2847 – 2013 pasal 10.10.7.2

KETERANGAN :

L = panjang bentang

- Faktor Panjang Efektif

Untuk menghitung faktor panjang efektif dipakai nomogram seperti pada peraturan SNI 2847 – 2013 pasal 10.10.7.2)



Portal Bergoyang

Portal Tidak Bergoyang

Gambar 3. 12 Faktor panjang efektif kolom

- Kontrol Kelangsingan
Pengaruh kelangsingan pada kolom harus dicek berdasarkan dua kondisi yaitu *braced* dan *unbraced* sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 10.10.1 seperti di bawah ini :

- Kolom tidak di-breising (*unbraced*) terhadap goyangan

$$\frac{k \ell u}{r} \leq 22 \quad (3.44)$$

- Kolom di-breising (*braced*) terhadap goyangan

$$\frac{k \ell u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40 \quad (3.45)$$

KETERANGAN :

k = faktor panjang efektif

ℓu = panjang kolom yang tidak tertumpu

r = radius girasi ($\sqrt{I/A}$)

(M_1/M_2) = rasio momen pada ujung (positif jika kolom dibengkokkan dalam kurvatur tunggal dan negatif jika komponen struktur dibengkokkan dalam kurvatur ganda)

- Beban Kritis (P_c)
Beban kritis kolom dihitung sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 10.10.6

$$P_c = \frac{\pi^2 EI \text{ kolom}}{(k \cdot \ell u)^2} \quad (3.46)$$

KETERANGAN :

k = faktor panjang efektif

ℓu = panjang kolom yang tidak tertumpu

E = Modulus elastisitas

I = Momen inersia penampang

- Faktor C_m
Faktor C_m dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 10.10.6.4

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2} \quad (3.47)$$

KETERANGAN :

C_m = faktor yang menghubungkan diagram momen *actual* dengan diagram momen merata ekuivalen

(M_1/M_2) = rasio momen pada ujung (positif jika kolom dibengkokkan dalam kurvatur tunggal dan negatif jika komponen struktur dibengkokkan dalam kurvatur ganda)

- Faktor Pembesaran Momen
- Untuk rangka portal tidak bergoyang dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 10.10.6

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1 \quad (3.48)$$

$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2 \quad (3.49)$$

- Untuk rangka portal bergoyang dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 10.10.7

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1 \quad (3.50)$$

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \quad (3.51)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \quad (3.52)$$

KETERANGAN :

M_c = momen terfaktor yang diperbesar untuk pengaruh kurvatur

M_1 dan M_2 = momen terfaktor

M_{1ns} dan M_{2ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti.

- Perhitungan tulangan lentur
- Perhitungan tulangan lentur untuk kolom didapatkan dari diagram interaksi antara momen terfaktor dengan gaya aksial yang terjadi pada kolom. Diagram

interaksi bisa didapatkan dari program bantu PCACOL untuk mempermudah perhitungan.

2. Perhitungan Tulangan Geser

a. Perhitungan *probable moment capacities* (M_{pr})

Menurut peraturan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.2.2, momen ujung M_{pr} untuk kolom tidak perlu lebih besar dari momen-momen yang dihasilkan oleh M_{pr} balok-balok yang merangka ke dalam *joint* balok dan kolom. V_e tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh analisis struktur. Kapasitas momen ujung-ujung kolom dapat dihitung :

$$M_{pr} = 1,25 A_s f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \quad (3.53)$$

$$a_{pr} = \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f_c' b} \quad (3.54)$$

KETERANGAN :

A_s = luas tulangan tarik longitudinal

f_y = tegangan leleh baja

d = tinggi efektif

f_c' = mutu beton

b = lebar balok

M_{pr} dihitung berdasarkan goyangan yang diakibatkan dari arah beban gempa (kanan dan kiri).

b. Diagram gaya geser

Reaksi pada ujung-ujung kolom dihitung dengan :

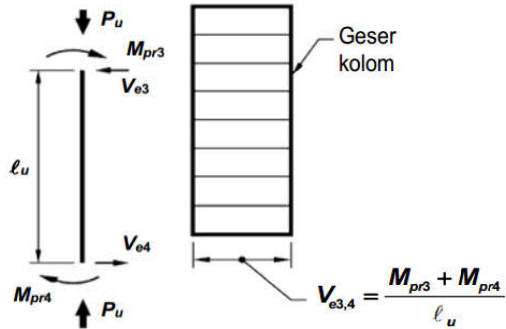
$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{\ell_u} \quad (3.55)$$

KETERANGAN :

M_{pr3} = kapasitas momen di salah satu ujung kolom

M_{pr4} = kapasitas momen di ujung lainnya

ℓ_u = panjang bentang bersih dari kolom (bagian yang tidak tertumpu)



Gambar 3. 13 Diagram gaya geser kolom

c. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3.56)$$

Spasi tulangan diatur melalui persamaan

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (3.57)$$

$$V_s \text{ pakai} = \frac{A_v f_y d}{s} > V_{sv} \quad (3.58)$$

Kontrol luas penampang total tulangan transversal (A_{sh}) Luas penampang tulangan (A_v) harus memenuhi syarat SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.4 seperti di bawah ini :

$$A_v > A_{sh} = 0,3 \frac{s b c f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \right] \quad (3.59)$$

$$A_v > A_{sh} = 0,09 \frac{s b c f_c'}{f_{yt}} \quad (3.60)$$

KETERANGAN :

V_s = gaya geser tulangan

V_u = gaya geser *ultimate*

V_c = gaya geser beton, diambil nilai 0 apabila memenuhi persamaan dalam pasal 21.6.5.2 pada SNI 2847 – 2013

V_{s-max} = gaya geser maksimum tulangan

b_w = lebar komponen balok

d = tinggi efektif balok

A_v	= luas tulangan sengkang
f_y	= tegangan leleh pada baja
s	= spasi tulangan transversal
bc	= lebar penampang inti beton yang terkembang
A_g	= luas kotor kolom
A_{ch}	= Luas penampang inti beton, dari serat terluar tulangan transversal ke serat terluar transversal pada sisi lainnya.

3.2.7.5 Perhitungan Hubungan Balok Kolom

1. Kekuatan Geser

Kekuatan geser hubungan balok kolom (HBK), harus memenuhi SNI 2847 – 2013 pasal 21.7.4.1

- Untuk HBK terkekang balok pada semua muka,

$$1,7 \sqrt{f'c'} A_j \quad (3.61)$$

- Untuk HBK kolom terkekang balok pada 3 muka atau pada 2 muka berlawanan

$$1,2 \sqrt{f'c'} A_j \quad (3.62)$$

- Untuk kasus-kasus lainnya

$$1,0 \sqrt{f'c'} A_j \quad (3.63)$$

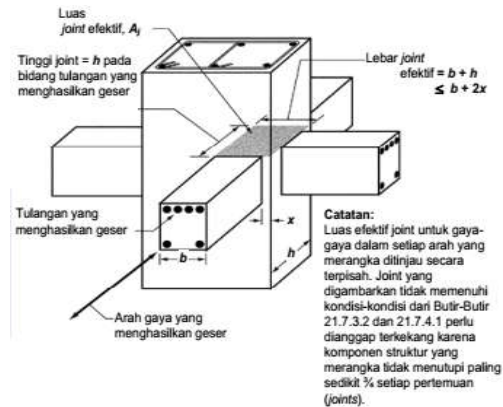
KETERANGAN :

A_j = luas penampang efektif hubungan balok kolom, dihitung dari h kolom dikali lebar *joint* efektif.

Lebar *joint* efektif tidak melebihi yang terkecil dari :

- Lebar balok ditambah tinggi *joint*
- Dua kali tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom

Maksud, dari persyaratan di atas dapat dilihat lebih jelas pada gambar di bawah ini



Gambar 3. 14 Luas penampang efektif hubungan balok kolom

2. Panjang penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik

Sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 21.7.5.1, panjang penyaluran ℓ_{dh} untuk ukuran \emptyset 10 sampai D-36 dengan kait 90° tidak boleh kurang dari :

- $8 db$
- 150 mm
- $\ell_{dh} = \frac{f_y db}{5,4 \sqrt{f'c}}$

Untuk tulangan tanpa kait, panjang penyaluran minimal sebesar:

- 2,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm.
- 3,5 kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut lebih dari 300 mm.

3.2.7.6 Perhitungan Struktur Dinding Geser

1. Kekuatan Geser

Kekuatan geser dinding struktur dapat dihitung sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 21.9.4.1 :

$$Vn = Acv (\alpha c \lambda \sqrt{fc'} + \rho t fy) \quad (3.64)$$

KETERANGAN :

Untuk $hw / \ell w \leq 1,5$ maka $\alpha c = 0,25$

Untuk $hw / \ell w \geq 2,0$ maka $\alpha c = 0,17$

Untuk $1,5 < hw / \ell w < 2,0$ maka $\alpha c =$ bervariasi secara linier antara 0,25 dan 0,17

hw_1 = tinggi total dinding

ℓw = panjang dinding

Kekuatan geser dinding juga harus memenuhi pada SNI 2847 – 2013 pasal 21.9.4.4, dimana :

$$Vn \leq Vn maks = 0,83 Acv \sqrt{fc'} \quad (3.65)$$

KETERANGAN :

Acv = luas kombinasi bruto dari semua segmen dinding vertikal.

2. Elemen pembatas dinding struktur khusus (*Special Boundary Element*)

Elemen pembatas dinding struktural khusus pada daerah tekan harus diperkuat dengan persyaratan sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 21.9.6.2 (a) :

$$c \geq \frac{\ell w}{600 \left(\frac{\delta u}{h_w} \right)} \quad (3.66)$$

KETERANGAN :

c = sumbu netral terbesar yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor dan kekuatan momen nominal

δ_u = perpindahan desain

δ_u/h_w = $< 0,007$

3.2.8 Persyaratan Struktur

3.2.8.1 Persyaratan Struktur Plat

Kontrol penulangan plat

1. Spasi tulangan pada daerah momen maksimum positif dan negatif sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 13.3.2 dan pasal 7.12.2.2

$$s \leq 2h \text{ dan } s \leq 450 \text{ mm} \quad (3.67)$$

2. Syarat tulangan minimum dan maksimum sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 :

$$A_s \text{ min} = 0,0018 bh \text{ (untuk } f_y = 400 \text{ MPa)}$$

(2.68)

$$A_s \text{ max} = 0,75 A_{st} \text{ (bal)} \quad (3.68)$$

3.2.8.2 Persyaratan Struktur Tangga

Persyaratan injakan dan tanjakan

$$0,6 \leq (2t + i) \leq 0,65 \text{ (meter)} \quad (3.69)$$

KETERANGAN :

t = tanjakan ($\leq 25 \text{ cm}$)

i = injakan ($25 \text{ cm} \leq i \leq 40 \text{ cm}$)

Maksimal sudut tangga adalah 40°

3.2.8.3 Persyaratan Struktur Balok

Persyaratan umum balok

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.1.1 sampai dengan 21.5.1.4 dapat dihitung persyaratan struktur balok seperti di bawah ini:

$$Pu < \frac{Ag fc'}{10} \quad (3.70)$$

$$\ell_n > 4d \quad (3.71)$$

$$bw > 0,3 h \text{ atau } 250 \text{ mm (terkecil)} \quad (3.72)$$

$$bw < c_2 + (c_2 \text{ atau } 0,75 c_1) \quad (3.73)$$

KETERANGAN :

Pu = gaya aksial tekan terfaktor komponen lentur

ℓ_n = bentang bersih komponen struktur

d = tinggi efektif

b_w = lebar komponen struktur

c_1 = dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu

c_2 = lebar komponen struktur penumpu

2. Persyaratan tulangan transversal

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.4.2, kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu V_c , harus diambil sama dengan 0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis, jika :

$$V_{sway} > \frac{1}{2} V_u \text{ pada sepanjang bentang} \quad (3.74)$$

$$P_u < \frac{A_g f_c'}{20} \quad (3.75)$$

KETERANGAN :

V_{sway} = gaya geser yang ditimbulkan gaya gempa

P_u = gaya aksial tekan terfaktor

V_u = kekuatan geser perlu maksimum

A_g = luas bruto penampang beton

f_c' = kuat tekan beton

3. Persyaratan pemasangan tulangan transversal

Pada SNI 2847 –2013 pasal 21.5.3.1 dan 21.5.3.2 menyatakan:

- Dibutuhkan sengkang tertutup di sepanjang jarak $2h$ dari sisi muka kolom terdekat
- Sengkang pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka kolom terdekat dan yang berikutnya dipasang dengan spasi paling kecil di antara : $\frac{d}{4}$, $6d$ tulangan longitudinal, atau 150mm

3.2.8.4 Persyaratan Struktur Kolom

1. Persyaratan umum kolom

Sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.1 berikut:

$$P_u > \frac{A_g f_c'}{10} \quad (3.76)$$

$$b > 300 \text{ mm} \quad (3.77)$$

$$\frac{b}{h} = 0,4 \quad (3.78)$$

KETERANGAN :

P_u = gaya aksial terfaktor maksimum

b = sisi terpendek penampang kolom
 h = sisi terpanjang penampang kolom

2. Persyaratan tulangan geser

Sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.5.2, peran beton dalam menahan geser, yaitu V_c , harus diambil sebesar 0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila :

$$V_{sway} = \frac{1}{2} V_u \text{ di sepanjang bentang} \quad (3.79)$$

$$P_u < \frac{A_g f_c'}{10} \quad (3.80)$$

KETERANGAN :

V_{sway} = gaya geser akibat gaya gempa

P_u = gaya aksial tekan terfaktor

V_u = kekuatan geser perlu maksimum

A_g = luas bruto penampang beton

f_c' = kuat tekan beton

3. Persyaratan pemasangan tulangan transversal

a. Tulangan transversal harus dipasang sepanjang ℓ_o sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.1, dimana panjang ℓ_o diambil yang terbesar dari :

- Tinggi komponen struktur pada muka *joint* atau pada penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi
- $1/6$ bentang bersih kolom
- 450 mm

b. Spasi tulangan transversal sepanjang ℓ_o memenuhi persyaratan pada SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.3 harus kurang dari yang terkecil dari:

- $1/4$ dimensi minimum kolom
- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- $s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$

$$100 \text{ mm} \leq s_o \leq 150 \text{ mm}$$

3.2.8.5 Persyaratan Hubungan Balok Kolom

1. Persyaratan umum hubungan balok kolom
 - Gaya-gaya pada tulangan longitudinal balok di muka hubungan balok kolom dapat ditentukan tegangan tulangan tarik sebesar $1,25 f_y$
 - Untuk beton normal, dimensi kolom pada hubungan balok kolom yang sejajar dengan tulangan balok minimal 20 kali diameter tulangan longitudinal balok terbesar.
2. Persyaratan tulangan transversal

Untuk lebar setiap balok adalah $\frac{3}{4}$ lebar kolom dan merangka pada keempat sisi *joint*, maka jumlah tulangan transversal yang dipasang pada daerah hubungan balok kolom direduksi menjadi $\frac{1}{2}$ dari jumlah tulangan transversal pada kolom dan spasi tulangan transversal diperbesar sampai 150 mm.

3.2.8.6 Persyaratan Struktur Dinding Geser

Berdasarkan dengan persyaratan pada SNI 2847 – 2013 pasal 21.9.2.1, rasio tulangan longitudinal, ρ_l , dan rasio tulangan transversal, ρ_t , minimum adalah 0,0025, dan spasi maksimum adalah 450 mm.

- Rasio ρ_l dan ρ_t direduksi jika :

$$Vu \leq 0,083 \lambda Acv \sqrt{f_c'}$$

Acv merupakan luas penampang dari dinding geser. Maka, rasio ρ_l dan ρ_t dapat direduksi sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 14.3.2 dan 14.3.3 sebagai berikut :

- Rasio minimum luas tulangan longitudinal, ρ_l
 - 0,0012 untuk tulangan kurang dari D16 dengan f_y minimal 420 MPa
 - 0,0015 untuk tulangan ulir lainnya
 - 0,0012 untuk tulangan kawat las yang tidak lebih besar dari \emptyset -16 atau D-16
- Rasio minimum luas tulangan longitudinal, ρ_l

- 0,0020 untuk tulangan kurang dari D16 dengan f_y minimal 420 MPa
- 0,0025 untuk tulangan ulir lainnya
- 0,0020 untuk tulangan kawat las yang tidak lebih besar dari \varnothing -16 atau D-16
- Untuk tulangan longitudinal dan transversal harus minimal 2 lapis sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 19.9.2.2, bila :

$$Vu > 0,17 A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \quad (3.81)$$

A_{cv} merupakan luas penampang dari dinding geser.

3.2.9 Penggambaran Teknik

Setelah analisis struktur dan perhitungan struktur selesai dilakukan dan memenuhi persyaratan yang ada, maka hasil perhitungan dapat dituangkan ke dalam gambar teknik supaya hasil desain struktur dapat dimengerti oleh pihak pelaksana ataupun yang nantinya akan menggunakan.

Penggambaran teknik hasil desain struktur menggunakan bantuan *software* Auto CAD. Penggambaran teknik yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Gambar arsitektural, meliputi :
 - Gambar denah
 - Gambar tampak (tampak utara, selatan, timur, dan barat)
2. Gambar struktur, meliputi :
 - Gambar potongan memanjang dan melintang
 - Gambar pondasi
 - Gambar balok
 - Gambar kolom
 - Gambar plat
 - Gambar plat tangga dan bordes
 - Gambar atap
3. Gambar detail penulangan, meliputi :
 - Gambar detail penulangan poer dan pondasi

- Gambar detail penulangan sloof
- Gambar detail penulangan balok
- Gambar detail penulangan kolom
- Gambar detail penulangan Plat
- Gambar detail penulangan Plat tangga dan bordes

3.2.10 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Plat Lantai

Metode pelaksanaan yang dibahas adalah metode pelaksanaan pekerjaan balok dan plat lantai. Dalam menentukan metode dan spesifikasi teknis digunakan acuan dari peraturan SNI 2847 – 2013 pasal 5.7 sampai dengan 6.22. Urutan pelaksanaan dan peralatan yang dibutuhkan akan diuraikan secara singkat seperti di bawah ini :

1. Persiapan Peralatan dan Tempat Pengecoran
2. Pemasangan Perancah (*shoring*)
3. Pemasangan Bekisting
4. Pembesian
5. Pengecoran
6. Perawatan
7. Pembongkaran Bekisting dan Perancah

Setelah ditentukan urutan metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi, kemudian dilakukan pemilihan alat yang akan digunakan untuk melaksanakan pekerjaan.

1. *Tower Crane*
2. *Concrete Bucket*
3. *Concrete Vibrator*

BAB IV PRELIMINARY DESIGN

4.1 Data Preliminary Design

Struktur gedung ini didesain menggunakan bahan beton bertulang dengan data-data sebagai berikut :

Tipe Bangunan	: Perhotelan
Letak Bangunan	: Perkotaan
Lebar Bangunan	: 30 m
Panjang Bangunan	: 38,5 m
Tinggi Bangunan	: 56 m (14 lantai + 2 lantai atap dan 1 lantai semi – <i>basement</i>)
Struktur <i>Basement</i>	: <i>Retaining Wall</i>
Mutu Beton (f_c')	: 35 MPa (untuk struktur primer seperti kolom, <i>shearwall</i> , dan balok induk) 25 MPa (untuk struktur sekunder seperti plat lantai dan balok anak)
Mutu Baja (f_y)	: 390 MPa (BjTS 40)

Tabel 5. SNI 2052 – 2014

4.2 Preliminary Design Balok

Preliminary design balok diperlukan untuk menentukan lebar dan tinggi balok yang akan digunakan dalam perencanaan. Tinggi minimum balok atau h_{min} tanpa lendutan ditentukan menurut Tabel 9.5 (a) pada SNI 2847 – 2013 pasal 9.5.2.2 atau dapat dilihat pada Tabel 2.2. Untuk syarat lebar balok, dapat ditentukan dengan $\frac{1}{3}$ sampai dengan $\frac{2}{3}$ dari syarat ketinggian balok.

$$h_{min} = \frac{l}{16} ccxc$$

Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. Sehingga, untuk baja dengan mutu 390 MPa:

- Untuk balok tertumpu sederhana (balok induk)

$$h \text{ min} = \left(\frac{l}{16}\right) \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700}\right)\right)$$

- Untuk balok kedua ujung menerus (balok anak)

$$h \text{ min} = \left(\frac{l}{21}\right) \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700}\right)\right)$$

- Untuk balok kantilever

$$h \text{ min} = \left(\frac{l}{8}\right) \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700}\right)\right)$$

- **Balok Induk ($l = 1200 \text{ cm}$)**

- a. Tinggi Balok (h)

$$h \text{ min} = \left(\frac{1200}{16}\right) \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700}\right)\right) = 71,79 \text{ cm}$$

Maka, digunakan h untuk balok yaitu 75cm atau 750 mm.

- b. Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \cdot 75 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

Maka, digunakan b untuk balok yaitu 50cm atau 500 mm.

- **Balok Anak ($l = 1200 \text{ cm}$)**

- a. Tinggi Balok (h)

$$h \text{ min} = \left(\frac{1200}{21}\right) \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700}\right)\right) = 54,69 \text{ cm}$$

Maka, digunakan h untuk balok yaitu 60cm atau 600 mm.

- b. Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$$

Maka, digunakan b untuk balok yaitu 40cm atau 400 mm.

- **Balok Kantilever ($l = 115 \text{ cm}$)**

- Tinggi Balok (h)

$$h \text{ min} = \left(\frac{115}{8}\right) \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700}\right)\right) = 13,75 \text{ cm}$$

Maka, digunakan h untuk balok yaitu 60cm atau 600 mm.

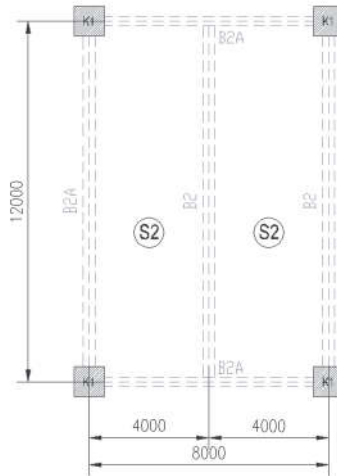
- Lebar Balok (b)

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$$

Maka, digunakan b untuk balok yaitu 40 cm atau 400 mm.

4.3 Preliminary Design Plat

Untuk menentukan ketebalan plat, diambil satu macam plat dengan dimensi 1200 cm x 400 cm.



Gambar 4. 1 Potongan Plat yang Ditinjau

- a. Menghitung bentang bersih dan jenis plat

$$Ln = 1200 \text{ cm} - \left(\frac{50}{2} \text{ cm} + \frac{50}{2} \text{ cm} \right) = 1150 \text{ cm}$$

$$Sn = 400 \text{ cm} - \left(\frac{50}{2} \text{ cm} + \frac{50}{2} \text{ cm} \right) = 350 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{1150 \text{ cm}}{350 \text{ cm}} = 3,285 > 2 \text{ (plat satu arah)}$$

- b. Menghitung tebal minimum plat

Sesuai pada tabel 3.1 tebal minimum balok non-prategang / Plat satu arah lendutan tidak dihitung berdasarkan SNI 2847-2013.

Untuk konstruksi plat satu arah, tebal minimum plat dengan kedua ujung menerus dapat dihitung sebagai berikut:

$$hf = \frac{l}{28} \cdot \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) = \frac{4000}{28} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) = 138,78 \text{ mm}$$

Maka, untuk desain digunakan $hf = 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$

4.4 Preliminary Design Kolom

Preliminary dimensi untuk kolom adalah sebagai berikut:

$$\frac{h_{kolom}}{I_{kolom}} \geq \frac{h_{balok}}{I_{balok}}$$

Diasumsikan $b_{kolom} = h_{kolom}$, sehingga:

$$\begin{aligned} \frac{h_{kolom}}{\frac{1}{12} \cdot b_{kolom} \cdot (h_{kolom})^3} &\geq \frac{h_{balok}}{\frac{1}{12} \cdot b_{balok} \cdot (h_{balok})^3} \\ \frac{h_{kolom}}{b_{kolom}} &\geq \frac{h_{balok}}{h_{balok}} \\ \frac{1}{12} \cdot b_{kolom} \cdot (b_{kolom})^3 &\geq \frac{1}{12} \cdot b_{balok} \cdot (h_{balok})^3 \\ (b_{kolom})^3 &= \frac{50cm \cdot (75cm)^3}{50cm} \\ b_{kolom} &= 43,125 cm \end{aligned}$$

Digunakan kolom dengan dimensi 50 cm x 50 cm.

4.5 Preliminary Design Dinding Geser

Sesuai dengan SNI 2847 – 2912 pasal 16.5.3.1, ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bagian dinding secara lateral diambil yang terkecil dan tidak kurang dari 100 mm.

Maka, apabila :

Panjang bentang = 765 cm

Tinggi antar lantai = 400 cm

$$\frac{H}{25} = \frac{765 cm}{25} = 30,6 cm$$

$$\frac{H}{25} = \frac{400 cm}{25} = 16 cm$$

Tebal dinding geser tidak boleh kurang dari 30,6 cm dan juga tidak boleh kurang dari 100 mm sehingga dipakai dinding geser dengan ketebalan yaitu sebesar 35 cm.

4.6 Preliminary Design Tangga

a. Perencanaan Tangga Utama

1. Data-data Perencanaan

- Tinggi tanjakan (t) = 15 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi tangga = 400 cm
- Tinggi bordes = 200 cm
- Panjang datar tangga = 360 cm

2. Perhitungan Perencanaan Tangga

- Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{\text{Tinggi bordes}^2 + \text{Panjang tangga}^2}$$

$$L = \sqrt{(200\text{cm})^2 + (360\text{cm})^2}$$

$$L = 411,83 \text{ cm}$$

- Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{\text{Tinggi bordes}}{\text{Tinggi tanjakan}} = \frac{200 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 13,33 \text{ buah}$$

Tanjakan berjumlah 13 buah

- Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$

$$= 13 \text{ buah} - 1 = 12 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \text{arc tan } \frac{t}{i} = \text{arc tan } \left(\frac{15 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} \right) = 26,57^\circ$$

- Syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 26,57^\circ \leq 40^\circ \text{ (Memenuhi)}$$

b. Perencanaan Tangga Darurat

1. Data-data Perencanaan

- Tinggi tanjakan (t) = 15 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi tangga = 400 cm
- Tinggi bordes = 200 cm
- Panjang datar tangga = 375 cm

2. Perhitungan Perencanaan Tangga

- Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{\text{Tinggi bordes}^2 + \text{Panjang tangga}^2}$$

$$L = \sqrt{(200\text{cm})^2 + (375\text{cm})^2}$$

$$L = 425 \text{ cm}$$

- Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{\text{Tinggi bordes}}{\text{Tinggi tanjakan}} = \frac{200 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 13,33 \text{ buah}$$

Tanjakan berjumlah 13 buah

- Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$

$$= 13 \text{ buah} - 1 = 12 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \text{arc tan} \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \text{arc tan} \left(\frac{15 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} \right) = 26,57^\circ$$

- Syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 26,57^\circ \leq 40^\circ \text{ (Memenuhi)}$$

BAB V ANALISIS PERMODELAN STRUKTUR

5.1 Pembebanan

Analisis struktur gedung pada tugas akhir ini menggunakan program bantu SAP 2000. Setelah permodelan struktur dibuat, perlu dilakukan perhitungan beban-beban rencana yang menjadi data yang akan dimasukkan ke dalam program tersebut. Beban-beban yang dimasukkan meliputi, beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

5.1.1 Beban Mati (DL+SDL)

Beban mati meliputi berat sendiri elemen struktur dan beban mati tambahan. Berat sendiri elemen struktur akan diperoleh dari permodelan struktur pada program SAP. Sedangkan untuk rincian dari beban mati tambahan adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri (*Self weight, DL*)
Berat jenis beton : 2400 kg/m^3
2. Beban mati tambahan (*Superimposed dead load, SDL*) untuk lantai 1 sampai dengan lantai 14
 - Beban keramik : 18 kg/m^2 dihitung berdasarkan data dari brosur tipe keramik yang dipakai yaitu Venus Tiles VHS-307-DBK dengan ukuran $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$.
 - Beban spesi keramik : 1 kg/m^2 dihitung berdasarkan jenis spesi yang digunakan yaitu Mu – 440.
 - Beban pegangan tangga (*railing*) : 14 kg/m sesuai dengan SNI 1727 – 2013 pasal 4.5.2
 - Beban penggantung plafond : 10 kg/m^2 berdasarkan tabel C3-1 ASCE 7 – 2002 untuk beban *suspended steel channel system*.

- Beban plafond : : **5 kg/m²** berdasarkan tabel C3-1 ASCE 7 – 2002 untuk beban *acoustical fiberboard*.
- Beban *mechanical electrical* (ME) : **19 kg/m²** berdasarkan tabel C3-1 ASCE 7 – 2002 untuk beban *mechanical duct allowance*.
- Beban *gypsum board* : **0.8 kg/m²** untuk setiap mm ketebalan, berdasarkan tabel C3-1 ASCE 7 – 2002 untuk beban *gypsum board*. Digunakan *gypsum board* merk Jayaboard dengan ketebalan 9mm.
- Beban lapisan *waterproofing* : **5 kg/m²** berdasarkan tabel C3-1 ASCE 7 – 2002 untuk beban *waterproofing membrane, liquid applied*.
- Beban *steel deck* : **10,10 kg/m²** sesuai dengan brosur Super Floor Deck.
- Beban eskalator : eskalator yang digunakan adalah merk *Hyundai Escalators* tipe ML-BT 1000. Sesuai dengan spesifikasi utama yang terdapat pada brosur dan disesuaikan dengan kondisi eksisting bangunan, maka untuk tinggi vertikal 4 meter diketahui :

Tabel 5. 1 Spesifikasi Eskalator Tipe ML-BT 1000

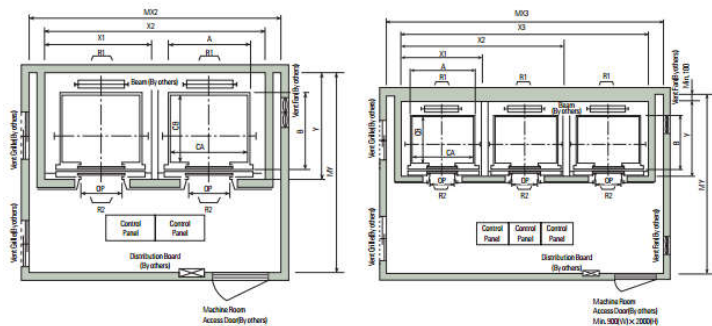
Sudut eskalator	=	35°
Lebar injakan	=	813 mm
Kapasitas angkut	=	6750 orang/jam
Tinggi vertikal	=	Untuk h<6000 mm
Kecepatan injakan	=	30 m/min
Kemiringan	=	35°
Sumber daya	=	AC 3PH, 208-600V, 50/60 Hz

$$\begin{aligned} \text{Balok} &= (R2+R2) / l \\ \text{lt.MZ as B} &= 2 \times 8100\text{kg} / 8 \text{ m} = 2025 \text{ kg/m} \\ \text{Balok} &= (R2+R2) / l \\ \text{lt.MZ as C} &= 2 \times 7350\text{kg} / 8\text{m} = 1837,5 \text{ kg/m} \\ \text{Balok lt.2} &= (R2+R2) / l \\ \text{as B} &= 2 \times 8100\text{kg} / 8 \text{ m} = 2025 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban *lift* : merk *lift* yang digunakan adalah *Hyundai Elevators tipe Geared Elevators* untuk 2 ruang dan 3 ruang menyesuaikan ruang yang terdapat pada denah struktur. Spesifikasi yang tersedia pada brosur sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Spesifikasi Geared Elevators Hyundai

Spesifikasi	2 Cars		3 Cars	
Kecepatan	1,5	m/s	1,5	m/s
Kapasitas	13	orang	17	orang
Dimensi dalam	1600x1350	mm	1800x1500	mm
Dimensi luar	1660x1505	mm	1900x1670	mm
Ruang luncur (<i>hoistway</i>)	4200x1980	mm	7250x2180	mm
R1	5100	kg	6600	kg
R2	3750	kg	5100	kg



Gambar 5. 3 Lift dengan 2 dan 3 ruang

Kemudian reaksi akibat ruang mesin *lift* dihitung dengan permodelan mekanika sederhana untuk mendapatkan nilai beban akibat reaksi yang akan bekerja pada balok. Sehingga didapatkan:

Reaksi	l balok	Beban	Jarak
Balok penyangga lift 3 Cars	2,57 m	17550 kg	1,23 m
Balok penyangga lift 2 Cars	2,57 m	13275 kg	1,41 m

3. Beban mati tambahan untuk lantai atap.
 - Beban *mechanical electrical* (ME) : **19 kg/m²** berdasarkan tabel C3-1 ASCE 7 – 2002 untuk beban *mechanical duct allowance*.
 - Beban lapisan *waterproofing* : **5 kg/m²** berdasarkan tabel C3-1 ASCE 7 – 2002 untuk beban *waterproofing membrane, liquid applied*.
4. Beban mati tambahan untuk lantai 1.
 - Beban genset listrik : **830 kg/m²** berdasarkan brosur untuk *generator set* dengan merk Cummins 1275 KVa.
5. Beban mati tambahan untuk lantai 9.
 - Beban *balancing tank* : **230 kg/m²** berdasarkan brosur untuk *balancing tank* dengan merk Drayton Tank & Accesories Ltd dengan kapasitas 68 liter untuk kolam renang.
6. Beban dinding.
 - Beban dinding bata ringan : **60 kg/m²** berdasarkan brosur untuk dinding bata ringan Citicon dengan ukuran p x l x t sama dengan 0,6m x 0,1m x 0,2m.
 - Beban acian plesteran dinding : **1 kg/m²** dihitung berdasarkan jenis spesi yang digunakan yaitu Mu – 200.
 - Beban spesi dinding : **1 kg/m²** dihitung berdasarkan jenis spesi yang digunakan yaitu Mu – 380.

5.1.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup yang ada pada permodelan mengacu pada Tabel 4-1 SNI 1727-2013 sebagai berikut :

- a. Beban hidup lantai (L)
 - Beban hidup lantai *basement*
 - Beban hidup parkir = 192 kg/m²
 - Beban hidup lantai 1
 - Beban hidup lobby = 479 kg/m²
Ruang publik dan koridor yang melayani
 - Beban hidup lantai mezanine
 - Beban hidup foodcourt = 479 kg/m²
Ruang makan dan restoran
 - Beban hidup lantai 2
 - Beban hidup *meeting room* = 479 kg/m²
Ruang pertemuan kursi dapat dipindahkan
 - Beban hidup BOH = 240 kg/m²
Ruang kantor
 - Beban hidup lantai 3-9
 - Beban hidup *guest room* = 192 kg/m²
Semua ruang kecuali tangga dan balkon
 - Beban hidup BOH = 240 kg/m²
Ruang kantor
 - Beban hidup lantai 10
 - Beban hidup *guest room* = 192 kg/m²
Semua ruang kecuali tangga dan balkon
 - Beban hidup lantai 11-13
 - Beban hidup *guest room* = 192 kg/m²
Semua ruang kecuali tangga dan balkon
 - Beban hidup kolam renang = 359 kg/m²
 - Beban hidup lantai 14
 - Beban hidup *multifunction hall* = 479 kg/m²
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka

5.1.3 Beban Hidup Atap (Lr)

- Beban air hujan dihitung berdasarkan pasal 5.4.4.2 pada SNI 03-1727-2013.

Diasumsikan, tinggi statis (ds) = 20 mm

tinggi hidrolis (dh) = 1,2 ds = 24 mm

Sehingga, $R = 0,0098 (ds+dh)$

$R = 0,4312 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{43,12 \text{ kg/m}^2}$

- Beban atap dengan jenis zincalume = $\mathbf{5 \text{ kg/m}^2}$

5.1.4 Beban Hidup Air Kolam Renang (F)

Beban hidup air kolam renang pada permodelan terdiri atas dua, yaitu beban pada dinding kolam renang yang kemudian di *input* menjadi beban segitiga dan beban pada plat lantai kolam renang yang diasumsikan berat merata air ketika kolam renang dalam kondisi penuh.

Beban hidup air kolam renang = berat jenis air x tinggi dinding kolam renang = $1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,35 \text{ m} = \mathbf{1350 \text{ kg/m}^2}$.

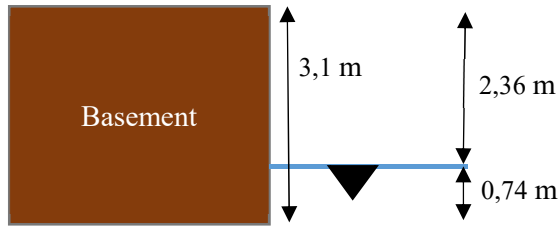
5.1.5 Beban Hidup Tanah (H)

Beban tanah dihitung untuk pembebanan pada area *basement* yang berada pada kedalaman -3,1 meter. Diketahui dari hasil uji tanah Hotel SwissBellin Darmocentrum, terdapat muka air tanah pada kedalaman 2,36 meter. Beban tanah dihitung dalam kondisi tanah aktif seperti berikut ini.

Hasil uji tanah Darmocentrum

Depth (m)	γt (kN/m ³)	c (kN/m ²)	\emptyset (°)
2,5 – 3,1	16,3	0,39	0

Ground water lever = 2,36 meter

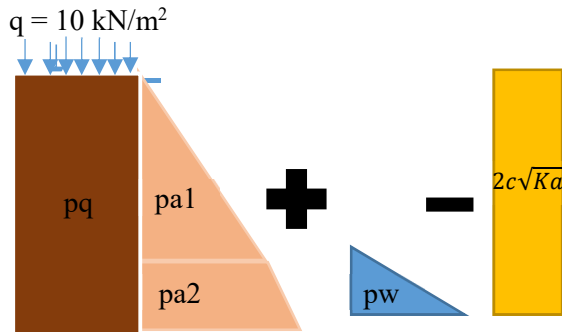


Gambar 5. 4 Ilustrasi Perhitungan Beban Tanah

- Menghitung nilai Ka

$$Ka = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \frac{1 - \sin 0^\circ}{1 + \sin 0^\circ} = 1$$

- Menghitung nilai tekanan tanah aktif



Gambar 5. 5 Tekanan Tanah Aktif

$$pq = q \cdot Ka = 10 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$pa1 = Ka \cdot \gamma \cdot h1 = 1 \cdot 16,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot (2,36 \text{ m}) = 38,468 \text{ kN/m}^2$$

$$pa2 = Ka \cdot \gamma \cdot h2 = 1 \cdot 16,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot (0,74 \text{ m}) = 12,062 \text{ kN/m}^2$$

$$pw = \gamma_w \cdot h2 = 1 \cdot 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot (0,74 \text{ m}) = 7,2594 \text{ kN/m}^2$$

$$2c \cdot \sqrt{Ka} = 2 \cdot 0,39 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \sqrt{1} = 0,78 \text{ kN/m}^2$$

Beban pada dinding *basement* berdasar titik ketinggian akibat tekanan tanah aktif adalah :

- Pada $h = 0$, $P = pq - 2c \cdot \sqrt{Ka} = 9,22 \text{ kN/m}^2$
- Pada $h = 2,36 \text{ m}$, $P = pq + pa1 = 47,688 \text{ kN/m}^2$
- Pada $h = 3,1 \text{ m}$, $P = pq + pa2 + pw - 2c \cdot \sqrt{Ka} = 67,0094 \text{ kN/m}^2$

5.1.6 Beban Gempa

Beban gempa pada permodelan struktur gedung dilakukan secara analisis dinamis 3 dimensi. Respons spektrum ditetapkan sesuai gempa kota Surabaya.

- Menentukan kategori resiko bangunan gedung
Kategori resiko bangunan gedung ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2012 Tabel 1. Bangunan yang diperuntukkan untuk gedung apartemen/rumah susun yang sama seperti gedung perhotelan masuk ke dalam **kategori resiko II**.
- Menentukan faktor keutamaan gempa
Menurut SNI 1726-212 Tabel 2, bangunan yang masuk ke dalam kategori resiko II memiliki faktor keutamaan gempa yakni **$I_e = 1,0$** .
- Menentukan kelas situs
Kelas situs tanah ditentukan menurut hasil tes tanah pada wilayah pembangunan hotel Darmo Centrum di Jl. Bintoro 21-25 Surabaya, seperti berikut ini.

Tabel 5. 3 Perhitungan SPT Rata-rata DB-1

Lapisan tanah ke	Tebal lapisan	Jenis Tanah	N-SPT	t/ N-SPT
1	1.5 m	Pasir	5	0.30
2	1.5 m	Lanau berlempung coklat	6	0.25
3	6 m	Pasir berlanau abu-abu	7.5	0.80
4	4 m	Lempung berlanau abu-abu	1	4.00
5	9.5 m	Lempung berlanau abu-abu (padat)	9.4	1.01
6	1 m	Lempung coklat keabu-abuan	20	0.05
7	26.5 m	Lempung berlanau abu-abu	20.15	1.31
Total	50 m		69.05	7.73

Keterangan :

t = tebal setiap lapisan

N-SPT = tahanan penetrasi standar

Nilai tahanan penetrasi standar rata-rata pada lapisan tanah tebal 50 meter adalah :

$$N = \frac{\sum \text{tebal lapisan tanah}}{\overline{N - SPT}} = \frac{50 \text{ m}}{7.73} = 6,47 \text{ m}$$

Terdapat 5 hasil data tanah (DB-1, DB-2, DB-3, DB-4, dan DB-5) yang dihitung dengan cara seperti di atas dengan hasil perhitungan seperti di bawah ini.

Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan SPT Tanah

Data Tanah	Nilai N
DB-1	6,47 m
DB-2	6,09 m
DB-3	8 m
DB-4	8,09 m
DB-5	6,74 m

Sehingga, dapat disimpulkan menurut SNI 1726-2012 tabel 3, tanah tersebut ($N < 15$) masuk ke dalam situs tanah **SE (tanah lunak)**.

- Menentukan parameter percepatan gempa
 Nilai parameter percepatan gempa untuk kota Surabaya yang digunakan melihat dari www.puskim.pu.go.id dan digunakan nilai $S_1 = 0,247$ dan $S_s = 0,663$. Nilai ini masih memenuhi aturan yang terdapat pada gambar 3.6 dan gambar 3.7 yaitu sesuai dengan peta Hazard Surabaya memiliki nilai $S_s = 0,7$ dan $S_l = 0,25$.
- Menentukan koefisien situs
 Koefisien situs ditentukan berdasar SNI 03-1726-2012 Tabel 4 dan Tabel 5 seperti berikut ini.
 - a. Koefisien situs, F_v
 $S_1 = 0,247$

Dari tabel koefisien situs, didapatkan nilai :

- Untuk $S_1 = 0,2$ dengan kelas situs E, nilai $F_v = 3,2$
- Untuk $S_1 = 0,3$ dengan kelas situs E, nilai $F_v = 2,8$

Kemudian, dilakukan interpolasi linier :

$$\frac{0,247 - 0,2}{0,3 - 0,2} = \frac{x - 3,2}{2,8 - 3,2} \rightarrow x = 3,012$$

Sehingga didapatkan nilai F_a untuk $S_1 = 0,247$ dengan kelas situs E sebesar **3,012**.

b. Koefisien situs, F_a

$$S_s = 0,663$$

Dari tabel koefisien situs, didapatkan nilai :

- Untuk $S_s = 0,5$ dengan kelas situs E, nilai $F_a = 1,7$
- Untuk $S_s = 0,75$ dengan kelas situs E, nilai $F_a = 1,2$

Kemudian, dilakukan interpolasi linier :

$$\frac{0,663 - 0,5}{0,75 - 0,5} = \frac{x - 1,7}{1,2 - 1,7} \rightarrow x = 1,374$$

Sehingga didapatkan nilai F_a untuk $S_s = 0,66$ dengan kelas situs E sebesar **1,374**.

- Menentukan percepatan spektrum gempa maksimum
Percepatan spektrum gempa maksimum dihitung dengan mempertimbangkan risiko – tertarget (MCE) untuk periode singkat (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) sesuai dengan persamaan berikut ini.

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,374 \cdot 0,663 = 0,911$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 3,012 \cdot 0,274 = 0,744$$

- Menentukan parameter percepatan spektral desain
Parameter percepatan spektral desain dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot 0,911 = 0,607$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot 0,744 = 0,496$$

- Perhitungan Spektrum Respons Desain

Perhitungan spektrum respons desain diperlukan untuk dapat menggambar spektrum gempa yang akan dimasukkan ke dalam permodelan menjadi beban gempa. Ketentuan perhitungan spektrum respons desain adalah sebagai berikut:

a. Untuk $T < T_0$, nilai $S_a = S_{DS} \cdot \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right)$

Dimana, $T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \cdot \frac{0,496}{0,607} = 0,163$

Sehingga, ketika $T=0$, maka

$$S_a = 0,607 \cdot \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,163}\right) = 0,243$$

b. Untuk $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$ nilai $S_a = S_{DS}$

Dimana, $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,496}{0,607} = 0,817$

Sehingga,

Pada saat $T = T_0 = 0,163$, maka $S_a = 0,607$

Pada saat $T = T_s = 0,817$, maka $S_a = 0,607$

c. Untuk $T > T_s$, nilai $S_a = \frac{S_{DS}}{T}$

Sehingga, ketika $T = T_s + 0,1 = 0,817 + 1 = 0,917$

Maka, $S_a = \frac{0,607}{0,917} = 0,541$

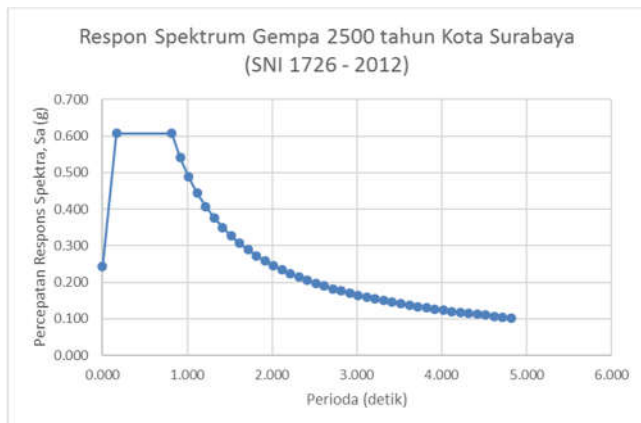
Begitu juga dengan $T_s+0,2$; $T_s+0,3$;...sampai T_s+4

Sehingga, dapat dibuat spektrum respons desain gempa Kota Surabaya sebagai berikut :

Tabel 5. 5 Perhitungan Spektrum Respons Desain Kota Surabaya

Gempa 2500 tahun			T	T	Sa
T	T	Sa	detik	detik	(g)
0	0.000	0.243	Ts+1,8	2.617	0.190
T0	0.163	0.607	Ts+1,9	2.717	0.183
Ts	0.817	0.607	Ts+2,0	2.817	0.176
Ts+0,1	0.917	0.541	Ts+2,1	2.917	0.170
Ts+0,2	1.017	0.488	Ts+2,2	3.017	0.164
Ts+0,3	1.117	0.444	Ts+2,3	3.117	0.159
Ts+0,4	1.217	0.408	Ts+2,4	3.217	0.154
Ts+0,5	1.317	0.377	Ts+2,5	3.317	0.150
Ts+0,6	1.417	0.350	Ts+2,6	3.417	0.145
Ts+0,7	1.517	0.327	Ts+2,7	3.517	0.141
Ts+0,8	1.617	0.307	Ts+2,8	3.617	0.137
Ts+0,9	1.717	0.289	Ts+2,9	3.717	0.133
Ts+1,0	1.817	0.273	Ts+3,0	3.817	0.130
Ts+1,1	1.917	0.259	Ts+3,1	3.917	0.127
Ts+1,2	2.017	0.246	Ts+3,2	4.017	0.123
Ts+1,3	2.117	0.234	Ts+3,3	4.117	0.120
Ts+1,4	2.217	0.224	Ts+3,4	4.217	0.118
Ts+1,5	2.317	0.214	Ts+3,5	4.317	0.115
Ts+1,6	2.417	0.205	Ts+3,6	4.417	0.112
Ts+1,7	2.517	0.197	Ts+3,7	4.517	0.110
			Ts+3,8	4.617	0.107
			Ts+3,9	4.717	0.105
			Ts+4	4.817	0.103

Kemudian, dari perhitungan di atas dapat digambar grafik respons spektrum gempa seperti di bawah ini.



Gambar 5. 6 Respons Spektrum Gempa Kota Surabaya

5.1.7 Beban Angin (W)

Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin untuk bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727 – 2013 seperti berikut ini:

- Menentukan kategori resiko bangunan
 Sesuai tabel 3.2, gedung Hotel Swiss Bellin Darmocentrum Surabaya termasuk ke dalam **kategori resiko II**.
- Kecepatan angin dasar
 Kecepatan angin dasar yang dipakai didapatkan dari BMKG Kota Surabaya. Dari data tersebut diambil nilai kecepatan angin dasar tertinggi :
 $V = 34 \text{ knots} = 17,4811 \text{ m/s}$
- Menentukan parameter beban angin
 - a. Faktor arah angin, K_d = 0,85
Pasal 26.6-1 SNI 1727 – 2013
 - b. Kategori eksposur = B
Pasal 26.7.3 SNI 1727 – 2013
 - c. Faktor topografi, K_{zt} = 1
Pasal 26.8.2 SNI 1727 – 2013
 - d. Faktor efek tiupan angin, G = 0,85
Pasal 26.9.1 SNI 1727 – 2013
 - e. Klasifikasi tekanan internal, G_{cpi} = $\pm 0,18$
Tabel 26.11-1 SNI 1727-2013
- Beban Angin Maksimum
- Menentukan tekanan eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h
 - a. Menghitung K_z
 $Z = 61, 52 \text{ m}$
 Sesuai Tabel 26.9.1 SNI 1727 – 2013) untuk eksposur B: $\alpha = 7$, $Z_g = 365,76$
 Karena $15 \text{ ft} < Z < Z_g$, maka $K_z = 1,20782$

b. Menghitung K_h

$$Z = 61,52 \text{ m}$$

K_h dihitung dengan cara interpolasi sesuai Tabel 27.3-1 SNI 1727-2013 sebagai berikut:

$$\text{Diketahui, } Z = 61 \text{ m} \rightarrow K_h = 1,2$$

$$Z = 76,2 \text{ m} \rightarrow K_h = 1,28$$

Dihitung dengan interpolasi linear:

$$\frac{61,52 - 61}{76,2 - 61} = \frac{x - 1,28}{1,2 - 1,28} \rightarrow x = 1,203$$

Maka, nilai K_h untuk $Z = 61,52 \text{ m}$ adalah 1,203

- Menentukan tekanan velositas, q_z dan q_h

$$\text{a. } q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$$

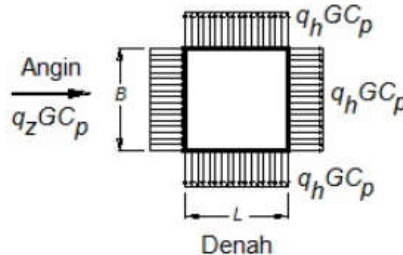
$$q_z = 0,613 \cdot 1,20782 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot (17,4811)^2$$

$$q_z = 192,537 \text{ N/m}^2$$

$$\text{b. } q_h = 0,613 \cdot k_h \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$$

$$q_h = 0,613 \cdot 1,20274 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot (17,4811)^2$$

$$q_h = 191,727 \text{ N/m}^2$$

- Menentukan koefisien eksternal, C_p 

Gambar 5. 7 Beban Angin pada Bangunan

Dari data, diketahui tekanan angin terbesar berasal dari arah barat bangunan, sehingga $L=30 \text{ m}$ dan $B =$

$$38,5 \text{ meter. } \frac{L}{B} = 0,77922.$$

Tabel 5. 6 Menghitung nilai Cp Angin Maksimum

Permukaan	Nilai Cp	Keterangan
Dinding datang	0,8	Sesuai Gambar 27.4-1 SNI 1727-2013
Dinding pergi	-0,5	Untuk L/B antara 0-1 sesuai dengan Gambar 27.4-1 SNI 1727-2013
Dinding tepi	-0,7	Sesuai Gambar 27.4-1 SNI 1727-2013

- Menghitung pengaruh angin pada bangunan
Sesuai dengan gambar 5.7 di atas

$$W_{datang} = q_z \cdot G \cdot C_p = 130,925 \frac{N}{m^2} = 13,0925 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_{pergi} = q_z \cdot G \cdot C_p = -81,4841 \frac{N}{m^2} = -8,148 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_{tepi} = q_z \cdot G \cdot C_p = -114,08 \frac{N}{m^2} = -11,41 \frac{kg}{m^2}$$

- Beban Angin Minimum
- Menentukan tekanan eksposur tekanan velositas, Kz atau Kh
 - Menghitung Kz
 $Z = 4 \text{ m}$
 Sesuai Tabel 26.9.1 SNI 1727 – 2013) untuk eksposur B: $\alpha = 7$, $Z_g = 365,76$
 Karena $15 \text{ ft} < Z < Z_g$, maka $K_z = 0,55318$
 - Menghitung Kh
 $Z = 4 \text{ m}$
 Untuk $Z < 0,6 \text{ meter}$, $K_h = 0,57$
- Menentukan tekanan velositas, q_z dan q_h
 - $q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$
 $q_z = 0,613 \cdot 0,553 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot (17,4811)^2$
 $q_z = 88,183 \text{ N/m}^2$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } q_h &= 0,613 \cdot k_h \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot v^2 \\
 q_h &= 0,613 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot (17,4811)^2 \\
 q_h &= 90,8633 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

- Menentukan koefisien eksternal, C_p
 Dari data, diketahui tekanan angin terbesar berasal dari arah barat bangunan, sehingga $L=30$ m dan $B = 38,5$ meter. $\frac{L}{B} = 0,77922$.

Tabel 5. 7 Menghitung nilai C_p Angin Minimum

Permukaan	Nilai C_p	Keterangan
Dinding datang	0,8	Sesuai Gambar 27.4-1 SNI 1727-2013
Dinding pergi	-0,5	Untuk L/B antara 0-1 sesuai dengan Gambar 27.4-1 SNI 1727-2013
Dinding tepi	-0,7	Sesuai Gambar 27.4-1 SNI 1727-2013

- Menghitung pengaruh angin pada bangunan
 Sesuai dengan gambar 5.7 di atas

$$W_{datang} = q_z \cdot G \cdot C_p = 59,96 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 5,996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_{pergi} = q_z \cdot G \cdot C_p = -38,62 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = -3,862 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_{tepi} = q_z \cdot G \cdot C_p = -54,064 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = -5,41 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Kemudian, dihitung juga pengaruh-pengaruh beban angin menurut elevasi lantai yang ada sama dengan cara menghitung di atas. Didapatkan hasil perhitungan seperti pada tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Beban Angin

Lantai	h lantai (m)	Elevasi (Z) (m)	Zg (m)	kz / kh	qz / qh	Pengaruh Beban Angin		
						Angin Datang	Angin Pergi	Angin tepi
						(kg/m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
MZ	4	4	365.76	0.57	88.183	5.996444	-3.86169	-5.40636
2	4	8	365.76	0.67	107.50	4.84	-4.57	-6.40
3	4	12	365.76	0.76	120.70	8.21	-5.13	-7.18
4	4	16	365.76	0.82	131.04	8.91	-5.57	-7.80
5	3.3	19.3	365.76	0.87	138.25	9.40	-5.88	-8.23
6	3.3	22.6	365.76	0.91	144.63	9.83	-6.15	-8.61
7	3.3	25.9	365.76	0.94	150.37	10.23	-6.39	-8.95
8	3.3	29.2	365.76	0.98	155.61	10.58	-6.61	-9.26
9	3.3	32.5	365.76	1.01	160.45	10.91	-6.82	-9.55
10	3.3	35.8	365.76	1.03	164.94	11.22	-7.01	-9.81
11	3.3	39.1	365.76	1.06	169.15	11.50	-7.19	-10.06
12	3.3	42.4	365.76	1.09	173.11	11.77	-7.36	-10.30
13	3.3	45.7	365.76	1.11	176.86	12.03	-7.52	-10.52
14	3.3	49	365.76	1.13	180.42	12.27	-7.67	-10.73
Atap A	4	53	365.76	1.16	184.51	12.55	-7.84	-10.98
R. Lift	3	56	365.76	1.18	187.43	12.75	-7.97	-11.15
Atap B	4.0192	60.0192	365.76	1.21	192.54	13.09	-8.18	-11.46

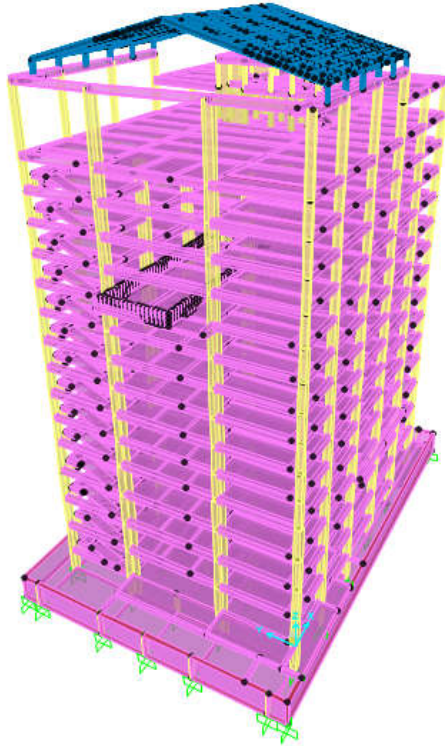
Sesuai dengan SNI 1727 – 2013 pasal 28.4.4 beban angin yang digunakan pada desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari 77kg/m² dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung. Sehingga, digunakan beban angin untuk angin datang, angin pergi, dan angin tepi adalah 77kg/m².

Beban tersebut kemudian dihitung dengan cara *tributary area* dan dijadikan beban pada kolom-kolom permodelan struktur bangunan seperti pada tabel 5.9 di bawah ini. Tanda positif dan negatif menunjukkan arah datang atau pergi angin terhadap bangunan.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Tekanan Angin

BEBAN TRIBUTARY AREA (ARAH Y pada X=38,5 m)						
Lokasi kolom pada sumbu Y (m)	Letak	Jarak antar kolom (m)	Beban (kg/m ²)	Tributary Area		Keterangan
0	Tepi	9	77	346.5	kg/m ²	Tekanan angin datang
9	Tengah	9	77	808.5	kg/m ²	
		12				
21	Tengah	9	77	808.5	kg/m ²	
		12				
30	Tepi	9	77	346.5	kg/m ²	
BEBAN TRIBUTARY AREA (ARAH Y pada X=0 m)						
Lokasi kolom pada sumbu Y (m)	Letak	Jarak antar kolom (m)	Beban (kg/m ²)	Tributary Area		Keterangan
0	Tepi	9	77	-346.5	kg/m ²	Tekanan angin pergi
9	Tengah	9	77	-808.5	kg/m ²	
		12				
21	Tengah	9	77	-808.5	kg/m ²	
		12				
30	Tepi	9	77	-346.5	kg/m ²	
BEBAN TRIBUTARY AREA (ARAH X pada Y=0 m dan Y=38,5 m)						
Lokasi kolom pada sumbu X (m)	Letak	Jarak antar kolom (m)	Beban (kg/m ²)	Tributary Area		Keterangan
0	Tepi	6.5	77	-250.25	kg/m ²	Tekanan angin tepi
6.5	Tengah	6.5	77	-558.25	kg/m ²	
		8				
14.5	Tengah	8	77	-616.00	kg/m ²	
		8				
22.5	Tengah	8	77	-616.00	kg/m ²	
		8				
30.5	Tengah	8	77	-616.00	kg/m ²	
		8				
38.5	Tepi	8	77	-308.00	kg/m ²	

5.2 Permodelan Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)



Gambar 5. 8 Permodelan Struktur SRPMK Gedung Swiss Bellin Darmocentrum Surabaya

5.2.1 Menentukan Massa Struktur

Massa struktur pada SAP yang biasa disebut *mass source* adalah besaran massa yang digunakan untuk perhitungan beban yang terdapat pada permodelan. Massa untuk struktur akan ditentukan berasal dari berat sendiri, beban mati tambahan, dan beban hidup yang dianggap tetap. Berat sendiri struktur dan beban

tambahan dihitung sesuai dengan besar bebannya. Sedangkan besaran beban hidup ditentukan sesuai SNI 1727-2013 pasal 4.7.3 yaitu beban hidup yang melebihi 479 kg/m^2 tidak boleh direduksi dan beban hidup yang mendukung ≥ 2 lantai boleh direduksi sebesar 20%. Sehingga, untuk memenuhi ketentuan tersebut pada SAP 2000 v.18 dipilih menu *input mass source* yang menghitung dengan *Element Self Mass and Additional Mass* serta *Specified Load Patterns*. Untuk besaran yang dimasukkan adalah:

- Beban mati tambahan : *Multiplier* 1,0
- Beban hidup
 Beban hidup $>479 \text{ kg/m}^2$: *Multiplier* 1,0
 Beban hidup $\leq 479 \text{ kg/m}^2$: *Multiplier* 0,3

Load Pattern	Multiplier
LIVE 479	0.3
LIVE 479	0.3
LIVE GUEST ROOM	0.3
LIVE PARKING	1.
LIVE STAIRS	0.3
LIVE ROOF	1.
LIGHTCONC WALL	1.
SD (M,W,P,F,SS,R,ME)	1.
GYPSUM BOARD	1.
LIFT&ESKALATOR	1.
LIVE OFFICE	1.
BALANCING TANK	1.
SWIMMING POOL	1.

Gambar 5. 9 *Mass Source* pada Permodelan SRPMK dengan SAP 2000 v.18

5.2.2 Menentukan Modal dan Ragam Analisis

Penentuan modal analisis atau *mode shape* pada SAP 2000 bertujuan untuk menjamin partisipasi massa

struktur lebih dari 90%. Untuk itu, partisipasi massa dari struktur diambil 99% terhadap gaya lateral pada arah X dan pada arah Y. Menu pada SAP 2000 untuk menentukan analisis modal dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Number of Modes

Maximum Number of Modes: 45

Minimum Number of Modes: 1

Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)
Accel	UX	0	99.
Accel	UX	0	99.
Accel	UY	0	99.

Add Modify Delete

Gambar 5. 10 Modal dan Ragam Analisis Permodelan SRPMK

5.2.3 Menentukan Kombinasi Pembebanan

Untuk dapat melakukan analisis gaya dalam (M,N,D) maka diperlukan untuk menentukan kombinasi pembebanan di dalam permodelan dengan SAP v.18 sesuai dengan SNI 1726 – 2012 pasal 4.2.2 berikut ini :

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2 D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5 W)
4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R)
5. 1,2 D + 1,0 E + L
6. 0,9 D + 1,0 W
7. 0,9 D + 1,0 E

Kombinasi pembebanan akibat gempa dimasukkan sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.4.2.3 berikut ini :

1. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + L$
2. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + 1,6H$

Dimana, $S_{DS} = 0,601$ dan $\rho = 1,3$ (sesuai dengan pasal 7.3.4.2 SNI 1726-2012 bahwa faktor redundansi (ρ) untuk kategori seismik E harus sama dengan 1,3).

Sehingga, kombinasi menjadi **$1,32D + 1,3E + L$ dan $0,78D + 1,3E + 1,6H$**

3. $(1,0 + 0,14S_{DS})D + H + F + 0,7 \rho Q_E$

Dimana, $S_{DS} = 0,601$ dan $\rho = 1,3$ (sesuai dengan pasal 7.3.4.2 SNI 1726-2012 bahwa faktor redundansi (ρ) untuk kategori seismik E harus sama dengan 1,3).

Sehingga, kombinasinya **$1,09D + H + F + 0,91E$**

5.2.4 Menghitung Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum untuk SRPMK

Pembebanan gempa terdiri atas dua arah, yaitu: gempa arah X dengan perhitungan $100\% E_x + 30\% E_y$ dan gempa arah Y dengan perhitungan $100\% E_y + 30\% E_x$. Perhitungan faktor skala gaya gempa menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala beban gempa} &= \frac{I}{R} \cdot g \\ &= \frac{1}{8} \cdot 9,8 = 1,225 \end{aligned}$$

Faktor beban gempa tersebut digunakan untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah tegak lurus dari gempa tinjauan tersebut akan dikenakan beban gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya gempa pada arah tegak lurus gempa adalah $0,3 \times 1,225 = 0,3675$

Sehingga, pada SAP 2000 dimasukkan faktor skala gaya beban gempa seperti gambar di bawah ini.

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	GEMPA SBY	0.3675
Accel	U1	GEMPA SBY	1.225
Accel	U2	GEMPA SBY	0.3675

Add
Modify
Delete

Gambar 5. 11 Faktor Skala Beban Gempa Ex

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	GEMPA SBY	1.225
Accel	U1	GEMPA SBY	0.3675
Accel	U2	GEMPA SBY	1.225

Gambar 5. 12 Faktor Skala Beban Gempa Ey

5.2.5 Menghitung Kontrol Periode Fundamental SRPMK

Periode atau nilai T dari struktur SRPMK adalah waktu getar alami struktur. Nilai T dibatasi dengan waktu getar alami fundamental yang berfungsi untuk mencegah adanya struktur yang terlalu fleksibel. Kontrol fundamental periode SRPMK dihitung sesuai SNI 1726-2012 seperti berikut ini.

- Batas Bawah Periode

$$T_a \text{ batas bawah} = C_t \cdot h_n^x$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi

C_t = Nilai parameter periode pendekatan (dari tabel 15 SNI 1726-2012)

x = Nilai parameter periode pendekatan (dari tabel 15 SNI 1726-2012)

Tabel 5. 10 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

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 T_a \text{ batas bawah} &= C_t \cdot h_n^x \\
 &= 0,0466 \cdot (56)^{0,9} \\
 &= 1,745
 \end{aligned}$$

- Batas Atas Periode

Batas atas periode perlu ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2 SNI 1726-2012 dimana periode fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi koefisien untuk batasan atas (C_u) pada periode yang dihitung. Dimana T yang dihitung dalam hal ini menggunakan T_a yang ditentukan pada pasal 7.8.2.1, atau T_a batas bawah. Dari data tanah, diketahui $S_{D1} = 0,49598$, maka $C_u = 1,4$. Sehingga, T_a batas atas dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut.

$$T_{max} = C_u \cdot T_a \text{ batas bawah}$$

Tabel 5. 11 Koefisien Batas Atas Periode Dihitung

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

Sehingga,

$$\begin{aligned} T_{max} &= C_u \cdot T_a \text{ batas bawah} \\ &= 1,4 \cdot 1,745 = 2,443 \end{aligned}$$

5.2.6 Hasil Periode Fundamental Permodelan SRPMK

Dari permodelan struktur menggunakan bantuan SAP 2000 didapatkan hasil:

Tabel 5. 12 *Modal Load Participation Ratios*
Permodelan SRPMK

OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.4855
MODAL	Acceleration	UY	100	99.5658
MODAL	Acceleration	UZ	82.691	58.3081

Tabel 5. 13 *Modal and Periods Frequencies*
Permodelan SRPMK

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
MODAL	Mode	1	3.000	0.333	2.095	4.387
MODAL	Mode	2	2.764	0.362	2.273	5.168
MODAL	Mode	3	2.678	0.373	2.346	5.505
MODAL	Mode	4	0.973	1.027	6.455	41.668
MODAL	Mode	5	0.885	1.130	7.102	50.444
MODAL	Mode	6	0.871	1.148	7.214	52.048
MODAL	Mode	7	0.613	1.632	10.253	105.132
MODAL	Mode	8	0.579	1.727	10.849	117.704
MODAL	Mode	9	0.512	1.953	12.272	150.612
MODAL	Mode	10	0.506	1.975	12.412	154.060

Dari hasil tersebut kemudian dikontrol dengan nilai batas atas dan batas bawah perioda fundamental struktur seperti berikut :

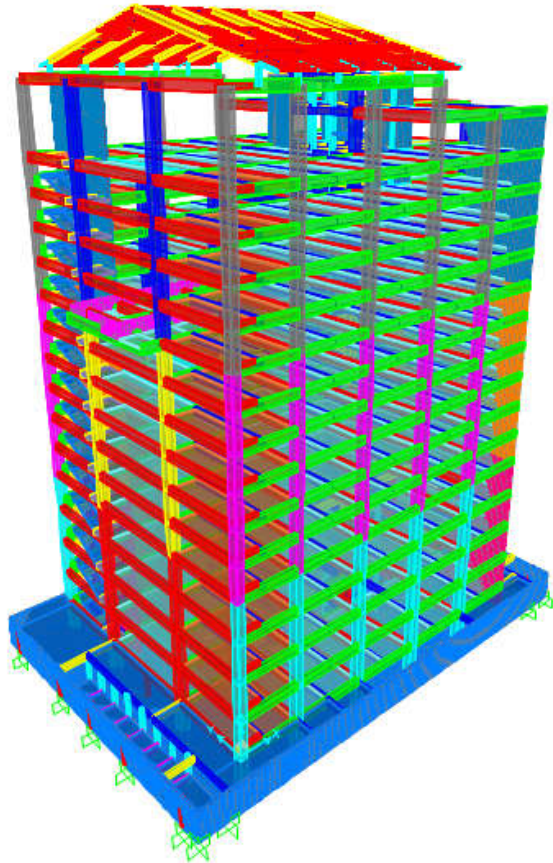
$$T_{a\text{ BAWAH}} \leq T_{\text{SAP}} \leq T_{\text{MAX}}$$

$$1,745 \leq 3,00 \leq 2,443$$

Tinjauan perioda fundamental permodelan struktur dengan SRPMK tidak memenuhi batas syarat perioda maksimum. Maka, selanjutnya struktur akan dicoba menggunakan permodelan dengan Sistem Ganda.

5.3 Permodelan Struktur dengan Sistem Ganda (*Dual System*)

Bentuk permodelan struktur menggunakan SAP 2000 dengan sistem ganda dalam kondisi *undeformed shape* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. 13 Permodelan Struktur *Dual System* Gedung Swiss Bellin Darmocentrum Surabaya

Permodelan gedung yang menggunakan sistem ganda (*dual system*) yang merupakan kombinasi dari Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan *shearwall* (SW). SW atau dinding geser dapat dilihat pada arah yang searah dengan sumbu Y atau arah utara ke selatan (U-S), sedangkan yang menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) adalah yang searah dengan sumbu X atau arah Barat ke Timur (B-T). Hal ini diasumsikan sesuai dengan contoh desain pada NEHRP-FEMA 451 agar dapat dilakukan perhitungan serta proses desain dengan sistem ganda (*dual system*).

5.3.1 Menentukan Massa Struktur

Massa struktur pada SAP yang biasa disebut *mass source* adalah besaran massa yang digunakan untuk perhitungan beban yang terdapat pada permodelan. Massa untuk struktur akan ditentukan berasal dari berat sendiri, beban mati tambahan, dan beban hidup yang dianggap tetap. Berat sendiri struktur dan beban tambahan dihitung sesuai dengan besar bebannya. Sedangkan besaran beban hidup ditentukan sesuai SNI 1727-2013 pasal 4.7.3 yaitu beban hidup yang melebihi 479 kg/m^2 tidak boleh direduksi dan beban hidup yang mendukung ≥ 2 lantai boleh direduksi sebesar 20%. Sehingga, untuk memenuhi ketentuan tersebut pada SAP 2000 v.18 dipilih menu *input mass source* yang menghitung dengan *Element Self Mass and Additional Mass* serta *Specified Load Patterns*. Untuk besaran yang dimasukkan adalah:

- Beban mati tambahan : *Multiplier* 1,0
- Beban hidup
 - Beban hidup $>479 \text{ kg/m}^2$: *Multiplier* 1,0
 - Beban hidup $\leq 479 \text{ kg/m}^2$: *Multiplier* 0,3

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
LIVE 479	0.3
LIVE 479	0.3
LIVE GUEST ROOM	0.3
LIVE PARKING	1.
LIVE STAIRS	0.3
LIVE ROOF	1.
LIGHTCONC WALL	1.
SD (M,W,P,F,SS,R,ME)	1.
GYPSUM BOARD	1.
LIFT&ESKALATOR	1.
LIVE OFFICE	1.
BALANCING TANK	1.
SWIMMING POOL	1.

Gambar 5. 14 *Mass Source* pada Permodelan Struktur Sistem Ganda dengan SAP 2000 v.18

5.3.2 Menentukan Modal dan Ragam Analisis

Penentuan modal analisis atau *mode shape* pada SAP 2000 bertujuan untuk menjamin partisipasi massa struktur lebih dari 90%. Untuk itu, partisipasi massa dari struktur diambil 99% terhadap gaya lateral pada arah X dan Y seperti pada gambar berikut.

Number of Modes

Maximum Number of Modes

Minimum Number of Modes

Load Type

Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)
Accel	UX	0	99.
Accel	UX	0	99.
Accel	UY	0	99.

Add Modify Delete

Gambar 5. 15 Modal dan Ragam Analisis Permodelan Sistem Ganda

5.3.3 Menghitung Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum untuk *Dual System*

Pembebanan gempa terdiri atas dua arah, yaitu: gempa arah X dengan perhitungan $100\% E_x + 30\% E_y$ dan gempa arah Y dengan perhitungan $100\% E_y + 30\% E_x$.

Perhitungan faktor skala gaya gempa pada arah yang ditinjau menggunakan persamaan berikut:

a. Untuk SRPMK (arah X)

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala beban gempa} &= \frac{I}{R} \cdot g \\ &= \frac{1}{8} \cdot 9,8 = 1,225 \end{aligned}$$

b. Untuk Dinding Geser (arah Y)

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala beban gempa} &= \frac{I}{R} \cdot g \\ &= \frac{1}{7} \cdot 9,8 = 1,4 \end{aligned}$$

Untuk faktor skala gaya gempa pada arah tegak lurus dari yang ditinjau akan dihitung sebesar 30%. Sehingga, perhitungannya adalah:

a. Untuk SRPMK (arah X)

$$\begin{aligned} \text{Faktor beban gempa} &= 30\% \text{ arah Y} \\ &= 30\% \cdot 1,4 = 0,42 \end{aligned}$$

b. Untuk Dinding Geser (arah Y)

$$\begin{aligned} \text{Faktor beban gempa} &= 30\% \text{ arah X} \\ &= 30\% \cdot 1,225 = 0,3675 \end{aligned}$$

Sehingga, pada SAP 2000 dimasukkan faktor skala gaya beban gempa seperti gambar di bawah ini.

Loads Applied			
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	GEMPA SBY	0.42
Accel	U1	GEMPA SBY	1.225
Accel	U2	GEMPA SBY	0.42

Gambar 5. 16 Faktor Skala Beban Gempa Ex

Loads Applied			
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	GEMPA SBY	1.4
Accel	U1	GEMPA SBY	0.3675
Accel	U2	GEMPA SBY	1.4

Gambar 5. 17 Faktor Skala Beban Gempa Ey

5.3.4 Menghitung Kontrol Periode Fundamental Sistem Ganda

Periode atau nilai T dari struktur sistem ganda adalah waktu getar alami struktur. Nilai T dibatasi dengan waktu getar alami fundamental yang berfungsi untuk mencegah adanya struktur yang terlalu fleksibel. Kontrol fundamental periode system ganda dihitung sesuai SNI 1726-2012 seperti berikut ini.

- Batas Bawah Periode

$$T_a \text{ batas bawah} = C_t \cdot h_n^x$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi

C_t = Nilai parameter periode pendekatan (dari tabel 15 SNI 1726-2012)

x = Nilai parameter periode pendekatan (dari tabel 15 SNI 1726-2012)

Tabel 5. 14 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 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 tidak eksentris	0,0724 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Ta batas bawah SRPM} &= C_t \cdot h_n^x \\ &= 0,0466 \cdot (64,62)^{0,9} \\ &= 1,9848 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ta batas bawah Sistem} &= C_t \cdot h_n^x \\ \text{Ganda} &= 0,0488 \cdot (64,62)^{0,75} \\ &= 1,1122 \end{aligned}$$

- Batas Atas Perioda

Batas atas perioda perlu ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2 SNI 1726-2012 dimana perioda fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi koefisien untuk batasan atas (C_u) pada perioda yang dihitung. Dimana T yang dihitung dalam hal ini menggunakan Ta yang ditentukan pada pasal 7.8.2.1, atau Ta batas bawah. Dari data tanah, diketahui $S_{D1} = 0,49598$, maka $C_u = 1,4$. Sehingga, Ta batas atas dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut.

$$T_{max} = C_u \cdot Ta \text{ batas bawah}$$

Keterangan:

C_u = Koefisien batas atas (dari tabel 14 SNI 1726-2012)

Tabel 5. 15 Koefisien Batas Atas Perioda Dihitung

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

Sehingga,

$$\begin{aligned} T_{max} \text{ SRPMK} &= C_u \cdot Ta \text{ batas bawah} \\ &= 1,4 \cdot 1,9848 \\ &= 2,7787 \\ &= C_u \cdot Ta \text{ batas bawah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{max} \text{ Sistem} &= 1,4 \cdot 1,1122 \\ \text{Ganda} &= 1,5571 \end{aligned}$$

5.3.5 Hasil Perioda Fundamental Permodelan Sistem Ganda

Dari permodelan struktur menggunakan bantuan SAP 2000 didapatkan hasil:

Table 5. 16 Modal Load Participation Ratios
Permodelan Sistem Ganda

OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.5699
MODAL	Acceleration	UY	100	99.5674
MODAL	Acceleration	UZ	80.203	53.484

Table 5. 17 Modal and Periods Frequencies
Permodelan Sistem Ganda

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	2.0538	0.4868932	3.0592404	9.35895178
MODAL	Mode	2	1.5475	0.6461843	4.0600954	16.4843748
MODAL	Mode	3	1.2762	0.7835558	4.9232262	24.2381565
MODAL	Mode	4	0.6557	1.5251183	9.5826007	91.8262356
MODAL	Mode	5	0.4326	2.3113736	14.522789	210.911396
MODAL	Mode	6	0.4053	2.4674204	15.503259	240.351051
MODAL	Mode	7	0.3941	2.5376457	15.944498	254.227028
MODAL	Mode	8	0.3559	2.8099011	17.655129	311.703585
MODAL	Mode	9	0.3367	2.9696559	18.658898	348.154487
MODAL	Mode	10	0.3149	3.1758966	19.954747	398.191911

Dari hasil tersebut kemudian dikontrol dengan nilai batas atas dan batas bawah perioda fundamental struktur seperti berikut :

$$T_{SAP} \text{ SRPMK (Mode 1)} = 2,058$$

Kontrol nilai perioda fundamental struktur

$$\begin{array}{ccccc} T_{a \text{ BAWAH}} & \leq & T_{SAP} & \leq & T_{MAX} \\ 1,9848 & \leq & 2,058 & \leq & 2,778 \end{array}$$

$$T_{SAP} \text{ Dinding Geser (Mode 2)} = 1,369$$

Kontrol nilai perioda fundamental struktur

$$\begin{array}{ccccc} T_{a \text{ BAWAH}} & \leq & T_{SAP} & \leq & T_{MAX} \\ 1,1122 & \leq & 1,547 & \leq & 1,5571 \end{array}$$

Tinjauan struktur *uncracked* untuk perioda struktur pada permodelan telah memenuhi persyaratan yang dihitung. Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1, perioda fundamental struktur (T) yang dipakai adalah T hasil analisis struktur.

5.3.6 Menghitung Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur Sistem Ganda

Perhitungan kontrol gaya gempa dinamis dasar struktur diperlukan untuk mengetahui apakah gaya gempa yang dimasukkan menggunakan *response spectrum* sudah sesuai dengan yang disyaratkan pada pasal 7.8.1 SNI 1726-2012.

Untuk menghitung kontrol gaya gempa dasar dinamis ditentukan nilai koefisien C_s berikut ini.

- Nilai C_s minimum

$$C_s \text{ min} = 0,044 S_{DS}. I \geq 0,01$$

$$C_s \text{ min} = 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1 \geq 0,01$$

$$C_s \text{ min} = 0,03 \geq 0,01$$

- Nilai C_s

- a. Untuk SRPMK (arah X)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,08$$

- b. Untuk Dinding Geser (arah Y)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,09$$

- Nilai C_s maksimum

a. Untuk SRPMK (arah X)

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{0,496}{1,902\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,04$$

b. Untuk Dinding Geser (arah Y)

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{0,496}{1,388\left(\frac{2}{1}\right)} = 0,06$$

Dari perhitungan didapatkan nilai $C_s \min < C_s > C_s \text{ maks}$. Sesuai dengan pasal 7.8.1.1 koefisien C_s yang digunakan tidak perlu melebihi nilai C_s maksimum. Maka, nilai koefisien C_s dipakai = C_s maksimum.

Untuk menghitung gaya geser dinamis struktur menggunakan persamaan berikut $V = C_s \cdot W_t$. Dimana, W_t adalah total beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup. Nilai W_t dalam perhitungan ini diambil dari SAP v.18 sebesar 23053700 kg.

Tabel 5. 18 Nilai W_t

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D+1L	Combination	4.139E-07	-0.000001666	22626906.4

$$\begin{aligned} V_x &= C_s \cdot W_t \\ &= 0,04 \cdot 22626906,4 \text{ kg} = 836330,65 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_y &= C_s \cdot W_t \\ &= 0,06 \cdot 22626906,4 \text{ kg} = 1268506,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$0,85 V_x = 0,85 \cdot 836330,65 \text{ kg} = 710881,05 \text{ kg}$$

$$0,85 V_y = 0,85 \cdot 1268506,15 \text{ kg} = 1078230,22 \text{ kg}$$

Hasil analisis dinamis gaya geser gempa dasar dari SAP 2000 v.18 didapatkan sebesar:

Tabel 5. 19 Reaksi Dasar Permodelan

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
EX	LinRespSpec	Max	462072.12	227413.52	3961.9
EY	LinRespSpec	Max	209108.94	634585.09	9634.02

Sesuai tabel di atas, diperoleh:

- Untuk arah X : 462072,1 kg (ditahan SRPMK)
- Untuk arah Y : 634585,1 kg (ditahan SW)

Nilai tersebut belum memenuhi ketentuan $V_{base\ shear} > 0,85 V$. Maka perlu dilakukan pembesaran faktor skala gaya gempa, seperti berikut:

Perhitungan faktor skala gaya gempa pada arah yang ditinjau menggunakan persamaan berikut:

- Untuk SRPMK (arah X)

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{462072,1\text{ kg}}{710881,05\text{ kg}} \cdot 1,225$$

$$= 1,885$$
- Untuk Dinding Geser (arah Y)

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{634585,1\text{ kg}}{1078230,22\text{ kg}} \cdot 1,4$$

$$= 2,378$$

Untuk faktor skala gaya gempa pada arah tegak lurus dari yang ditinjau akan dihitung sebesar 30%. Sehingga, perhitungannya adalah:

- Untuk SRPMK (arah X)

$$\text{Faktor beban gempa} = 30\% \text{ arah Y}$$

$$= 30\% \cdot 2,378 = 0,714$$
- Untuk Dinding Geser (arah Y)

$$\text{Faktor beban gempa} = 30\% \text{ arah X}$$

$$= 30\% \cdot 1,885 = 0,565$$

Setelah dilakukan perbesar faktor skala gaya gempa sesuai hitungan di atas, maka perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap reaksi dasar permodelan menggunakan SAP 2000 dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. 20 Reaksi Dasar Permodelan Setelah dilakukan Pembesaran Faktor Skala Gaya

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
EX	LinRespSpec	Max	719463	375764.38	6439.77
EY	LinRespSpec	Max	341104.56	1093949	16358.99

Sesuai tabel di atas, diperoleh:

- Untuk arah X : 719463 kg > 719267 kg
 - Untuk arah Y : 1093949 kg > 1090949 kg
- Nilai tersebut sudah memenuhi ketentuan $V_{base\ shear} > 0,85 V$.

5.3.7 Kontrol Syarat Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726-2012 Sistem Rangka Pemikul Momen harus dapat memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan. Sehingga, diperlukan untuk mengecek apakah syarat tersebut sudah terpenuhi.

Untuk mengetahui persentase tersebut, perlu dilihat *base shear* akibat kombinasi-kombinasi yang dipengaruhi oleh gaya gempa pada arah X (Ex) dan arah Y (Ey) yang bekerja pada permodelan struktur. *Base shear* diperiksa pada *joint-joint* di elevasi paling bawah permodelan, dan dibedakan antara reaksi perletakan oleh SRPMK dengan oleh dinding geser.

Tabel 5. 21 Persentase Struktur Dalam Menahan Gaya Gempa (Maks)

Kombinasi Pembebanan	Presentase dalam Menahan Gaya Gempa (%)			
	Fx		Fy	
	SRPM	SW	SRPM	SW
1,2D+1,0Ex+1,0L	96.144	3.856	65.228	34.772
1,2D+1,0Ey+1,0L	95.945	4.055	45.708	54.292
0,9D+1,0Ex	91.925	8.075	62.101	37.899
0,9D+1,0Ey	97.764	2.236	44.985	55.015
0,78D+1,3Ey+1,6H	90.494	9.506	50.760	49.240
0,78D+1,3Ex+1,6H	87.200	12.800	73.100	26.900
1,32D+1,3Ex+1,0L	94.245	5.755	63.813	36.187
1,32D+1,3Ey+1,0L	92.543	7.432	45.349	54.651
0,779D +1,3Ex+1,6H	94.099	5.901	76.356	23.644
0,779D +1,3Ey+1,6H	98.100	1.900	51.119	48.881
1,09D+H+F+0,91Ex	95.597	4.403	68.518	31.482
1,09D+H+F+0,91Ey	93.546	6.454	50.989	49.011
Ex	85.2577	14.742	57.91865	42.08135
Ey	76.181	23.819	44.0231	55.9769

Tabel 5. 22 Persentase Struktur Dalam Menahan Gaya Gempa (Min)

Kombinasi Pembebanan	Presentase dalam Menahan Gaya Gempa (%)			
	Fx		Fy	
	SRPM	SW	SRPM	SW
1,2D+1,0Ex+1,0L	75.123	24.877	52.393	47.607
1,2D+1,0Ey+1,0L	67.718	32.282	42.308	57.692
0,9D+1,0Ex	78.701	21.299	54.272	45.728
0,9D+1,0Ey	73.791	26.209	42.909	57.091
0,78D+1,3Ey+1,6H	83.113	16.887	36.743	63.257
0,78D+1,3Ex+1,6H	83.807	16.193	41.032	58.968
1,32D+1,3Ex+1,0L	76.720	23.280	53.186	46.814
1,32D+1,3Ey+1,0L	70.419	29.581	42.558	57.442
1,09D+H+F+0,91Ex	80.046	19.954	41.280	58.720
1,09D+H+F+0,91Ey	77.242	22.758	36.998	63.002

Dari tabel di atas, dapat dilihat persentase struktur dalam menahan gaya gempa. Meskipun pada arah X, SRPM terlihat sangat dominan dibandingkan dengan SW, hal itu disebabkan karena SW hanya dipasang pada arah sumbu lemah bangunan (barat ke timur). Sehingga, pada arah X, beban ditanggung sangat lebih dominan oleh SRPM. Namun dari SRPM pada semua kombinasi pembebanan gempa memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung ini telah memenuhi syarat sebagai struktur Sistem Ganda menurut SNI 1726-2012.

5.3.8 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai dapat diketahui dengan mencari nilai perpindahan elastis (δ_{xe}) yang didapatkan dari analisis struktur terlebih dahulu. Nilai δ_{xe} yang dipilih merupakan nilai simpangan terbesar yang diakibatkan oleh gempa arah X dengan gempa arah Y. Kemudian, nilai δ_{xe} dikalikan dengan faktor pembesar (Cd/Ie). Sehingga, dapat diketahui nilai perbesaran tingkat tertentu yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis dari tingkat di bawahnya. Nilai simpangan ini lah yang akan dikontrol dengan nilai batas simpangan.

Defleksi pusat massa pada tingkat x (δ_x) dihitung dengan persamaan 7.8.1-4 pada SNI 1726-2012:

$$\delta_x = \frac{Cd \cdot \delta_{xe}}{Ie}, \text{ dimana:}$$

Cd = faktor pembesaran defleksi = 5,5

δ_{xe} = defleksi pada lantai x (dari permodelan)

Ie = faktor keutamaan = 1

Δa = 0,020 hs_x

Tabel 5. 23 Kontrol Simpangan Antar Lantai (Ex)

ARAH X									
Lantai	Elevasi	h lantai	δe_i	δ_i	$\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$	Δi	Δa		KET
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
			Hasil SAP	$\delta e_i \cdot Cd / l$ e		$\delta e_i - \delta e_{(i-1)} \cdot (Cd / l) e$	0.02	*hsx	
Lantai atap	56	7	69.200	380.598	2.556	14.060	140	OK	
Lantai 14	49	3.3	66.643	366.537	1.645	9.045	66	OK	
Lantai 13	45.7	3.3	64.999	357.493	2.098	11.538	66	OK	
Lantai 12	42.4	3.3	62.901	345.955	2.528	13.907	66	OK	
Lantai 11	39.1	3.3	60.372	332.048	2.927	16.101	66	OK	
Lantai 10	35.8	3.3	57.445	315.947	3.336	18.351	66	OK	
Lantai 9	32.5	3.3	54.108	297.596	3.681	20.244	66	OK	
Lantai 8	29.2	3.3	50.428	277.353	4.025	22.140	66	OK	
Lantai 7	25.9	3.3	46.402	255.213	4.374	24.055	66	OK	
Lantai 6	22.6	3.3	42.029	231.158	4.763	26.197	66	OK	
Lantai 5	19.3	3.3	37.266	204.961	5.367	29.519	66	OK	
Lantai 4	16	4	31.899	175.442	7.820	43.011	80	OK	
Lantai 3	12	4	24.078	132.431	8.448	46.464	80	OK	
Lantai 2	8	4	15.630	85.967	8.378	46.077	80	OK	
Lantai Mz	4	4	7.253	39.890	6.449	35.469	80	OK	
Lantai 1	0	3.1	0.804	4.421	0.804	4.421	62	OK	

Tabel 5. 24 Kontrol Simpangan Antar Lantai (Ey)

ARAH Y									
Lantai	Elevasi	h lantai	δe_i	δ_i	$\delta e_i - \delta e_{(i-1)}$	Δi	Δa		KET
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
			Hasil SAP	$\delta e_i \cdot Cd / l$ e		$\delta e_i - \delta e_{(i-1)} \cdot (Cd / l) e$	0.02	*hsx	
Lantai atap	53	4	58.307	320.689	4.519	24.857	80	OK	
Lantai 14	49	3.3	53.788	295.832	4.107	22.590	66	OK	
Lantai 13	45.7	3.3	49.680	273.242	4.244	23.343	66	OK	
Lantai 12	42.4	3.3	45.436	249.899	4.311	23.711	66	OK	
Lantai 11	39.1	3.3	41.125	226.188	4.347	23.906	66	OK	
Lantai 10	35.8	3.3	36.779	202.282	4.345	23.900	66	OK	
Lantai 9	32.5	3.3	32.433	178.382	4.308	23.696	66	OK	
Lantai 8	29.2	3.3	28.125	154.686	4.229	23.257	66	OK	
Lantai 7	25.9	3.3	23.896	131.429	4.099	22.543	66	OK	
Lantai 6	22.6	3.3	19.797	108.886	3.899	21.445	66	OK	
Lantai 5	19.3	3.3	15.898	87.441	3.621	19.917	66	OK	
Lantai 4	16	4	12.277	67.525	3.983	21.906	80	OK	
Lantai 3	12	4	8.294	45.619	3.307	18.187	80	OK	
Lantai 2	8	4	4.988	27.432	2.613	14.371	80	OK	
Lantai Mz	4	4	2.375	13.061	1.919	10.557	80	OK	
Lantai 1	0	3.1	0.455	2.504	0.455	2.504	62	OK	

Tinjauan struktur *uncracked* pada kontrol simpangan antar lantai telah memenuhi syarat maksimum simpangan. Sehingga, struktur ini telah memenuhi persyaratan struktur dengan sistem ganda.

BAB VI PERHITUNGAN STRUKTUR SEKUNDER

6.1 Umum

Perhitungan struktur sekunder yang akan dibahas pada bab ini meliputi perhitungan struktur plat lantai yang dimodifikasi dengan *steel deck*, perhitungan struktur plat dan dinding kolam renang, perhitungan struktur plat dan dinding *basement*, perhitungan struktur plat dan bordes tangga, perhitungan balok anak, serta perhitungan struktur atap.

6.2 Perhitungan Struktur Plat Lantai

Perhitungan struktur plat lantai pada Hotel Swiss Bellin Darmocentrum yang akan dihitung pada bab ini dimodifikasi menggunakan *steel deck*. Struktur plat yang dihitung merupakan plat yang dikelilingi oleh balok-balok. Hasil perhitungan ini akan digunakan pada lantai dasar hingga lantai atap.

6.2.1 Pembebanan Struktur Plat Lantai

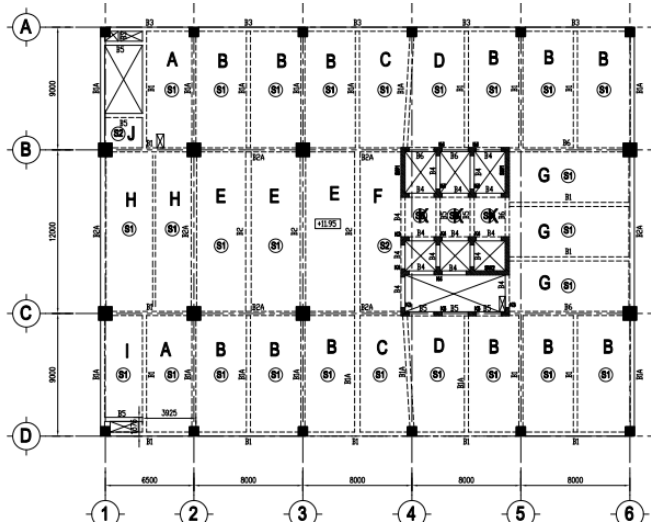
Beban yang dihitung pada struktur plat lantai adalah beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup. Nilai dari beban-beban yang bekerja sesuai dengan sub bab 5.1.1, sebagai berikut:

▪ Beban Mati			
Berat sendiri plat	=	0,15 m x 2400 kg/m ³	= 360 kg/m ²
Beban keramik + spesi	=		= 19 kg/m ²
Beban ME	=		= 19 kg/m ²
Beban plafond	=		= 5 kg/m ²
Beban penggantung	=		= 10 kg/m ²
Beban <i>steel deck</i>	=		= <u>10,1 kg/m²</u> +
		<i>qD</i>	= 413 kg/m ²

- **Beban Hidup**
Lobby dan hall hotel (qL1) = 479 kg/m²
Guest room (qL2) = 192 kg/m²
Office (qL3) = 240 kg/m²

- **Beban Ultimate**
qU1 = 1,2D + 1,6L = 1262 kg/m²
qU2 = 1,2D + 1,6L = 802,8 kg/m²
qU3 = 1,2D + 1,6L = 879,6 kg/m²

6.2.2 Analisis Struktur Plat Lantai Konvensional



Gambar 6. 1 Kode Plat dalam Perencanaan Plat Lantai

Tabel 6. 1 Rekap Hasil Momen Plat Lantai 14 dengan SAP 2000

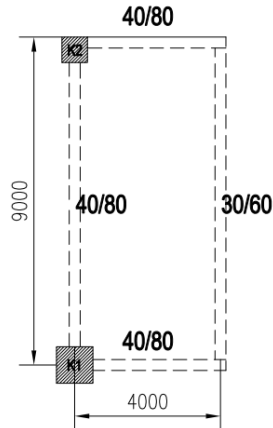
Kode Plat	Jenis Plat	Ukuran Plat (m)	ly/lx	Tipe Plat (arah)	Momen dari SAP 2000 (kgm)			
					Tumpuan		Lapangan	
					x	y	x	y
A	S1	9	2.483	SATU	-3476.79	0	951.16	0
		3.625						
B	S1	9	2.250	SATU	-3594.47	0	1538.12	0
		4						
C	S1	9	2.250	SATU	-3641.75	0	1759.3	0
		4						
D	S1	9	2.250	SATU	-3090.04	0	1179.34	0
		4						
E	S1	12	3.000	SATU	-3489.87	0	1281.98	0
		4						
F	S1	9	2.687	SATU	-3537.77	0	1943	0
		3.35						
G	S1	9	2.250	SATU	-3690.66	0	1691.45	0
		4						
H	S1	12	3.692	SATU	-3732.71	0	1183.36	0
		3.25						
I	S1	9	3.130	SATU	-2489.35	0	903.99	0
		2.875						
J	S2	3.2	1.243	DUA	-2315.11	-2126.32	936.73	1150.36
		2.575						
K	S2	2.875	1.186	DUA	-2608.61	-2485.37	1142.7	645.5
		2.425						

- Data Perencanaan :

$f'c$	=	35 MPa
f_y	=	400 MPa
Tebal plat lantai	=	150 mm
BJ Beton	=	2400 kg/m ³
β_1	=	0,8 (untuk $f_c=35$ MPa)
Tebal selimut	=	20 mm
ϕ	=	0,9 (<i>under-reinforced</i>)

Sesuai keterangan pada gambar 6.1 terdapat beberapa jenis plat yang dikelompokkan sesuai dengan kesamaan dimensi sehingga terdapat sebelas plat dengan kode yang berbeda, mulai dari kode A sampai dengan K. Kemudian dihitung dengan cara seperti yang terdapat di bawah ini:

- Perhitungan Plat Lantai Tipe S1



Gambar 6. 2 Plat Tipe S1

- Menentukan Jenis Penyebaran Gaya pada Plat

$$l_y = 9000 \text{ mm} - \frac{40 \text{ mm}}{2} - \frac{40 \text{ mm}}{2} = 8600 \text{ mm}$$

$$l_x = 4000 \text{ mm} - \frac{40 \text{ mm}}{2} - \frac{30 \text{ mm}}{2} = 3650 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{8600 \text{ mm}}{3650 \text{ mm}} = 2,356$$
 Karena, $\beta > 2$ maka merupakan jenis plat satu arah
- Menentukan Momen Terjadi

Dari hasil analisis struktur menggunakan SAP 2000 v.18 didapatkan momen terjadi sebagai berikut:

Momen tumpuan arah X = -3594,47 kgm

Momen lapangan arah X = 1538,12 kgm
- Menghitung Tinggi Efektif

Direncanakan menggunakan tulangan dengan diameter 10 mm.

$$d_x = t_{\text{plat}} - t_{\text{selimut}} - D/2$$

$$d_x = 150 - 20 - 10/2 = 125 \text{ mm}$$

$$d_y = t_{\text{plat}} - t_{\text{selimut}} - D/2 - D$$

$$d_y = 150 - 20 - 10/2 - 10 = 115 \text{ mm}$$

- Menghitung Tulangan Arah X

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,8 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 25}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03 \end{aligned}$$

- a. Menghitung Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 3594,47 \text{ kgm} = 35944700 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{35944700 \text{ mm}}{0,9} = 39938556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{39938556 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}} = 2,56 \text{ N/mm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,0066$$

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,0066$

As perlu = $\rho \cdot b \cdot d$

As perlu = $0,0066 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} = 824 \text{ mm}^2$

Dicoba dipakai, **D13 – 150**

As pakai = $0,25\pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 884,88 \text{ mm}^2$

Maka, As pakai > As perlu (**OKE!**)

- Cek Syarat Jarak Tulangan

Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.3.2, syarat spasi tulangan pada penampang yang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal slab.

$150 \text{ mm} < 2 \cdot t_{plat} \rightarrow 150 \text{ mm} < 2 \cdot 150 \text{ mm}$

Maka, $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (**OKE!**)

- Cek Kontrol Retak Jarak Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan ke muka tarik tidak boleh melebihi

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c \text{ dan } s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana, c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $c_c = t$ selimut = 20mm

$$\text{dan } f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ MPa} = 266,67 \text{ MPa}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 C_c$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 20 = 349$$

$$s \text{ maks} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315$$

Maka, 150 mm < 315 mm (OKE!)

- Cek Ketebalan Plat Terhadap Geser

Nilai V_u dihitung sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3 yaitu:

$$w_u = q_u \text{ dari beban terbesar} = 1262 \text{ kg/m}^2$$

$$w_u = \frac{q_u}{\text{satuan panjang plat}} = \frac{1262 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{1 \text{ m}} = 1262 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$V_u = \frac{w_u \cdot l_n}{2} = \frac{1262 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 3,65 \text{ m}}{2} = 2302,2 \text{ kg}$$

$$= 23,02 \text{ kN}$$

Sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja dapat dihitung dengan:

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana. $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 8.6.1. Sehingga:

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}$$

$$V_c = 125716,7 \text{ N} = 125,716 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 125,716 \text{ kN} = 94 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c \text{ (OKE!)}$$

- b. Menghitung Tulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 1538,12 \text{ kgm} = 15381200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{15381200 \text{ Nmm}}{0,9} = 17090222 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{17090222 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}} = 1,09 \text{ N/mm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,0028$$

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.3, A_s yang disediakan dapat dibesarkan paling tidak sepertiga dari hasil analisis.

$$\text{Sehingga} \rightarrow \rho = 1,3 \cdot 0,0028 = 0,0037$$

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

$\rho_{min} < 1,3 \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,0037$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0037 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} = 456 \text{ mm}^2$$

Dicoba dipakai, **D10 – 150**

$$A_s \text{ pakai} = 0,25\pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 523,6 \text{ mm}^2$$

Maka, $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (**OKE!**)

- Cek Syarat Jarak Tulangan

Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.3.2, syarat spasi tulangan pada penampang yang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal slab.

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot t_{plat} \rightarrow 150 \text{ mm} < 2 \cdot 150 \text{ mm}$$

Maka, $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (**OKE!**)

- Cek Kontrol Retak Jarak Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan ke muka tarik tidak boleh melebihi

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c \text{ dan } s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana, $c_c = t$ selimut = 20mm

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ MPa} = 266,67 \text{ MPa}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 20 = 349$$

$$s_{maks} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315$$

Maka, $150 \text{ mm} < 315 \text{ mm}$ (**OKE!**)

- Menghitung Tulangan Susut
Sesuai SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 tulangan susut harus paling sedikit menyediakan:
 - Untuk slab dengan $f_y=350$ MPa, $\rho_{min} = 0,002$
 - Untuk slab dengan $f_y=420$ MPa, $\rho_{min} = 0,0018$
 Maka, untuk slab dengan $f_y=400$ MPa:

$$\rho_{min} = 0,002 - \frac{(350-400)}{(350-420)} \cdot (0,002 - 0,0018)$$

$$\rho_{min} = 0,00186$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,00186 \cdot 1000\text{mm} \cdot 125\text{mm} = 279 \text{ mm}^2$$
 Dicoba dipakai, **D10 – 250**

$$A_s \text{ pakai} = 0,25\pi \cdot (10\text{mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} = 314,2 \text{ mm}^2$$
 Maka, $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (**OKE!**)

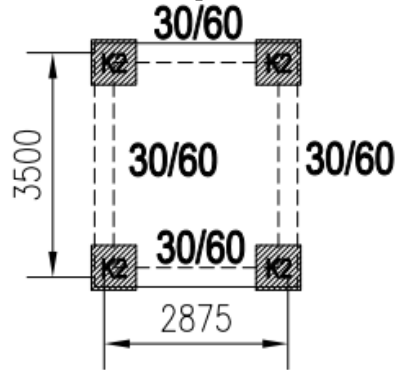
- Cek Syarat Jarak Tulangan
Menurut SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.2, syarat spasi tulangan tidak lebih jauh dari 5 kali tebal slab atau 450 mm.

$$250 \text{ mm} < 5 \cdot t_{\text{plat}} \rightarrow 150 \text{ mm} < 5 \cdot 150 \text{ mm}$$
 Maka, $250 \text{ mm} < 750 \text{ mm}$ (**OKE!**)
 Atau, $250 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$ (**OKE!**)

Tabel 6. 2 Hasil Perhitungan Tulangan Plat S1

	Arah lx		Tulangan Susut
	Tumpuan	Lapangan	
Tebal Plat	150 mm	150 mm	150 mm
Tul. Dipakai	D13 – 150	D10 – 150	D10 – 250
Cek jarak tul.	OKE!	OKE!	OKE!
Cek retak	OKE!	OKE!	OKE!
Cek geser ($V_u < \phi V_c$)	OKE!	OKE!	OKE!

- Perhitungan Plat Lantai Tipe S2



Gambar 6. 3 Plat Tipe S2

- Menentukan Jenis Penyebaran Gaya pada Plat

$$l_y = 3500 \text{ mm} - \frac{30 \text{ mm}}{2} - \frac{30 \text{ mm}}{2} = 3470 \text{ mm}$$

$$l_x = 2875 \text{ mm} - \frac{30 \text{ mm}}{2} - \frac{30 \text{ mm}}{2} = 2845 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3470 \text{ mm}}{2845 \text{ mm}} = 1,22$$
 Karena, $\beta < 2$ maka merupakan jenis plat dua arah
- Menentukan Momen Terjadi

Dari hasil analisis struktur menggunakan SAP 2000 v.18 didapatkan momen terjadi sebagai berikut:

Momen tumpuan arah X = -2608,61 kgm
 Momen lapangan arah X = 1142,7 kgm
 Momen tumpuan arah Y = -2485,37 kgm
 Momen lapangan arah Y = 645,5 kgm
- Menghitung Tinggi Efektif

Direncanakan menggunakan tulangan dengan diameter 10 mm.

$$d_x = t_{\text{plat}} - t_{\text{selimut}} - D/2$$

$$d_x = 150 - 20 - 10/2 = 125 \text{ mm}$$

$$d_y = t_{\text{plat}} - t_{\text{selimut}} - D/2 - D$$

$$d_y = 150 - 20 - 10/2 - 10 = 115 \text{ mm}$$

- Menghitung Tulangan Arah X

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85\beta_1 f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03$$

- a. Menghitung Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 2608,61 \text{ kgm} = 26086100 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{260861000 \text{ mm}}{0,9} = 28984556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{28984556 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}} = 1,86 \text{ N/mm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,0049$$

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,0049$

As perlu = $\rho \cdot b \cdot d$

$$\text{As perlu} = 0,0049 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} = 607 \text{ mm}^2$$

Dicoba dipakai, **D13 – 200**

$$\text{As pakai} = 0,25\pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 663,66 \text{ mm}^2$$

Maka, As pakai > As perlu (**OKE!**)

- Cek Syarat Jarak Tulangan

Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.3.2, syarat spasi tulangan pada penampang yang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal slab.

$$200 \text{ mm} < 2 \cdot t_{plat} \rightarrow 200 \text{ mm} < 2 \cdot 150 \text{ mm}$$

Maka, 200 mm < 300 mm (**OKE!**)

- Cek Kontrol Retak Jarak Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan ke muka tarik tidak boleh melebihi

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c \text{ dan } s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana, c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $c_c = t$ selimut = 20mm

$$\text{dan } f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ MPa} = 266,67 \text{ MPa}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 C_c$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{266,67} \right) - 2,5 \cdot 20 = 349$$

$$s \text{ maks} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315$$

Maka, 200 mm < 315 mm **(OKE!)**

b. Menghitung Tulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 1142,7 \text{ kgm} = 11427000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{11427000 \text{ Nmm}}{0,9} = 12696667 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{12696667 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}} = 0,81 \text{ N/mm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,0021$$

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.3, A_s yang disediakan dapat dibesarkan paling tidak sepertiga dari hasil analisis.

$$\text{Sehingga } \rightarrow \rho = 1,3 \cdot 0,0021 = 0,003$$

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

$$\rho_{min} > 1,3 \rho < \rho_{maks}, \text{ maka dipakai } \rho = 0,0035$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} = 438 \text{ mm}^2$$

Dicoba dipakai, **D10 – 150**

$$A_s \text{ pakai} = 0,25\pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 523,6 \text{ mm}^2$$

Maka, $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ **(OKE!)**

- Cek Syarat Jarak Tulangan

Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.3.2, syarat spasi tulangan pada penampang yang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal slab.

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot t_{plat} \rightarrow 150 \text{ mm} < 2 \cdot 150 \text{ mm}$$

Maka, 150 mm < 300 mm **(OKE!)**

- Cek Kontrol Retak Jarak Tulangan
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan ke muka tarik tidak boleh melebihi

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c \text{ dan } s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$
 Dimana, $c_c = t$ selimut = 20mm

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ MPa} = 266,67 \text{ MPa}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c = 349$$

$$s_{maks} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315$$
 Maka, 150 mm < 315 mm **(OKE!)**

- c. Menghitung Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = 2485,37 \text{ kgm} = 24853700 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{24853700 \text{ mm}}{0,9} = 27615222 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{28984556 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}} = 1,77 \text{ N/mm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,0046$$
 Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.1
 Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,0046$
 As perlu = $\rho \cdot b \cdot d$
 As perlu = $0,0046 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} = 577 \text{ mm}^2$
 Dicoba dipakai, **D13 – 200**
 As pakai = $0,25\pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 663,66 \text{ mm}^2$
 Maka, As pakai > As perlu **(OKE!)**

- Cek Syarat Jarak Tulangan
 Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.3.2, syarat spasi tulangan pada penampang yang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal slab.

$$200 \text{ mm} < 2 \cdot t_{plat} \rightarrow 200 \text{ mm} < 2 \cdot 150 \text{ mm}$$
 Maka, 200 mm < 300 mm **(OKE!)**

- Cek Kontrol Retak Jarak Tulangan
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan ke muka tarik tidak boleh melebihi

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c \text{ dan } s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$
 Dimana, c_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, maka $c_c = t$ selimut = 20mm
 dan $f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ MPa} = 266,67 \text{ MPa}$

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c = 349$$

$$s \text{ maks} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315$$
 Maka, 200 mm < 315 mm **(OKE!)**

- d. Menghitung Tulangan Lapangan Arah Y

$$Mu = 645,5 \text{ kgm} = 6455000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{6455000 \text{ Nmm}}{0,9} = 7172222,2 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{7172222,2 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}} = 0,46 \text{ N/mm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right) = 0,0012$$
 Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.3, A_s yang disediakan dapat dibesarkan paling tidak sepertiga dari hasil analisis.
 Sehingga $\rightarrow \rho = 1,3 \cdot 0,0012 = 0,0015$
 Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.1
 $\rho_{min} > 1,3\rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,0035$
 As perlu = $\rho \cdot b \cdot d$
 As perlu = $0,0035 \cdot 1000\text{mm} \cdot 125\text{mm} = 438 \text{ mm}^2$
 Dicoba dipakai, **D10 – 150**
 As pakai = $0,25\pi \cdot (10\text{mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 523,6 \text{ mm}^2$
 Maka, As pakai > As perlu **(OKE!)**

- Cek Syarat Jarak Tulangan
Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.3.2, syarat spasi tulangan pada penampang yang kritis tidak boleh

melebihi dua kali tebal slab.

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot t_{\text{plat}} \rightarrow 150 \text{ mm} < 2 \cdot 150 \text{ mm}$$

Maka, $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(OKE!)**

- Cek Kontrol Retak Jarak Tulangan
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4, spasi tulangan ke muka tarik tidak boleh melebihi

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c \text{ dan } s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana, $c_c = t$ selimut = 20mm

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ MPa} = 266,67 \text{ MPa}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5C_c = 349$$

$$s_{\text{maks}} = 300 \cdot \left(\frac{280}{266,67} \right) = 315$$

Maka, $150 \text{ mm} < 315 \text{ mm}$ **(OKE!)**

- Cek Ketebalan Plat Terhadap Geser
Nilai V_u dihitung sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3 yaitu:

$$w_u = q_u \text{ dari beban terbesar} = 1262 \text{ kg/m}^2$$

$$w_u = \frac{q_u}{\text{satuan panjang plat}} = \frac{1262 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{1 \text{ m}} = 1262 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$V_u = \frac{w_u \cdot l_n}{2} = \frac{1262 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 2,85 \text{ m}}{2} = 1798,4 \text{ kg}$$

$$= 17,98 \text{ kN}$$

Sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja dapat dihitung dengan:

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana. $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 8.6.1. Sehingga:

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}$$

$$V_c = 125716,7 \text{ N} = 125,716 \text{ kN}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 125,716 \text{ kN} = 94 \text{ kN}$$

$V_u < \phi \cdot V_c$ **(OKE!)**

Tabel 6. 3 Hasil Perhitungan Tulangan Plat S2

	Arah lx		Arah ly	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tebal Plat	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm
Tulangan Dipakai	D13 – 200	D10 – 150	D13 – 200	D10 – 150
Cek jarak	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!
Cek retak	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!
Cek geser ($V_u < \phi V_c$)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan kebutuhan tulangan plat lantai yang dapat dikelompokkan menjadi S1 dan S2, sebagai berikut:

Tabel 6. 4 Rekap Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Kode Plat	Jenis Plat	Ukuran Plat (m)	ly/lx	Tipe Plat (arah)	Kebutuhan Tulangan				Tul. Susut
					Tumpuan		Lapangan		
					x	y	x	y	
A	S1	9	2.483	SATU	D13 - 150	-	D10 - 150	-	D10 - 250
		3.625							
B	S1	9	2.250	SATU	D13 - 150	-	D10 - 150	-	D10 - 250
		4							
C	S1	9	2.250	SATU	D13 - 150	-	D10 - 150	-	D10 - 250
		4							
D	S1	9	2.250	SATU	D13 - 150	-	D10 - 150	-	D10 - 250
		4							
E	S1	12	3.000	SATU	D13 - 150	-	D10 - 150	-	D10 - 250
		4							
F	S1	9	2.687	SATU	D13 - 150	-	D10 - 150	-	D10 - 250
		3.35							
G	S1	9	2.250	SATU	D13 - 150	-	D10 - 150	-	D10 - 250
		4							
H	S1	12	3.692	SATU	D13 - 150	-	D10 - 150	-	D10 - 250
		3.25							
I	S1	9	3.130	SATU	D13 - 200	-	D10 - 150	-	D10 - 250
		2.875							
J	S2	3.2	1.243	DUA	D13 - 200	D13 - 200	D10 - 150	D10 - 150	-
		2.575							
K	S2	2.875	1.186	DUA	D13 - 200	D13 - 200	D10 - 150	D10 - 150	-
		2.425							

6.2.3 Analisis Struktur Plat Lantai dengan Steel Deck

Sesuai brosur *steel deck* yang dipakai, beban yang dihitung untuk perencanaan *steel deck* adalah beban hidup dan beban mati tambahan saja, sehingga:

- Beban Mati
 - Beban ducting + ME = 19 kg/m²
 - Beban plafond = 5 kg/m²
 - Beban penggantung plafond = 10 kg/m²
 - Beban keramik+spesi = 19 kg/m²
 - = 53 kg/m²
- Beban Hidup
 - Lobby* dan *hall* hotel (*qL1*) = 479 kg/m²
 - Guest room* (*qL2*) = 192 kg/m²
 - Office* (*qL3*) = 240 kg/m²
- Beban *Ultimate*
 - qU1* = 1,2*D* + 1,6*L1* = 830 kg/m²
 - qU2* = 1,2*D* + 1,6*L2* = 370,8 kg/m²
 - qU3* = 1,2*D* + 1,6*L3* = 447,6 kg/m²

6.2.3.1 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Negatif Plat Lantai dengan Steel Deck

Kelebihan menggunakan konstruksi plat dengan *steel deck* yaitu sebagai pengganti bekisting dan pengganti tulangan positif searah pada tipe plat satu arah (*one way*). Untuk itu, tulangan yang direncanakan dengan *steel deck* pada gedung Hotel Swiss Bellin Darmocentrum hanyalah tulangan negatif pada jenis plat S1. Tulangan negatif dicoba direncanakan dengan tabel praktis perencanaan *steel deck* berikut ini:

Tabel 6. 5 Tabel Perencanaan Praktis Steel Deck

Steel Deck 0,75 mm		Bentang Menerus dengan Tulangan Negatif			
Beban Berguna (kg/m ²)		400		500	
Tiang Penyangga	Bentang (m)	Tebal Plat (cm)	Tul. Negatif	Tebal Plat (cm)	Tul. Negatif
Dua Baris Penyangga	4	12	4.99	14	4.93
	4.5	14	5.58	15	5.95
	5	15	6.58		

- Perencanaan Tulangan Negatif Plat LT. 1-3 dan 14

$$q_U = 830 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{beban berguna } 1000 \text{ kg/m}^2$$

t plat = 15 cm, dengan dua baris penyangga

Bentang *steel deck* = 4 m

Maka, luas tulangan negatif diperlukan:

Dari tabel, dengan $t=14\text{cm}$ dan $l=4\text{m}$ → $A_s=4,93 \text{ cm}^2$

Untuk $t=15\text{cm}$, $l=4\text{m}$ → $A_s = ?$

$$A_s = \frac{15 \text{ cm} \cdot 4,93 \text{ cm}^2}{14 \text{ cm}} = 5,28 \text{ cm}^2 \text{ (untuk } 500 \text{ kg/m}^2\text{)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2 \times 528 \text{ mm}^2 = 1056,4 \text{ mm}^2$$

Direncanakan, dipakai D13 → $A_s = 132,7 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{\text{luas tul.negatif}}{A_s \text{ tul.rencana}} = \frac{1056,4 \text{ mm}^2}{132,7 \text{ mm}^2} = 7,959 \rightarrow 8$$

$$s = \frac{1000 \text{ mm}}{8} = 150 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **D13 – 150**

$$A_s \text{ pakai} = 0,25\pi \cdot (13\text{mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 1061,86 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (**OKE!**)

Konversi ke Wiremesh:

$$A_s w = 1061,86 \text{ mm}^2 \cdot \frac{400 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} = 849,49 \text{ mm}^2$$

Dicoba dipakai **M12 – 150**

$$A_s w = 0,25\pi \cdot (10\text{mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 904,78 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (**OKE!**)

- Perencanaan Tulangan Negatif Plat LT.4-13 dan Atap

$$q_U = 447,6 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{beban berguna } 500 \text{ kg/m}^2$$

t plat = 15 cm, dengan dua baris penyangga

Bentang *steel deck* = 4 m

Maka, luas tulangan negatif diperlukan:

Dari tabel, dengan $t=14\text{cm}$ dan $l=4\text{m}$ → $A_s=4,93 \text{ cm}^2$

Untuk $t=15\text{cm}$, $l=4\text{m}$ → $A_s = ?$

$$A_s = \frac{15 \text{ cm} \cdot 4,93 \text{ cm}^2}{14 \text{ cm}} = 5,28 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 528 \text{ mm}^2$$

Direncanakan, dipakai D13 \rightarrow $A_s = 132,7 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{\text{luas tul.negatif}}{A_s \text{ tul.rencana}} = \frac{528 \text{ mm}^2}{132,7 \text{ mm}^2} = 3,99 \rightarrow 4$$

$$s = \frac{1000 \text{ mm}}{4} = 250 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai D13 - 200}$$

$$A_s \text{ pakai} = 0,25\pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 663,66 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (OKE!)

Konversi ke Wiremesh:

$$A_s w = 663,66 \text{ mm}^2 \frac{400 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} = 530,93 \text{ mm}^2$$

Dicoba dipakai M12 - 200

$$A_s w = 0,25\pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 565,49 \text{ mm}^2$$

$A_s w \text{ pakai} > A_s w \text{ perlu}$ (OKE!)

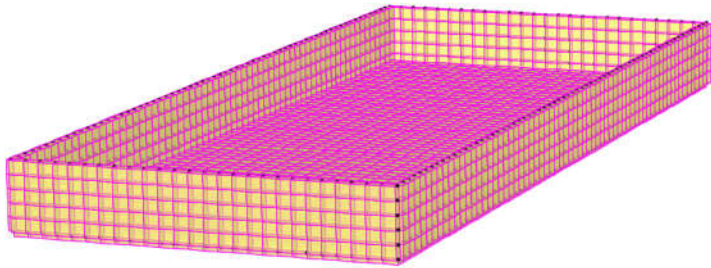
Tabel 6. 6 Perhitungan Tulangan Plat S1 dengan Steel Deck

Tebal Plat	KET	Plat Konvensional		Steel Deck	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
		n	n	n	n
		150 mm	150 mm	150 mm	150 mm
Tulangan Dipakai	LT. 1-3,14	D13 - 150	D10 - 150	D13 - 150	Tidak Pakai
	LT. 4--13, atap	D13 - 150	D10 - 150	D13 - 200	Tidak Pakai
Konversi Wiremesh Dipakai	LT. 1-3,14	-	-	M12 - 150	Tidak Pakai
	LT. 4--13, atap	-	-	M12 - 200	Tidak Pakai
Tul. Susut	LT.1-Atap	D10 - 250	D10 - 250	D10 - 250	Tidak Pakai
Cek jarak	<300 mm	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!
Cek retak	<315 mm	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!

6.3 Perhitungan Struktur Plat dan Dinding Kolam Renang

Kolam renang pada desain Hotel Swiss Bellin Darmocentrum terletak pada lantai 10. Dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Panjang kolam : 18,9 m
- Lebar kolam : 8 m
- Tinggi kolam : 1,35 m
- Tebal dinding : 20 cm
- Tebal plat dasar : 20 cm
- γ air : 1000 kg/m³



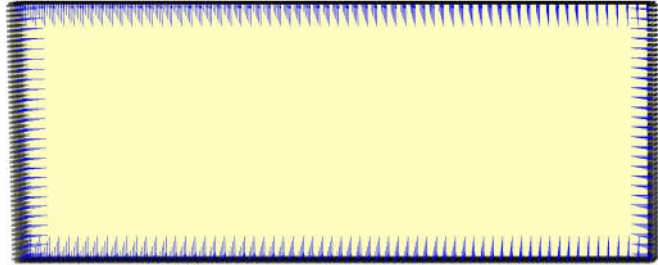
Gambar 6. 4 Permodelan Kolam Renang dengan SAP 2000 V. 18

6.3.1 Pembebanan Plat dan Dinding Kolam Renang

Seperti sudah dibahas pada bab 5.1.4 beban hidup air kolam renang pada permodelan terdiri atas dua, yaitu beban pada dinding kolam renang dan plat dasar kolam renang.

- Beban pada plat dasar kolam renang
 Beban hidup air kolam renang = berat jenis air x tinggi dinding kolam renang = $1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,35 \text{ m} = \mathbf{1350 \text{ kg/m}^2}$.
- Beban pada plat dinding kolam renang
 Beban plat = γ air = $1000 \text{ kg/m}^3 \times h$

Beban ini kemudian dimasukkan dalam permodelan menjadi beban segitiga yang menekan dari bagian dalam kolam renang, sehingga beban yang terjadi seperti berikut:

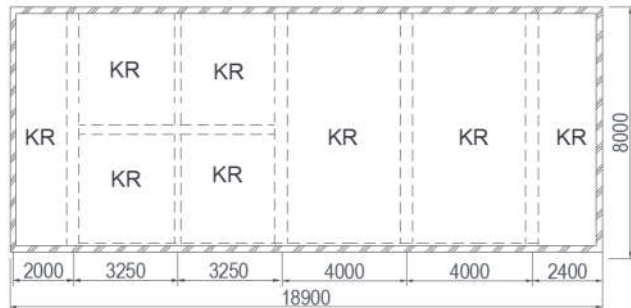


Gambar 6. 5 Tekanan Air pada Dinding Kolam Renang

6.3.2 Data Perencanaan Struktur Plat

$f'c$	=	35 MPa
F_y	=	400 MPa
Tebal plat lantai	=	200 mm
BJ Beton	=	2400 kg/m ³
β_1	=	0,8 (untuk $f_c=35$ MPa)
Tebal selimut	=	20 mm
Φ	=	0,9 (<i>under-reinforced</i>)

6.3.3 Analisis Struktur Plat Dasar Kolam Renang



Gambar 6. 6 Plat pada Area Kolam Renang

Dengan analisis menggunakan SAP 2000 v.18 dari kombinasi beban mati dan hidup (1,2D+1,6L) didapatkan momen maksimum:

M tumpuan arah X = 5652,29 kgm

M lapangan arah X = 5699,26 kgm

M tumpuan arah Y = 5724,32 kgm

M lapangan arah Y = 5424,09 kgm

Perencanaan tulangan dihitung dengan cara yang sama seperti pada sub-bab 6-1 Perhitungan penulangan plat.

Tabel 6. 7 Penulangan Plat Dasar Kolam Renang

	Arah Lx		Arah Ly	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Mu (kN.m)	56,52	56,99	57,24	54,24
d (mm)	173,5	173,5	173,5	173,5
p min	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
p	0,0054	0,0055	0,0055	0,0052
p maks	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
p pakai	0,0054	0,0055	0,0055	0,0052
As perlu (mm ²)	610,71	432,25	521,51	442,16
As pakai (mm ²)	939,1	947,2	951,6	899,8
Tul. dipakai	D13-100	D13-100	D13-100	D13-100
Vu (kN)	43,44	43,44	43,44	43,44
ϕ Vc	130,87	130,87	130,87	130,87
Cek jarak (<300 mm)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!
Cek retak (<315mm)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!
Cek Geser (Vu < ϕ Vc)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!

6.3.4 Analisis Struktur Plat Dinding Kolam Renang

Dengan analisis menggunakan SAP 2000 v.18 dari kombinasi (1,2D+1F) didapatkan momen maksimum:

M tumpuan = -3926,33 kgm

M lapangan = 2483,55 kgm



Gambar 6. 7 Plat Dinding Kolam Renang

$L_y = 4000$ mm dan $L_x = 1350$ mm

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{4000 \text{ mm}}{1350 \text{ mm}} = 2,96 > 2 \text{ (plat satu arah)}$$

Tabel 6. 8 Penulangan Plat Dinding Kolam Renang

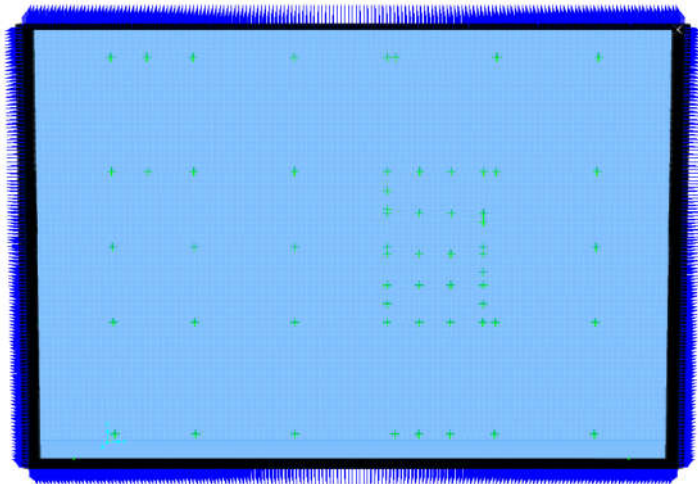
	Arah		Tul. Susut
	Tumpuan	Lapangan	
Mu (kN.m)	39,26	24,83	-
d (mm)	175	175	175
p min	0,0035	0,0035	0,0019
P	0,0037	0,0023	0,0019
p maks	0,0268	0,0268	0,0268
p pakai	0,0037	0,0035	0,0019
As min (mm ²)	638,9	612,5	371,4
As pakai (mm ²)	663,66	663,66	392,7
Tulangan dipakai	D13-200	D13-200	D10-200
Vu (kN)	43,44	43,44	43,44
ϕV_c	130,87	130,87	130,87
Cek jarak tul. (<300 mm)	OKE!	OKE!	OKE!
Cek retak (<315mm)	OKE!	OKE!	OKE!
Cek Geser ($V_u < \phi V_c$)	OKE!	OKE!	OKE!

6.4 Perhitungan Struktur Plat dan Dinding Basement

Perencanaan struktur plat dan dinding *basement* menggunakan hasil analisis dari permodalan SAP 2000 v.18. Beban-beban tanah yang dimasukkan sesuai dengan yang sudah dibahas pada sub-bab 5.1.5. Beban ini terdiri dari beban tanah berupa tekanan dari luar basement dengan nilai:

- Pada $h = 0$, $P = pq - 2c \cdot \sqrt{Ka} = 9,22 \text{ kN/m}^2$
- Pada $h = 2,36 \text{ m}$, $P = pq + pa1 = 47,688 \text{ kN/m}^2$
- Pada $h = 3,1 \text{ m}$, $P = pq + pa2 + pw - 2c \cdot \sqrt{Ka} = 67,0094 \text{ kN/m}^2$

Serta tekanan tanah pada bagian bawah plat *basement* yang merupakan tekanan *uplift* dengan nilai $1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,74 \text{ m} = 740 \text{ kg/m}^2$



Gambar 6. 8 Permodelan Tekanan Tanah Aktif pada Dinding Basement

- Data Perencanaan:

$$f'c \text{ dan } f_y = 35 \text{ MPa dan } 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal plat} = 300 \text{ mm}$$

$$\beta l = 0,8$$

$$\text{Tebal plat} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal dinding} = 300 \text{ mm}$$

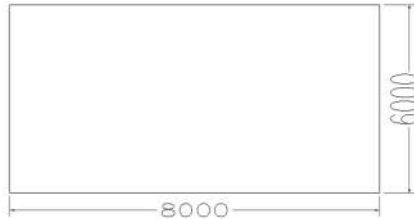
$$\text{Tebal selimut} = 25 \text{ mm}$$

$$d = t \text{ plat} - t \text{ cover} - D/2$$

$$= 300 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 19\text{mm}/2 = 265,5\text{mm}$$

$$\phi = 0,9 \text{ (untuk } \textit{under-reinforced})$$

6.4.1 Perencanaan Struktur Plat Basement



Gambar 6. 9 Plat Basement

Sehingga,

$$L_y = 8000 \text{ mm}$$

$$L_x = 6000 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{8000 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}} = 1,33 < 2 \text{ (plat satu arah)}$$

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1,6H didapatkan reaksi pada plat *basement* adalah sebagai berikut:

$$M \text{ tumpuan X} = 20510,6 \text{ kgm}$$

$$M \text{ lapangan X} = 21099,9 \text{ kgm}$$

$$M \text{ tumpuan Y} = 14494,9 \text{ kgm}$$

$$M \text{ lapangan Y} = 15564,65 \text{ kgm}$$

Perencanaan tulangan dihitung dengan cara yang sama seperti pada sub-bab 6-1 Perhitungan penulangan plat. Sehingga, didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 6. 9 Perhitungan Penulangan Plat Basement

	Arah Lx		Arah Ly	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Mu (kN.m)	205,11	210,99	144,05	155,65
d (mm)	265,5	265,5	265,5	265,5
p min	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
p	0,0082	0,0085	0,0057	0,0062
p maks	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
p pakai	0,0082	0,0085	0,0057	0,0062
As perlu (mm ²)	2230	2298	1538	1667
As pakai (mm ²)	2835,29	2835,29	1890,19	1890,19
Tul. dipakai	D19-100	D19-100	D19-150	D19-150
Vu (kN)	210,99	210,99	210,99	210,99
ϕVc	226,3	226,3	226,3	226,3
Cek jarak (<300 mm)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!
Cek retak (<315mm)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!
Cek Geser (Vu < ϕVc)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!

6.4.2 Perencanaan Struktur Dinding Basement

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 v.18 dengan kombinasi 1,2D+1,6H didapatkan hasil:

$$Vu \text{ maks} = 12050,4 \text{ kg} = 120,504 \text{ kN}$$

$$Mu- \text{ maks} = -3148,12 \text{ kgm} = 31,48 \text{ kNm}$$

$$Mu+ \text{ maks} = 779,7127 \text{ kgm} = 7,79 \text{ kNm}$$

1. Pemeriksaan terhadap geser

Direncanakan tebal dinding basement (t) = 300 mm

Maka:

$$d = b - \text{tebal selimut} - D.tul/2$$

$$\begin{aligned}
 &= 300 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 16 \text{ mm}/2 = 252 \text{ mm} \\
 Vc &= 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \\
 &= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 252 \text{ mm} \\
 &= 253444,9 \text{ N} = 253,444 \text{ kN} \\
 \phi \cdot Vc &= 0,75 \cdot 253,444 \text{ kN} \\
 &= 190,083 \text{ kN} > 120,505 \text{ kN (OKE!)}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Penulangan Lentur Momen Negatif

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \cdot \frac{0,85\beta_1 \cdot fc}{fy} \cdot \left(\frac{600}{600+fy} \right) = \\
 &0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \cdot \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,03 \\
 Mu &= 3148,12 \text{ kgm} = 31481200 \text{ Nmm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{0,9} = \frac{31481200 \text{ mm}}{0,9} = 34979111 \text{ Nmm} \\
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{34979111 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 252 \text{ mm}} = 0,551 \text{ N/mm} \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) = 0,0014
 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

Untuk $\rho < \rho_{min} < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,0035$

As perlu = $\rho \cdot b \cdot d$

As perlu = $0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 252 \text{ mm} = 882 \text{ mm}^2$

Dicoba dipakai, **D16 – 200**

As pakai = $0,25\pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 1005,31 \text{ mm}^2$

Maka, As pakai $>$ As perlu (OKE!)

3. Perhitungan Penulangan Lentur Momen Negatif

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \cdot \frac{0,85\beta_1 f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) = \\ &0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 35}{400} \cdot \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,03 \\ \mu &= 779,7127 \text{ kgm} = 7797127 \text{ Nmm} \\ M_n &= \frac{\mu}{m} = \frac{7797127 \text{ mm}}{0,9} = 8663474,4 \text{ Nmm} \\ R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{8663474,4 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot 252 \text{ mm}} = 0,136 \text{ N/mm} \\ \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,0003 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

Untuk $\rho < \rho_{min} < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho=0,0035$

As perlu = $\rho \cdot b \cdot d$

As perlu = $0,0035 \cdot 1000\text{mm} \cdot 252 \text{ mm} = 882 \text{ mm}^2$

Dicoba dipakai, **D16 – 200**

As pakai = $0,25\pi \cdot (16\text{mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 1005,31 \text{ mm}^2$

Maka, As pakai > As perlu (**OKE!**)

4. Perhitungan Penulangan Susut

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1, untuk tulangan dengan mutu 400 MPa rasio tulangan minimum yang digunakan adalah $\rho_{min} = 0,0019$.

Sehingga, As perlu = $\rho \cdot b \cdot t$

As perlu = $0,0019 \cdot 1000\text{mm} \cdot 300 \text{ mm} = 557 \text{ mm}^2$

Dicoba dipakai, **D13 – 200**

As pakai = $0,25\pi \cdot (13\text{mm})^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 663,7 \text{ mm}^2$

Maka, As pakai > As perlu (**OKE!**)

Dalam pelaksanaan konstruksi dinding *basement*, biasanya disertai dengan pembuatan struktur dinding penahan tanah (*retaining wall*). Dalam desain hotel Swiss Bellin Darmocentrum, direncanakan penahan tanah berbentuk dinding *secant pile* (*piling wall*). Dengan perhitungan sebagai berikut:

a. Kontrol Kedalaman Tiang

Kedalaman tiang yang aman terhadap pergerakan air berarti konstruksi dinding aman pada saat proses penggalian. Kedalaman tiang ditentukan dengan hitungan:

$$i \text{ exit} \times SF < i \text{ critical} \rightarrow \frac{\Delta h}{D_c} \times 1,2 < \frac{\gamma_t}{\gamma_w}$$

Keterangan :

$i \text{ exit}$ = gradien hidrolis

$i \text{ critical}$ = gradien hidrolis kritis

Δh = perbedaan tinggi

D_c = kedalaman aman berdasarkan *hydrodynamic*

γ_t = berat jenis tanah

γ_w = berat jenis air

$$\frac{\Delta h}{D_c} \times 1,2 < \frac{\gamma_t}{\gamma_w}$$

$$\frac{3,1 \text{ m}}{D_c} \times 1,2 < \frac{16,3 \text{ kN/m}^3}{10 \text{ kN/m}^3}$$

$$\frac{3,72 \text{ m}}{D_c} < 1,63 \rightarrow D_c = 3,72 \text{ m} / 1,63 = 2,28 \text{ meter}$$

Sehingga, kedalaman *secant pile* yang dibutuhkan adalah kedalaman galian + kedalaman penanaman (hasil analisa di atas) yaitu 3,1 meter + 2,28 meter = 5,38 m \approx 6 m.

b. Kontrol Terhadap Uplift

Adanya beban *uplift* dan air tanah mengakibatkan konstruksi terkena bahaya dari beban angkat ke atas. Untuk itu perlu dilakukan analisa antara kesetimbangan beban dengan *uplift*, sebagai berikut:

$$F_u = \gamma_w \cdot h_w \cdot A$$

$$A \text{ plat basement} = 50,65 \text{ m} \times 34,3 \text{ m} = 1737,295 \text{ m}^2$$

$$F_u = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,74 \text{ m} \times 1737,295 \text{ m}^2 = 1285598 \text{ kg}$$

W struktur *basement* = W dinding + W plat basement

W dinding arah U-S = BJ beton x t dinding x A

$$\text{dinding} \times n = 2400 \text{ kg/m} \times 0,3 \text{ m} \times 50,65 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \times$$

$$2 = 226101,6 \text{ kg}$$

W dinding arah B-T = BJ beton x t dinding x A dinding x n = 2400 kg/m x 0,3 m x 34,3 m x 3,1 m x 2 = 153115,2 kg

W plat *basement* = BJ beton x t plat x A plat = 2400 kg/m x 0,3 m x 1737,295 m² = 1250852 kg

W struktur *basement* = 226101,6 kg + 153115,2 kg + 1250852 kg = 1630069 kg

$$SF = \frac{W \text{ struktur}}{Fu} > 1,2$$

$$\text{Maka, } SF = \frac{1630069 \text{ kg}}{1285598 \text{ kg}} = 1,2679 > 1,2 \text{ (OKE!)}$$

c. Perhitungan Perencanaan *Piling Wall/Secant Pile*

Perhitungan gaya dalam dinding dengan menggunakan SAP 2000 v18:

Vu maks = 12050,4 kg = 120,504 kN

Mu- maks = -3148,12 kgm = 31,48 kNm

Data Perencanaan Pile:

fc' = 35 MPa

fy = 400 MPa

b x h = 250 mm x 250 mm

h = 6 meter.

t cover = 40 mm

D.tul geser = 10 mm

Hasil analisis tersebut dimasukkan ke dalam PCA COL. Sehingga digunakan tulangan 4 – D16. As perlu = 461,21 mm² < As pakai = 804,25 mm² (OKE!)

6.5 Perhitungan Struktur Tangga dan Bordes

6.5.1 Pembebanan Plat Tangga dan Plat Bordes

Struktur plat tangga dan plat bordes menerima beban ultimate dari beban mati dan beban hidup seperti berikut:

1. Beban mati dan beban mati tambahan

- Berat sendiri plat

$$t \text{ plat} \times \text{BJ beton} = 0,15\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$$

- Beban mati tambahan

$$\begin{aligned}
 \text{Keramik + Spesi} &= 19 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Ducting + ME} &= 19 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Railing Tangga} &= \underline{14 \text{ kg/m}^2} \\
 &= 52 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$qDL = 360 \text{ kg/m}^2 + 52 \text{ kg/m}^2 = 412 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Hidup

Menurut SNI 2847-2013 pasal 4.5.4 beban pada tangga tetap dengan anak tangga yaitu berupa beban terpusat sebesar 133 kg. Dalam permodelan, beban ini dijadikan beban merata sepanjang area plat anak tangga. Sehingga pembebanannya menjadi:

$$\text{Beban merata} = \frac{133 \text{ kg} \cdot n \text{ anak tangga}}{\text{Luas plat}}$$

Tabel 6. 10 Pembebanan Hidup Tangga Permodelan

Tipe Tangga	b (m)	h (m)	Luas (m ²)	n (buah)	Beban Pusat (kg)	Beban Merata (kg/m ²)
Tangga Utama	1.25	4.1	5.15	13	133	335.728

3. Beban Ultimate

$$qU1 = 1,4D$$

$$qU2 = 1,2D + 1,6L$$

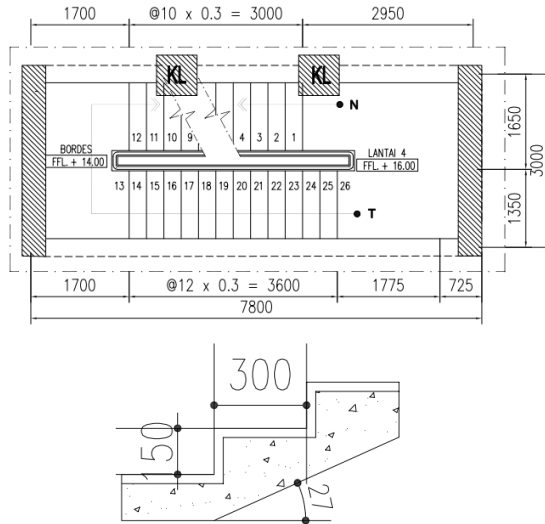
Tabel 6. 11 Rekap Hasil Perhitungan Beban Ultimate

Tipe Tangga	DL (kg/m ²)	SDL (kg/m ²)	LL (kg/m ²)	qU1 (kg/m ²)	qU2 (kg/m ²)
Tangga Utama	360	52	335.728	576.8	1031.565

6.5.2 Data Perencanaan Struktur Plat Lantai

$$\begin{aligned}
 f'c &= 35 \text{ MPa} \\
 Fy &= 400 \text{ MPa} \\
 \text{Tebal plat lantai} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{BJ Beton} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \beta1 &= 0,8 \text{ (untuk } f_c=35 \text{ MPa)} \\
 \text{Tebal selimut} &= 20 \text{ mm} \\
 \Phi &= 0,9 \text{ (under-reinforced)}
 \end{aligned}$$

6.5.3 Analisis Struktur Plat Tangga Utama



Gambar 6. 10 Denah Tangga Utama lt 3-4 dan Dimensi Injakan - Tanjakan Anak Tangga (mm)

Direncanakan:

Lebar plat tangga (a) = 1350 mm

Tinggi tanjakan (b) = 153 mm

Lebar injakan (c) = 300 mm

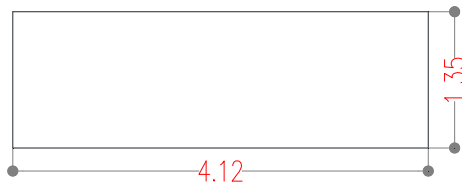
Tinggi tangga (d) = 4000 mm

Tinggi bordes (e) = 2000 mm

Panjang datar tangga (f) = 3600 mm

Tebal plat tangga (g) = 150 mm

Panjang miring tangga = $\sqrt{e^2 + f^2}$



Gambar 6. 11 Plat Tangga Utama

$$Ly = \sqrt{(2000mm)^2 + (3600mm)^2} = 4118,252 \text{ mm}$$

$$Lx = 1350 \text{ mm}$$

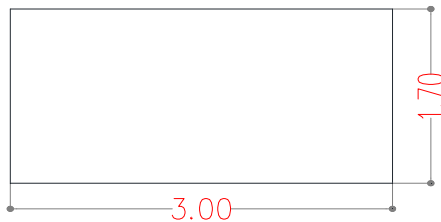
$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{4118,52 \text{ mm}}{1350 \text{ mm}} = 3,05 > 2 \text{ (plat satu arah)}$$

Perencanaan tulangan dihitung dengan cara yang sama seperti pada sub-bab 6-1 Perhitungan penulangan plat. Momen yang digunakan dalam perhitungan didapat dari hasil analisis menggunakan SAP 2000.

Tabel 6. 12 Perhitungan Penulangan Tangga Utama

	Arah Lx		Tul. Susut
	Tumpuan	Lapangan	
Mu (kN.m)	-29.87	24.41	-
d (mm)	123.5	123.5	123.5
p min	0.0035	0.0035	0.0019
P	0.0057	0.0046	0.0019
p maks	0.0268	0.0268	0.0268
p pakai	0.0057	0.0046	0.0019
As min (mm ²)	698.40	566.43	278.57
As pakai (mm ²)	884.88	6636.61	314.16
Tulangan dipakai	D13-150	D13-200	D10-250
Vu (kN)	4.05	4.05	4.05
ϕ Vc	93.16	93.16	93.16
Cek jarak tulangan (<300 mm)	OKE!	OKE!	OKE!
Cek retak (<315mm)	OKE!	OKE!	OKE!
Cek Geser (Vu < ϕ Vc)	OKE!	OKE!	OKE!

6.5.4 Analisis Struktur Plat Bordes Tangga Utama



Gambar 6. 12 Plat Bordes Tangga Utama

$$L_y = 3000 \text{ mm} ; L_x = 1700 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{3000 \text{ mm}}{1700 \text{ mm}} = 1,765 < 2 \text{ (plat dua arah)}$$

Perencanaan tulangan dihitung dengan cara yang sama seperti pada sub-bab 6-1. Momen yang dipakai didapat dari analisa menggunakan SAP 2000.

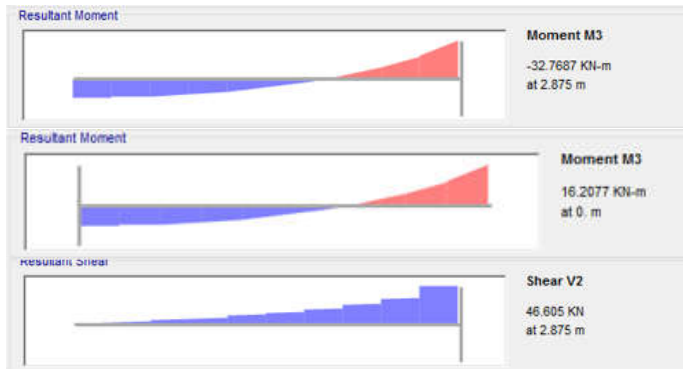
Tabel 6. 13 Perhitungan Penulangan Bordes Tangga Utama

	Arah Lx		Arah Ly	
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Mu (kN.m)	26.25	8.09	22.53	19.19
d (mm)	123.5	123.5	123.5	123.5
p min	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
p	0.0049	0.0015	0.0042	0.0036
p maks	0.0268	0.0268	0.0268	0.0268
p pakai	0.0049	0.0035	0.0042	0.0036
As min (mm ²)	610.71	432.25	521.51	442.16
As pakai (mm ²)	663.66	523.60	523.60	523.60
Tul. dipakai	D13-200	D10-150	D10-150	D10-150
Vu (kN)	5.10	5.10	5.10	5.10
ϕ Vc	93.16	93.16	93.16	93.16

Cek jarak (< 300 mm)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!
Cek retak (< 315 mm)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!
Cek Geser ($V_u < \phi V_c$)	OKE!	OKE!	OKE!	OKE!

6.5.5 Analisis Struktur Balok Bordes Tangga

Struktur balok bordes yang dihitung merupakan balok yang mengalami gaya dalam terbesar yaitu pada *frame* 101 seperti hasil analisis dengan SAP 2000 seperti di bawah ini:



Gambar 6. 13 Hasil analisis Momen Tumpuan dan Lapangan serta Geser Balok Bordes dengan SAP 2000 Didapatkan:

Mmaks pada daerah tumpuan = -32,7687 kNm

Mmaks pada daerah lapangan = 16,2077 kNm

Geser maksimum = 46,605 kN

6.5.5.1 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan pada Tumpuan

Direncanakan: $f'c = 35$ MPa $\rightarrow \beta = 0,8$

Dicoba: Tul. Lentur D16, $f_y = 400$ MPa

Tul. Geser D10, $f_y = 240$ MPa

$$\begin{aligned} d &= h \text{ balok} - \text{selimut} - \text{senggang} - d/2 \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 16 \text{ mm}/2 \\ &= 442 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_u = 32768700 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{32768700 \text{ Nmm}}{0,9} = 36409666,67 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{36409666,67 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \cdot (442 \text{ mm})^2} = 0,621 \text{ mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa}} = 13,445$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} p &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,621}{400}} \right) = 0,0016 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 25}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03 \end{aligned}$$

Karena, $p < p_{\min} < p_{\max} \rightarrow p$ coba dibesarkan sebesar 30% = $1,3 \times 0,0016 = 0,0021 < p_{\min}$

Maka, p pakai = $p_{\min} = 0,0035$

Sehingga,

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 442 \text{ mm} = 464,1 \text{ mm}^2$$

Dicoba dipakai, **4D – 13**

$$A_s \text{ pakai} = 4 \cdot 0,25\pi \cdot (13 \text{ mm})^2 = 530,93 \text{ mm}^2$$

Maka, $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (**OKE!**)

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan pada Lapangan

Direncanakan: $f'_c = 35 \text{ MPa} \rightarrow \beta = 0,8$

Dicoba: Tul. Lentur D16 $f_y = 400 \text{ MPa}$

Tul. Geser D10 $f_y = 240 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} d &= h \text{ balok} - \text{selimut} - \text{senggang} - d/2 \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 16 \text{ mm}/2 \\ &= 442 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_u = 16207000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{16207000 \text{ Nmm}}{0,9} = 18007777,78 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{18007777,78 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \cdot (442 \text{ mm})^2} = 0,307 \text{ mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa}} = 13,445$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} = 0,0035$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m \cdot R_n}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,307}{400}} \right) = 0,0008$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta 1 \cdot fc}{fy} \cdot \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 25}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03$$

Karena, $p < p_{\min} < p_{\max} \rightarrow p$ coba dibesarkan sebesar 30% = $1,3 \times 0,0008 = 0,001 < p_{\min}$

Maka, p pakai = $p_{\min} = 0,0035$

Sehingga,

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 442 \text{ mm} = 569,1 \text{ mm}^2$$

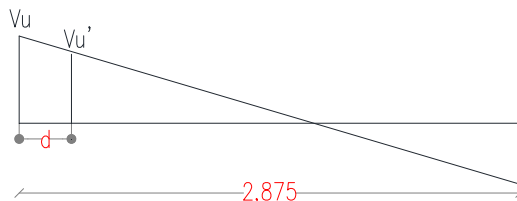
Dicoba dipakai, **4D – 13**

$$A_s \text{ pakai} = 4 \cdot 0,25\pi \cdot (13 \text{ mm})^2 = 530,93 \text{ mm}^2$$

Maka, $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (**OKE!**)

- Perencanaan Penulangan Geser

Untuk perhitungan penulangan geser, nilai V_u diambil dari SAP dan digunakan sejarak d dari muka tumpuan sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.1.3.1.



Gambar 6. 14 Diagram Gaya Geser Balok Bordes Diketahui:

$$V_u = 46,605 \text{ kN} = 46605 \text{ N}$$

$$L = 2875 \text{ mm}$$

$$d = 442 \text{ mm}$$

$$Vu' = \frac{Vu}{L/2} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right)$$

$$Vu' = \frac{46605 \text{ N}}{2875 \frac{\text{mm}}{2}} \cdot \left(\frac{2875 \text{ mm}}{2} - 442 \text{ mm} \right)$$

$$Vu' = 32274,98 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja dapat dihitung dengan:

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana. $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 8.6.1. Sehingga:

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 442 \text{ mm}$$

$$V_c = 133360,27 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 133360,27 \text{ N} = 100020,21 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 100020,21 \text{ N} = 50010,10 \text{ N}$$

$V_u < \phi \cdot V_c$ dan $V_u < \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow$ digunakan $A_v \text{ min}$

$$V_s \text{ min} = 0,33 b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ min} = 0,33 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 442 \text{ mm} = 44200 \text{ N}$$

Dicoba \rightarrow sengkang 2 kaki D8 $A_v = 100,53 \text{ mm}^2$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d} \rightarrow s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = 241 \text{ mm}$$

$$s \text{ maks} = \frac{d}{2} = \frac{442 \text{ mm}}{2} = 271 \text{ mm}$$

Dicoba \rightarrow dengan jarak 200 mm

Cek syarat sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 11.4.5.1

$$200 \text{ mm} < 271 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \text{ (OKE!)}$$

$$A_v \text{ min} = \frac{0,35 \cdot b_w \cdot s}{f_y}$$

$$A_v \text{ min} = \frac{0,35 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}}{400 \text{ MPa}} = 52,5 \text{ mm}^2$$

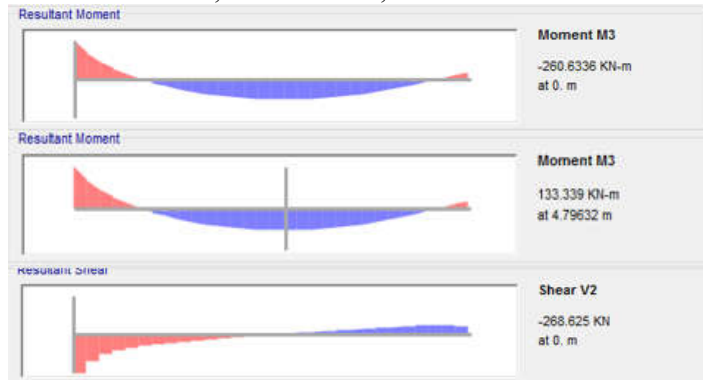
Cek syarat: $A_v \text{ pakai} > A_v \text{ min}$ (OKE!)

6.6 Perhitungan Struktur Balok Anak

6.6.1 Analisis Struktur Balok Anak

Struktur balok anak yang didesain merupakan balok anak yang mengalami gaya dalam terbesar (*frame 1487*). Dengan data perencanaan dan hasil analisis SAP sebagai berikut:

$$L = 9000 \text{ mm} ; b = 600 \text{ mm} ; h = 300 \text{ mm}$$



Gambar 6. 15 Hasil analisis Momen Tumpuan dan Lapangan serta Geser pada Balok Bordes dengan SAP 2000

Didapatkan:

$$M_{\text{maks}} \text{ pada daerah tumpuan} = -260,6336 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{maks}} \text{ pada daerah lapangan} = 133,339 \text{ kNm}$$

$$\text{Geser maksimum} = 268,625 \text{ kN}$$

6.6.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan pada Tumpuan

$$\text{Direncanakan: } f'c = 35 \text{ MPa} \rightarrow \beta = 0,8$$

$$\text{Dicoba: Tul. Lentur D16 } f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tul. Geser D10 } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$d = h \text{ balok} - \text{selimut} - \text{senggang} - d/2$$

$$= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 16 \text{ mm}/2$$

$$= 542 \text{ mm}$$

$$M_u = 260633600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{260633600 \text{ Nmm}}{0,9} = 289592888,9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{289592888,9 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \cdot (542 \text{ mm})^2} = 3,286 \text{ mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa}} = 13,445$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} = 0,0035$$

$$p = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 3,286}{400}} \right) = 0,0087$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 25}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03$$

Karena, $p < p_{\min} < p_{\max} \rightarrow p = 0,0087$
 Sehingga,
 $A_{s \text{ perlu}} = 0,0087 \cdot 300 \text{ mm} \cdot 542 \text{ mm} = 1419,013 \text{ mm}^2$
 Dicoba dipakai, **4D – 22**
 $A_s \text{ pakai} = 4 \cdot 0,25\pi \cdot (22 \text{ mm})^2 = 1520,53 \text{ mm}^2$
 Maka, $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ (**OKE!**)

- Perhitungan Kebutuhan Tulangan pada Lapangan
 Direncanakan: $f'_c = 35 \text{ MPa} \rightarrow \beta = 0,8$
 Dicoba: Tul. Lentur D16 $f_y = 400 \text{ MPa}$
 Tul. Geser D10 $f_y = 240 \text{ MPa}$
 $d = h \text{ balok} - \text{selimut} - \text{senggang} - d/2$
 $= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 16 \text{ mm}/2$
 $= 533,42 \text{ mm}$
 $M_u = 133339000 \text{ Nmm}$
 $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{133339000 \text{ Nmm}}{0,9} = 148154444,4 \text{ Nmm}$
 $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{148154444,4 \text{ Nmm}}{300 \text{ mm} \cdot (542 \text{ mm})^2} = 1,68 / \text{mm}^2$
 $m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa}} = 13,445$
 $p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,681}{400}} \right) = 0,0043 \\
 p \text{ max} &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 25}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03
 \end{aligned}$$

Maka, p pakai = 0,0043

Sehingga,

$$\text{As perlu} = 0,0043 \cdot 300\text{mm} \cdot 542\text{mm} = 703,852 \text{ mm}^2$$

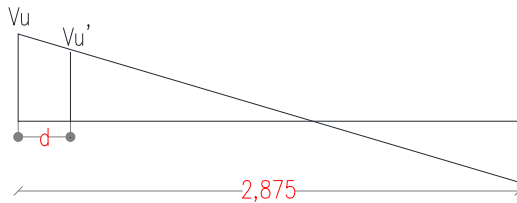
Dicoba dipakai, **2D – 22**

$$\text{As pakai} = 4 \cdot 0,25\pi \cdot (13\text{mm})^2 = 760,27 \text{ mm}^2$$

Maka, As pakai > As perlu (**OKE!**)

6.3.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal

Untuk perhitungan penulangan geser, nilai V_u diambil dari SAP dan digunakan sejarak d dari muka tumpuan sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.1.3.1.



Gambar 6. 16 Diagram Gaya Geser Balok Bordes

Diketahui:

$$V_u = 268,625 \text{ kN} = 268625 \text{ N}$$

$$L = 2875 \text{ mm}$$

$$d = 542 \text{ mm}$$

$$V_u' = \frac{V_u}{L/2} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right)$$

$$V_u' = \frac{268625 \text{ N}}{\frac{2875 \text{ mm}}{2}} \cdot \left(\frac{2875 \text{ mm}}{2} - 542 \text{ mm} \right)$$

$$V_u' = 236259$$

Sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja dapat dihitung dengan:

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dimana. $\lambda = 1$ untuk beton normal berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 8.6.1. Sehingga:

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 300\text{mm} \cdot 542\text{ mm}$$

$$V_c = 163532,27\text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 163532,27\text{ N} = 122649,208\text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \cdot 122649,208\text{ N} = 61324\text{ N}$$

$$V_u > \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow \text{diperlukan tulangan geser}$$

$$V_s \text{ min} = 0,33 b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ min} = 0,33 \cdot 300\text{ mm} \cdot 542\text{ mm} = 54200\text{ N}$$

Dicoba \rightarrow sengkang 2 kaki D10 $A_v = 157,08\text{ mm}^2$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d} \rightarrow s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = 376,99\text{ mm}$$

$$s \text{ maks} = \frac{d}{2} = \frac{542\text{mm}}{2} = 271\text{ mm}$$

Dicoba \rightarrow dengan jarak 200 mm

Cek syarat sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 11.4.5.1

200 mm < 271 mm < 600mm **(OKE!)**

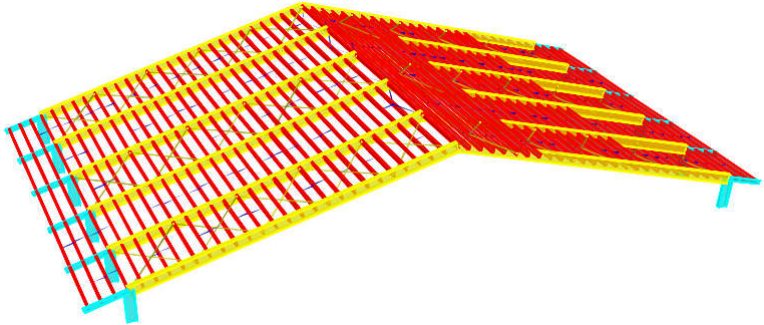
$$A_v \text{ min} = \frac{0,35 \cdot b_w \cdot s}{f_y}$$

$$A_v \text{ min} = \frac{0,35 \cdot 300\text{ mm} \cdot 200\text{ mm}}{400\text{ MPa}} = 52,5\text{ mm}^2$$

Cek syarat: $A_v \text{ pakai} > A_v \text{ min}$ **(OKE!)**

6.7 Perhitungan Desain Struktur Atap

Bagian struktur atap yang akan dihitung dalam desain terdiri atas gording, penggantung gording, kuda-kuda, dan kolom yang akan mentransfer gaya dari kuda-kuda menuju balok pada lantai atap.



Gambar 6. 17 Desain Struktur Atap

6.7.1 Perhitungan Gording

6.7.1.1 Data Perencanaan

Untuk data-data perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Mutu baja	=	BJ 41
f_y	=	250 MPa (Tabel 5.3 SNI 03-1729-2002)
f_u	=	410 MPa (Tabel 5.3 SNI 03-1729-2002)
Tegangan ijin	=	160 MPa
f_r	=	70 MPa (Tabel 7.5-1 SNI 03-1729-2002)
Jarak antar kuda-kuda	=	4 meter
Jarak antar gording	=	0,62 meter
Jenis atap	=	Zincalume
Berat atap	=	5 kg/m ²
Kemiringan atap	=	15 °

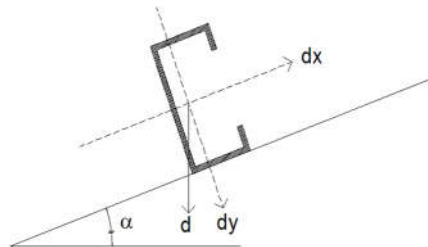
Untuk perencanaan gording, dicoba digunakan profil Lip Channel 200x75x20x3,2 dengan data sebagai berikut:

b	$= 75 \text{ mm}$	C_y	$= 22,7 \text{ mm}$
h_t	$= 200 \text{ mm}$	I_x	$= 721 \text{ cm}^4$
t	$= 3,2 \text{ mm}$	I_y	$= 87,5 \text{ cm}^4$
a	$= 20 \text{ mm}$	Z_x	$= 72,1 \text{ cm}^3$
W	$= 9,27 \text{ kg/m}$	Z_y	$= 16,8 \text{ cm}^3$

6.7.1.2 Perhitungan Beban

1. Beban Mati (qDL)

- Berat penutup atap ($q \times b$) $= 3,1 \text{ kg/m}$
- Berat gording $= \underline{9,27 \text{ kg/m}}$ +
 $qDL = 12,37 \text{ kg/m}$
- Berat lain-lain (10% qDL) $= \underline{1,237 \text{ kg/m}}$ +
 $qDL \text{ total} = 13,607 \text{ kg/m}$



Gambar 6. 18 Arah Pembebanan Profil Gording

$$\begin{aligned}
 qDL \ X &= qDL \ \text{total} \times \sin \alpha \\
 &= 13,607 \text{ kg/m} \times \sin 15^\circ \\
 &= 3,52 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qDL \ Y &= qDL \ \text{total} \times \cos \alpha \\
 &= 13,607 \text{ kg/m} \times \cos 15^\circ \\
 &= 13,14 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban Hidup (qLL)

- Beban Pekerja (Terpusat)

$$\begin{aligned} q_{LL\ X} &= P_x = 133 \text{ kg} \times \sin \alpha \\ &= 133 \text{ kg} \times \sin 15^\circ \\ &= 34,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{LL\ Y} &= P_y = 133 \text{ kg} \times \cos \alpha \\ &= 133 \text{ kg} \times \cos 15^\circ \\ &= 128,47 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban Air Hujan (Merata)

Beban air hujan dihitung berdasarkan pasal 5.4.4.2 pada SNI 03-1727-2013.

Diasumsikan, tinggi statis (ds) = 20 mm
tinggi hidrolis (dh) = 1,2 ds = 24 mm

Sehingga, $R = 0,0098 (ds+dh)$

$$R = 0,4312 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{43,12 \text{ kg/m}^2}$$

$q_L = R \times \text{jarak gording}$

$$= 43,12 \text{ kg/m}^2 \times 0,62 \text{ m} = 26,73 \text{ kg/m}$$

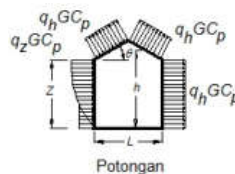
$$q_{L\ X} = q_L \times \sin 15^\circ = 6,92 \text{ kg/m}$$

$$q_{L\ Y} = q_L \times \cos 15^\circ = 25,82 \text{ kg/m}$$

- Beban Angin (Merata)

Menurut pasal 27.1.5 SNI 1727-2013 beban angin desain minimum yang digunakan dalam desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup tidak boleh lebih kecil dari $0,38 \text{ kN/m}^2$ dikalikan dengan luas atap bangunan gedung. Sehingga beban angin yang digunakan dalam perhitungan desain sebesar $0,38 \text{ kN/m}^2$ atau 38 kg/m^2 .

Pengaruh angin pada atap



Gambar 6. 19 Pengaruh Beban Angin Bangunan Gedung Tertutup dengan Atap Pelana

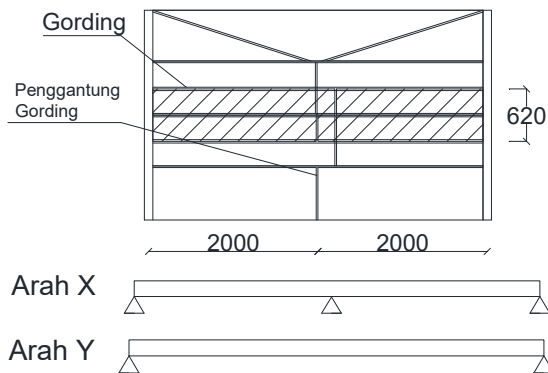
$$qW = \text{jarak gording} \times \text{beban angin} \\ = 0,62 \text{ m} \times 38 \text{ kg/m}^2 = 23,56 \text{ kg/m}$$

Sehingga,

$$qW_X = qW \cdot \sin \alpha = 23,56 \text{ kg/m} \cdot \sin 15^\circ \\ = 6,098 \text{ kg/m} = 0,0698 \text{ N/mm}$$

$$qW_Y = qW \cdot \cos \alpha = 23,56 \text{ kg/m} \cdot \cos 15^\circ \\ = 22,76 \text{ kg/m} = 0,228 \text{ N/mm}$$

6.7.1.3 Perhitungan Momen Akibat Beban



Gambar 6. 20 Perencanaan Perhitungan Gording

1. Momen akibat beban mati

$$M_{DLX} = \frac{1}{8} \cdot qDLx \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \left(\frac{4\text{m}}{2}\right)^2 \\ = 1,76 \text{ kgm}$$

$$M_{DLY} = \frac{1}{8} \cdot qDLY \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 13,14 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (4\text{m})^2 \\ = 26,29 \text{ kgm}$$

2. Momen akibat beban hidup terpusat

$$M_{LLX} = \frac{1}{4} \cdot Px \cdot \left(\frac{L}{2}\right) = \frac{1}{4} \cdot 34,42 \text{ kg} \cdot \left(\frac{4\text{m}}{2}\right) \\ = 17,21 \text{ kgm}$$

$$M_{LLY} = \frac{1}{4} \cdot Px \cdot (L) = \frac{1}{4} \cdot 128,47 \text{ kg} \cdot (4\text{m}) \\ = 128,47 \text{ kgm}$$

3. Momen akibat beban hidup merata (air hujan)

$$M_{RX} = \frac{1}{8} \cdot qLLx \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,92 \frac{kg}{m} \cdot \left(\frac{4}{2}\right)^2$$

$$= 3,46 \text{ kgm}$$

$$M_{RY} = \frac{1}{8} \cdot qLLy \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 25,82 \frac{kg}{m} \cdot (4m)^2$$

$$= 51,65 \text{ kgm}$$

4. Momen akibat beban angin

Beban angin bekerja tegak lurus dengan atap sehingga beban angin bekerja sama dengan arah y.

$$M_{WY} = \frac{1}{8} \cdot qLLy \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 22,76 \frac{kg}{m} \cdot (4m)^2$$

$$= 45,51 \text{ kgm}$$

6.7.1.4 Perhitungan Momen Ultimate pada Gording

Perhitungan beban kombinasi untuk momen ultimate pada gording sebagai berikut:

1. $Mu_1 = 1,4D$

$$Mu_1X = 1,4 \times 1,76 \text{ kgm} = 2,465 \text{ kgm}$$

$$= 24652,26 \text{ Nmm}$$

$$Mu_1Y = 1,4 \times 26,29 \text{ kgm} = 36,801 \text{ kgm}$$

$$= 368013,88 \text{ Nmm}$$

2. $Mu_2 = 1,2D + 1,6La + 0,8W$

$$Mu_2X = 1,2 \times 1,76 \text{ kgm} + 1,6 \times 17,2 \text{ kgm} = 29,6 \text{ kgm}$$

$$= 296490,5 \text{ Nmm}$$

$$Mu_2Y = 1,2 \times 26,29 \text{ kgm} + 1,6 \times 128,47 \text{ kgm} + 0,8 \times 45,51 \text{ kgm} = 273,5 \text{ kgm} = 2735075,9 \text{ Nmm}$$

3. $Mu_3 = 1,2D + 1,6R + 0,8W$

$$Mu_3X = 1,2 \times 1,76 \text{ kgm} + 1,6 \times 3,46 \text{ kgm} = 7,6 \text{ kgm}$$

$$Mu_3Y = 1,2 \times 26,29 \text{ kgm} + 1,6 \times 51,65 \text{ kgm} + 0,8 \times 45,51 \text{ kgm} = 150,6 \text{ kgm} = 1505955,9 \text{ Nmm}$$

Sehingga, untuk perhitungan dipilih momen MuX dan MuY yang paling besar yaitu **296490,5 Nmm** dan **2735075,9 Nmm**

6.7.1.5 Perhitungan Momen Nominal

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel B4. 1b, sebagai berikut:

1. Penampang badan

$$\frac{b}{t} = \frac{75 \text{ mm}}{3,2 \text{ mm}} = 23,44$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

$$\lambda_r = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 28,28$$

Karena, nilai $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$ maka penampang yang digunakan merupakan penampang dengan badan tidak kompak.

2. Penampang sayap

$$\frac{h}{t} = \frac{200 \text{ mm}}{3,2 \text{ mm}} = 62,5$$

$$\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{240 \text{ MPa}}} = 106,35$$

$$\lambda_r = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{240 \text{ MPa}}} = 161,22$$

Karena, nilai $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$ maka penampang yang digunakan merupakan penampang dengan sayap tidak kompak. Menurut SNI 1729 – 2015 pasal B4.1 bila memiliki nilai $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$ maka penampang yang dipakai penampang non-kompak. Untuk profil berbentuk kanal, maka momen nominal profil dihitung sesuai SNI 1729-2015 pasal F3, berikut:

1. Menghitung momen nominal akibat pelelehan

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

$$Z_x = \frac{1}{4} \cdot h \cdot t^2 + a \cdot t(ht - a) + t \cdot (b - 2t) \cdot (ht - t)$$

$$Z_x = \frac{1}{4} \cdot 200 \text{ mm} \cdot 3,2 \text{ mm}^2 + 20 \text{ mm} \cdot 3,2 \text{ mm} + (200 \text{ mm} \cdot 3,2 \text{ mm} - 20 \text{ mm}) \cdot 3,2 \text{ mm} \cdot (75 \text{ mm} - 2 \cdot 3,2 \text{ mm}) + (200 \text{ mm} - 3,2 \text{ mm}) \cdot 3,2 \text{ mm} = 55233,54 \text{ mm}^3$$

$$M_n = 250 \text{ MPa} \cdot 55233,54 \text{ mm}^3 = 13808384 \text{ Nmm}$$

2. Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral
Diketahui, panjang antar pengaku $L_b = 4000 \text{ mm}$
Menghitung nilai L_p :

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \cdot 27,1 \text{ mm} \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 1349,05 \text{ mm}$$

Menghitung nilai L_r :

$$L_r = 1,95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{0,7f_y} \cdot \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h}\right)^3 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot f_y}{E}\right)^2}}$$

Konstanta warping:

$$C_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4} = \frac{875000 \text{ mm}^4 \cdot (196,8 \text{ mm})^2}{4} = 8,47 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot c_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{87,5 \text{ cm}^4 \cdot 8,47 \times 10^9 \text{ mm}^6}}{72,1 \text{ cm}^3} = 1194,17 \text{ mm}^2$$

$$r_{ts} = \sqrt{1194,17 \text{ mm}^2} = 34,56 \text{ mm}$$

Menghitung konstanta torsi :

$$J = \frac{2 \cdot b \cdot t^3 + (h - t_f) \cdot t^3}{3}$$

$$J = \frac{2 \cdot 75 \text{ mm} \cdot 3,2 \text{ mm}^3 + (200 \text{ mm} - 3,2 \text{ mm}) \cdot 3,2 \text{ mm}^3}{3}$$

$$J = 3787,98 \text{ mm}^4$$

Menghitung konstanta c :

$$c = \frac{h}{2} \cdot \sqrt{\frac{I_y}{c_w}} = \frac{200 \text{ mm}}{2} \cdot \sqrt{\frac{875000 \text{ mm}^4}{8,47 \times 10^9 \text{ mm}^6}} = 1,02 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 34,56 \text{ mm} \cdot \frac{200000 \text{ MPa}}{0,7 \cdot 250 \text{ MPa}} \times$$

$$\sqrt{\frac{3787,98 \text{ mm}^4 \cdot 1,02 \text{ mm}}{3787,98 \text{ mm}^4 \cdot 196,8} + \sqrt{\left(\frac{3787,98 \text{ mm}^4 \cdot 1,02 \text{ mm}}{72100 \text{ mm}^4 \cdot 196,8 \text{ mm}}\right)^3 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 250}{200000}\right)^2}}$$

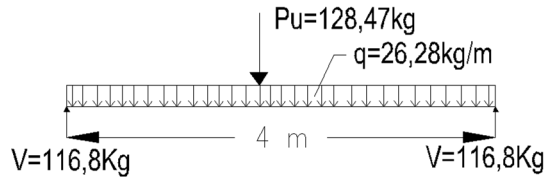
$$L_r = 3898,39 \text{ mm}$$

Diketahui, nilai $L_b > L_r \rightarrow 4000 \text{ mm} > 3898,39 \text{ mm}$

Maka: $M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0} \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

$$C_b = \frac{12,5 \text{ M max}}{2,5 \text{ M max} + 3 \text{ M a} + 4 \text{ M b} + 3 \text{ M c}}$$



Gambar 6. 21 Reaksi dan Beban pada Gording

Menghitung momen yang terjadi (M_A , M_B , dan M_C):

$$M_A \rightarrow \text{Momen yang terjadi pada } \frac{1}{4} \text{ bentang} \\ = 116,8 \text{ kg} \cdot 4\text{m}/4 - 0,5 \cdot 26,28\text{kg/m} \cdot (4\text{m}/4)^2 \\ = 103,65 \text{ kgm}$$

$$M_B \rightarrow \text{Momen yang terjadi pada } \frac{1}{2} \text{ bentang} \\ = 116,8 \text{ kg} \cdot 4\text{m}/2 - 0,5 \cdot 26,28\text{kg/m} \cdot (4\text{m}/2)^2 \\ = 181,03 \text{ kgm}$$

$$M_C \rightarrow \text{Momen yang terjadi pada } \frac{1}{4} \text{ bentang} \\ = 116,8 \text{ kg} \cdot 4\text{m}/4 - 0,5 \cdot 26,28\text{kg/m} \cdot (4\text{m}/4)^2 \\ = 103,65 \text{ kgm}$$

$$M_{\max} = 273,51 \text{ kgm}$$

$$Cb = \frac{12,5 \cdot 273,51 \text{ kgm}}{2,5 \cdot 273,51 \text{ kgm} + 3 \cdot 103,65 \text{ kgm} + 4 \cdot 181,03 \text{ kgm} + 3 \cdot 103,65 \text{ kgm}} \\ Cb = 1,68$$

$$Fcr = \frac{1,68 \cdot \pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{4000}{34,56}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{3787,98 \cdot 1,02}{72100 \cdot 196,8} \cdot \left(\frac{4000}{34,56}\right)^2}$$

$$Fcr = 281,13 \text{ MPa}$$

$$Mn = Fcr \cdot Sx \leq Mp$$

$$Mn = 281,13 \text{ MPa} \cdot 721000 \text{ mm}^3 \\ = 20269571,58 \text{ Nmm} = 2026,9 \text{ kgm}$$

Menghitung momen akibat tekuk lokal sayap tekan

$$Mn = Mp - (Mp - 0,7 \cdot fy \cdot Sx) \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}}\right)$$

$$Mn = 13808384 \text{ Nmm} - (13808384 \text{ Nmm} \cdot 0,7 \cdot 250 \\ \text{MPa} \cdot 721000 \text{ mm}^3) \cdot \left(\frac{23,44 - 10,97}{28,87 - 10,97}\right)$$

$$Mn = 12946643,51 \text{ Nmm} = 1294,66 \text{ kgm}$$

6.7.1.6 Kontrol Momen Nominal

Dari ketiga kondisi di atas, dicari nilai momen nominal paling kecil. Sehingga yang digunakan adalah nilai momen akibat tekuk lokal sayap tekan, $M_n \text{ min} = 1294,66 \text{ kgm}$.

$M_u \text{ maks} < \phi M_n$

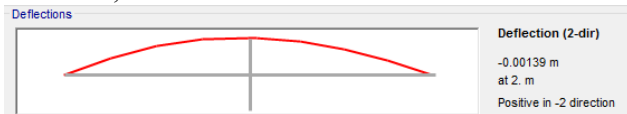
$273,51 \text{ kgm} < 0,9 \cdot 1294,66 \text{ kgm}$

$273,51 \text{ kgm} < 1165,20 \text{ kgm}$ **(OKE!)**

Stress Ratio $\rightarrow M_u / \phi M_n = 0,25 \leq 1$ **(OKE!)**

6.7.2.6 Kontrol Lendutan

Dari hasil menggunakan SAP 2000, lendutan maksimum terjadi pada *frame* gording 2951 yaitu sebesar 0,0014 m.



Gambar 6. 22 Lendutan Maksimum Pada Profil Gording

Syarat lendutan, $\delta_{\text{ijin}} > \delta$

$\delta_{\text{ijin}} = 0,62 \text{ m} / 240 = 0,00258 \text{ m} > 0,0014 \text{ m}$ **(OKE!)**

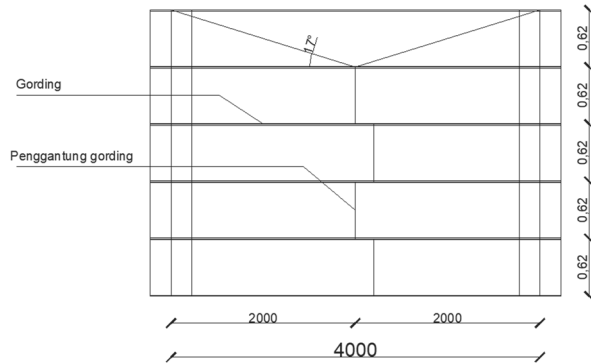
6.7.2 Perhitungan Penggantung Gording

6.7.2.1 Data Perencanaan

Data-data perencanaan untuk perhitungan penggantung gording adalah sebagai berikut:

Jumlah penggantung gording	=	1 buah
Jarak penggantung gording (ℓ_1)	=	2 meter
Jarak antar gording (b_1)	=	0,62 meter
Jumlah gording yang ditumpu (n)	=	25 buah
Beban mati pada gording (arah Y)	=	13,14 kg/m
Beban hidup pada gording (arah Y)	=	128,47 kg
Beban angin pada gording (arah Y)	=	22,76 kg/m
f_y	=	2500 kg/cm ²
f_u	=	4100 kg/cm ²

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{b}{l}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0,62 \text{ m}}{2 \text{ m}}\right) = 17,22^\circ$$



Gambar 6. 23 Penggantung Gording

6.7.2.2 Perhitungan Pembebanan

1. Beban mati

$$Q_D = \ell_1 \cdot q_D \cdot n = 2\text{m} \cdot 13,14\text{kg/m} \cdot 25 = 657,17\text{kg}$$

$$R_D = Q_D \cdot \sin \theta = 657,17 \text{ kg} \cdot \sin 17,22^\circ = \mathbf{170,09 \text{ kg}}$$

2. Beban hidup

a. Air Hujan (merata)

$$Q_{LR} = \ell_1 \cdot q_{LR} \cdot n = 2\text{m} \cdot 25,82 \text{ kg/m} \cdot 25 = 1291,172\text{kg}$$

$$R_{LR} = Q_{LR} \cdot \sin \theta = 1291,172\text{kg} \cdot \sin 17,2^\circ = 344,18 \text{ kg}$$

b. Pekerja (terpusat)

$$Q_{LL} = n \cdot P_{LL} = 25 \cdot 128,47 \text{ kg} = 3211,7034 \text{ kg}$$

$$R_{LL} = Q_{LR} \cdot \sin \theta = 3211,7 \text{ kg} \cdot \sin 17,22^\circ = \mathbf{831,25 \text{ kg}}$$

3. Beban Angin

$$Q_W = \ell_1 \cdot q_W \cdot n = 2\text{m} \cdot 22,76 \text{ kg/m} \cdot 25 = 1137,86 \text{ kg}$$

$$R_W = Q_W \cdot \sin \theta = 1137,86\text{kg} \cdot \sin 17,2^\circ = \mathbf{294,50 \text{ kg}}$$

6.7.2.3 Kombinasi Pembebana

Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah:

$$1,4D = 1,4 \times 170,09\text{kg} = 170,09 \text{ kg}$$

$$1,2D+1,6L = 1,2(170,09 \text{ kg}) + 1,6(831,25 \text{ kg})$$

$$N = \mathbf{1534,11 \text{ kg}}$$

$$1,2D+1,0L+0,8W = 1,2(170,09 \text{ kg}) + (831,25 \text{ kg}) + 0,8(294,50 \text{ kg}) = 1270,96 \text{ kg}$$

Maka, kombinasi pembebanan yang menentukan adalah $1,2D+1,6L = 1534,11 \text{ kg}$

6.7.2.4 Perhitungan Dimensi Penggantung Gording

$$\theta = \arctan\left(\frac{b1}{l1}\right) = \arctan\left(\frac{0,62m}{2m}\right) = 17,223^\circ$$

Gaya yang tersalurkan ke kuda-kuda :

$$\sum V = 0, \quad T \sin\theta - N = 0$$

$$T = \frac{N}{\sin\theta} = \frac{1534,1 \text{ kg}}{\sin 17^\circ} = 5181,1 \text{ kg} = 51810,6N$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penggantung gording (A)} &= \frac{T}{f_y} = \frac{51810,6N}{250 \frac{N}{\text{mm}^2}} \\ &= 207,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba dipakai penggantung gording batang bulat dengan diameter 19 mm dengan $A_s = 283,53 \text{ mm}^2$

$A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ terjadi}} = 283,53 \text{ mm}^2 > 207,24 \text{ mm}^2$ (**OK!**)

6.7.2.5 Perhitungan Kontrol Tegangan

Gaya tarik nominal tulangan dihitung sesuai dengan SNI 1729 – 2015 pasal D2:

- a. Kontrol leleh tarik pada penampang bruto

$$\text{Gaya ultimate terjadi (Tu)} = T = 51810,6 N$$

Gaya tarik nominal tulangan (Tn)

$$Tu \leq \phi \cdot Tn \text{ (SNI 03-1729-2002 pasal 10.1.1-2a)}$$

$$\begin{aligned} Tn &= \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 250 \text{ N/mm}^2 \cdot 283,53 \text{ mm}^2 \\ &= 63793,97 \text{ N} = 6379,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Tu \leq \phi \cdot Tn = 5181,1 \text{ kg} < 6379,3 \text{ kg} \text{ (**OK!**)}$$

- b. Kontrol Tegangan Putus

$$\text{Gaya ultimate terjadi (Tu)} = T = 51810,6 N$$

Gaya tarik nominal tulangan (Tn)

$$Tu \leq \phi \cdot Tn, Tn = \phi \cdot f_u \cdot A_e \text{ dimana } A_e = A_n \cdot U$$

Untuk nilai faktor *shear lag*, $U = 1,0$ (SNI 03-1729-2015 Tabel D3.1)

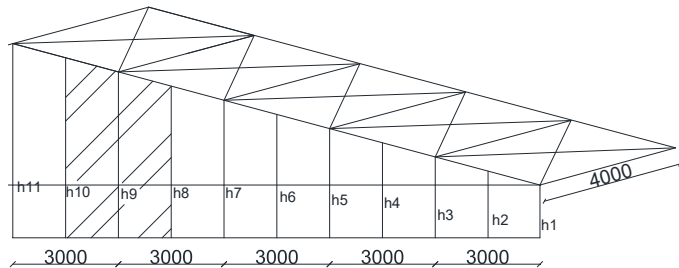
$$A_n = A_g = 283,53 \text{ mm}^2 \rightarrow A_e = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$T_n = 0,75 \cdot 410 \text{ N/mm}^2 \cdot 283,53 \text{ mm}^2 = 87185,09 \text{ N}$$

$$T_u \leq \phi \cdot T_n = 5181,1 \text{ kg} < 87185,51 \text{ kg (OK!)}$$

Karena, nilai $T_n > T_u$ maka digunakan penggantung gording dengan $\phi 19$

6.7.3 Perhitungan Ikatan Angin



Gambar 6. 24 Perhitungan Ikatan Angin

6.7.3.1 Perhitungan Pembebanan

Beban angin $q_w = 38 \text{ kg/m}^2$ (beban angin atap minimum)

- Perhitungan tinggi bidang

$\alpha = 15^\circ$ Sehingga, untuk menghitung nilai h_1 sampai dengan h_{11} dapat digunakan cara sebagai berikut :

$$H_1 = 1,5 \text{ meter}$$

$$H_2 = 1,5\text{m} + (1,5 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 1,9 \text{ meter}$$

$$H_3 = 1,5\text{m} + (3 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 2,3 \text{ meter}$$

$$H_4 = 1,5\text{m} + (4,5 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 2,7 \text{ meter}$$

$$H_5 = 1,5\text{m} + (6 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 3,1 \text{ meter}$$

$$H_6 = 1,5\text{m} + (7,5 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 3,5 \text{ meter}$$

$$H_7 = 1,5\text{m} + (9 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 3,8 \text{ meter}$$

$$H_8 = 1,5\text{m} + (10,5 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 4,2 \text{ meter}$$

$$H_9 = 1,5\text{m} + (12 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 4,6 \text{ meter}$$

$$H_{10} = 1,5\text{m} + (13,5 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 5,0 \text{ meter}$$

$$H_{11} = 1,5\text{m} + (15 \text{ m}) \times \sin 15^\circ = 5,5 \text{ meter}$$

- Perhitungan luas bidang

Menghitung nilai luas bidang A1 sampai dengan A6 sama dengan menghitung luas trapesium, seperti berikut :

$$A1 = 0,5 \cdot (h_1+h_2) \cdot (3\text{m}/2) = 2,5 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,5 \cdot (h_2+h_4) \cdot (3\text{m}) = 6,8 \text{ m}^2$$

$$A3 = 0,5 \cdot (h_4+h_6) \cdot (3\text{m}) = 9,2 \text{ m}^2$$

$$A4 = 0,5 \cdot (h_6+h_8) \cdot (3\text{m}) = 11 \text{ m}^2$$

$$A5 = 0,5 \cdot (h_8+h_{10}) \cdot (3\text{m}) = 14 \text{ m}^2$$

$$A6 = 0,5 \cdot (h_{10}+h_{11}) \cdot (3\text{m}/2) = 7,8 \text{ m}^2$$

- Perhitungan gaya yang bekerja

Gaya yang bekerja (R) dihitung dengan rumus $R=0,5 \times q \times W \times A$, dimana $qW = 38 \text{ kg/m}^2$

$$R1 = 0,5 \cdot 38 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,5 \text{ m}^2 = 48,28 \text{ kg}$$

$$R2 = 0,5 \cdot 38 \text{ kg/m}^2 \cdot 6,8 \text{ m}^2 = 129,76 \text{ kg}$$

$$R3 = 0,5 \cdot 38 \text{ kg/m}^2 \cdot 9,2 \text{ m}^2 = 174,02 \text{ kg}$$

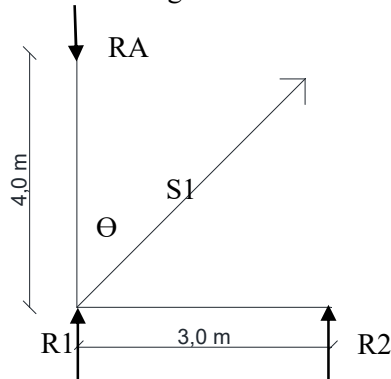
$$R4 = 0,5 \cdot 38 \text{ kg/m}^2 \cdot 11 \text{ m}^2 = 218,27 \text{ kg}$$

$$R5 = 0,5 \cdot 38 \text{ kg/m}^2 \cdot 14 \text{ m}^2 = 262,53 \text{ kg}$$

$$R6 = 0,5 \cdot 38 \text{ kg/m}^2 \cdot 7,8 \text{ m}^2 = \underline{147,86 \text{ kg}} +$$

$$RA = 980,73 \text{ kg}$$

- Perhitungan beban ikatan angin



Gambar 6. 25 Beban pada Ikatan Angin

Untuk mengetahui nilai S1, maka gaya-gaya akibat beban di atas dihitung menggunakan cara titik simpul.

$$\theta = \text{arc tan} \frac{3 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 36,87^\circ$$

Sehingga,

$$\sum V = 0$$

$$-RA + R1 + S1 \cdot \cos\theta = 0$$

$$RA = R1 + S1 \cdot \cos\theta$$

$$S1 = \frac{RA - R1}{\cos\theta} = \frac{980,73 \text{ kg} - 48,28 \text{ kg}}{\cos 36,87^\circ} = 1165,6 \text{ kg} \text{ ..(tarik)}$$

6.7.3.2 Perhitungan Dimensi Ikatan Angin

$$Pu = S1 = 1165,6 \text{ kg} \dots (\text{tarik}) = 11656 \text{ N}$$

$$\text{Luas ikatan angin (A)} = \frac{S3}{fy} = \frac{11656 \text{ N}}{250 \text{ MPa}} = 46,62 \text{ mm}^2$$

Dicoba ikatan angin $\varnothing 10$, dengan $Ag = 78,54 \text{ mm}^2$

6.7.3.3 Perhitungan Kontrol Tegangan Ikatan Angin

Gaya tarik ultimate terjadi adalah: $S1 = 11656 \text{ N}$

- a. Kontrol Kuat Leleh Tarik dengan Penampang Bruto

$$Pu = \phi \cdot fy \cdot Ag$$

$$Pu = 0,9 \cdot 250 \text{ MPa} \cdot 78,54 \text{ mm}^2 = 17671,5 \text{ N}$$

Cek, $17671,5 \text{ N} > 11656 \text{ N}$ (**OK!**)

- b. Kontrol Kuat Putus

$$Pu = \phi \cdot fu \cdot Ae$$

$$Ae = An \cdot U, U = 1,0 \text{ (SNI 1729-2015 Tabel D3-1)}$$

$$Ae = 78,54 \text{ mm}^2 \cdot 1 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$Pu = 0,75 \cdot 410 \text{ MPa} \cdot 78,54 \text{ mm}^2 = 28981,2 \text{ N}$$

Cek, $28981,2 \text{ N} > 11656 \text{ N}$ (**OK!**)

6.7.4 Perhitungan Kuda-kuda

Kuda-kuda memiliki fungsi untuk menahan gaya-gaya yang disalurkan oleh gording yang meliputi beban mati atap, beban hidup merata, beban hidup pekerja, dan beban angin yang bekerja.

6.7.4.1 Data Perencanaan

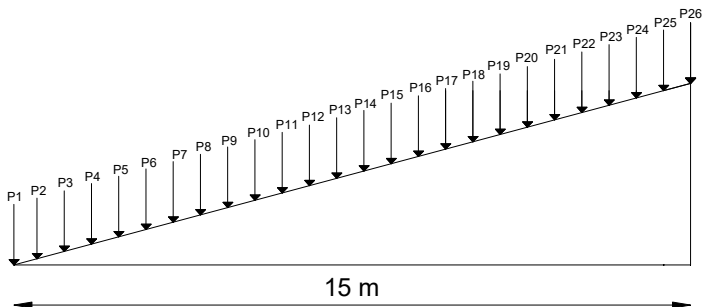
Data-data perencanaan untuk perhitungan kuda-kuda adalah sebagai berikut:

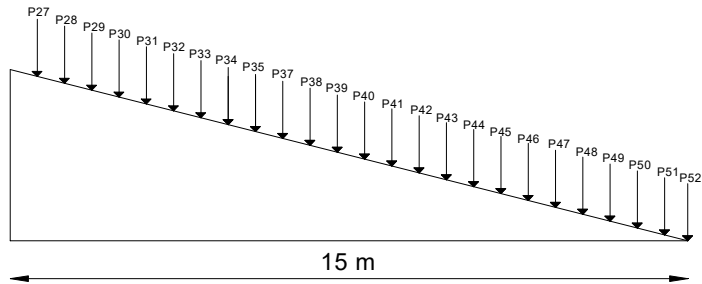
Mutu baja	=	BJ 41
Jarak antar kuda-kuda	=	4 meter
Jarak antar gording	=	0,62 meter
Bentang kuda-kuda	=	30 meter
Sudut kemiringan	=	15°
Panjang miring atap	=	15,529 meter
Berat atap	=	5 kg/m ²
Berat gording	=	9,27 kg/m

Untuk perencanaan kuda-kuda dicoba digunakan profil WF 450x200x8x12 dengan data berikut:

A = 450 mm	I _x =	28700 cm ⁴
B = 200 mm	I _y =	1580 cm ⁴
tw = 8 mm	S _x =	1290 cm ³
tf = 12 mm	S _y =	159 cm ³
W = 66.2 kg/m	I _x =	18,5 cm
Ag = 84,3 cm ²	I _y =	4,33 cm
r = 18 mm		

6.7.4.2 Perhitungan Pembebanan





Gambar 6. 26 Gaya yang Terjadi pada Kuda-kuda

1. Beban Mati

- Untuk nilai pada P2 – P51

$$\text{Berat atap} = 5\text{kg/m}^2 \times 0,62\text{m} \times 4\text{m} = 12,4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat gording} = 9,27\text{kg/m} \times 4\text{m} = \underline{37,08 \text{ kg}} +$$

$$\text{Qd} = 49,5 \text{ kg}$$

$$\text{Berat lain-lain (Qd . 10\%)} = \underline{4,948 \text{ kg}} +$$

$$\text{Qd total} = 54,4 \text{ kg}$$

- Untuk nilai pada P1 dan P52

$$\text{Berat atap} = 5\text{kg/m}^2 \times 0,62\text{m}/2 \times 4\text{m} = 6,2 \text{ kg}$$

$$\text{Berat gording} = 9,27\text{kg/m} \times 4\text{m} = \underline{37,08 \text{ kg}} +$$

$$\text{Qd} = 43,3 \text{ kg}$$

$$\text{Berat lain-lain (Qd . 10\%)} = \underline{4,328 \text{ kg}} +$$

$$\text{Qd total} = 47,6 \text{ kg}$$

2. Beban Hidup

Untuk beban hidup yang dimasukkan yakni beban hidup pekerja sebesar $1,33 \text{ kN} = 133 \text{ kg}$

3. Beban Angin

Beban angin yang dipakai sesuai dengan peraturan SNI 1727-2013 pasal 27.1.5 pembebanan minimum angin pada atap yaitu sebesar 38kg/m^2 .

- Arah angin datang

- Untuk nilai pada P27 sampai dengan P51

$$\text{Angin datang} = 38\text{kg/m}^2 \times 4\text{m} \times 0,62\text{m} = 94,24\text{kg}$$

- Untuk nilai P52
Angin datang = $38\text{kg/m}^2 \times 4\text{m} / 2 \times 0,62\text{m} = 47,12\text{kg}$
- Arah angin pergi
- Untuk nilai pada P2 sampai dengan P26
Angin pergi = $38\text{kg/m}^2 \times 4\text{m} \times 0,62\text{m} = -94,24\text{kg}$
- Untuk nilai P1
Angin pergi = $38\text{kg/m}^2 \times 4\text{m} / 2 \times 0,62\text{m} = -47,12\text{kg}$

6.7.4.3 Perhitungan Gaya pada Kuda-kuda

Perhitungan gaya yang terjadi pada kuda-kuda menggunakan hasil analisis dengan SAP 2000 v.18. Gaya diambil dari kuda-kuda dengan gaya terbesar yaitu pada *frame* 2455 berikut ini:

1. Kombinasi 1,4 D
 $P_u = 6148,65 \text{ kg}$; $V_u = 2777,01 \text{ kg}$
 $M_u = 9865,54 \text{ kg.m}$
 2. Kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5W
 $P_u = 5145,14 \text{ kg}$; $V_u = 3098,46 \text{ kg}$
 $M_u = 10226,63 \text{ kg.m}$
 3. Kombinasi 0,9D + 1,0W
 $P_u = 3702,43 \text{ kg}$; $V_u = 3221,56 \text{ kg}$
 $M_u = 9883,05 \text{ kg.m}$
- Sehingga, dari kombinasi pembebanan didapat:
 $P_{\text{max}} = 6148,65 \text{ kg}$; $V_{\text{max}} = 3221,56 \text{ kg}$
 $M_{\text{max}} = 10226,63 \text{ kg.m}$

6.7.4.4 Perhitungan Momen Tekan Nominal

Diketahui:

$$P_{\text{maks}} = 6148,65 \text{ kg}$$

$$A_g = 84,3 \text{ cm}^2 = 8430 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang antar pengaku lateral} &= \text{jarak antar gording} \\ &= 0,62 \text{ m} = 620 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel B4.1a yaitu:

$$\lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{200 \text{ mm}}{2 \cdot 12 \text{ mm}} = 8,3$$

$$\lambda r = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 15,8$$

Karena, nilai $\lambda < \lambda r$ maka penampang yang digunakan merupakan penampang non-langsing. Untuk perhitungan tekan nominal penampang non-langsing mengikuti SNI 1729-2015 pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing).

1. Ke arah sumbu – X

- Menghitung kelangsingan batang

Faktor panjang efektif (k) untuk sendi-sendi = 1,0

$$\frac{k \cdot L}{rx} = \frac{1,0 \cdot 620 \text{ mm}}{185 \text{ mm}} = 3,35 < 200 \text{ (OKE!) .. pasal E2}$$

- Menghitung kekuatan nominal terfaktor batang tekan

$$\text{Periksa } 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 133,22$$

$$\text{Karena, nilai } \frac{k \cdot L}{rx} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \text{ maka: } Fcr = \left[0,658^{\frac{fy}{Fe}} \right] fy$$

$$\text{Dimana, } Fe = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{k \cdot L}{rx} \right)^2} = \frac{\pi^2 200000 \text{ MPa}}{(3,35)^2} = 175747,77 \text{ MPa}$$

$$Fcr = \left[0,658^{\frac{250 \text{ MPa}}{175747,77 \text{ MPa}}} \right] 250 \text{ MPa} = 249,85 \text{ MPa}$$

$$Pn = Fcr \cdot Ag$$

$$Pn = 249,85 \text{ MPa} \cdot 8430 \text{ mm}^2 = 2106245,6 \text{ N}$$

2. Ke arah sumbu – Y

- Menghitung kelangsingan batang

Faktor panjang efektif (k) untuk sendi-sendi = 1,0

$$\frac{k \cdot L}{ry} = \frac{1,0 \cdot 620 \text{ mm}}{43,3 \text{ mm}} = 14,32 < 200 \text{ (OKE!) .. pasal E2}$$

- Menghitung kekuatan nominal terfaktor batang tekan

$$\text{Periksa } 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 133,22$$

Karena, nilai $\frac{k \cdot L}{r_x} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka: $F_{cr} = \left[0,658 \frac{f_y}{e} \right] f_y$

Dimana, $F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000 \text{ MPa}}{(14,32)^2} = 9627,69 \text{ MPa}$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{250 \text{ MPa}}{29426,47 \text{ MPa}} \right] 250 \text{ MPa} = 247,30 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_n = 267,30 \text{ MPa} \cdot 8430 \text{ mm}^2 = 2084718,87 \text{ N}$$

Untuk menghitung kuat tekan nominal batang, diambil nilai P_n yang paling kecil, sehingga:

$$P_n = 2084718,87 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0,9 \cdot 2084718,87 \text{ N} = 1876247 \text{ N}$$

$$\phi P_n > P_u \rightarrow 1876247 \text{ N} > 61486,5 \text{ N (OKE!)}$$

6.7.4.5 Perhitungan Momen Nominal

Diketahui: $f_r = 70 \text{ MPa}$, $M_{maks} = 15074,93 \text{ kgm}$

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel B4.1a yaitu:

$$\lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{200 \text{ mm}}{2 \cdot 12 \text{ mm}} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

$$\lambda_r = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 28,28$$

Nilai $\lambda < \lambda_p$, penampang memiliki badan kompak.

$$\frac{h}{t} = \frac{450 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 56,25$$

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

$$\lambda_r = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 161,22$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki sayap kompak. Menurut SNI 1729 – 2015 pasal B4.1 bila memiliki nilai $\lambda < \lambda_p$ maka penampang yang dipakai termasuk penampang kompak. Untuk profil

WF, maka perhitungan momen nominal dihitung berdasarkan SNI 1729-2015 pasal F2 sebagai berikut:

1. Menghitung momen nominal akibat pelelehan

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

$$Z_x = \frac{t_w \cdot (h - 2t_f)^2}{4} + (h - t_f) \cdot t_f \cdot b_f$$

$$Z_x = \frac{8 \cdot (450 - 2 \cdot 12)^2}{4} + (450 - 12) \cdot 12 \cdot 450 \text{ ..dalam mm}$$

$$Z_x = 1414152 \text{ mm}^3$$

$$M_n = 250 \text{ MPa} \cdot 1414152 \text{ mm}^3 = 353538000 \text{ Nmm}$$

2. Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral

Diketahui, panjang antar pengaku $L_b = 15529 \text{ mm}$

Menghitung nilai L_p :

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 43,3 \text{ mm} \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 2155,49 \text{ mm}$$

Menghitung nilai L_r :

$$L_r = 1,95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 f_y} \cdot \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h}\right)^3 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot f_y}{E}\right)^2}}$$

Konstanta warping:

$$C_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4} = \frac{1580 \times 10^4 \text{ mm}^4 \cdot (450 \text{ mm})^2}{4} = 8 \times 10^{11} \text{ mm}^3$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{1580 \text{ cm}^4 \cdot 8 \times 10^{11} \text{ mm}^6}}{1290 \text{ cm}^3} = 2755,81 \text{ mm}^2$$

$$r_{ts} = \sqrt{2755,81 \text{ mm}^2} = 52,50 \text{ mm}$$

Menghitung konstanta torsi :

$$J = \frac{2 \cdot b \cdot t_f^3 + (h - t_f) \cdot t_w^3}{3}$$

$$J = \frac{2 \cdot 200 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm}^3 + (450 \text{ mm} - 12 \text{ mm}) \cdot 8 \text{ mm}^3}{3} = 305152 \text{ mm}^4$$

Menghitung konstanta c :

$c = 1 \rightarrow$ untuk profil simetris I ganda (pasal F2-8a)

$$L_r = 1,95 \cdot 52,5 \text{ mm} \cdot \frac{200000 \text{ MPa}}{0,7 \cdot 250 \text{ MPa}} \times$$

$$\sqrt{\frac{305152 \text{ mm}^4 \cdot 1}{1290000 \text{ mm}^3 \cdot 450 \text{ mm}} + \sqrt{\left(\frac{305152 \text{ mm}^4 \cdot 1}{129 \times 10^4 \text{ mm}^4 \cdot 300 \text{ mm}}\right)^3 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 250}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 6257,21 \text{ mm}$$

Diketahui, nilai $L_b > L_r \rightarrow 15529 \text{ mm} > 6257,21 \text{ mm}$

Maka: $M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{J_c}{S_x \cdot h_0} \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

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

Momen yang terjadi (M_A , M_B , dan M_C) dihitung menggunakan SAP v.18 dengan hasil analisis berikut:

$M_A \rightarrow$ Momen pada $\frac{1}{4}$ bentang (3,88m) = 691,17 kgm

$M_B \rightarrow$ Momen pada $\frac{1}{2}$ bentang (7,76m) = 3643,6kgm

$M_C \rightarrow$ Momen pada $\frac{3}{4}$ bentang (11,6m) = 3551,1kgm

$M_{maks} = 10226,63$ kgm

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 10226,63 \text{ kgm}}{2,5 \cdot 10226,63 \text{ kgm} + 3 \cdot 691,17 \text{ kgm} + 4 \cdot 3643,6 \text{ kgm} + 3 \cdot 3551,1 \text{ kgm}}$$

$$C_b = 2,42$$

$$F_{cr} = \frac{2,5 \cdot \pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{15529}{52,5}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{305152}{129 \cdot 10^4 \cdot 450} \cdot \left(\frac{15529}{2,42}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 116,83 \text{ MPa}$$

$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$M_n = 116,83 \text{ MPa} \cdot 129000 \text{ mm}^3$$

$$= 150708363,75 \text{ Nmm} = 15070,84 \text{ kgm}$$

Maka, yang digunakan adalah $M_n = 15070,84$ kgm

Periksa, $\phi M_n = 0,9 \cdot 15070,84 \text{ kgm} = 13563,75 \text{ kgm}$

$\phi M_n > M_u \rightarrow 13563,75 \text{ kgm} > 10226,63 \text{ kgm}$ **(OKE!)**

Stress Ratio $\rightarrow M_u / \phi M_n = 0,754 \leq 1$ **(OKE!)**

6.7.4.6 Perhitungan Geser Nominal

Diketahui: $V_u \text{ maks} = 3221,56$ kg

1. Cek kebutuhan pengaku transversal

Pengaku transversal tidak perlu apabila $\frac{h}{t_w} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{450 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 56,25 ; 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,46 \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 69,58$$

Diketahui $\frac{h}{t_w} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka pada komponen struktur tidak membutuhkan pengaku transversal.

2. Perhitungan Kekuatan Geser

Untuk perhitungan geser struktur dengan badan tanpa pengaku dilakukan sesuai dengan SNI 1729-2015 pasal G2.1.(a) sebagai berikut:

$$\frac{h}{tw} = \frac{450 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 56,25 ; 2,24 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 63,36$$

Dengan $\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{fy}}$ didapat nilai $C_v = 1$ dan $\phi = 1$

$$A_w = h \cdot tw = 450 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} = 3600 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kuat geser} \rightarrow V_n = 0,6 \cdot fy \cdot A_w \cdot C_v$$

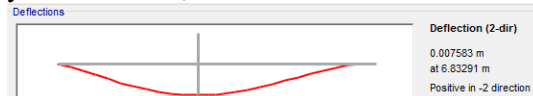
$$V_n = 0,6 \cdot 250 \text{ MPa} \cdot 3600 \text{ mm}^2 \cdot 1 = 540000 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 540000 \text{ N} = 540000 \text{ N} = 54000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow 54000 \text{ kg} \geq 3221,56 \text{ kg} \text{ (OKE!)}$$

6.7.4.7 Kontrol Lendutan

Dari hasil menggunakan SAP 2000, lendutan terjadi yaitu sebesar 0,0076 m.



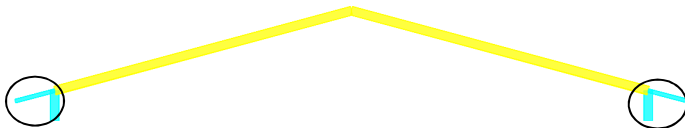
Gambar 6. 27 Lendutan Maksimum Kuda-kuda

Syarat lendutan, $\delta_{ijin} > \delta$

$$\delta_{ijin} = 15,53 \text{ m} / 240 = 0,064 \text{ m} > 0,0076 \text{ m} \text{ (OKE!)}$$

6.7.5 Perhitungan Overstack Kuda-kuda

6.7.5.1 Data Perencanaan



Gambar 6. 28 Overstack pada Kuda-kuda

Data-data perencanaan untuk perhitungan *overstack* adalah sebagai berikut:

$$\text{Mutu baja} = \text{BJ 41}$$

$$\text{Jarak antar kuda-kuda} = 4 \text{ meter}$$

Jarak antar gording	=	0,62 meter
Sudut kemiringan	=	15°
Panjang miring <i>overstack</i>	=	2 meter
Berat atap	=	5 kg/m ²
Berat gording	=	9,27 kg/m

Untuk perencanaan kuda-kuda dicoba digunakan profil WF 200x100x5,5x8 dengan data berikut:

A = 200 mm	I _x =	1840cm ⁴
B = 100 mm	I _y =	134 cm ⁴
tw = 5,5 mm	S _x =	184 cm ³
tf = 8 mm	S _y =	26,8 cm ³
W = 21,3 kg/m	I _x =	8,24 cm
Ag = 27,16 cm ²	I _y =	2,22 cm
r = 11 mm		

6.7.5.2 Perhitungan Gaya pada *Overstack*

Perhitungan gaya yang terjadi pada kuda-kuda menggunakan hasil analisis dengan SAP 2000 v.18. Gaya diambil dari *overstack* kuda-kuda dengan gaya terbesar yaitu pada *frame* 34 berikut ini:

$$P_{\max} = 269,35 \text{ kg}; V_{\max} = 1036,02 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = 1254,09 \text{ kg.m}$$

6.7.5.3 Perhitungan Momen Tekan Nominal

Diketahui:

$$P_{\max} = 269,35 \text{ kg}$$

$$A_g = 27,16 \text{ cm}^2 = 2716 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

$$\text{Panjang antar pengaku lateral} = \text{jarak antar gording}$$

$$= 0,62 \text{ m} = 620 \text{ mm}$$

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel B4.1a yaitu:

$$\lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{100 \text{ mm}}{2 \cdot 8 \text{ mm}} = 6,3$$

$$\lambda_r = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 15,8$$

Karena, nilai $\lambda < \lambda_r$ maka penampang yang digunakan merupakan penampang non-langsing. Untuk perhitungan tekan nominal penampang non-langsing mengikuti SNI 1729-2015 pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing).

1. Ke arah sumbu – X

- Menghitung kelangsingan batang

Faktor panjang efektif (k) untuk sendi-sendi = 1,0

$$\frac{k \cdot L}{r_x} = \frac{1,0 \cdot 620 \text{ mm}}{82,4 \text{ mm}} = 7,52 < 200 \text{ (OKE!) .. pasal E2}$$

- Menghitung kekuatan nominal terfaktor batang tekan

$$\text{Periksa } 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 133,22$$

Karena, nilai $\frac{k \cdot L}{r_x} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka: $F_{cr} = \left[0,658 \frac{f_y}{f_e}\right] f_y$

$$\text{Dimana, } F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000 \text{ MPa}}{(7,52)^2} = 34865,89 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{250 \text{ MPa}}{34865,89 \text{ MPa}}\right] 250 \text{ MPa} = 249,25 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_n = 249,25 \text{ MPa} \cdot 2716 \text{ mm}^2 = 676965,28 \text{ N}$$

2. Ke arah sumbu – Y

- Menghitung kelangsingan batang

Faktor panjang efektif (k) untuk sendi-sendi = 1,0

$$\frac{k \cdot L}{r_y} = \frac{1,0 \cdot 620 \text{ mm}}{22,2 \text{ mm}} = 27,93 < 200 \text{ (OKE!) .. pasal E2}$$

- Menghitung kekuatan nominal terfaktor batang tekan

$$\text{Periksa } 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 133,22$$

Karena, nilai $\frac{k \cdot L}{r_x} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka: $F_{cr} = \left[0,658 \frac{f_y}{f_e}\right] f_y$

$$\text{Dimana, } F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000 \text{ MPa}}{(27,93)^2} = 2530,77 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{250 \text{ MPa}}{2530,77 \text{ MPa}}\right] 250 \text{ MPa} = 239,87 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_n = 239,87 \text{ MPa} \cdot 2716 \text{ mm}^2 = 65149,84 \text{ N}$$

Untuk menghitung kuat tekan nominal batang, diambil nilai P_n yang paling kecil, sehingga:

$$P_n = 651498,40 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0,9 \cdot 651498,40 \text{ N} = 586348,6 \text{ N}$$

$$\phi P_n > P_u \rightarrow 586348,6 \text{ N} > 2693,5 \text{ N (OKE!)}$$

6.7.5.4 Perhitungan Momen Nominal

Diketahui: $f_r = 70 \text{ MPa}$, $M_{maks} = 15074,93 \text{ kgm}$

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel B4.1a yaitu:

$$\lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{100 \text{ mm}}{2 \cdot 8 \text{ mm}} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

$$\lambda_r = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 28,28$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki badan kompak.

$$\frac{h}{t} = \frac{200 \text{ mm}}{5,5 \text{ mm}} = 36,36$$

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

$$\lambda_r = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 161,22$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki sayap kompak. Menurut SNI 1729 – 2015 pasal B4.1 bila memiliki nilai $\lambda < \lambda_p$ maka penampang yang dipakai termasuk penampang kompak. Untuk profil WF, maka perhitungan momen nominal dihitung berdasarkan SNI 1729-2015 pasal F2 sebagai berikut:

1. Menghitung momen nominal akibat pelelehan

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

$$Z_x = \frac{tw \cdot (h - 2tf)^2}{4} + (h - tf) \cdot tf \cdot bf$$

$$Z_x = \frac{5,5 \cdot (200 - 2 \cdot 8)^2}{4} + (200 - 8) \cdot 8 \cdot 200 \text{ ..dalam mm}$$

$$Z_x = 200152 \text{ mm}^3$$

$$M_n = 250 \text{ MPa} \cdot 200152 \text{ mm}^3 = 50038000 \text{ Nmm} = \mathbf{5003,8 \text{ kgm}}$$

2. Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral
Diketahui, panjang antar pengaku $L_b = 2000 \text{ mm}$
Menghitung nilai L_p :

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 22,2 \text{ mm} \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 1105,12 \text{ mm}$$

Menghitung nilai L_r :

$$L_r = 1,95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 f_y} \cdot \sqrt{\frac{J_c}{S_x \cdot h} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x \cdot h}\right)^3 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 f_y}{E}\right)^2}}$$

Konstanta warping:

$$C_w = \frac{I_y \cdot h^2}{4} = \frac{134 \times 10^4 \text{ mm}^4 \cdot (200 \text{ mm})^2}{4} = 1,34 \times 10^{10} \text{ mm}^3$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y \cdot c_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{134 \text{ cm}^4 \cdot 1,34 \times 10^{10} \text{ mm}^3}}{1290 \text{ cm}^3} = 728,26 \text{ mm}^2$$

$$r_{ts} = \sqrt{728,26 \text{ mm}^2} = 26,99 \text{ mm}$$

Menghitung konstanta torsi :

$$J = \frac{2 \cdot b \cdot t^3 + (h - 2t) \cdot t_w^3}{3}$$

$$J = \frac{2 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm}^3 + (200 \text{ mm} - 8 \text{ mm}) \cdot 5,5 \text{ mm}^3}{3}$$

$$J = 44781,33 \text{ mm}^4$$

Menghitung konstanta c :

$c = 1 \rightarrow$ untuk profil simetris I ganda (pasal F2-8a)

$$L_r = 1,95 \cdot 52,5 \text{ mm} \cdot \frac{200000 \text{ MPa}}{0,7 \cdot 250 \text{ MPa}} \times$$

$$\sqrt{\frac{44781,33 \text{ mm}^4 \cdot 1}{184000 \text{ mm}^3 \cdot 200 \text{ mm}} + \sqrt{\left(\frac{44781,33 \text{ mm}^4 \cdot 1}{18,4 \times 10^4 \text{ mm}^3 \cdot 300 \text{ mm}}\right)^3 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 250}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 3705,82 \text{ mm}$$

Diketahui, nilai $L_b < L_r \rightarrow 2000 \text{ mm} < 3705,82 \text{ mm}$

$$\text{Maka: } M_n = C_b \left(M_r + \left(M_p - M_r \left(1 - \frac{L_b}{L_r} \right)^{C_x} \right) \right)$$

$$M_r = S_x \cdot F_L, \text{ dimana } F_L = F_y (k_p - 0,3 k_y)$$

Ditentukan k_p dan $k_y = 1$, maka $F_L = 0,7 F_y$

Sehingga, $F_L = 0,7 \cdot 250 \text{ MPa} = 175 \text{ MPa}$

$$M_r = 184000 \text{ mm}^3 \cdot 175 \text{ MPa} = 32200000 \text{ MPa}$$

$$M_p = S_x \cdot F_y = 184000 \text{ mm}^3 \cdot 175 \text{ MPa} = 46 \times 10^6 \text{ MPa}$$

$$C_x = 0,6 + T/250 \leq 3,0 \rightarrow 0,6 + 20/250 = 0,68$$

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

Momen yang terjadi (M_A , M_B , dan M_C) dihitung menggunakan SAP v.18 dengan hasil analisis berikut:

$$M_A \rightarrow \text{Momen pada } \frac{1}{4} \text{ bentang (0,5m)} = 733,94 \text{ kgm}$$

$$M_B \rightarrow \text{Momen pada } \frac{1}{2} \text{ bentang (1 m)} = 354,27 \text{ kgm}$$

$$M_C \rightarrow \text{Momen pada } \frac{3}{4} \text{ bentang (1,5m)} = 114,3 \text{ kgm}$$

$$M_{maks} = 1254,09 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 1254,09 \text{ kgm}}{2,5 \cdot 1254,09 \text{ kgm} + 3 \cdot 733,94 \text{ kgm} + 4 \cdot 354,27 \text{ kgm} + 3 \cdot 114,3 \text{ kgm}}$$

$$C_b = 2,21$$

$$F_{cr} = \frac{2,21 \cdot \pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{15529}{26,99}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{44781,33}{18,4 \cdot 10^4 \cdot 200} \cdot \left(\frac{2000}{2,21}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 979,06 \text{ MPa}$$

$$M_n = C_b \left(M_r + \left(M_p - M_r \left(1 - \frac{L_b}{L_r} \right) \right) C_x \right)$$

$$M_n = 172554956,7 \text{ Nmm} = \mathbf{17255,5 \text{ kgm}}$$

Maka, yang digunakan adalah $M_n = 5003,80 \text{ kgm}$

$$\text{Periksa, } \phi M_n = 0,9 \cdot 5003,80 \text{ kgm} = 4503,42 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow 4503,42 \text{ kgm} > 1254,09 \text{ kgm} \text{ (OKE!)}$$

$$\text{Stress Ratio} \rightarrow M_u / \phi M_n = 0,28 \leq 1 \text{ (OKE!)}$$

6.7.5.5 Perhitungan Geser Nominal

Diketahui: $V_u \text{ maks} = 1036,02 \text{ kg}$

1. Cek kebutuhan pengaku transversal

Pengaku transversal tidak perlu apabila $\frac{h}{t_w} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{200 \text{ mm}}{5,5 \text{ mm}} = 36,36 ; 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,46 \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 69,58$$

Diketahui $\frac{h}{t_w} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka pada komponen struktur tidak membutuhkan pengaku transversal.

3. Perhitungan Kekuatan Geser

Perhitungan geser struktur dengan badan tanpa pengaku berdasar SNI 1729-2015 pasal G2.1.(a):

$$\frac{h}{tw} = \frac{200 \text{ mm}}{5,5 \text{ mm}} = 36,36 ; 2,24 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 63,36$$

Dengan $\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{fy}}$ didapat nilai $C_v = 1$ dan $\phi = 1$

$$A_w = h \cdot tw = 200 \text{ mm} \cdot 5,5 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kuat geser} \rightarrow V_n = 0,6 \cdot fy \cdot A_w \cdot C_v$$

$$V_n = 0,6 \cdot 250 \text{ MPa} \cdot 1100 \text{ mm}^2 \cdot 1 = 165000 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 165000 \text{ N} = 165000 \text{ N} = 16500 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow 16500 \text{ kg} \geq 1036,02 \text{ kg} \text{ (OKE!)}$$

6.7.5.6 Kontrol Lendutan

Dari hasil menggunakan SAP 2000, lendutan terjadi yaitu sebesar 0,00013 m.

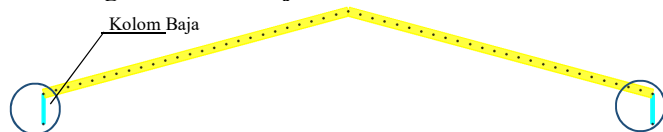


Gambar 6. 29 Lendutan Maksimum Kuda-kuda

Syarat lendutan, $\delta_{ijin} > \delta$

$$\delta_{ijin} = 2 \text{ m} / 240 = 0,0083 \text{ m} > 0,00013 \text{ m} \text{ (OKE!)}$$

6.7.6 Perhitungan Kolom Baja



Gambar 6. 30 Kolom Baja pada Struktur Atap

Diketahui : $h = 1,5 \text{ m} = 1500 \text{ mm}$

Dicoba digunakan profil WF 450x200x8x12 untuk perencanaan kolom baja dengan data berikut:

A	= 450 mm	I _x	= 28700 cm ⁴
B	= 200 mm	I _y	= 1580 cm ⁴
tw	= 8 mm	S _x	= 1290 cm ³
tf	= 12 mm	S _y	= 159 cm ³
W	= 9,27 kg/m	i _x	= 18,5 cm
A _g	= 84,3 cm ²	i _y	= 4,33 cm
r	= 18 mm		

6.7.6.1 Perhitungan Gaya pada Kolom Baja

Gaya-gaya yang terjadi pada kolom baja didapatkan dari permodelan menggunakan SAP 2000 v.18 pada *frame* 2427 dengan hasil sebagai berikut:

1. Kombinasi 1,4 D
 $P_u = 4954,44 \text{ kg}$; $V_u = 5358,16 \text{ kg}$
 $M_u = 9655,1 \text{ kg.m}$
2. Kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5W
 $P_u = 5016,26 \text{ kg}$; $V_u = 4292,7 \text{ kg}$
 $M_u = 9870,97 \text{ kg.m}$
3. Kombinasi 0,9D + 1,0W
 $P_u = 4724,18 \text{ kg}$; $V_u = 2822,5 \text{ kg}$
 $M_u = 9504 \text{ kg.m}$

Sehingga, dari kombinasi pembebanan yang ada didapatkan yakni:

$$P_{\max} = 5016,26 \text{ kg} ; V_{\max} = 5358,16 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = 9870,97 \text{ kg.m}$$

6.7.6.2 Perhitungan Momen Tekan Nominal

Diketahui:

$$P_{\text{maks}} = 5016,26 \text{ kg}$$

$$A_g = 84,3 \text{ cm}^2 = 8430 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

Tinggi kolom = 1500 mm

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel B4.1a yaitu:

$$\lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{200 \text{ mm}}{2 \cdot 12 \text{ mm}} = 8,3$$

$$\lambda_r = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 15,8$$

Karena, nilai $\lambda < \lambda_r$ maka penampang yang digunakan merupakan penampang non-langsing. Untuk perhitungan tekan nominal penampang non-langsing mengikuti SNI 1729-2015 pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing).

1. Ke arah sumbu – X

- Menghitung kelangsingan batang

Faktor panjang efektif (k) untuk sendi-sendi = 1,0

$$\frac{k \cdot L}{r_x} = \frac{1,0 \cdot 1500 \text{ mm}}{185 \text{ mm}} = 8,11 < 200 \text{ (OKE!) .. pasal E2}$$

- Menghitung kekuatan nominal terfaktor batang tekan

$$\text{Periksa } 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 133,2$$

Karena, nilai $\frac{k \cdot L}{r_x} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka: $F_{cr} = \left[0,658^{\frac{f_y}{E}}\right] f_y$

$$\text{Dimana, } F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{k \cdot L}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000 \text{ MPa}}{(8,11)^2} = 30025,53 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658^{\frac{250 \text{ MPa}}{30025,53 \text{ MPa}}}\right] 250 \text{ MPa} = 249,13 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g = 249,13 \text{ MPa} \cdot 8430 \text{ mm}^2 = 21 \times 10^5 \text{ N}$$

2. Ke arah sumbu – Y

- Menghitung kelangsingan batang

Faktor panjang efektif (k) untuk sendi-sendi = 1,0

$$\frac{k \cdot L}{r_y} = \frac{1,0 \cdot 1500 \text{ mm}}{43,3 \text{ mm}} = 34,64 < 200 \text{ (OKE!) .. pasal E2}$$

- Menghitung kekuatan nominal terfaktor batang tekan

$$\text{Periksa } 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 133,22$$

Karena, nilai $\frac{k \cdot L}{r_x} < 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka: $F_{cr} = \left[0,658^{\frac{f_y}{E}}\right] f_y$

$$\text{Dimana, } F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{k \cdot L}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000 \text{ MPa}}{(34,64)^2} = 1644,84 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658^{\frac{250 \text{ MPa}}{1644,84 \text{ MPa}}}\right] 250 \text{ MPa} = 234,59 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$P_n = 234,59 \text{ MPa} \cdot 8430 \text{ mm}^2 = 1977605,3 \text{ N}$$

Untuk menghitung kuat tekan nominal batang, diambil nilai P_n yang paling kecil, sehingga:

$$P_n = 1977605,3 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0,9 \cdot 1977605,3 \text{ N} = 1779844,7 \text{ N}$$

$$\phi P_n > P_u \rightarrow 1779844,7 \text{ N} > 5016,26 \text{ N (OKE!)}$$

6.7.6.3 Perhitungan Momen Nominal

Diketahui: $f_r = 70 \text{ MPa}$, $M_{maks} = 9870,97 \text{ kgm}$

Pengecekan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel B4.1a yaitu:

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{200 \text{ mm}}{2 \cdot 12 \text{ mm}} = 8,3$$

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 10,75$$

$$\lambda_r = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,0 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 28,28$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki badan kompak.

$$\frac{h}{t} = \frac{450 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 56,25$$

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

$$\lambda_r = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 161,22$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang ini memiliki sayap kompak. Menurut SNI 1729 – 2015 pasal B4.1 bila memiliki nilai $\lambda < \lambda_p$ maka penampang yang dipakai termasuk penampang kompak. Untuk profil WF, maka perhitungan momen nominal dihitung berdasarkan SNI 1729-2015 pasal F2 sebagai berikut:

1. Menghitung momen nominal akibat pelelehan

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

$$Z_x = \frac{t_w \cdot (h - 2t_f)^2}{4} + (h - t_f) \cdot t_f \cdot b_f$$

$$Z_x = \frac{8 \cdot (450 - 2 \cdot 12)^2}{4} + (450 - 12) \cdot 12 \cdot 200 \text{ ..dalam mm}$$

$$Z_x = 1414152 \text{ mm}^3$$

$$M_n = 250 \text{ MPa} \cdot 1414152 \text{ mm}^3 = 353538000 \text{ Nmm}$$

2. Menghitung momen nominal akibat tekuk torsi lateral

Diketahui, panjang antar pengaku $L_b = 1500 \text{ mm}$

Menghitung nilai L_p :

$$L_p = 1,76ry \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 43,3 \text{ mm} \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 2155,49 \text{ mm}$$

Karena, nilai $L_b < L_p \rightarrow 1500 \text{ mm} < 2155,49 \text{ mm}$, maka menurut SNI 1729-2015 pasal F2.2(a) untuk momen nominal akibat tekuk torsi lateral dapat diabaikan. Sehingga nilai diambil $M_n = 353538000 \text{ Nmm}$.

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 35353,8 \text{ kgm} = 31818,42 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow 31818,42 \text{ kgm} > 9870,97 \text{ kgm} \text{ (OKE!)}$$

$$\text{Stress Ratio} \rightarrow M_u / \phi M_n = 0,31 \leq 1 \text{ (OKE!)}$$

6.7.6.4 Perhitungan Geser Nominal

Diketahui: $V_u \text{ maks} = 5358,16 \text{ kg}$

1. Cek kebutuhan pengaku transversal

Pengaku transversal tidak perlu apabila $\frac{h}{tw} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$$\frac{h}{tw} = \frac{450 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 56,25 ; 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,46 \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 69,58$$

Diketahui $\frac{h}{tw} \leq 2,46 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka pada komponen struktur tidak membutuhkan pengaku transversal.

2. Perhitungan Kekuatan Geser

Untuk perhitungan geser struktur dengan badan tanpa pengaku dilakukan sesuai dengan SNI 1729-2015 pasal G2.1.(a) sebagai berikut:

$$\frac{h}{tw} = \frac{450 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 56,25 ; 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}}} = 63,36$$

Dengan $\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ didapat nilai $C_v = 1$ dan $\phi = 1$

$$A_w = h \cdot tw = 450 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} = 3600 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kuat geser} \rightarrow V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$V_n = 0,6 \cdot 250 \text{ MPa} \cdot 3600 \text{ mm}^2 \cdot 1 = 540000 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 540000 \text{ N} = 540000 \text{ N} = 54000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow 54000 \text{ kg} \geq 5358,16 \text{ kg} \text{ (OKE!)}$$

6.7.6.5 Kontrol Lentutan

Dari hasil menggunakan SAP 2000, lentutan terjadi yaitu sebesar 0,00022 m.



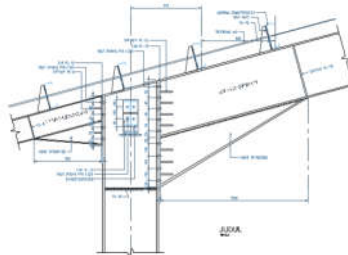
Gambar 6. 31 Lentutan Maksimum Kuda-kuda

Syarat lentutan, $\delta_{ijin} > \delta$

$\delta_{ijin} = 1,5 \text{ m} / 240 = 0,0063 \text{ m} > 0,00022 \text{ m}$ (OKE!)

6.7.7 Perhitungan Sambungan

6.7.7.1 Sambungan A (Kuda-kuda dan Kolom)



Gambar 6. 32 Sambungan Kuda-kuda dan Kolom

- Gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan kuda-kuda dengan kolom diambil dari hasil analisis menggunakan SAP v.18 berikut:

$V_u = 5358,16 \text{ kg}$

$M_u = 9870,97 \text{ kgm}$

1. Perencanaan sambungan baut

Dicoba direncanakan dengan:

Type = A325 (SNI 1729-2015 Tabel J3.2)

$F_{nt} = 620 \text{ MPa}$

$F_{nv} = 372 \text{ MPa}$

Diameter baut, $d_b = 27 \text{ mm}$

Diameter lubang, $d_o = 30 \text{ mm}$ (SNI 1729-2015
Tabel J3.3 M)

Jumlah baut = 6 buah

Mutu plat sambung = BJ 41

Tebal plat sambung = 10 mm

Jarak spasi baut dihitung menurut SNI 1729-2015 pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari $2,67db$ dan tidak boleh lebih dari $15 tp$, namun tidak boleh melebihi 305 mm, sehingga:

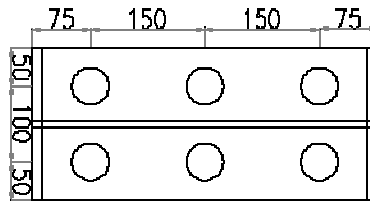
$$2,67 \cdot 27 \text{ mm} < S < 15 \cdot 10 \text{ mm}$$

$$72,09 \text{ mm} < S < 150 \text{ mm}, \text{ dicoba } S = 100 \text{ mm}$$

Jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel J3.4M dan J3.5 dimana untuk baut ukuran 27 mm memiliki jarak tepi minimum yakni 34 mm dan untuk jarak maksimum yaitu $12 tp$ namun tidak boleh lebih dari 150 mm, sehingga:

$$34 \text{ mm} < S1 < 12 \cdot tp$$

$$34 \text{ mm} < S1 < 120 \text{ mm}, \text{ dicoba } S1 = 50 \text{ mm}$$



Gambar 6. 33 Konfigurasi Sambungan A (Kuda-kuda dan Kolom)

- a. Perhitungan akibat geser pada baut
- Pemeriksaan terhadap geser baut (SNI 1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 372 \text{ MPa} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (27 \text{ mm})^2 = 212990,56 \text{ N}$$

- Pemeriksaan terhadap tumpu baut (SNI 1729-2015 Pasal J3.10(a)).

$$R_n = 1,2 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u \leq 1,2d \cdot t \cdot F_u$$

$$= 1,2 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 410 \text{ MPa} \leq 2,4 \cdot 27 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 410 \text{ MPa}$$

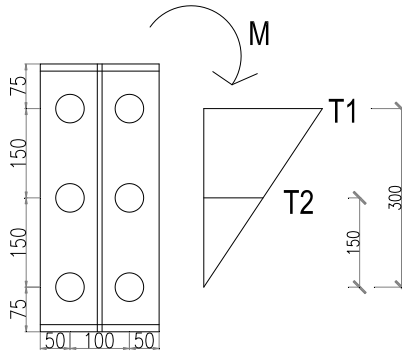
$$= 492000 \text{ N} \leq 265680 \text{ N}$$

Maka, digunakan $R_n = 265680 \text{ N} = 26568 \text{ kg}$

$$\emptyset \cdot R_n \geq V_u \rightarrow 0,75 \cdot 26568 \text{ kg} = 19926 \text{ kg}$$

$$19926 \text{ kg} \geq 5358,16 \text{ kg (OKE!)}$$

- b. Perhitungan akibat momen pada baut
 $M_u = 9870,97 \text{ kgm} = 98709700 \text{ Nmm}$
 Menghitung gaya tarik akibat momen (T_u):



Gambar 6. 34 Gaya yang terjadi akibat Momen

$$\sum dn^2 = (300 \text{ mm})^2 + (150 \text{ mm})^2 = 112500 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan T_1

$$T_1 = \frac{M \cdot d_1}{\sum dn^2} = \frac{98709700 \text{ Nmm} \cdot 300 \text{ mm}}{112500 \text{ mm}^2} = 263225,87 \text{ N}$$

- Perhitungan T_2

$$T_2 = \frac{M \cdot d_2}{\sum dn^2} = \frac{98709700 \text{ Nmm} \cdot 150 \text{ mm}}{112500 \text{ mm}^2} = 131612,93 \text{ N}$$

Dari perhitungan diatas T_n yang digunakan adalah T_u dengan nilai lebih besar $T_n = \mathbf{263225,87 \text{ N}}$

Untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$R_n = f_{nt} \cdot A_b$$

$$= 620 \text{ MPa} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (27 \text{ mm})^2 = 354984,3 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot R_n \geq T_u \rightarrow 0,75 \cdot 354984,3 \text{ N} = 266238,2 \text{ N}$$

$$266238,2 \text{ N} \geq 263225,87 \text{ N (OKE!)}$$

2. Perencanaan sambungan las sudut

Tebal plat = 10 mm

Untuk sambungan las:

Mutu logam pengisi = FE70xx
 F_{exx} = 4921 kg/cm²
 Tebal min. las sudut = 5 mm (SNI 1729-2015
 Tabel J2.4)

Tebal maks. las sudut = 10mm-2mm = 8 mm
 (SNI 1729-2015 Pasal J2.2b)

Dipakai tebal las = 6 mm

Profil yang dipakai WF 450.200.8.12

- Menghitung panjang las (*lw*)

$$lw = 2 \times (450\text{mm} - 2.8\text{mm})$$

$$lw = 868 \text{ mm}$$

- Menghitung luas efektif (*Awe*)

$$Awe = lw \cdot \text{tebal las}$$

$$Awe = 868 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm} = 5208 \text{ mm}^2$$

Meninjau ketahanan las menurut SNI 1729-2015
 pasal J2.4:

- Ketahanan terhadap las:

$$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{exx} \cdot Awe$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 492,1 \text{ N/mm}^2 \cdot 5208 \text{ mm}^2$$

$$= 1153285,6 \text{ N}$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar

$$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot Awe$$

$$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ MPa} \cdot 5208 \text{ mm}^2$$

$$= 960876 \text{ N}$$

Sehingga digunakan nilai yang terkecil yaitu $\emptyset R_n = 960876 \text{ N} = 96087,6 \text{ kg}$

Cek kontrol $\emptyset R_n > V_u$

$$96087,6 \text{ kg} > 5358,16 \text{ kg} \text{ (OKE!)}$$

- Gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan *overstack* kuda-kuda dengan kolom diambil dari hasil analisis dengan SAP v.18 pada *frame* 34 berikut:

$$P_u = 269,35 \text{ kg}$$

$$V_u = 1036,02 \text{ kg}$$

$$M_u = 1254,09 \text{ kgm}$$

1. Perencanaan sambungan baut

Dicoba direncanakan dengan:

Type = A325 (SNI 1729-2015 Tabel J3.2)

Fnt = 620 MPa

Fnv = 372 MPa

Diameter baut, db = 20 mm

Diameter lubang, do = 22 mm (SNI 1729-2015
Tabel J3.3 M)

Jumlah baut = 4 buah

Mutu plat sambung = BJ 41

Tebal plat sambung = 8 mm

Tinggi plat tambah = 20 mm

Jarak spasi baut dihitung menurut SNI 1729-2015 pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari $2,67db$ dan tidak boleh lebih dari $15 tp$, namun tidak boleh melebihi 305 mm, sehingga:

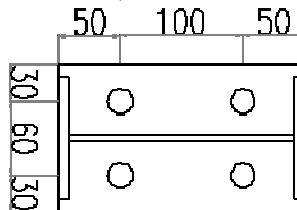
$$2,67 \cdot 20 \text{ mm} < S < 15 \cdot 10 \text{ mm}$$

$$53,4 \text{ mm} < S < 150 \text{ mm, dicoba } S = 60 \text{ mm}$$

Jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel J3.4M dan J3.5 dimana untuk baut ukuran 20 mm memiliki jarak tepi minimum yakni 26 mm dan untuk jarak maksimum yaitu $12 tp$ namun tidak boleh lebih dari 150 mm, sehingga:

$$26 \text{ mm} < S1 < 12 \cdot tp$$

$$26 \text{ mm} < S1 < 120 \text{ mm, dicoba } S1 = 30 \text{ mm}$$



Gambar 6. 35 Konfigurasi Sambungan A (*Overstack* Kuda-kuda dan Kolom)

- a. Perhitungan akibat geser pada baut
 - Pemeriksaan terhadap geser baut (SNI 1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 372 \text{ MPa} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 116867,2 \text{ N}$$

- Pemeriksaan terhadap tumpu baut (SNI 1729-2015 Pasal J3.10(a)).

$$R_n = 1,2 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u \leq 1,2 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$

$$= 1,2 \cdot 60 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ MPa} \leq 2,4 \cdot 20 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ MPa}$$

$$= 236160 \text{ N} \leq 157440 \text{ N}$$

Maka, digunakan $R_n = 157440 \text{ N} = 15744 \text{ kg}$

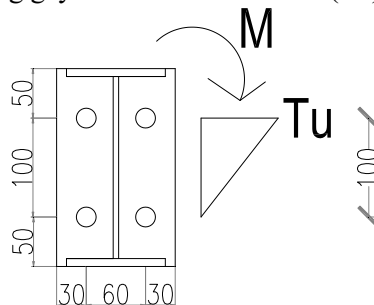
$$\phi \cdot R_n \geq V_u \rightarrow 0,75 \cdot 15744 \text{ kg} = 11808 \text{ kg}$$

$$11808 \geq 1036,02 \text{ kg} \text{ (OKE!)}$$

- b. Perhitungan akibat momen pada baut

$$M_u = 1254,09 \text{ kgm} = 12540900 \text{ Nmm}$$

Menghitung gaya tarik akibat momen (T_u):



Gambar 6. 36 Gaya yang terjadi akibat Momen

$$\sum d_n^2 = (100 \text{ mm})^2 = 10000 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan T_u

$$T_u = \frac{M \cdot d_1}{\sum d_n^2} = \frac{12540900 \text{ Nmm} \cdot 100 \text{ mm}}{10000 \text{ mm}^2} = 125409 \text{ N}$$

Untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$R_n = f_{nt} \cdot A_b$$

$$= 620 \text{ MPa} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 194778,7 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_n &\geq T_u \rightarrow 0,75 \cdot 194778,7\text{N} = 146084,1\text{N} \\ 146084,1\text{N} &\geq 125409\text{ N} \quad \text{(OKE!)} \end{aligned}$$

2. Perencanaan sambungan las sudut

Tebal plat = 8 mm

Untuk sambungan las:

Mutu logam pengisi = FE70xx

F_{exx} = 4921kg/cm²

Tebal min. las sudut = 5 mm (SNI 1729-2015
Tabel J2.4)

Tebal maks. las sudut = 8mm-2mm = 6 mm
(SNI 1729-2015 Pasal J2.2b)

Dipakai tebal las = 6 mm

Profil yang dipakai WF 200.100.5,5.8

- Menghitung panjang las (*lw*)

$$lw = 2 \times (200\text{mm} - 2,5,5\text{mm})$$

$$lw = 378\text{ mm}$$

- Menghitung luas efektif (*Awe*)

$$Awe = lw \cdot \text{tebal las}$$

$$Awe = 378\text{ mm} \cdot 6\text{ mm} = 2268\text{ mm}^2$$

Meninjau ketahanan las menurut SNI 1729-2015 pasal J2.4:

- Ketahanan terhadap las:

$$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{exx} \cdot Awe$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 492,1\text{ N/mm}^2 \cdot 2268\text{ mm}^2 \\ &= 502237,3\text{ N} \end{aligned}$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar

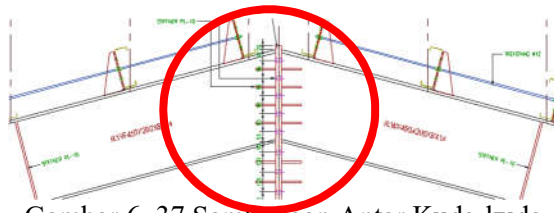
$$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot Awe$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410\text{ MPa} \cdot 2268\text{ mm}^2 \\ &= 418446\text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan nilai yang terkecil yaitu $\emptyset R_n = 418446\text{ N} = 41844,6\text{ kg}$

Cek $\emptyset R_n > V_u$, $41844,6\text{ kg} > 1036,02\text{ kg}$ (OKE!)

6.7.7.2 Sambungan B (Antar Kuda-kuda)



Gambar 6. 37 Sambungan Antar Kuda-kuda

Gaya-gaya yang digunakan untuk perhitungan perencanaan sambungan diambil dari hasil analisis yang terbesar antara *frame* 257 dan 2458 menggunakan SAP v.14 sebagai berikut:

$$P_u = 5767,47 \text{ kg ;}$$

$$V_u = 3835,27 \text{ kg}$$

$$M_u = 6770,85 \text{ kgm}$$

1. Perencanaan sambungan baut

Direncanakan:

$$\text{Tipe} = \text{A325 (SNI 1729-2015 Tabel J3.2)}$$

$$f_{nt} = 620 \text{ MPa}$$

$$f_{nv} = 372 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter baut, } d_b = 24 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lubang, } d_o = 27 \text{ mm (SNI 1729-2015 Tabel J3.3 M)}$$

$$\text{Jumlah baut} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Mutu plat sambung} = \text{BJ 41}$$

$$f_y \text{ dan } f_u = 250 \text{ MPa dan } 410 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal plat sambung} = 10 \text{ mm}$$

Jarak spasi baut dihitung menurut SNI 1729-2015 pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut tidak boleh kurang dari $2,67d_b$ dan tidak boleh lebih dari $15 t_p$, namun tidak boleh melebihi 305 mm, sehingga:

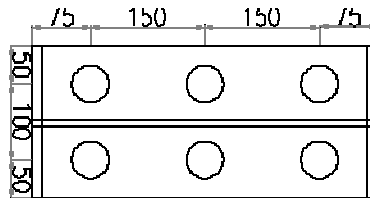
$$2,67 \cdot 24 \text{ mm} < S < 15 \cdot 10 \text{ mm}$$

$$64,08 \text{ mm} < S < 150 \text{ mm, dicoba } S = 100 \text{ mm}$$

Jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel J3.4M dan J3.5 dimana untuk baut ukuran 24 mm memiliki jarak tepi minimum yakni 30 mm dan untuk jarak maksimum yaitu 12 tp namun tidak boleh lebih dari 150 mm, sehingga:

$$30 \text{ mm} < S1 < 12 \cdot tp$$

$$30 \text{ mm} < S1 < 120 \text{ mm, dicoba } S1 = 50 \text{ mm}$$



Gambar 6. 38 Konfigurasi Sambungan A (Antar Kuda-kuda)

- c. Perhitungan akibat geser pada baut
- Pemeriksaan terhadap geser baut (SNI 1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 372 \text{ MPa} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (27 \text{ mm})^2 = 212990,56 \text{ N}$$

- Pemeriksaan terhadap tumpu baut (SNI 1729-2015 Pasal J3.10(a)).

$$R_n = 1,2 \cdot l_c \cdot t \cdot F_u \leq 1,2d \cdot t \cdot F_u$$

$$= 1,2 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 410 \text{ MPa} \leq 2,4 \cdot 24 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 410 \text{ MPa}$$

$$= 492000 \text{ N} \leq 236160 \text{ N}$$

Maka, digunakan $R_n = 236160 \text{ N} = 23616 \text{ kg}$

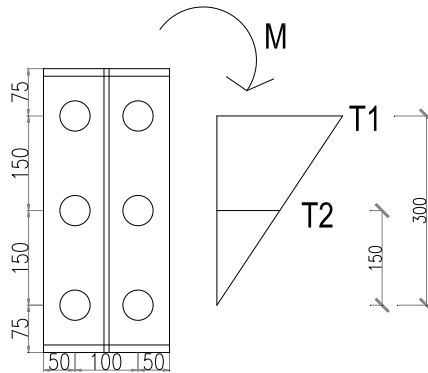
$$\phi \cdot R_n \geq V_u \rightarrow 0,75 \cdot 23616 \text{ kg} = 17712 \text{ kg}$$

$$17712 \text{ kg} \geq 3835,27 \text{ kg (OKE!)}$$

- d. Perhitungan akibat momen pada baut

$$M_u = 6770,85 \text{ kgm} = 67708500 \text{ Nmm}$$

Menghitung gaya tarik akibat momen (T_u):



Gambar 6. 39 Gaya yang terjadi akibat Momen
 $\sum dn^2 = (300 \text{ mm})^2 + (150 \text{ mm})^2 = 112500 \text{ mm}^2$

- Perhitungan T1

$$T1 = \frac{M \cdot d1}{\sum dn^2} = \frac{67708500 \text{ Nmm} \cdot 300 \text{ mm}}{112500 \text{ mm}^2} = 180556 \text{ N}$$

- Perhitungan T2

$$T2 = \frac{M \cdot d2}{\sum dn^2} = \frac{67708500 \text{ Nmm} \cdot 150 \text{ mm}}{112500 \text{ mm}^2} = 90278 \text{ N}$$

Dari perhitungan diatas Tn yang digunakan adalah Tu dengan nilai lebih besar Tn = **180556 N**

Untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$Rn = fnt \cdot Ab$$

$$= 620 \text{ MPa} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (24 \text{ mm})^2 = 280481,4 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot Rn \geq Tu \rightarrow 0,75 \cdot 280481,4 \text{ N} = 210361 \text{ N}$$

$$210361 \text{ N} \geq 180556 \text{ N} \text{ (OKE!)}$$

3. Perencanaan sambungan las sudut

Tebal plat = 8 mm

Untuk sambungan las:

Mutu logam pengisi = FE70xx

Fexx = 4921 kg/cm²

Tebal min. las sudut = 5 mm (SNI 1729-2015
Tabel J2.4)

Tebal maks. las sudut = 8mm-2mm = 6 mm

(SNI 1729-2015 Pasal J2.2b)

Dipakai tebal las = 6 mm

Profil yang dipakai WF 450.200.8.12

- Menghitung panjang las (l_w)

$$l_w = 2 \times (450\text{mm} - 2.8\text{mm})$$

$$l_w = 868 \text{ mm}$$

- Menghitung luas efektif (A_{we})

$$A_{we} = l_w \cdot \text{tebal las}$$

$$A_{we} = 868 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm} = 5208 \text{ mm}^2$$

Meninjau ketahanan las menurut SNI 1729-2015 pasal J2.4:

- Ketahanan terhadap las:

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{exx} \cdot A_{we}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 492,1 \text{ N/mm}^2 \cdot 5208 \text{ mm}^2$$

$$= 1153285,6$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{we}$$

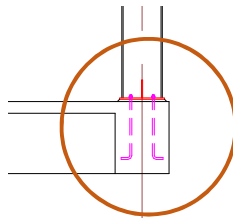
$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ MPa} \cdot 5208 \text{ mm}^2$$

$$= 960876 \text{ N}$$

Sehingga digunakan nilai yang terkecil yaitu $\phi R_n = 960876 \text{ N} = 96087 \text{ kg}$

Cek, $\phi R_n > V_u \rightarrow 96087 \text{ kg} > 3835,27 \text{ kg}$ (OKE!)

6.7.7.3 Sambungan C (Kolom dengan Plat Landas)



Gambar 6. 40 Plat Landas untuk Kolom Baja

Diketahui data untuk perencanaan:

Dimensi Kolom Baja = WF 450.200.8.12

Beban yang terjadi diambil dari ujung kolom dengan reaksi terbesar yaitu pada *frame* 2433 dengan analisis menggunakan SAP v.18 didapatkan hasil berikut ini:

$$P_u = 5016,26 \text{ kg} = 50162,6 \text{ N}$$

$$V_u = 4292,7 \text{ kg} = 42927 \text{ N}$$

$$M_u = 3431,39 \text{ kgm} = 34313900 \text{ Nmm}$$

Dimensi kolom beton = 800 mm x 800 mm

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

Tipe baut untuk angkur = A325

$$\text{Diameter baut} = 16 \text{ mm}$$

$$f_{nt} \text{ dan } f_{nv} = 620 \text{ MPa dan } 372 \text{ MPa}$$

1. Perencanaan dimensi plat landas

Menghitung luas perlu (A) :

$$f_c' \geq P_u / A$$

$$35 \text{ MPa} \geq 50162,6 \text{ N} / A$$

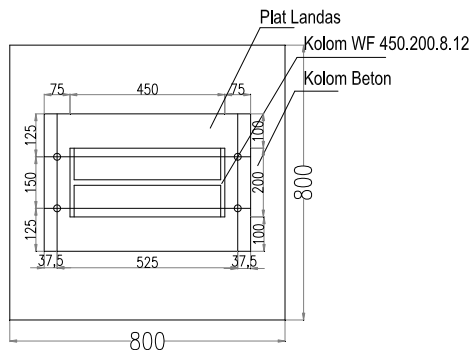
$$A \geq \frac{50162,6 \text{ N}}{35 \text{ MPa}} \rightarrow A \geq 1686,14 \text{ mm}^2$$

Direncanakan:

$$b = 400 \text{ mm} ; h = 600 \text{ mm}$$

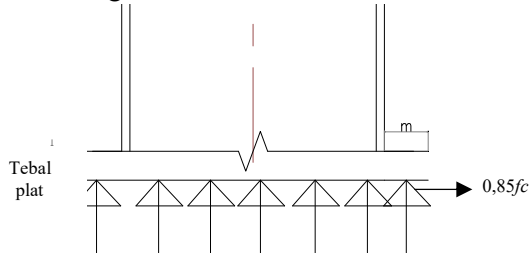
$$A = b \cdot h = 400 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} = 240000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek, } 240000 \text{ mm}^2 \geq 1686,14 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$



Gambar 6. 41 Perencanaan Dimensi Plat Landas

2. Perhitungan Tebal Plat Landas



Gambar 6. 42 Gaya pada Plat Landas dengan Kolom Beton

Tegangan yang terjadi pada penampang di bawah plat landas (fpu):

$$fpu = 0,85 \cdot fc' = 0,85 \cdot 35 \text{ MPa} = 29,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus penampang } S = 1/6 \cdot b \cdot tp^2 = 66,67 \text{ tp}^2$$

Maka, tebal penampang yang dibutuhkan adalah:

$$fy \geq \frac{M}{S} \rightarrow \frac{\frac{1}{2} fpu \cdot m^2}{s}$$

$$250 \text{ MPa} \geq \frac{\frac{1}{2} \cdot 29,75 \text{ MPa} \cdot (75 \text{ mm})^2}{66,67 \cdot \text{tp}^2}$$

$$tp \geq \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 29,75 \text{ MPa} \cdot (75 \text{ mm})^2}{66,67 \text{ MPa} \cdot 250 \text{ MPa}}} \rightarrow tp \geq 2,241 \text{ mm}$$

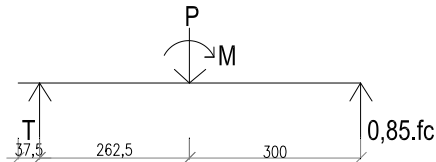
Dipakai tebal plat landas 10 mm.

3. Perhitungan jumlah angkur pada plat landas

Data Perencanaan:

$$\text{Diameter angkur} = 16 \text{ mm}$$

$$fnt \text{ dan } fnv = 620 \text{ MPa dan } 372 \text{ MPa}$$



Gambar 6. 43 Tegangan pada Angkur Akibat Reaksi Plat Landas

$$\sum V = 0$$

$$T - P - 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a = 0$$

$$\sum M = 0$$

$$P \cdot 262,5 \text{ mm} + M - 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b = 0$$

$$50162,6 \text{ N} \cdot 262,5 \text{ mm} + 34313900 \text{ Nmm} - 0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot a \cdot 600 \text{ mm} \cdot (562,5 \text{ mm} - 0,5a) = 0$$

$$13167682,5 \text{ Nmm} + 34313900 \text{ Nmm} - 1040625a + 5950a^2 = 0$$

$$7980,01 \text{ Nmm} - 1687,5a + a^2 = 0$$

Maka,

$$a_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a_{1,2} = \frac{-1687,5 \pm \sqrt{1687,5^2 - 4 \cdot 1.7980,01}}{2 \cdot 1}$$

$$a_1 = 1682,75 \text{ mm} \quad a_2 = 4,74 \text{ mm}$$

Dipakai $a = 4,74 \text{ mm}$, maka:

$$T - P - 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a = 0$$

$$T = P + 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a$$

$$T = 50162,6 \text{ N} + 0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 4,74 \text{ mm}$$

$$T = 106595,66 \text{ N}$$

Sehingga nilai tegangan tarik yang terjadi pada angker yaitu sebesar 106595,66 N.

Untuk kuat tarik satu buah adalah:

$$\begin{aligned} \emptyset T_n &= 0,75 \cdot f_{nt} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 620 \text{ MPa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 93493,80 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga, untuk jumlah yang dibutuhkan untuk angkur adalah:

$$N = \frac{T_u}{\emptyset T_n} = \frac{106595,66 \text{ N}}{93492,80 \text{ N}} = 1,14 \approx 2 \text{ buah}$$

Didapatkan total kebutuhan angkur yang dipasang untuk satu sisinya yaitu 2 buah, sehingga untuk kebutuhan keseluruhan adalah $2 \times 2 \text{ buah} = 4 \text{ buah}$ angkur.

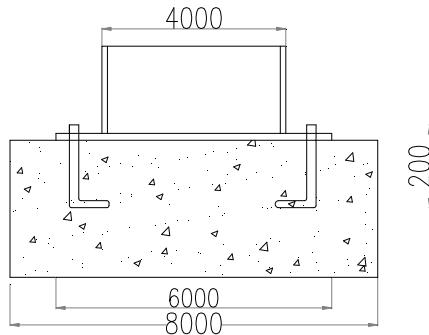
Perhitungan angkur terhadap gaya geser $V_u = 42927\text{N}$. Tinjauan terhadap geser baut (SNI 1729-2015 pasal J3.6):

$R_n = f_{nv} \cdot A_b = 372\text{MPa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 = 74795,04\text{N}$
 Dikarenakan, n angkur = 4 maka total kuat geser angkur = $4 \cdot 74795,04\text{N} = 299180,15\text{N}$

4. Perhitungan panjang penyaluran angkur

$$L_h = \frac{T_u/2}{0,75 \cdot f_c' \cdot d_b} = \frac{106595,66 \text{ N}/2}{0,75 \cdot 35\text{MPa} \cdot 16\text{mm}} = 126,9\text{mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran yaitu sepanjang 200 mm.



Gambar 6. 44 Panjang Penyaluran Angkur

5. Perencanaan sambungan las sudut :

Digunakan: tebal plat = 5 mm

Sambungan las dengan:

Mutu logam pengisi = FE70xx

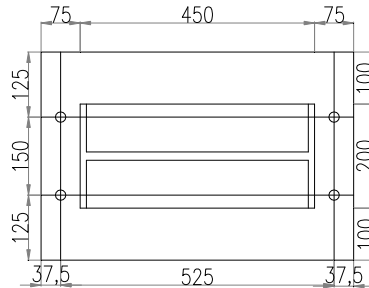
$F_{EXX} = 492,1 \text{ N/mm}^2$

Tebal min. las sudut = 3 mm (SNI 1729-2015 Tabel J2.4)

Tebal maks. las sudut = $5\text{mm} - 2\text{mm} = 3\text{mm}$ (SNI 1729-2015 pasal J2.2b)

Digunakan tebal las = 3 mm

Profil yang di las adalah WF 450.200.8.12



Gambar 6. 45 Panjang Las pada Sambungan C

- Menghitung panjang las (lw)

$$lw = 2 \times (450\text{mm} - 2.8\text{mm})$$

$$lw = 892 \text{ mm}$$
- Menghitung luas efektif (A_{we})

$$A_{we} = lw \cdot \text{tebal las}$$

$$A_{we} = 892 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} = 2676 \text{ mm}^2$$

Meninjau ketahanan las menurut SNI 1729-2015 pasal J2.4:

- Ketahanan terhadap las:

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{exx} \cdot A_{we}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 492,1 \text{ N/mm}^2 \cdot 2676 \text{ mm}^2$$

$$= 596642,8 \text{ N}$$
- Ketahanan terhadap bahan dasar

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{we}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ MPa} \cdot 2676 \text{ mm}^2$$

$$= 480438 \text{ N}$$

Sehingga digunakan nilai yang terkecil yaitu $\phi R_n = 480438 \text{ N}$

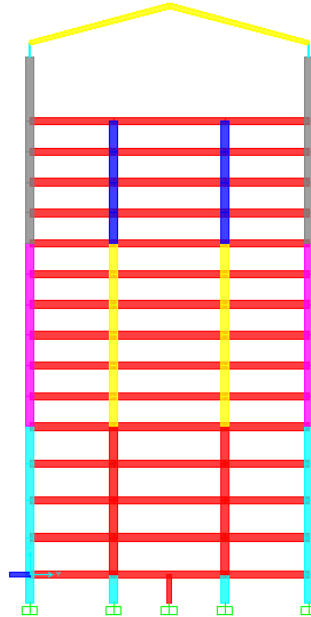
Cek, $\phi R_n > V_u \rightarrow 480438 \text{ N} > 42927 \text{ N}$ **(OKE!)**

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

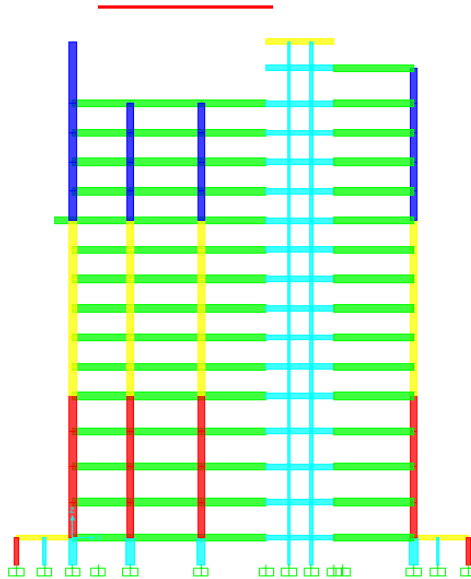
BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

7.1 Umum

Desain elemen struktur primer akan ditinjau pada dua portal gedung Hotel Swiss Bellin Darmocentrum. Dua portal tersebut dipilih dari satu portal arah utara-selatan (Y-Z) dan satu portal arah barat-timur (X-Z). Dari kedua portal struktur tersebut elemen struktur primer yang akan dihitung berupa balok, kolom, dan hubungan balok kolom. Selain itu, desain dinding geser juga akan dilakukan, mengingat gedung ini menggunakan sistem ganda dalam perencanaannya. Portal ini dipilih karena gaya dalam terbesar dari elemen struktur primer terjadi pada portal berikut ini:



Gambar 7. 1 Portal Arah Utara-Selatan (Y-Z) pada X=14,5



Gambar 7. 2 Portal Arah Barat-Timur (X-Z) pada Y=21

7.2 Desain Struktur Balok

Elemen struktur balok yang didesain menggunakan data dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 v.18. Balok yang dihitung di bawah ini merupakan balok yang mengalami gaya dalam terbesar.

7.2.1 Desain Struktur Balok pada Portal Y-Z

Data Perencanaan:

$$b \times h \text{ balok} = 400 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$$

$$b \times h \text{ kolom} = 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton } (f'c) = 35 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0,8$$

$$\text{Bentang balok } (l) = 12000 \text{ mm}$$

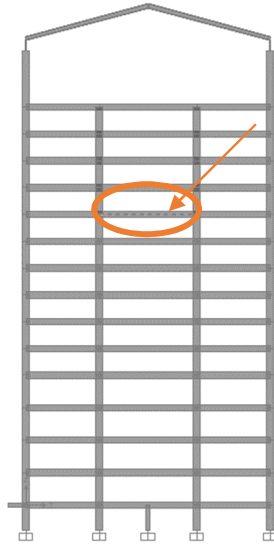
$$\text{Bentang bersih } (ln) = l - \frac{b_{\text{kolom}}}{2} - \frac{b_{\text{kolom}}}{2} = 11200 \text{ mm}$$

$$\text{Cover } (t) = 40 \text{ mm}$$

$$\text{D tul. lentur} = 22 \text{ mm}$$

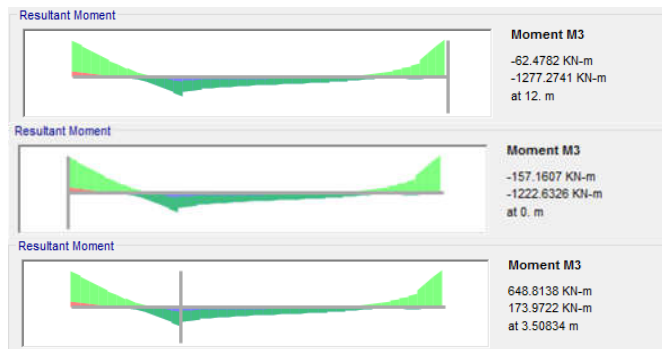
$$\text{D tul. geser} = 13 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

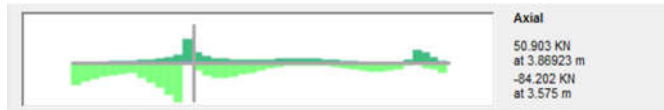


Gambar 7. 3 Lokasi Balok yang Ditinjau pada Portal Y-Z

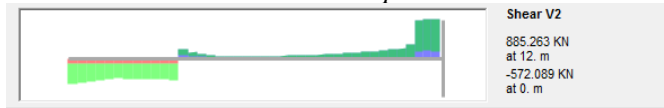
Dengan analisis menggunakan SAP 2000, balok dengan gaya dalam maksimum dari kombinasi beban *envelope* terjadi pada *frame 1107* dengan *output*:



Gambar 7. 4 Diagram Momen dengan Kombinasi *Envelope*



Gambar 7. 5 Diagram Aksial dengan Kombinasi
Envelope



Gambar 7. 6 Diagram Geser dengan Kombinasi
Envelope



Gambar 7. 7 Diagram Torsi dengan Kombinasi
Envelope

Tabel 7. 1 Tabel Momen dengan Kombinasi Envelope

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN m)
1	Tumpuan Kanan	Kanan	-1277,2741
2	Tumpuan Kiri	Kiri	-1222,6326
3	Tumpuan Kiri	Kanan	0
4	Tumpuan Kanan	Kiri	0
5	Lapangan	Kanan & Kiri	648,8138

7.2.1.1 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa (SRPMK)

1. Gaya aksial tekan terfaktor tidak boleh melebihi:

$$\frac{A_g \cdot f'c}{10} = \frac{400 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} \cdot 35 \text{ MPa}}{10} = 1120 \text{ kN}$$

Dari hasil analisis di atas didapatkan gaya aksial tekan terbesar bernilai 84,202 kN < 1120 kN (**OKE!**)

2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.

$$d = h - t - D \text{ tul. geser} - D \text{ tul. lentur}$$

$$d = 734,5 \text{ mm} \rightarrow 4d = 2938 \text{ mm}$$

$$\text{Cek, } 4d < ln \rightarrow 2938 \text{ mm} < 11200 \text{ mm} (\mathbf{OKE!})$$

3. Perbandingan b/h tidak boleh lebih kecil dari 0,3

$$\frac{b}{h} = \frac{400 \text{ mm}}{800 \text{ mm}} = 0,5 > 0,3 \text{ (OKE!)}$$

4. Lebar (b) tidak boleh lebih kecil dari 250 mm

$$b = 400 \text{ mm} > 250 \text{ mm (OKE!)}$$

7.2.1.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

$$d = h \text{ balok} - t \text{ selimut} - \text{senggang} - D/2$$

$$d = 800\text{mm} - 40\text{mm} - 13\text{mm} - 0,1 \cdot 25\text{mm} = 734,5\text{mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,335 \times 10^9 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \cdot (734,5 \text{ mm})^2} = 6,187 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,8 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 25}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03$$

1. Kondisi 1 (Momen negatif tumpuan kanan – goyangan ke kanan)

$$M_u = 1277,2741 \text{ kNm} = 1277,27 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1277,27 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 1,4 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,019$$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,019$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,019 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm}$$

$$= 5530,3 \text{ mm}^2$$

Dicoba dipakai **12 – D25 (2 baris)**

As pakai = 5890,5 mm² > 5530,3 mm² (OKE!)

d pakai = 710 mm < d ; b pakai = 351 mm < b (OKE!)

2. Kondisi 2 (Momen negatif tumpuan kiri – goyangan ke kiri)

$$M_u = 1180,08 \text{ kNm} = 1180,08 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1180,08 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 1,311 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,017$$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,017$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,017 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} \\ &= 5045,37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba dipakai **11 – D25 (2 baris)**

$$\text{As pakai} = 5399,61 \text{ mm}^2 > 5045,37 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

$$d \text{ pakai} = 710 \text{ mm} < d; b \text{ pakai} = 351 \text{ mm} < b \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Kondisi 1 dan 2

$$s \text{ maks} = \frac{b - (2 \cdot t \text{ selimut}) - (2 \cdot D_{geser}) - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s \text{ maks} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 13 \text{ mm}) - (6 \cdot 25 \text{ mm})}{5}$$

$$s \text{ maks} = 28,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{5399,61 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 351 \text{ mm}} = 181,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= As \cdot f_y \cdot (d - a/2) \\ &= 5399,61 \text{ mm}^2 \cdot 40 \text{ MPa} \cdot (710 \text{ mm} - 181,5 \text{ mm}/2) \\ &= 1336,4 \times 10^6 \text{ Nmm} > M_n \text{ perlu (OKE!)} \end{aligned}$$

- Cek Penampang *Tension-controlled*

$$\frac{a}{d_1} = \frac{181,5 \text{ mm}}{710 \text{ mm}} = 0,257 < 0,375 \beta_1 = 0,3 \text{ (OKE!)}$$

3. Kondisi 3 (Momen positif tumpuan kanan – goyangan ke kiri)

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2, kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatif pada muka tersebut. Sehingga:

$$0,5M^- = 0,5 \cdot 1180,08 \text{ kNm} = 590,039 \text{ kNm} > M^+ = 0$$

$$\text{Dipakai } Mu = 590,039 \text{ kNm} = 590,039 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{590,039 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 6,55 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) = 0,008$$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho=0,008$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,008 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} \\ &= 2358,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba dipakai **5 – D25 (1 baris)**

$$\text{As pakai} = 2454,37 \text{ mm}^2 > 2358,75 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

$$d \text{ pakai} = 722 \text{ mm} < d ; b \text{ pakai} = 351 \text{ mm} < b \text{ (OKE!)}$$

4. Kondisi 4 (Momen positif tumpuan kanan – goyangan ke kiri)

$$0,5M- = 0,5 \cdot 1277,27 \text{ kNm} = 638,64 \text{ kNm} > M+=0$$

$$\text{Dipakai } Mu = 638,64 \text{ kNm} = 638,64 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{638,64 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 709,6 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) = 0,0087$$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho=0,0087$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0087 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} \\ &= 2565,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba dipakai **5 – D25 (1 baris)**

$$\text{As pakai} = 2945,24 \text{ mm}^2 > 2565,9 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

$$d \text{ pakai} = 722 \text{ mm} < d ; b \text{ pakai} = 351 \text{ mm} < b \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Kondisi 3 dan 4

$$s \text{ maks} = \frac{b - (2 \cdot t \text{ selimut}) - (2 \cdot D \text{ geser}) - (n \cdot D \text{ lentur})}{n-1}$$

$$s \text{ maks} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 13 \text{ mm}) - (5 \cdot 25 \text{ mm})}{4}$$

$$s \text{ maks} = 42,25 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 351 \text{ mm}} = 82,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= As \cdot fy \cdot (d - a/2) \\ &= 2565,9 \text{ mm}^2 \cdot 40 \text{ MPa} \cdot (722 \text{ mm} - 82,5 \text{ mm}/2) \\ &= 1336,4 \times 10^6 \text{ Nmm} > Mn \text{ perlu (OKE!)} \end{aligned}$$

- Cek Penampang *Tension-controlled*

$$\frac{a}{d1} = \frac{82,5 \text{ mm}}{722 \text{ mm}} = 0,256 < 0,375 \beta 1 = 0,3 \text{ (OKE!)}$$

5. Kondisi 5 (Momen positif tengah bentang – goyangan ke kanan dan kiri)

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2, baik kuat lentur negatif ataupun positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

$$\frac{1}{4} M \text{ terbesar di muka kolom} = 0,25 \cdot 1336,4 \times 10^6 \text{ Nmm} \\ = 334,101 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mu lapangan} = 643,7181 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\text{Dipakai Mu} = 643,7181 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{643,7181 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 715,24 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) = 0,0088$$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,0088$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0088 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} \\ = 2587,67 \text{ mm}^2$$

Dicoba dipakai **6 – D25 (2 baris)**

$$\text{As pakai} = 2945,24 \text{ mm}^2 > 2587,67 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

$$d \text{ pakai} = 707 \text{ mm} < d ; b \text{ pakai} = 241 \text{ mm} < b \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Kondisi 5

$$s \text{ maks} = \frac{b - (2 \cdot t \text{ selimut}) - (2 \cdot D \text{ geser}) - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s \text{ maks} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 13 \text{ mm}) - (3 \cdot 25 \text{ mm})}{2}$$

$$s \text{ maks} = 109,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{2945,24 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 241 \text{ mm}} = 99 \text{ mm}$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - a/2)$$

$$= 2945,24 \text{ mm}^2 \cdot 40 \text{ MPa} \cdot (707 \text{ mm} - 99 \text{ mm}/2)$$

$$= 774,5 \times 10^6 \text{ Nmm} > Mn \text{ perlu (OKE!)}$$

- Cek Penampang *Tension-controlled*

$$\frac{a}{d_1} = \frac{99 \text{ mm}}{707 \text{ mm}} = 0,14 < 0,375\beta l = 0,3 \text{ (OKE!)}$$

Untuk tulangan tekan daerah lapangan mengacu pada pasal 21.5.2.1 SNI 2847-2013 bahwa mengharuskan ada dua tulangan yang dibuat menerus pada sisi atas dan bawah, sehingga dipakai tulangan tekan **2 - D25**.

7.2.1.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Penahan Geser

Geser rencana pada daerah ujung-ujung balok diasumsikan terjadi sendi plastis dan tegangan lentur diperbesar menjadi $1,25f_y$.

1. Menghitung *Probable Moment Capacities*

a. Mpr akibat struktur bergoyang ke kanan

▪ Kondisi 1 (12D25 $\rightarrow A_s = 5890,5 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 5890,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr1} = 226,874 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 1609,254 \text{ kNm}$$

(searah jarum jam di tumpuan kanan)

▪ Kondisi 3 (5D25 $\rightarrow A_s = 2454,37 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr1} = 103,125 \text{ mm}$$

$$M_{pr3} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 822,751 \text{ kNm}$$

(searah jarum jam di tumpuan kiri)

b. Mpr akibat struktur bergoyang ke kiri

▪ Kondisi 2 (11D25 $\rightarrow A_s = 5399,61 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 5399,61 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr1} = 226,874 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 1609,254 \text{ kNm}$$

(berlawanan jarum jam di tumpuan kiri)

▪ Kondisi 4 (6D25 $\rightarrow A_s = 2945,243 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2945,243 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr1} = 103,125 \text{ mm}$$

$$M_{pr4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 822,751 \text{ kNm}$$

(berlawanan jarum jam di tumpuan kanan)

2. Perhitungan Diagram Gaya Geser

- a. Reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi (V_g)

Dengan analisis menggunakan SAP 2000 didapatkan:



Gambar 7. 8 Diagram Geser Akibat Kombinasi 1,2D+1L pada Balok

Berdasarkan gambar 7.8, $V_u = V_g = 742,341 \text{ kN}$

Sehingga, w_u dapat dicari menggunakan rumus:

$$w_u = \frac{2 V_u}{l_n}$$

l_n = bentang bersih balok

$$l_n = l_{balok} - \left(\frac{2 \cdot b_{kolom}}{2} \right) = 12\text{m} - 0,8\text{m} = 11,2\text{m}$$

$$w_u = \frac{2 V_u}{l_n} = \frac{2 \cdot 742,341 \times 10^2 \text{ kg}}{11,2 \text{ m}} = 13256,59 \text{ kg/m}$$

- b. Reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gempa (V_{sway})

1. Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{sway-ka} = \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{l_n}$$

$$V_{sway-ka} = \frac{1609,254 \text{ kNm} + 822,51 \text{ kNm}}{11,2\text{m}} = 2432,005 \text{ kNm}$$

Reaksi geser di ujung $\rightarrow V_{ei} = V_g \pm V_{sway-ka}$

$$\begin{aligned} V_{ei \text{ KIRI}} &= V_g - V_{sway-ka} \\ &= 742,341 \text{ kN} - 2432,01 \text{ kN} = 1689,64 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ei \text{ KANAN}} &= V_g + V_{sway-ka} \\ &= 742,341 \text{ kN} + 2432,01 \text{ kN} = 3174,37 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Struktur bergoyang ke kiri

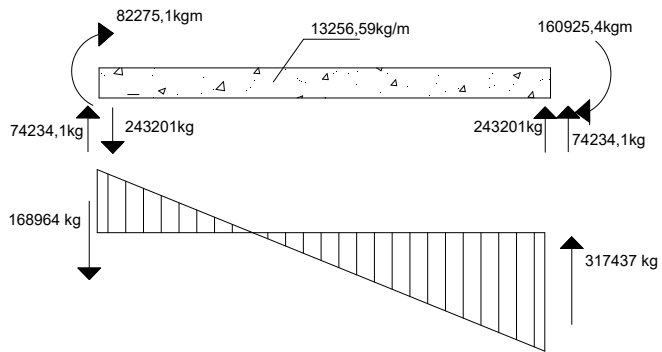
$$V_{sway-ki} = \frac{M_{pr2} + M_{pr4}}{ln}$$

$$V_{sway-ki} = \frac{1609,254 \text{ kNm} + 822,51 \text{ kNm}}{11,2m} = 2432,005 \text{ kNm}$$

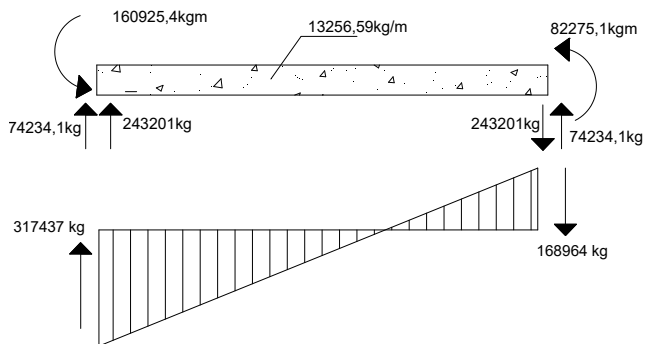
Reaksi geser di ujung $\rightarrow V_{ei} = V_g \pm V_{sway-ka}$

$$\begin{aligned} V_{ei} \text{ KIRI} &= V_g + V_{sway-ki} \\ &= 742,341 \text{ kN} + 2432,01 \text{ kN} = 3174,37 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ei} \text{ KANAN} &= V_g - V_{sway-ki} \\ &= 742,341 \text{ kN} - 2432,01 \text{ kN} = 1689,64 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 7. 9 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan Ke Kanan



Gambar 7. 10 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kiri

3. Menghitung Kebutuhan Tulangan Transversal

Sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.4.2, kontribusi beton dalam menahan gaya geser $V_c = 0$ pada perencanaan sendi plastis apabila:

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

V_u maksimum akibat goyangan ke kanan dan ke kiri:

$$V_u . maks = 317437 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} V_u maks = \frac{1}{2} \cdot 317437 \text{ kg} = 158718,5 \text{ kg}$$

$$V_{sway maks} = 243201 \text{ kg} > 158718,5 \text{ kg (OKE!)}$$

- Gaya aksial tekan aksial terfaktor akibat pembebanan gempa harus kurang dari $A_g \cdot f'_c / 20$

$$\frac{A_g \cdot f'_c}{20} = \frac{400mm \cdot 800mm \cdot 35 \text{ MPa}}{20} = 560 \text{ kN}$$

$$P_u = 84,202 \text{ kN} < 560 \text{ kN (OKE!)}$$

Karena semua persyaratan terpenuhi maka nilai $V_c = 0$

- Muka kolom kiri dan kanan ($V_u maks = 317437 \text{ kg}$)

Karena $V_c = 0$, maka

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{317437 \text{ kg}}{0,75} - 0 = 423250 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 nilai V_s maksimum dicari dengan:

$$V_{s maks} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{s maks} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}} \cdot 400mm \cdot 734,5mm$$

$$V_{s maks} = 115876,3 \text{ kg} < V_s$$

Karena, nilai $V_s > V_s maks$ sehingga V_s yang digunakan adalah $V_s maks$.

Dicoba digunakan tulangan sengkang 3 kaki D-13 dengan $A_v = 398,19 \text{ mm}^2$

Spasi tulangan ditentukan melalui persamaan:

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{398,19mm^2 \cdot 400 \text{ MPa} \cdot 734,5mm}{1158763 \text{ N}} = 100,9mm$$

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 syarat spasi tulangan transversal harus lebih kecil dari:

- $d/4 = 734,5 \text{ mm} / 4 = 183,625 \text{ mm}$
- $6 \times D \text{ lentur} = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Cek, s pakai $< s$ maks $\rightarrow 100 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$ (**OKE!**)

Sehingga, dipakai sengkang **3D13 – 100 mm**

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1 dan 21.5.3.2, sengkang harus dipasang dengan jarak $2h$ dari muka kolom kanan dan kiri, sehingga:

$2 \cdot h = 2 \cdot 800 \text{ mm} = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$ dan sengkang pertama harus dipasang 50 mm dari muka kolom kanan dan kiri.

b. Ujung zona sendi plastis

Gaya geser maksimum di ujung zona sendi plastis yaitu $2h = 2 \cdot 800 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$ adalah

$$V = 317437 \text{ kg} - (1,6 \text{ m} \times 13256 \text{ kg/m}) = 290924 \text{ kg}$$

Pada zona ini, V_c diperhitungkan dengan cara:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 28969,1 \text{ kg}$$

Maka,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{290924 \text{ kg}}{0,75} - 28969,1 \text{ kg}$$

$$V_s = 358929,8 \text{ kg} \rightarrow V_{s \text{ maks}} = 115876,3 \text{ kg} < V_s$$

Sehingga, digunakan $V_s = V_{s \text{ maks}} = 115876,3 \text{ kg}$

Dicoba digunakan tulangan sengkang 3 kaki D-13 dengan $A_v = 398,19 \text{ mm}^2$

Spasi tulangan ditentukan melalui persamaan:

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{398,19 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \cdot 734,5 \text{ mm}}{1158763 \text{ N}} = 100,9 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 syarat spasi tulangan transversal harus lebih kecil dari:

- $d/4 = 734,5 \text{ mm} / 4 = 183,625 \text{ mm}$
- $6 \times D \text{ lentur} = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Cek, s pakai $< s$ maks $\rightarrow 100 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$ (OKE!)
 Sehingga, dipakai sengkang **3D13 – 100 mm**

7.2.1.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi

Torsi dan geser maksimum yang terjadi:

$$T_u = 227,56 \text{ kNm}$$

$$V_u = 885,263 \text{ kN}$$

1. Periksa Persyaratan Puntir

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u \text{ min}}, \text{ dimana}$$

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Keterangan:

A_{cp} = Luas penampang beton

$$= b \cdot h = 400 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} = 320000 \text{ mm}^2$$

P_{cp} = Keliling penampang beton

$$= 2(b + h) = 2(400\text{mm} + 800\text{mm}) = 2400 \text{ mm}$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal SNI 2847-2013 pasal 8.6.1)

$\phi = 0,75$ (faktor reduksi untuk torsi)

$$\text{Sehingga, } T_{u \text{ min}} = \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \text{ min}} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{MPa}} \cdot \left(\frac{(320000\text{mm}^2)^2}{2400 \text{ mm}} \right)$$

$$T_{u \text{ min}} = 15713107,9 \text{ Nmm} = 15,71 \text{ kNm}$$

Maka, $T_u > T_{u \text{ min}} \rightarrow$ Torsi dihitung

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.5.2.2, untuk nilai torsi dapat direduksi sebesar nilai T_u maks, berikut ini:

$$T_{u \text{ maks}} = \phi \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \text{ maks}} = 0,75 \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{MPa}} \cdot \left(\frac{(320000\text{mm}^2)^2}{2400 \text{ mm}} \right)$$

$$T_{u \text{ maks}} = 62473802,51 \text{ Nmm} = 62,47 \text{ kNm}$$

Karena, $T_u > T_{u \text{ maks}}$, maka nilai T_u yang dipakai yaitu $T_{u \text{ maks}} = 62,47\text{kNm}$.

2. Cek Kecukupan Penampang Torsi

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.5.2.1, penampang harus menuh cek kecukupannya, yakni:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w.d}\right)^2 + \left(\frac{T_u.P_h}{1,7.A_{oh}}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w.d} + 0,66\sqrt{f'c}\right)$$

Keterangan:

P_h = keliling penampang dibatasi as tul. sengkang

b_h = $b_w - 2t - D$. sengkang

$$= 400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 307 \text{ mm}$$

$$h_h = 800 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$P_h = 2(b_h + h_h) = 2(307 \text{ mm} + 707 \text{ mm}) = 2028 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 307 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} = 217049 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w.d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 710 \text{ mm}$$

$$= 279830,57 \text{ N} = 279,83 \text{ Kn}$$

$$\sqrt{\left(\frac{885263}{400.710}\right)^2 + \left(\frac{62.2028}{1,7.217049}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{279830,57}{400.710} + 0,66\sqrt{35}\right)$$

$$1,864 < 3,914 \text{ (OKE!)}$$

3. Kebutuhan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6, untuk menghitung kebutuhan tulangan transversal penahan torsi adalah sebagai berikut:

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 A_o . A_t . f_y t}{s} \cdot \cot\theta \text{ sehingga } \frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{2 A_o . f_y t \cdot \cot\theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{62473802,41 \text{ Nmm}}{184491,65 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \cdot 1} = 0,564 \text{ mm}^2/\text{m}/1 \text{ kaki}$$

a. Kebutuhan pada daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y . d} = \frac{1158763 \text{ N}}{400 \text{ MPa} \cdot 710 \text{ mm}} = 3,944 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan sengkang sesudah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = (3,94 + 1,12) = 5,073 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dicoba tulangan transversal **4D13 – 100 mm**

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} = \frac{4,025 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2}{100 \text{ mm}} = 5,31 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka, $A_v \text{ pakai}/s > A_v/s$ **(OKE!)**

- b. Kebutuhan pada daerah lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{1158763 N}{400 MPa \cdot 710 mm} = 3,944 mm^2$$

Kebutuhan sengkang sesudah torsi:

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \frac{At}{s} = (3,94 + 1,12) = 5,073 mm^2/mm$$

Dicoba tulangan transversal **4D13 – 100 mm**

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (13mm)^2}{100mm} = 5,31 mm^2/mm$$

Maka, $Av_{pakai}/s > Av/s$ (**OKE!**)

- Cek syarat spasi tulangan torsi di tumpuan dan lapangan: $ph/8 = 2028mm/8 = 253,3$ mm atau 300mm
Maka, 100 mm < syarat maks (**OKE!**)

1. Kebutuhan tulangan longitudinal penahan torsi
Berdasarkan Pasal 11.5.3.7 SNI 2847 – 2013, untuk menghitung penulangan longitudinal penahan torsi, dipakai rumus :

$$Al = \frac{At}{s} \cdot ph \cdot \left(\frac{fyt}{fy} \right) \cdot cot^2 \theta$$

$$Al = 0,56 \cdot 2028mm \cdot \left(\frac{400MPa}{400MPa} \right) \cdot 1 = 1144,56 mm^2$$

Untuk mendistribusikan Al secara sama di semua empat muka balok, digunakan $1/4 Al$ di dua sudut teratas dan $1/4 Al$ di dua sudut terbawah, sehingga:

$$\frac{Al}{4} = \frac{1144,56 mm^2}{4} = 286,14 mm^2$$

Dicoba tulangan **4D10**, maka

$$4 \cdot 0,25\pi(10mm)^2 = 314,16 mm^2 > 286,14 mm^2$$
 (**OK!**)

Sehingga dipakai tulangan **4D10** di setiap sisi samping kiri dan kanan balok disepanjang bentang.

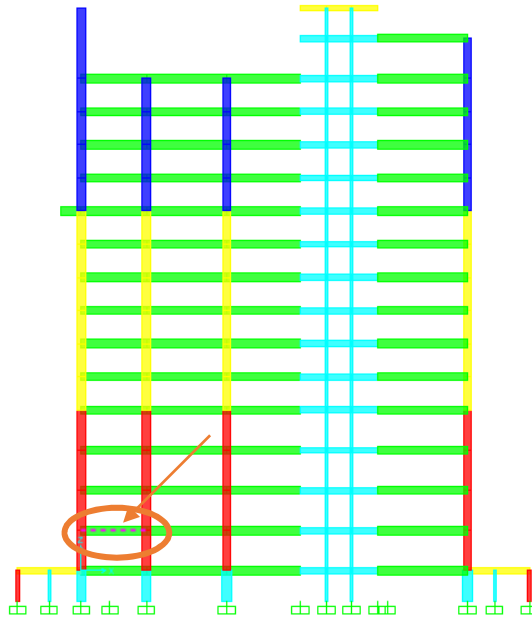
7.2.2 Desain Struktur Balok pada Portal X-Z

Data Perencanaan:

$b \times h$ balok = 400 mm x 800 mm

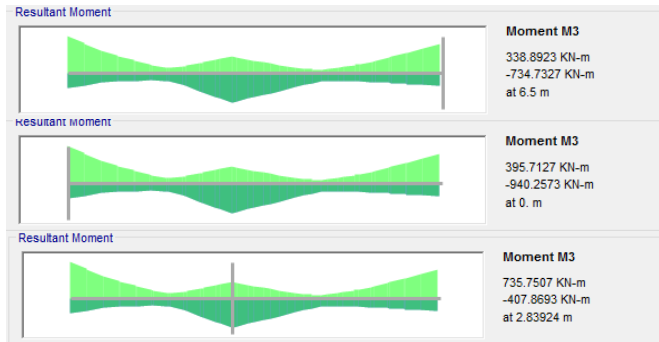
$b \times h$ kolom = 800 mm x 800 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Mutu beton } (f'c) &= 35 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0,8 \\
 \text{Bentang balok } (l) &= 6500 \text{ mm} \\
 \text{Bentang bersih } (ln) &= l - \frac{b_{kolom}}{2} - \frac{b_{kolom}}{2} = 5700 \text{ mm} \\
 \text{Cover } (t) &= 40 \text{ mm} \\
 \text{D tul. lentur} &= 22 \text{ mm} \\
 \text{D tul. geser} &= 13 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

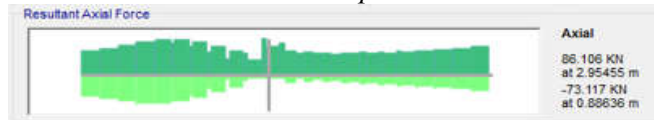


Gambar 7. 11 Lokasi Balok yang Ditinjau di Portal X-Z

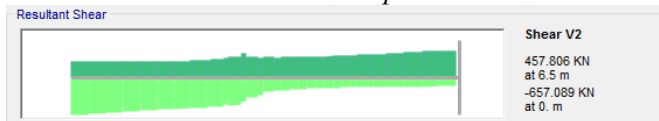
Dengan analisis menggunakan SAP 2000, balok dengan gaya dalam maksimum dari kombinasi beban *envelope* terjadi pada *frame* 133 dengan *output*:



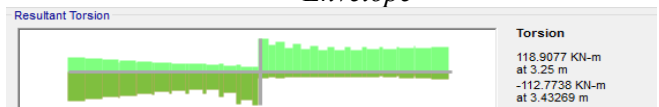
Gambar 7. 12 Diagram Momen dengan Kombinasi *Envelope*



Gambar 7. 13 Diagram Aksial dengan Kombinasi *Envelope*



Gambar 7. 14 Diagram Geser dengan Kombinasi *Envelope*



Gambar 7. 15 Diagram Torsi dengan Kombinasi *Envelope*

Tabel 7. 2 Tabel Momen dengan Kombinasi *Envelope*

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN m)
1	Tumpuan Kanan	Kanan	-734,7327
2	Tumpuan Kiri	Kiri	-940,2573
3	Tumpuan Kiri	Kanan	395,7127
4	Tumpuan Kanan	Kiri	338,8923
5	Lapangan	Kanan & Kiri	735,7507

7.2.2.1 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa (SRPMK)

1. Gaya aksial tekan terfaktor tidak boleh melebihi:

$$\frac{A_g \cdot f_{rc}}{10} = \frac{400 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} \cdot 35 \text{ MPa}}{10} = 1120 \text{ kN}$$

Dari hasil analisis di atas didapatkan gaya aksial tekan terbesar bernilai $86.106 \text{ kN} < 1120 \text{ kN}$ **(OKE!)**

2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.

$$d = h - t - D \text{ tul. geser} - D \text{ tul. lentur}$$

$$d = 734,5 \text{ mm} \rightarrow 4d = 2938 \text{ mm}$$

$$\text{Cek, } 4d < l_n \rightarrow 2938 \text{ mm} < 5700 \text{ mm} \text{ **(OKE!)**}$$

3. Perbandingan b/h tidak boleh lebih kecil dari 0,3

$$\frac{b}{h} = \frac{400 \text{ mm}}{800 \text{ mm}} = 0,5 > 0,3 \text{ **(OKE!)**}$$

4. Lebar (b) tidak boleh lebih kecil dari 250 mm

$$b = 400 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \text{ **(OKE!)**}$$

7.2.2.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

$$d = h \text{ balok} - t \text{ selimut} - \text{senggang} - D/2$$

$$d = 800\text{mm} - 40\text{mm} - 13\text{mm} - 0,1 \cdot 25\text{mm} = 734,5\text{mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{9,4 \times 10^8 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \cdot (734,5 \text{ mm})^2} = 4,308 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,8 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 25}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03 \end{aligned}$$

1. Kondisi 1 (Momen negatif tumpuan kanan – goyangan ke kanan)

$$M_u = 734,7327 \text{ kNm} = 734,7327 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{734,7327 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 810,8 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,011$$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho=0,01$
 As perlu $= \rho \cdot b \cdot d = 0,01 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm}$
 $= 2960,6 \text{ mm}^2$

Dicoba dipakai **7 – D25 (2 baris)**

As pakai $= 3436,12 \text{ mm}^2 > 2960,6 \text{ mm}^2$ **(OKE!)**

d pakai $= 710 \text{ mm} < d$; b pakai $= 241 \text{ mm} < b$ **(OKE!)**

2. Kondisi 2 (Momen negatif tumpuan kiri – goyangan ke kiri)

$M_u = -940,2573 \text{ kNm} = -940,2573 \times 10^6 \text{ Nmm}$

$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{-940,2573 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 10,72 \times 10^8 \text{ Nmm}$

$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,014$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho=0,014$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d = 0,014 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm}$
 $= 4018,66 \text{ mm}^2$

Dicoba dipakai **9 – D25 (2 baris)**

As pakai $= 4417,864 \text{ mm}^2 > 4018,66 \text{ mm}^2$ **(OKE!)**

d pakai $= 710 \text{ mm} < d$; b pakai $= 296 \text{ mm} < b$ **(OKE!)**

- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Kondisi 1 dan 2

$s \text{ maks} = \frac{b - (2 \cdot t \text{ selimut}) - (2 \cdot D_{geser}) - (n \cdot D \text{ lentur})}{n-1}$

$s \text{ maks} = \frac{400 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 13 \text{ mm}) - (4 \cdot 25 \text{ mm})}{3}$

$s \text{ maks} = 64,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$ **(OKE!)**

- Kontrol Kemampuan Penampang

$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{4417,864 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 296 \text{ mm}} = 148,5 \text{ mm}$

$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$

$= 4417,86 \text{ mm}^2 \cdot 40 \text{ MPa} \cdot (710 \text{ mm} - 148,5 \text{ mm}/2)$

$= 1122,6 \times 10^6 \text{ Nmm} > M_n \text{ perlu}$ **(OKE!)**

- Cek Penampang *Tension-controlled*

$\frac{a}{d_1} = \frac{142,5 \text{ mm}}{710 \text{ mm}} = 0,2 < 0,375 \beta_1 = 0,3$ **(OKE!)**

3. Kondisi 3 (Momen positif tumpuan kanan – goyangan ke kiri)

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2, kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatif pada muka tersebut. Sehingga:

$$0,5M^- = 0,5 \cdot -940,2573 \text{ kNm} = 482,45 \text{ kNm} > M^+$$

$$\text{Dipakai } Mu = 482,45 \text{ kNm} = 482,45 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{482,45 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 5,36 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) = 0,006$$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,006$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,006 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} \\ &= 1907,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba dipakai **4 – D25 (1 baris)**

$$\text{As pakai} = 1963,495 \text{ mm}^2 > 1907,85 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

$$d \text{ pakai} = 722 \text{ mm} < d; b \text{ pakai} = 296 \text{ mm} < b \text{ (OKE!)}$$

4. Kondisi 4 (Momen positif tumpuan kanan – goyangan ke kiri)

$$0,5M^- = 0,5 \cdot 734,7327 \text{ kNm} = 364,9 \text{ kNm} > M^+$$

$$\text{Dipakai } Mu = 364,9 \text{ kNm} = 364,9 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{364,9 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 4,05 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) = 0,0048$$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,0056$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0048 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} \\ &= 1426,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba dipakai **3 – D25 (1 baris)**

$$\text{As pakai} = 1472,62 \text{ mm}^2 > 1426,57 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

$$d \text{ pakai} = 722 \text{ mm} < d; b \text{ pakai} = 241 \text{ mm} < b \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Kondisi 3 dan 4

$$s \text{ maks} = \frac{b - (2 \cdot t \text{ selimut}) - (2 \cdot D \text{ geser}) - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s \text{ maks} = \frac{400\text{mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 13 \text{ mm}) - (4 \cdot 25 \text{ mm})}{3}$$

$$s \text{ maks} = 64,67 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1963,495 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 296 \text{ mm}} = 66 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2) \\ &= 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 40 \text{ MPa} \cdot (722 \text{ mm} - 66 \text{ mm}/2) \\ &= 487,02 \times 10^6 \text{ Nmm} > M_n \text{ perlu (OKE!)} \end{aligned}$$

- Cek Penampang *Tension-controlled*

$$\frac{a}{d_1} = \frac{66 \text{ mm}}{722 \text{ mm}} = 0,09 < 0,375\beta_1 = 0,3 \text{ (OKE!)}$$

5. Kondisi 5 (Momen positif tengah bentang – goyangan ke kanan dan kiri)

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2, baik kuat lentur negatif ataupun positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

$$\begin{aligned} \frac{1}{4} M \text{ terbesar di muka kolom} &= 0,25 \cdot 1122,6 \times 10^6 \\ \text{Nmm} &= 280,6 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\text{Mu lapangan} = 735,7507 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\text{Dipakai Mu} = 735,7507 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{735,7507 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0,9} = 841,74 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,01$$

Untuk $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, maka dipakai $\rho = 0,01$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,01 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 734,5 \text{ mm} \\ &= 3082,41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba dipakai **7 – D25 (2 baris)**

$$A_s \text{ pakai} = 3436,12 \text{ mm}^2 > 3082,41 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

$$d \text{ pakai} = 722 \text{ mm} < d; b \text{ pakai} = 241 \text{ mm} < b \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Jarak Spasi Tulangan Kondisi 5

$$s \text{ maks} = \frac{b - (2 \cdot t \text{ selimut}) - (2 \cdot D_{geser}) - (n \cdot D \text{ lentur})}{n - 1}$$

$$s \text{ maks} = \frac{400\text{mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 13 \text{ mm}) - (3 \cdot 25\text{mm})}{2}$$

$$s \text{ maks} = 109,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \text{ (OKE!)}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{3436,12 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 241 \text{ mm}} = 115,5 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$$

$$= 3436,12 \text{ mm}^2 \cdot 40 \text{ MPa} \cdot (722 \text{ mm} - 115,5/2)$$

$$= 895,8 \times 10^6 \text{ Nmm} > M_n \text{ perlu (OKE!)}$$

- Cek Penampang *Tension-controlled*

$$\frac{a}{d_1} = \frac{115,5 \text{ mm}}{722 \text{ mm}} = 0,15 < 0,375\beta_1 = 0,3 \text{ (OKE!)}$$

Untuk tulangan tekan daerah lapangan mengacu pada pasal 21.5.2.1 SNI 2847-2013 bahwa mengharuskan ada dua tulangan yang dibuat menerus pada sisi atas dan bawah, sehingga dipakai tulangan tekan **2 - D25**.

7.2.2.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Penahan Geser

Geser rencana pada daerah ujung-ujung balok diasumsikan terjadi sendi plastis dan tegangan lentur diperbesar menjadi $1,25f_y$.

1. Menghitung *Probable Moment Capacities*

- a. Mpr akibat struktur bergoyang ke kanan

- Kondisi 1 (7D25 $\rightarrow A_s = 3436,17 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 3436,17 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr1} = 144,375 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 1094,94 \text{ kNm}$$

(searah jarum jam di tumpuan kanan)

- Kondisi 3 (4D25 $\rightarrow A_s = 1963,495 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,495 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr1} = 82,5 \text{ mm}$$

$$M_{pr3} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 668,325 \text{ kNm}$$

(searah jarum jam di tumpuan kiri)

b. M_{pr} akibat struktur bergoyang ke kiri

- Kondisi 2 (9D25 → A_s = 4417,864 mm²)

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 4417,864 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr1} = 185,62 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 1363,221 \text{ kNm}$$

(berlawanan jarum jam di tumpuan kiri)

- Kondisi 4 (3D25 → A_s = 1963,495 mm²)

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}}$$

$$a_{pr1} = 82,5 \text{ mm}$$

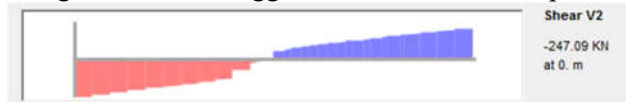
$$M_{pr4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 668,325 \text{ kNm}$$

(berlawanan jarum jam di tumpuan kanan)

2. Perhitungan Diagram Gaya Geser

a. Reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi (*V_g*)

Dengan analisis menggunakan SAP 2000 didapatkan:



Gambar 7. 16 Diagram Geser (1,2D+1L) pada Balok Berdasarkan gambar 7.8, $V_u = V_g = 247,09 \text{ kN}$

Sehingga, w_u dapat dicari $w_u = \frac{2 V_u}{l_n}$

l_n = bentang bersih balok

$$l_n = l_{balok} - \left(\frac{2 \cdot b_{kolom}}{2}\right) = 6,5 \text{ m} - 0,8 \text{ m} = 5,7 \text{ m}$$

$$w_u = \frac{2 V_u}{l_n} = \frac{2 \cdot 247,09 \times 10^2 \text{ kg}}{5,7 \text{ m}} = 7090,31 \text{ kg/m}$$

b. Reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gempa (*V_{sway}*)

- Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{sway-ka} = \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{l_n}$$

$$V_{sway-ka} = \frac{1094,94 \text{ kNm} + 668,325 \text{ kNm}}{5,7m} = 1763,265 \text{ kNm}$$

Reaksi geser di ujung $\rightarrow V_{ei} = V_g \pm V_{sway-ka}$

$$V_{ei} \text{ KIRI} = V_g - V_{sway-ka} = 255,251 \text{ kN} - 1763,265 \text{ kN} = 1508,01 \text{ kN}$$

$$V_{ei} \text{ KANAN} = V_g + V_{sway-ka} = 255,251 \text{ kN} + 1763,27 \text{ kN} = 2018,52 \text{ kN}$$

3. Struktur bergoyang ke kiri

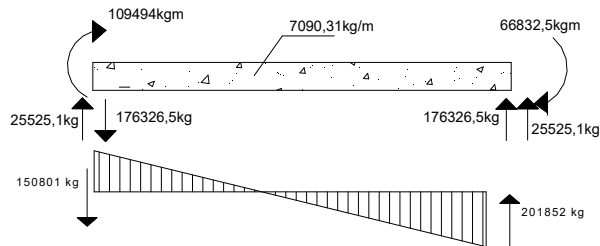
$$V_{sway-ki} = \frac{M_{pr2} + M_{pr4}}{ln}$$

$$V_{sway-ki} = \frac{1363,221 \text{ kNm} + 668,325 \text{ kNm}}{5,7m} = 1899,437 \text{ kNm}$$

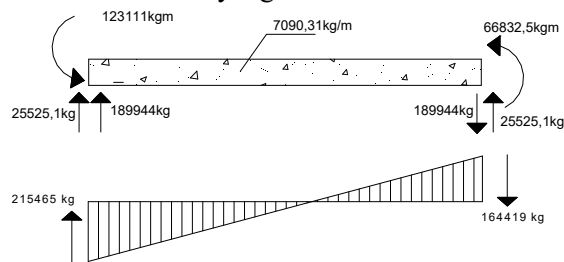
Reaksi geser di ujung $\rightarrow V_{ei} = V_g \pm V_{sway-ka}$

$$V_{ei} \text{ KIRI} = V_g + V_{sway-ki} = 255,251 \text{ kN} + 1899,44 \text{ kN} = 2154,7 \text{ kN}$$

$$V_{ei} \text{ KANAN} = V_g - V_{sway-ki} = 255,251 \text{ kN} - 1899,44 \text{ kN} = 1644,19 \text{ kN}$$



Gambar 7. 17 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan Ke Kanan



Gambar 7. 18 Diagram Gaya Geser Akibat Goyangan ke Kiri

4. Menghitung Kebutuhan Tulangan Transversal

Sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.4.2, kontribusi beton dalam menahan gaya geser $V_c = 0$ pada perencanaan sendi plastis apabila:

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

V_u maksimum akibat goyangan ke kanan dan ke kiri:

$$V_u . maks = 215468,8 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} V_u maks = \frac{1}{2} . 215468,8 \text{ kg} = 107734,4 \text{ kg}$$

$$V_{sway maks} = 189943,7 \text{ kg} > 107734,4 \text{ kg} \text{ (OKE!)}$$

- Gaya aksial tekan aksial terfaktor akibat pembebanan gempa harus kurang dari $A_g . f'_c / 20$

$$\frac{A_g . f'_c}{20} = \frac{400mm . 800mm . 35 MPa}{20} = 560kN$$

$$P_u = 40,513 \text{ kN} < 560 \text{ kN} \text{ (OKE!)}$$

Karena semua persyaratan terpenuhi maka nilai $V_c = 0$

- c. Muka kolom kiri dan kanan ($V_u maks = 317437 \text{ kg}$)

Karena $V_c = 0$, maka

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{215468,8 \text{ kg}}{0,75} - 0 = 287291,7 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 nilai V_s maksimum dicari dengan:

$$V_{s maks} = \frac{2}{3} . \sqrt{f'_c} . b_w . d$$

$$V_{s maks} = \frac{2}{3} . \sqrt{35MPa} . 400mm . 710mm$$

$$V_{s maks} = 111932,2 \text{ kg} < V_s$$

Karena, nilai $V_s > V_s maks$ sehingga V_s yang digunakan adalah $V_s maks$.

Dicoba digunakan tulangan sengkang 3 kaki D-13 dengan $A_v = 398,19 \text{ mm}^2$

Spasi tulangan ditentukan melalui persamaan:

$$s = \frac{A_v . f_y . d}{V_s} = \frac{398,19mm^2 . 400 MPa . 734,5mm}{1158763 N} = 100,9mm$$

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 syarat spasi tulangan transversal harus lebih kecil dari:

1. $d/4 = 710 \text{ mm} / 4 = 177,375 \text{ mm}$
2. $6 \times D \text{ lentur} = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
3. 150 mm

} 150 mm

Cek, s pakai $< s$ maks $\rightarrow 100 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$ **(OKE!)**

Sehingga, dipakai sengkang **3D13 – 100 mm**

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1 dan 21.5.3.2, sengkang harus dipasang dengan jarak $2h$ dari muka kolom kanan dan kiri, sehingga:

$2 \cdot h = 2 \cdot 800 \text{ mm} = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$ dan sengkang pertama harus dipasang 50 mm dari muka kolom kanan dan kiri.

- d. Ujung zona sendi plastis

Gaya geser maksimum di ujung zona sendi plastis yaitu $2h = 2 \cdot 800 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$ adalah

$$V = 215468,8 \text{ kg} - (1,6 \text{ m} \times 7090,31 \text{ kg/m}) = 201288,2 \text{ kg}$$

Pada zona ini, V_c diperhitungkan dengan cara:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 28969,1 \text{ kg}$$

Maka,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{201288,2 \text{ kg}}{0,75} - 28969,1 \text{ kg}$$

$$V_s = 239415,2 \text{ kg} \rightarrow V_{s \text{ maks}} = 115876,3 \text{ kg} < V_s$$

Sehingga, digunakan $V_s = V_{s \text{ maks}} = 115876,3 \text{ kg}$

Dicoba digunakan tulangan sengkang 3 kaki D-13 dengan $A_v = 398,19 \text{ mm}^2$

Spasi tulangan ditentukan melalui persamaan:

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{398,19 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \cdot 734,5 \text{ mm}}{1158763 \text{ N}} = 100,9 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 syarat spasi tulangan transversal harus lebih kecil dari:

1. $d/4 = 734,5 \text{ mm} / 4 = 183,625 \text{ mm}$
2. $6 \times D \text{ lentur} = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
3. 150 mm

} 150 mm

Cek, s pakai $< s$ maks $\rightarrow 100 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$ **(OKE!)**

Sehingga, dipakai sengkang **3D13 – 100 mm**

7.2.2.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi

Torsi dan geser maksimum yang terjadi:

$$T_u = 118,91 \text{ kNm}$$

$$V_u = 657,089 \text{ kN}$$

1. Periksa Persyaratan Puntir

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u \text{ min}}, \text{ dimana}$$

$$T_u \leq \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Keterangan:

A_{cp} = Luas penampang beton

$$= b \cdot h = 400 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} = 320000 \text{ mm}^2$$

P_{cp} = Keliling penampang beton

$$= 2(b + h) = 2(400\text{mm} + 800\text{mm}) = 2400 \text{ mm}$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal SNI 2847-2013 pasal 8.6.1)

$\emptyset = 0,75$ (faktor reduksi untuk torsi)

$$\text{Sehingga, } T_{u \text{ min}} = \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \text{ min}} = 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{MPa}} \cdot \left(\frac{(320000\text{mm}^2)^3}{2400 \text{ mm}} \right)$$

$$T_{u \text{ min}} = 15713107,9 \text{ Nmm} = 15,71 \text{ kNm}$$

Maka, $T_u > T_{u \text{ min}} \rightarrow$ Torsi dihitung

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.5.2.2, untuk nilai torsi dapat direduksi sebesar nilai T_u maks, berikut ini:

$$T_{u \text{ maks}} = \emptyset \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \text{ maks}} = 0,75 \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35\text{MPa}} \cdot \left(\frac{(320000\text{mm}^2)^3}{2400 \text{ mm}} \right)$$

$$T_{u \text{ maks}} = 62473802,51 \text{ Nmm} = 62,47 \text{ kNm}$$

Karena, $T_u > T_{u \text{ maks}}$, maka nilai T_u yang dipakai yaitu $T_{u \text{ maks}} = 62,47\text{kNm}$.

2. Cek Kecukupan Penampang Torsi

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.5.2.1, penampang harus menuh cek kecukupannya, yakni:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f'c}\right)$$

Keterangan:

Ph = keliling penampang dibatasi as tul. sengkang

bh = $b_w - 2t - D$. sengkang

$$= 400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 307 \text{ mm}$$

$$hh = 800 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 707 \text{ mm}$$

$$Ph = 2(bh + hh) = 2(307 \text{ mm} + 707 \text{ mm}) = 2028 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = bh \times hh = 307 \text{ mm} \times 707 \text{ mm} = 217049 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 710 \text{ mm}$$

$$= 279830,57 \text{ N} = 279,83 \text{ Kn}$$

$$\sqrt{\left(\frac{657089}{400 \cdot 710}\right)^2 + \left(\frac{62 \cdot 2028}{1,7 \cdot 217049}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{279830,57}{400 \cdot 710} + 0,66 \sqrt{35}\right)$$

$$1,864 < 3,914 \text{ (OKE!)}$$

3. Kebutuhan Tulangan Transversal Penahan Torsi
Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6, untuk menghitung kebutuhan tulangan transversal penahan torsi adalah sebagai berikut:

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 A_o \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta \text{ sehingga } \frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{2 A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{62473802,41 \text{ Nmm}}{184491,65 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \cdot 1} = 0,564 \text{ mm}^2/\text{m}/1 \text{ kaki}$$

- a. Kebutuhan pada daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{1158763 \text{ N}}{400 \text{ MPa} \cdot 710 \text{ mm}} = 3,944 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan sengkang sesudah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = (3,94 + 1,12) = 5,073 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dicoba tulangan transversal **4D13 – 100 mm**

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} = \frac{4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2}{100 \text{ mm}} = 5,31 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka, $A_v \text{ pakai}/s > A_v/s$ **(OKE!)**

- b. Kebutuhan pada daerah lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{1158763 \text{ N}}{400 \text{ MPa} \cdot 710 \text{ mm}} = 3,944 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan sengkang sesudah torsi:

$$\frac{Av_t}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \frac{At}{s} = (3,94 + 1,12) = 5,073 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dicoba tulangan transversal **4D13 – 100 mm**

$$\frac{Av_{pakai}}{s} = \frac{4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2}{100\text{mm}} = 5,31 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka, $Av_{pakai}/s > Av/s$ (**OKE!**)

- Cek syarat spasi tulangan torsi di tumpuan dan lapangan:
 $ph/8 = 2028\text{mm}/8 = 253,3 \text{ mm}$ atau 300mm
 Maka, 100 mm < syarat maks (**OKE!**)

2. Kebutuhan tulangan longitudinal penahan torsi
 Berdasarkan Pasal 11.5.3.7 SNI 2847 – 2013, untuk menghitung penulangan longitudinal penahan torsi, dipakai rumus :

$$Al = \frac{At}{s} \cdot ph \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

$$Al = 0,56 \cdot 2028\text{mm} \cdot \left(\frac{400\text{MPa}}{400\text{MPa}} \right) \cdot 1 = 1144,56 \text{ mm}^2$$

Untuk mendistribusikan Al secara sama di semua empat muka balok, digunakan $1/4 Al$ di dua sudut teratas dan $1/4 Al$ di dua sudut terbawah, sehingga:

$$\frac{Al}{4} = \frac{1144,56 \text{ mm}^2}{4} = 286,14 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{dicoba } \mathbf{4D10}$$

$$4 \cdot 0,25 \pi (10\text{mm})^2 = 314,16 \text{ mm}^2 > 286,14 \text{ mm}^2 \text{ (OK!)}$$

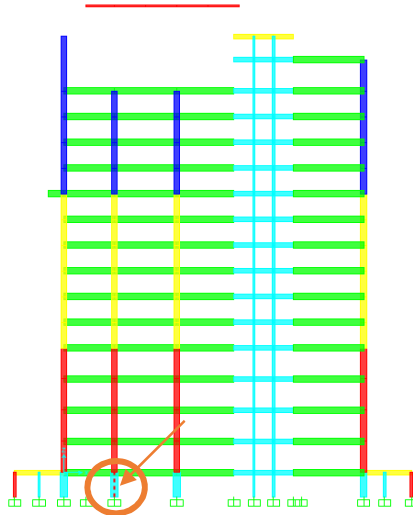
Sehingga dipakai tulangan **4D10** di setiap sisi samping kiri dan kanan balok disepanjang bentang.

7.3 Desain Struktur Kolom

Struktur kolom yang didesain merupakan kolom yang memiliki gaya aksial terbesar dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 v.18. Kolom yang ditinjau terdiri dari kolom pada lantai *basement* dan lantai 9.

7.3.1 Desain Struktur Kolom Lantai Basement

Dengan analisis menggunakan SAP 2000, didapatkan gaya aksial terbesar kolom pada lantai *basement* yaitu kolom dengan *frame* 1861.



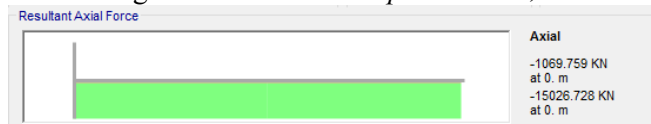
Gambar 7. 19 Kolom pada Lantai Basement pada Y=21

7.3.1.1 Data Perencanaan

Mutu beton (f'_c)	= 40 MPa
Mutu tulangan (f_y)	= 400 MPa
Dimensi kolom	= 900 mm x 900 mm
Tinggi kolom (l)	= 3100 mm – h balok
	= 3100mm – 800mm = 2300mm
Tebal cover (t)	= 40 mm
D. tul lentur	= 25 mm
D. tul geser	= 16 mm
βl	= 0,76

7.3.1.2 Analisis Struktur Kolom

Didapatkan hasil analisis gaya dalam yang terjadi pada kolom dengan kombinasi *envelope* dari SAP, berikut ini:



Gambar 7. 20 Diagram Aksial Kolom Lt. Basement

7.3.1.3 Cek Persyaratan Struktur Kolom

1. Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.1, gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi:

$$\frac{Ag \cdot f_c}{10} = \frac{900\text{mm} \times 900\text{mm} \cdot 40 \text{ MPa}}{10} = 3240000\text{N}$$

Diketahui, $P_u \text{ maks} = 15026700 \text{ N} > 3240000 \text{ N}$ **(OKE!)**

2. Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.1, sisi penampang terpendek tidak kurang dari 300 mm.

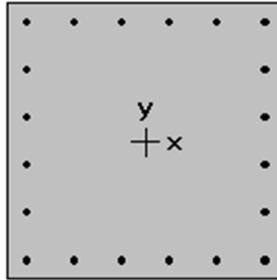
$b \text{ kolom} = h \text{ kolom} = 900 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ **(OKE!)**

3. Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.2, rasio penampang tidak boleh kurang dari 0,4

$$\frac{b \text{ kolom}}{h \text{ kolom}} = \frac{900 \text{ mm}}{900 \text{ mm}} = 1 > 0,4 \text{ (OKE!)}$$

7.3.1.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Luas tulangan longitudinal menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.3.1 dibatasi tidak boleh kurang dari 0,01 A_g dan tidak boleh lebih dari 0,06. Untuk perhitungan konfigurasi penulangan, digunakan program bantuan *pcaColumn* dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 7. 21 Konfigurasi Tulangan Kolom Lt. Basement

Didapatkan konfigurasi penulangan 16-D25 dengan rasio luas tulangan terhadap luas kolom (p) = 1,26%

Cek, $p \text{ min} < p < p \text{ maks} \rightarrow 0,01 < 0,0126 < 0,06$ **(OKE!)**

7.3.1.5 Perhitungan Syarat “Strong Column Weak Beam”

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.2.2:

$$\sum Mc \geq 1,2 \sum Mg$$

Keterangan:

$\sum Mc$ = Jumlah Mn kolom yang bertemu di joint

$\sum Mb$ = Jumlah Mn balok yang bertemu di joint

(termasuk sambungan tulangan plat selebar efektif)

a. Menentukan nilai $\sum Mg$

Lebar balok (bw) = 400 mm

Tinggi balok (hw) = 800 mm

Tebal plat (hf) = 150 mm

be 1 = $bw + 8hf = 400 \text{ mm} + 8 \cdot 150 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$

be 2 = $bw + 2hw = 400 \text{ mm} + 2 \cdot 800 \text{ mm} = 2000 \text{ mm}$

be 3 = $l/4 = 12000 \text{ mm} / 4 = 3000 \text{ mm}$

Dipilih yang terkecil, be pakai = 1600 mm

b. Menghitung tinggi efektif

As tulangan lentur atas = 11D25 = 5399,61 mm²
(diambil dari perhitungan balok dengan M_{maks}).

As tulangan lentur bawah = 5D25 = 2454,37 mm²
(diambil dari perhitungan balok dengan M_{maks})

Jarak lebar efektif = $(be - bw)/2$

$1600 \text{ mm} - 400 \text{ mm} = 1200 \text{ mm} / 2 = 600 \text{ mm}$

Jumlah tulangan = $600 \text{ mm} / 150 \text{ mm} = 4 \times 2 = 8$ buah

Diketahui, tul. Plat = D13 – 150.

Luas tul. As tarik total (balok+plat)

$5399,61 \text{ mm}^2 + 8 \times (0,25\pi(13 \text{ mm})^2) = 6461,47 \text{ mm}^2$

$y = 87,953$

d tekan = $h_{\text{balok}} - y = 800 \text{ mm} - 87,95 \text{ mm} = 712,05 \text{ mm}$

d tarik = $h - t - D_{\text{senggang}} - D_{\text{tul long}} - 30/2 = 707 \text{ mm}$

c. Menentukan nilai $\sum Mnb$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{5399,61 \cdot 400}{0,85 \cdot 40 \cdot 400} = 158,81 \text{ mm}$$

$$Mnb = \phi As \cdot fy(d-a/2)$$

$$= 0,9 \cdot 5399,61 \cdot 400(707 - 158,81/2)$$

$$= 1701131506 \text{ Nmm} = 1701,1315 \text{ kNm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{2454,37 \cdot 400}{0,85 \cdot 40 \cdot 400} = 72,18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mnb+ &= \varphi A_s \cdot f_y (d-a/2) \\ &= 0,9 \cdot 2454,37 \cdot 400 (707-72,18/2) \\ &= 829519816 \text{ Nmm} = 829,52 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Mnb &= Mnb- + Mnb+ \\ &= 1701,1315 \text{ kNm} + 829,52 \text{ kNm} = 2530,65 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$1,2 \times \sum Mnb = 1,2 \times 2530,65 \text{ kNm} = 3036,78 \text{ kNm}$$

d. Menentukan nilai $\sum Mnc$

Nilai Mnc ditentukan berdasarkan diagram interaksi antara P kolom atas dengan kolom bawah yang telah didesain dengan bantuan program *pcaColumn*. Diketahui nilai aksial (P_u):

$$P_u \text{ kolom atas} = 14043,7 \text{ kN}$$

$$P_u \text{ kolom bawah} = 15026,7 \text{ kN}$$

Kemudian nilai tersebut dimasukkan ke dalam *pcaColumn* sehingga didapatkan:

No.	P_u kN	M_{ux} kN-m	fM_{nx} kN-m	fM_n/M_u
1	15026.7	0.0	1788.1	999.999
2	14043.7	0.0	2005.4	999.999

Gambar 7. 22 Output *pcaColumn* untuk Kolom Lt. Basement

Sehingga, nilai Mnc kolom atas dan kolom yang didesain adalah:

$$M_c \text{ kolom atas} = 2005,4 \text{ kNm}$$

$$M_c \text{ kolom desain} = 1788,1 \text{ kNm}$$

$$\sum Mnc = Mnc \text{ atas} + Mnc \text{ desain}$$

$$\sum Mnc = 2005,4 \text{ kNm} + 1788,1 \text{ kNm} = 3793,5 \text{ kNm}$$

Cek syarat *strong column weak beam*:

$$\sum Mnc > 1,2 \sum Mnb$$

$$3793,5 \text{ kNm} > 3036,78 \text{ kNm} \text{ (OKE!)}$$

7.3.1.6 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal sebagai *Confinement*

- a. Menentukan spasi maksimum *hoop*

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3, spasi maksimum sengkang tertutup (*hoops*) merupakan yang paling kecil dari:

- $\frac{1}{4} b$ kolom = $0,25 \cdot 900\text{mm} = 225 \text{ mm}$
- $6db$ = $6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- Nilai s_0
 $hx = (900 - 2.40 - 2.13 - 2.25)\text{mm}/3 = 246 \text{ mm}$
 $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 246}{3} = 175,67 \text{ mm}$
 $s_0 > 100 \text{ mm} \rightarrow 100 \text{ mm}$

Maka, yang digunakan adalah $s_{\text{maks}} = 100 \text{ mm}$

- b. Menghitung luas tulangan *confinement*

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.4, luas penampang *hoops* tidak boleh lebih kecil dari salah satu nilai terbesar antara:

$$Ash_1 = 0,3 \left(\frac{s \cdot bc \cdot f_{ct}}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } Ash_2 = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_{ct}}{f_{yt}}$$

Keterangan:

bc = lebar penampang beton yang terkekang
 $= 900\text{mm} - 2(40 + 1/2 \cdot 13)\text{mm} = 795 \text{ mm}$

A_{ch} = luas penampang beton yang terkekang
 $= (900 - 2.40)\text{mm} \times (900 - 2.40)\text{mm} = 672400 \text{ mm}^2$

A_g = luas penampang beton keseluruhan
 $= 900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm} = 810000 \text{ mm}^2$

Sehingga,

$$Ash_1 = 0,3 \left(\frac{100 \cdot 795 \cdot 40}{400} \right) \left(\frac{810000}{672400} - 1 \right) = 488,067 \text{ mm}^2$$

$$Ash_2 = \frac{0,09 \cdot 100 \cdot 795 \cdot 40}{400} = 715,5 \text{ mm}^2$$

Maka yang menentukan $Ash = 715,5 \text{ mm}^2$

Dicoba tulangan 4 kaki D16 $\rightarrow As = 804,25 \text{ mm}^2$ (OKE!)

c. Pemasangan tulangan *confinement*

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3 pemasangan tulangan *hoops* diperlukan sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom, dimana l_0 adalah nilai terbesar dari:

- Tinggi komponen struktur pada muka joint, $h = 900$ mm
- $1/6$ bentang bersih komponen beton
 $1/6 \cdot ln = 1/6 \cdot (3100\text{mm} - 800\text{mm}) = 383,33\text{mm}$
- 450 mm

Maka, $l_0 = 900$ mm

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.5 disebutkan sepanjang sisa tinggi kolom bersih diberi *hoops* dengan spasi yang terbesar diantara:

- 150 mm
- $6db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

Maka, dipakai spasi 150 mm di sepanjang sisi tinggi kolom bersih.

7.3.1.7 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser

a. Gaya Geser Desain

Sesuai SNI 2847-2013, gaya geser desain tidak perlu lebih besar dari V_{sway} dan V_u dari hasil analisis struktur.

$$V_{sway} = \frac{M_{pr\ top} \cdot DF_{top} + M_{pr\ bot} \cdot DF_{bot}}{ln}$$

Keterangan:

DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain. Dimana, kekakuan = EI/L

$$K_{top} = \frac{EI}{l} = \frac{4700\sqrt{40} \cdot \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3}{4000} = 2,536 \times 10^{11}$$

$$K_{bot} = \frac{EI}{l} = \frac{4700\sqrt{40} \cdot \frac{1}{12} \cdot 900 \cdot 900^3}{3100} = 5,243 \times 10^{11}$$

$$DF_{top} = \frac{2,536 \times 10^{11}}{2,536 \times 10^{11} + 5,243 \times 10^{11}} = 0,326$$

$$DF_{bot} = \frac{5,243 \times 10^{11}}{2,536 \times 10^{11} + 5,243 \times 10^{11}} = 0,674$$

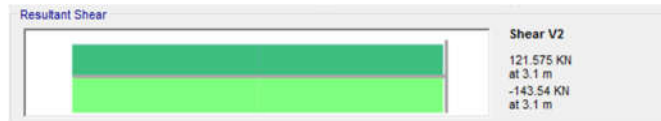
M_{pr} = Probable Moment Capacities (dari balok)

Nilai M_{pr} top dan M_{pr} bottom merupakan penjumlahan dari balok di lantai atas dan di lantai bawah pada muka kolom interior. Sehingga:

$$M_{pr} \text{ top} = 1609,254 \text{ kNm} + 822,751 \text{ kNm} = 2432 \text{ kNm}$$

$$M_{pr} \text{ bot} = 1609,254 \text{ kNm} + 822,751 \text{ kNm} = 2432 \text{ kNm}$$

$$V_{sway} = \frac{2432 \text{ kNm} \cdot 0,326 + 2432 \text{ kNm} \cdot 0,674}{2,2 \text{ m}} = 1105,46 \text{ kN}$$



Gambar 7. 23 Diagram Geser Kolom Basement

Nilai V_u didapatkan dari hasil analisis menggunakan beban *envelope* pada SAP 2000. $V_u = 143,54 \text{ kN}$

$V_{sway} > V_u$ maka $V_e = V_{sway} = 1105,46 \text{ kN}$

- b. Pengecekan kontribusi beton menahan gaya geser (V_c)
 Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.2, V_c dapat diabaikan dalam menahan gaya geser apabila:

- $V_e > \frac{1}{2} V_u$
 $1105,46 \text{ kN} > 0,5 \cdot 143,54 \text{ kN}$
 $1105,46 \text{ kN} > 71,77 \text{ kN}$ (OKE!)
- $P_u > A_g \cdot f'_c / 20$
 $15026,7 \text{ kN} > 900 \text{ mm} \cdot 900 \text{ mm} \cdot 400 \text{ MPa} / 20$
 $15026,7 > 1620 \text{ kN}$ (TIDAK OKE!)

Karena, salah satu syarat tidak terpenuhi, maka nilai V_c dihitung.

- c. Menghitung kebutuhan tulangan geser

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$d = 900 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 831,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40 \text{ MPa}} \cdot 900 \text{ mm} \cdot 831,5 \text{ mm} = 788830,16 \text{ N}$$

$$= 788,83 \text{ kN}$$

$$V_c/2 = 788,83 \text{ kN} / 2 = 392,42 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{1105,46 \text{ kN}}{0,75} = 1473,9422 \text{ kN} = 1473942,2 \text{ N}$$

Karena, $\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2} \rightarrow$ perlu tulangan geser

- Pengecekan kebutuhan tulangan geser minimum:

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{1105,46 \text{ kN}}{0,75} = 1473,9422 \text{ kN}$$

$$V_c + 1/3 \cdot b_w \cdot d = 788,83 \text{ kN} + 1/3 \cdot 900 \text{ mm} \cdot 831,5 \text{ mm} \\ = 789,08 \text{ kN}$$

Karena, $\frac{V_u}{\phi} > V_c + 1/3 \cdot b_w \cdot d \rightarrow$ tul. geser direncanakan

Dicoba digunakan 2 kaki D10 $\rightarrow A_v = 157,07 \text{ mm}^2$

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{3} \cdot 900 \text{ mm} \cdot 831,5 \text{ mm} = 249450 \text{ N}$$

$$s = \frac{f_y \cdot d \cdot A_v}{V_s} = \frac{400 \cdot 831,5 \cdot 157,07}{249450 \text{ N}} = 209,44 \text{ mm}$$

Dicoba digunakan 2 kaki D10 - spasi 200 mm, maka:

$$A_v = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{900 \cdot 200}{3 \cdot 400} = 150 \text{ mm}^2$$

$A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$ (OKE!)

- d. Kebutuhan tulangan geser di luar l_0

Menurut SNI 2847 – 2013 pasal 11.2.1.2, V_c ada apabila gaya aksial yang bekerja yakni:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

Dari hasil analisis SAP 2000 nilai aksial terkecil yang terjadi adalah $N_u = 5860,968 \text{ kN} = 5860968 \text{ N}$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{5860968}{14 \cdot 900 \cdot 900}\right) 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 900 \cdot 831,5 = 1220459,9 \text{ N}$$

$V_c < V_u/\phi$, maka tul. sengkang dibutuhkan untuk geser pada bentang tersebut.

7.3.1.8 Perhitungan Kebutuhan Sambungan Lewatan

Ketika seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan merupakan sambungan kelas B. Untuk sambungan kelas B, panjang minimum

sambungan lewatan = $1,3 \ell d$. Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2,

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \lambda \cdot \sqrt{f_c}} \right) \cdot db$$

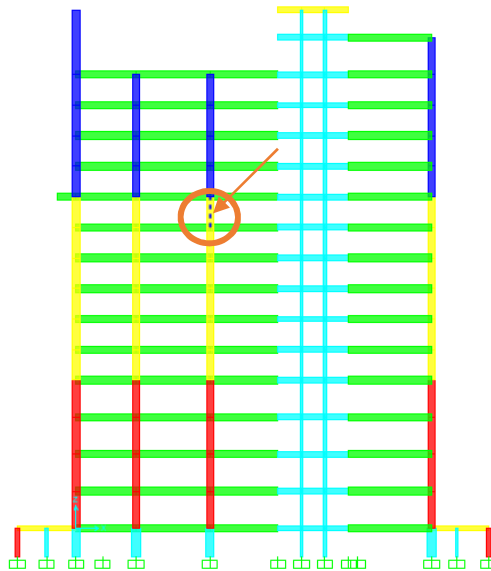
Keterangan: $db = 25 \text{ mm}$; $\psi_e = 1,0$; $\psi_t = 1,3$; $\lambda = 1,0$

$$\ell d = \left(\frac{400 \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{40}} \right) \cdot 25 = 1934,57 \text{ mm} \approx 1935 \text{ mm}$$

Digunakan, sambungan lewatan sepanjang 1935 mm

7.3.2 Desain Struktur Kolom Lantai 9

Dengan analisis menggunakan SAP 2000, didapatkan gaya aksial terbesar kolom pada lantai *basement* yaitu kolom dengan *frame* 1942.



Gambar 7. 24 Kolom pada Lantai 9

7.3.2.1 Data Perencanaan

Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa

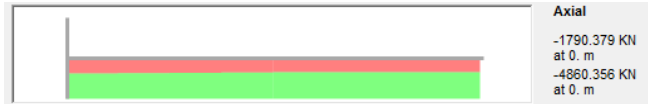
Mutu tulangan (f_y) = 400 MPa

Dimensi kolom = 800 mm x 800 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi kolom } (l) &= 3300 \text{ mm} - h \text{ balok} \\
 &= 3300\text{mm} - 800\text{mm} = 2500\text{mm} \\
 \text{Tebal cover } (t) &= 40 \text{ mm} \\
 \text{D. tul lentur} &= 25 \text{ mm} \\
 \text{D. tul geser} &= 16 \text{ mm} \\
 \beta l &= 0,8
 \end{aligned}$$

7.3.2.2 Analisis Struktur Kolom

Didapatkan hasil analisis gaya dalam yang terjadi pada kolom dengan kombinasi *envelope* dari SAP, berikut ini:



Gambar 7. 25 Diagram Aksial Kolom Lt. 9

7.3.2.3 Cek Persyaratan Struktur Kolom

1. Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.1, gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi:

$$\frac{Ag \cdot fc}{10} = \frac{800\text{mm} \times 800\text{mm} \times 35 \text{ MPa}}{10} = 2240000 \text{ N}$$

Diketahui, $P_u \text{ maks} = 4860356 \text{ N} > 2240000 \text{ N}$ **(OKE!)**

2. Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.1, sisi penampang terpendek tidak kurang dari 300 mm.

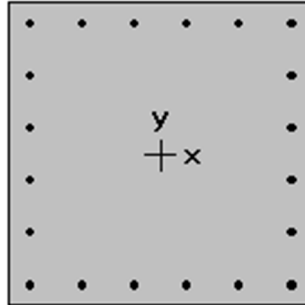
$b \text{ kolom} = h \text{ kolom} = 800 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ **(OKE!)**

3. Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.2, rasio penampang tidak boleh kurang dari 0,4

$$\frac{b \text{ kolom}}{h \text{ kolom}} = \frac{800 \text{ mm}}{800 \text{ mm}} = 1 > 0,4 \text{ (OKE!)}$$

7.3.2.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Luas tulangan longitudinal menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.3.1 dibatasi tidak boleh kurang dari 0,01 A_g dan tidak boleh lebih dari 0,06. Untuk perhitungan konfigurasi penulangan, digunakan program bantuan *pcaColumn* dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 7. 26 Konfigurasi Tulangan Kolom Lt. 9

Didapatkan konfigurasi penulangan 16-D25 dengan rasio luas tulangan terhadap luas kolom (p) = 1,27%
 Cek, $p_{\min} < p < p_{\max} \rightarrow 0,01 < 0,0127 < 0,06$ (OKE!)

7.3.2.5 Perhitungan Syarat “Strong Column Weak Beam”

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.2.2:

$$\sum Mc \geq 1,2 \sum Mg$$

Keterangan:

$\sum Mc$ = Jumlah Mn kolom yang bertemu di joint

$\sum Mb$ = Jumlah Mn balok yang bertemu di joint

(termasuk sambungan tulangan plat selebar efektif)

- a. Menentukan nilai $\sum Mg$

$$\text{Lebar balok } (bw) = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok } (hw) = 800 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal plat } (hf) = 150 \text{ mm}$$

$$be_1 = bw + 8hf = 400 \text{ mm} + 8 \cdot 150 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$$

$$be_2 = bw + 2hw = 400 \text{ mm} + 2 \cdot 800 \text{ mm} = 2000 \text{ mm}$$

$$be_3 = l/4 = 12000 \text{ mm} / 4 = 3000 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, be pakai = 1600 mm

- b. Menghitung tinggi efektif

As tulangan lentur atas = 11D25 = 5399,61 mm²
 (diambil dari perhitungan balok dengan M_{\max}).

As tulangan lentur bawah = 5D25 = 2454,37 mm²

(diambil dari perhitungan balok dengan M_{maks})

Jarak lebar efektif = $(b_e - b_w)/2$

$$1600\text{mm} - 400\text{mm} = 1200\text{mm}/2 = 600\text{mm}$$

Jumlah tulangan = $600\text{ mm}/150\text{ mm} = 4 \times 2 = 8$ buah

Diketahui, tul. Plat = D13 – 150.

Luas tul. As tarik total (balok+plat)

$$5399,61\text{mm}^2 + 8 \times (0,25\pi(13\text{mm})^2) = 6461,47\text{ mm}^2$$

$$y = 87,953$$

$$d_{tekan} = h_{balok} - y = 800\text{ mm} - 87,95\text{mm} = 712,05\text{mm}$$

$$d_{tarik} = h - t - D_{senggang} - D_{tul\ long} - 30/2 = 704\text{ mm}$$

c. Menentukan nilai $\sum M_{nb}$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{5399,61 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 181,5\text{ mm}$$

$$M_{nb-} = \phi A_s \cdot f_y (d-a/2)$$

$$= 0,9 \cdot 5399,61 \cdot 400(704-181,5/2)$$

$$= 1655656717\text{ Nmm} = 1655,66\text{ kNm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{2454,37 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 82,5\text{ mm}$$

$$M_{nb+} = \phi A_s \cdot f_y (d-a/2)$$

$$= 0,9 \cdot 2454,37 \cdot 400(712,05-82,5/2)$$

$$= 823192160\text{ Nmm} = 823,19\text{ kNm}$$

$$\sum M_{nb} = M_{nb-} + M_{nb+}$$

$$= 1655,66\text{kNm} + 823,19\text{kNm} = 2478,85\text{kNm}$$

$$1,2 \times \sum M_{nb} = 1,2 \times 2478,85\text{kNm} = 2974,62\text{ kNm}$$

d. Menentukan nilai $\sum M_{nc}$

Nilai M_{nc} ditentukan berdasarkan diagram interaksi antara P kolom atas dengan kolom bawah yang telah didesain dengan bantuan program *pcaColumn*. Diketahui nilai aksial (P_u):

$$P_u \text{ kolom atas} = 3275,182\text{ kN}$$

$$P_u \text{ kolom bawah} = 4860,356\text{ kN}$$

Kemudian nilai tersebut dimasukkan ke dalam *pcaColumn* sehingga didapatkan:

No.	Pu kN	Mux kN-m	fMnx kN-m	fMn/Mu
1	4860.4	0.0	1867.8	999.999
2	3275.2	0.0	1902.5	999.999

Gambar 7. 27 Output *pcaColumn* untuk Kolom Lt. 9 dan Kolom Lt.10

Sehingga, nilai *Mnc* kolom atas dan kolom yang didesain adalah:

$$Mc \text{ kolom atas} = 1902,5 \text{ kNm}$$

$$Mc \text{ kolom desain} = 1867,8 \text{ kNm}$$

$$\sum Mnc = Mnc \text{ atas} + Mnc \text{ desain}$$

$$\sum Mnc = 1902,5 \text{ kNm} + 1867,8 \text{ kNm} = 3770,3 \text{ kNm}$$

Cek syarat *strong column weak beam*:

$$\sum Mnc > 1,2 \sum Mnb$$

$$4213,1 \text{ kNm} > 2974,62 \text{ kNm} \text{ (OKE!)}$$

Kemudian, ditinjau juga kekuatan antara kolom desain dengan kolom di bawahnya. Diketahui:

$$Pu \text{ kolom desain} = 4860,356 \text{ kN}$$

$$Pu \text{ kolom bawah} = 5819,763 \text{ kN}$$

Kemudian nilai tersebut dimasukkan ke dalam *pcaColumn* sehingga didapatkan:

No.	Pu kN	Mux kN-m	fMnx kN-m	fMn/Mu
1	5819.8	0.0	1683.7	999.999
2	4860.4	0.0	1867.8	999.999

Gambar 7. 28 Output *pcaColumn* untuk Kolom Lt. 9 dan Kolom Lt.8

Sehingga, nilai *Mnc* kolom atas dan kolom yang didesain adalah:

$$Mc \text{ kolom bawah} = 1683,7 \text{ kNm}$$

$$Mc \text{ kolom desain} = 1867,8 \text{ kNm}$$

$$\sum Mnc = Mnc \text{ bawah} + Mnc \text{ desain}$$

$$\sum Mnc = 1683,7 \text{ kNm} + 1867,8 \text{ kNm} = 3551,6 \text{ kNm}$$

Cek syarat *strong column weak beam*:

$$\sum Mnc > 1,2 \sum Mnb$$

$$3551,6 \text{ kNm} > 2974,62 \text{ kNm} \text{ (OKE!)}$$

7.3.2.6 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal sebagai *Confinement*

- a. Menentukan spasi maksimum *hoop*

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3, spasi maksimum sengkang tertutup (*hoops*) merupakan yang paling kecil dari:

- $\frac{1}{4} b$ kolom = $0,25 \cdot 800\text{mm} = 200 \text{ mm}$

- $6db$ = $6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

- Nilai s_0

$$hx = (800 - 2.40 - 2.13 - 2.25)\text{mm}/3 = 214,67 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 215}{3} = 180,88 \text{ mm}$$

$$s_0 > 100 \text{ mm} \rightarrow 100 \text{ mm}$$

Maka, yang digunakan adalah s maks = 100 mm

- b. Menghitung luas tulangan *confinement*

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.4, luas penampang *hoops* tidak boleh lebih kecil dari salah satu nilai terbesar antara:

$$Ash_1 = 0,3 \left(\frac{s \cdot bc \cdot f_{ct}}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } Ash_2 = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_{ct}}{f_{yt}}$$

Keterangan:

bc = lebar penampang beton yang terkekang

$$= 800\text{mm} - 2(40 + 1/2 \cdot 13)\text{mm} = 695 \text{ mm}$$

A_{ch} = luas penampang beton yang terkekang

$$= (800 - 2.40)\text{mm} \times (800 - 2.40)\text{mm} = 518400 \text{ mm}^2$$

A_g = luas penampang beton keseluruhan

$$= 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 640000 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$Ash_1 = 0,3 \left(\frac{100 \cdot 695 \cdot 35}{400} \right) \left(\frac{640000}{518400} - 1 \right) = 427,94 \text{ mm}^2$$

$$Ash_2 = \frac{0,09 \cdot 100 \cdot 695 \cdot 35}{400} = 547,3125 \text{ mm}^2$$

Maka yang menentukan $Ash = 547,3125 \text{ mm}^2$

Dicoba tulangan 3 kaki D16 $\rightarrow As = 603,18 \text{ mm}^2$ (OKE!)

c. Pemasangan tulangan *confinement*

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3 pemasangan tulangan *hoops* diperlukan sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom, dimana l_0 adalah nilai terbesar dari:

- Tinggi komponen struktur pada muka joint, $h = 800 \text{ mm}$
- $1/6$ bentang bersih komponen beton
 $1/6 \cdot ln = 1/6 \cdot (3300\text{mm} - 800\text{mm}) = 416,67\text{mm}$
- 450 mm

Maka, $l_0 = 800 \text{ mm}$

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.5 disebutkan sepanjang sisa tinggi kolom bersih diberi *hoops* dengan spasi yang terbesar diantara:

- 150 mm
- $6db = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

Maka, dipakai spasi 150 mm di sepanjang sisi tinggi kolom bersih.

7.3.2.7 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser

a. Gaya Geser Desain

Sesuai SNI 2847-2013, gaya geser desain tidak perlu lebih besar dari V_{sway} dan V_u dari hasil analisis struktur.

$$V_{sway} = \frac{Mpr_{top} \cdot DF_{top} + Mpr_{bot} \cdot DF_{bot}}{ln}$$

Keterangan:

- DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain.

Karena kolom di lantai atas dan bawah mempunyai kekakuan yang sama, DF atas = DF bawah = 0,5

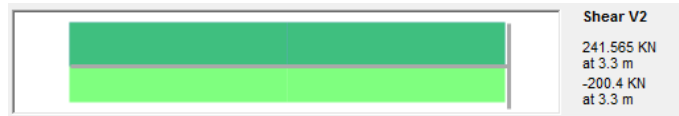
- Mpr = Probable Moment Capacities (dari balok)

Nilai $Mpr\ top$ dan $Mpr\ bottom$ merupakan penjumlahan dari balok di lantai atas dan di lantai bawah pada muka kolom interior. Sehingga:

$$Mpr\ top = 1609,254\ kNm + 822,751\ kNm = 2432\ kNm$$

$$Mpr\ bot = 1609,254\ kNm + 822,751\ kNm = 2432\ kNm$$

$$V_{sway} = \frac{2432\ kNm \cdot 0,326 + 2432\ kNm \cdot 0,674}{2,5m} = 972,81\ kN$$



Gambar 7. 29 Diagram Geser Kolom Lt.9

Nilai V_u didapatkan dari hasil analisis menggunakan beban *envelope* pada SAP 2000. $V_u = 241,565\ kN$

$$V_{sway} > V_u \text{ maka } V_e = V_{sway} = 972,81\ kN$$

- b. Pengecekan kontribusi beton menahan gaya geser (V_c)
 Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.2, V_c dapat diabaikan dalam menahan gaya geser apabila:

- $V_e > \frac{1}{2} V_u$
 $972,81\ kN > 0,5 \cdot 241,565\ kN$
 $972,81\ kN > 120,783\ kN$ (**OKE!**)
- $P_u > A_g \cdot f'_c / 20$
 $4860,36\ kN > 800\text{mm} \cdot 800\text{mm} \cdot 400\text{MPa} / 20$
 $13919,151 > 1120\ kN$ (**TIDAK OKE!**)

Karena, salah satu syarat tidak terpenuhi, maka nilai V_c dihitung.

- c. Menghitung kebutuhan tulangan geser

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$d = 800\text{ mm} - 40\text{ mm} - 13\text{ mm} - 25\text{ mm}/2 = 731,5\text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35\text{ MPa}} \cdot 800\text{mm} \cdot 731,5\text{mm} = 577014,98\text{N}$$

$$= 577,01\text{ kN}$$

$$V_c/2 = 577,01\text{ kN} / 2 = 288,51\text{ kN}$$

$$\frac{Vu}{\phi} = \frac{972,81 \text{ kN}}{0,75} = 1297,07 \text{ kN}$$

Karena, $\frac{Vu}{\phi} > \frac{Vc}{2} \rightarrow$ perlu tulangan geser

- Pengecekan kebutuhan tulangan geser minimum:

$$\frac{Vu}{\phi} = \frac{972,81 \text{ kN}}{0,75} = 1297,07 \text{ kN}$$

$$Vc + 1/3 \cdot bw \cdot d = 577,01 \text{ kN} + 1/3 \cdot 800 \text{ mm} \cdot 731,5 \text{ mm} \\ = 577,21 \text{ kN}$$

Karena, $\frac{Vu}{\phi} > Vc + 1/3 \cdot bw \cdot d \rightarrow$ tul. geser direncanakan

Dicoba digunakan 2 kaki D10 $\rightarrow Av = 157,07 \text{ mm}^2$

$$Vs \text{ min} = \frac{1}{3} \cdot bw \cdot d = \frac{1}{3} \cdot 800 \text{ mm} \cdot 731,5 \text{ mm} = 195066,6 \text{ N}$$

$$s = \frac{fy \cdot d \cdot Av}{Vs} = \frac{400 \cdot 731,5 \cdot 157,07}{195066,6} = 235,62 \text{ mm}$$

Dicoba digunakan 2 kaki D10 - spasi 200 mm, maka:

$$Av = \frac{bw \cdot s}{3 \cdot fy} = \frac{800 \cdot 200}{3 \cdot 400} = 133,33 \text{ mm}^2$$

$Av \text{ pakai} > Av \text{ perlu}$ (**OKE!**)

- d. Kebutuhan tulangan geser di luar l_0

Menurut SNI 2847 – 2013 pasal 11.2.1.2, Vc ada apabila gaya aksial yang bekerja yakni:

$$Vc = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right) \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$$

Dari hasil analisis SAP 2000 nilai aksial terkecil yang terjadi adalah $Nu = 1790,379 \text{ kN} = 1790379 \text{ N}$

$$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{1790379}{14 \cdot 800 \cdot 800}\right) 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 800 \cdot 731,5 = 706159,86 \text{ N}$$

$Vc < Vu/\phi$, maka tidak dibutuhkan tulangan sengkang untuk geser pada bentang tersebut.

7.3.2.8 Perhitungan Kebutuhan Sambungan Lewatan

Ketika seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan merupakan sambungan kelas B. Untuk sambungan kelas B, panjang minimum sambungan lewatan = 1,3 ld . Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2,

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \lambda \cdot \sqrt{f_c}} \right) \cdot db$$

Keterangan:

$$db = 25 \text{ mm} ; \psi_e = 1,0 ; \psi_t = 1,3 ; \lambda = 1,0$$

$$\ell d = \left(\frac{400 \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 25 = 2068,14 \text{ mm} \approx 2100 \text{ mm}$$

Digunakan, sambungan lewatan sepanjang 2100 mm

7.4 Desain Hubungan Balok Kolom (HBK)

Hubungan Balok Kolom didesain pada daerah pertemuan antara komponen struktur balok dan kolom yang telah didesain.

7.4.1 Pengecekan Syarat Panjang HBK

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.7.2.3, panjang HBK diukur terhadap tulangan lentur balok yang menyebabkan geser pada HBK sedikitnya 20 kali db longitudinal terbesar.

$$b = h = 900 \text{ mm}$$

$$20 db = 20 \times 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 900 \text{ mm} \text{ (OKE!)}$$

7.4.2 Perhitungan Luas Efektif HBK (A_j)

A_j direncanakan sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 21.7.4.1, dimana A_j merupakan luas penampang efektif dalam suatu HBK yang dihitung dari tinggi HBK dikalikan lebar HBK efektif.

Diketahui:

$$\text{Lebar balok} = b = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi kolom} = h = 900 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi HBK} = h = 900 \text{ mm}$$

$$x = (900 \text{ mm} - 400 \text{ mm})/2 = 250 \text{ mm}$$

Lebar efektif HBK merupakan nilai terkecil dari:

$$- b + h = 400 \text{ mm} + 900 \text{ mm} = 1300 \text{ mm}$$

$$- b + 2x = 400 \text{ mm} + 2 \times 250 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$$

Sehingga, dipakai lebar efektif = 900 mm

$$\text{Maka, } A_j = 900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm} = 810000 \text{ mm}^2$$

7.4.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal untuk *Confinement*

Untuk *joint interior*, jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan pada ujung-ujung kolom. Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.7.3.2 tulangan *confinement* diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

Diketahui:

$$s \text{ min} = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{Ash}{s} \text{ HBK} = 0,5 \cdot \frac{Ash}{s} \text{ Kolom} = 3,5775 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$Ash \text{ HBK} = 3,5775 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 150 \text{ mm} = 536,63 \text{ mm}^2$$

Dicoba dipakai sengkang 3D16 – 150 mm

Sehingga, As pakai = 603,186 mm² > As perlu (OKE!)

7.4.4 Perhitungan Gaya Geser HBK

a. Menghitung V_{sway}

M_{pr} dari balok yang merangkai di kolom adalah

$$M_{pr+} = 1609,25 \text{ kNm}$$

$$M_{pr-} = 822,751 \text{ kNm}$$

$$M_e = 0,5 (1609,25 \text{ kNm} + 822,751 \text{ kNm}) = 1216 \text{ kNm}$$

Kekakuan kolom di atas dan di bawah menghasilkan nilai DF berikut ini:

$$DF_{top} = \frac{2,536 \times 10^{11}}{2,536 \times 10^{11} + 5,243 \times 10^{11}} = 0,326$$

$$DF_{bot} = \frac{5,243 \times 10^{11}}{2,536 \times 10^{11} + 5,243 \times 10^{11}} = 0,674$$

Sehingga:

$$M_{pr \text{ top}} = 1609,254 \text{ kNm} + 822,751 \text{ kNm} = 2432 \text{ kNm}$$

$$M_{pr \text{ bot}} = 1609,254 \text{ kNm} + 822,751 \text{ kNm} = 2432 \text{ kNm}$$

$$V_{sway} = \frac{2432 \text{ kNm} \cdot 0,326 + 2432 \text{ kNm} \cdot 0,674}{2,2 \text{ m}} = 1105,46 \text{ kN}$$

b. Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

- Gaya tarik tulangan balok di bagian kiri

$$As = 5399,61 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = 1,25 \cdot As \cdot f_y = 1,25 \cdot 5399,61 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}$$

$$T_1 = 2699806 \text{ N} = 2699,8 \text{ kN}$$

- Gaya tekan pada balok kiri
 $C_1 = T_1 = 2699806 \text{ N} = 2699,8 \text{ kN}$
- Gaya tarik tulangan balok di bagian kanan
 $A_s = 2454,37 \text{ mm}^2$
 $T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}$
 $T_2 = 1227185 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN}$
- Gaya tekan pada balok kanan
 $C_2 = T_2 = 1227185 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN}$

c. Menghitung gaya geser pada joint

$$V_j = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$= 1105,46 \text{ kN} - 2699,8 \text{ kN} - 1227,18 \text{ kN} = 2821,53 \text{ kN}$$

$$V_j = V_{sway} - T_1 - C_1 = 4294,16 \text{ kN}$$

$$V_j = V_{sway} - T_2 - C_2 = 1348,91$$

Cek dengan V_j terbesar untuk kontrol kuat geser HBK.

7.4.5 Kontrol Kuat Geser HBK

Kontrol kuat geser HBK dicek sesuai dengan pada SNI 2847-2013 pasal 21.7.3.2 untuk kuat geser HBK yang dikekang pada keempat sisinya adalah:

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_j$$

$$= 0,75 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{40} \cdot 810000 \text{ mm}^2$$

$$= 8708913 \text{ N} = 8708,91 \text{ kN} > 4294,16 \text{ kN} \text{ (OKE!)}$$

Bila terkekang pada 2 atau 3 sisinya, adalah:

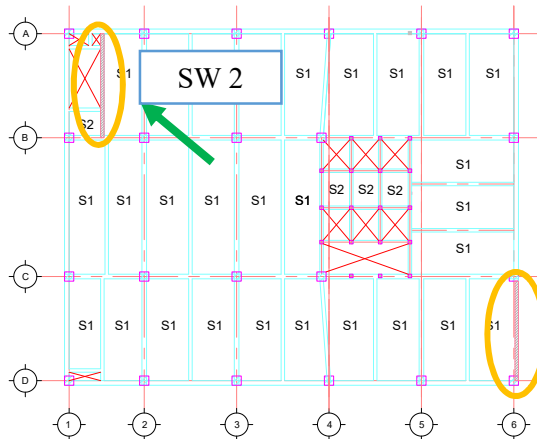
$$\phi V_n = 0,75 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_j$$

$$= 0,75 \cdot 0,12 \cdot \sqrt{40} \cdot 810000 \text{ mm}^2$$

$$= 6147468 \text{ N} = 6147,47 \text{ kN} > 4294,16 \text{ kN} \text{ (OKE!)}$$

7.5 Desain Struktur Dinding Geser

Denah letak *shear wall* pada desain gedung Hotel Swiss Bellin Darmocentrum dapat dilihat berikut ini.



Gambar 7. 30 Denah Letak Dinding Geser

7.5.1 Data Perencanaan

Panjang dinding = 9 m	$f'c$	= 35 MPa
Tinggi dinding = 56,1 m	f_y	= 400 MPa
Tebal dinding = 300 mm	D tul. long	= 25 mm
t selimut beton = 40 mm	D tul. geser	= 16 mm

7.5.2 Hasil Analisis Struktur Dinding Geser

Analisis struktur dinding geser menggunakan program SAP 2000, didapatkan hasil gaya-gaya dalam:

Tabel 7. 3 Hasil Analisis Dinding Geser dengan SAP2000

TABLE: Section Cut Forces - Design									
SectionCut	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SW1	ENVELOPE EQ	Combination	Max	24683.142	5.93	3780.574	59.3729	67548.6628	5.9553
SW1	ENVELOPE EQ	Combination	Min	-3308.707	-121.552	-2832.339	-51.77	-70794.4347	-108.8964
SW2	ENVELOPE EQ	Combination	Max	14748.095	6.531	2626.106	59.3678	60156.1317	42.0765
SW2	ENVELOPE EQ	Combination	Min	2333.245	-149.813	-3187.995	-152.3508	-69697.0028	-214.1679

Dinding geser yang akan direncanakan adalah dinding geser dengan section cut “SW 2” dengan gaya terjadi:

$$P_u = 14748,095 \text{ kN} ; V_u = 3187,995 \text{ kN}$$

$$M_u = 69697,003 \text{ kNm}$$

7.5.3 Cek Ketebalan Dinding Geser Terhadap Geser

Kuat geser nominal dinding individual menurut SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4 tidak boleh melebihi:

$$0,83 \cdot Acw \cdot \sqrt{f'c}$$

Keterangan:

Acw = Luas penampang dinding yang ditinjau
 = Panjang badan x tebal dinding
 = 9000 mm x 300 mm = 2700000 mm²

Sehingga, $0,83Acw\sqrt{f'c}$

$$Vu < 0,83 \times 27 \times 10^5 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}} = 13257934,79 \text{ N}$$

$$3187,995 \text{ kN} < 13257,9 \text{ kN (OKE!)}$$

7.5.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

1. Hitung rasio tulangan minimum

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.1, jika

$$Vu > 0,083 \cdot \lambda \cdot Acv \cdot \sqrt{f'c}$$

Acv = Panjang badan x tebal dinding = 2700000 mm²

$\lambda = 1$ (untuk beton normal)

$$0,083 \cdot \lambda \cdot Acv \cdot \sqrt{f'c}$$

$$= 0,083 \cdot 1 \cdot 2700000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}} = 1325793,4 \text{ N}$$

Karena, $Vu > 1325,8 \text{ kN}$, maka p min untuk tulangan vertikal dan horizontal adalah 0,0025.

2. Hitung kebutuhan lapis tulangan

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.2, tulangan pada dinding geser dipasang dua lapis apabila:

$$Vu > 0,17 \cdot \lambda \cdot Acv \cdot \sqrt{f'c}$$

$$Vu > 0,17 \cdot 1 \cdot 2700000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}}$$

$$3187,995 \text{ kN} > 2715,48 \text{ kN} \rightarrow \text{perlu 2 lapis tulangan}$$

3. Hitung kebutuhan tulangan longitudinal dan transversal

Luas minimal penampang tiap meter panjang:

$$A = 300 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 300000 \text{ mm}^2$$

Luas minimal tulangan transversal dan longitudinal per meter panjang:

$$\frac{A_{sh}}{s} = p \min x A = 0,0025 \cdot 300000 \text{ mm}^2 = 750 \text{ mm}^2/\text{m}$$

atau $0,75 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Dicoba, dipakai tulangan 2 pasang D16, sehingga:

$$A_s = 2 \times (0,25\pi 16 \text{ mm}^2) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_s}{A_{sh}/s} = \frac{402,12 \text{ mm}^2}{0,75} = 536,16 \text{ mm}$$

Syarat, s tidak melebihi 450 mm → paka s=200mm

Sehingga, dipakai 2 pasang D16 – 200 mm

7.5.5 Perhitungan Kuat Geser Dinding Struktural

Kuat geser nominal dinding struktural dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.1 berikut:

$$V_n = A_c v (\alpha c \cdot \lambda \sqrt{f'_c} + p_t \cdot f_y)$$

$$\alpha c = 0,25 \rightarrow \text{untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$= 0,17 \rightarrow \text{untuk } h_w/l_w \geq 2,0$$

Dapat dihitung secara linier antara 0,25 dan 0,17 untuk h_w/l_w diantara 1,5 dan 2,0

$$\text{Maka, } \frac{56100 \text{ mm}}{9000 \text{ mm}} = 6,23 > 2,0 \rightarrow \alpha c = 0,17$$

$$p_t = A_s / (s \cdot t) = 402,12 \text{ mm}^2 / (200 \text{ mm})^2 = 0,0067$$

$$V_n = 2700000 \text{ mm}^2 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \text{ Mpa} + 0,0067 \cdot 400 \text{ MPa})$$

$$V_n = 9953710,1 \text{ N} = 9953,7 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n = 0,75 \cdot 9953,7 \text{ kN} = 7465,28 \text{ kN} > V_u \text{ (OKE!)}$$

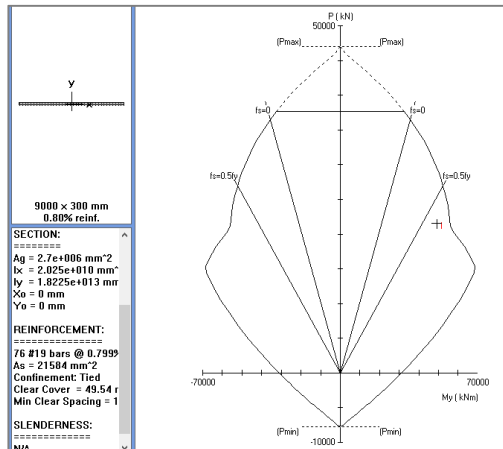
Kuat geser maksimum dinding dibatasi sesuai dari SNI 2847-2013 pasak 21.9.4.4 berikut ini:

$$V_n \text{ maks} = 0,83 A_c w \sqrt{f'_c} = 13257934,8 \text{ N} = 13257,9 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n < V_n \text{ maks (OKE!)}$$

7.5.6 Perencanaan Dinding Geser terhadap Gaya Aksial dan Lentur

Untuk dapat merencanakan dinding geser yang mampu menahan aksial dan lentur digunakan program bantu *pcaColumn*. Gaya aksial dan lentur yang dipakai berasal dari hasil analisis dengan SAP. Sehingga didapatkan:



Gambar 7. 31 Hasil Analisis PCA-COL untuk SW2

Dapat dilihat dari diagram interaksi antara momen aksial, dinding geser mampu menahan beban yang ada dengan konfigurasi tulangan 76D19.

7.5.7 Pengecekan Kebutuhan Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*)

Pengecekan *special boundary element* (SBE) dihitung menggunakan pendekatan tegangan.

$$A_g = 300 \text{ mm} \times 9000 \text{ mm} = 2700000 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 2,7 \text{ m}^2$$

$$I_g = 1/12 \cdot b h^3 = 1/12 \cdot 300 \text{ mm} \cdot (9000 \text{ mm})^3$$

$$= 1,83 \times 10^{13} \text{ mm}^4 = 18,225 \text{ m}^4$$

$$y = \text{panjang badan}/2 = 9000 \text{ mm}/2 = 4500 \text{ mm}$$

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u \cdot y}{I_g} > 0,2 f'c$$

$$\frac{21512,545 \text{ kN}}{2,7 \text{ m}^2} + \frac{49074,518 \text{ kNm} \cdot 4,5 \text{ m}}{18,23 \text{ m}^4} > 0,2 \cdot 35 \text{ MPa}$$

20,1 MPa > 7 MPa → diperlukan SBE pada daerah tekan di dinding

7.5.8 Perhitungan Panjang *Special Boundary Element*

Panjang SBE ditentukan sesuai dengan persyaratan SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.1, dimana SBE harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari $c - 0,1 \ell_w$ dan $c/2$. Nilai c didapat dari hasil analisis menggunakan program bantu *pcaColumn*.

Load No.	fPn kN	fMny kN-m	N.A. depth mm
1	21512.5	55919.5	5536

Gambar 7. 32 Hasil Axial Load *pcaColumn* untuk Menentukan Nilai c

Nilai $c = NA \text{ depth} = 5536 \text{ mm}$

Sehingga, panjang SBE:

$$c - 0,1 \ell_w = 5536 \text{ mm} - 0,1 \times 9000 \text{ mm} = 4636 \text{ mm}$$

$$c/2 = 4636 \text{ mm}/2 = 2768 \text{ mm}$$

Digunakan, panjang SBE = 4636 mm

7.5.9 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal pada *Special Boundary Element*

Diketahui lebar balok yang merangkai pada dinding geser memiliki dimensi lebih lebar dari lebar dinding:

$$b \times h \text{ balok} = 400 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$$

Maka, perlu dilakukan pengecekan rasio tulangan pada daerah SBE dimana terjadi:

- a. Penebalan di ujung SBE

Direncanakan penebalan dengan dimensi:

$$b = 400 \text{ mm} \text{ dan } h = 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan 8D19 dengan luas tulangan:

$$A_s = 8 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 = 2268,23 \text{ mm}^2$$

- b. Sisa panjang daerah tekan di luar penebalan ujung SBE

Dimensi: $b = 400 \text{ mm}$,

$$h = 4636 \text{ mm} - 400 \text{ mm} = 4236 \text{ mm}$$

Tulangan longitudinal terdapat sepanjang daerah tekan di luar penebalan pada ujung SBE sejumlah:

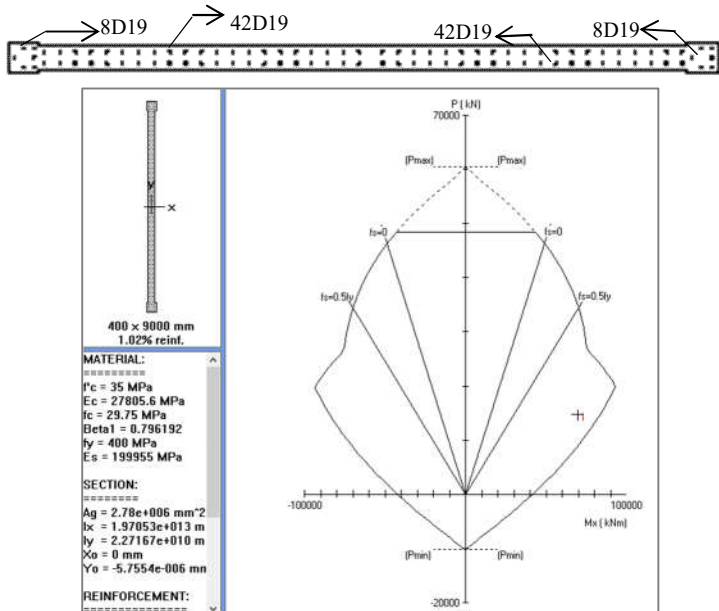
$$n = 2 \cdot \frac{h}{s} = 2 \cdot \frac{4236 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 42,4 \approx 42 \text{ buah}$$

Maka, terdapat 42D19 dengan jarak 200 mm

$$A_s = 42 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2 = 11908,2 \text{ mm}^2$$

$$p = \frac{11908,2 + 2268,23}{(400\text{mm} \cdot 400\text{mm}) + (4236\text{mm} \cdot 300\text{mm})} = 0,01 > 0,005 \text{ (OK!)}$$

Dicoba analisis menggunakan PCA-COL, didapatkan:



Gambar 7. 33 Hasil Analisis SW2 dengan PCA-COL

7.5.10 Perhitungan Kebutuhan Tulangan *Confinement* pada *Special Boundary Element*

1. Tulangan *confinement* pada penebalan ujung SBE
Digunakan *hoops* D13 dengan bentuk persegi, maka spasi maksimum ada yang terkecil dari:
 - $\frac{1}{4}$ sisi terpendek = $0,24 \times 400 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$
 - $6db = 6 \times 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$
 - $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 hx}{3}$
 $hx = 400 \text{ mm} - 2.40\text{mm} - 13\text{mm} = 307 \text{ mm}$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 307 \text{ mm}}{3} = 114,33 \text{ mm}$$

Digunakan jarak 100 mm

Dengan menggunakan D13 spasi 100 mm, *Ash confinement* yang dibutuhkan

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}, \text{ dimana:}$$

bc = dimensi *core*, diukur dari antar sumbu *hoops*

$$bc = 400 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm} + 2.13 \text{ mm}/2) = 307 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 307 \text{ mm} \cdot 35 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} = 241,76 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2 kaki D13

$$A_s = 2 \cdot 0,25\pi \cdot (13 \text{ mm})^2$$

$$A_s = 256,46 \text{ mm}^2 > 241,76 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

2. Sisa panjang daerah tekan diluar penebalan pada ujung SBE

Dipakai *hoops* berbentuk persegi dengan D13, maka spasi maksimum adalah nilai terkecil dari:

$$- \frac{1}{4} \text{ sisi terpendek} = 0,24 \times 400 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

$$- 6db = 6 \times 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$$

$$- s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot hx}{3}$$

$$hx = 400 \text{ mm} - 2.40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} = 307 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 307 \text{ mm}}{3} = 114,33 \text{ mm}$$

Digunakan jarak 100 mm

- a. Pada arah sejajar dinding geser

Digunakan D13 spasi 100 mm, maka *Ash confinement* yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}, \text{ dimana}$$

bc = dimensi *core*, diukur dari antar sumbu *hoops*

$$bc = 300 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm} + 2.13 \text{ mm}/2) = 207 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 207 \text{ mm} \cdot 35 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} = 163,013 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2 kaki D13 $\rightarrow A_s = 2 \cdot 0,25\pi \cdot (13 \text{ mm})^2$

$$A_s = 256,46 \text{ mm}^2 > 163,013 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

- b. Pada arah tegak lurus dinding geser
Digunakan D13 spasi 100 mm, maka *Ash confinement*
yang dibutuhkan:

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}, \text{ dimana:}$$

bc = dimensi *core*, diukur dari antar sumbu *hoops*

$$bc = 300 \text{ mm} - (2.40 \text{ mm} + 2.13 \text{ mm}/2) = 207 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 207 \text{ mm} \cdot 35 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} = 163,013 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2 kaki D13 $\rightarrow A_s = 2 \cdot 0,25\pi \cdot (13 \text{ mm})^2$

$$A_s = 256,46 \text{ mm}^2 > 163,013 \text{ mm}^2 \text{ (OKE!)}$$

7.5.11 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Panjang penyaluran tulangan dihitung sesuai dengan
SNI 2847-2013 pasal 12.2.2, yaitu:

Panjang penyaluran (ℓd) untuk tulangan dengan D16:

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \lambda \cdot \sqrt{f_c}} \right) \cdot db$$

Keterangan:

$$db = 16 \text{ mm} ; \psi_e = 1,0 ; \psi_t = 1,3 ; \lambda = 1,0$$

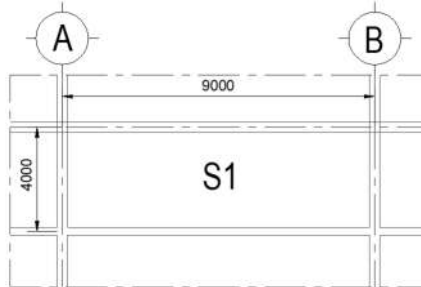
$$\ell d = \left(\frac{400 \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 16 = 827,26 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

Digunakan, sambungan lewatan sepanjang 1000 mm

BAB VIII METODE PELAKSANAAN BALOK – PLAT LANTAI

8.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai metode pelaksanaan pekerjaan balok dan plat lantai. Plat lantai dalam desain digunakan *steel deck* sebagai pengganti bekisting. *Steel deck* dapat mempercepat pekerjaan konstruksi plat lantai karena memiliki fungsi sebagai bekisting tetap sehingga tidak perlu memakan waktu dan tenaga untuk melakukan pembongkaran bekisting. Dalam menentukan metode dan spesifikasi teknis digunakan beberapa acuan yaitu dari SNI 2847 – 2013 pasal 5.7 sampai dengan 6.22 serta panduan dari brosur *steel deck* yang digunakan. Berikut akan diambil contoh pekerjaan pada salah satu segmen balok dan plat lantai Hotel Swiss Bellin Darmocentrum seperti gambar 8.1 dan dijelaskan tahap-tahap pelaksanaannya.

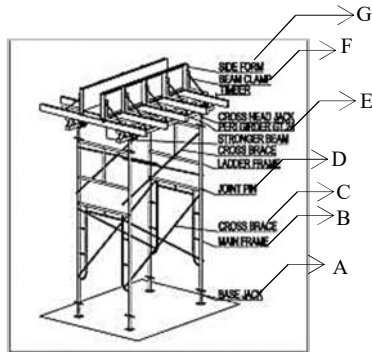


Gambar 8. 1 Potongan Denah Plat dan Balok Lt.4

8.1.1 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Plat Lantai

1. Pemasangan Bekisting dan Perancah (*shoring*) Balok

Sebelum bekisting dan perancah dipasang, pastikan elevasi dasar tempat bekisting berpijak sudah cukup kuat untuk menahan beban akibat pengecoran beton.



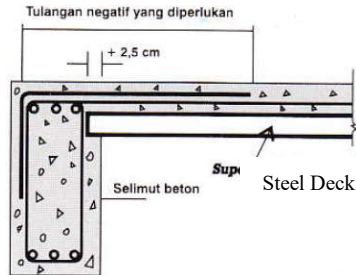
Gambar 8. 2 Langkah Pemasangan Perancah Balok

Sumber: www.newkidjoy.com

- Tentukan titik elevasi lantai A, kemudian lakukan penandaan sebagai acuan dalam pemasangan bekisting balok.
- Pasang perancah untuk balok searah dengan balok yang akan dicor, dengan tahapan:
 - Pasang *base jack* sesuai posisi (A)
 - Pasang skafolding/*main frame* (B)
 - Pasang *cross brace* (C)
 - Pasang *head jack* (D)
- Pasang bekisting balok kayu 8/12 searah dengan balok yang akan dicor. (E)
- Pasang suri 6/12 dengan jarak 60 cm. (F)
- Pasang bekisting untuk tembereng bagian bawah balok (G)
- Pasang bekisting untuk tembereng bagian samping balok (G)
- Masukkan pembesian baik yang sudah di rakit ataupun yang dipasang di tempat pada dalam bekisting balok

2. Pemasangan Perancah dan Bekisting Plat Lantai
 Dalam desain digunakan *steel deck* sebagai pengganti bekisting tetap dan penulangan positif satu arah. Tebal bahan yang digunakan adalah 0,75 mm.

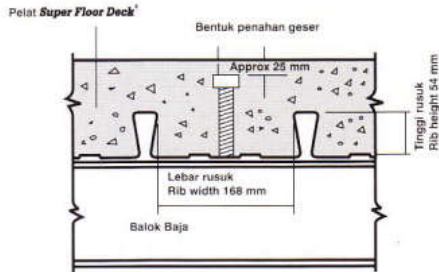
- Cara pemasangan *steel deck*



Gambar 8. 3 Cara Pemasangan *Steel Deck*

- a. Lembaran *steel deck* diletakkan di atas papan bekisting balok pemikul atau dinding dengan jarak 2,5 cm dari sisi balok sebelum balok atau dinding dicor.
 - b. Lubangi *steel deck* sesuai dengan jarak angkur-angkur atau stek besi yang akan diangkur. Kemudian letakkan *steel deck*
 - c. Lembaran *steel deck* dipasang searah dengan sumbu pendek bentang plat (x) di atas beberapa balok-balok pemikul, siapkan angkur-angkur atau stek besi yang akan bersamaan dicor dengan balok.
 - d. Pasang wiremesh di atas *steel deck* yang sudah ditata.
 - e. Bengkokkan angkur-angkur besi (penahan geser).
- Penahan geser
 Penahan geser merupakan pengikat antara lantai beton dengan balok pemikul di bawahnya.

Terbuat dari bati baton dengan diameter 10-16 mm. Tinggi maksimum di bawah permukaan akhir plat baton 2 cm.



Gambar 8. 4 Penahan Geser *Steel Deck*

- Cara pemasangan perancah *steel deck*
Sebelum plat dicor, *steel deck* perlu diberi penyangga sementara. Penyangga dapat berupa kayu-kayu dolken atau perancah (*shoring*) agar lebih ramah lingkungan. Perancah dipasang dengan jarak sesuai pada tabel berikut ini. Biasanya tiang penyangga ini akan dilepas setelah umur beton 7 sampai 14 hari.

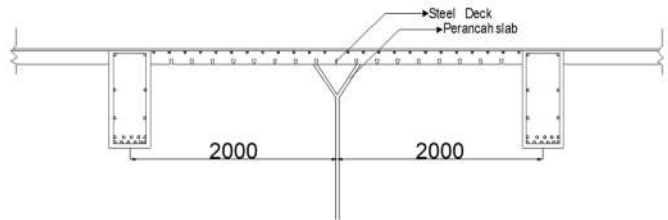
Tabel 8. 1 Menentukan Jarak Perancah *Steel Deck*

Span Type	Single			Continuous End			Continuous Interior		
	0.7	1.0	1.2	0.7	1.0	1.2	0.7	1.0	1.2
100	2380	2740	2800	2640	3410	3200	2640	3280	3200
110	2310	2650	2780	2550	3320	3110	2550	3170	3110
120	2230	2570	2700	2470	3230	3020	2470	3070	3020
130	2170	2500	2620	2400	3150	2930	2400	2990	2930
140	2110	2430	2560	2330	3080	2850	2330	2900	2850
150	2060	2370	2500	2270	3000	2770	2270	2800	2770
160	2010	2330	2440	2210	2930	2700	2210	2710	2700
170	1960	2260	2390	2160	2850	2640	2140	2630	2640
180	1920	2230	2340	2110	2790	2580	2080	2550	2580
200	1840	2150	2180	2030	2670	2470	1870	2300	2470

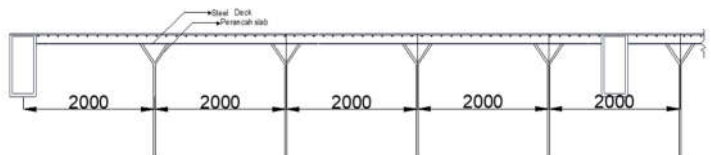
Diketahui:

Tebal slab = 150 mm

Maka jarak antar perancah = 2270 mm \approx 2000mm



Gambar 8. 5 Rencana Pemasangan Perancah *Steel Deck* pada sisi lx



Gambar 8. 6 Rencana Pemasangan Perancah *Steel Deck* pada sisi ly

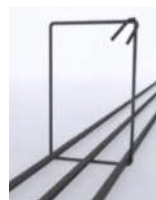
3. Pemasangan Tulangan Struktur Balok (Pembesian Balok)

Pembesian dilakukan di dalam bekisting balok baik yang sudah di rakit terlebih dahulu atau yang langsung dipasang di tempat, dengan urutan:

- Pasang tulangan lapangan D25
- Pasang tulangan sengkang D16
- Pasang tulangan tumpuan D25
- Lanjutkan pemasangan tulangan sengkang sepanjang l yang sudah ditentukan



a



b



Gambar 8. 7 Urutan Penulangan Balok

4. Pemasangan Tulangan Struktur Plat

Tulangan plat yang digunakan adalah wiremesh dengan jenis M12-150 dan M12-200. Tulangan berfungsi untuk mengurangi bahaya keretakan lantai akibat perubahan temperatur dan menyebarkan pembebanan.

5. Pengecoran Balok dan Plat Lantai

- Persiapan peralatan dan lokasi pengecoran perlu dilaksanakan terlebih dahulu supaya pelaksanaan dapat dilakukan tanpa hambatan. Terutama campuran beton memiliki waktu tertentu ketika campurannya akan mengeras. Selain itu, dengan adanya persiapan diharapkan kualitas hasil pengecoran nantinya dapat sesuai dengan perencanaannya.
- Pengecoran
Setelah perancah, bekisting, dan tulangan untuk balok dan plat lantai sudah terpasang. Maka proses pengecoran dapat dilaksanakan. Proses pengecoran juga dimulai dengan mengecor bagian balok kemudian bagian plat lantai. Mutu beton yang dipakai untuk balok dan plat adalah sebesar $f_c' = 35$ MPa (K – 421,69). Hal ini juga memenuhi syarat minimum mutu beton untuk penggunaan *steel deck* (K-200).

6. Perawatan Beton (*curing*)

Proses perawatan dilakukan setelah balok dan plat sudah selesai dilakukan pengecoran. Umumnya, perawatan pada struktur beton diantaranya adalah menutupi struktur beton dengan terpal, menyirami struktur dengan air. Proses perawatan ini dilakukan sepanjang waktu yang telah disesuaikan dengan perencanaan umur beton.

7. Pembongkaran Bekisting dan Perancah

Setelah umur rencana beton tercapai, maka bekisting dan perancah yang digunakan untuk menyanggah konstruksi dapat dibongkar dan digunakan lagi untuk membangun pada tempat yang lain.

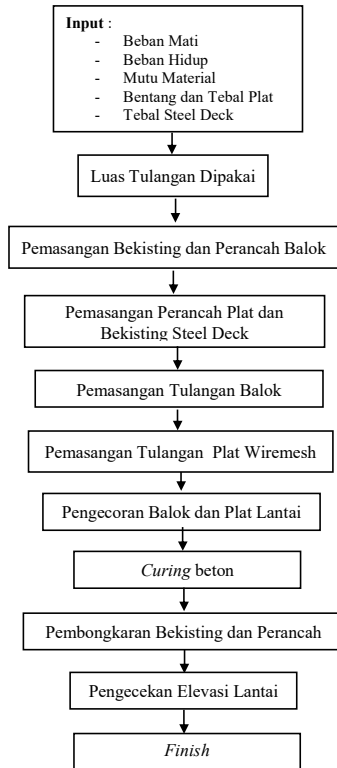
8. Pengecekan Elevasi

Setelah lantai kering, maka akan dilakukan pengecekan elevasi lantai menggunakan waterpass.



Gambar 8. 8 Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Balok-Plat Lantai

Dari tahapan-tahapan pelaksanaan yang sudah dijelaskan, dapat dibuat *flowchart* alur desain metode pekerjaan balok-plat lantai di lapangan. Dimulai dari proses perencanaan sampai dengan pelaksanaannya.



Gambar 8. 9 Flowchart Pekerjaan Balok-Plat Lantai

8.1.2 Pemilihan Alat Pekerjaan Balok-Plat Lantai

Setelah ditentukan urutan metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi, kemudian dilakukan pemilihan alat yang akan digunakan untuk melaksanakan pekerjaan.

- a. *Tower Crane*
Tower crane (TC) adalah alat mobilisasi bahan dan peralatan yang dibutuhkan pada pekerjaan balok dan plat lantai. Bahan dan peralatan yang dapat diangkat oleh TC seperti *concrete bucket* dan tulangan-tulangan.
- b. *Concrete Bucket* atau *Concrete Pump*
Concrete bucket merupakan wadah yang berfungsi untuk mengangkat beton ketika akan dilakukan pengecoran. Dalam penggunaannya, *concrete bucket* akan dipasang dengan pipa tremi untuk dapat mengalirkan beton. Sedangkan, *concrete pump* adalah pompa beton yang digunakan untuk mengalirkan beton dari satu tempat ke tempat lain. Pompa beton dapat berupa pompa tunggal yang ditarik dengan kendaraan lain atau selang dari karet yang tebal.
- c. *Concrete Vibrator*
Concrete vibrator digunakan untuk meratakan adonan beton supaya sesuai komposisi dalam perencanaan sehingga kekuatan rencananya tercapai.



Gambar 8. 10 Peralatan yang digunakan

8.1.3 Analisis Perkiraan Biaya Pekerjaan Balok-Plat Lantai

Analisis harga satuan pekerjaan balok-plat lantai menggunakan analisa harga satuan pekerjaan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Daftar Harga Satuan Pokok Kegiatan Pemerintah Kota Surabaya Tahun 2016.

Pekiraan biaya yaitu untuk memperkirakan kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk kegiatan pekerjaan balok-plat lantai.

Analisis biaya ini dilakukan pada salah satu lantai yaitu pada lantai 5 (yang memiliki konstruksi tipikal sampai dengan lantai 8) dalam gedung Hotel Swiss-Bellin Darmocentrum Surabaya, analisis yang dilakukan yaitu untuk membandingkan selisih biaya ketika pekerjaan konstruksi balok-plat dilakukan secara konvensional dengan ketika pekerjaan konstruksi balok-plat dilakukan dengan *steel deck*. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 8. 2 Analisis Biaya Pekerjaan dengan Metode Plat Konvensional

No.	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Pek. Cor Beton Ready Mix $f_c' = 35$ MPa	270.6542	m ³	Rp 930,000	Rp 251,708,430
2	Biaya sewa concrete pump		Ls	Rp 7,480,000	Rp 7,480,000
3	Biaya sewa concrete vibrator		Ls	Rp 4,000,000	Rp 4,000,000
4	Pek. Pemesian Wiremesh Lantai	1112.478	m ²	Rp 80,780	Rp 89,866,007
5	Pek. Pemesian BI dan BA	17468.58	kg	Rp 12,966	Rp 226,497,615.95
6	Pek. Bekisting Plat Lantai	868.7669	m ²	Rp 241,520	Rp 209,824,587.73
7	Pek. Bekisting BI dan BA	140.7043	m ²	Rp 255,020	Rp 35,882,417
8	Pek. Perancah BI dan BA	140.7043	m ²	Rp 303,220	Rp 42,664,366
9	Pek. Perancah Plat Lantai	224	set	Rp 54,900	Rp 12,297,600
10	Pek. Pembongkaran Bekisting Balok	140.7043	m ²	Rp 11,530	Rp 1,622,320.89
11	Pek. Pembongkaran Bekisting Plat	868.7669	m ²	Rp 11,530	Rp 10,016,882.65
12	Pek. Pembongkaran Perancah Bakok	185.5556	buah	Rp 3,500	Rp 649,444.44
13	Pek. Pembongkaran Perancah Plat	224	set	Rp 3,500	Rp 784,000.00
				TOTAL	Rp 893,293,672

Tabel 8. 3 Analisis Biaya Pekerjaan dengan Metode Plat Steel Deck

No.	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Pek. Cor Beton Ready Mix fc' = 35 MPa	270.6542	m ³	Rp 930,000	Rp 251,708,430
2	End Stop	1008	buah	Rp 4,000	Rp 4,032,000
3	Pek. Plat Steeldeck tebal 0,75mm	1029.929	m ²	Rp 183,000	Rp 188,477,084.78
4	Biaya sewa concrete pump	1	buah	Rp 7,480,000	Rp 7,480,000
5	Biaya sewa concrete vibrator	1	buah	Rp 4,000,000	Rp 4,000,000
6	Pek. Pembesian Wiremesh Lantai	1112.478	m ²	Rp 80,780	Rp 89,866,007
7	Pek. Pembesian BI dan BA	17468.58	kg	Rp 12,966	Rp 226,497,615.95
8	Pek. Bekisting BI dan BA	140.7043	m ²	Rp 255,020	Rp 35,882,417
9	Pek. Perancah BI dan BA	140.7043	m ²	Rp 303,220	Rp 42,664,366
10	Pek. Temporary Support Plat Lantai	224	set	Rp 6,445	Rp 1,443,680
11	Pek. Pembongkaran Bekisting Balok	140.7043	m ²	Rp 11,530	Rp 1,622,320.89
12	Pek. Pembongkaran Perancah Balok	185.5556	buah	Rp 3,500	Rp 649,444.44
				TOTAL	Rp 854,323,367

Dari hasil analisis di atas, perbandingan biaya pelaksanaan dengan metode plat konvensional dan metode plat *steel deck*, menunjukkan bahwa pengerjaan plat lantai konvensional memberikan biaya lebih mahal daripada dengan metode *steel deck*, yaitu dengan selisih biaya sebesar Rp 38,970,306 atau sebesar 4,36%. Angka ini berlaku untuk 1 lantai yaitu pada lantai 5, sedangkan untuk keseluruhan pekerjaan pengecoran balok dan plat lantai dapat menghemat sebesar Rp 565,069,431.

Tabel 8. 4 Rekapitulasi Analisis Perbandingan Biaya

Type Plat	Lantai	Biaya Total
Metode Plat Konvensional	Lt.1 - Atap	Rp 12,952,758,249.11
Metode Plat Steel Deck	Lt.1 - Atap	Rp 12,387,688,817.97
Selisih		Rp 565,069,431.15
Persentase		4.36%

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB IX PENUTUP

9.1 Kesimpulan

Sesuai dengan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan struktur gedung dengan beton bertulang di daerah dengan kelas situs tanah SE (sangat lunak) dirancang dengan metode sistem ganda, karena perencanaan dengan sistem SRPMK saja tidak memenuhi kontrol perioda fundamental struktur ($T_{analisa} > T_{maks}$). Gedung Hotel Swiss-Bellin Darmocentrum Surabaya termasuk ke dalam kategori resiko bangunan II dan kategori desain seismik D.
2. Dari seluruh perhitungan dan analisis struktur yang telah dilaksanakan, diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a. Komponen Plat Lantai
 Tebal Plat Lantai S1 dan S2 = 15 cm
 Mutu wiremesh (f_y) = 550 MPa
 Mutu beton (f_c') = 35 MPa
 - Plat Lantai dengan Steel Deck (hanya untuk tipe plat S1)

Tebal Plat	KET	Plat Konvensional		Steel Deck	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
		n	n	n	n
		150 mm	150 mm	150 mm	150 mm
Tulangan Dipakai	LT. 1-3,14	D13 – 150	D10 – 150	D13 – 150	Tidak Pakai
	LT. 4-13, atap	D13 – 150	D10 – 150	D13 – 200	Tidak Pakai
Konversi Wiremesh Dipakai	LT. 1-3,14	-	-	M12 – 150	Tidak Pakai
	LT. 4-13, atap	-	-	M12 – 200	Tidak Pakai
Tul. Susut	LT.1-Atap	D10 – 250	D10 – 250	D10 – 250	Tidak Pakai

- Tipe Plat S2

	Arah l_x		Arah l_y	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tebal Plat	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm
Tulangan Dipakai	D13 – 200	D10 – 150	D13 – 200	D10 – 150

- b. Komponen Plat Tangga dan Bordes
 Tebal plat tangga dan bordes = 15 cm
 Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa
 Mutu beton (f_c') = 35 MPa

Tipe Plat	Arah X		Susut Arah X		Arah Y		Susut Arah Y	
	ϕ	s	ϕ	s	ϕ	s	ϕ	s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Plat Tangga Utama	13	-200	10	-150	13	-200	-	
Plat Bordes Utama	13	-200	10	-150	10	-150	10	-150
Plat Tangga Darurat	13	-200	10	-250	10	-150	-	
Plat Bordes Darurat	13	-200	10	-150	10	-150	10	-150
Plat Tangga Tengah	13	-150	10	-250	13	-150	-	
Plat Bordes Tengah	10	-150	10	-150	10	-150	10	-150

c. Komponen Balok

- Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa
 Mutu beton (f_c') = 35 MPa

Tipe Balok	Bentang balok (m)	Dimensi (cm)	Tul. Torsi			Tul. Lentur				Tul. Geser	
			Tum	Lap	Long	Tumpuan		Lapangan		Tum	Lap
						Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
B1	12	80/40	4D13-100	4D13-100	2D16	9D22	4D22	3D22	2D22	3D13-150	3D13-150
B2	9	80/40	4D13-100	4D13-100	2D16	7D22	3D22	2D22	2D22	3D13-150	3D13-150
B3	6,5	80/40	4D13-100	4D13-100	2D16	11D22	5D22	8D22	2D22	3D13-150	3D13-150
B4	8	80/40	4D13-100	4D13-100	2D16	10D22	5D22	4D22	2D22	3D13-150	3D13-150
B5	9 (KA) 9 (KI)	80/40	4D13-100	4D13-100	2D16	10D22 3D22	5D22 2D22	4D22	2D22	3D13-150	3D13-150
B1A	12	80/40	4D13-100	4D13-100	2D16	8D22	4D22	3D22	2D22	3D13-150	3D13-150
B2A	9	80/40	4D13-100	4D13-100	2D16	6D22	3D22	2D22	2D22	3D13-150	3D13-150
BKR	12	80/40	4D13-100	4D13-100	2D16	12D25	5D25	6D25	2D25	3D13-150	3D13-150
B6	9	60/30	2D13-100	2D13-100	2D10	4D22	4D22	2D22	2D22	2D10-300	2D10-300
B7	2,5	60/30	2D13-100	2D13-100	2D10	7D22	7D22	2D22	2D22	2D10-250	2D10-250
B8	9	60/30	2D13-100	2D13-100	2D10	4D22	4D22	2D22	2D22	2D10-200	2D10-200
B9	12	60/30	2D13-100	2D13-100	2D10	2D22	2D22	2D22	2D22	2D10-200	2D10-200
BR	2	40/30	2D13-100	2D13-100	2D10	2D16	2D16	2D16	2D16	2D10-350	2D10-350
BL/BS	2,5	40/30	2D13-100	2D13-100	2D10	3D16	3D16	3D16	3D16	2D10-250	2D10-250

Dengan lendutan yang terjadi pada balok lift yaitu sebesar 0,00084 m.

$$\delta_{\text{ijin}} = \ell/240 = 3,325 \text{ m} / 240 = 0,014$$

Sehingga, $\delta < \delta_{\text{ijin}} \rightarrow 0,00084 \text{ m} < 0,014$ (OK!)

d. Komponen Kolom

Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa

Mutu beton (f_c') = 35 MPa

Tinggi lantai (h) :

Lt. Bs = 3,1 m

Lt. 1 – 4 = 4 m

Lt. 5 – Atap = 3,3 m

Tipe Kolom	Dimensi	Tul. Lentur	Tul. Geser
K1 LT. BS	90/90	20 - D25	4D16 - 150
K1 LT. 1-3	80/80	16 - D25	3D16-150
K1 LT. 4-9	80/80	16-D25	3D16-150
K1 LT. 10-ATAP	80/80	16 - D25	3D16-150
K2 LT. BS-3	80/80	16 - D25	4D16 - 150
K2 LT. 4-9	80/80	16 - D25	4D16 - 150
K2 LT. 10-ATAP	80/80	16 - D25	4D16 - 150
K3	40/40	8 - D22	2D10-200
K.LIFT	30/30	8 - D16	2D10-200
K.LIFT	30/30	8 - D16	2D10-200

e. Komponen Kolam Renang dan Dinding Basement

- Plat Kolam Renang

Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa

Mutu beton (f_c') = 35 MPa

Tebal plat kolam renang = 20 cm

Tulangan dipakai	Arah Lx		Arah Ly	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	D13-100	D13-100	D13-100	D13-100

- Dinding Kolam Renang
Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa
Mutu beton (f_c') = 35 MPa
Tebal dinding kolam renang = 20 cm
Tinggi dinding kolam renang = 1,35 m

Tulangan dipakai	Arah		Tul. Susut
	Tumpuan	Lapangan	
	D13-200	D13-200	D10-200

- Plat Basement
Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa
Mutu beton (f_c') = 35 MPa
Tebal plat basement = 30 cm

Tul. dipakai	Arah Lx		Arah Ly	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	D19-100	D19-100	D19-150	D19-150

- Dinding Basement
Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa
Mutu beton (f_c') = 35 MPa
Tebal plat basement = 30 cm
Tinggi dinding basement = 3,1 m

Tulangan dipakai	Arah		Tul. Susut
	Tumpuan	Lapangan	
	D16-200	D16-200	D13-200

f. Struktur Atap Baja

Struktur atap baja direncanakan dengan mutu BJ 41, yaitu $f_y = 250$ MPa dan $f_u = 410$ MPa.

Atap baja memiliki kemiringan (θ) = 15°

Jarak antar kuda-kuda = 4 meter

Jarak antar gording = 0,62 meter

Dari data perencanaan tersebut didapatkan hasil profil-profil dan dimensi yang akan dipakai pada struktur atap yaitu sebagai berikut:

Struktur	Bentang	Profil
Kuda-kuda	15 m	WF 450x200x8x12
Kolom	1,5 m	WF 450x200x8x12
Gording		LC 200x75x20x3,2
Overstack	2 m	WF 200x100x5,5x8
Ikatan angin		Ø 10 mm
Penggantung gording		Ø 14 mm

Dengan hasil kontrol *stress ratio* ($M_u/\phi M_n$) dan lendutan untuk masing-masing profil yaitu sebagai berikut:

Struktur	Stress Ratio	Lendutan / δ (m)	δ ijin (m)	Kontrol Penampang	
				$SR \leq 1$	δ
Kuda-kuda	0,75	0,0076	0,064	OK!	OK!
Kolom	0,31	0,00022	0,0063	OK!	OK!
Gording	0,25	0,0014	0,0026	OK!	OK!
Overstack	0,28	0,0001	0,0083	OK!	OK!

3. Metode pelaksanaan yang dibahas adalah pekerjaan konstruksi balok dan plat lantai dengan menggunakan bekisting *steel deck*. *Steel deck* merupakan suatu bekisting tetap sebagai pengganti tulangan arah positif. Dengan menggunakan bahan tersebut, dapat mempercepat pelaksanaan pekerjaan, karena tidak perlu melakukan pembongkaran bekisting plat. Selain itu, juga dapat menghemat biaya pelaksanaan proyek sampai dengan Rp 38,970,306 atau sebesar 4,36% pada setiap lantainya. Langkah-langkah pelaksanaan konstruksi balok-plat lantai yaitu
- Pemasangan bekisting dan perancah (*shoring*) balok

- Pemasangan bekisting dengan *steel deck* dan perancah (*shoring*) plat lantai
- Pemasangan tulangan struktur balok (pembesian balok)
- Pemasangan tulangan struktur plat (pembesian plat) dengan wiremesh
- Pengecoran balok dan plat lantai
- Perawatan beton balok dan plat lantai (*curing*)
- Pembongkaran bekisting dan perancah

Alat-alat yang digunakan untuk melakukan pelaksanaan konstruksi balok-plat lantai di antaranya *tower crane*, *concrete bucket*, *concrete pump*, dan *concrete vibrator*.

9.2 Saran

- Perbanyak membaca literatur perhitungan dan mempelajarinya dengan penerapan secara langsung
- Harus teliti dan bersabar dalam melakukan percobaan permodelan (*trial and error*), karena sekali gagal dalam mendesain harus mengulang lagi perhitungan kontrol dari awal
- Lengkapi data dari struktur yang akan direncanakan terutama denah dan data tanah.
- Perhitungkan waktu baik-baik saat mengerjakan Tugas Akhir Terapan, berusaha sebaik mungkin untuk menepati jadwal pengerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimus, **“Super Floor Deck”**. PT. BlueScope Lysaght Indonesia. Jakarta.

Imran. Iswandi dan Fajar Hendrik, 2014. **“Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang”**, Bandung: Penerbit ITB.

SNI 03-2847-2013, 2013. **“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung”**, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-1726-2012, 2012. **“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”**, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-1729-2015, 2015. **“Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”**, Badan Standarisasi Nasional.

Setiawan. Agus, 2008. **“Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD”**, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Setiawan. Agus, 2016. **“Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013”**, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Wang. Chu-Kia dan Charles G. Salmon, 1992. **“Desain Beton Bertulang Jilid 1 Dan 2 Edisi Keempat”**, Jakarta: Erlangga.

Widhyawati, Yana, dan Asmara, 2010. **“Analisa Biaya Pelaksanaan Antara Pelat Konvensional Dan Sistem Pelat Menggunakan Metal Deck”**. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Volume 14, No. 1, Januari 2010.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A (Data Tanah dan Data Angin)

LAMPIRAN B (Brosur-brosur yang dipakai)

LAMPIRAN C (Rekap Portal)

LAMPIRAN D (Gambar Teknik)

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.1. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-1

PROJECT : Darmo Centrum Condomel.

DATE OF TESTING : Sept 28 to Oct 2, 2011

GROUND WATER LEVEL : - 2.36 m

LOCATION : Jl. Bintoro 21-25, Surabaya.

DEPTH : 60 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr		
		0	10	20	30	40	TYPE	c	φ	0	20	40					60	80
0	Fill, sand and gravel, brown, mixed with bricks.																	
1																		
2	Silt and clay, brown, inorganic, little to some sand, medium						UCT	0.39	-		30	49	58		1.63	2.57	1.49	100
3																		
4	Sand, grey, fine to coarse grained, trace silt, loose.																	
5																		
6																		
7	Clay and silt, grey, inorganic, little to some sand, contains shells, very soft.																	
8																		
9	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, stiff to very stiff.																	
10																		
11	Clay and fine sand, brownish grey, inorganic, some silt, very stiff.																	
12																		
13	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
14																		
15	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
16																		
17	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
18																		
19	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
20																		
21	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
22																		
23	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
24																		
25	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
26																		
27	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
28																		
29	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
30																		
31	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
32																		
33	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
34																		
35	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
36																		
37	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
38																		
39	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
40																		
41	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
42																		
43	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
44																		
45	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
46																		
47	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
48																		
49	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
50																		
51	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
52																		
53	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
54																		
55	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
56																		
57	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
58																		
59	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.																	
60																		

End of boring

□ = Undisturbed sample SPT = Standard penetration test (blows / ft) ○ = W_n = Moisture content, %
 □ = Triaxial Unconsolidated undrained ● = W_c = Plastic limit, %

PROJECT : Darmo Centrum Condotel. DATE OF TESTING : Oct 3 to 6, 2011 GROUND WATER LEVEL : - 2.75 m
 LOCATION : Jl. Bintoro 21-25, Surabaya. DEPTH : 50 m GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST		ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo	Sr				
		0	10	20	30	40	TYPE	c	φ	0					20	40	60	80
0	Fill, sand and gravel, grey, mixed with bricks.						≥50											
1	Silt and sand, brown, inorganic, little clay, loose.																	
2	Sand and silt, brown, inorganic, little clay.																	
3																		
4																		
5																		
6	Sand, grey, fine to coarse grained, trace silt, medium.																	
7																		
8							QT	0.07	33			36			1.85	2.66	0.96	100
9																		
10	Clay and silt, grey, inorganic, little to some sand, contains shells, very soft.																	
11																		
12																		
13							Vane	0.18	-			31	80	89	1.52	2.58	2.06	100
14																		
15	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, soft to stiff.																	
16							UU	0.60	5			29	49	82	1.70	2.60	1.28	100
17																		
18	Clay and sand, grey, some silt, cemented.																	
19	Clay and fine sand, brownish grey, some silt, very stiff.																	
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		
46																		
47																		
48																		
49																		
50																		

End of boring
 □ = Undisturbed sample SPT = Standard penetration test (blows / m) ○ = Wn = Moisture content, %
 ● = Total Liquid Limit (%) △ = Total Plastic Limit (%)



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.3. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-3

PROJECT : Darmo Centrum Condotel.

DATE OF TESTING : Oct 3 to 6, 2011

GROUND WATER LEVEL : - 2.60 m

LOCATION : Jl. Bintoro 21-25, Surabaya.

DEPTH : 50 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr	
		0	10	20	30	40	TYPE	c	φ	0	20	40					60
0	Fill, concrete slab, sand and gravel, grey, mixed with bricks.																
1	Fine sand, brownish grey, little silt.						QT	0.08	30				43				
2																	
3																	
4																	
5	Sand, grey, fine to coarse grained, trace silt, loose.						QT	0.05	31				40				
6																	
7																	
8																	
9																	
10	Clay and silt, grey, little sand, contains shells, very soft.						Vane	0.08	-				28	72	93		
11																	
12																	
13																	
14	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, medium to stiff.																
15																	
16																	
17																	
18	Clay and sand, brownish grey, inorganic, some silt, very stiff.																
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	
45																	
46																	
47																	
48																	
49																	
50																	

0 to 10 % = Trace ▽ = Undisturbed sample SPT = Standard penetration test (blows / ft) ○ = W_n = Moisture content, %
 □ = Trace □ = Triaxial Unconsolidated undrained ○ = W_p = Plastic limit, %

PROJECT : Darmo Centrum Condotel. DATE OF TESTING : Oct 12 to 16, 2011 GROUND WATER LEVEL : - 2.29 m
 LOCATION : Jl. Bintoro 21-25, Surabaya. DEPTH : 60 m GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH (m)	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	e ₀	Sr			
		0	10	20	30	40	TYPE	C	φ	0	20					40	60	80
0	Fill, sand and gravel, brownish grey, mixed with bricks.					≥50												
1	Silt and clay, brown, little sand, medium.	6																
2	Fine sand and silt, grey, little clay.	2				QT	0.07	32				39						
3	Sand, grey, fine to coarse grained, trace silt, very loose to medium.	11				Vane	0.06	-				28	57	94	1.83	2.71	1.06	100
4		14																
5	Clay and silt, grey, inorganic, little to some sand, contains shells, very soft to soft.	<1				UCT	0.44	-				29	55	80	1.46	2.59	2.44	100
6		<1																
7		3																
8	Clay and silt, grey, inorganic, trace to some sand, medium to very stiff.	6				UCT	0.44	-				29	55	80	1.66	2.60	1.43	100
9		10																
10		14																
11		36																
12	Clay and fine sand, grey, some silt, cemented, hard.	18				UCT	0.44	-				29	55	80	1.66	2.60	1.43	100
13		15																
14		15																
15		15																
16		16																
17		15																
18		16																
19		15																
20		16																
21		17																
22	17																	
23	17																	
24	19																	
25	20																	
26	20																	
27	18																	

△ = Undisturbed sample. SPT = Standard penetration test (blows / ft) ○ = W_n = Moisture content, %



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.6. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-5

PROJECT : Darmo Centrum Condotel.

COORDINATE : June 19 to 21, 2011

GROUND WATER LEVEL : -2.75 m

LOCATION : Jl. Bintoro 21-25, Surabaya.

DEPTH : 40 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr	
		0	10	20	30	40	TYPE	c	φ	0	20	40	60					80
0	Fill (Concrete slab, bricks, sand).	≥50																
1	Silt and fine sand, brownish grey, some clay, very loose.	2																
2																		
3																		
4	Sand, grey, fine to medium grained, some silt, medium.	12																
5																		
6																		
7	Sand, grey, fine to coarse grained, trace silt, medium.	8																
8																		
9																		
10																		
11	Clay and sand, grey, inorganic, some silt, contains shells, very soft.	<1					QT	0.14	15	27	47	64			1.60	2.61	1.68	100
12		1																
13							UU	0.20	6	32	77	78			1.53	2.61	2.04	100
14		3																
15																		
16																		
17	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, soft to stiff.	6																
18																		
19																		
20																		
21							UU	1.00	8	34	47	79			1.73	2.63	1.23	100
22																		
23	Clay and silt, grey, inorganic, some sand, very stiff.	11																
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30	Clay and silt, dark grey, inorganic, trace sand, very stiff.	16																
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40	End of boring																	
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		
46																		
47																		
48																		
49																		
50																		

▲ = Undisturbed sample

SPT = Standard penetration test (blows / ft)

○ = Wn = Moisture content, %

● = Wp = Plastic limit, %

0 to 10% = Trace

UU = Triaxial Unconsolidated undrained

SUMMARY OF LABORATORY TESTS

ct : Darmo Centrum Condotel.
 tion : Jl. Bintoro 21-25, Surabaya.

#	Depth (m)	Classf (USCS)	wc (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	γ_t (U/m^3)	Gs	eo	Sr (%)	c (kg/cm^2)	ϕ	qu (kg/cm^2)	pc (kg/cm^2)	po (kg/cm^2)	OCR	Cc	Cs	E oed (kg/cm^2)
-1	02.50-03.00	ML	58	49	30	19	1.63	2.57	1.49	100	0.39	-	0.78	1.9	0.42	4.52	0.46	0.05	34
	10.50-11.00	CH	83	73	33	40	1.51	2.60	2.15	100	0.17	-	-	1.5	1.00	1.50	1.36	0.13	10
	14.50-15.00	CH	52	79	34	45	1.68	2.61	1.36	100	0.47	9	-	1.6	1.20	1.33	0.65	0.11	20
-2	06.50-07.00	SP	36	-	-	NP	1.85	2.66	0.96	100	0.07	33	-	-	-	-	-	-	-
	12.50-13.00	CH	80	89	31	58	1.52	2.58	2.06	100	0.18	-	-	1.2	1.20	1.00	1.58	0.15	12
	16.50-17.00	CH	49	82	29	53	1.70	2.60	1.28	100	0.60	5	-	2.0	1.40	1.43	0.68	0.10	32
-3	02.00-02.50	SM	43	-	-	NP	1.75	2.65	1.17	98	0.08	30	-	-	-	-	-	-	-
	04.50-05.00	SP	40	-	-	NP	1.82	2.70	1.08	100	0.05	31	-	-	-	-	-	-	-
	08.50-09.00	CH	93	72	28	44	1.47	2.59	2.40	100	0.08	-	-	1.5	0.94	1.60	1.79	0.16	9
-4	04.50-05.00	SP	39	-	-	NP	1.83	2.71	1.06	100	0.07	32	-	-	-	-	-	-	-
	08.00-08.50	CH	94	57	26	31	1.46	2.59	2.44	100	0.06	-	-	1.2	0.85	1.41	1.35	0.15	8
	16.00-16.50	CH	55	80	29	51	1.66	2.60	1.43	100	0.44	-	0.09	1.8	1.30	1.38	1.03	0.13	17
-5	10.50-11.00	CL	64	47	27	20	1.60	2.61	1.68	100	0.14	15	-	1.5	1.10	1.36	0.85	0.07	17
	12.50-13.00	CH	78	77	32	45	1.53	2.61	2.04	100	0.20	6	-	1.6	1.30	1.23	1.49	0.13	11
	18.50-19.00	CH	47	79	34	45	1.73	2.63	1.23	100	1.00	8	-	1.9	1.60	1.19	0.54	0.09	25

<i>Bulan / Month</i>	Arah	Kecepatan	Kecepatan Angin maksimum			
	Terbanyak /	Rata-rata/	Mostly Wind Velocity			
	Mostly	Speed	Arah/	Kecepatan/	Jam/	Tanggal/
	Directional	Average (Knot)	Direction	Velocity (Knot)	Hours (BBW)	Date
Januari/ January	Barat Laut	7	320	21	16.40	22
Pebruari/ February	Barat Laut	5	300	34	15.20	11
Maret/ March	Utara	6	150	24	15.20	13
April/ April	Utara	5	070	16	13.00	2
Mei/ May	Timur	7	340	24	13.00	15
Juni/ June	Timur	7	130	19	14.10	26
Juli/ July	Timur	8	140	19	12.00	6
Agustus/ August	Timur	9	120	25	12.20	5
September/ September	Timur	9	110	22	14.10	7
Oktober/ October	Timur	9	110	24	13.10	19
November/ November	Utara	6	010	22	16.50	13
Desember/ December	Selatan	6	330	21	11.20	13
Rate-rata/Average		Timur	7	23		
2013		Timur	6	23		
2012		Timur	6	24		

- Brosur-brosur yang dipakai





Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600
 Tinggi, H (mm) : 200 ; 400
 Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, {ρ} : 530 kg/m³
 Berat jenis normal, {ρ} : 600 kg/m³
 Kuat tekan, {σ} : ≥ 4,0 N/mm²
 Konduktifitas termis, {λ} : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

PACKING LIST & TECHNICAL SPECIFICATION														
Packing List														
Size (mm)	Thickness (mm)	Per Piece		Per Carton		Per Pallet		Per Container		Per Container				
		m ²	kg	pieces	m ²	kg	cartons	pieces	m ²	pieces	m ²	kg		
300 x 300	8.5 ± 0.2	0.0900	1.89	16	1.44	26.44	72	1152	103.48	1861.68	±12	13824	1244.16	22340.14



Semen instan untuk pekerjaan perata lantai, menambah ketinggian lantai atau sebagai lantai kerja sebelum pemasangan keramik lantai.

Keunggulan:

- Kuat menahan beban pada permukaan lantai.
- Sangat baik digunakan sebagai dasar lantai kerja pemasangan keramik lantai.
- Dapat diaplikasikan di atas permukaan lantai beton yang terlebih dahulu dilapisi MU-L500 (Perekat Mortar & Beton berbahan Aktif) atau MU-L501 (Perekat Mortar & Beton berbahan PAAct).
- Dapat juga diaplikasikan di atas permukaan tanah yang cukup padat.
- Plastik saat diaplikasikan.
- Dapat menggunakan Slo System untuk kualitas yang lebih baik.

Isi Kemasan:

40 kg dan 50 kg

Kebutuhan Air:

6,5 - 7,0 liter / sak 50 kg

Daya Sebar:

± 1,2 m² / sak 40 kg / tebal aplikasi 20 mm

± 1,5 m² / sak 50 kg / tebal aplikasi 20 mm



CUMMINS GENERATOR SET 1275KV_a

generator set

Tersedia generator set merk Cummins 1125KV_a dengan spesifikasi sebagai berikut ;

Standby Power : 1275/1160KV_a – 1020/928 Kw

Model Mesin : KTA 38-G4

Banyak Silinder: 12

Displacement (L) : 38 liter

Kapasitas Oli : 135 liter

Kapasitas Pendingin : 265 liter

Dimensi Generator (L mm x W mm x H mm) : 5300 mm x

1950 mm x 2500 mm

Berat (kg) : 8500 kg

Plastik				
Nilon	55-70	8,6-11	1,7-2,2	880-1.100
Polietilen	60-90	9,4-14	1,9-2,8	960-1.400



68 Ltr F&E One Piece Tank

Made from approved Glass Reinforced Plastic (GRP) materials, with a smooth internal gelcoat surface, preventing light penetrating into the tank.

68 Ltr Nominal Capacity (15 Gallons)

[Go to Tank Size Chart](#)

Supplied with :

- Bolted Lid.
- Foam Lid sealer.

Int Dims (L * W * H):
610 * 305 * 381mm.

Ext Dims (L * W * H):
710 * 405 * 406mm
(Including Lid)

Suitable for :

- Water upto 70 Deg C
- DT CLASS 2 Solutions



Tipe	TB 1600
Kapasitas	16.000 ltr
Tebal Bodiing inlet	15 - 20 mm 3 inch
Pipa Backhead	--
Outlet Flange	3 inch
Drain Backhead	--
Drain Flange	2 inch
Aksesori	Oto Level
Berat	492.5Kg
Harga Tanpa Pajak	Rp. 47.500.000
Berat	488 Kg
Harga Tanpa Air	Rp. 45.000.000

Peruntukan Bangunan	Pemakaian Air Bersih	Satuan
Rumah Mewah	250	Liter / penghuni / hari
Rumah Biasa	150	Liter / penghuni / hari
Apartment	250	Liter / penghuni / hari
Rumah Susun	100	Liter / penghuni / hari
Asrama	120	Liter / penghuni / hari
Klinik / Puskesmas	3	Liter / pengunjung / hari
Rumah sakit Mewah	1000	Liter / tempat tidur pasien / hari
Rumah Sakit Menengah	750	
Rumah Sakit Umum	425	
Sekolah Dasar	40	Liter / siswa / hari
SLTP	50	
SLTA	80	
Perguruan Tinggi	80	
Rumah Toko / Rumah Kantor	100	Liter / penghuni & pegawai / hari

HYUNDAI Escalators and Moving Walks

Hyundai escalators and moving walks are an outstanding class of people moving systems. They offer a streamlined touch of styling and proficiency while addressing the very latest in safety concerns. Their compact design allows them to be placed in minimum sized wellways and that provides you with the flexibility you need to make the most efficient use of your valuable building space. Our complete line up includes the Millennium, H-series, Modular escalators and pallet type moving walks. One of them will be the ideal answer to your pedestrian-traffic needs.



Lotte Dept. Store, Seoul, Korea



General Hospital, Baton Rouge, USA



Incheon International Airport, Incheon, Korea



Incheon International Airport, Incheon, Korea



Subway Line7 (Isu), Seoul, Korea



Hyundai Dept. Store, Seoul, Korea

MILLENNIUM ESCALATORS

01

The latest models are Millennium escalators, which are new generation escalators that are controlled by Microprocessors and are ergonomically designed to give a very smooth ride. The new design provides a marked improvement by minimizing the front and back step movement in the down direction. This eliminates the jerk people may experience when going down in a escalator. The style of newel face is also quite a new modernized one.

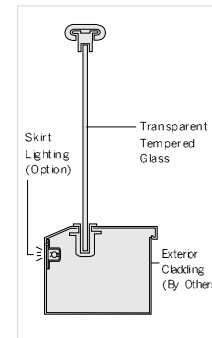
Main Specifications

Type	ML800	ML1000	ML1200
Step Width	30°	594mm	813mm
	35°	612mm	813mm
Carrying Capacity		4500 Person/h	6750 Person/h
			9000 Person/h
Vertical Rise	30°	2046mm ~ 10500mm	
	35°	Under 6000mm	
Speed of Step	30°	30 m/min (* 30 ~ 40m/min)	
	35°	30 m/min	
Inclination	30°	30 degree	
	35°	35 degree	
Power Source	AC 3PH, 208 ~ 600V, 50/60Hz		
Operation System	Key Switch Reversible Operation (Automatic: optional)		

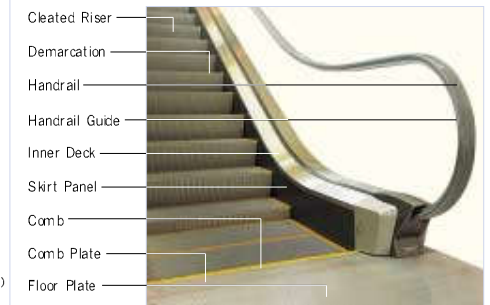
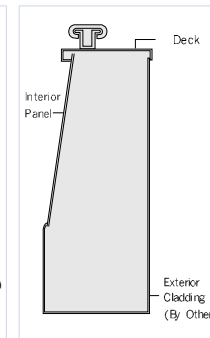


Note Optional features shown by (*) marks are available to extra costs.

ML-BT



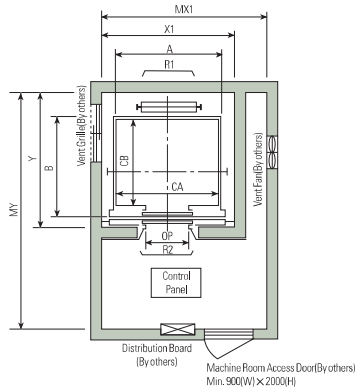
ML-BB(*)



		ML-BT	ML-BB(*)
Balustrade	Interior Panel	Transparent tempered glass	Stainless hairlined steel
	Deck		Stainless hairlined steel
	Skirt Panel	Stainless hairlined steel (* Stainless hairlined steel + Teflon coating)	
Step	Handrail Color	To be selected (Basic : Black)	
	Step Tread	Extruded aluminum	
	Demarcation	Yellow molded safety inserts on 3 sides (Synthetic resin)	
	Comb	Yellow synthetic resin (* Extruded aluminum)	
Floor Plate		Lighted directional indicator (*)	
		Stainless plate with anti-slip grooves	
Exterior Cladding		By others	

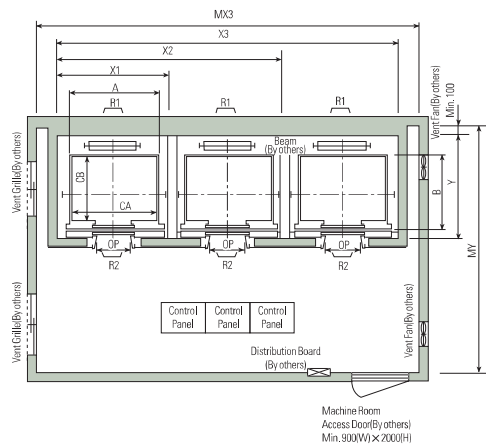
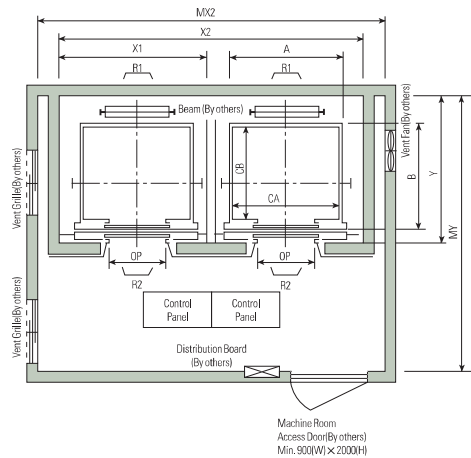
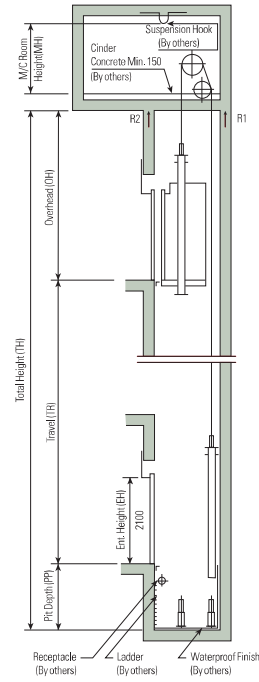
Note Optional features shown by (*) marks are available to extra costs.

Plan of Hoistway & Machine Room



Note: Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700
	9	600	800	1400 × 1100	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400
1.5	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400
1.75	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	10800	8500
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800				
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000				
24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13100	9900	
			2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200					

- Notes: 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
 2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
 3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
 4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1.0	4200	1400	2200
1.5	4400	1600	2400
1.75	4600	1800	2400

- Notes: 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
 2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
 3. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

Lt	Frame	Tipe Balok	Kondisi	DATA INPUT			Mu Pakai	d	Cek Aksial		Cek Bentang Bersih (Ln)				As Perlu	Mn	Tulangan Pakai						α	φ Mn	CEK		AS min		Rasio tulangan			Tension control			Jarak Bersih					
				Pu kNm	Pu kN	Tu kNm			Pu kN	0,1Agfc kN	Cek	L	Ln	4d			Lapis 1		Lapis 2		As mm ²	mm			kNm	φ Mn > Mn	1 mm ²	2 mm ²	Cek	ρ	ρ max	Cek	a/dt	tel/dt	Cek	s mm	Cek			
																	n	D	n	D																		n	D	n
				mm ²	mm	mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			
6	608	B2	1 (kiri)	465.560	60.075	69.357	552.851	714	60.075	1120	OK	9000	8200	2856	2530.4	614.278	5	D	22	2	D	22	2659.6	89.4	640.8	OK	1056	999.6	OK	0.0093	0.0268	OK	0.1252	0.3	UNDER	46.00	OK			
			2 (kiri)	95.641			320.411	725							1444.3	356.012	4	D	22	0	D	22	0	D	22	1519.8	51.08	382.7	OK	1072	1015	OK	0.0052	0.0268	OK	0.0705	0.3	UNDER	68.67	OK
			3 (kanan)	552.851			552.851	714							2530.4	614.278	5	D	22	2	D	22	2	D	22	2659.6	89.4	640.8	OK	1056	999.6	OK	0.0093	0.0268	OK	0.1252	0.3	UNDER	46.00	OK
			4(kanan)	61.331			320.411	725							1444.3	356.012	4	D	22	0	D	22	0	D	22	1519.8	51.08	382.7	OK	1072	1015	OK	0.0052	0.0268	OK	0.0705	0.3	UNDER	68.67	OK
			5(tengah)	177.049			160.205	725							722.13	178.006	3	D	22	0	D	22	0	D	22	1139.8	38.31	289.6	OK	1072	1015	OK	0.0039	0.0268	OK	0.0528	0.3	UNDER	114.00	OK
6	607	B1	1 (kiri)	702.119	273.3	117.33	702.119	714	273.303	1120	OK	12000	11200	2856	3213.6	780.132	6	D	22	3	D	22	3419.5	114.9	808.2	OK	1056	999.6	OK	0.012	0.0268	OK	0.161	0.3	UNDER	32.40	OK			
			2 (kiri)	59.498			404.096	725							1821.5	448.996	5	D	22	0	D	22	0	D	22	1899.7	63.86	474	OK	1072	1015	OK	0.0066	0.0268	OK	0.0881	0.3	UNDER	46.00	OK
			3 (kanan)	553.548			553.548	714							3213.6	780.132	6	D	22	3	D	22	3	D	22	3419.5	114.9	808.2	OK	1056	999.6	OK	0.012	0.0268	OK	0.161	0.3	UNDER	32.40	OK
			4(kanan)	138.005			362.690	725							1821.5	448.996	5	D	22	0	D	22	0	D	22	1899.7	63.86	474	OK	1072	1015	OK	0.0066	0.0268	OK	0.0881	0.3	UNDER	46.00	OK
			5(tengah)	256.881			202.048	725							910.74	224.498	3	D	22	0	D	22	0	D	22	1139.8	38.31	289.6	OK	1072	1015	OK	0.0039	0.0268	OK	0.0528	0.3	UNDER	114.00	OK
6	606	B2	1 (kiri)	599.263	27.295	57.75	599.263	714	27.295	1120	OK	9000	8200	2856	2742.8	665.848	6	D	22	2	D	22	3039.5	102.2	725.4	OK	1056	999.6	OK	0.0106	0.0268	OK	0.1431	0.3	UNDER	32.40	OK			
			2 (kiri)	47.679			362.690	725							1634.8	402.989	5	D	22	0	D	22	0	D	22	1899.7	63.86	474	OK	1072	1015	OK	0.0066	0.0268	OK	0.0881	0.3	UNDER	46.00	OK
			3 (kanan)	425.935			425.935	714							2742.8	665.848	6	D	22	2	D	22	2	D	22	3039.5	102.2	725.4	OK	1056	999.6	OK	0.0106	0.0268	OK	0.1431	0.3	UNDER	32.40	OK
			4(kanan)	125.067			362.690	725							1634.8	402.989	6	D	22	0	D	22	0	D	22	1899.7	63.86	474	OK	1072	1015	OK	0.0066	0.0268	OK	0.0881	0.3	UNDER	46.00	OK
			5(tengah)	179.528			181.345	725							817.42	201.495	3	D	22	0	D	22	0	D	22	1139.8	38.31	289.6	OK	1072	1015	OK	0.0039	0.0268	OK	0.0528	0.3	UNDER	114.00	OK
5	524	B2	1 (kiri)	465.560	60.075	69.357	552.851	714	60.075	1120	OK	9000	8200	2856	2530.4	581.948	5	D	22	2	D	22	2659.6	89.4	640.8	OK	1056	999.6	OK	0.0093	0.0268	OK	0.1252	0.3	UNDER	46.00	OK			
			2 (kiri)	95.641			320.411	725							1444.3	356.012	4	D	22	0	D	22	0	D	22	1519.8	51.08	382.7	OK	1072	1015	OK	0.0052	0.0268	OK	0.0705	0.3	UNDER	68.67	OK
			3 (kanan)	552.851			552.851	714							2530.4	581.948	5	D	22	2	D	22	2	D	22	2659.6	89.4	640.8	OK	1056	999.6	OK	0.0093	0.0268	OK	0.1252	0.3	UNDER	46.00	OK
			4(kanan)	61.331			320.411	725							1444.3	356.012	4	D	22	0	D	22	0	D	22	1519.8	51.08	382.7	OK	1072	1015	OK	0.0052	0.0268	OK	0.0705	0.3	UNDER	68.67	OK
			5(tengah)	177.049			160.205	725							722.13	178.006	3	D	22	0	D	22	0	D	22	1139.8	38.31	289.6	OK	1072	1015	OK	0.0039	0.0268	OK	0.0528	0.3	UNDER	114.00	OK
5	523	B1	1 (kiri)	702.119	273.3	117.33	702.119	714	273.303	1120	OK	12000	11200	2856	3213.6	780.132	6	D	22	3	D	22	7414	249.2	1573	OK	1056	999.6	OK	0.026	0.0268	OK	0.349	0.3	OVER	32.40	OK			
			2 (kiri)	59.498			786.559	725							3545.5	873.955	5	D	22	0	D	22	0	D	22	1899.7	63.86	474	NOT	1072	1015	OK	0.0066	0.0268	OK	0.0881	0.3	UNDER	46.00	OK
			3 (kanan)	553.548			553.548	714							3213.6	780.132	6	D	22	3	D	22	3	D	22	7414	249.2	1573	OK	1056	999.6	OK	0.026	0.0268	OK	0.349	0.3	OVER	32.40	OK
			4(kanan)	138.005			786.559	725							3545.5	873.955	5	D	22	0	D	22	0	D	22	1899.7	63.86	474	NOT	1072	1015	OK	0.0066	0.0268	OK	0.0881	0.3	UNDER	46.00	OK
			5(tengah)	256.881			393.280	725							1772.7	436.977	3	D	22	0	D	22	0	D	22	1139.8	38.31	289.6	NOT	1072	1015	OK	0.0039	0.0268	OK	0.0528	0.3	UNDER	114.00	OK
5	522	B2	1 (kiri)	599.263	27.295	57.75	599.263	714	27.295	1120	OK	9000	8200	2856	2742.8	617.797	6	D	22	2	D	22	7414	249.2	1573	OK	1056	999.6	OK	0.026	0.0268	OK	0.349	0.3	OVER	32.40	OK			
			2 (kiri)	47.679			786.559	725							3545.5	827.957	5	D	22	0	D	22	0	D	22	1899.7	63.86	474	NOT	1072	1015	OK	0.0066	0.0268	OK	0.0881	0.3	UNDER	46.00	OK
			3 (kanan)	425.935			425.935	714							2742.8	617.797	6	D	22	2	D	22	2	D	22	7414	249.2	1573	OK	1056	999.6	OK	0.026	0.0268	OK	0.349	0.3	OVER	32.40	OK
			4(kanan)	125.067			786.559	725							3545.5	827.957	6	D	22	0	D	22	0	D	22	1899.7	63.86	474	NOT	1072	1015	OK	0.0066	0.0268	OK	0.0881	0.3	UNDER	46.00	OK
			5(tengah)	179.528			393.280	725							1772.7	413.979	3	D	22	0	D	22	0	D	22	1139.8	38.31	289.6	NOT	1072	1015	OK	0.0039	0.0268	OK	0.0528	0.3	UNDER	114.00	OK
4	437	B2	1 (kiri)	465.560	60.075	69.357	552.851	714	60.075	1120	OK	9000	8200	2856	2530.4	569.949	5	D	22	2	D	22	7414	249.2	1573	OK	1056	999.6	OK	0.026	0.0268	OK	0.349	0.3	OVER	46.00	OK			
			2 (kiri)	95.641			786.559	725							3545.5	873.955	4	D	22	0	D	22	0	D	22	1519.8	51.08	382.7	NOT	1072	1015	OK	0.0052	0.0268	OK	0.0705	0.3	UNDER	68.67	OK
			3 (kanan)	552.851			552.851	714							2530.4	569.949	5	D	22	2	D	22	2	D	22	7414	249.2	1573	OK	1056	999.6	OK	0.026	0.0268	OK	0.349	0.3	OVER	46.00	OK
			4(kanan)	61.331			786.559	725							3545.5	873.955	4	D	22	0	D	22	0	D	22	1519.8	51.08	382.7	NOT	1072	1015	OK	0.0052	0.0268	OK	0.0705	0.3	UNDER	68.67	OK
			5(tengah)	177.049			393.280	725							1772.7	436.977	3	D	22	0	D	22	0	D	22	1139.8	38.31	289.6	NOT	1072	1015	OK	0.0039	0.0268	OK	0.0528	0.3	UNDER	114.00	OK
4	436	B1	1 (kiri)	702.119	273.3	117.33	702.119	714	273.303	1120	OK	12000	11200	2856	3213.6	739.073	6	D	22	3	D	22	3419.5	114.9	808.2	OK	1056	999.6	OK	0.012	0.0268	OK	0.161	0.3	UNDER	32.40	OK			
			2 (kiri)	59.498			404.096	725							1821.5	448.996	5	D	22	0	D	22	0	D	22	1899.7	63.86	474	OK	1072	1015	OK	0.0066	0.0268	OK	0.0881	0.3	UNDER	46.00	OK
			3 (kanan)	553.548			553.548																																	

GESER BALOK

Lt	Frame	Tipe Balok	Kondisi	Geser Balok				Syarat Balok SRPMK				Vs				Jarak Sengkang					Tulangan Sengkang					Nilai Vs Pakai		CEK
				Vg 1,2D+1LkN	apr	MPr	Vsway	Va	Vb	Vu	0,5Vu	Vsway>0,5Vu	gfc/20	kN	kN	d/4	6D	150	d/2	n	D	As	S Perlu	S pakai	CEK	Vs pakai	Vs max	
14	1426	B2	1 (kiri)	244.675	128	988.1	199.85	444.5	44.82	444.5	222.26	"NOT"	Vc=0	592.7	178.5	132	150		4	D	13	530.7	255.703	250	NOT	606.22598	1132.05	OK
			2 (kiri)		79.8	650.7																						
			3 (kanan)	304.911	128	988.1	199.85	504.8	105.1	504.8	252.38	"NOT"	Vc=0	673	178.5	132	150		4	D	13	530.7	225.189	200	NOT	757.78248	1132.05	OK
			4(kanan)		79.8	650.7																						
			5(tengah)		35.724	47.9																						
14	1425	B1	1 (kiri)	345.53	160	1205	176.48	522	169.1	522	261	"NOT"	Vc=0	696	178.5	132	150		2	D	13	265.3	108.875	90	OK	841.98053	1132.05	OK
			2 (kiri)		95.8	771.8																						
			3 (kanan)	336.794	160	1205	176.48	513.3	160.3	513.3	256.64	"NOT"	Vc=0	684.4	178.5	132	150		3	D	13	398	166.093	120	OK	947.2281	1132.05	OK
			4(kanan)		95.8	771.8																						
			5(tengah)		25.936	47.9																						
14	1424	B2	1 (kiri)	316.004	128	988.1	184.72	500.7	131.3	500.7	250.36	"NOT"	Vc=0	667.6	178.5	132	150		2	D	13	265.3	113.503	80	OK	947.2281	1132.05	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	239.414	128	988.1	184.72	424.1	54.69	424.1	212.07	"NOT"	Vc=0	565.5	178.5	132	150		2	D	13	265.3	133.999	110	OK	688.89316	1132.05	OK
			4(kanan)		63.9	526.7																						
			5(tengah)		44.2	47.9																						
13	1353	B2	1 (kiri)	206.512	112	875.2	170.95	377.5	35.56	377.5	188.73	"NOT"	Vc=0	503.3	178.5	132	150		2	D	13	265.3	150.566	80	OK	947.2281	1132.05	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	264.218	112	875.2	170.95	435.2	93.26	435.2	217.59	"NOT"	Vc=0	580.2	178.5	132	150		2	D	13	265.3	130.601	110	OK	688.89316	1132.05	OK
			4(kanan)		63.9	526.7																						
			5(tengah)		33.599	47.9																						
13	1352	B1	1 (kiri)	235.173	112	875.2	125.16	360.3	110	360.3	180.17	"NOT"	Vc=0	480.4	178.5	132	150		2	D	13	265.3	157.724	80	OK	947.2281	1132.05	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	222.813	112	875.2	125.16	348	97.65	348	173.99	"NOT"	Vc=0	464	178.5	132	150		2	D	13	265.3	163.327	100	OK	757.78248	1132.05	OK
			4(kanan)		63.9	526.7																						
			5(tengah)		26.077	47.9																						
13	1351	B2	1 (kiri)	236	128	988.1	199.85	435.9	36.15	435.9	217.93	"NOT"	Vc=0	581.1	178.5	132	150		2	D	13	265.3	130.396	100	OK	757.78248	1132.05	OK
			2 (kiri)		79.8	650.7																						
			3 (kanan)	145	128	988.1	199.85	344.9	54.85	344.9	172.43	VC=0	Vc=0	459.8	178.5	132	150		2	D	13	265.3	164.805	120	OK	631.4854	1132.05	OK
			4(kanan)		79.8	650.7																						
			5(tengah)		75	47.9																						
12	1280	B2	1 (kiri)	266.41	112	875.2	170.95	437.4	95.46	437.4	218.68	"NOT"	Vc=0	583.2	178.5	132	150		2	D	13	265.3	129.946	100	OK	757.78248	1132.05	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	214.744	112	875.2	170.95	385.7	43.79	385.7	192.85	"NOT"	Vc=0	514.3	178.5	132	150		2	D	13	265.3	147.353	120	OK	631.4854	1132.05	OK
			4(kanan)		63.9	526.7																						
			5(tengah)		46.987	47.9																						
12	1279	B1	1 (kiri)	222.957	112	875.2	125.16	348.1	97.79	348.1	174.06	"NOT"	Vc=0	464.2	178.5	132	150		2	D	13	265.3	163.259	100	OK	757.78248	1132.05	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	236.177	112	875.2	125.16	361.3	111	361.3	180.67	"NOT"	Vc=0	481.8	178.5	132	150		2	D	13	265.3	157.286	120	OK	631.4854	1132.05	OK
			4(kanan)		63.9	526.7																						
			5(tengah)		23.682	47.9																						
12	1278	B2	1 (kiri)	280.332	128	988.1	199.85	480.2	80.48	480.2	240.09	"NOT"	Vc=0	640.2	178.5	132	150		4	D	13	530.7	236.716	200	NOT	757.78248	1132.05	OK
			2 (kiri)		79.8	650.7																						
			3 (kanan)	205.584	128	988.1	199.85	405.4	5.731	405.4	202.72	"NOT"	Vc=0	540.6	178.5	132	150		4	D	13	530.7	280.357	250	NOT	606.22598	1132.05	OK
			4(kanan)		79.8	650.7																						
			5(tengah)		44.186	47.9																						
11	1032	B2	1 (kiri)	272.331	112	875.2	170.95	443.3	101.4	443.3	221.64	"NOT"	Vc=0	591	178.5	132	150		2	D	13	265.3	128.21	100	OK	757.78248	1132.05	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	221.444	112	875.2	170.95	392.4	50.49	392.4	196.2	"NOT"	Vc=0	523.2	178.5	132	150		2	D	13	265.3	144.837	120	OK	631.4854	1132.05	OK
			4(kanan)		63.9	526.7																						
			5(tengah)		63.5	47.9																						
11	1031	B1	1 (kiri)	177.741	112	875.2	136.24	314	41.5	314	156.99	"NOT"	Vc=0	418.6	178.5	132	150		2	D	13	265.3	181.009	110	OK	688.89316	1132.05	OK
			2 (kiri)		79.8	650.7																						
			3 (kanan)	185.194	128	988.1	146.32	331.5	38.87	331.5	165.76	"NOT"	Vc=0	442	178.5	132	150		2	D	13	265.3	171.436	130	OK	582.9096	1132.05	OK
			4(kanan)		79.8	650.7																						
			5(tengah)		27.903	47.9																						
11	1288	B2	1 (kiri)	211.405	128	988.1	199.85	411.3	11.55	411.3	205.63	"NOT"	Vc=0	548.3	178.5	132	150		2	D	13	265.3	138.195	100	OK	757.78248	1132.05	OK
			2 (kiri)		79.8	650.7																						
			3 (kanan)	286.754	128	988.1	199.85	486.6	86.9	486.6	243.3	"NOT"	Vc=0	648.8	178.5	132	150		2	D	13	265.3	116.796	100	OK	757.78248	1132.05	OK
			4(kanan)		79.8	650.7																						
			5(tengah)		59.688	47.9																						

GESER BALOK

Lt	Frame	Tipe Balok	Kondisi	Geser Balok								Syarat Balok SRPMK			Jarak Sengkang					Tulangan Sengkang					Nilai Vs Pakai			
				Vg	1,2D+1LkN	apr	MPr	Vsway	Va	Vb	Vu	0,5Vu	Vsway>0,5Vu	gfc/20	Vs	d/4	6D	150	d/2	n	D	As	S Perlu	S pakai	CEK	Vs pakai	Vs max	CEK
				kN	kN	mm	kNm	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	mm	mm	mm	mm		mm	mm ²	mm	mm		kN	kN	
2	277	B2	1 (kiri)	276.827	112	875.2	170.95	447.8	105.9	447.8	223.89	"NOT	Vc=0	597	178.5	132	150	357	2	D	13	265.3	126.923	125	OK	606.22598	1132.05	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	112	875.2																							
			4(kanan)	296.192	63.9	526.7																						
			5(tengah)	44.136	47.9	399.5	97.448	141.6	53.31	141.6	70.792	VC=0	Vc=0	188.8														
2	276	B1	1 (kiri)	259.155	128	988.1	146.32	405.5	112.8	405.5	202.74	"NOT	Vc=0	540.6	178.5	132	150	357	2	D	13	265.3	140.165	125	OK	606.22598	1132.05	OK
			2 (kiri)		79.8	650.7																						
			3 (kanan)	128	988.1																							
			4(kanan)	254.439	79.8	650.7																						
			5(tengah)	22.721	47.9	399.5	71.346	94.07	48.63	94.07	47.034	VC=0	Vc=0	125.4														
2	275	B2	1 (kiri)	309.638	128	988.1	199.85	509.5	109.8	509.5	254.75	"NOT	Vc=0	679.3	178.5	132	150	357	2	D	13	265.3	111.55	100	OK	757.78248	1132.05	OK
			2 (kiri)		79.8	650.7																						
			3 (kanan)	128	988.1																							
			4(kanan)	254.665	79.8	650.7																						
			5(tengah)	58.75	47.9	399.5	97.448	156.2	38.7	156.2	78.099	VC=0	Vc=0	208.3														
MZ	119	B2	1 (kiri)	272.717	112	875.2	170.95	443.7	101.8	443.7	221.84	"NOT	Vc=0	591.6	178.5	132	150	357	2	D	13	265.3	128.099	120	OK	631.4854	1132.05	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	112	875.2																							
			4(kanan)	285.381	63.9	526.7																						
			5(tengah)	39.763	47.9	399.5	97.448	137.2	57.69	137.2	68.606	VC=0	Vc=0	182.9														
MZ	118	B1	1 (kiri)	269.537	128	988.1	146.32	415.9	123.2	415.9	207.93	"NOT	Vc=0	554.5	178.5	132	150	357	2	D	13	265.3	136.666	125	OK	606.22598	1132.05	OK
			2 (kiri)		79.8	650.7																						
			3 (kanan)	128	988.1																							
			4(kanan)	250.529	79.8	650.7																						
			5(tengah)	19.026	47.9	399.5	71.346	90.37	52.32	90.37	45.186	VC=0	Vc=0	120.5														
MZ	117	B2	1 (kiri)	181.23	95.8	771.8	158.35	339.6	22.88	339.6	169.79	"NOT	Vc=0	452.8	181.3	132	150	362.5	2	D	13	265.3	169.945	125	OK	615.5656	1149.49	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	95.8	759.2																							
			4(kanan)	164.548	63.9	526.7																						
			5(tengah)	32.268	47.9	399.5	97.448	129.7	65.18	129.7	64.858	VC=0	Vc=0	173														
1	9	B2	1 (kiri)	251.871	95.8	759.2	156.82	408.7	95.05	408.7	204.34	"NOT	Vc=0	544.9	178.5	132	150	357	2	D	13	265.3	139.064	100	OK	757.78248	1132.05	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	95.8	759.2																							
			4(kanan)	254.552	63.9	526.7																						
			5(tengah)	26.699	47.9	399.5	97.448	124.1	70.75	124.1	62.074	VC=0	Vc=0	165.5														
1	8	B1	1 (kiri)	145.02	63.9	526.7	82.695	227.7	62.32	227.7	113.86	"NOT	Vc=0	303.6	181.3	132	150	362.5	2	D	13	265.3	253.427	100	OK	769.457	1149.49	OK
			2 (kiri)		47.9	399.5																						
			3 (kanan)	63.9	526.7																							
			4(kanan)	135.112	47.9	399.5																						
			5(tengah)	205.916	47.9	399.5	71.346	277.3	134.6	277.3	138.63	Not	Vc=0	369.7														
1	7	B2	1 (kiri)	270.142	95.8	771.8	158.35	428.5	111.8	428.5	214.24	"NOT	Vc=0	571.3	181.3	132	150	362.5	2	D	13	265.3	134.681	125	OK	615.5656	1149.49	OK
			2 (kiri)		63.9	526.7																						
			3 (kanan)	95.8	771.8																							
			4(kanan)	252.381	63.9	526.7																						
			5(tengah)	25.267	47.9	399.5	97.448	122.7	72.18	122.7	61.358	VC=0	Vc=0	163.6														

TORSI BALOK

Lt	FRAM E	TIPE BALOK	Cek Kebutuhan Torsi								CEK	Cek dimensi Penampang					Transversal penahan torsi								Longitudinal Penahan Lentur									
			Tu	Tn	Acp	Pcp	Aoh	ph	Tu min	T max		Rumus 1		Rumus 2		Ao	At/s	Tum&Lap		sebelum torsi	CEK	REVISI			Av pakai/s	Cek	AI	0,25AI	pakai	n	D	As	CEK	
			kNm	kNm	mm2	mm	mm2	mm	kNm	kNm		Mpa	Vc(kN)	Mpa	CEK			Av/s	Avt/s			mm2/mm	n	D										S
14	1426	B2	34.679	46.239	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	0.9	2.01523	557.579	4.4	OK	173430.6	0.333	2.12	2.78917	2.123	UBAH SENGKANG	4	13	100	5.31	OK	658.5	164.633	2	13	265.3	OK
																				0.88	1.551	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	150	1.77	OK						
14	1425	B1	58.393	77.857	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	2.7	2.44923	557.579	4.4	OK	173430.6	0.561	2.95	4.070414	2.211	UBAH SENGKANG	4	13	100	5.31	OK	1109	277.209	2	16	401.9	OK
																				1.66	2.781	1.658	UBAH SENGKANG	4	13	150	3.54	OK						
14	1424	B2	37.342	49.79	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	1.1	2.03983	557.579	4.4	OK	173430.6	0.359	2.41	3.130	2.412	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	709.1	157.579	2	13	265.3	OK
																				1.77	2.128	1.769	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
13	1353	B2	39.508	52.678	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	1.2	1.88109	557.579	4.4	OK	173430.6	0.380	2.41	3.171	2.412	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	750.2	187.559	2	13	265.3	OK
13	1352	B1	63.351	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	3.1	2.17267	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.65	3.854	2.653	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				1.56	2.161	1.561	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
13	1351	B2	45.61	60.813	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	1.6	1.98762	557.579	4.4	OK	173430.6	0.438	2.21	2.649	2.211	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK	866.1	216.525	2	13	265.3	OK
																				1.33	2.203	1.327	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
12	1280	B2	45.302	60.403	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	1.6	1.98621	557.579	4.4	OK	173430.6	0.435	2.21	3.081793	2.211	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	860.3	215.065	2	13	265.3	OK
																				1.26	2.134	1.263	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
12	1279	B1	68.66	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	3.7	2.2969	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.21	3.411829	2.211	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				1.26	2.464	1.263	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
12	1278	B2	52.808	70.41	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	2.2	2.23624	557.579	4.4	OK	173430.6	0.507	2.12	3.137605	2.123	UBAH SENGKANG	4	16	100	8.04	OK	1003	250.696	2	13	265.3	OK
																				1.06	2.076285	1.061	UBAH SENGKANG	2	16	150	2.68	OK						
11	1032	B2	49.14	65.52	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	1.9	2.0716	557.579	4.4	OK	173430.6	0.472	2.21	3.155557	2.211	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	933.1	233.285	2	13	265.3	OK
																				1.33	1.799	1.327	UBAH SENGKANG	2	16	150	2.68	OK						
11	1031	B1	93.306	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	1E+00	6.8	2.85204	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.04	3.241745	2.041	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				1.26	2.464	1.263	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
11	1288	B2	60.582	80.776	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	2.9	2.40086	557.579	4.4	OK	173430.6	0.582	2.65	3.818	2.653	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	1150	230.084	2	13	265.3	OK
																				1.33	1.909	1.327	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						

TORSI BALOK

Lt	FRAM E	TIPE BALOK	Cek Kebutuhan Torsi									CEK	Cek dimensi Penampang						Transversal penahan torsi							Longitudinal Penahan Lentur								
			Tu	Tn	Acp	Pcp	Aoh	ph	Tu min	T max	Rumus 1		Rumus 2		CEK	Ao	At/s	Tum&Lap		sebelum torsi	CEK	REVISI			Av pakai/s	Cek	AI	0,25AI	pakai	n	D	As	CEK	
			kNm	kNm	mm2	mm	mm2	mm	kNm	kNm			Mpa	Vc(kN)				Mpa	Av/s			Avt/s	mm2/mm	n										D
10	1108	B2	71.936	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	4.0	2.49128	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.12	3.323	2.123	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	1186	263.63	2	13	265.3	OK
																				1.33	2.527	1.327	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
10	1107	BKR	211.71	83.298	320000	2400	198144	1952	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+01	38.3	7.45373	550.55	4.4	OK	168422.4	0.618	6.03	6.647	8.038	OK	4	16	100	8.04	OK	1207	301.694	2	16	401.9	OK
																				1.47	2.711	1.474	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK						
10	1106	B2	52.934	70.579	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	2.2	2.13369	557.579	4.4	OK	173430.6	0.509	2.65	3.670693	2.653	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1005	251.296	2	13	265.3	OK
																				1.06	2.079	1.061	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
9	1194	B2	63.338	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	3.1	2.39894	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.65	3.254	2.653	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				1.06	2.262	1.061	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
9	1193	B1	100.46	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	7.9	3.29943	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.65	3.854045	2.653	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	2.085	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
9	1192	B2	55.36	73.813	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	2.4	2.28551	557.579	4.4	OK	173430.6	0.532	2.65	3.717314	2.653	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	NOT	1051	262.812	2	13	265.3	OK
																				0.88	1.948448	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
8	770	B2	69.357	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	3.7	2.47061	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.21	3.411829	2.211	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.485	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	150	1.77	OK						
8	769	B1	117.33	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	10.7	3.64298	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.12	3.323	2.123	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.485	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
8	768	B2	57.75	77	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	2.6	2.36881	557.579	4.4	OK	173430.6	0.555	2.12	2.678	2.123	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	1097	274.159	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.439	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
7	689	B2	69.357	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	3.7	2.67939	556.407	4.4	OK	173430.6	0.600	2.64	3.243	2.653	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				1.33	1.927	1.327	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
7	688	B1	117.33	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	10.7	3.69051	554.065	4.4	OK	173430.6	0.600	2.12	2.723	2.123	UBAH SENGKANG	2	13	80	3.32	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.485	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
7	687	B2	57.75	77	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	4E+00	2.6	2.4709	554.065	4.4	OK	173430.6	0.555	2.21	2.766	2.211	UBAH SENGKANG	2	13	80	3.32	OK	1097	274.159	2	16	401.9	OK
																				1.06	1.616	1.061	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						

TORSI BALOK

Lt	FRAM E	TIPE BALOK	Cek Kebutuhan Torsi								T max kNm	CEK	Cek dimensi Penampang					Transversal penahan torsi							Longitudinal Penahan Lentur									
			Tu kNm	Tn kNm	Acp mm2	Pcp mm	Aoh mm2	ph mm	Tu min kNm	Rumus 1			Rumus 2		CEK	Ao mm2	At/s mm2/mm	&Lap		sebelum torsi mm2/mm	CEK	REVISI			Av pakai/s mm2/mm	Cek	Al mm2	0,25Al mm2	pakai			CEK		
													Mpa	Vc(kN)				Mpa	Av/s			Avt/s	n	D					S	n	D		As	
6	608	B2	69.357	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	3.7	2.47061	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.21	3.411829	2.211	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.485	0.884	UBAH	2	13	100	2.66	OK						
6	607	B1	117.33	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	10.7	3.64298	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.12	3.323385	2.123	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.485	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
6	606	B2	57.75	77	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	2.6	2.36881	557.579	4.4	OK	173430.6	0.555	2.12	3.232596	2.123	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1097	274.159	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.994389	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
5	524	B2	69.357	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	2E+00	3.7	2.47061	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.21	3.411829	2.211	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	13	265.3	NOT
																				0.88	1.485	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	150	1.77	OK						
5	523	B1	117.33	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	4E+00	10.7	3.78572	557.579	4.4	OK	204036	0.510	2.65	3.164	2.653	UBAH SENGKANG	3	16	100	6.03	OK	1008	252.097	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.395	0.884	UBAH SENGKANG	2	16	150	2.68	OK						
5	522	B2	57.75	77	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	5E+00	2.6	2.72525	557.579	4.4	OK	173430.6	0.416	2.65	3.485767	2.653	UBAH SENGKANG	3	16	100	6.03	OK	822.5	205.619	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.301	0.884	UBAH	2	16	150	2.68	OK						
4	437	B2	69.357	83.298	320000	2400	198144	1952	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	4E+00	4.1	2.8798	557.579	4.4	OK	198144	0.525	2.65	3.179	3.215	OK	3	16	100	6.03	OK	1026	256.44	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.410	0.884	UBAH	2	16	150	2.68	OK						
4	436	B1	117.33	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	10.7	3.64298	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.12	3.323385	2.123	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	2.085	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
4	435	B2	57.75	77	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	2.6	2.36881	557.579	4.4	OK	173430.6	0.555	2.12	3.232596	2.123	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	1097	274.159	2	16	401.9	OK
																				0.88	1.994	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
3	360	B2	98.113	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	7.5	3.24285	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.65	3.254	2.653	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	2.085	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
3	359	B1A	125.66	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	4E+00	12.3	4.01851	554.065	4.4	OK	173430.6	0.600	2.65	3.854045	2.653	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	2.085	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						
3	358	B2	97.761	83.298	320000	2400	204036	1976	15.7131	62.4738	PERLU TORSI	3E+00	7.5	3.26246	557.579	4.4	OK	173430.6	0.600	2.21	3.411829	2.211	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1186	296.584	2	16	401.9	OK
																				0.88	2.085179	0.884	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK						

TORSI BALOK

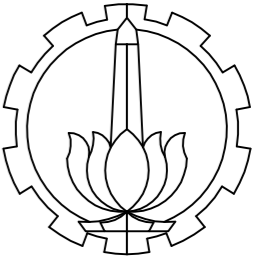
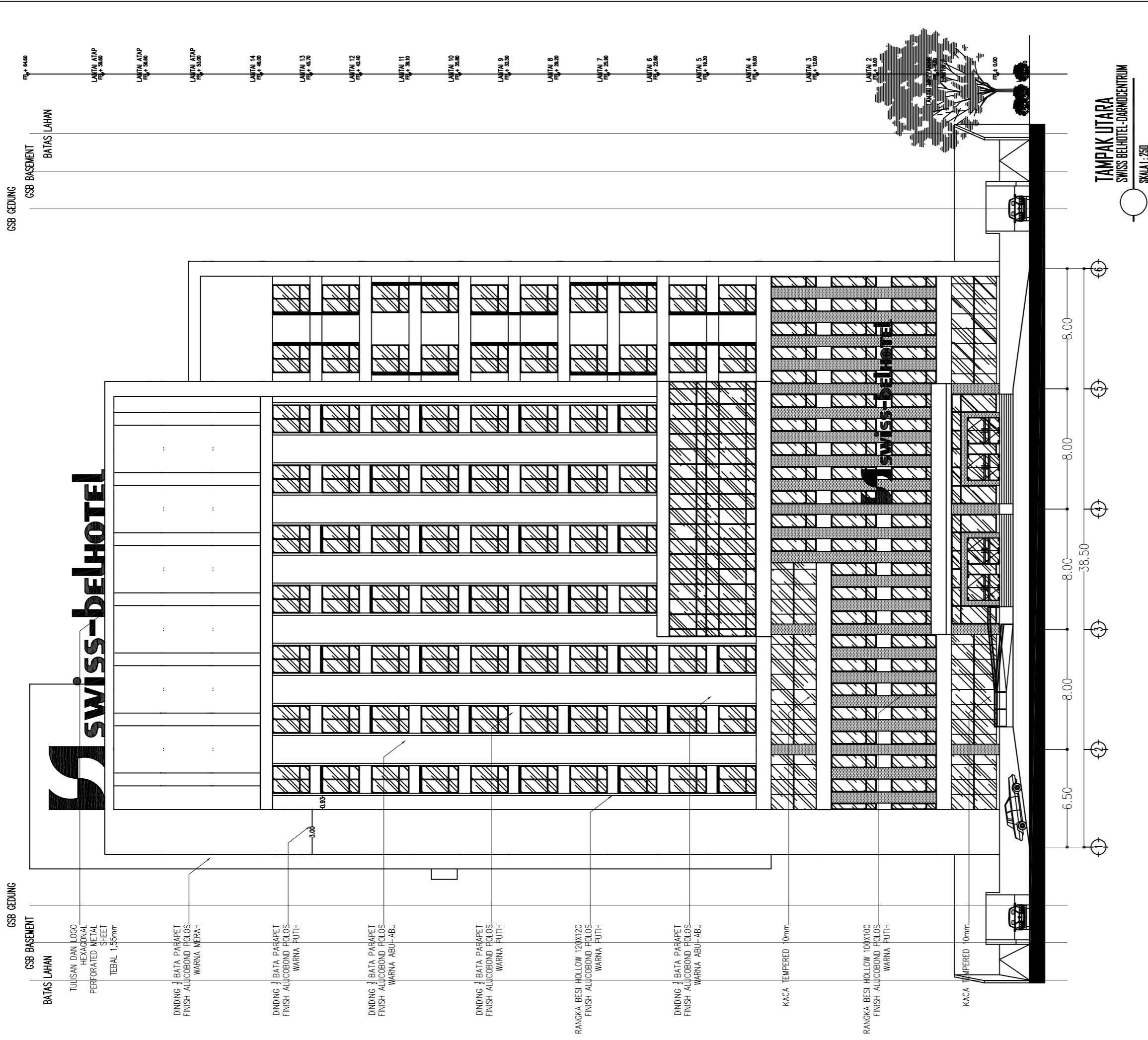
Lt	FRAM E	TIPE BALO K	Cek Kebutuhan Torsi									Cek dimensi Penampang						Transversal penahan torsi								Longitudinal Penahan Lentur								
			Tu	Tn	Acp	Pcp	Aoh	ph	Tu min	T max	CEK	Rumus 1			Rumus 2			Ao	At/s	Tum&Lap		torsi	CEK	REVISI			pakai/s	Cek	AI	0,25AI	AI pakai			CEK
			kNm	kNm	mm ²	mm	mm ²	mm	kNm	kNm		Mpa	Vc(kN)	Mpa	CEK	mm ²	mm			Av/s	Avt/s			m	n	D					S	mm ²	mm ²	
2	277	B2	97.596	83.298	320000	2400	204036	1976	15.713	62.474	PERLU TORSI	3E+00	7.4	3.178	557.579	4.4	OK	2E+05	0.703	2.12	3.52949	2.123	UBAH SENGKANG	2	16	100	4.02	OK	1390	347.492	2	16	402	OK
																						UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK							
2	276	B1	131.33	83.298	320000	2400	204036	1976	15.713	62.474	PERLU TORSI	2E+00	13.4	3.932	557.579	4.4	OK	2E+05	0.947	2.12	3.069	2.123	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK	1870	467.616	4	16	804	OK
																						UBAH SENGKANG	2	13	200	1.33	OK							
2	275	B2	101.13	83.298	320000	2400	204036	1976	15.713	62.474	PERLU TORSI	3E+00	8.0	3.34	557.579	4.4	OK	2E+05	0.729	2.21	2.576	2.211	UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK	1440	360.07	2	16	402	OK
																						UBAH SENGKANG	2	13	125	2.13	OK							
MZ	119	B2	85.48	83.298	320000	2400	204036	1976	15.713	62.474	PERLU TORSI	3E+00	5.7	2.872	557.579	4.4	OK	2E+05	0.616	2.21	3.44328	2.211	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	1217	304.352	2	16	402	OK
																						UBAH SENGKANG	2	13	125	2.13	OK							
MZ	118	B1	121.94	83.298	320000	2400	204036	1976	15.713	62.474	PERLU TORSI	2E+00	11.6	3.703	557.579	4.4	OK	2E+05	0.879	2.12	3.88039	2.123	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	1737	434.164	3	16	603	OK
																						UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK							
MZ	117	B2	141.47	83.298	320000	2400	204036	1976	15.713	62.474	PERLU TORSI	1E+00	15.6	4.125	566.169	4.4	OK	2E+05	1.020	2.09	4.12977	2.123	UBAH SENGKANG	4	13	100	5.31	OK	2015	503.716	3	16	603	OK
																						UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK							
1	9	B2	33.988	45.317	320000	2400	204036	1976	15.713	62.474	PERLU TORSI	2E+00	0.9	1.725	557.579	4.4	OK	2E+05	0.245	2.65	3.14323	2.653	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	484.1	121.013	2	13	265	OK
																						UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK							
1	8	B1	50.745	67.66	320000	2400	204036	1976	15.713	62.474	PERLU TORSI	9E-01	2.0	1.709	566.169	4.4	OK	2E+05	0.366	2.65	3.38478	2.653	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	722.7	180.677	2	13	265	OK
																						UBAH SENGKANG	2	13	100	2.66	OK							
1	7	B2	39.427	52.569	320000	2400	204036	1976	15.713	62.474	PERLU TORSI	2E+00	1.2	1.843	566.169	4.4	OK	2E+05	0.379	2.12	2.88043	2.123	UBAH SENGKANG	3	13	100	3.98	OK	748.7	187.173	2	13	265	OK
																						UBAH SENGKANG	2	13	150	1.77	OK							

KESIMPULAN

LT	Frame	Tipe Balok	Tulangan									
				Tarik		Tekan		Senggang			Tul Badan	
				n	D	n	D	n	D	S	n	D
10	1108	B2	Tump	5 D 2 D	22 22	4 D 22	22	3 D 13	100	2	D	13
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D 13	100			
10	1107	BKR	Tump	6 D 5 D	28 28	6 D 25	25	4 D 16	100	2	D	16
			Lapa	4 D	25	4 D	25	2 D 16	100			
10	1106	B2	Tump	5 D 2 D	22 22	4 D 22	22	2 D 16	100	2	D	13
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D 13	100			
9	1194	B2	Tump	5 D 2 D	22 22	4 D 22	22	2 D 16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D 13	100			
9	1193	B1	Tump	6 D 4 D	22 22	6 D 22	22	2 D 16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D 13	100			
9	1192	B2	Tump	6 D	22	5 D 22	22	2 D 13	100	2	D	13
			Lapa	3 D	22	3 D	25	2 D 13	100			
8	770	B2	Tump	5 D	22	4 D 22	22	2 D 16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D 13	150			
8	769	B1	Tump	6 D 3 D	22 22	5 D 22	22	2 D 16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D 13	100			
8	768	B2	Tump	6 D 2 D	22 22	5 D 22	22	3 D 13	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D 13	100			
7	689	B2	Tump	6 D 4 D	22 25	6 D 25	22	3 D 13	100	2	D	16
			Lapa	5 D	25	5 D	25	2 D 13	100			
7	688	B1	Tump	6 D 2 D	25 25	5 D 25	25	2 D 13	80	2	D	16
			Lapa	4 D	25	4 D	25	2 D 13	100			
7	687	B2	Tump	6 D 2 D	25 25	5 D 25	25	2 D 13	80	2	D	16
			Lapa	4 D	25	4 D	25	2 D 13	100			

KESIMPULAN

LT	Frame	Tipe Balok	Tulangan										
			Tarik			Tekan		Senggang			Tul Badan		
			n	D		n	D	n	D	S	n	D	
6	608	B2	Tump	5 D	22	4 D	22	2 D	16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D	13	100			
6	607	B1	Tump	6 D	22	5 D	22	2 D	16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D	13	100			
6	606	B2	Tump	6 D	22	5 D	22	2 D	16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	25	2 D	13	100			
5	524	B2	Tump	5 D	22	4 D	22	2 D	16	100	2	D	13
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D	13	150			
5	523	B1	Tump	3D29	3D25	5 D	22	3 D	16	100	3	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D	16	150			
5	522	B2	Tump	3D29	3D25	5 D	22	3 D	16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D	16	150			
4	437	B2	Tump	3D29	3D25	4 D	22	3 D	16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D	16	150			
4	436	B1	Tump	6 D	22	5 D	22	3 D	13	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D	13	100			
4	435	B2	Tump	6 D	22	5 D	22	3 D	13	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D	13	100			
3	360	B2	Tump	6 D	22	5 D	22	2 D	16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	22	2 D	13	100			
3	359	B1A	Tump	6 D	25	5 D	25	2 D	16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	25	3 D	25	2 D	13	100			
3	358	B2	Tump	6 D	22	5 D	22	2 D	16	100	2	D	16
			Lapa	3 D	22	3 D	25	2 D	13	100			



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

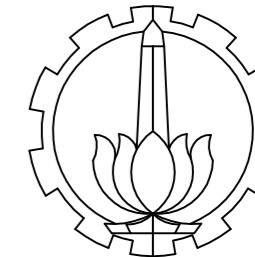
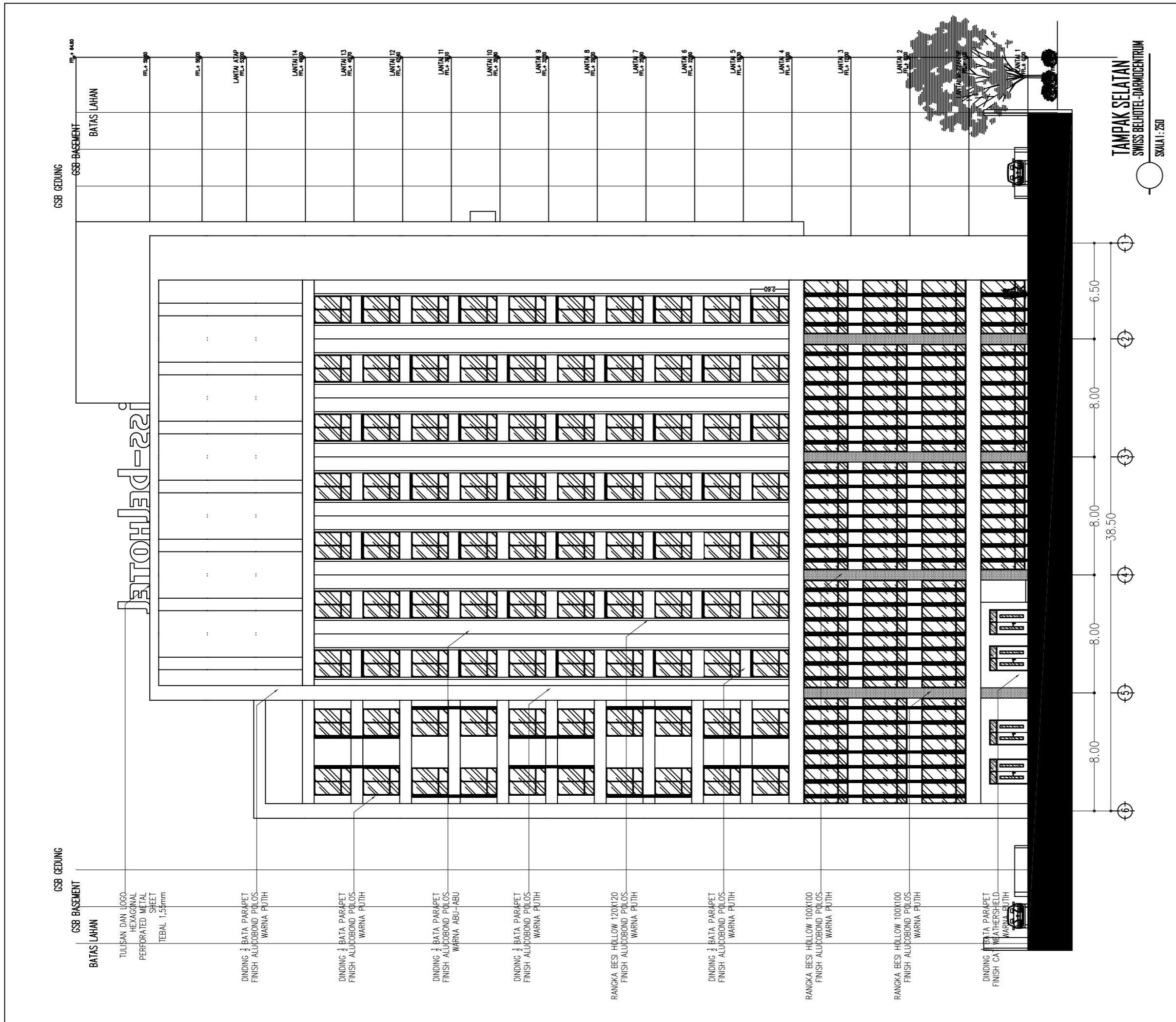
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA HOTEL
 SWISS-BELLIN
 DARMOCENTRUM

KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1:250
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
1	73



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN HOTEL
SWISS-BELLIN
DARMOCENTRUM

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

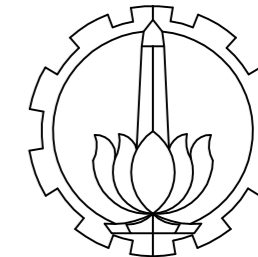
1:250

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

2

73



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR HOTEL
 SWISS-BELLIN
 DARMOCENTRUM

KODE GAMBAR

ARS

NO. LEMBAR

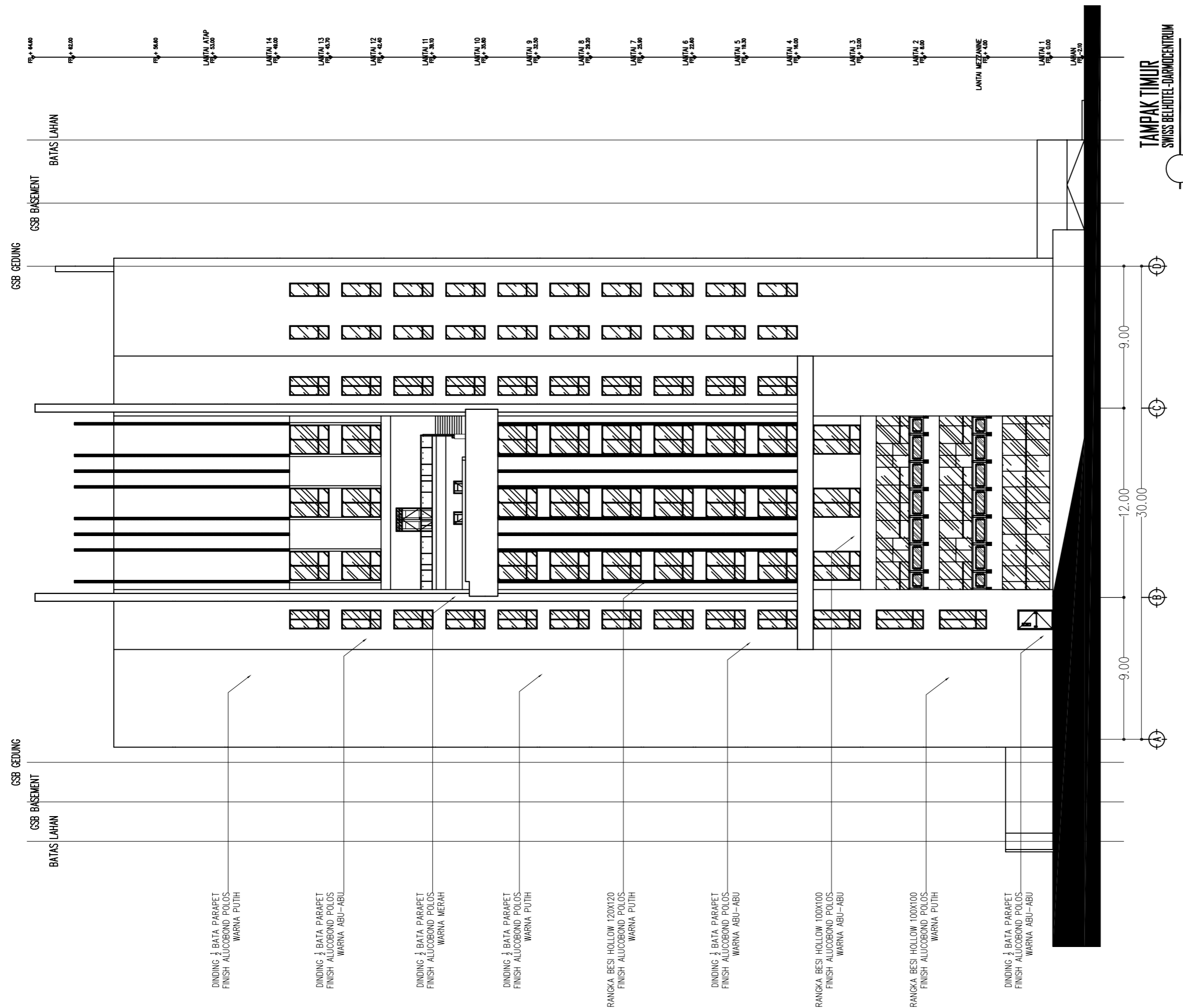
3

SKALA

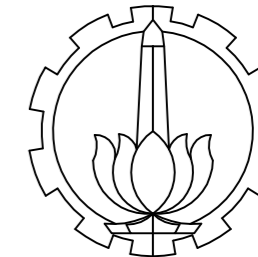
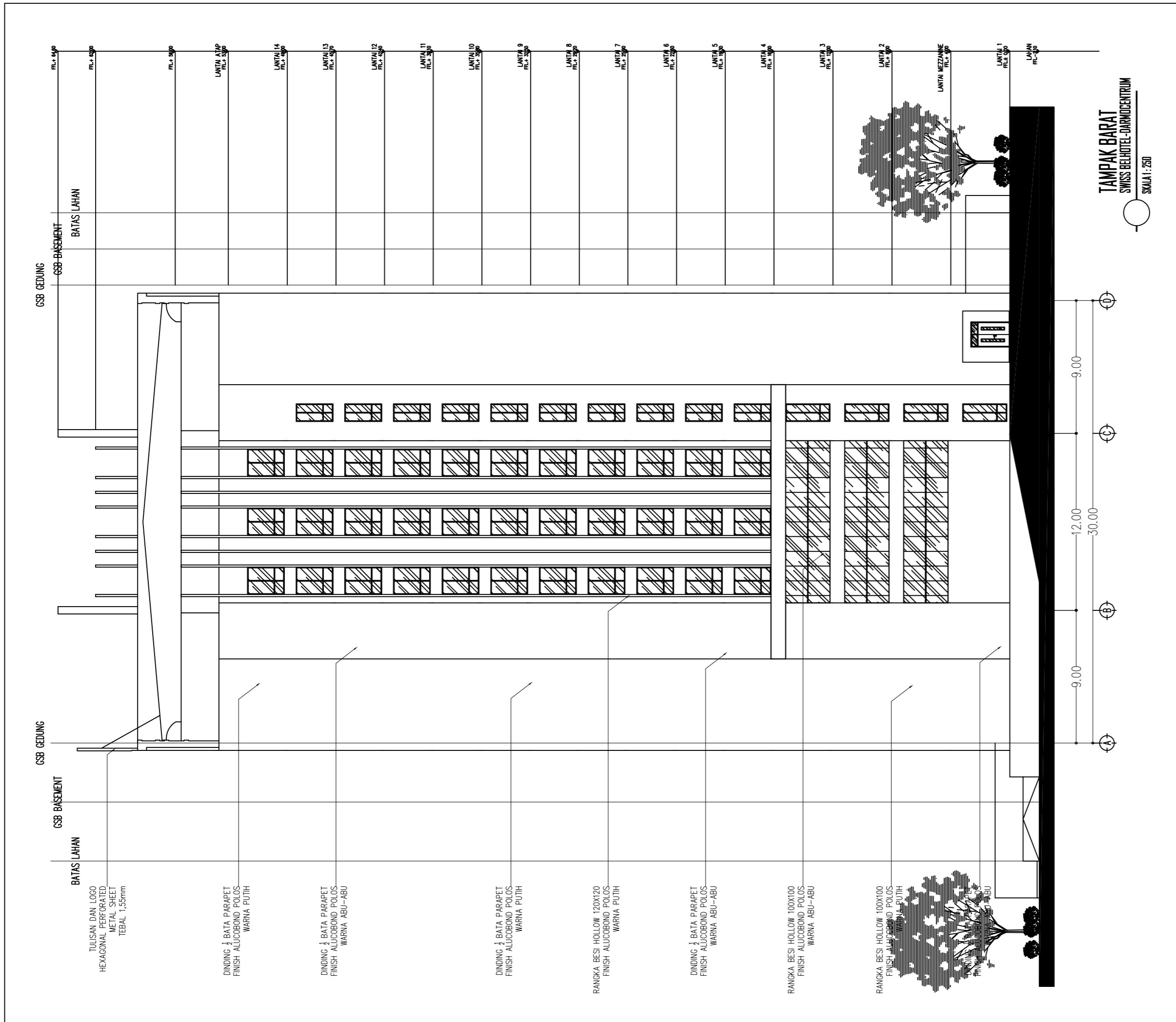
1:250

JUMLAH LEMBAR

73



TAMPAK TIMUR
 SWISS BELHOTEL-DARMOCENTRUM
 SKALA 1:250



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT HOTEL
SWISS-BELLIN
DARMOCENTRUM

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

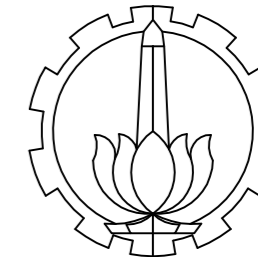
1:250

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

4

73



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

**DENAH ARSITEKTURAL LT.
BASEMENT**

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

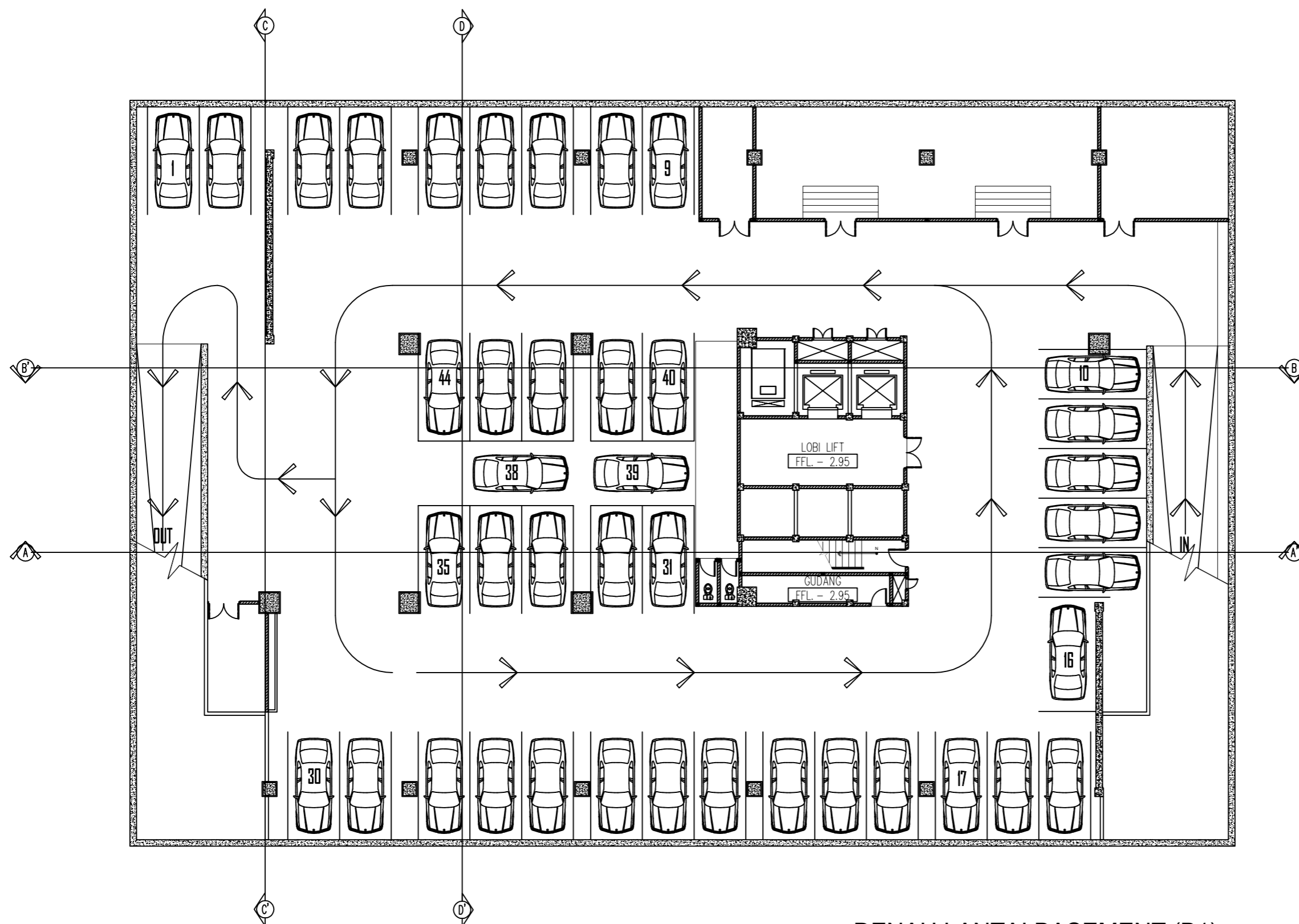
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

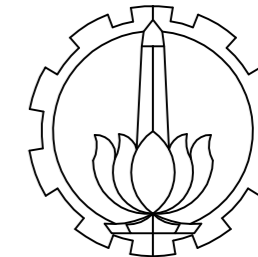
5

73



DENAH LANTAI BASEMENT (B1)

Skala 1: 100



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. 1

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

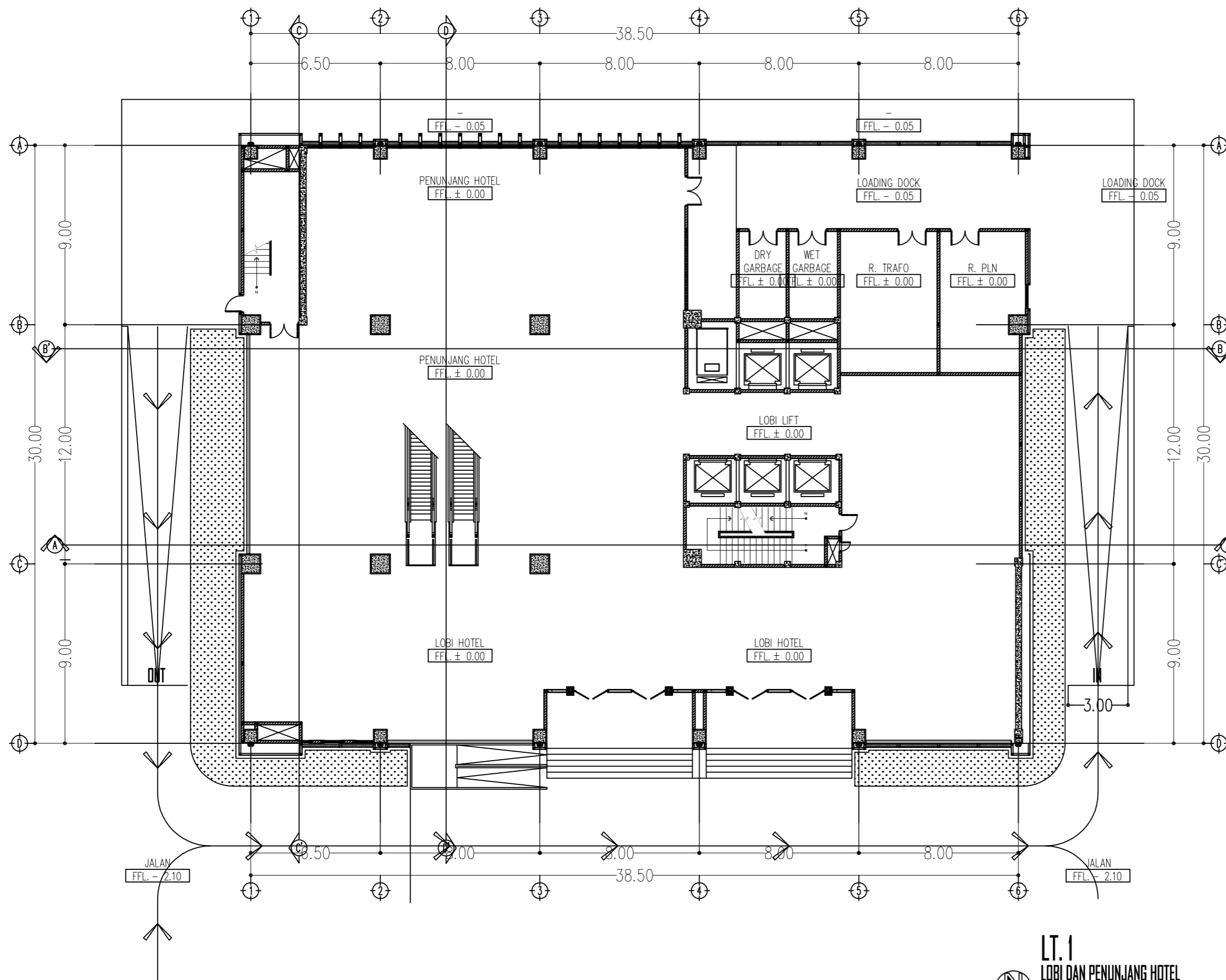
1:200

NO. LEMBAR

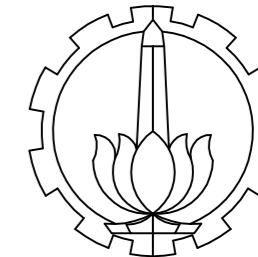
JUMLAH LEMBAR

6

73



LT. 1
LOBI DAN PENUNJANG HOTEL
SKALA 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. MEZZANINE

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

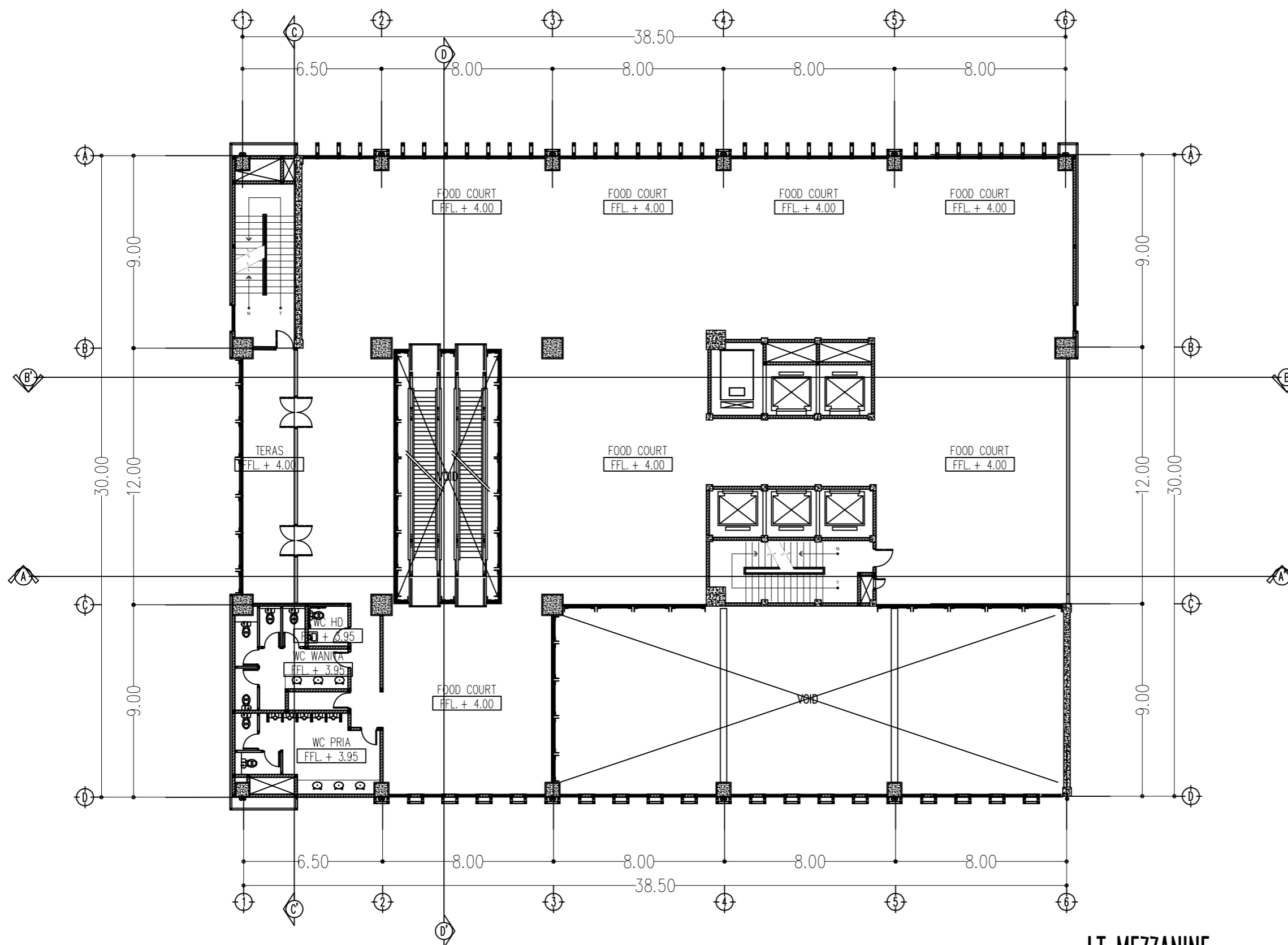
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

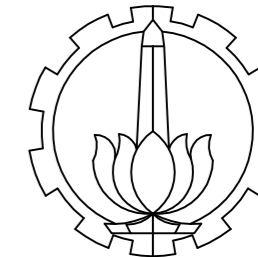
7

73



LT. MEZZANINE
ALL DAY DINING

SKALA 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. 2

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

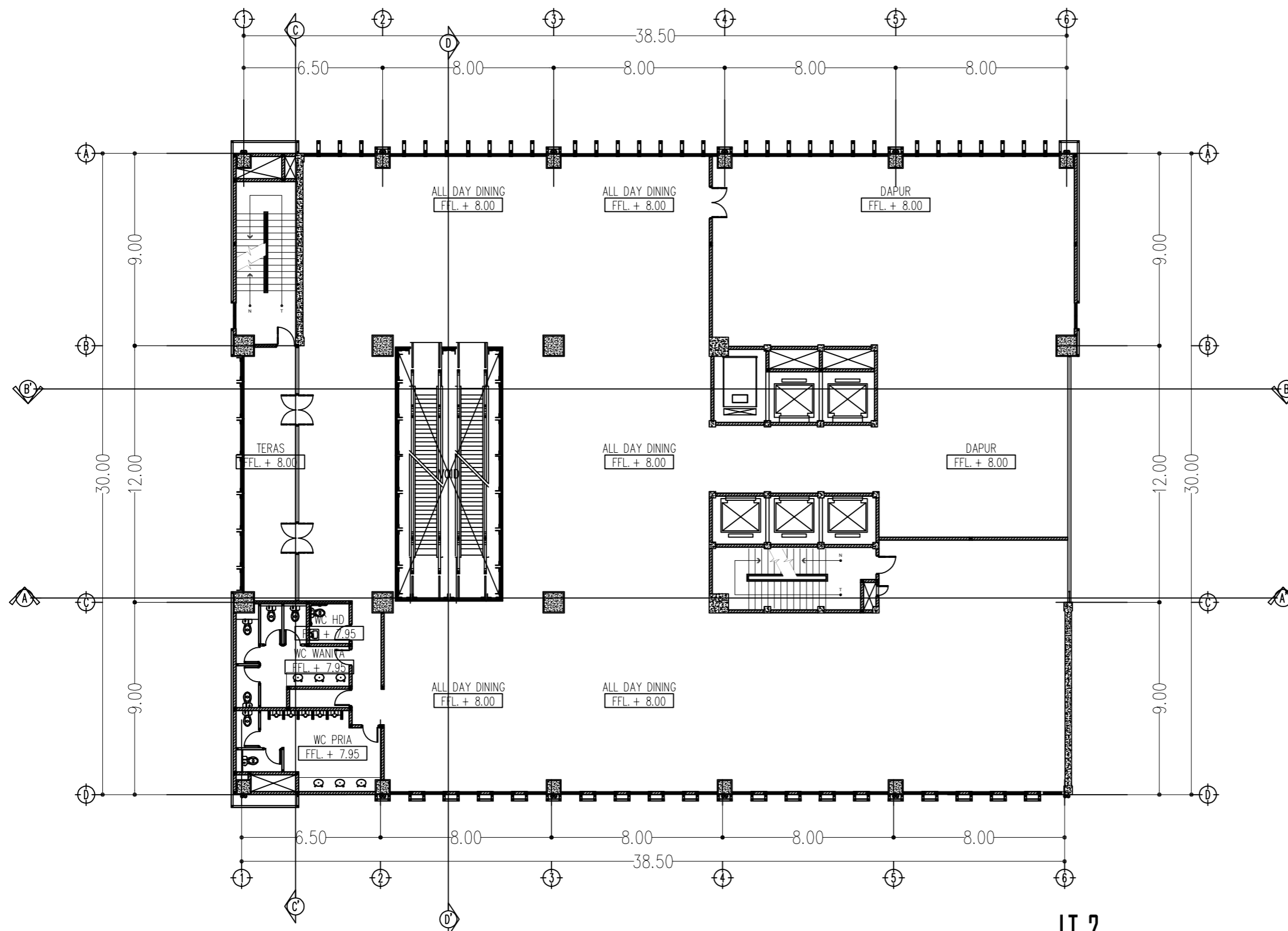
1:200

NO. LEMBAR

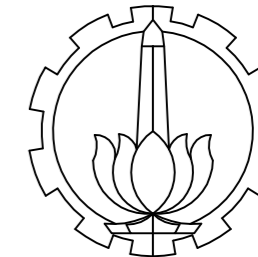
JUMLAH LEMBAR

8

73



LT. 2
FOOD COURT DAN RESTO
SKALA 1: 200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. 3

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

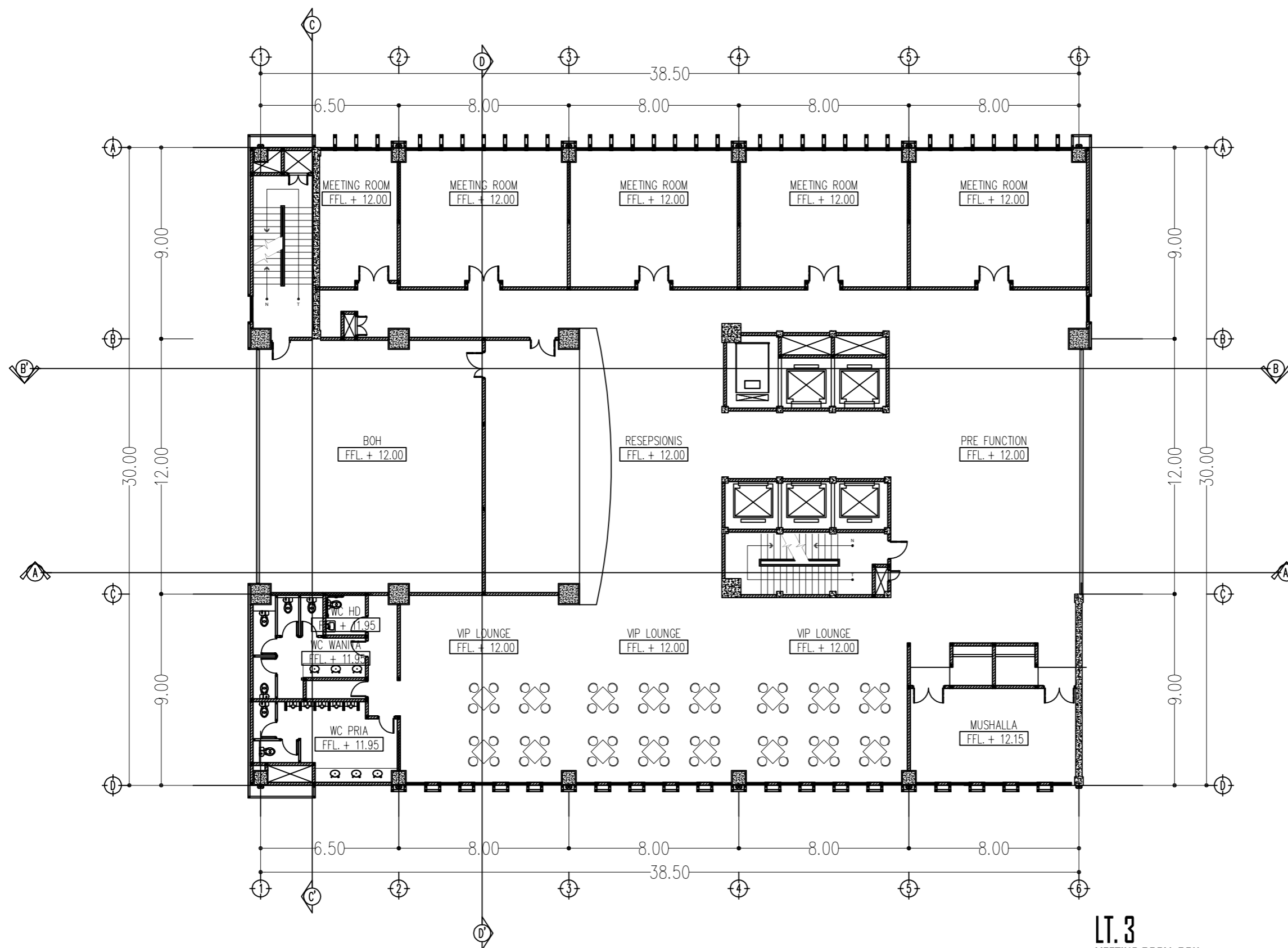
1:200

NO. LEMBAR

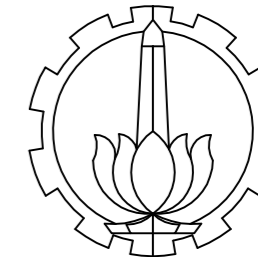
JUMLAH LEMBAR

9

73



LT. 3
MEETING ROOM, BOH
SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

DENAH ARSITEKTURAL LT. 3

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. 4

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

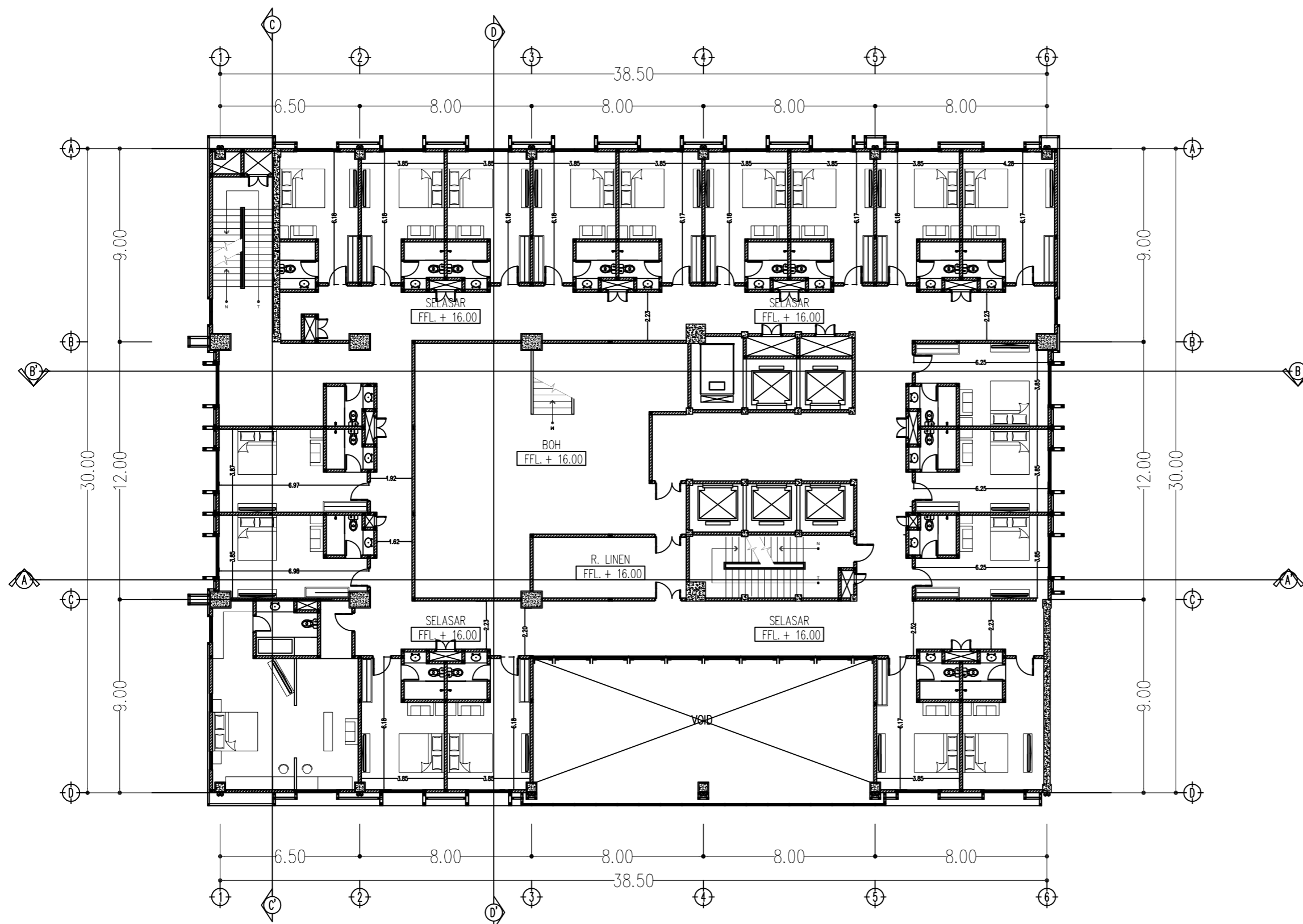
1:200

NO. LEMBAR

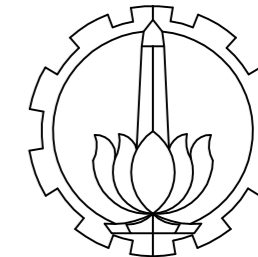
JUMLAH LEMBAR

10

73



LT. 4
GUESTROOM, BOH
SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. 5-8

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

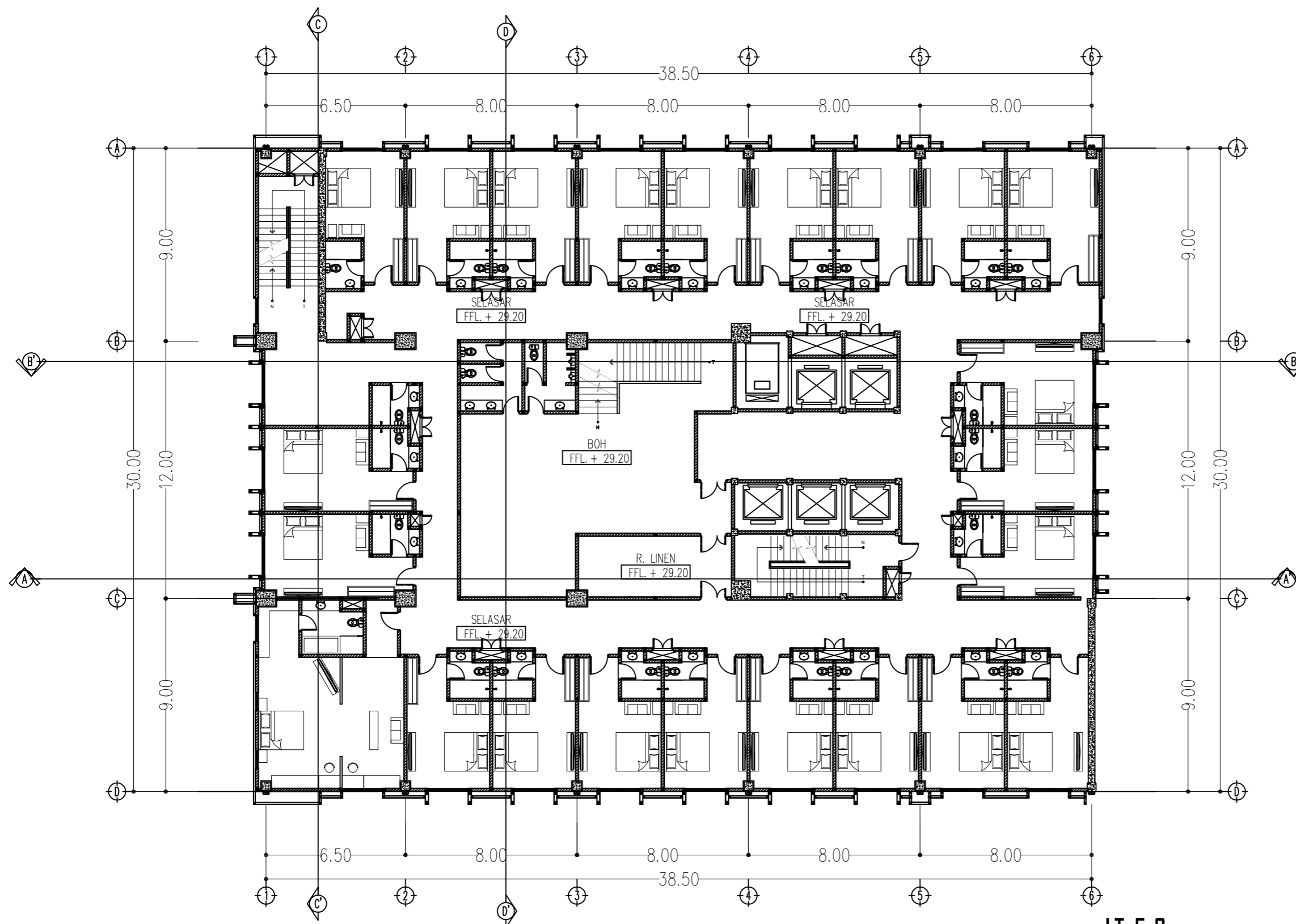
1:200

NO. LEMBAR

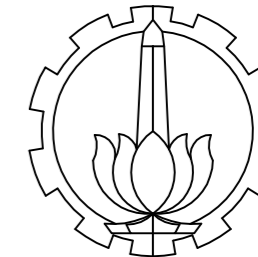
JUMLAH LEMBAR

11

73



LT. 5-8
GUESTROOM, BOH
SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. 9

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

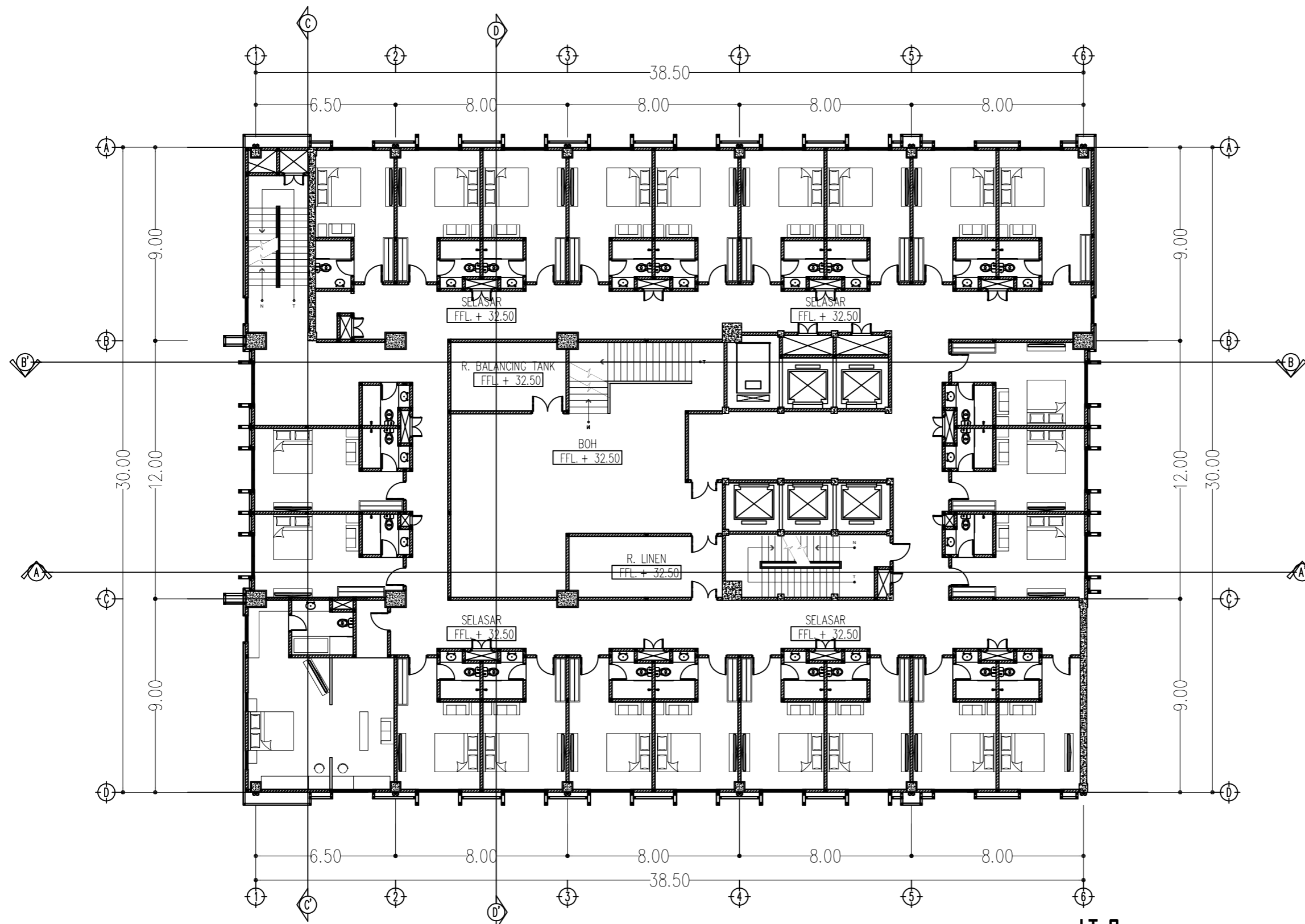
1:200

NO. LEMBAR

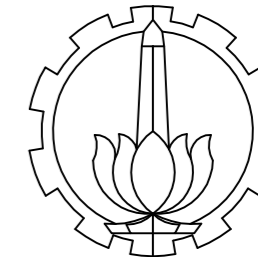
JUMLAH LEMBAR

12

73



LT. 9
 GUESTROOM, BOH
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. 10

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

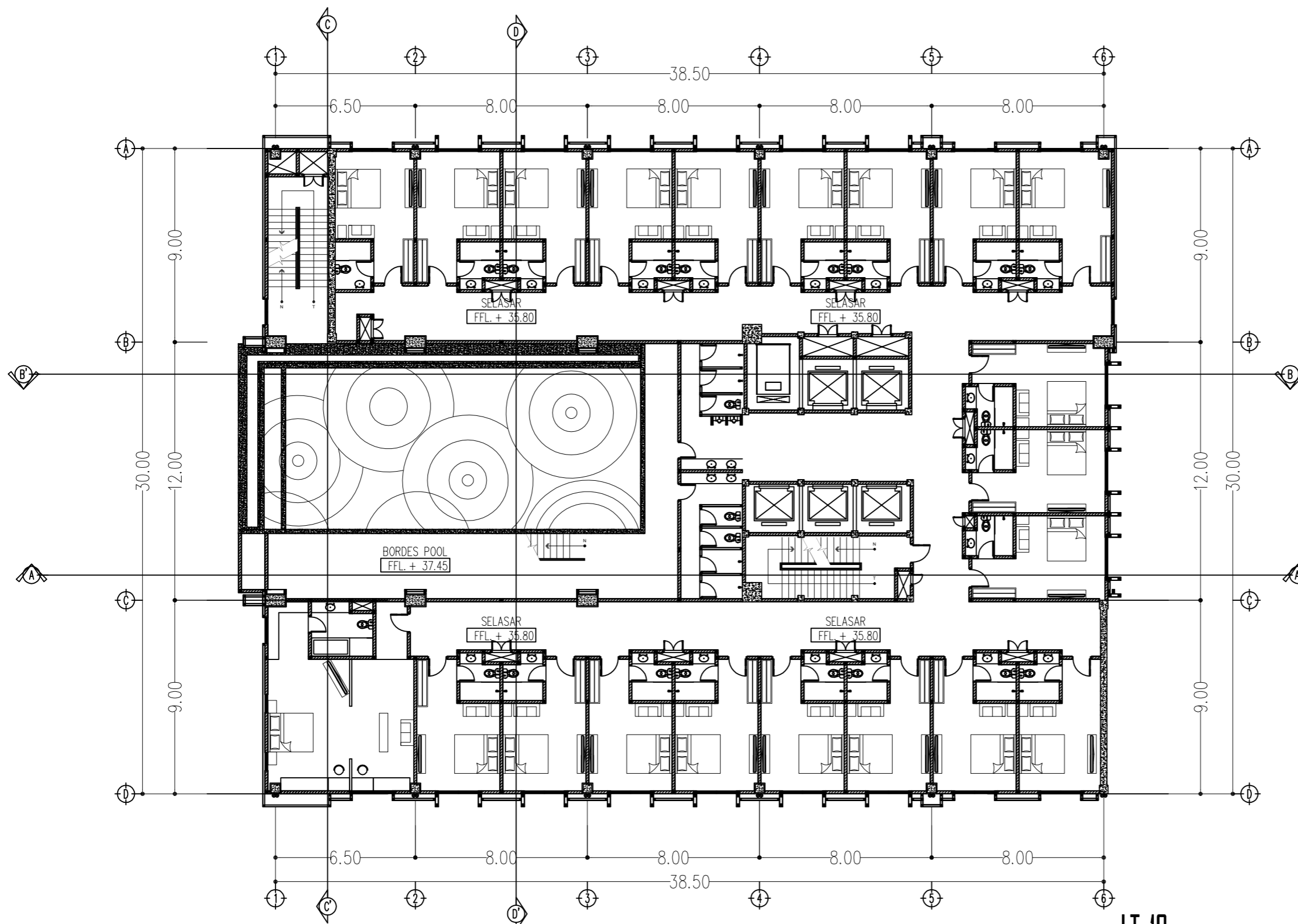
1:200

NO. LEMBAR

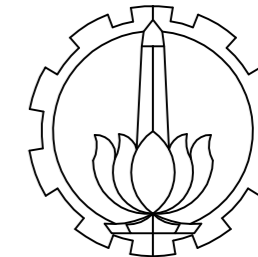
JUMLAH LEMBAR

13

73



LT. 10
 GUESTROOM, SWIMMING POOL
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. 11

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

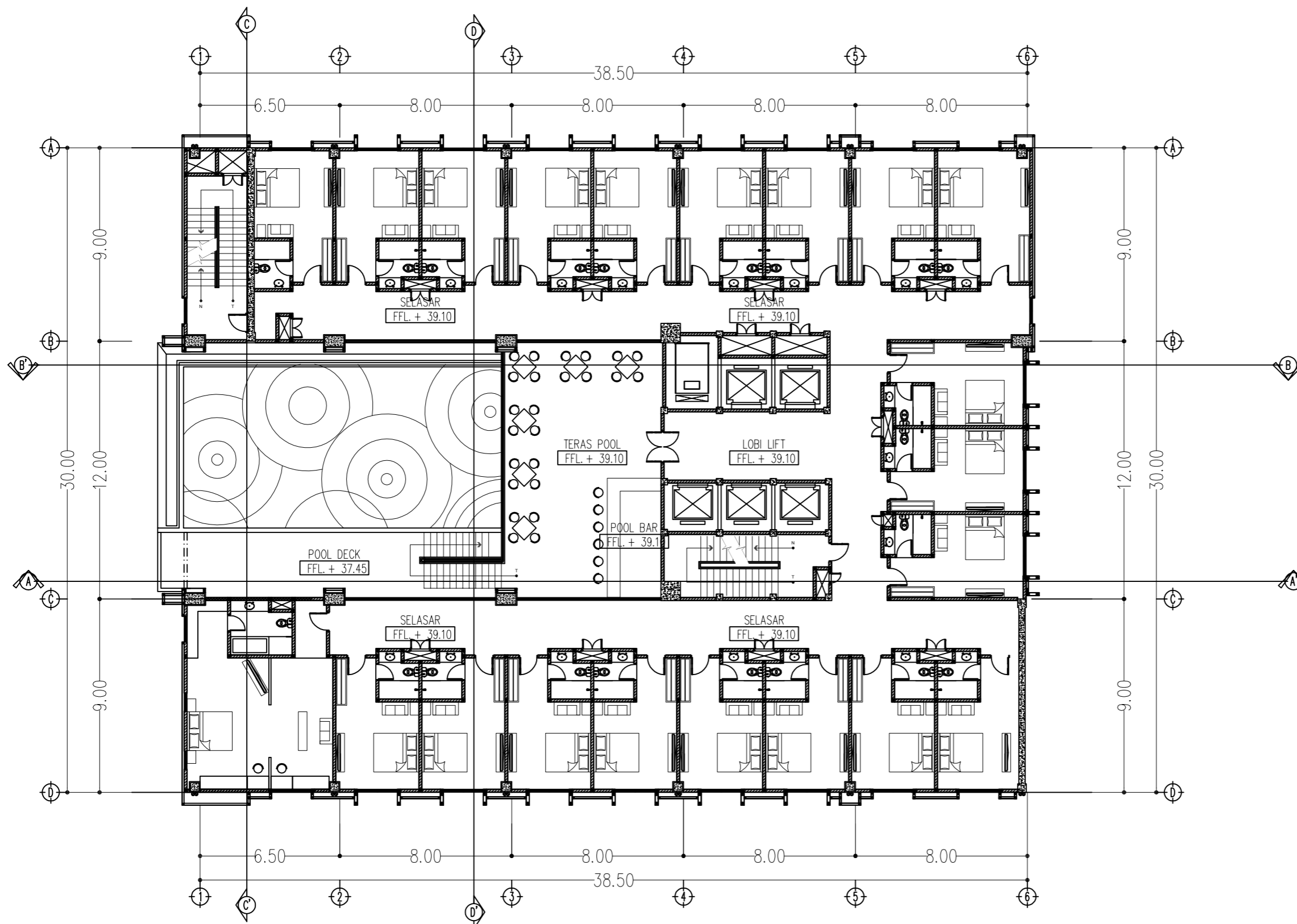
1:200

NO. LEMBAR

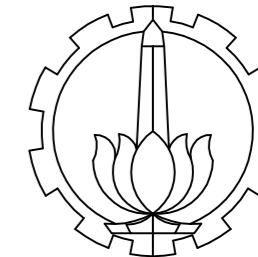
JUMLAH LEMBAR

14

73



LT. 11
 GUESTROOM
 SKALA 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

**DENAH ARSITEKTURAL
LT. 12-13**

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

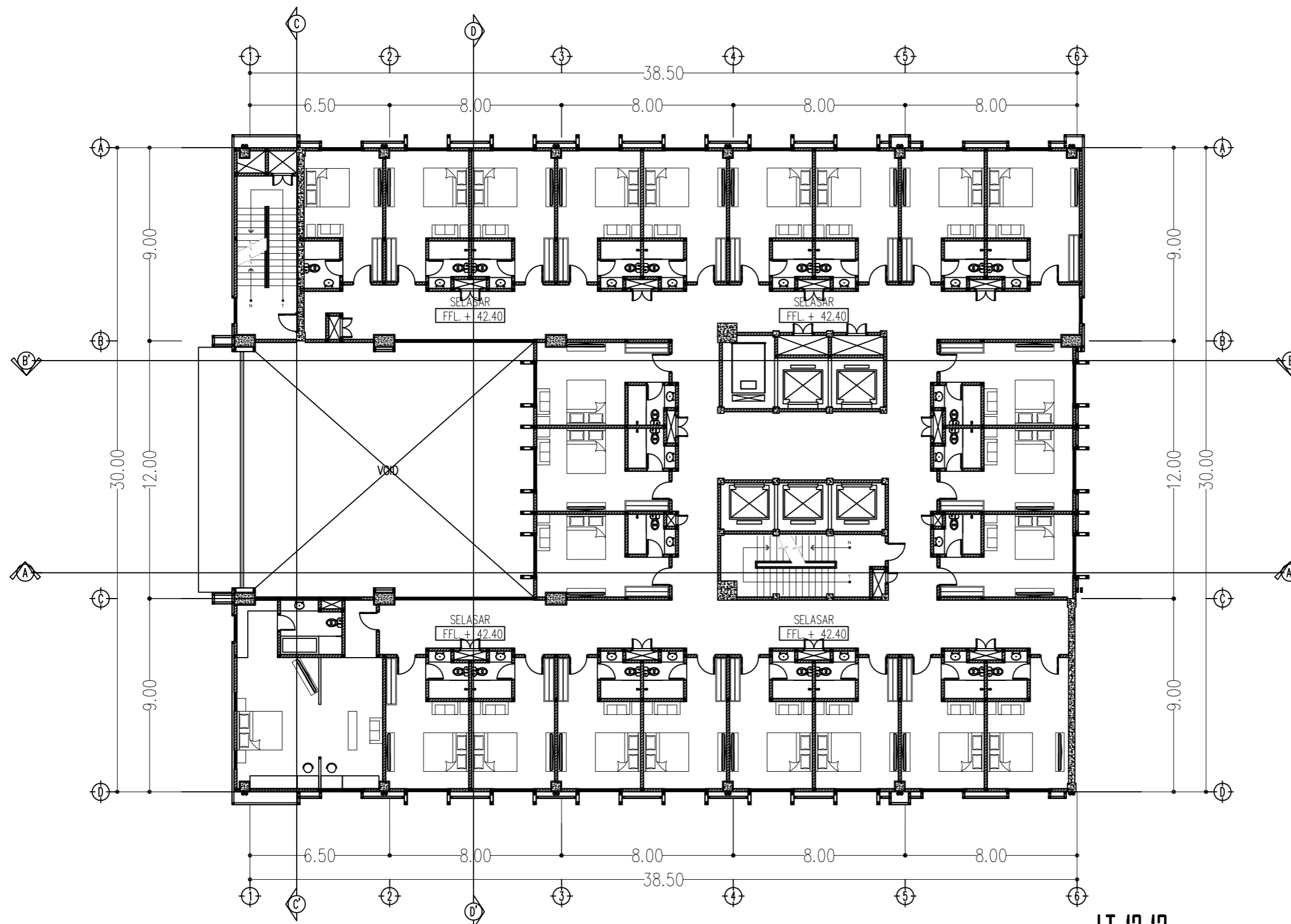
1:200

NO. LEMBAR

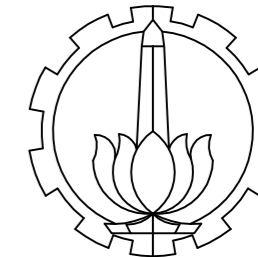
JUMLAH LEMBAR

15

73



LT. 12-13
GUESTROOM
SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. 14

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

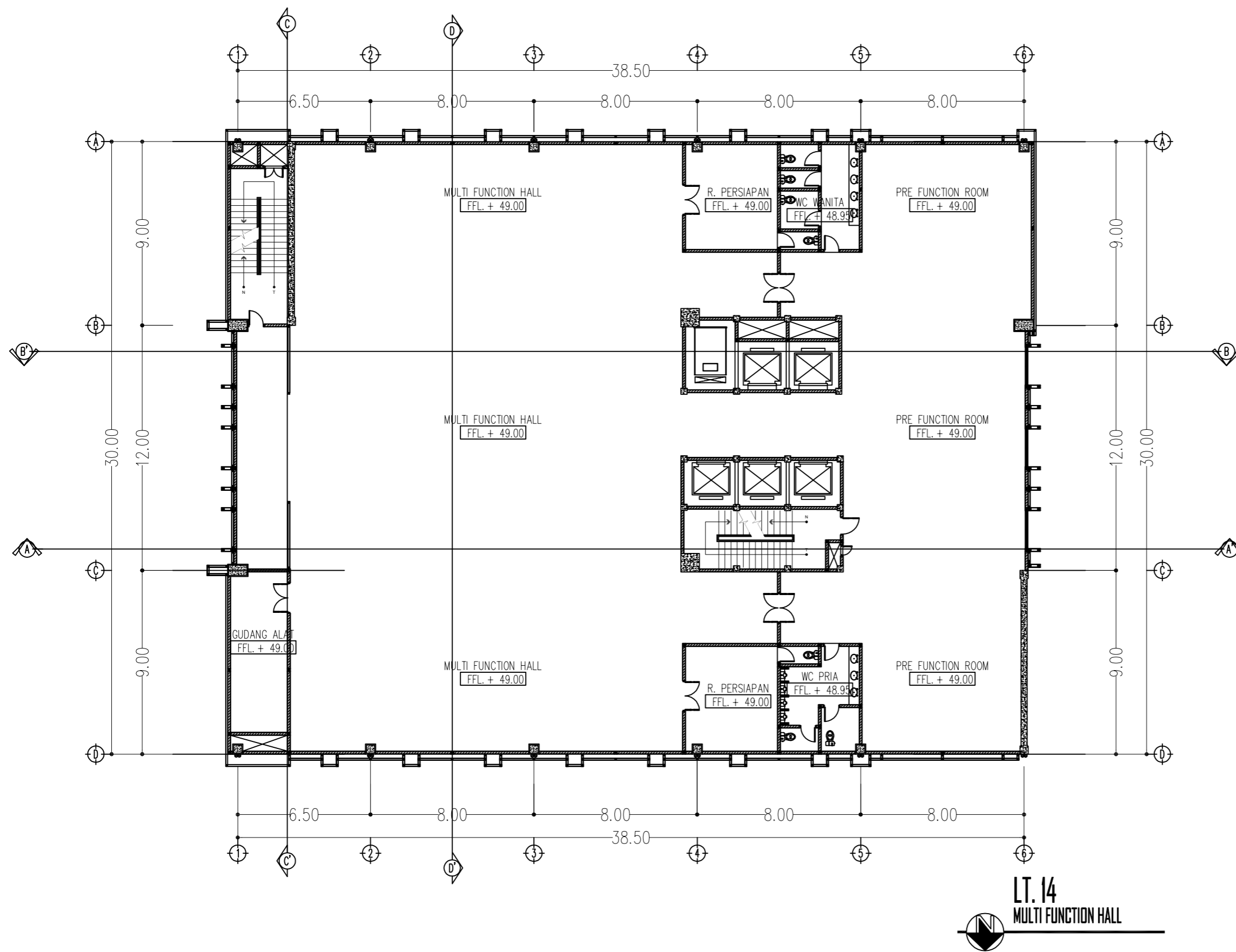
1:200

NO. LEMBAR

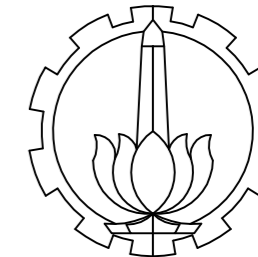
JUMLAH LEMBAR

16

73



LT. 14
 MULTI FUNCTION HALL



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DENAH ARSITEKTURAL LT. ATAP

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

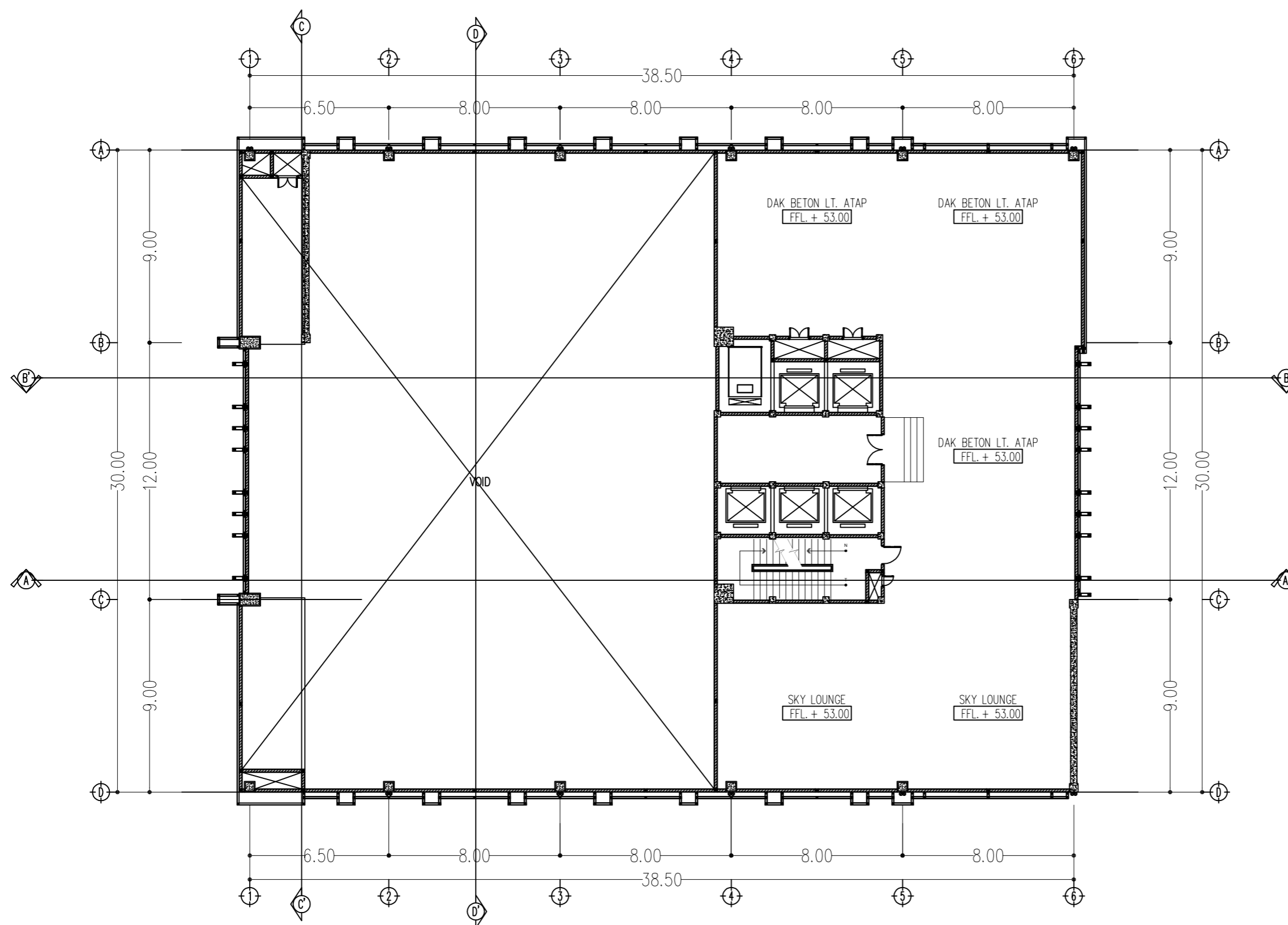
1:200

NO. LEMBAR

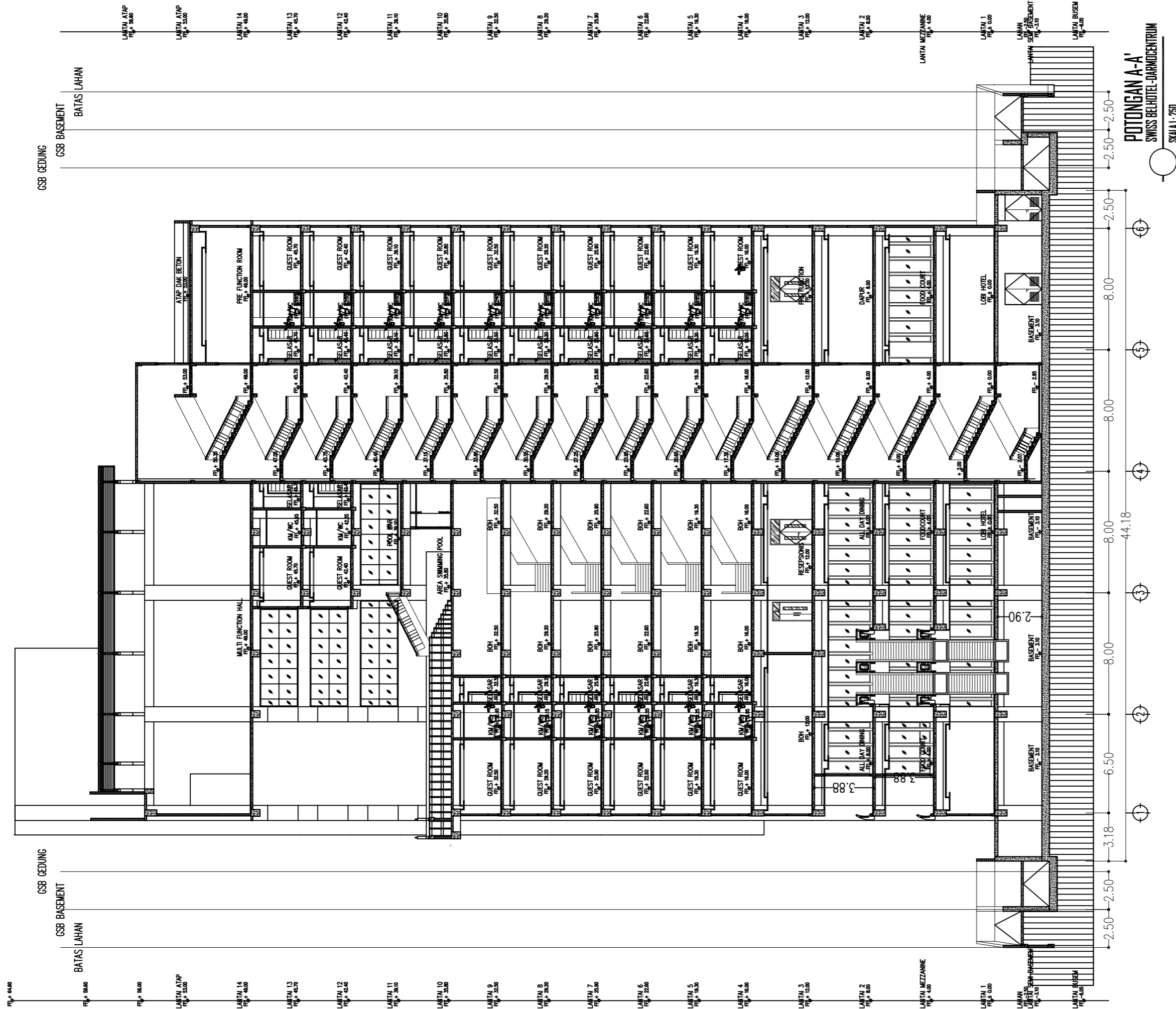
JUMLAH LEMBAR

17

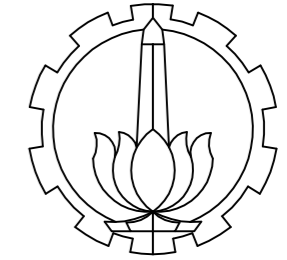
73



LT. ATAP
DAK BETON (AREA MAINTENANCE)
SKALA 1:200



POTONGAN A-A'
SWISS BELHOTEL-DARMOCENTRUM
SKALA 1:250



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

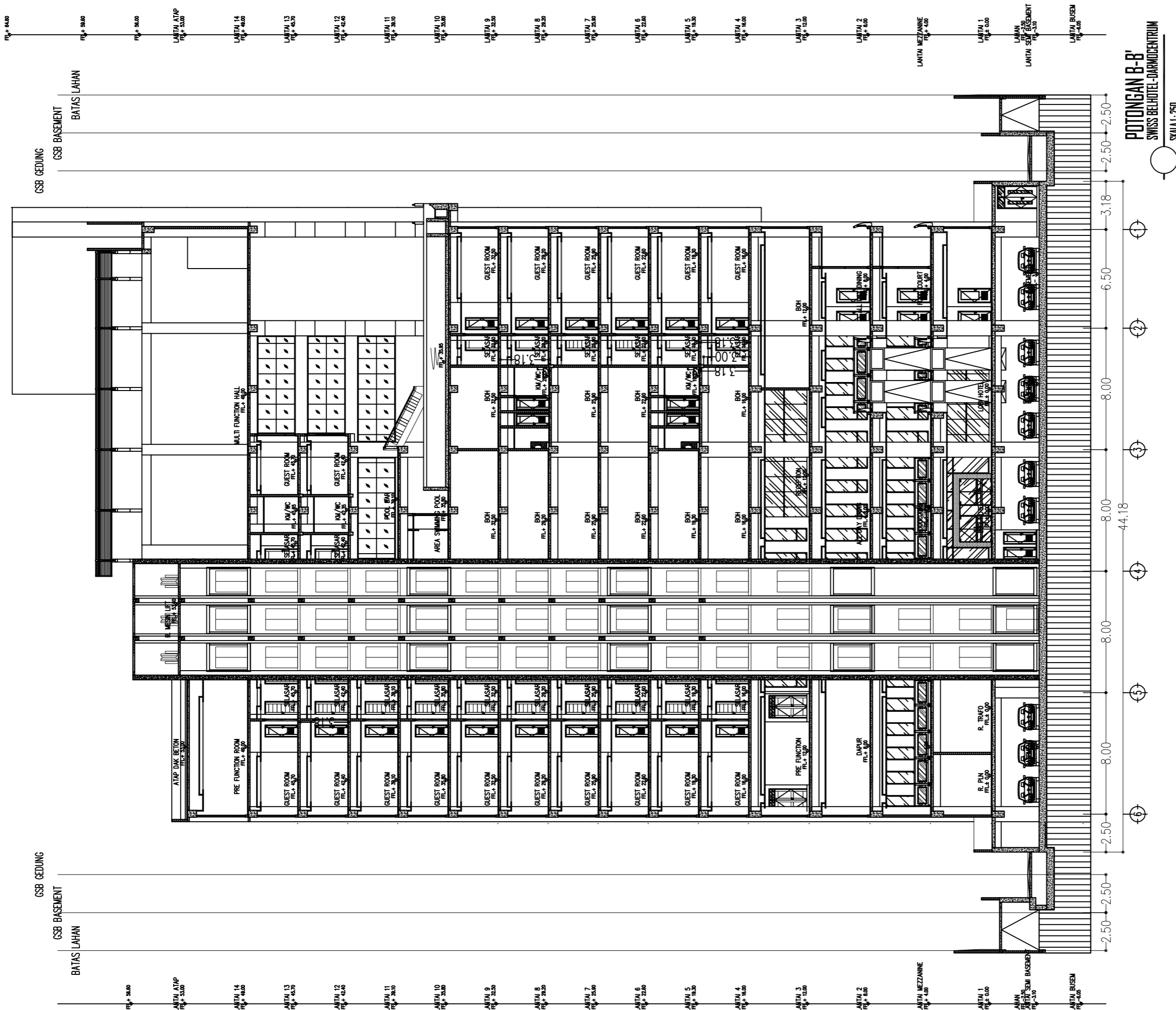
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

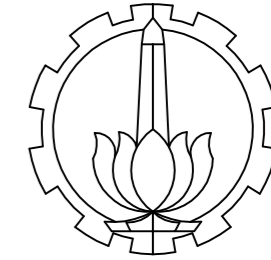
NAMA GAMBAR

POTONGAN ARSITEKTURAL
A-A' (MEMANJANG)

KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1:250
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
18	73



POTONGAN B-B'
SWISS BELHOTEL-DARMOCENTRUM
SKALA 1:250



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

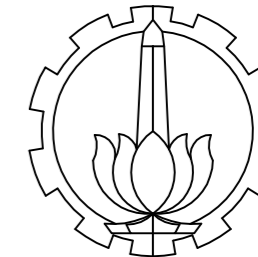
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

POTONGAN ARSITEKTURAL
B-B' (MEMANJANG)

KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1:250
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
19	73



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

POTONGAN ARSITEKTURAL
 C-C' (MELINTANG)

KODE GAMBAR

ARS

NO. LEMBAR

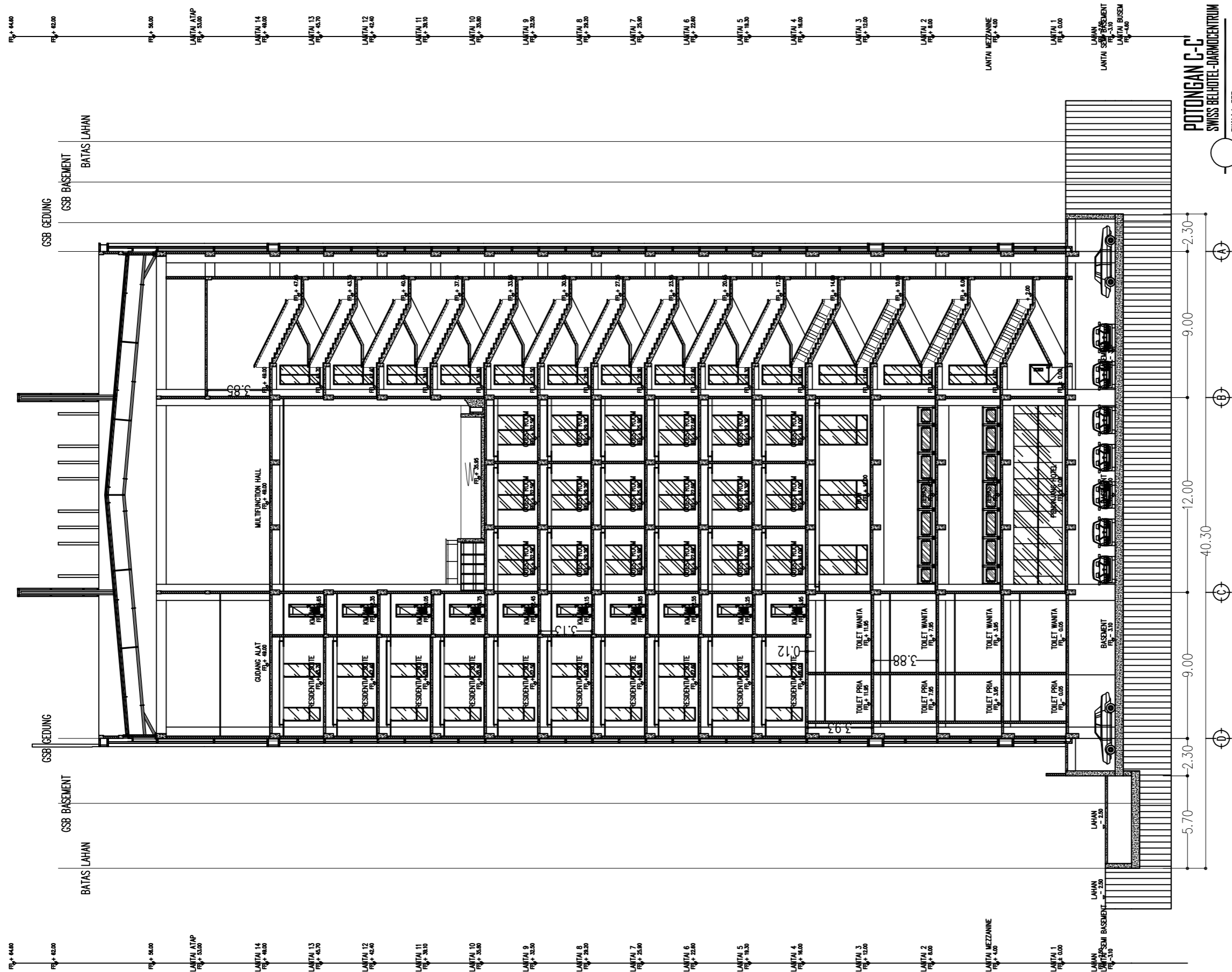
20

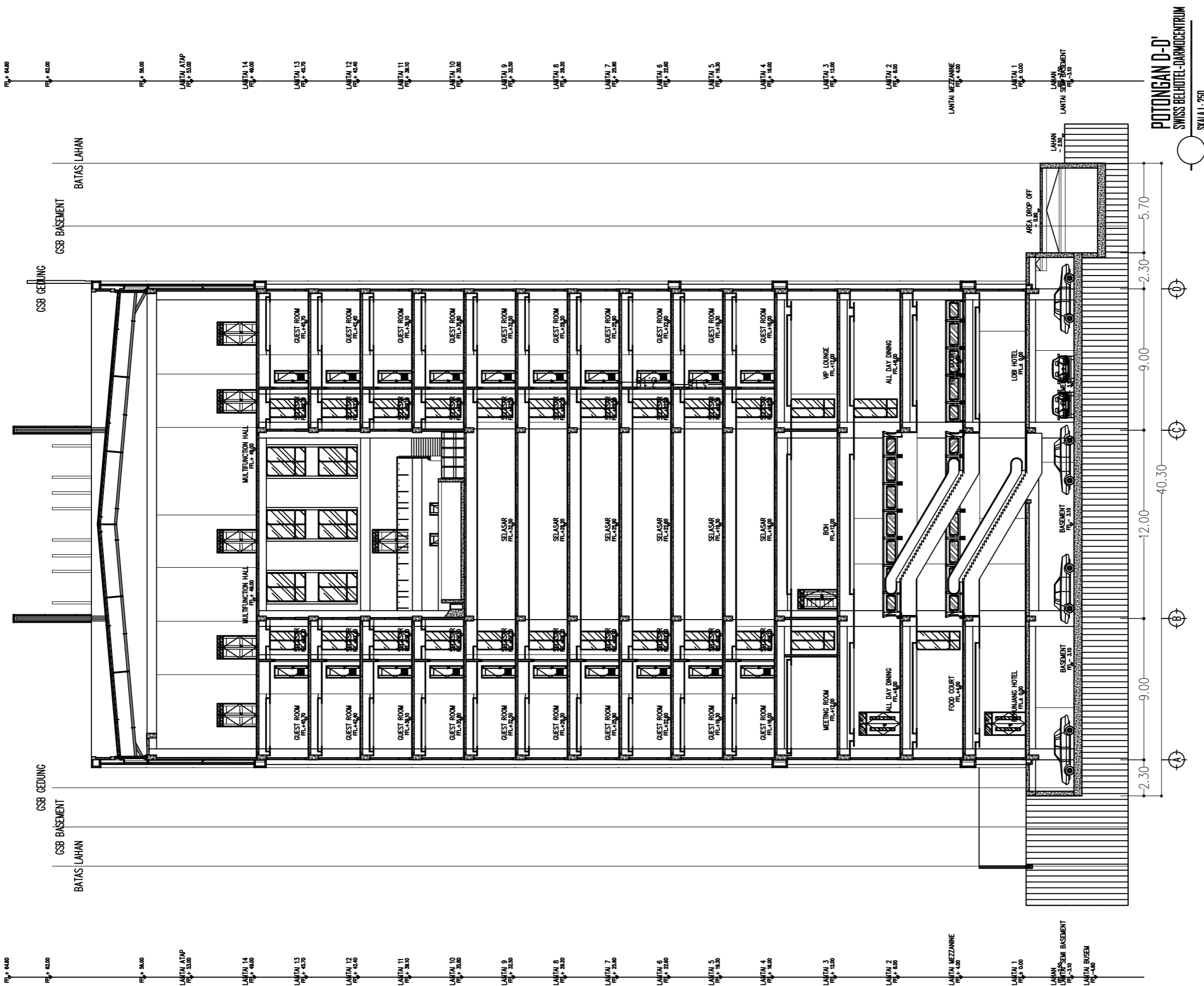
SKALA

1:250

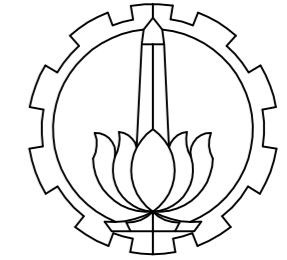
JUMLAH LEMBAR

73





POTONGAN D-D'
SWISS BELHOTEL-DARMOCENTRUM
SKALA 1:250



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

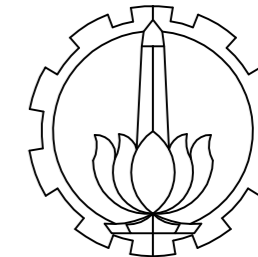
Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

NAMA GAMBAR

POTONGAN ARSITEKTURAL
D-D' (MELINTANG)

KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1:250
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
21	73



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.BASEMENT

KODE GAMBAR

SKALA

STR

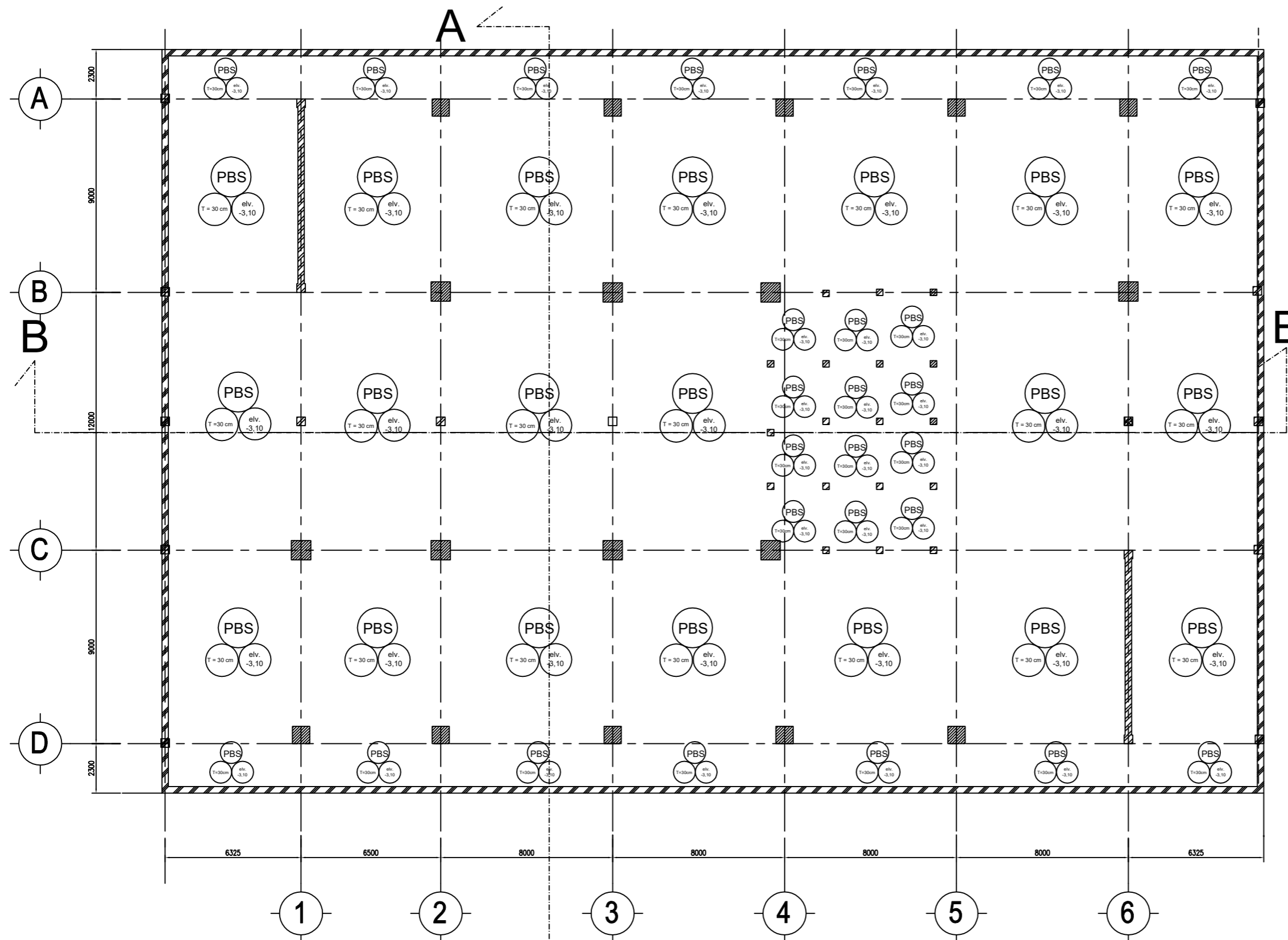
1:200

NO. LEMBAR

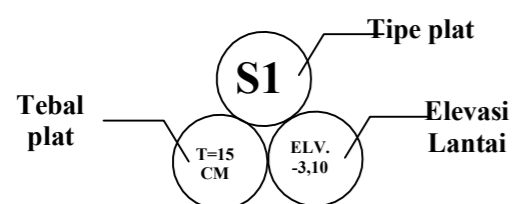
JUMLAH LEMBAR

22

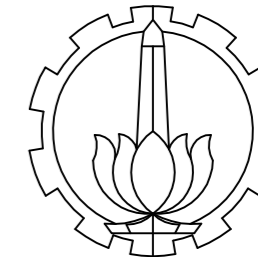
73



KETERANGAN:



DENAH PLAT LANTAI BASEMENT (B1)
 Skala 1: 200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.1

KODE GAMBAR

SKALA

STR

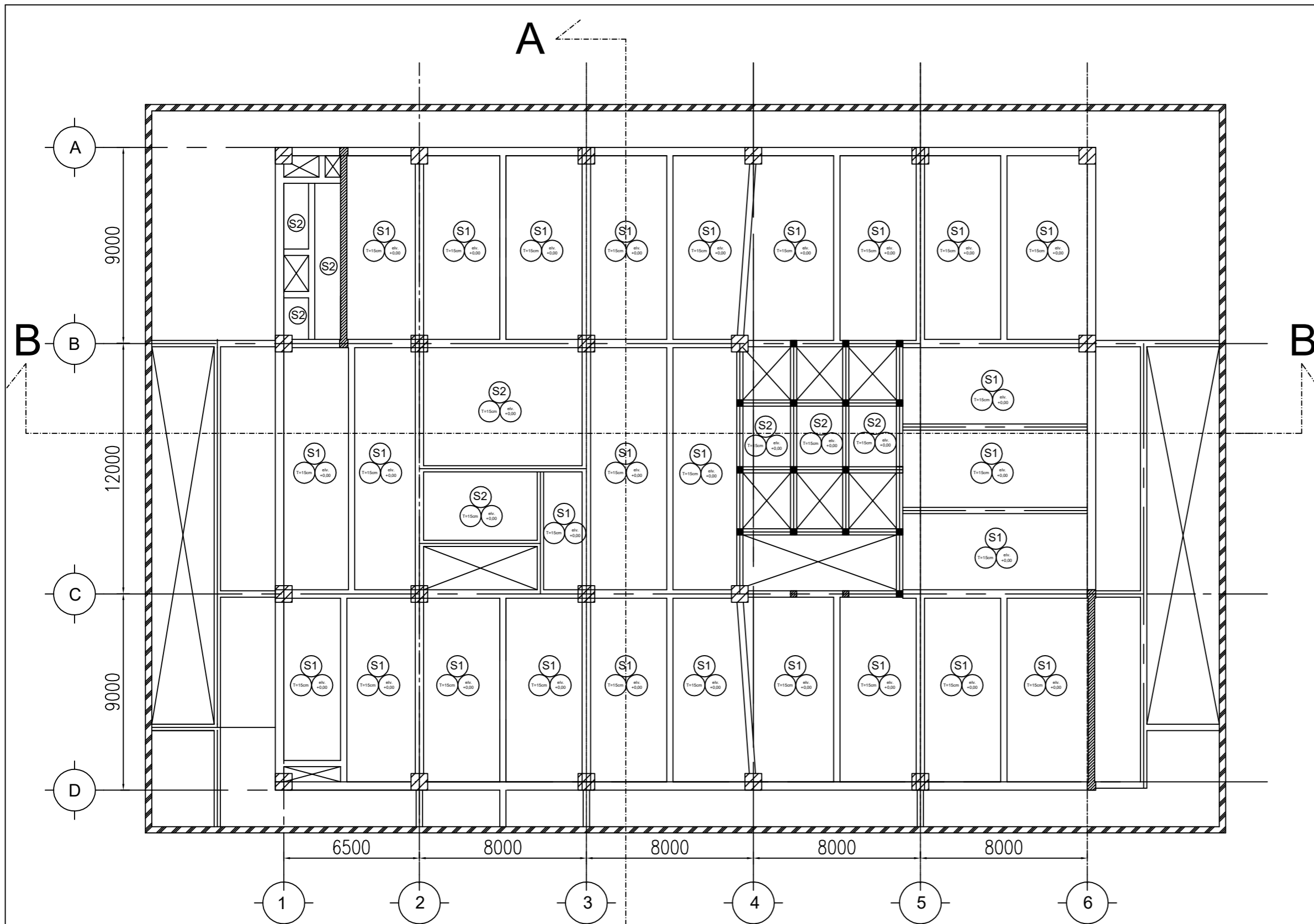
1:200

NO. LEMBAR

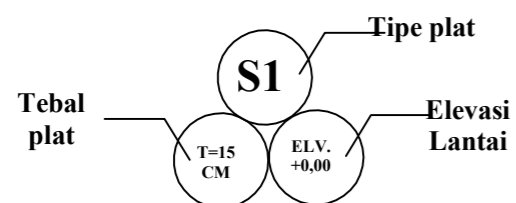
JUMLAH LEMBAR

23

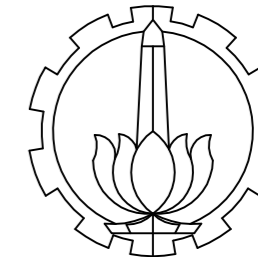
73



KETERANGAN:



 Denah Plat Lantai 1
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.MZ

KODE GAMBAR

SKALA

STR

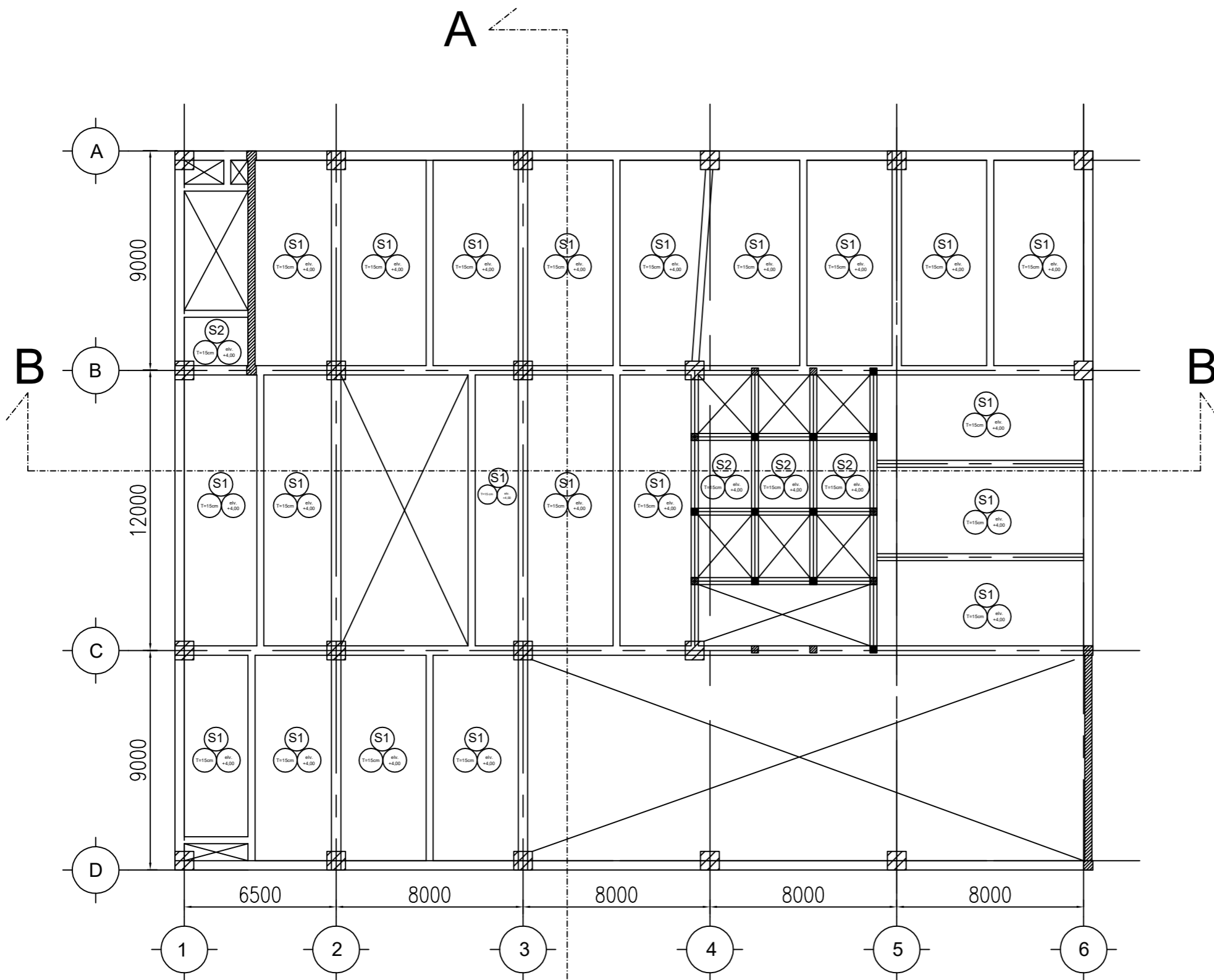
1:200

NO. LEMBAR

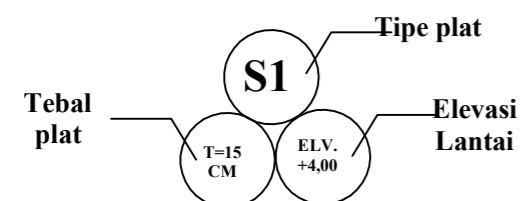
JUMLAH LEMBAR

24

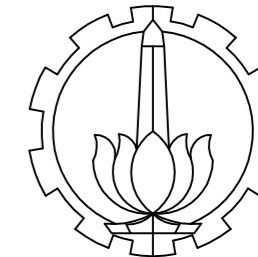
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai Mezanine
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.2

KODE GAMBAR

SKALA

STR

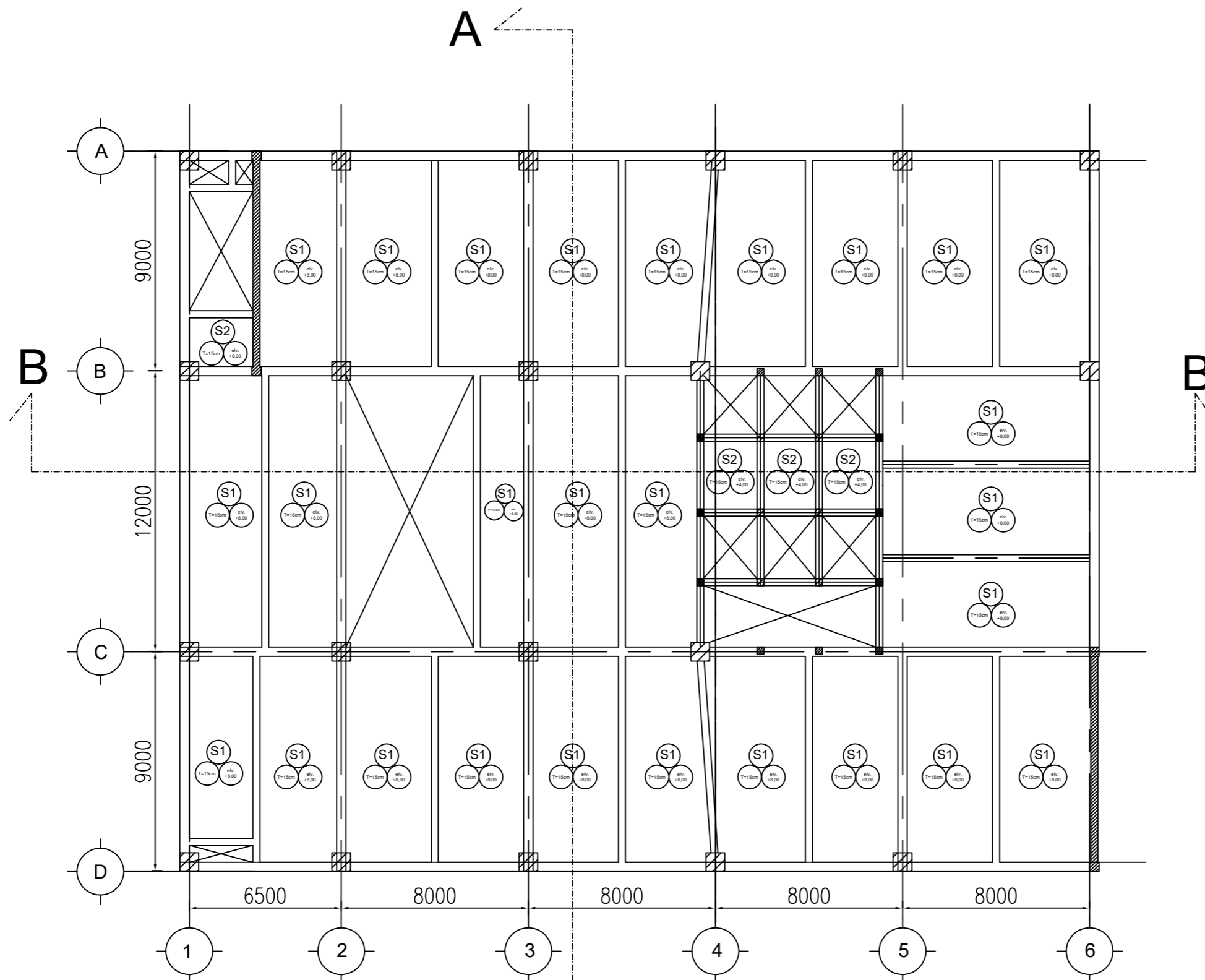
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

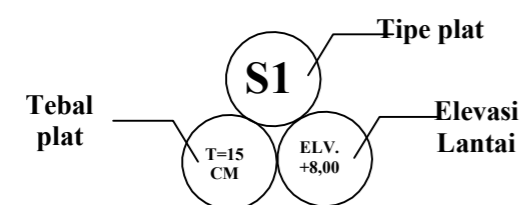
25

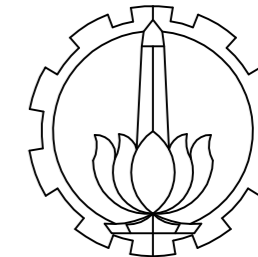
73



 Denah Plat Lantai 2
 Skala 1:200

KETERANGAN:





DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.3

KODE GAMBAR

SKALA

STR

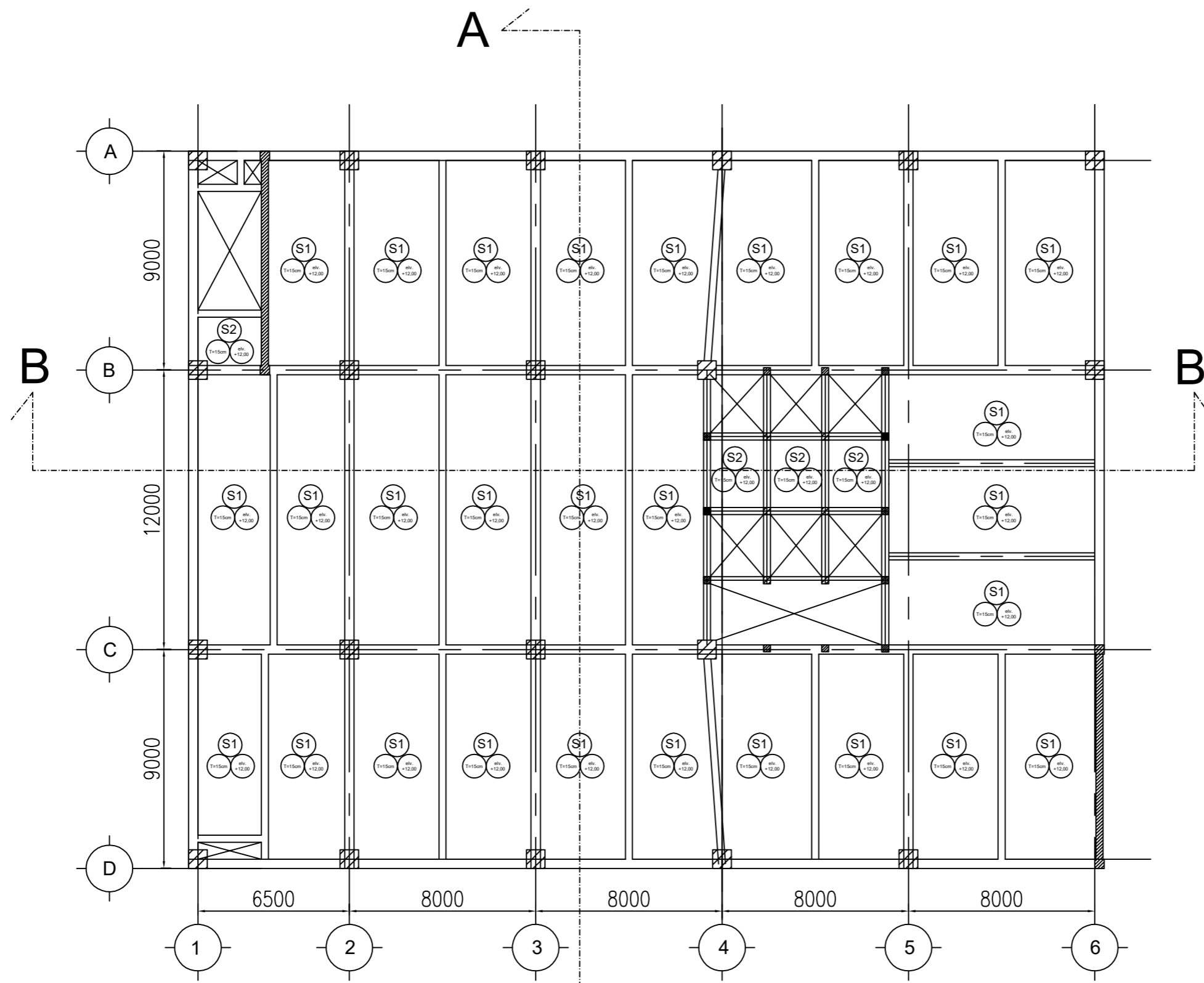
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

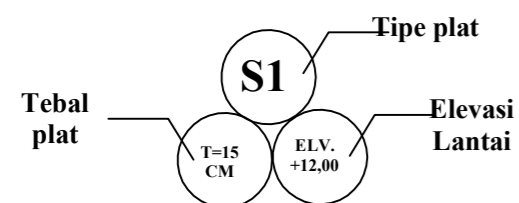
26

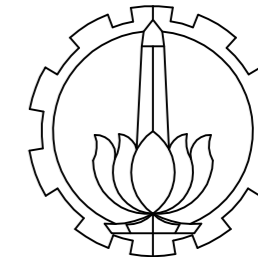
73



Denah Plat Lantai 3
 Skala 1:200

KETERANGAN:





DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.4

KODE GAMBAR

SKALA

STR

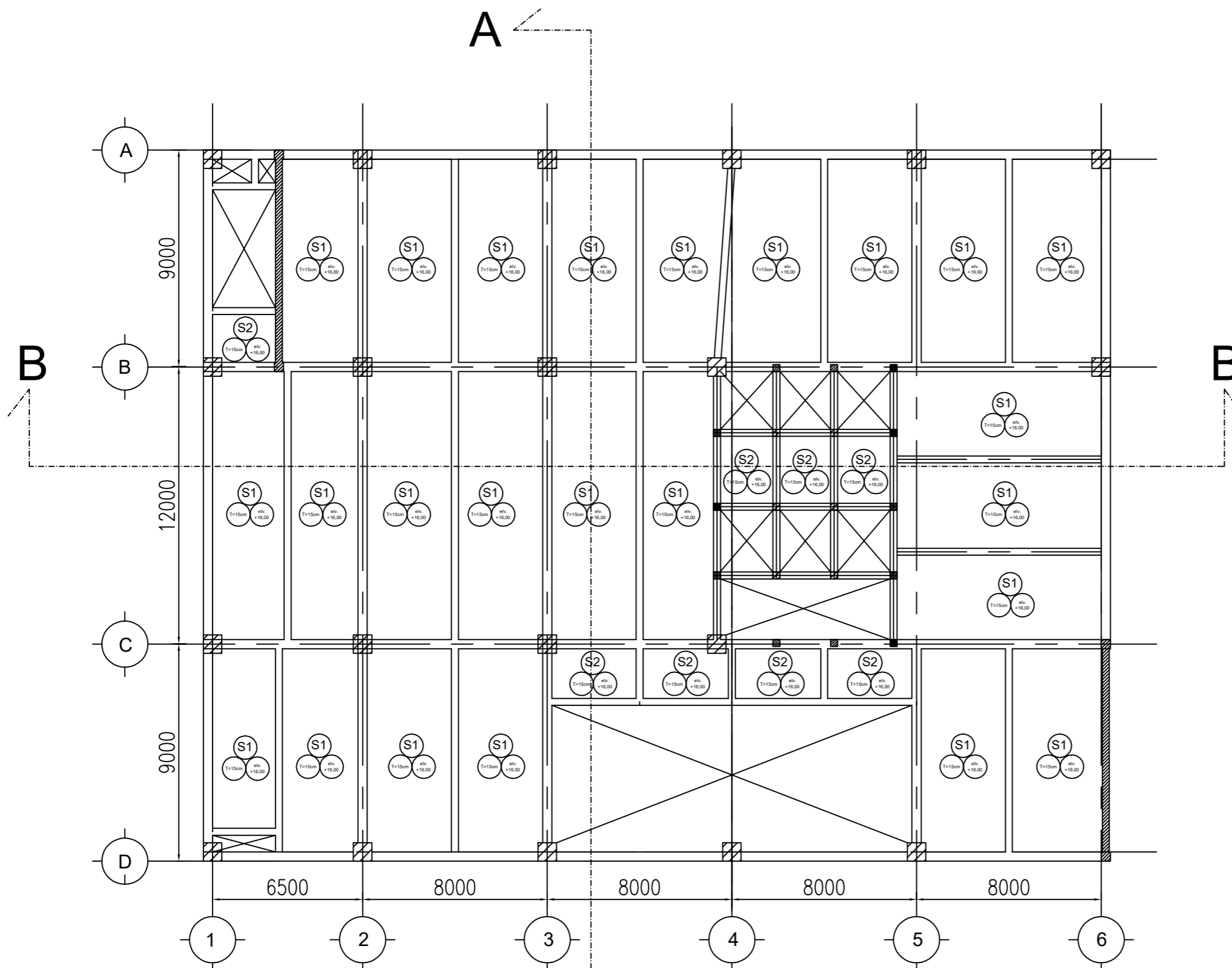
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

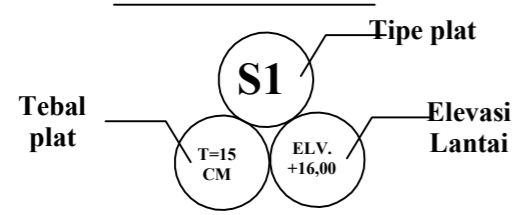
27

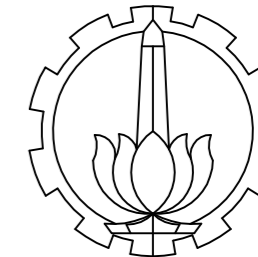
73



 **Denah Plat Lantai 4**
 Skala 1:200

KETERANGAN:





DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.5

KODE GAMBAR

SKALA

STR

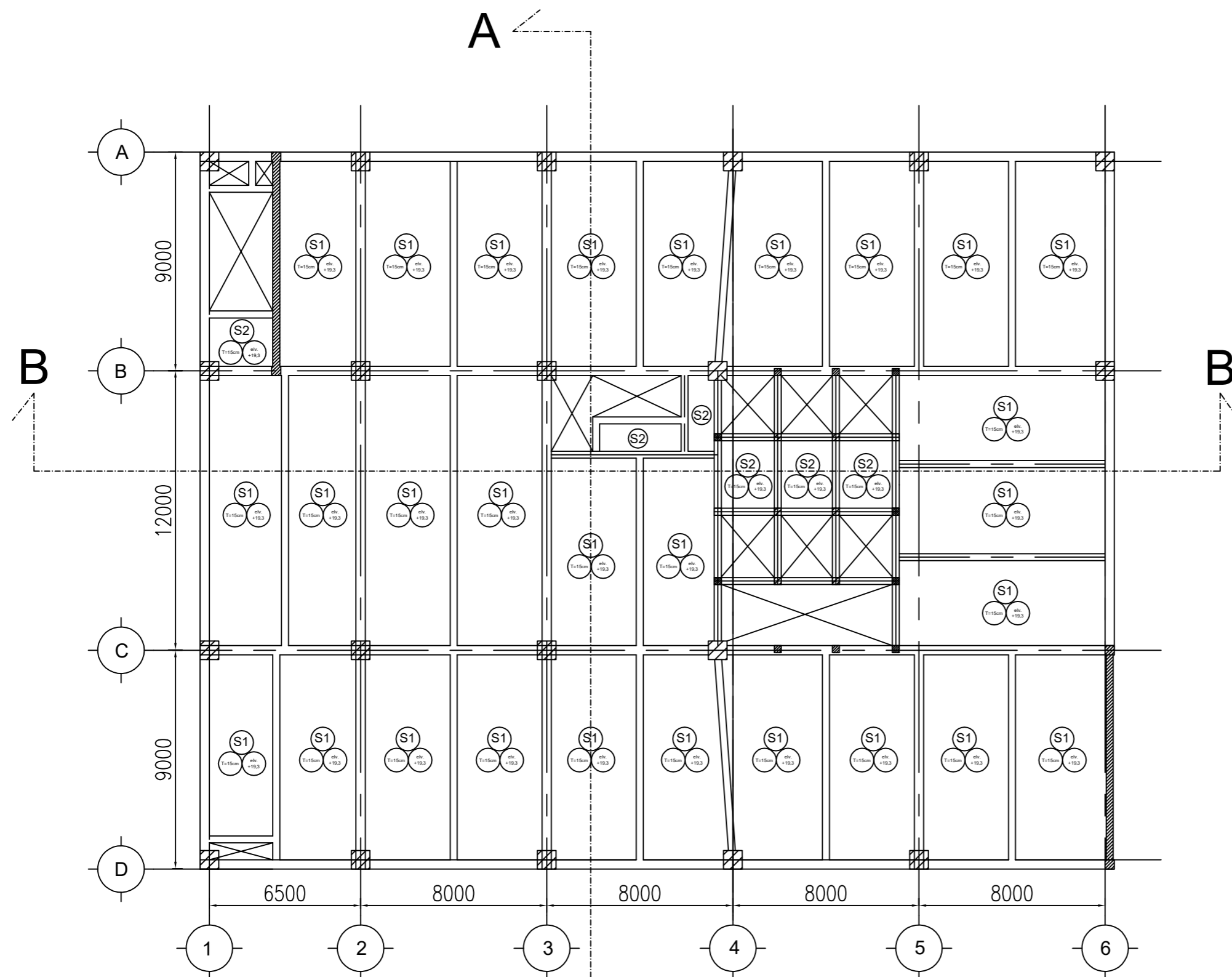
1:200

NO. LEMBAR

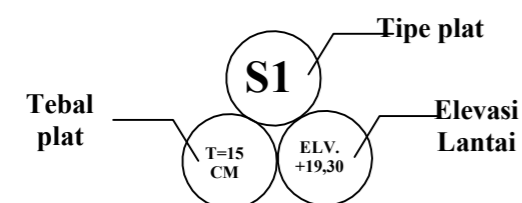
JUMLAH LEMBAR

28

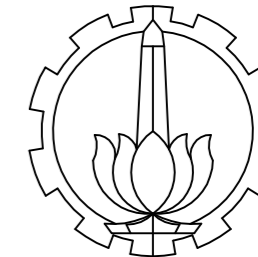
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai 5
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.6

KODE GAMBAR

SKALA

STR

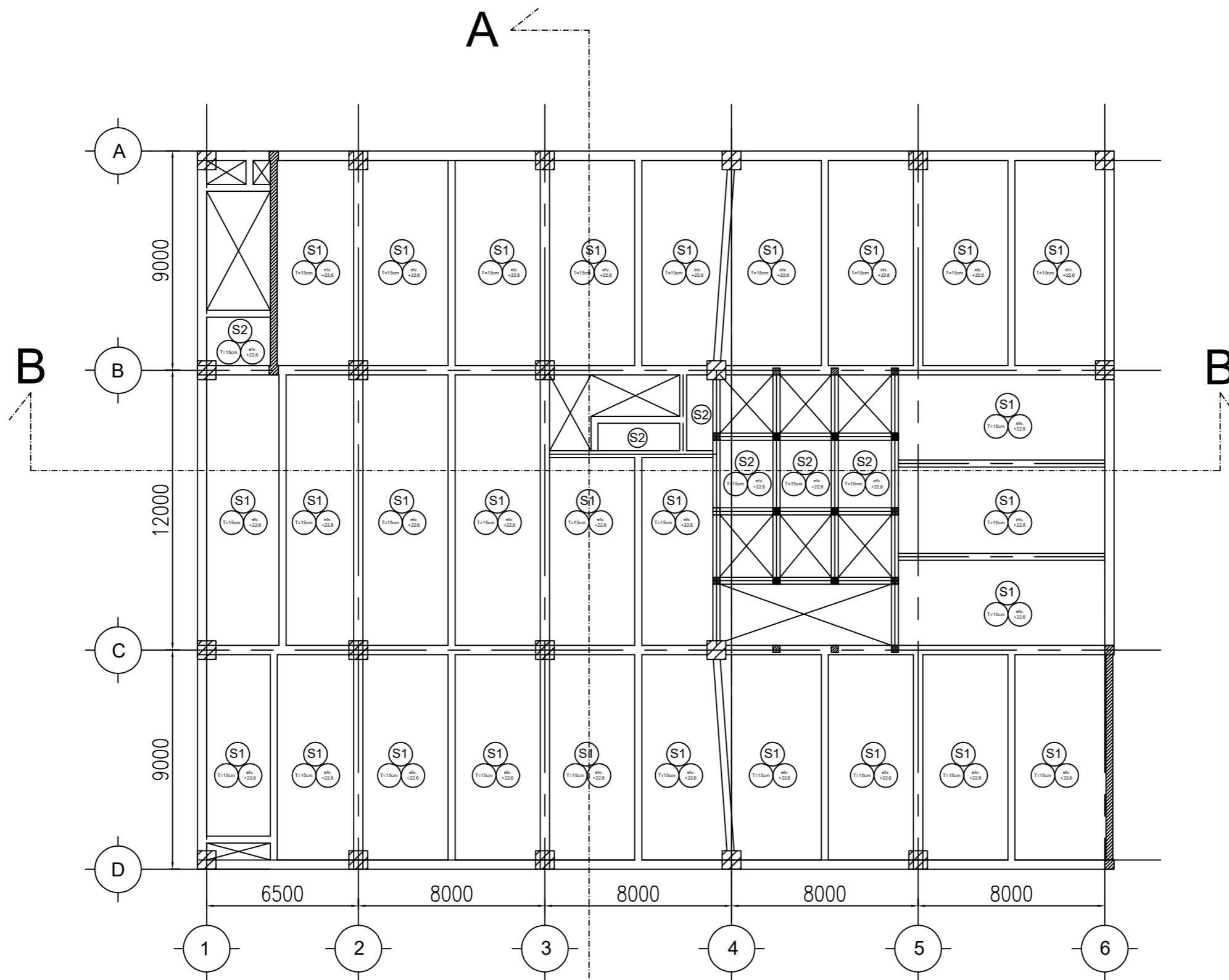
1:200

NO. LEMBAR

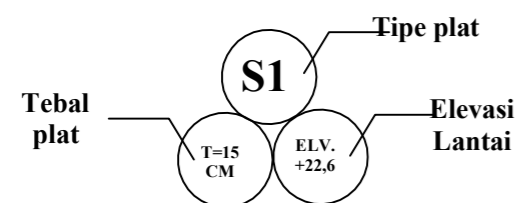
JUMLAH LEMBAR

29

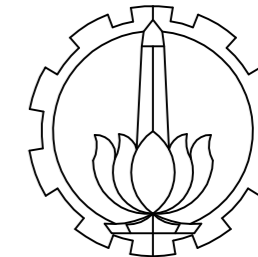
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai 6
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.7

KODE GAMBAR

SKALA

STR

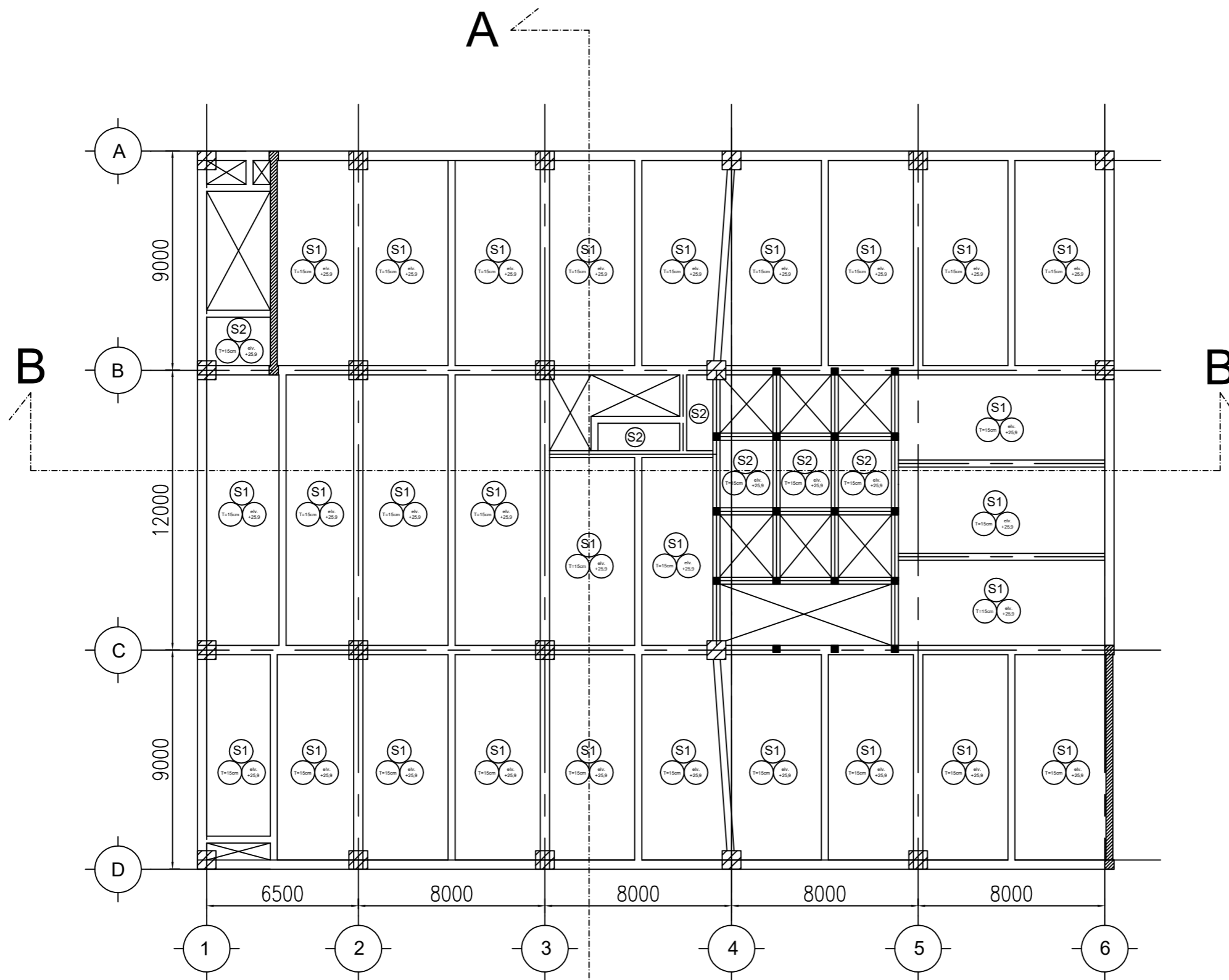
1:200

NO. LEMBAR

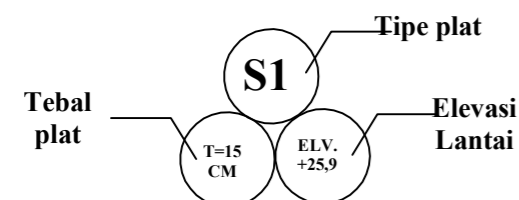
JUMLAH LEMBAR

30

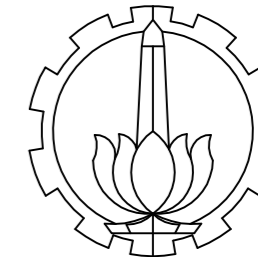
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai 7
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.8

KODE GAMBAR

SKALA

STR

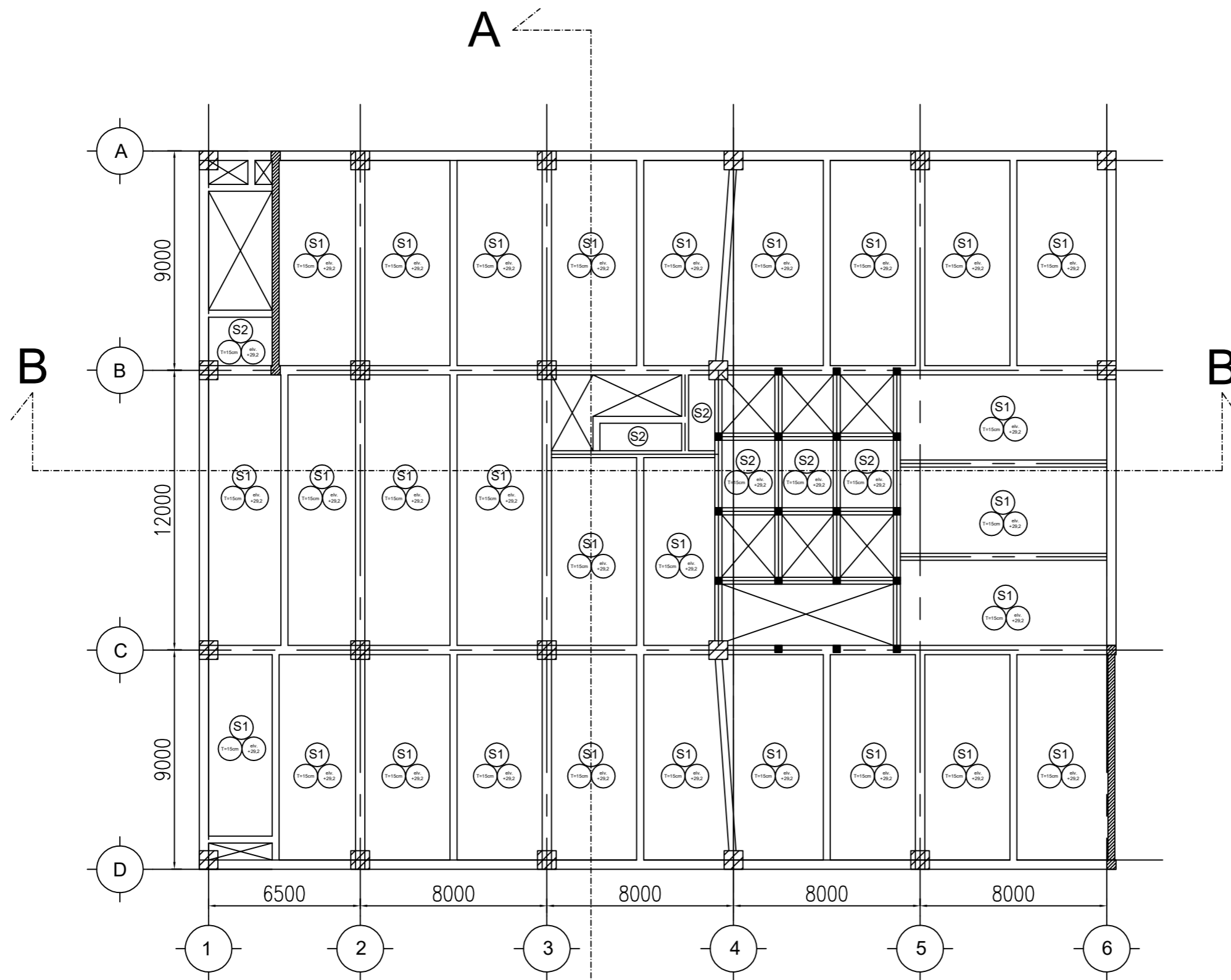
1:200

NO. LEMBAR

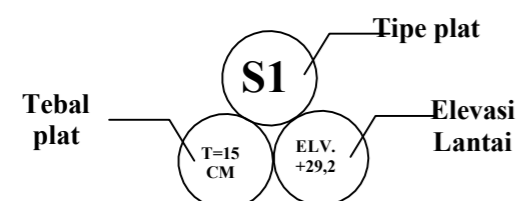
JUMLAH LEMBAR

31

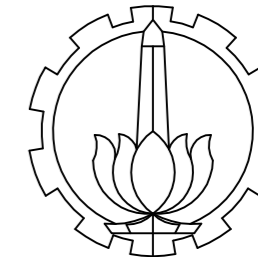
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai 8
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.9

KODE GAMBAR

SKALA

STR

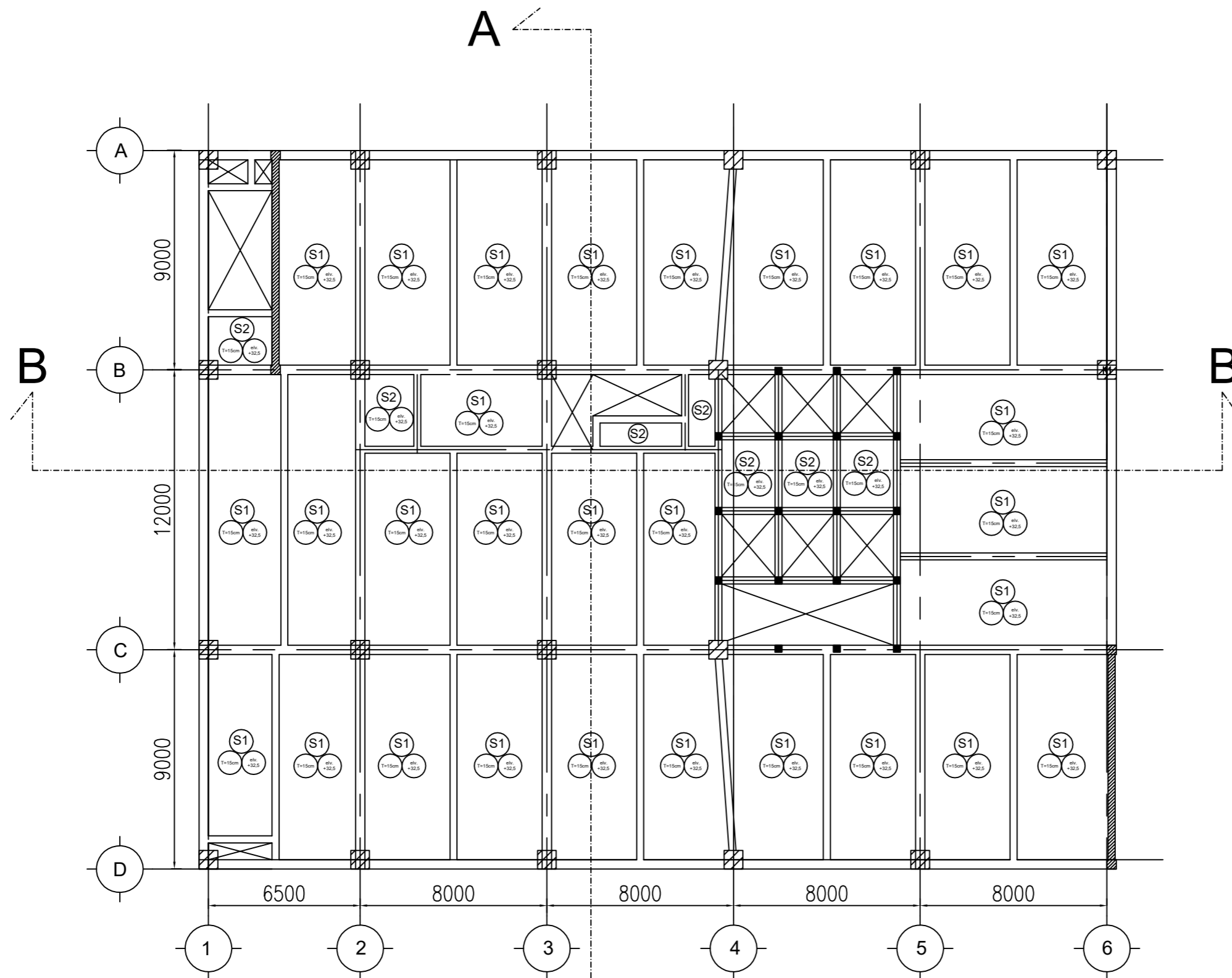
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

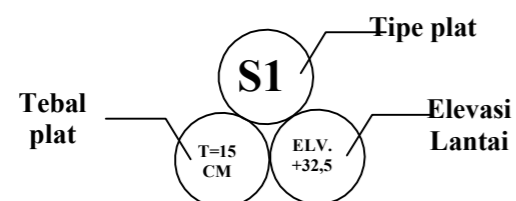
32

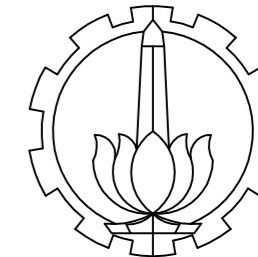
73



Denah Plat Lantai 9
 Skala 1:200

KETERANGAN:





DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.10

KODE GAMBAR

SKALA

STR

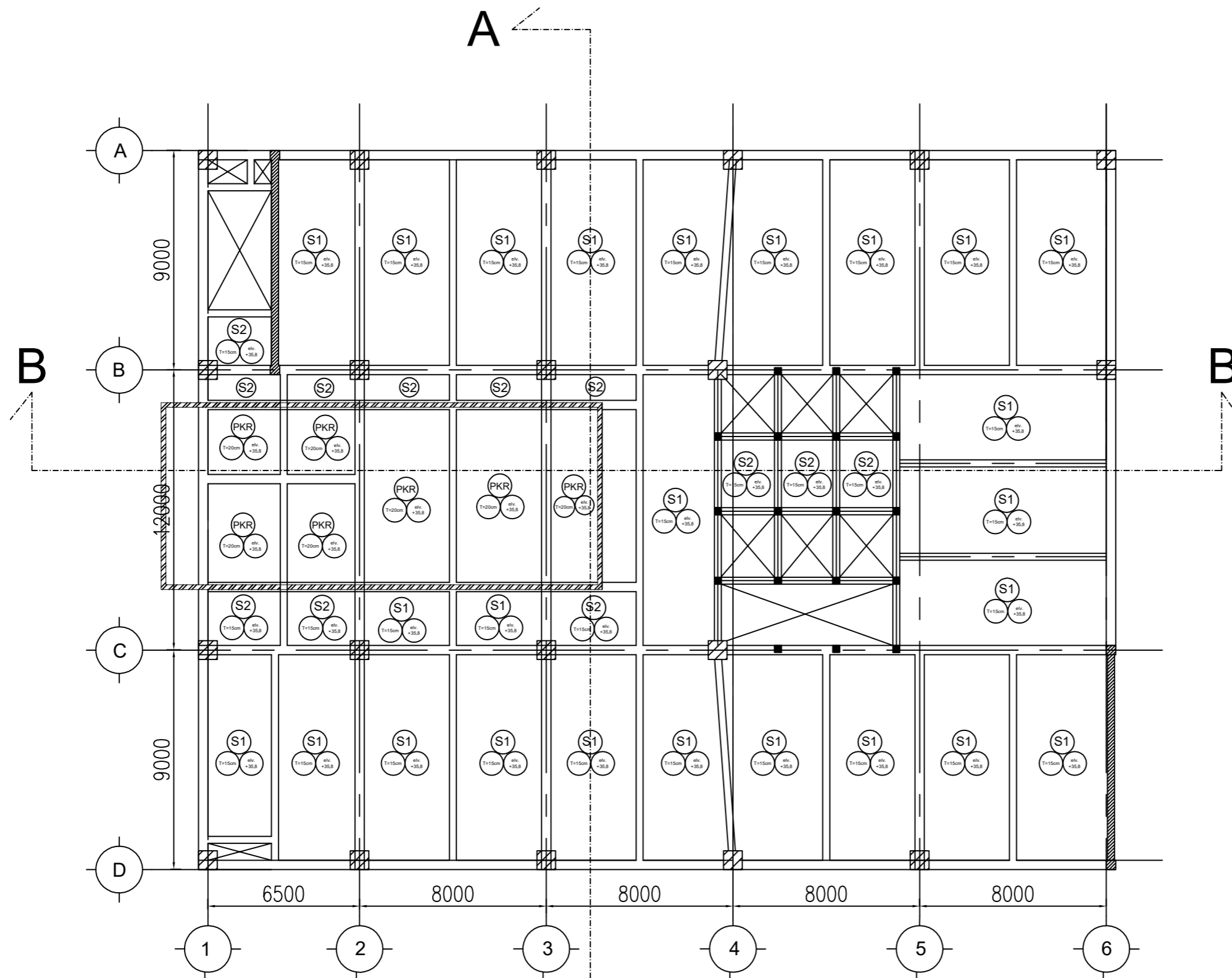
1:200

NO. LEMBAR

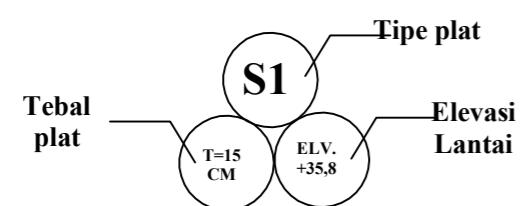
JUMLAH LEMBAR

33

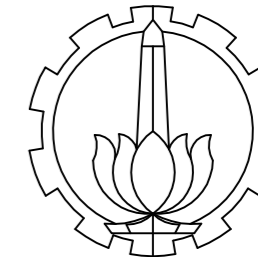
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai 10
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.11

KODE GAMBAR

SKALA

STR

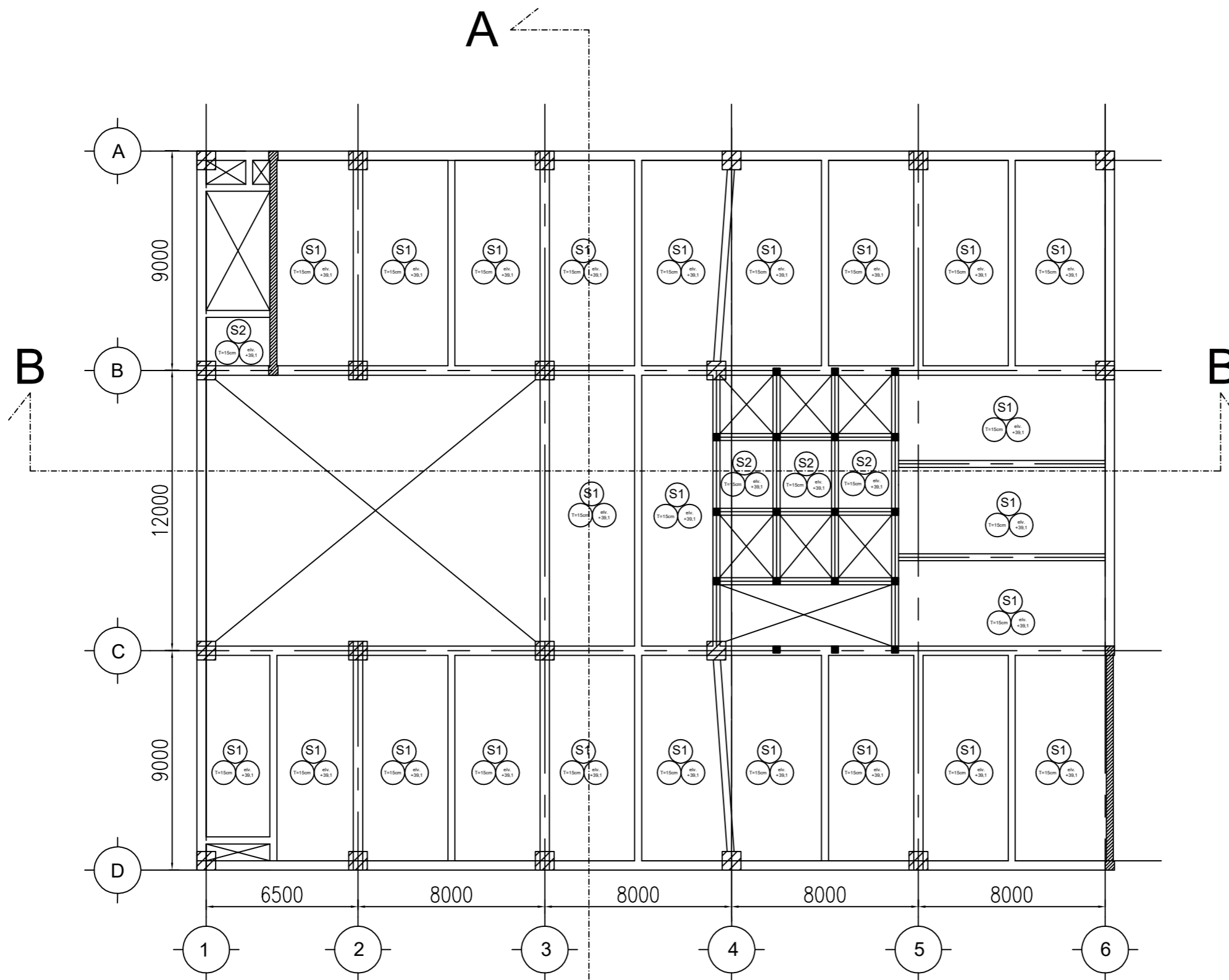
1:200

NO. LEMBAR

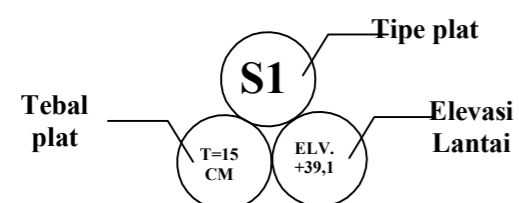
JUMLAH LEMBAR

34

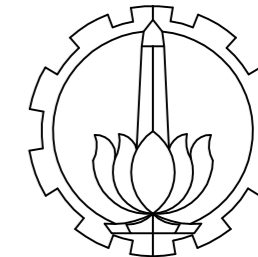
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai 11
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.12

KODE GAMBAR

SKALA

STR

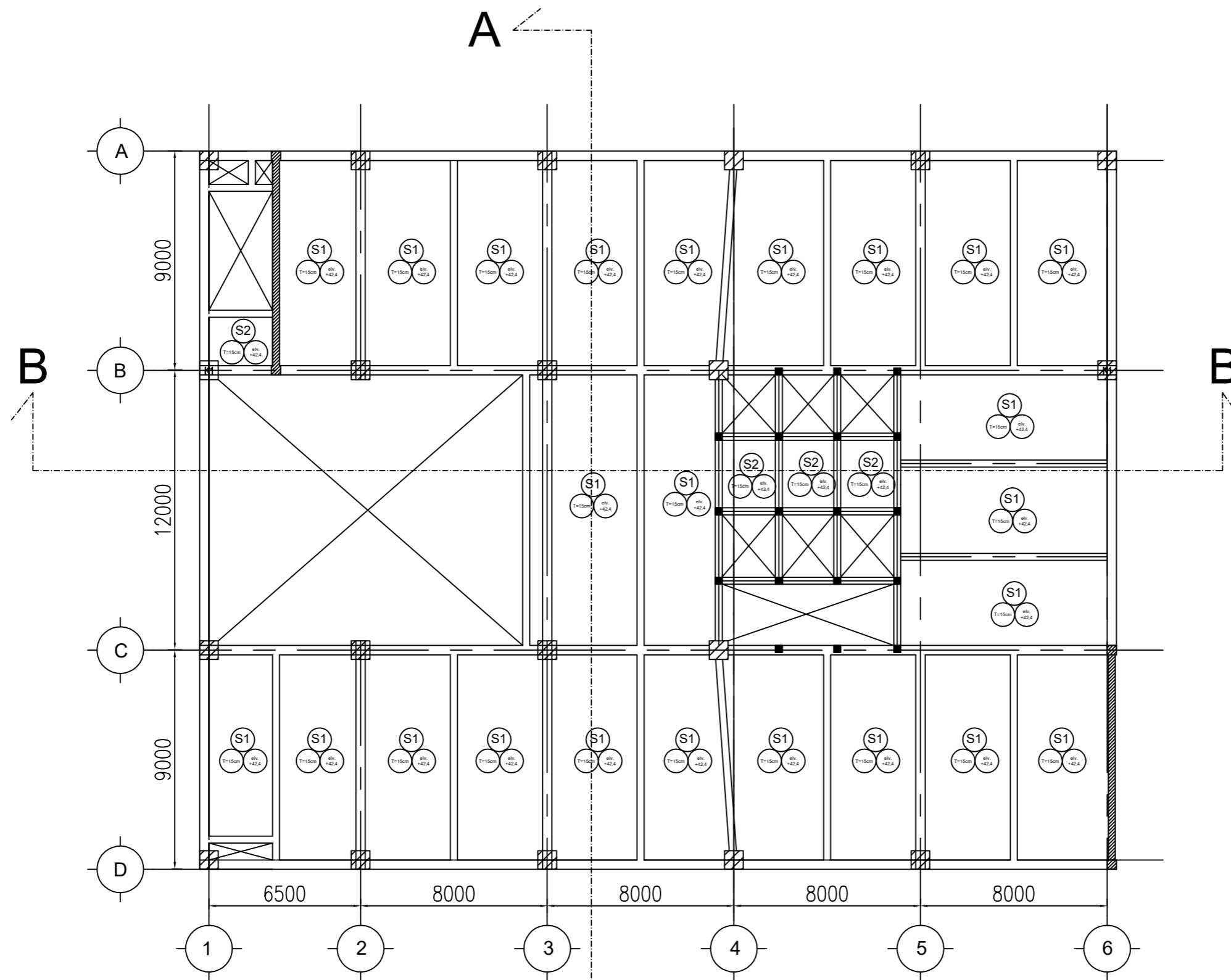
1:200

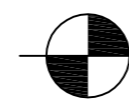
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

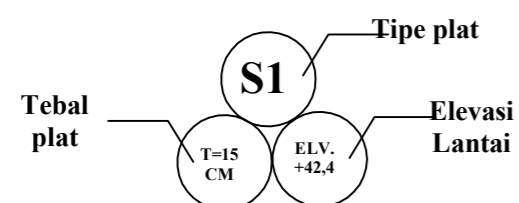
35

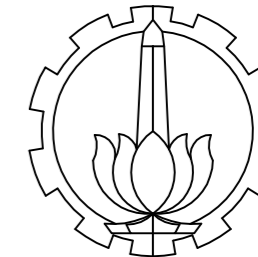
73



 Denah Plat Lantai 12
 Skala 1:200

KETERANGAN:





DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.13

KODE GAMBAR

SKALA

STR

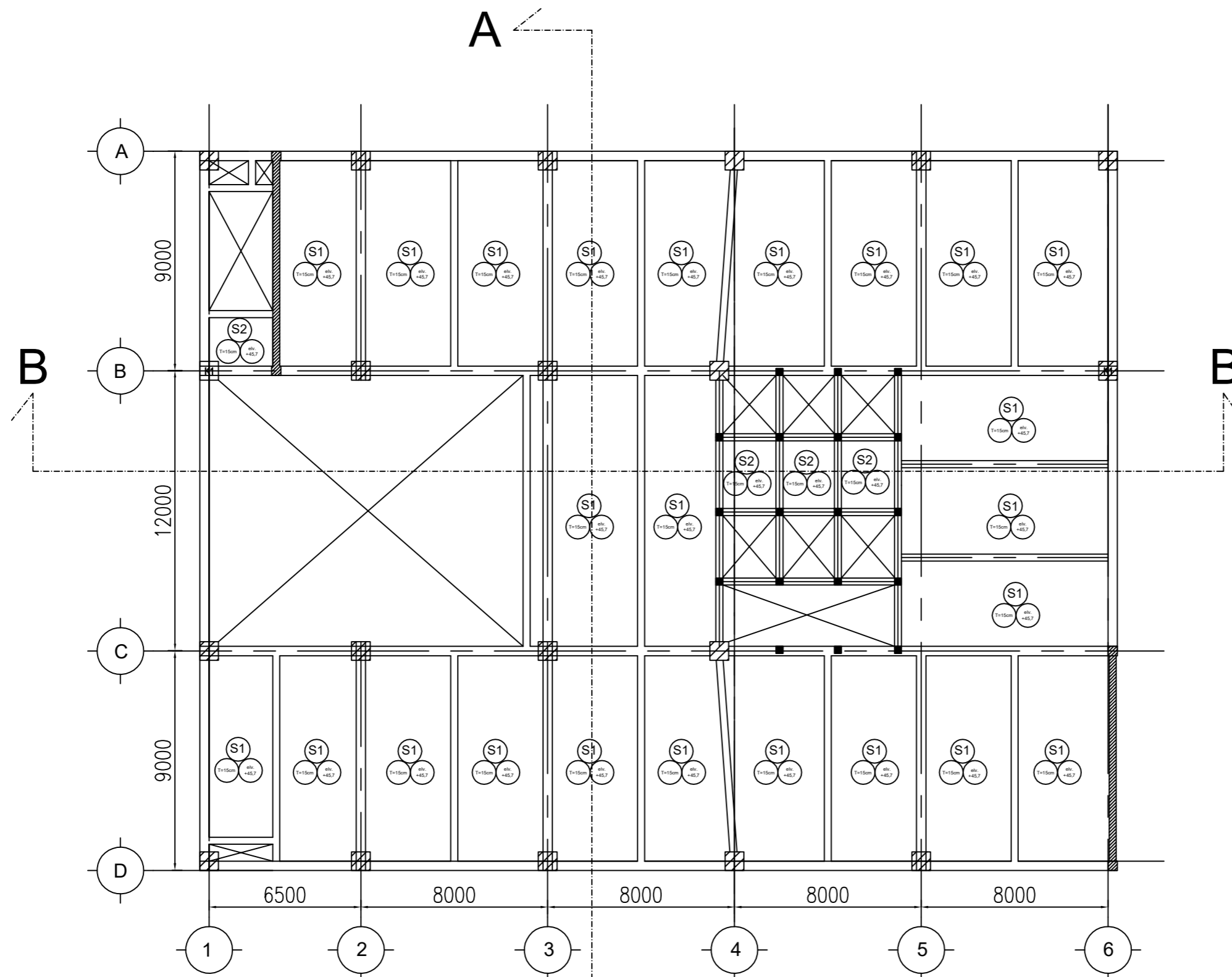
1:200

NO. LEMBAR

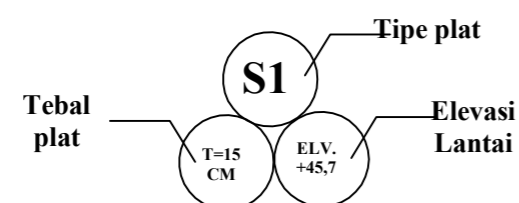
JUMLAH LEMBAR

36

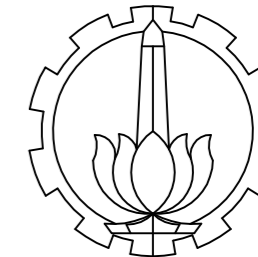
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai 13
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.14

KODE GAMBAR

SKALA

STR

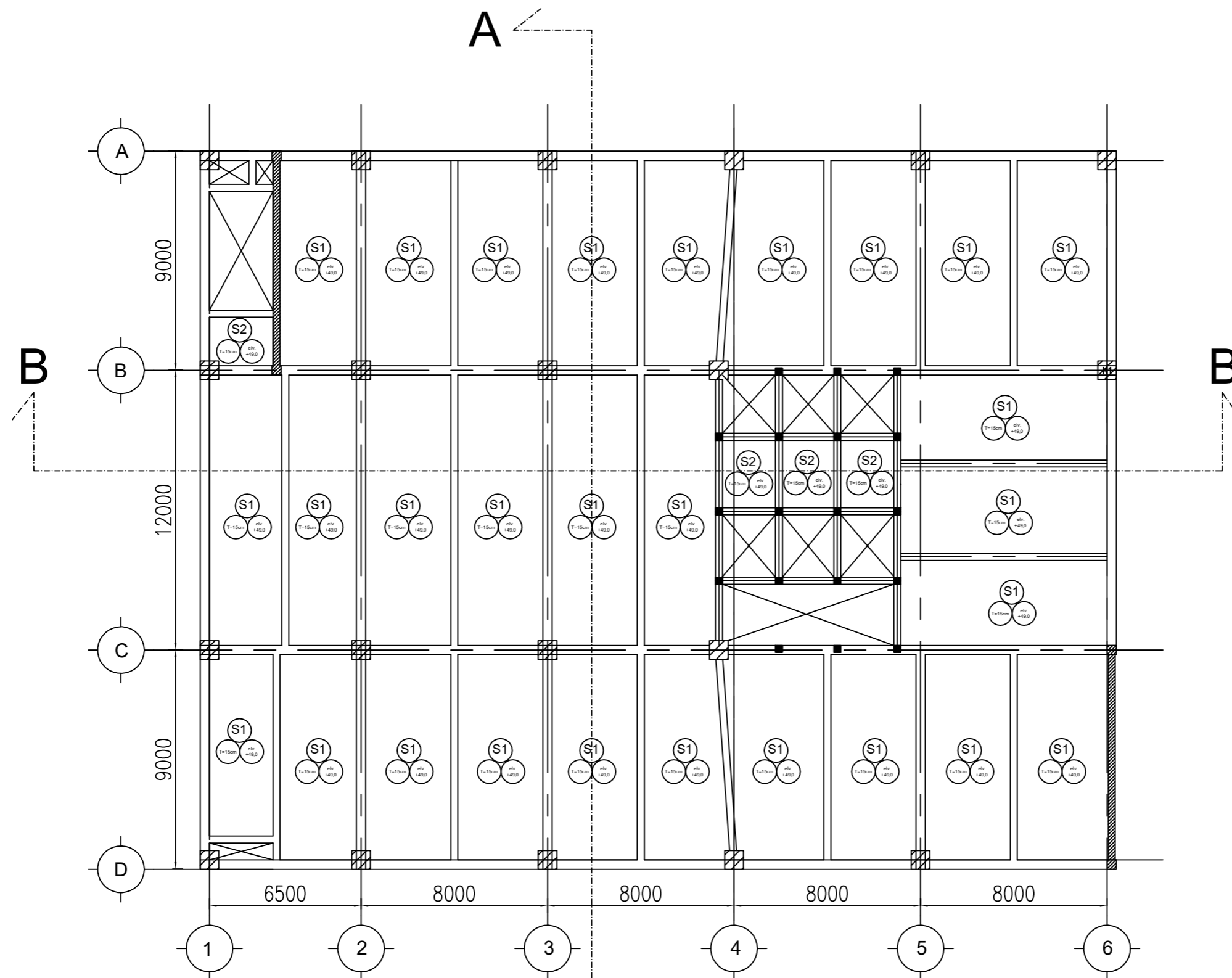
1:200

NO. LEMBAR

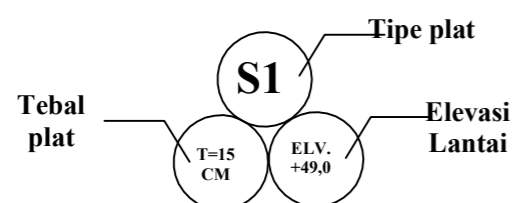
JUMLAH LEMBAR

37

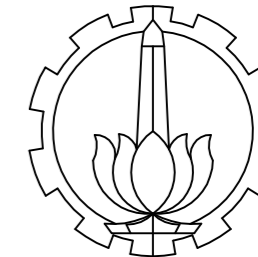
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai 14
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.ATAP

KODE GAMBAR

SKALA

STR

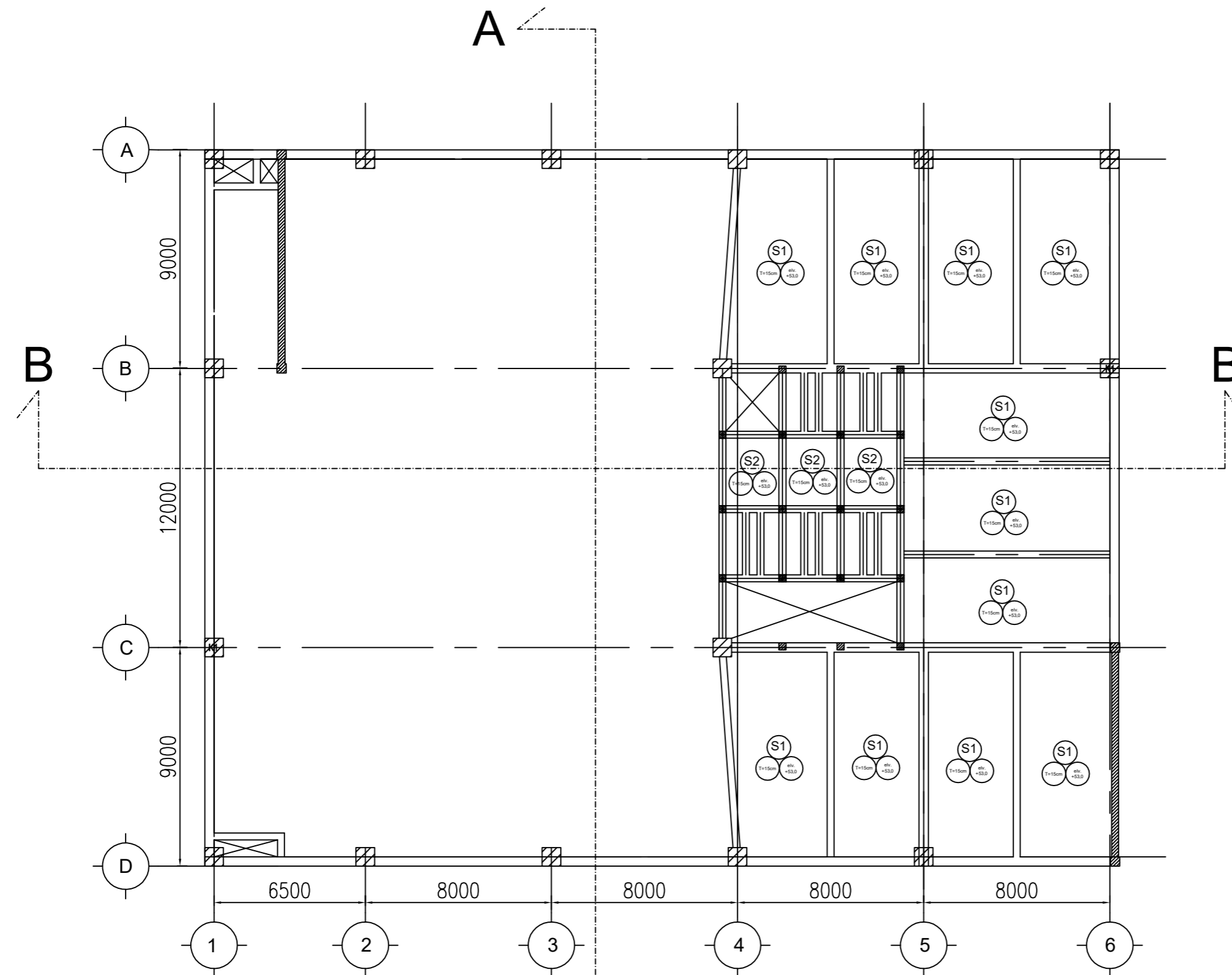
1:200

NO. LEMBAR

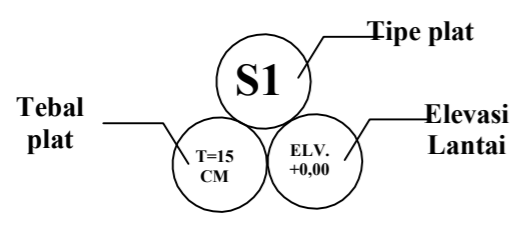
JUMLAH LEMBAR

38

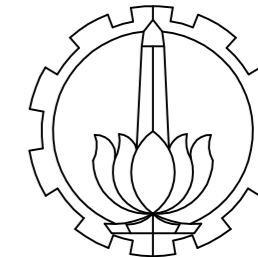
73



KETERANGAN:



Denah Plat Lantai Atap
 Skala 1:100



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LT.R. LIFT

KODE GAMBAR

SKALA

STR

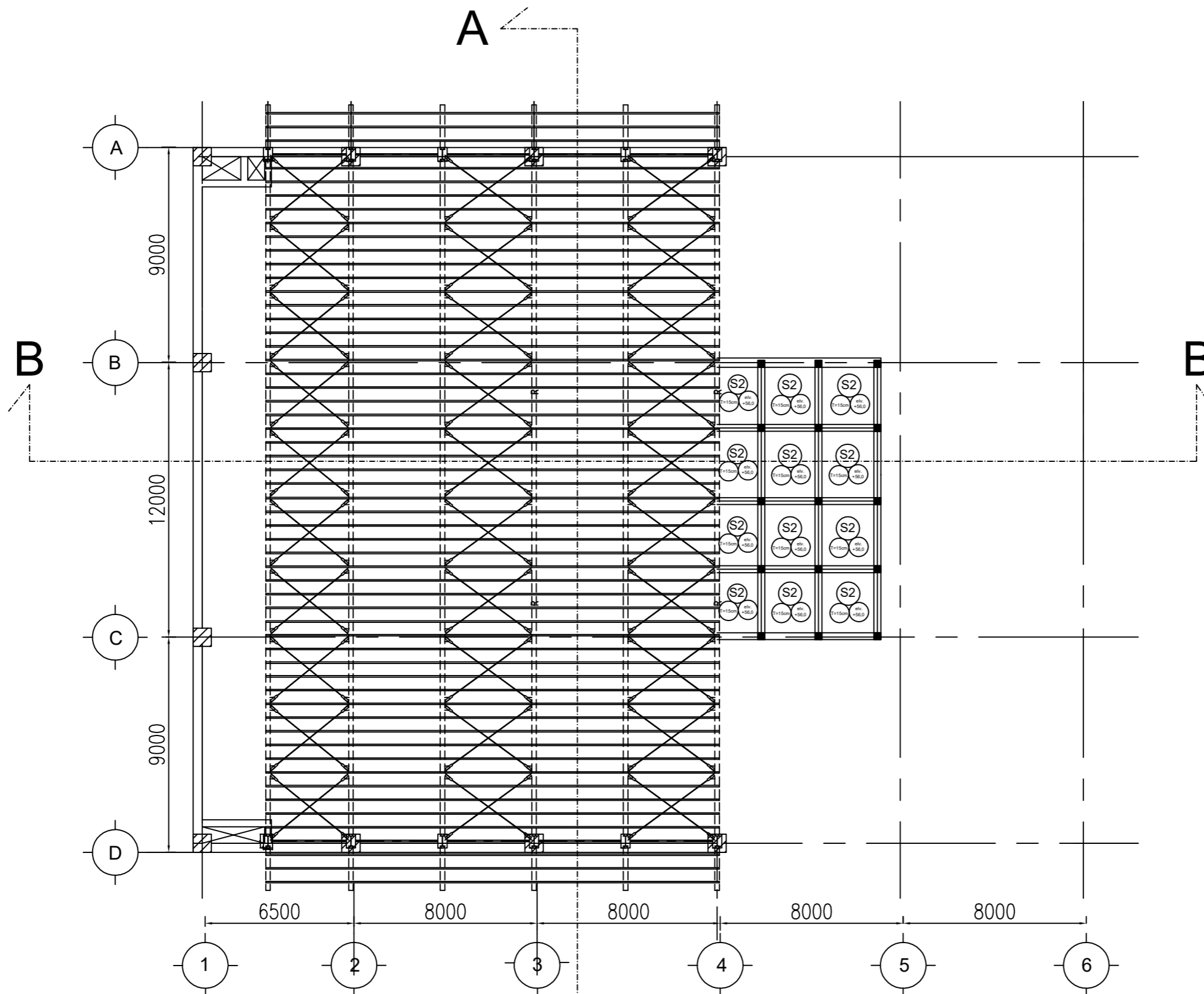
1:200

NO. LEMBAR

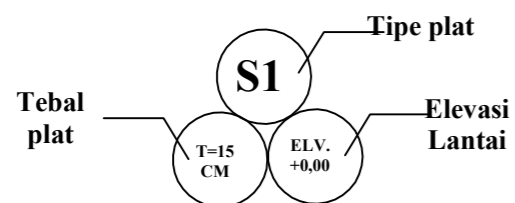
JUMLAH LEMBAR

39

73

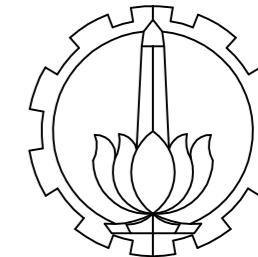


KETERANGAN:



Denah Plat Lantai R. Lift
 Skala 1:100

ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. BS	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

**DENAH PEMBALOKAN
 LT.BASEMENT**

KODE GAMBAR

SKALA

STR

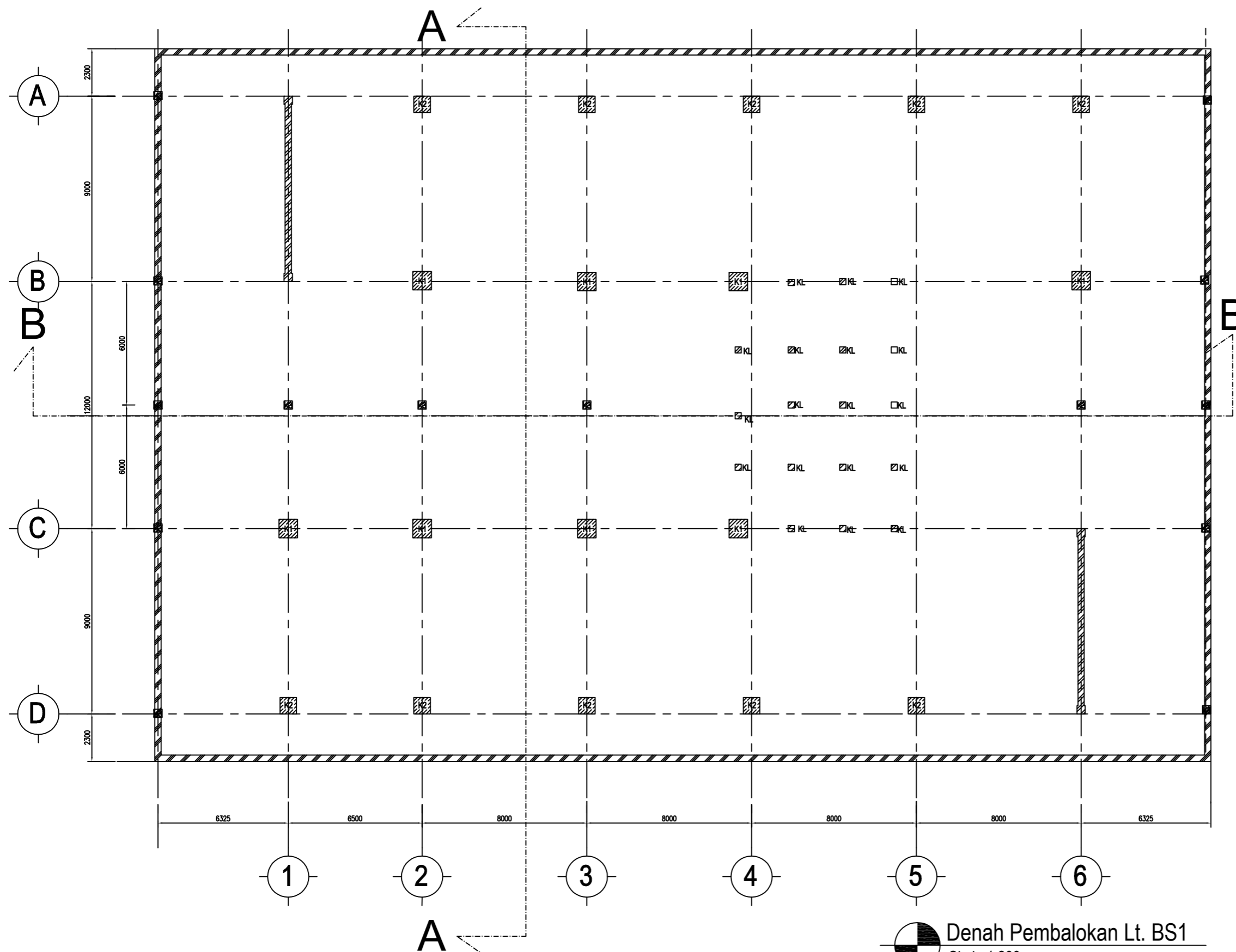
1:200

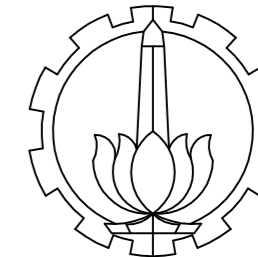
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

40

73





DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT. 1

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:200

NO. LEMBAR

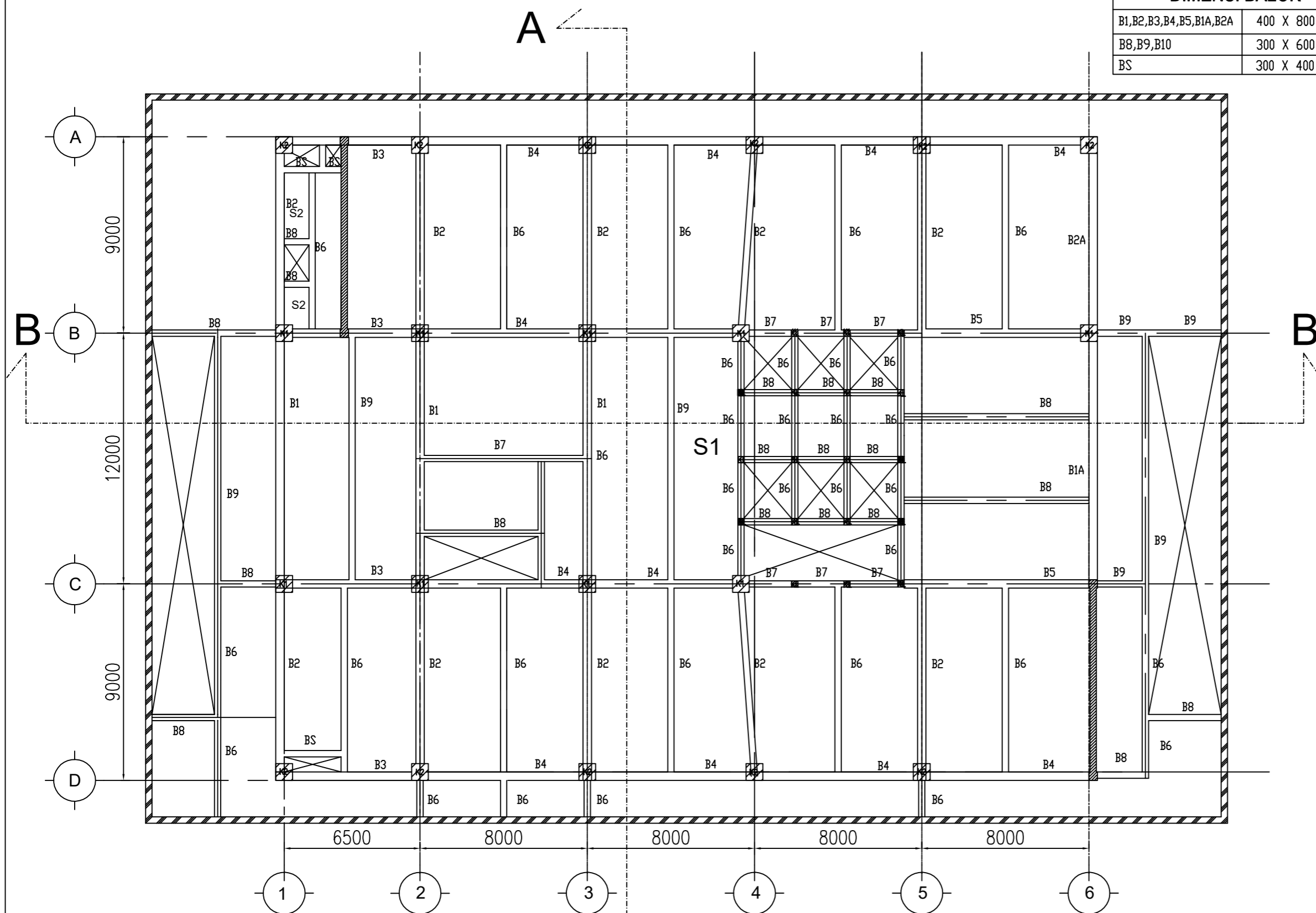
JUMLAH LEMBAR

41

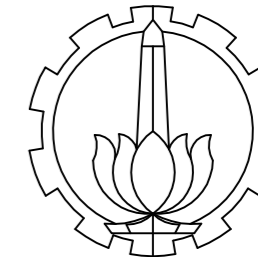
73

LANTAI	DIMENSI KOLOM		
	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B3,B4,B5,B1A,B2A	400 X 800
B8,B9,B10	300 X 600
BS	300 X 400



Denah Pembalokan Lt. 1
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.MZ

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:200

NO. LEMBAR

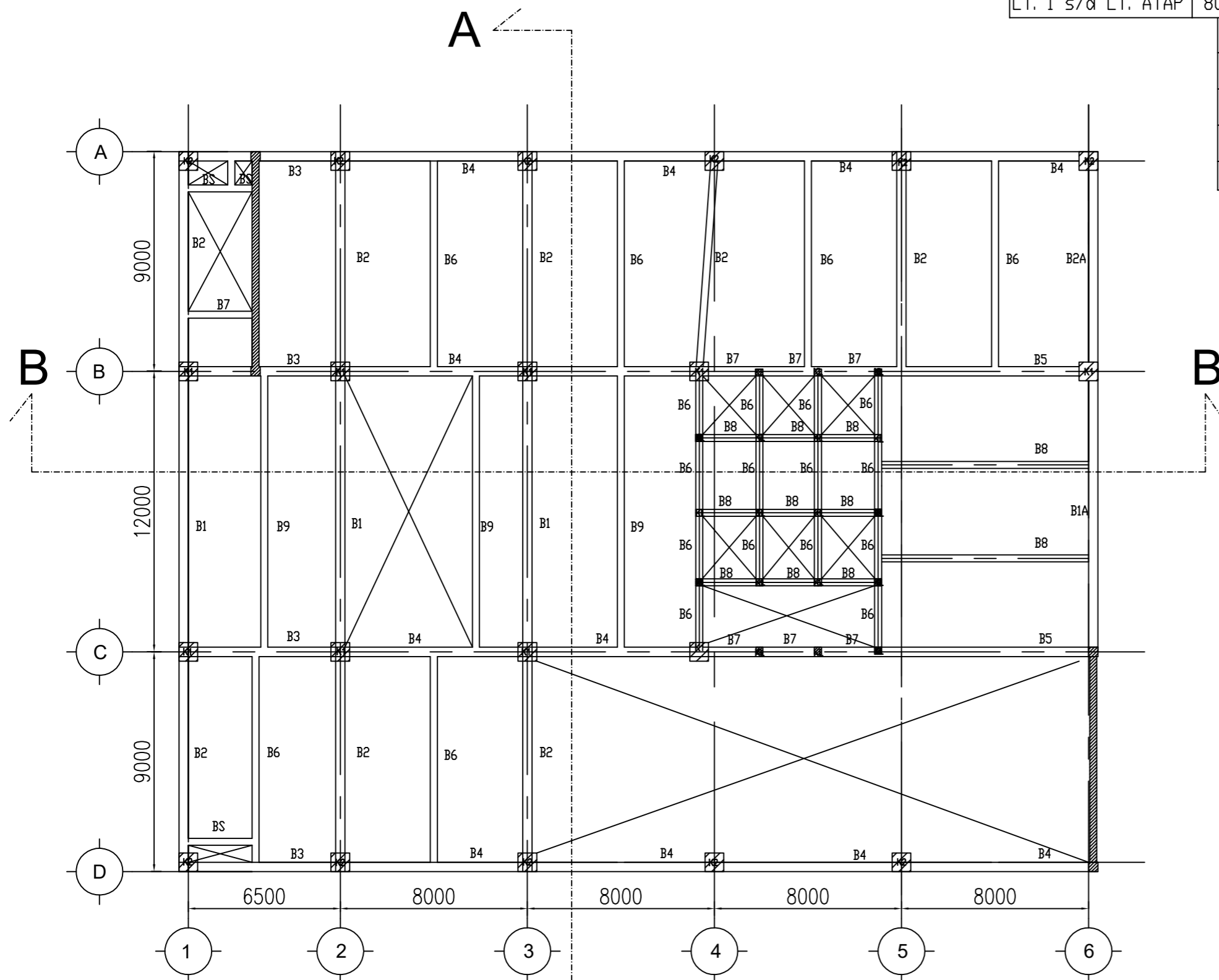
JUMLAH LEMBAR

42

73

LANTAI	DIMENSI KOLOM		
	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

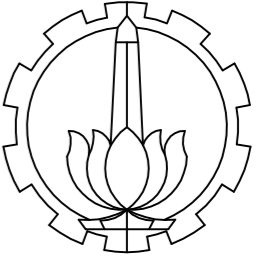
DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



Denah Pembalokan Lt. Mezanine
 Skala 1:200

ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

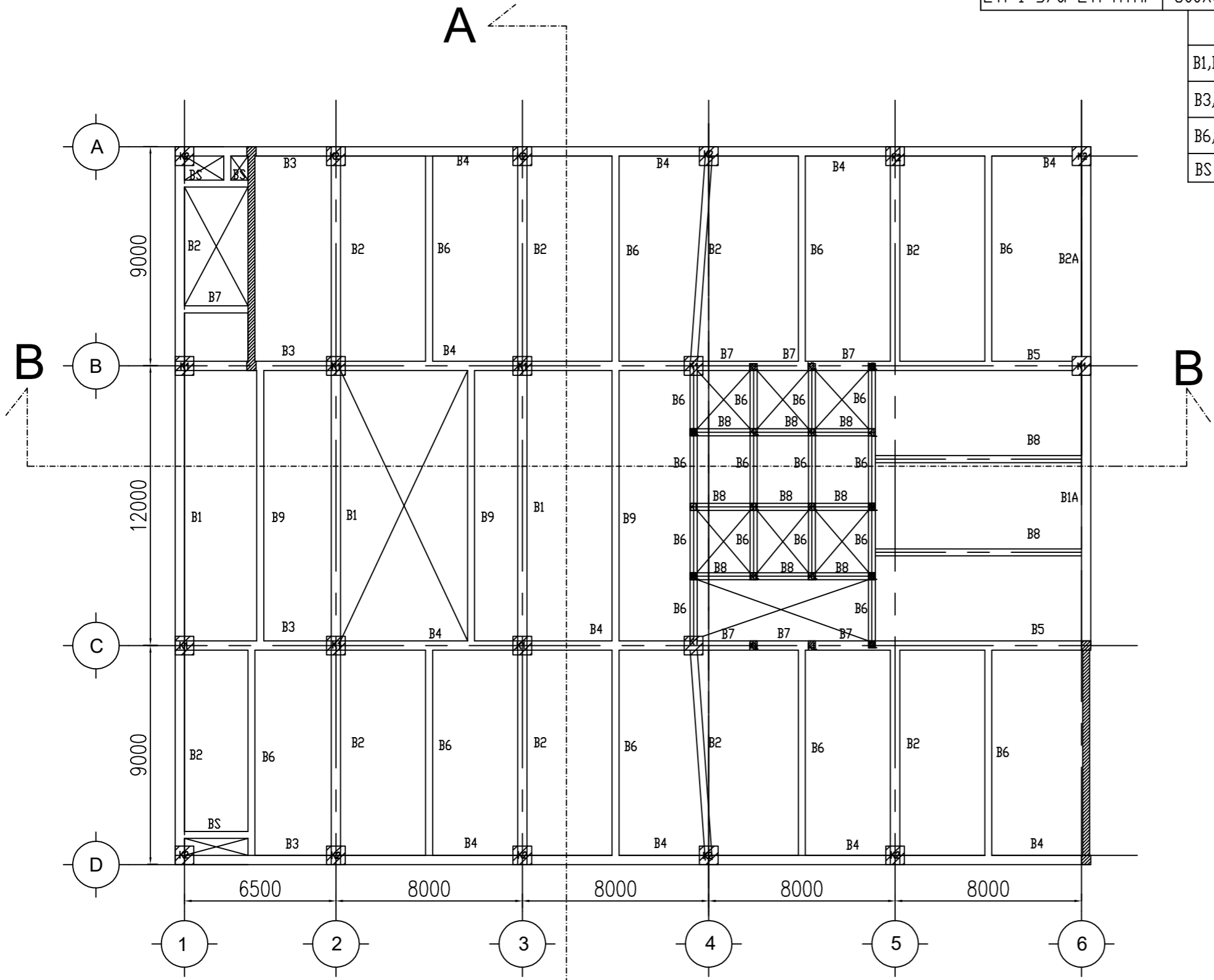
DENAH PEMBALOKAN LT.2

KODE GAMBAR SKALA

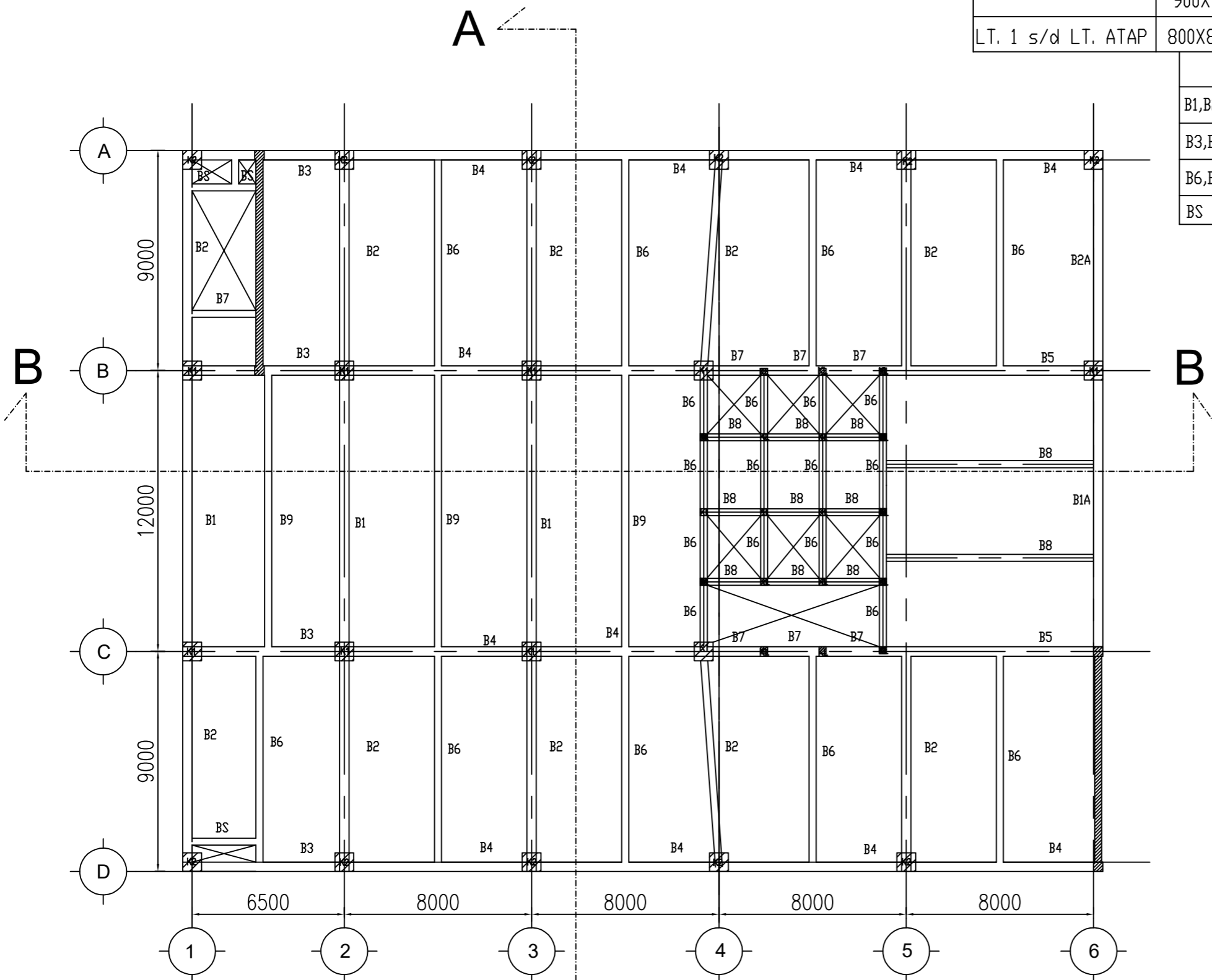
STR 1:200

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

43 73

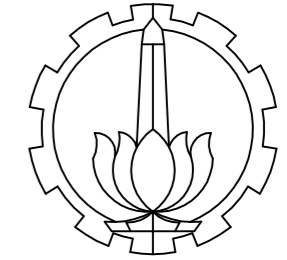


Denah Pembalokan Lt. 2
 Skala 1:200



ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.3

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

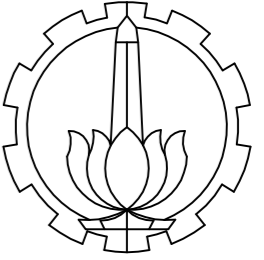
44

73

Denah Pembalokan Lt. 3
 Skala 1:200

ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.4

KODE GAMBAR

SKALA

STR

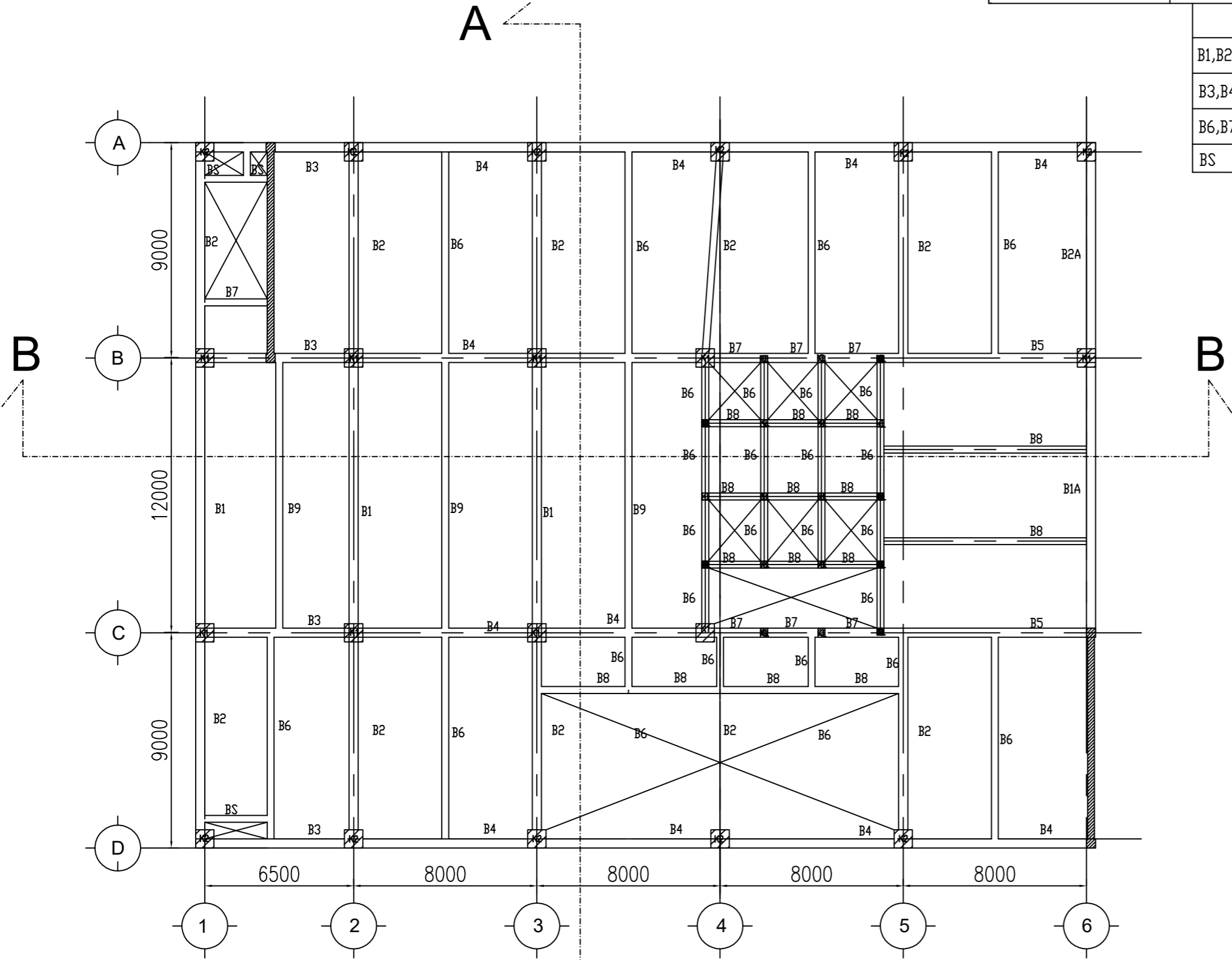
1:200

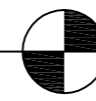
NO. LEMBAR

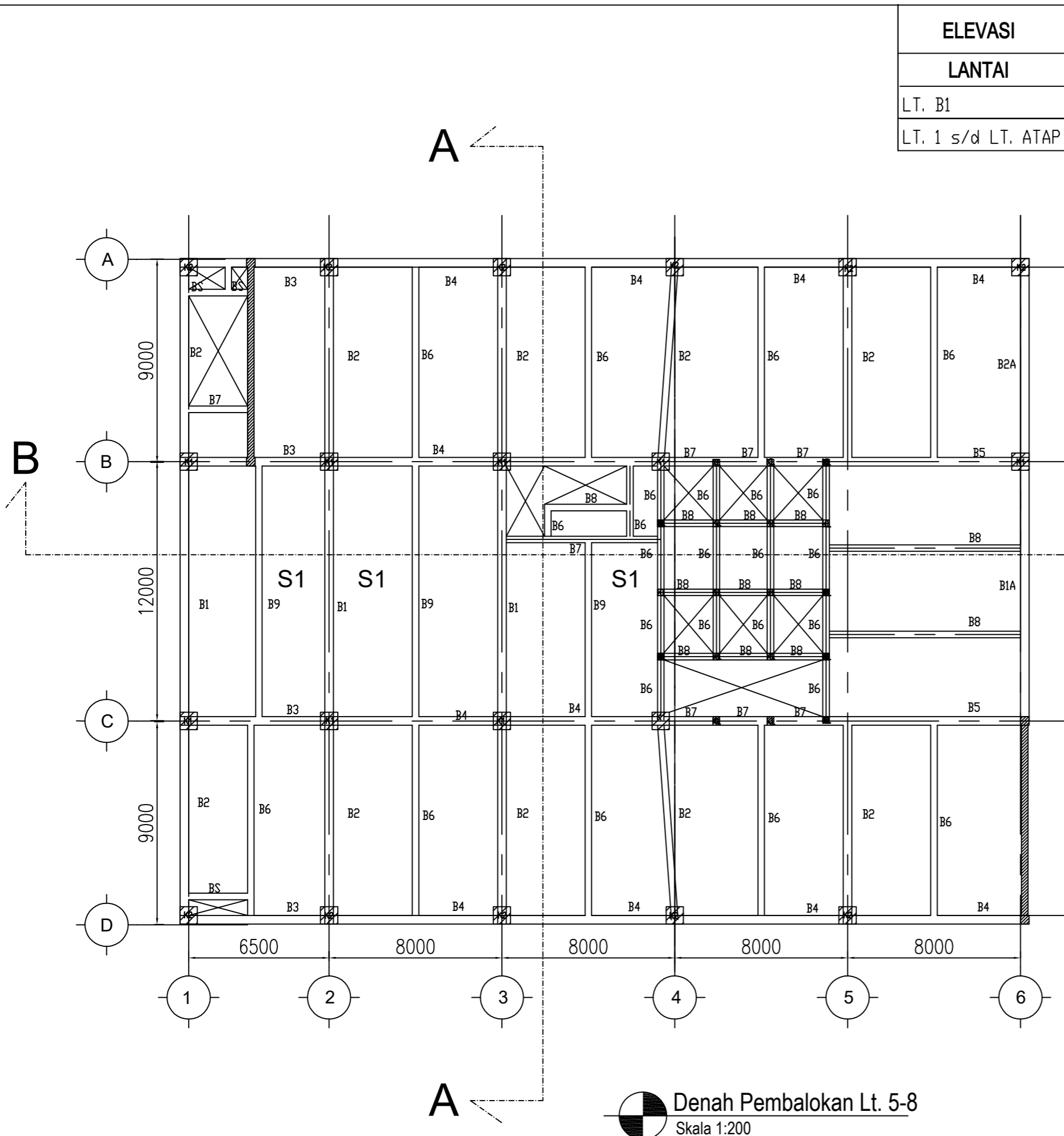
JUMLAH LEMBAR

45

73

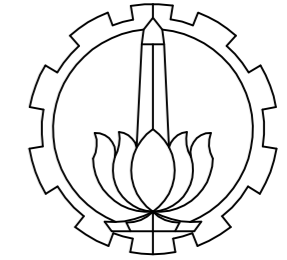


 Denah Pembalokan Lt. 4
Skala 1:200



ELEVASI	DIMENSI KOLOM			
	LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400	
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800		

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.5-8

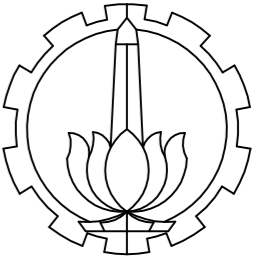
KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:200

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
46	73

Denah Pembalokan Lt. 5-8
 Skala 1:200

ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

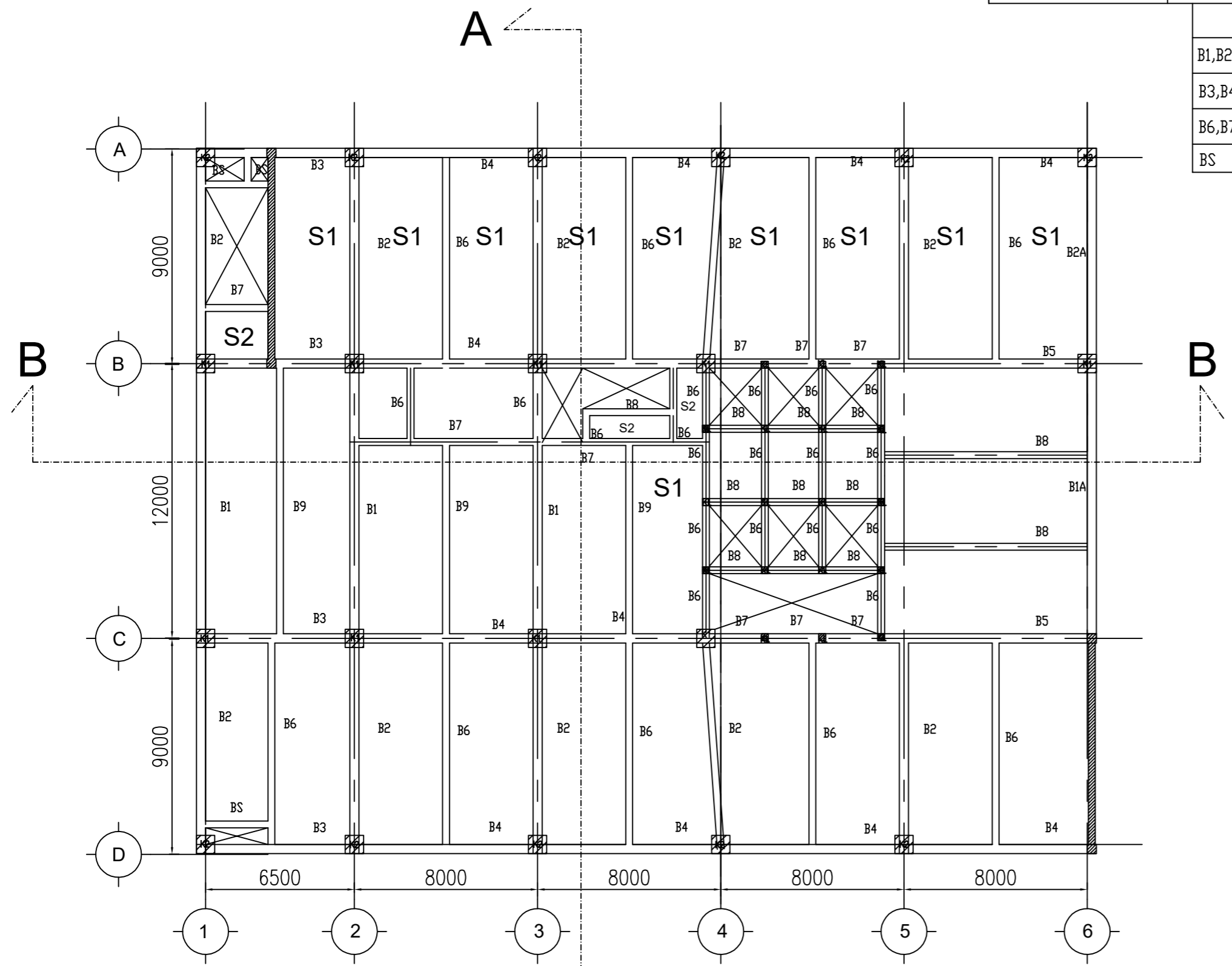
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.9

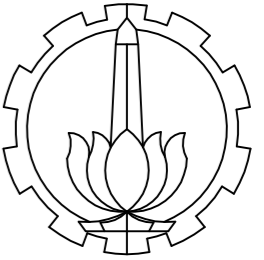
KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:200
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
47	73



Denah Pembalokan Lt. 9
 Skala 1:200

ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.10

KODE GAMBAR

SKALA

STR

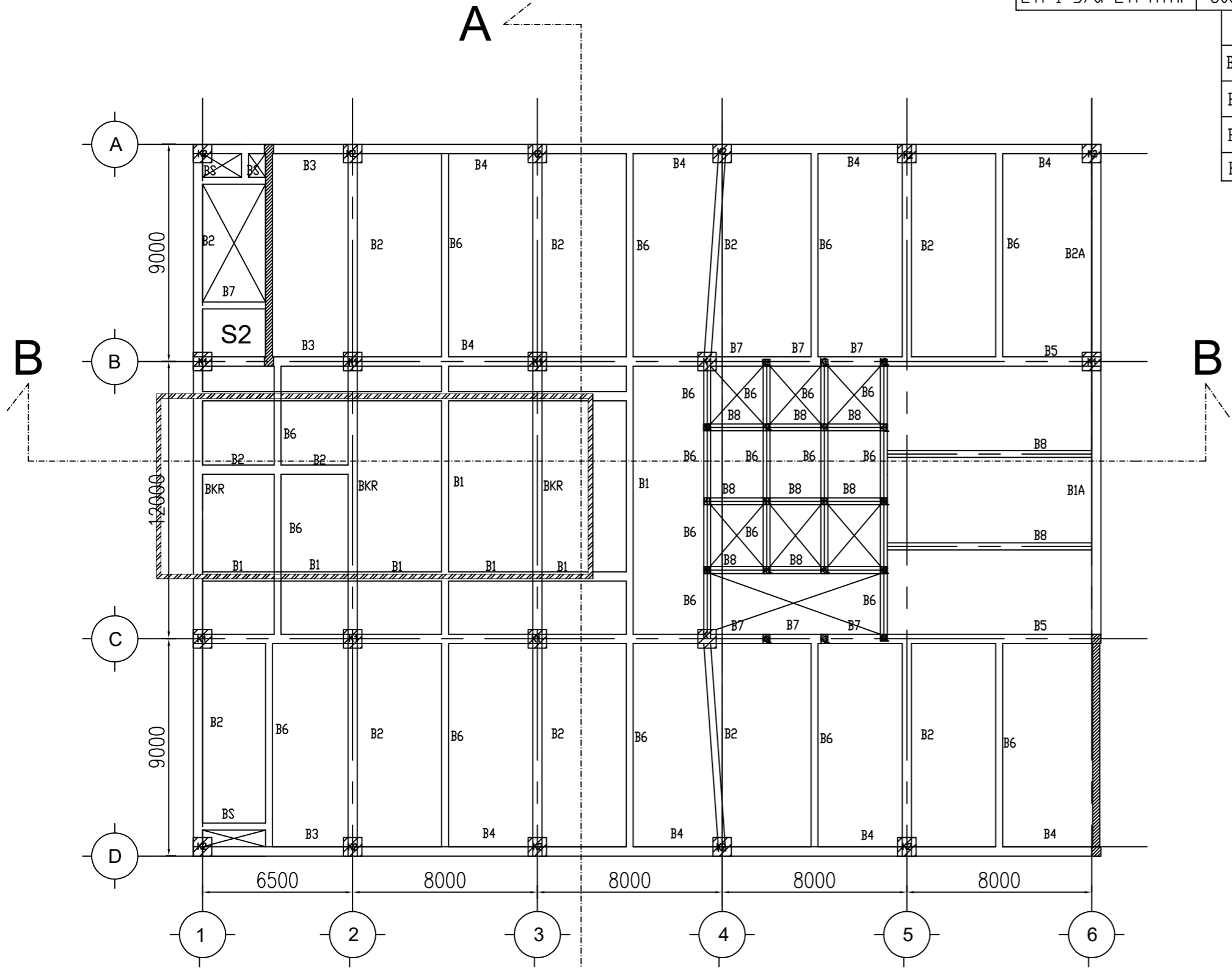
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

48

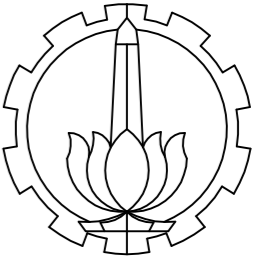
73



Denah Pembalokan Lt. 10
 Skala 1:200

ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.11

KODE GAMBAR

SKALA

STR

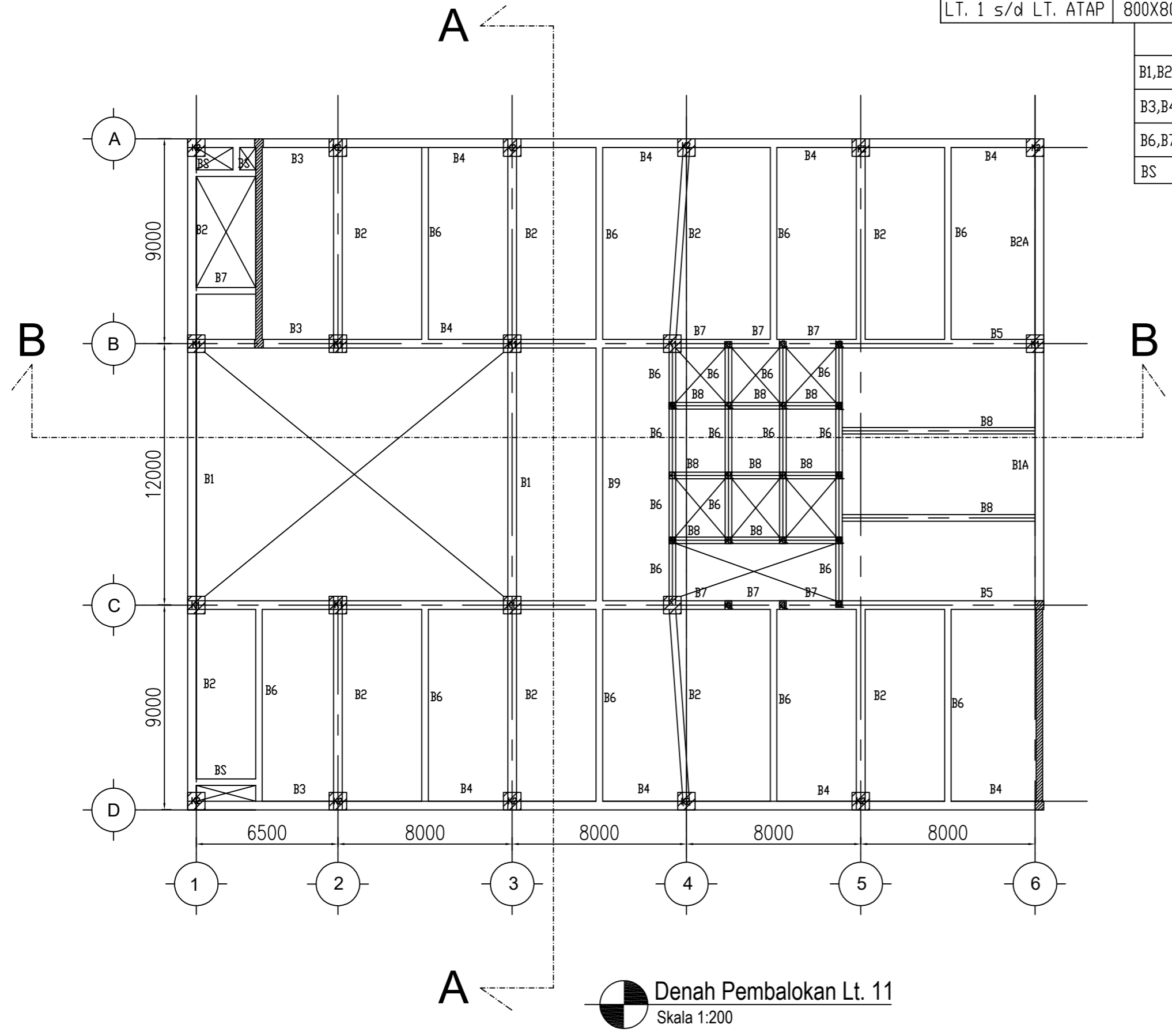
1:200

NO. LEMBAR

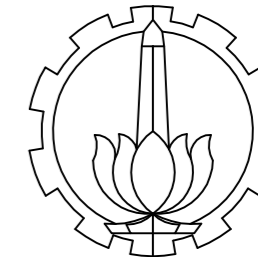
JUMLAH LEMBAR

49

73



Denah Pembalokan Lt. 11
 Skala 1:200



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.12-13

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:200

NO. LEMBAR

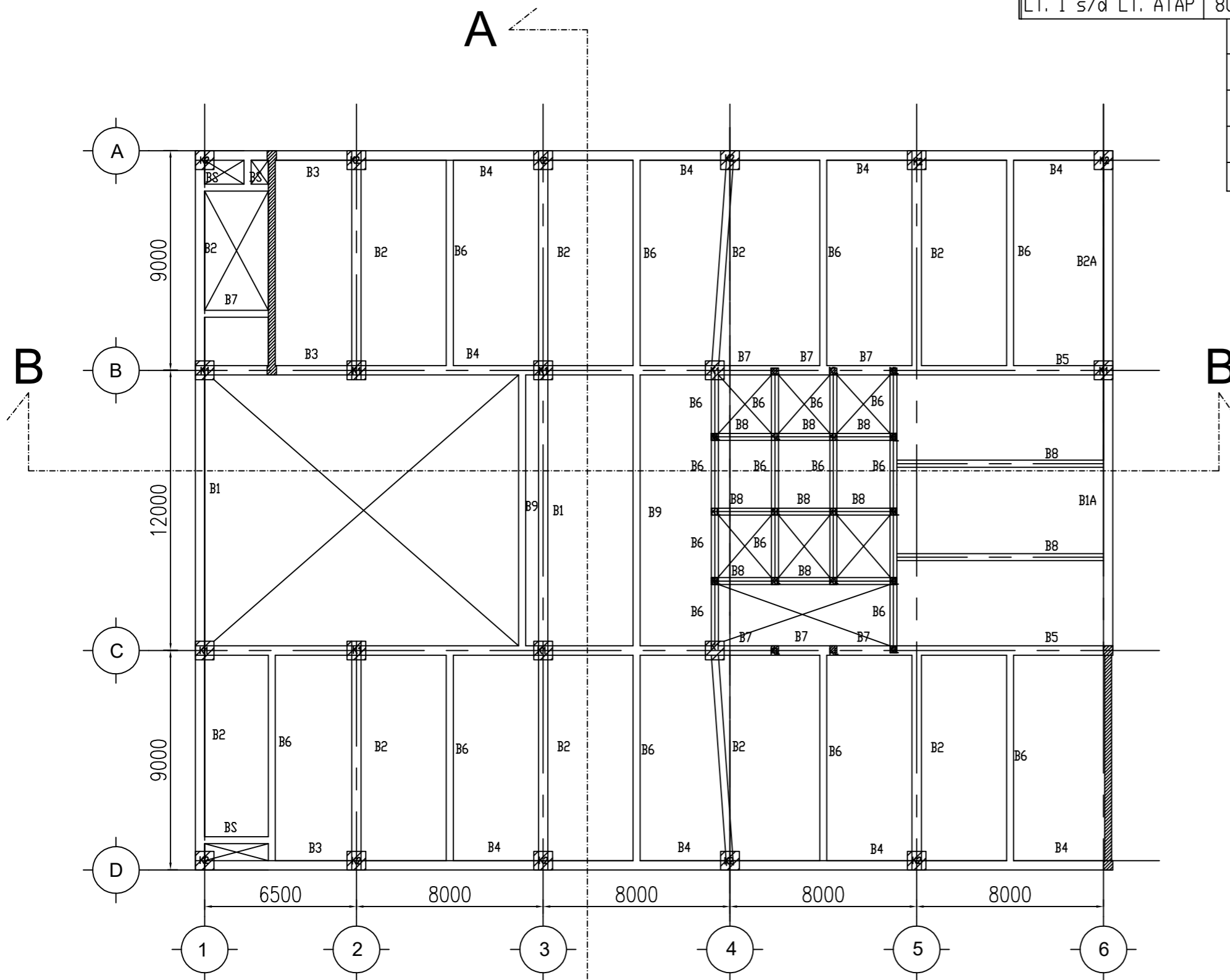
JUMLAH LEMBAR

50

73

ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

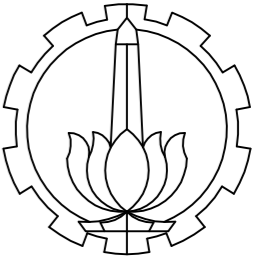
DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



Denah Pembalokan Lt. 12-13
Skala 1:200

ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.14

KODE GAMBAR

SKALA

STR

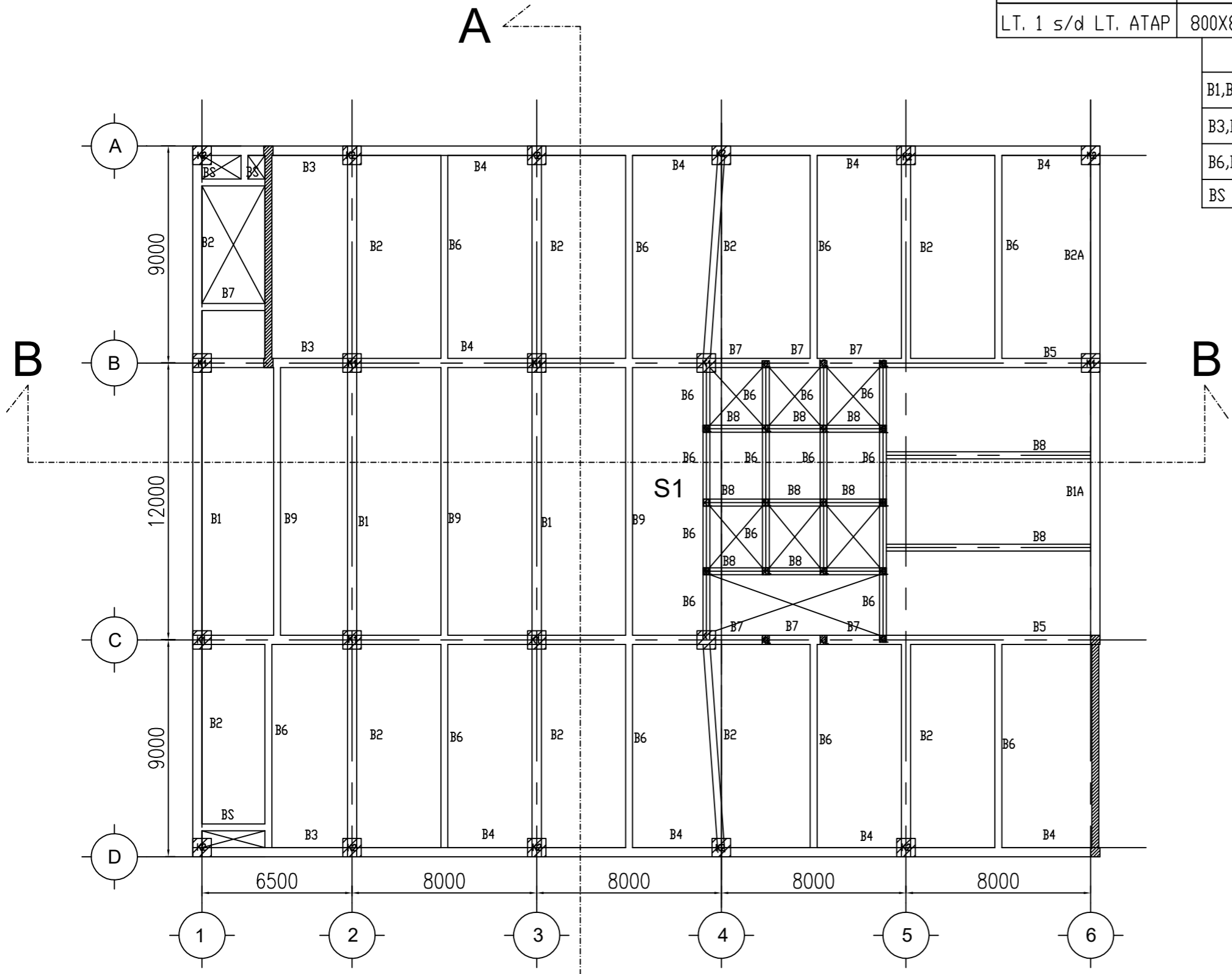
1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

51

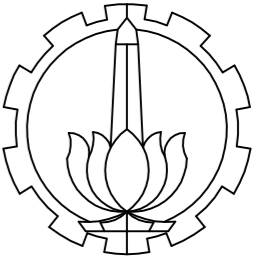
73



A Denah Pembalokan Lt. 14
 Skala 1:200

ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35 \text{ MPa}$

NAMA GAMBAR

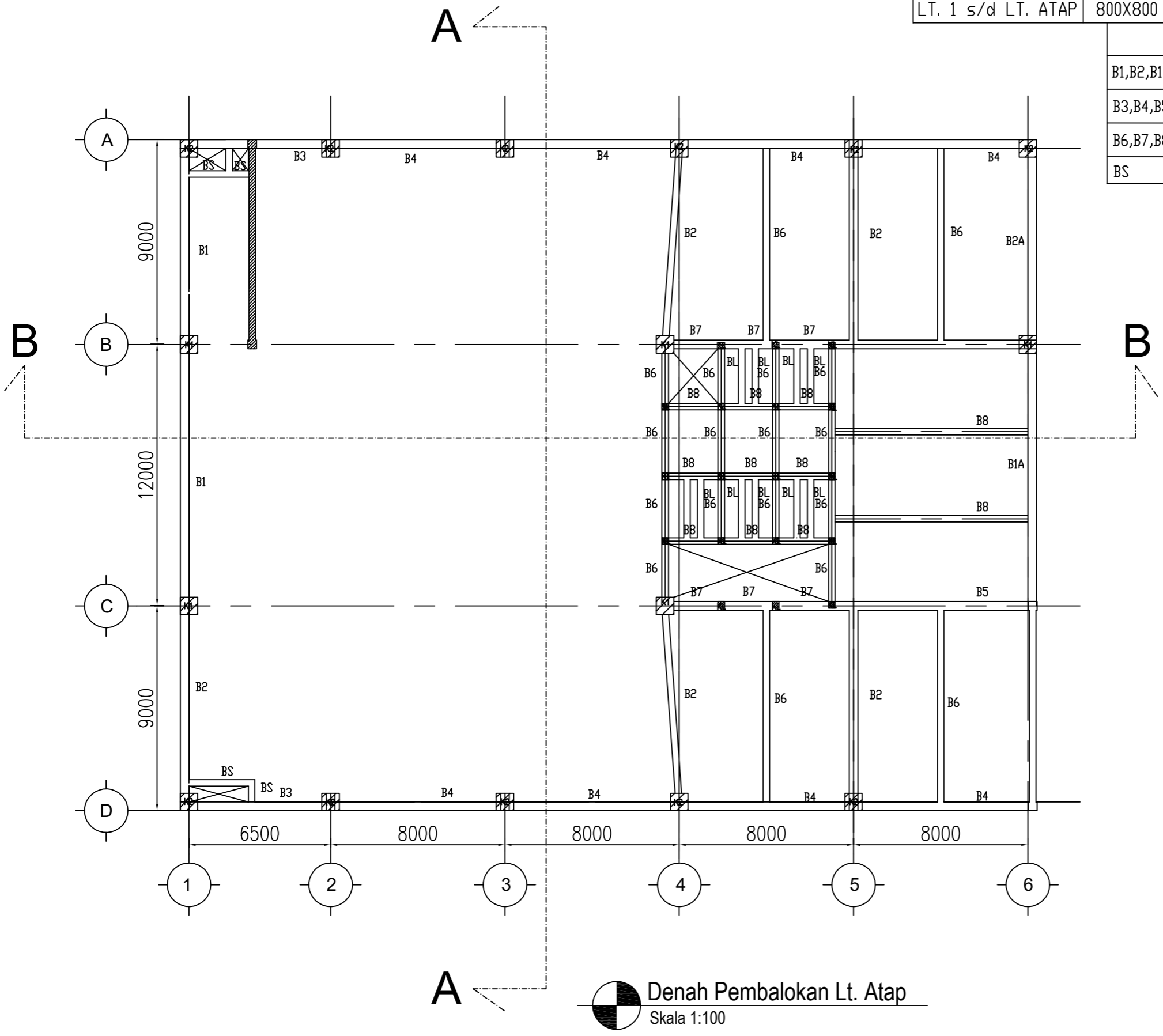
DENAH PEMBALOKAN LT. ATAP

KODE GAMBAR SKALA

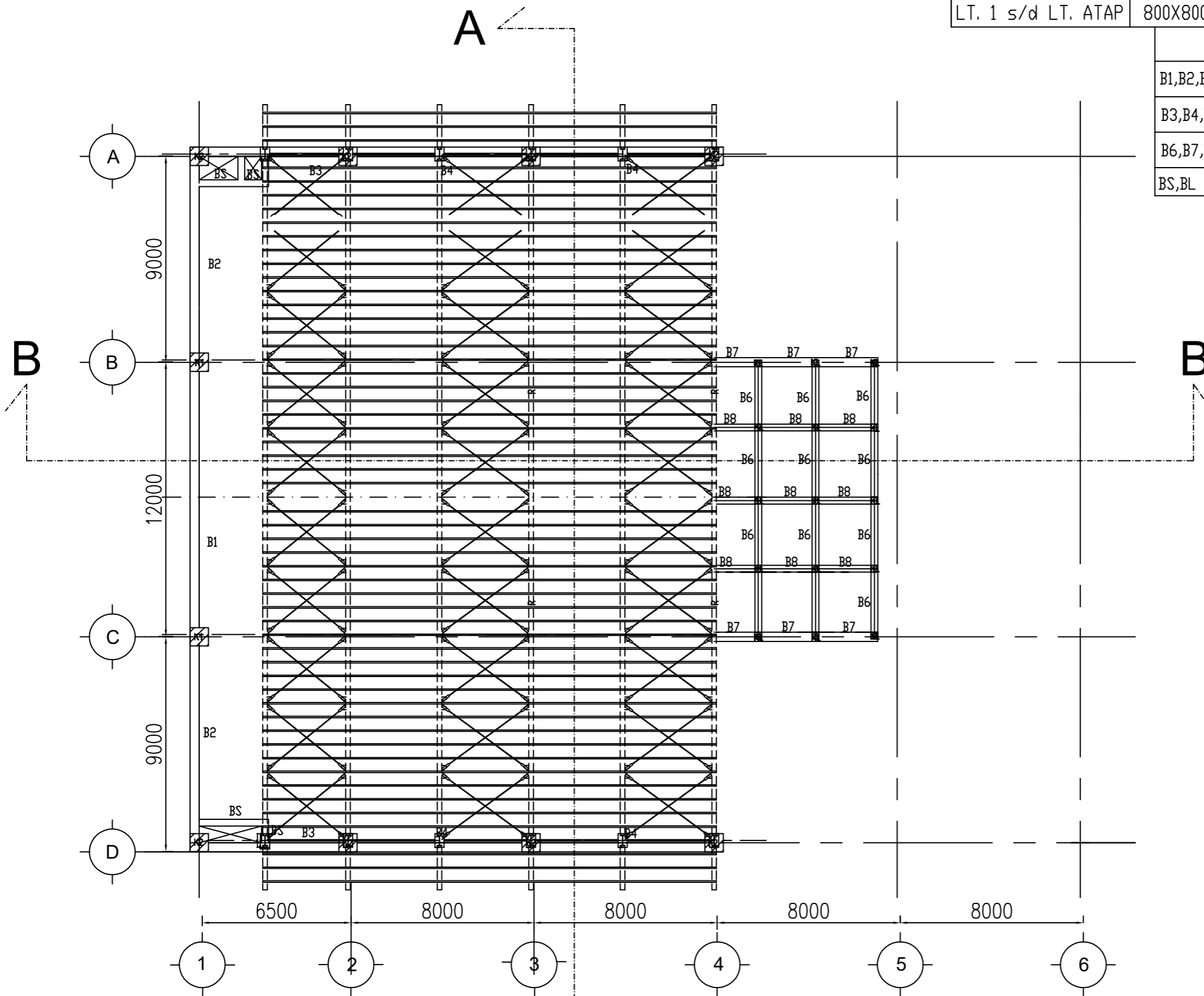
STR 1:200

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

52 73

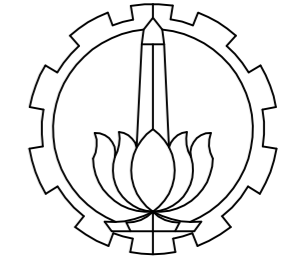


Denah Pembalokan Lt. Atap
 Skala 1:100



ELEVASI	DIMENSI KOLOM		
LANTAI	K1	K2	K3
LT. B1	900X900	800X800	400X400
LT. 1 s/d LT. ATAP	800X800	800X800	

DIMENSI BALOK	
B1,B2,B1A,B2A	400 X 800
B3,B4,B5	400 X 800
B6,B7,B8,B9	300 X 600
BS,BL	300 X 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
 Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

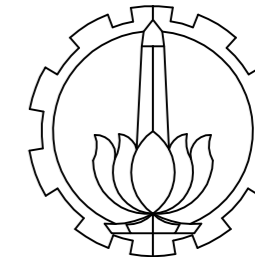
NAMA GAMBAR

**DENAH PEMBALOKAN
 LT.R.LIFT**

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1:200

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
53	73

Denah Pembalokan Lt. R. Lift
 Skala 1:100



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN
 METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)

NAMA GAMBAR

PORTAL A (MELINTANG) DAN
 PORTAL B (MEMANJANG)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

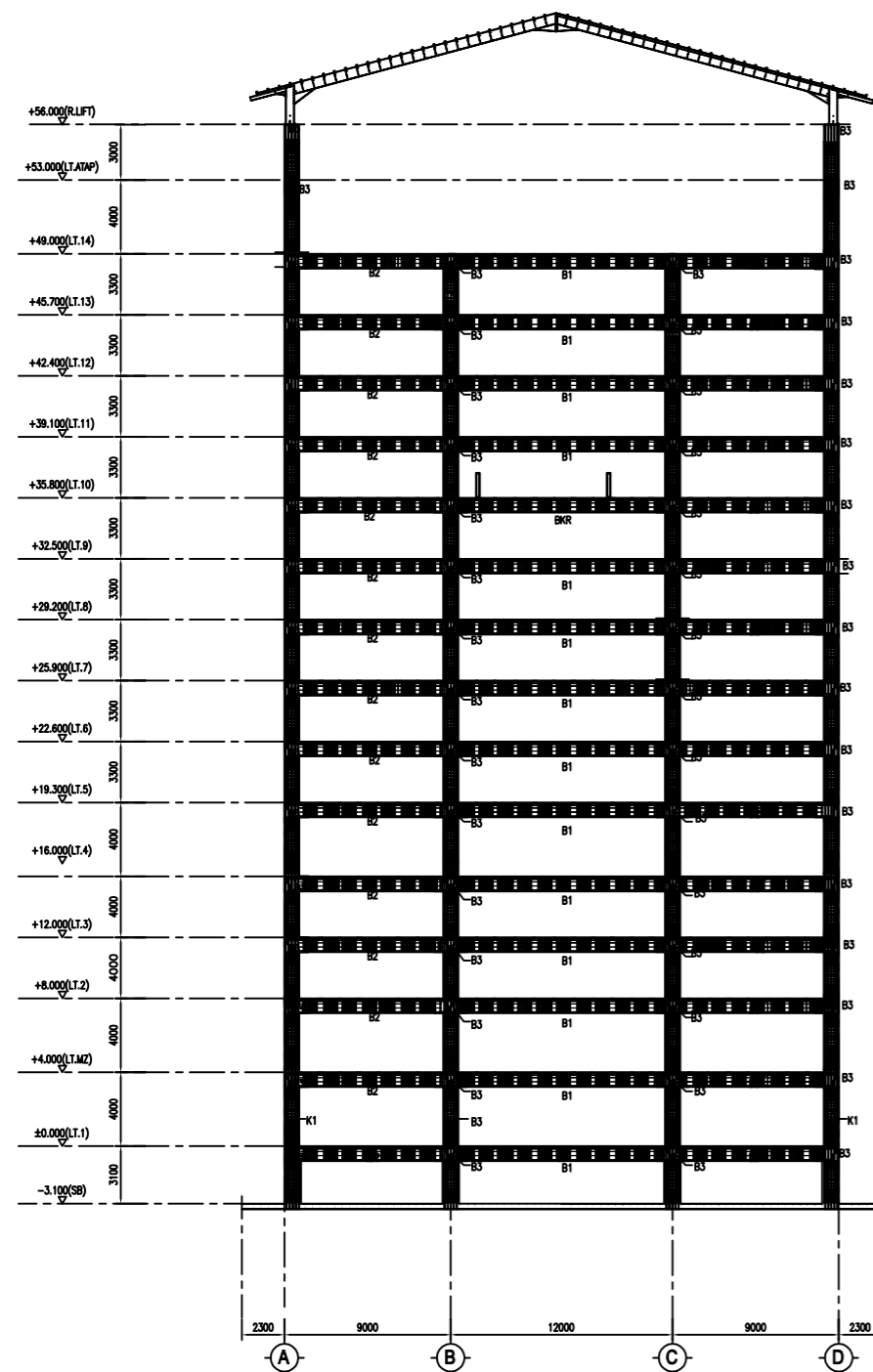
1:400

NO. LEMBAR

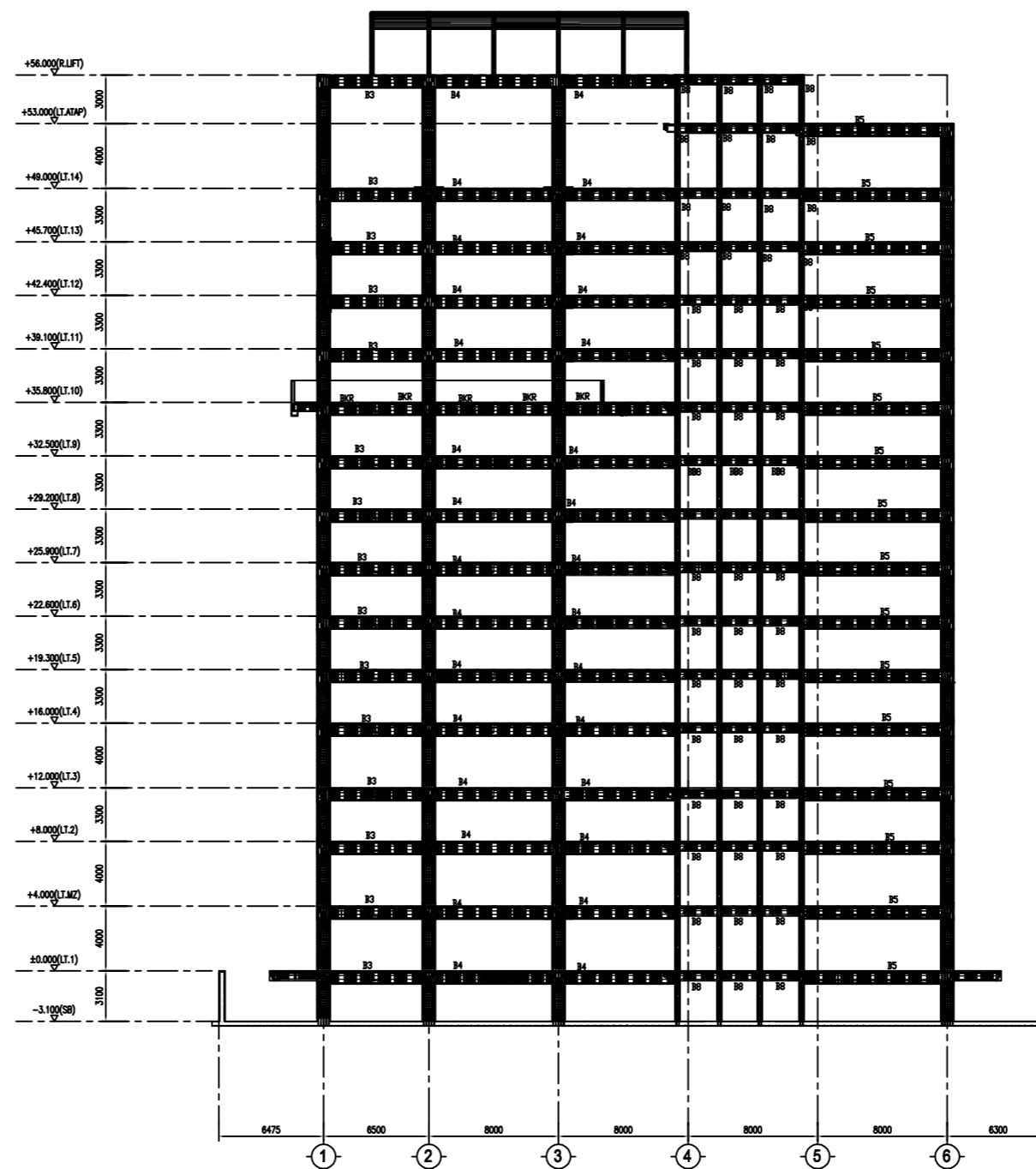
JUMLAH LEMBAR

54

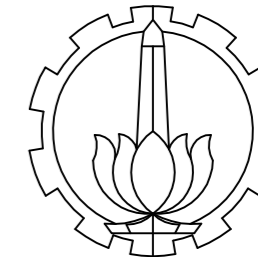
73



POTONGAN A
 Skala 1: 400



POTONGAN B
 Skala 1: 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN
 METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)

NAMA GAMBAR

DENAH DAN DETAIL
 PENULANGAN KOLOM

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1:400

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

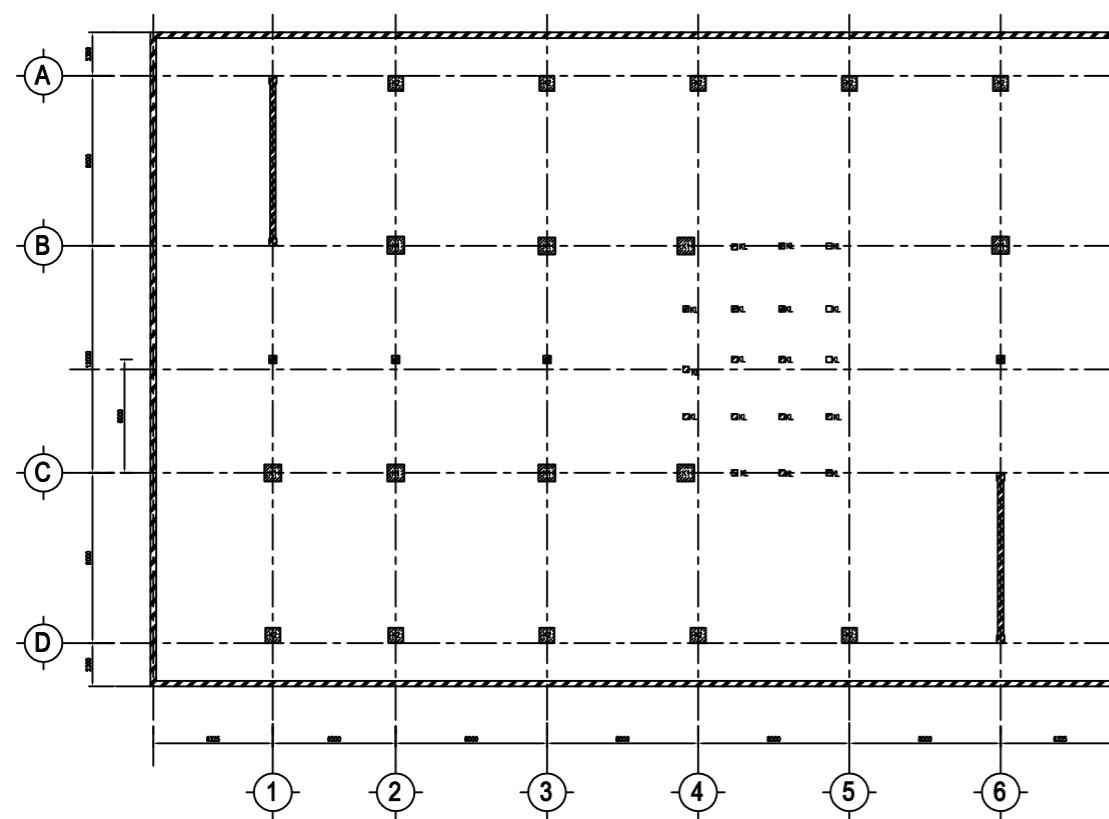
55

73

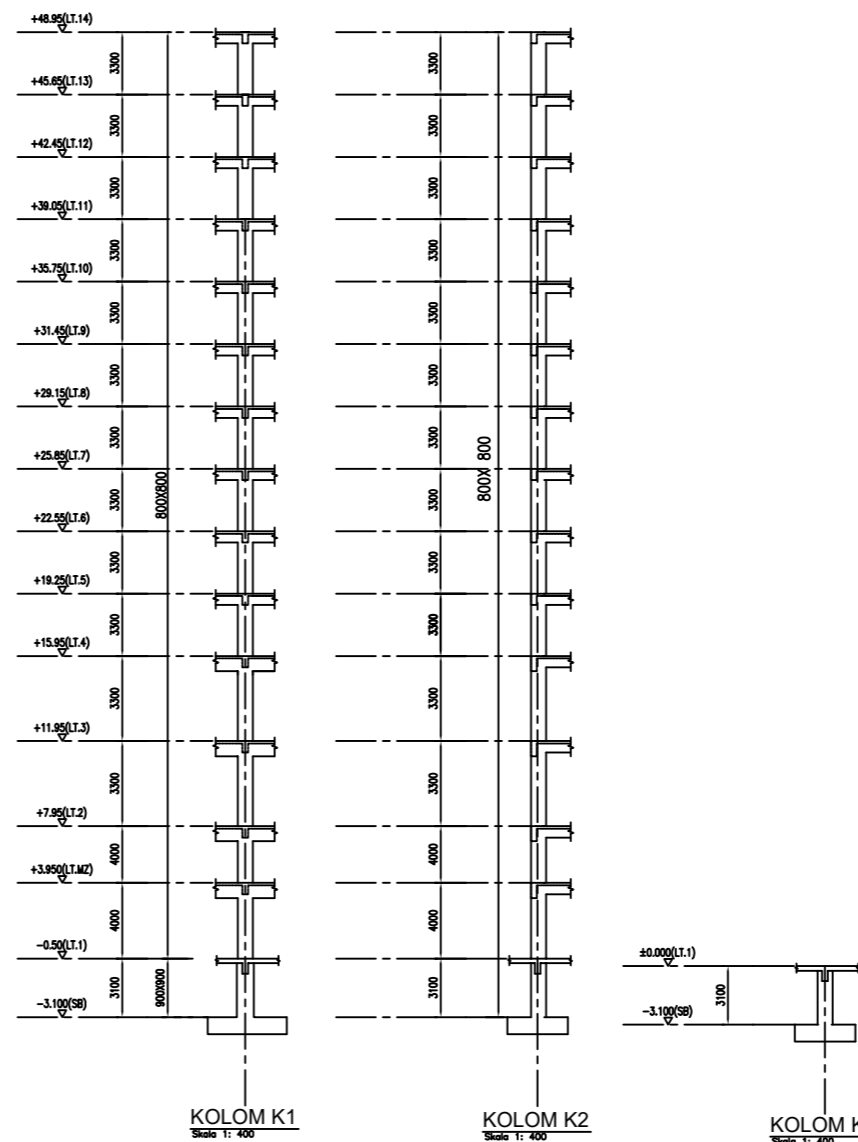
DETAIL PENULANGAN KOLOM

TYPE	K1		K2
TULANGAN	16025	TULANGAN	8025
SENGKANG	D10-100/200	SENGKANG	D10-100/200
LT. 1 1/4 LT. ADAP FC' = 35 MPA		LT. 1 1/4 LT. ADAP FC' = 35 MPA	
TULANGAN	16025	TULANGAN	16025
SENGKANG	D16-100	SENGKANG	D16-100
LT. BS FC' = 40 MPA		LT. BS FC' = 40 MPA	
TULANGAN	20025	TULANGAN	16025
SENGKANG	D16-150	SENGKANG	D16-100

	K3 (400x400)
LT. BS FC' = 40 MPA	
TULANGAN	8022
SENGKANG	D10-100/200



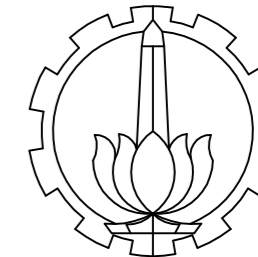
DENAH KOLOM & SHEAR WALL
 Skala 1: 400



KOLOM K1
 Skala 1: 400

KOLOM K2
 Skala 1: 400

KOLOM K3
 Skala 1: 400



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN
 METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
 BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
 Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)

NAMA GAMBAR

DETAIL DINDING BASEMENT
 DAN TANAH GALIAN

KODE GAMBAR

SKALA

STR

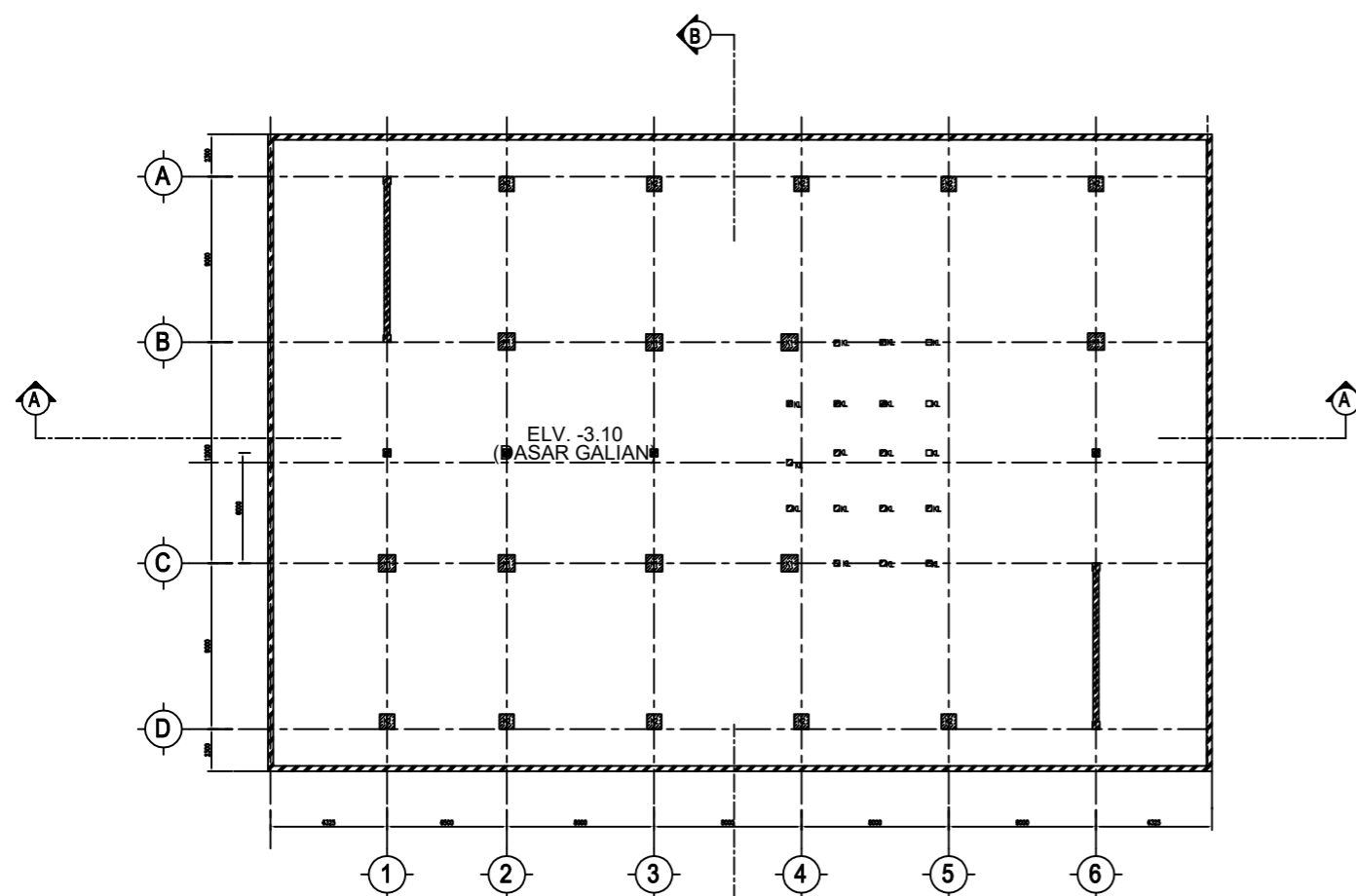
1:400

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

56

73



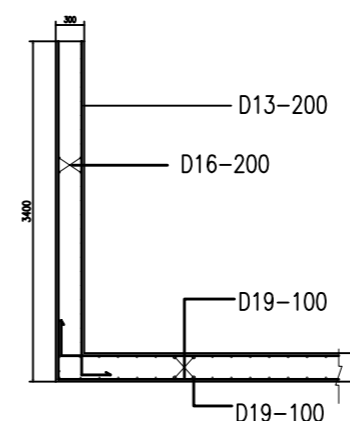
DENAH GALIAN
 Skala 1: 400



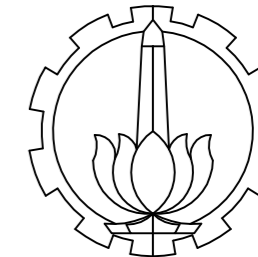
POTONGAN A-A
 Skala 1: 400



POTONGAN B-B
 Skala 1: 400



DETAIL DINDING BASEMENT
 Skala 1: 20



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu beton = f'_c 35 MPa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TIPE PLAT S1

KODE GAMBAR

SKALA

STR

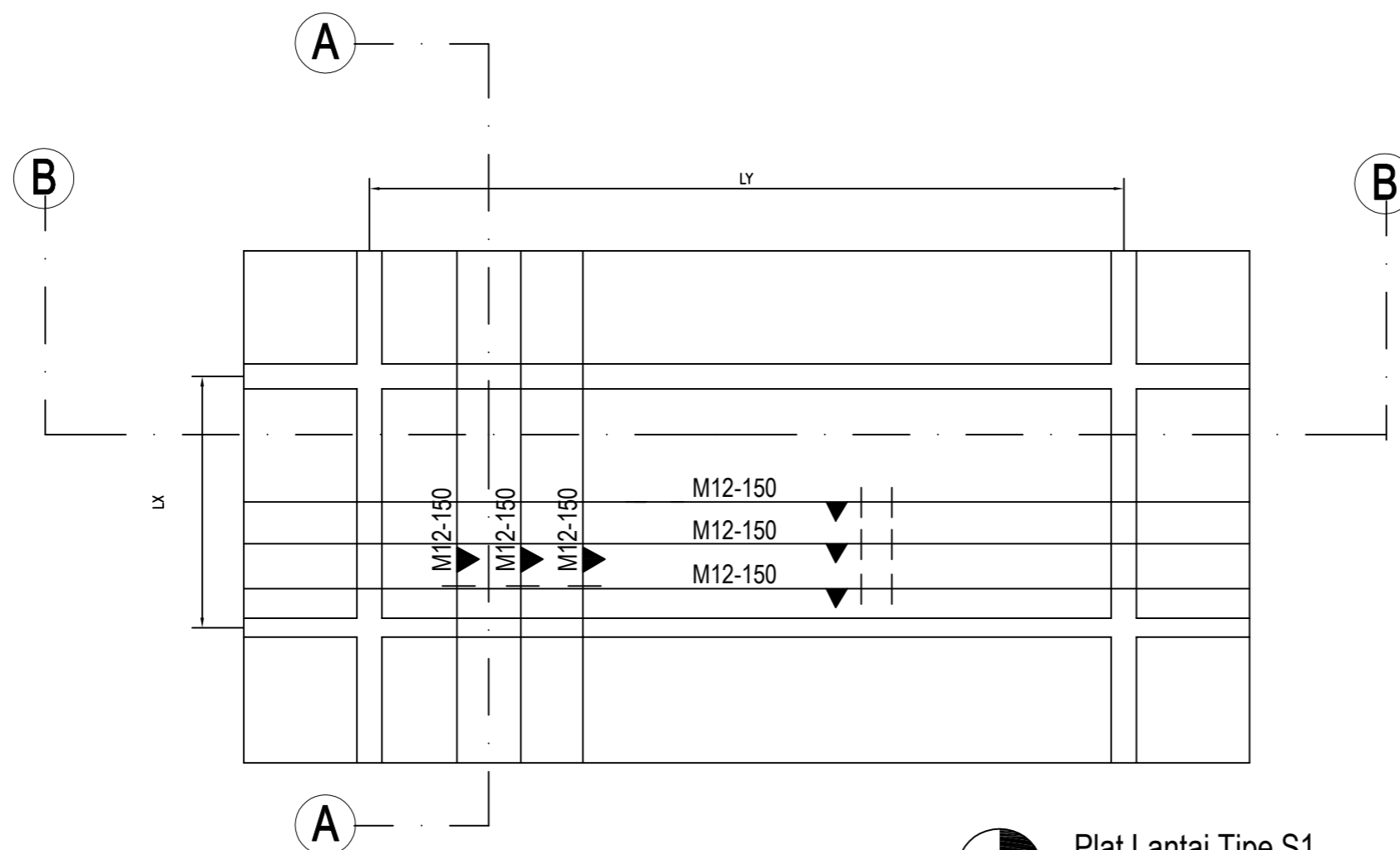
1:25

NO. LEMBAR

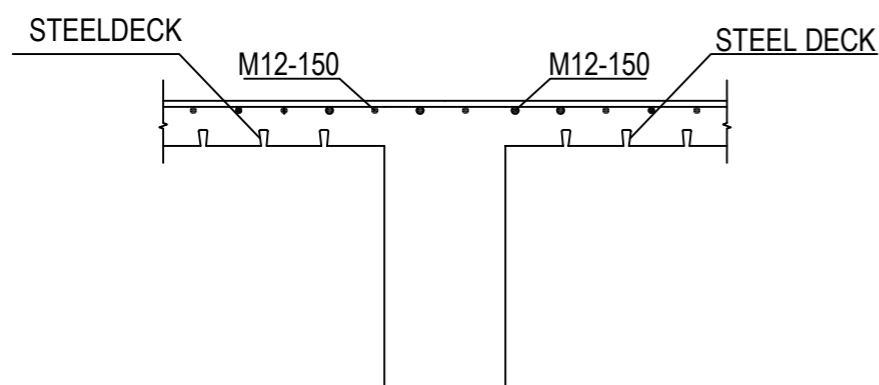
JUMLAH LEMBAR

57

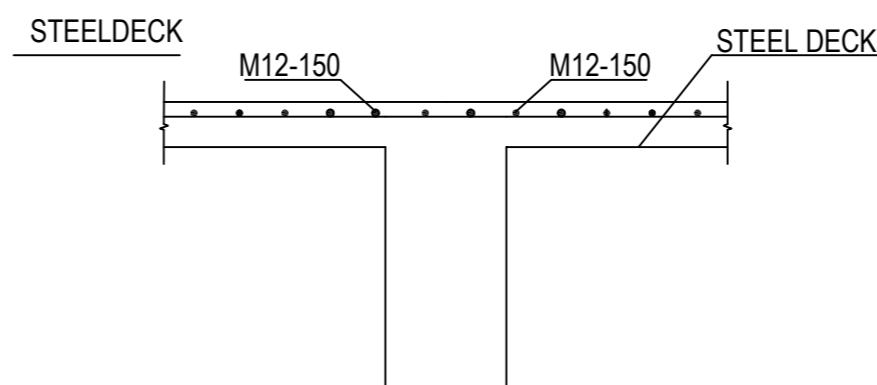
73



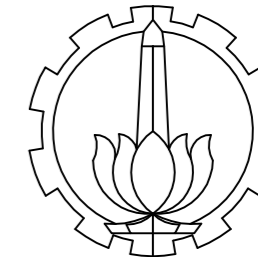
Plat Lantai Tipe S1
 Skala 1:25



Pot. A
 Skala 1:25



Pot. B
 Skala 1:25



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu beton = $f'c$ 35 MPa

NAMA GAMBAR

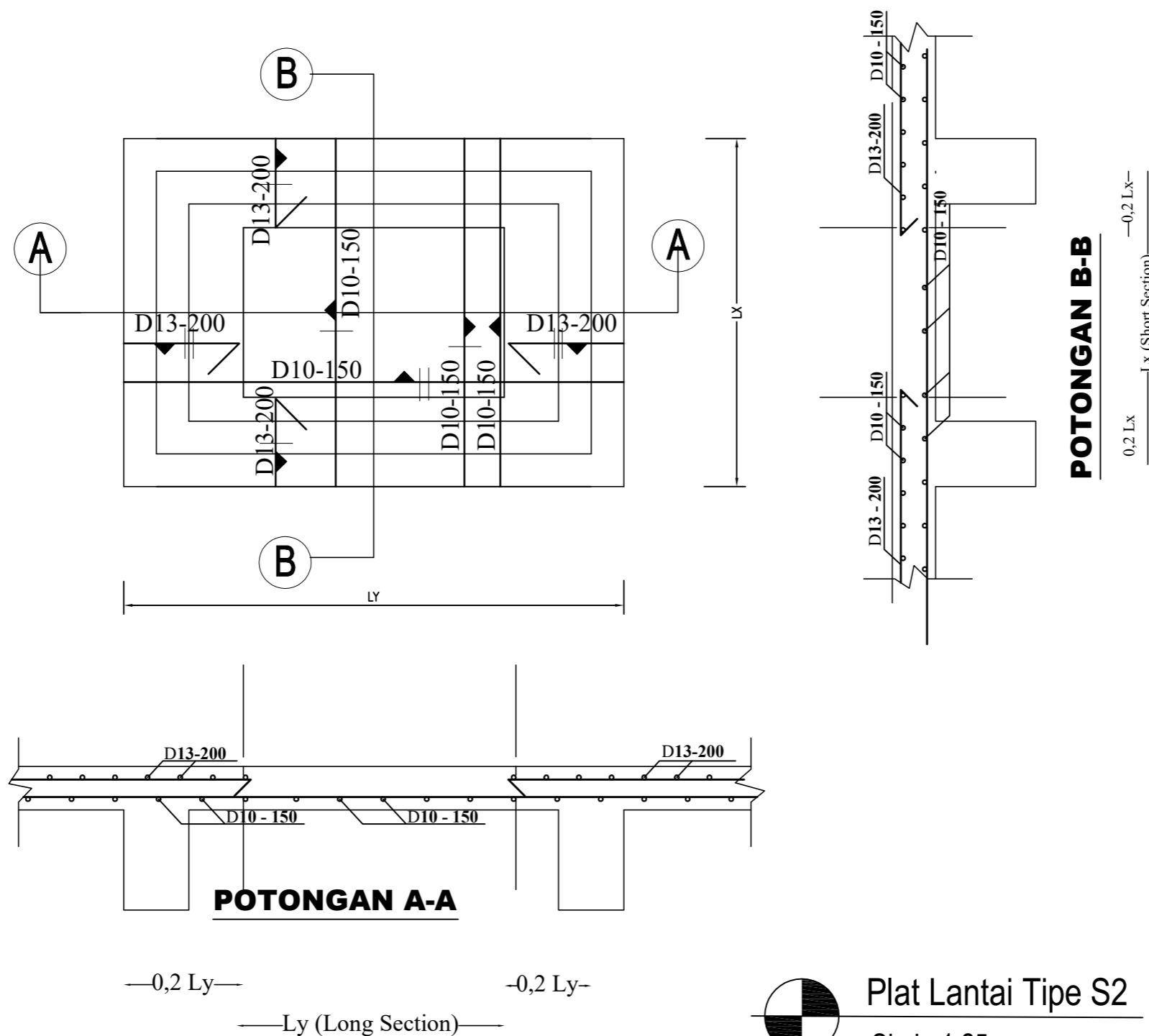
DETAIL PENULANGAN TIPE PLAT S2

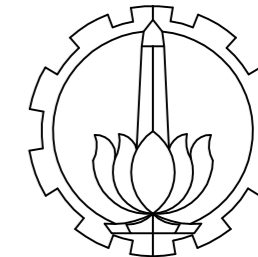
KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

STR	1:25
------------	-------------

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

58	73
-----------	-----------





DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
Mutu beton = $f'c$ 35 MPa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1 : 20

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

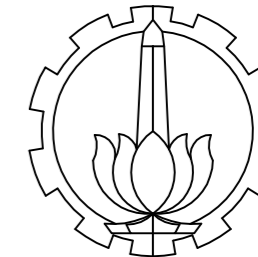
59

73

TYPE	B1		B2		B1A	
DIMENSI BXH(mm)	400 X 800		400 X 800		400 X 800	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN						
TUL. ATAS	9D22	2D22	7D22	2D22	8D22	3D22
TUL. BAWAH	4D22	3D22	3D22	2D22	4D22	2D22
TUL. PINGGANG	4D13-100	4D13-100	4D13-100	4D13-100	4D13-100	4D13-100
SENGKANG	3D13-150	D13-150	3D13-150	D13-150	3D13-150	3D13-150

TYPE	B2A		B3		B4	
DIMENSI BXH(mm)	400 X 800		400 X 800		400 X 800	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN						
TUL. ATAS	6D22	2D22	11D22	2D22	10D22	2D22
TUL. BAWAH	3D22	2D22	5D22	8D22	5D22	4D22
TUL. PINGGANG	4D13-100	4D13-100	4D13-100	4D13-100	4D13-100	4D13-100
SENGKANG	3D13-150	D13-150	3D13-150	D13-150	3D13-150	D13-150

Detail Penulangan Balok Induk
Skala 1:20



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu beton = $f'c$ 35 MPa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
 INDUK

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1 : 20

NO. LEMBAR

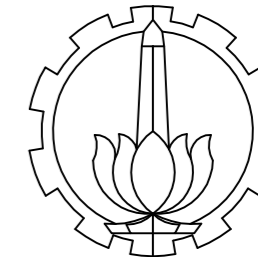
JUMLAH LEMBAR

60

73

TYPE	B5			BKR	
	400 X 800			400 X 800	
POSISI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN					
TUL. ATAS	3D22	2D22	10D22	12D25	2D22
TUL. BAWAH	2D22	4D22	5D22	5D22	6D22
TUL. PINGGANG	4D13-100	4D13-100	4D13-100	4D13-100	4D13-100
SENGKANG	D13-150	D13-150	3D13-150	3D13-150	D13-150

Detail Penulangan Balok Induk
 Skala 1:20



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
Mutu beton = $f'c$ 35 MPa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
ANAK

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1 : 20

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

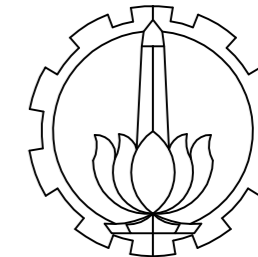
61

73

TYPE	B7		B8		B9	
DIMENSI BXH(mm)	300 X 600		300 X 600		300 X 600	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN						
TUL. ATAS	4D22	2D22	7D22	2D22	4D22	2D22
TUL. BAWAH	4D22	2D22	7D22	2D22	4D22	2D22
TUL. PINGGANG	2D13-100	2D13-100	2D13-100	2D13-100	2D13-100	2D13-100
SENGKANG	D10-300	D10-300	2D10-250	D10-250	D10-200	D10-200

TYPE	BR		BL	
DIMENSI BXH(mm)	300 X 400		300 X 400	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	2D16	2D16	3D16	3D16
TUL. BAWAH	2D16	2D16	3D16	3D16
TUL. PINGGANG	2D13-100	2D13-100	2D13-100	2D13-100
SENGKANG	D10-350	D10-350	D10-250	D10-250

Detail Penulangan Balok Anak
Skala 1:20



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu beton = f_c 35 MPa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM

KODE GAMBAR

SKALA

STR

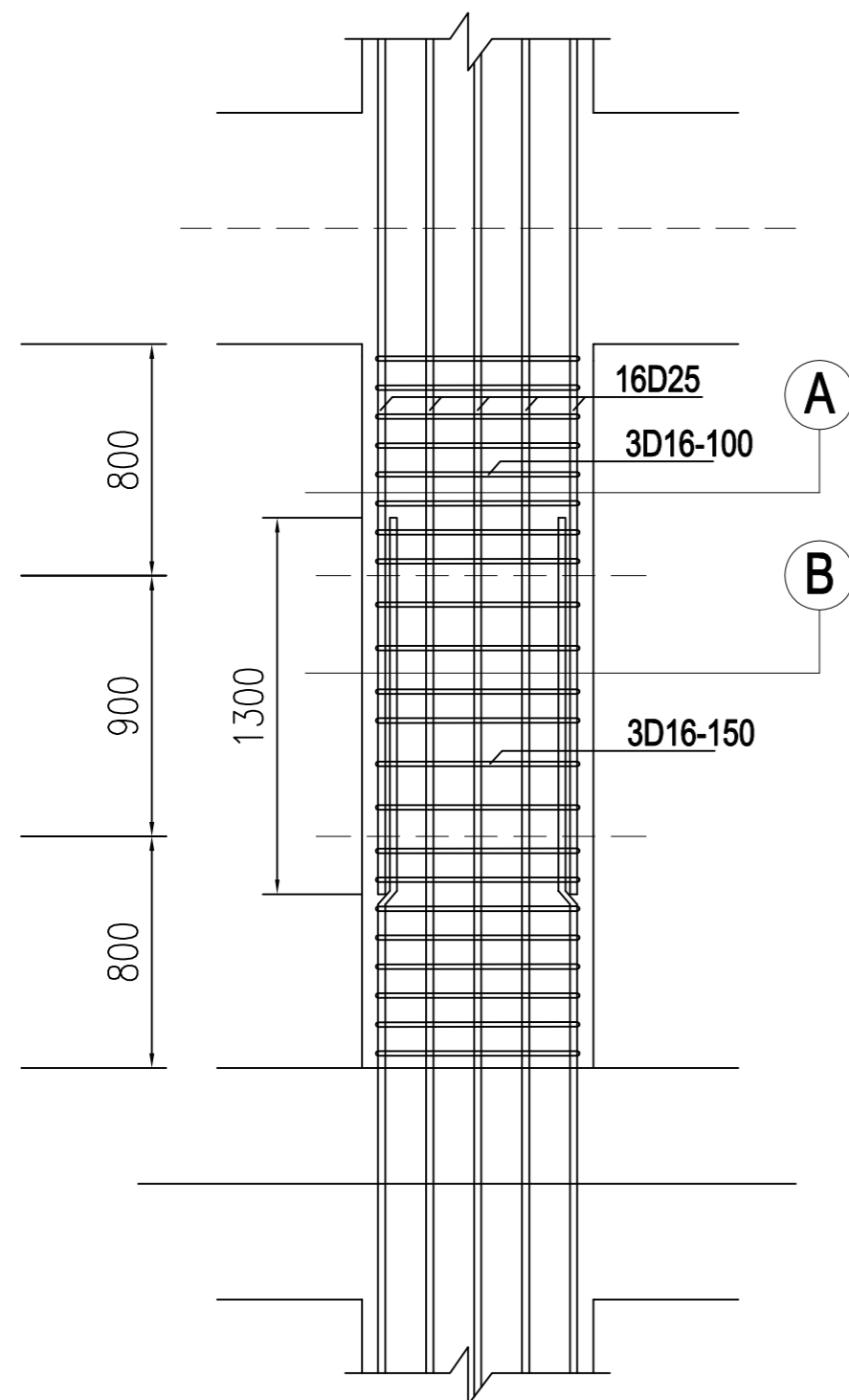
1:25

NO. LEMBAR

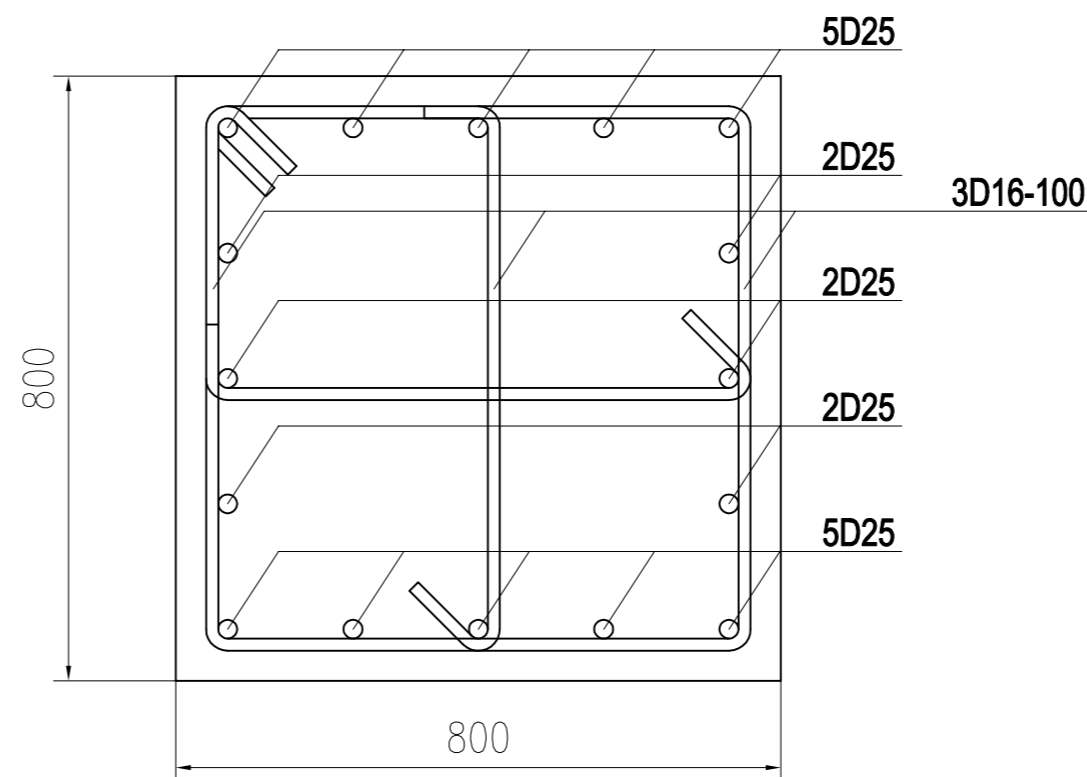
JUMLAH LEMBAR

62

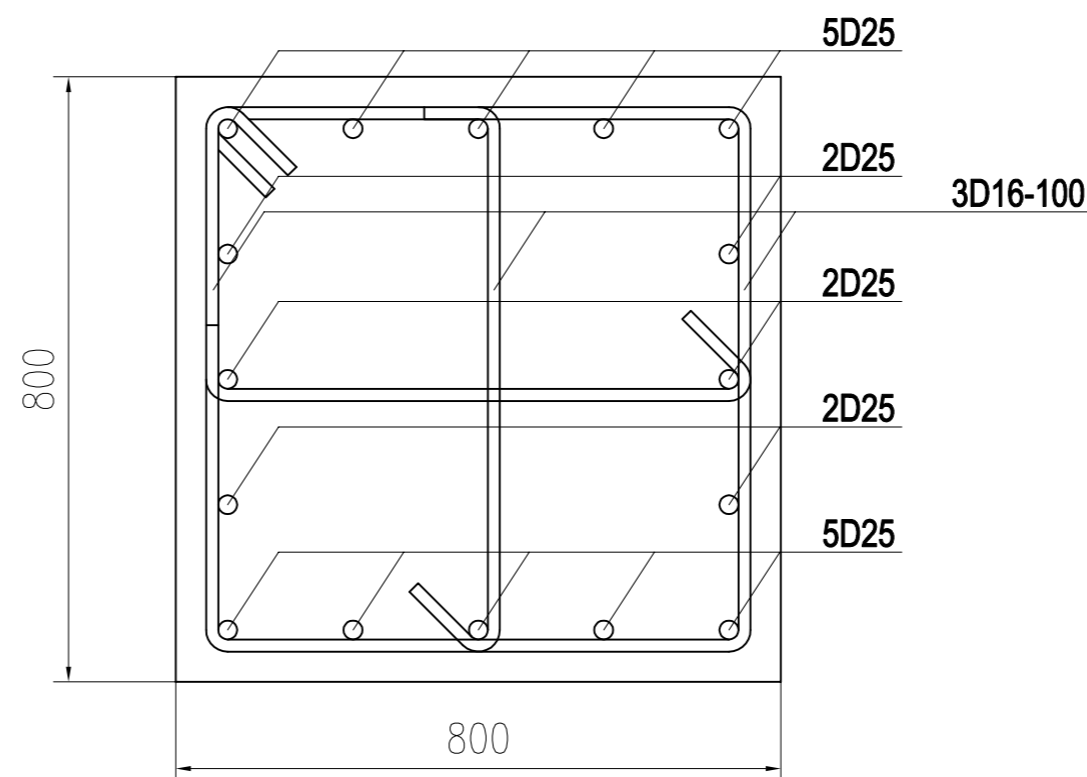
73



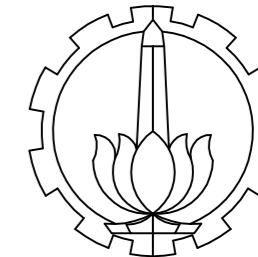
PENULANGAN KOLOM LT 9
 skala 1:25



POTONGAN A-A
 skala 1:10



POTONGAN B-B
 skala 1:10



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu beton = f_c 35 MPa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN JOINT
 (HUBUNGAN BALOK DAN KOLOM)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

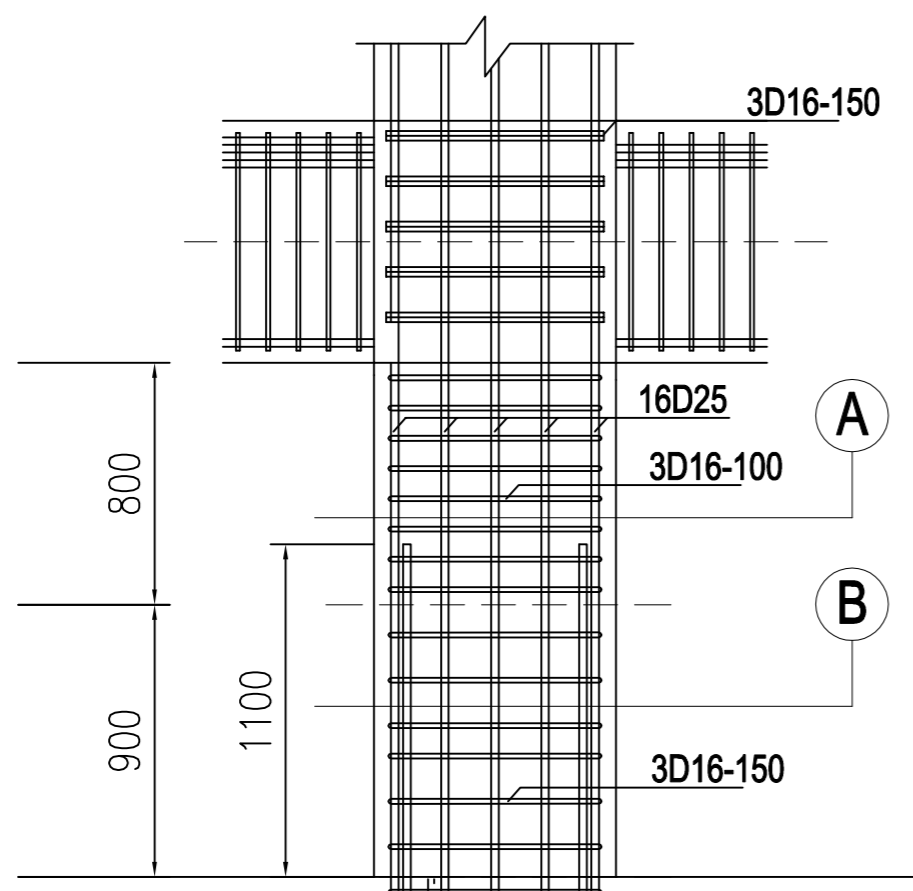
1:25

NO. LEMBAR

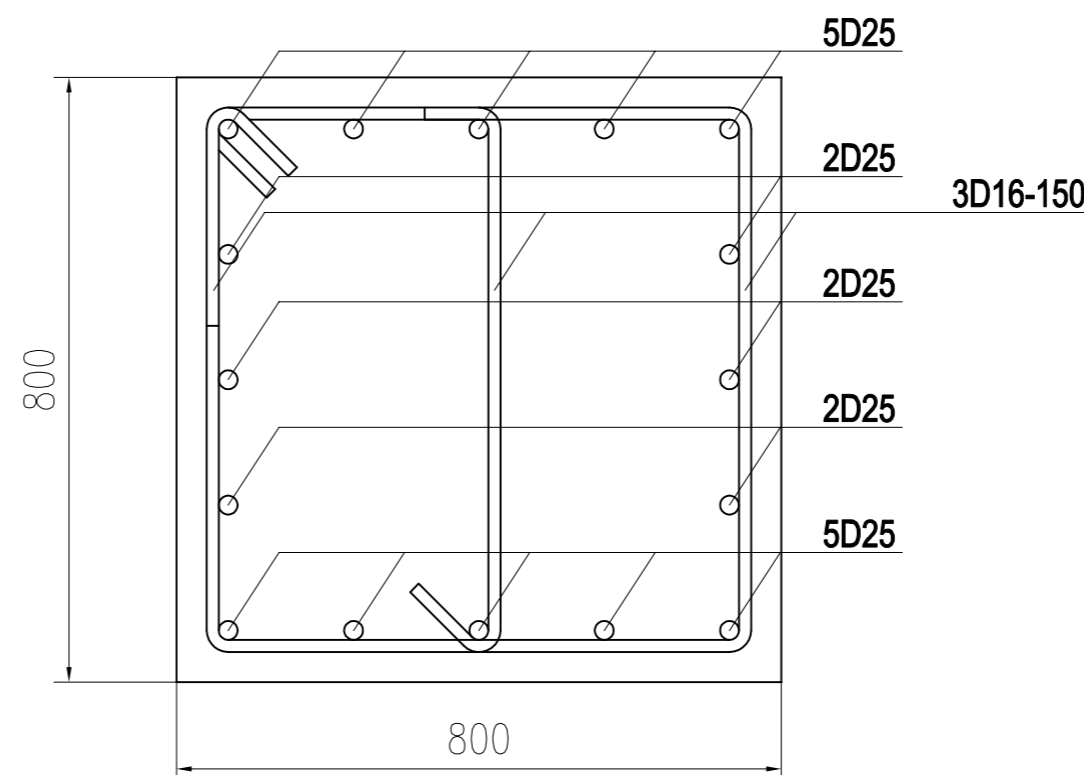
JUMLAH LEMBAR

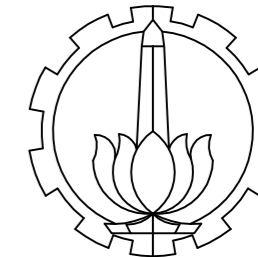
63

73



DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM
 skala 1:25





DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu beton = $f'c$ 35 MPa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN SHEARWALL

KODE GAMBAR

SKALA

STR

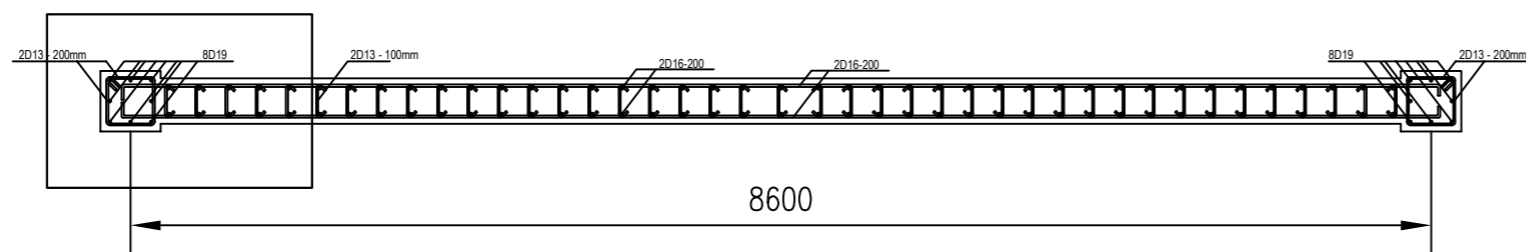
1 : 50

NO. LEMBAR

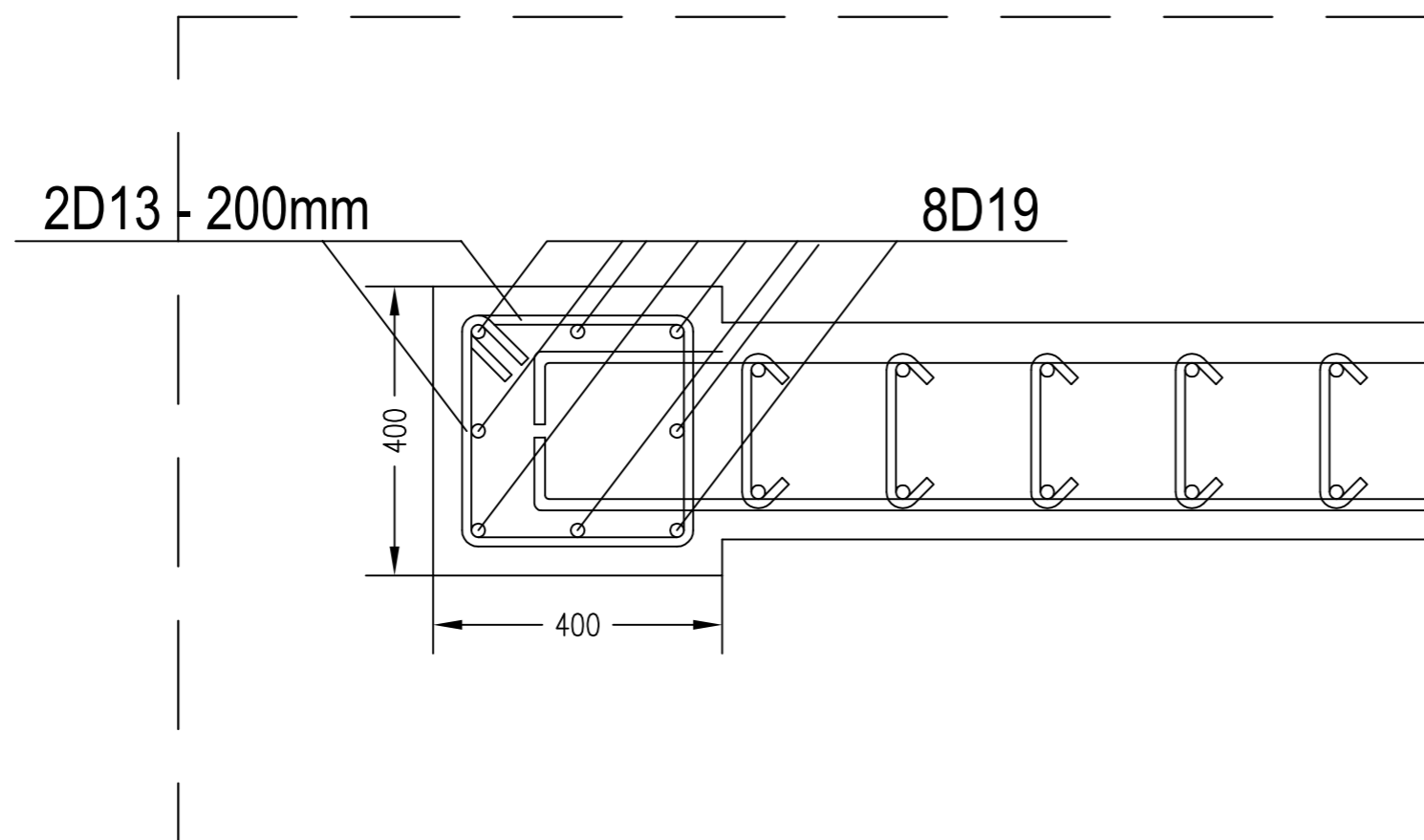
JUMLAH LEMBAR


64

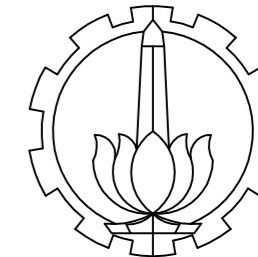
52



 **Detail Penulangan SW**
 Skala 1:50



 **Detail Penulangan SW**
 Skala 1:10



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung Perhotelan
Jenis tanah: Sangat Lunak (SE)
Mutu beton: $f_c' 35$ MPa

NAMA GAMBAR

DETAIL PLAT DAN DINDING KOLAM RENANG

KODE GAMBAR

SKALA

STR

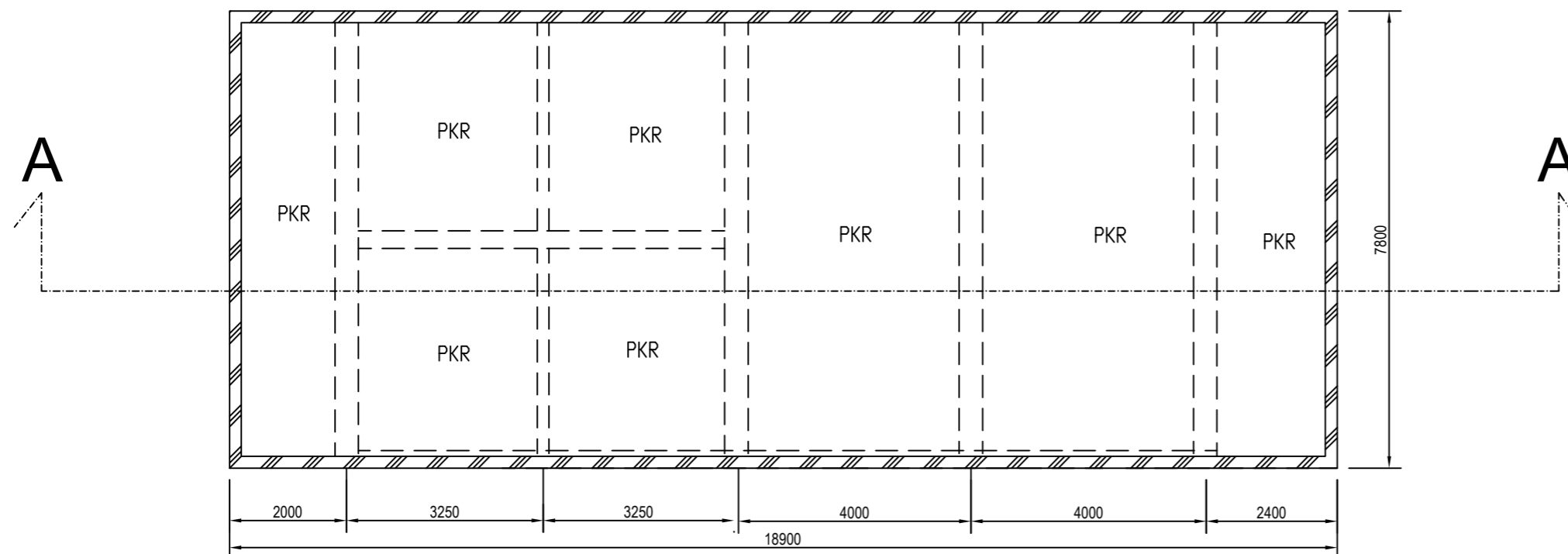
1:100

NO. LEMBAR

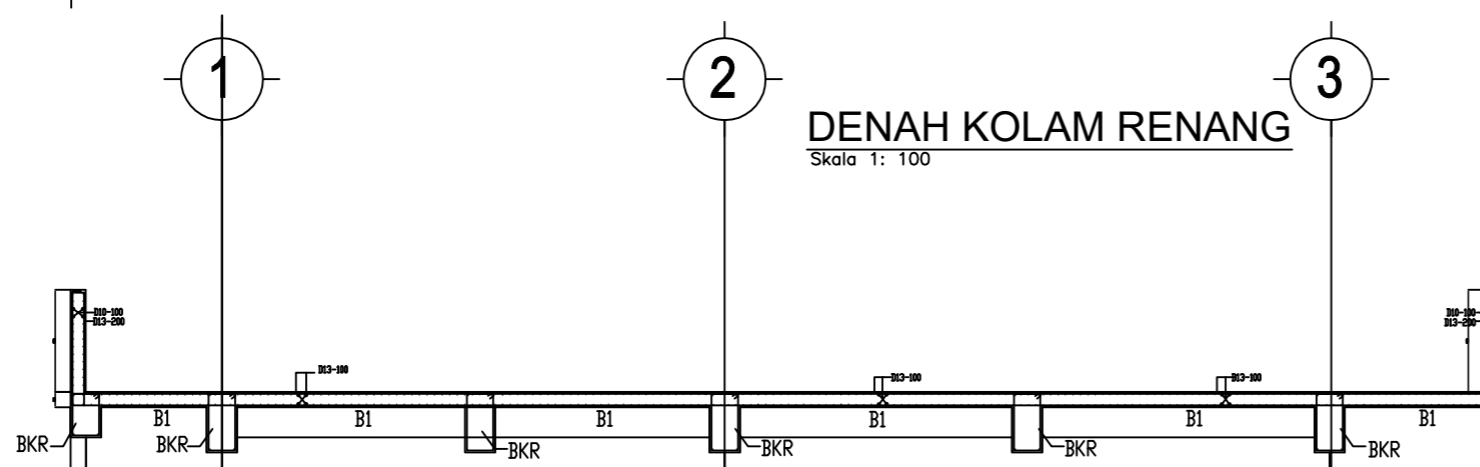
JUMLAH LEMBAR

65

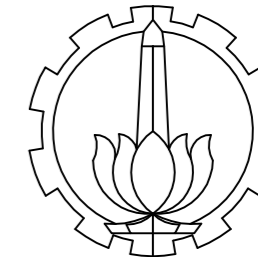
73



DENAH KOLAM RENANG
Skala 1: 100



POTONGAN A-A
Skala 1: 100



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu beton = f'_c 35 MPa

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK KOLAM RENANG

KODE GAMBAR

SKALA

STR

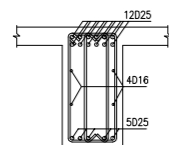
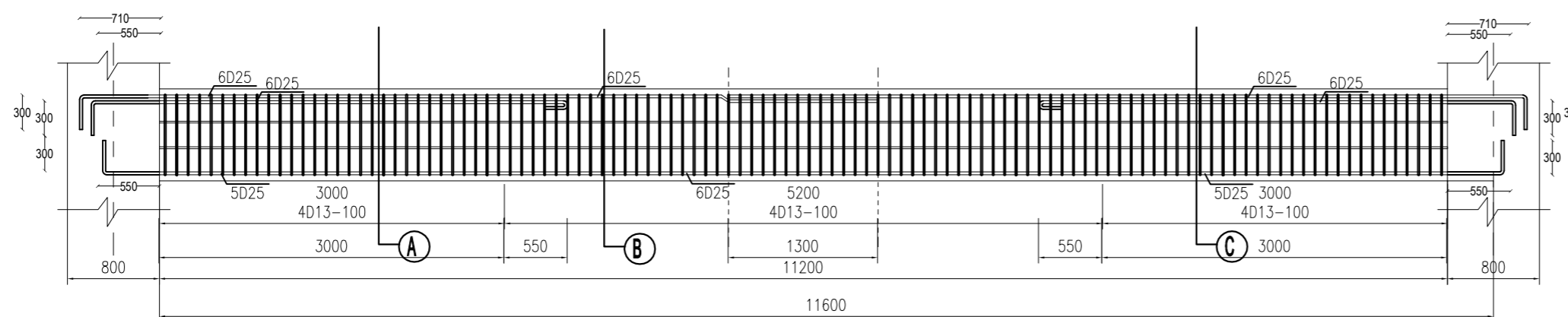
1 : 100

NO. LEMBAR

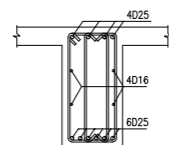
JUMLAH LEMBAR

66

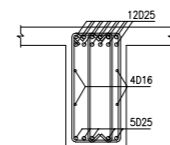
73




POTONGAN A-A
 skala 1:10

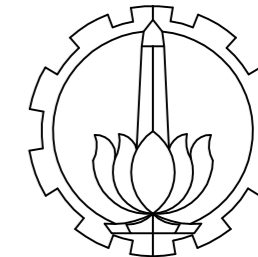


POTONGAN B-B
 skala 1:10



POTONGAN C-C
 skala 1:10

 **Detail Penulangan Balok KR**
 Skala 1:100



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TANGGA

KODE GAMBAR

SKALA

STR

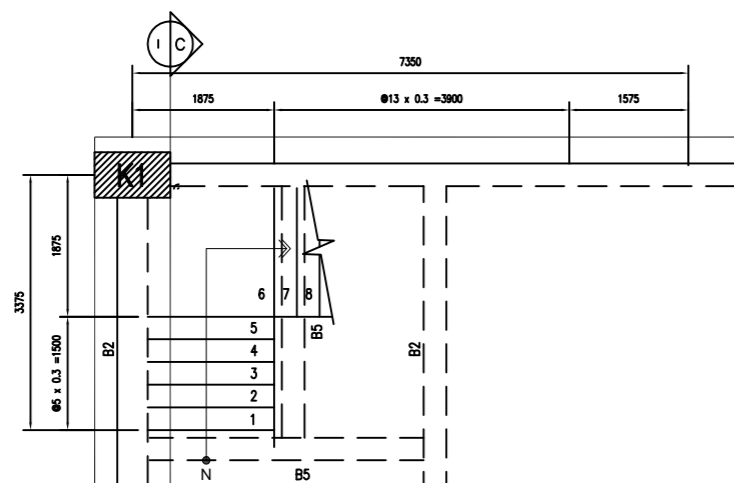
1 : 75

NO. LEMBAR

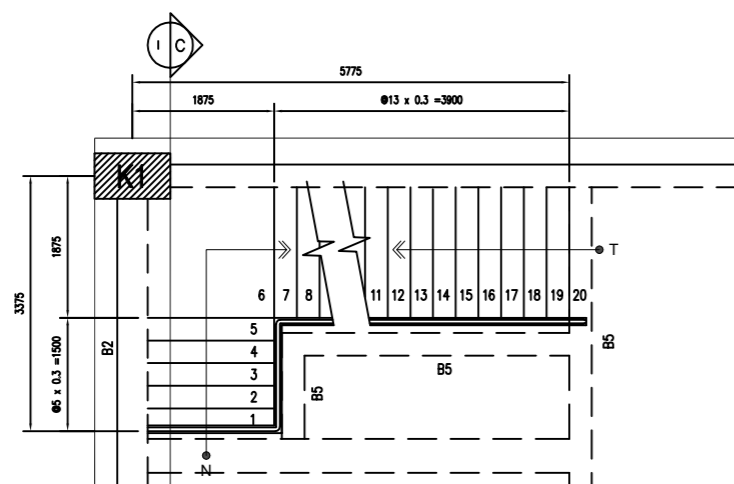
JUMLAH LEMBAR

67

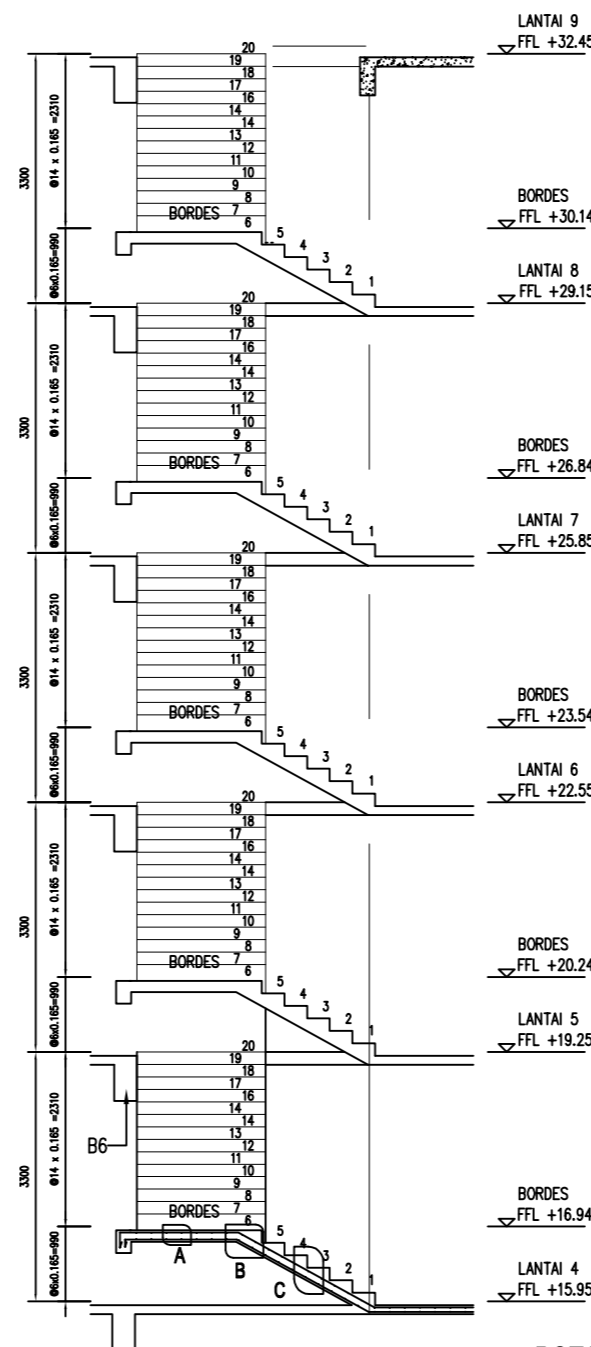
73



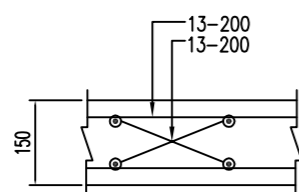
DETAIL TANGGA TENGAH
 SKALA 1:75



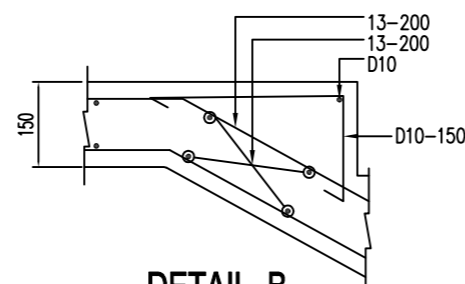
DETAIL TANGGA TENGAH
 SKALA 1:75



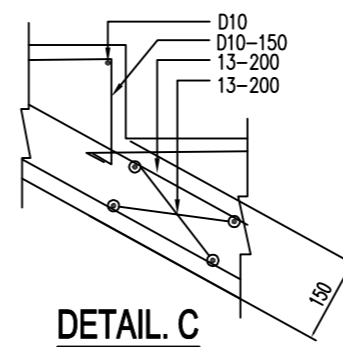
POTONGAN C - C
 SKALA 1:75



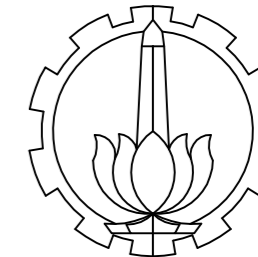
DETAIL. A
 SKALA 1:10



DETAIL. B
 SKALA 1:10



DETAIL. C
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)

NAMA GAMBAR

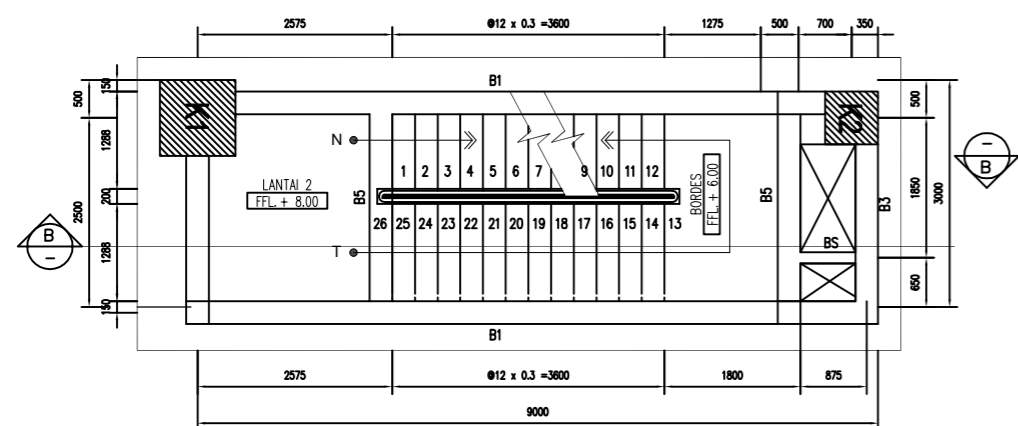
DETAIL PENULANGAN TANGGA

KODE GAMBAR SKALA

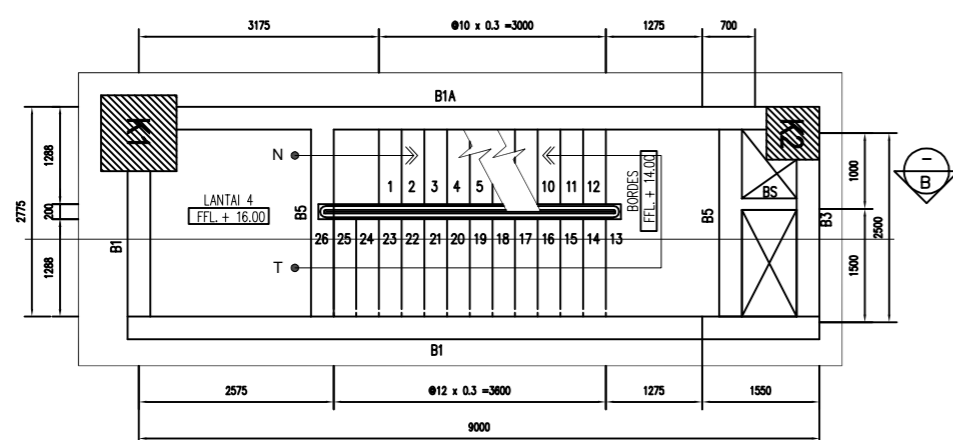
STR 1 : 75

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

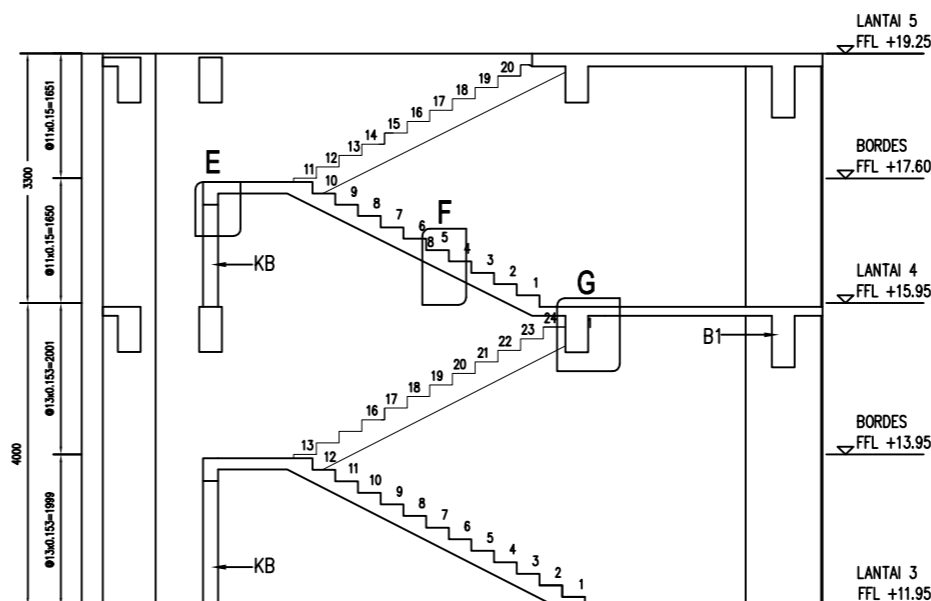
68 73



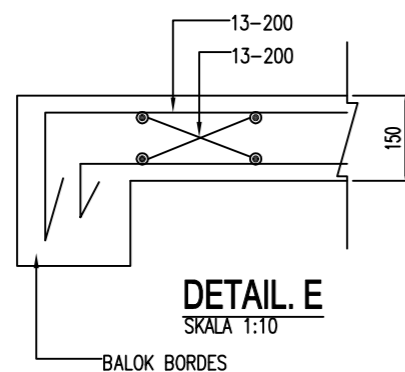
DETAIL TANGGA DARURAT (h= 4 m)
 SKALA 1:75



DETAIL TANGGA DARURAT (h = 3,3 m)
 SKALA 1:75

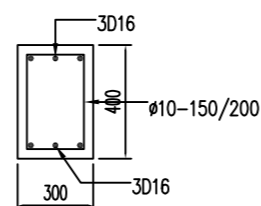


POTONGAN B-B PADA TANGGA DARURAT
 SKALA 1:75

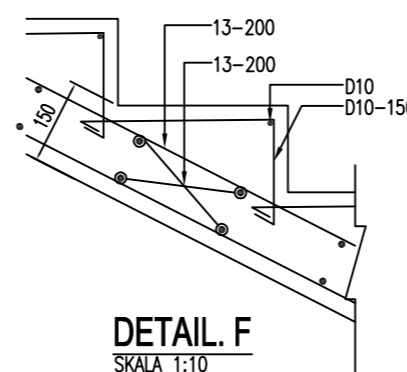


DETAIL. E
 SKALA 1:10

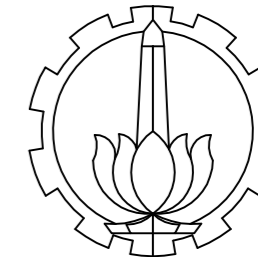
BALOK BORDES



DETAIL BALOK BORDES
 SKALA 1:20



DETAIL. F
 SKALA 1:10



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
DARMOCENTRUM SURABAYA
MENGUNAKAN SISTEM GANDA
DAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perhotelan
Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
Mutu baja : BJ 41

NAMA GAMBAR

DETAIL ATAP BAJA

KODE GAMBAR

SKALA

STR

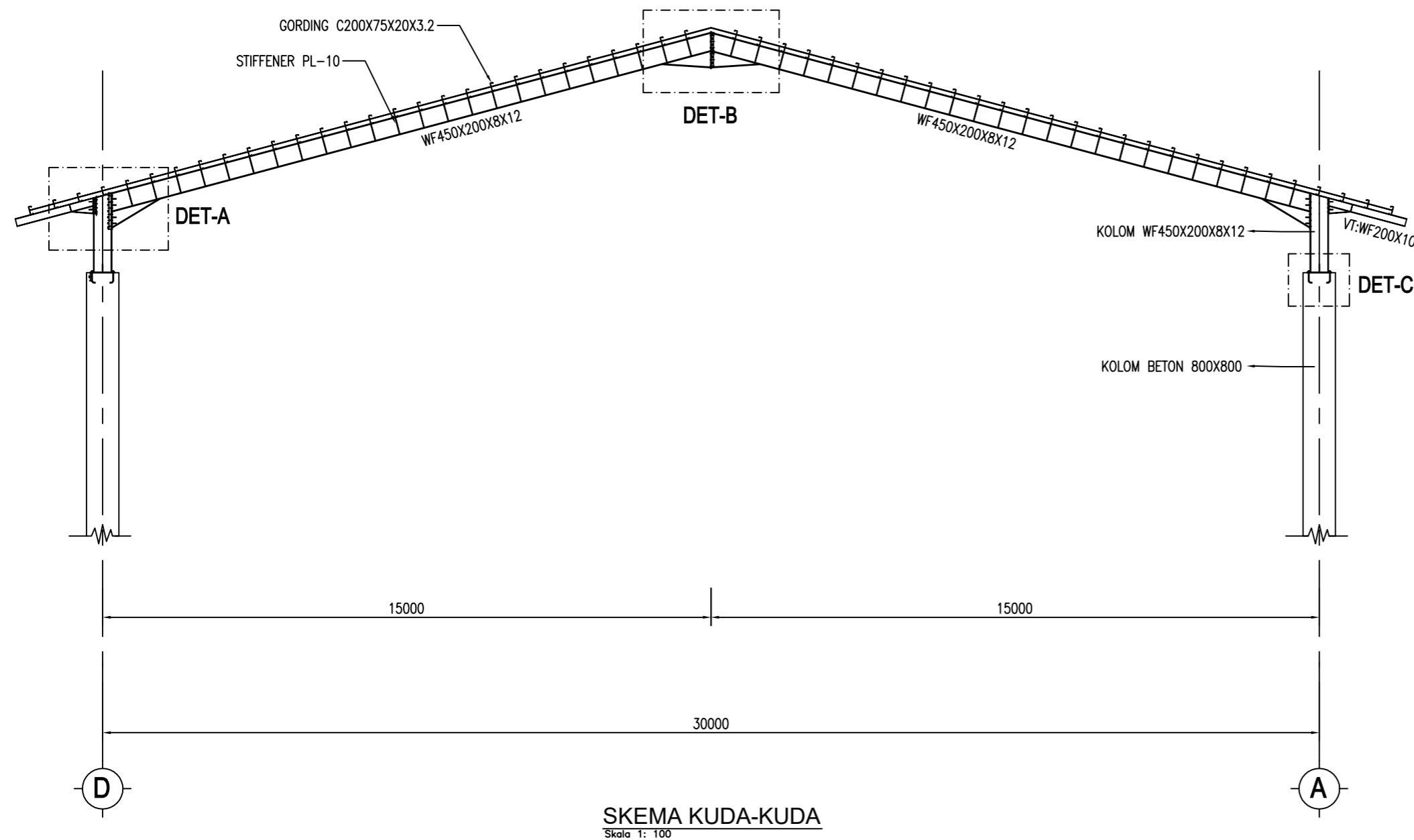
1 : 100

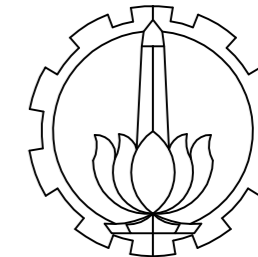
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

69

73





DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu baja : BJ 41

NAMA GAMBAR

DETAIL ATAP BAJA

KODE GAMBAR

SKALA

STR

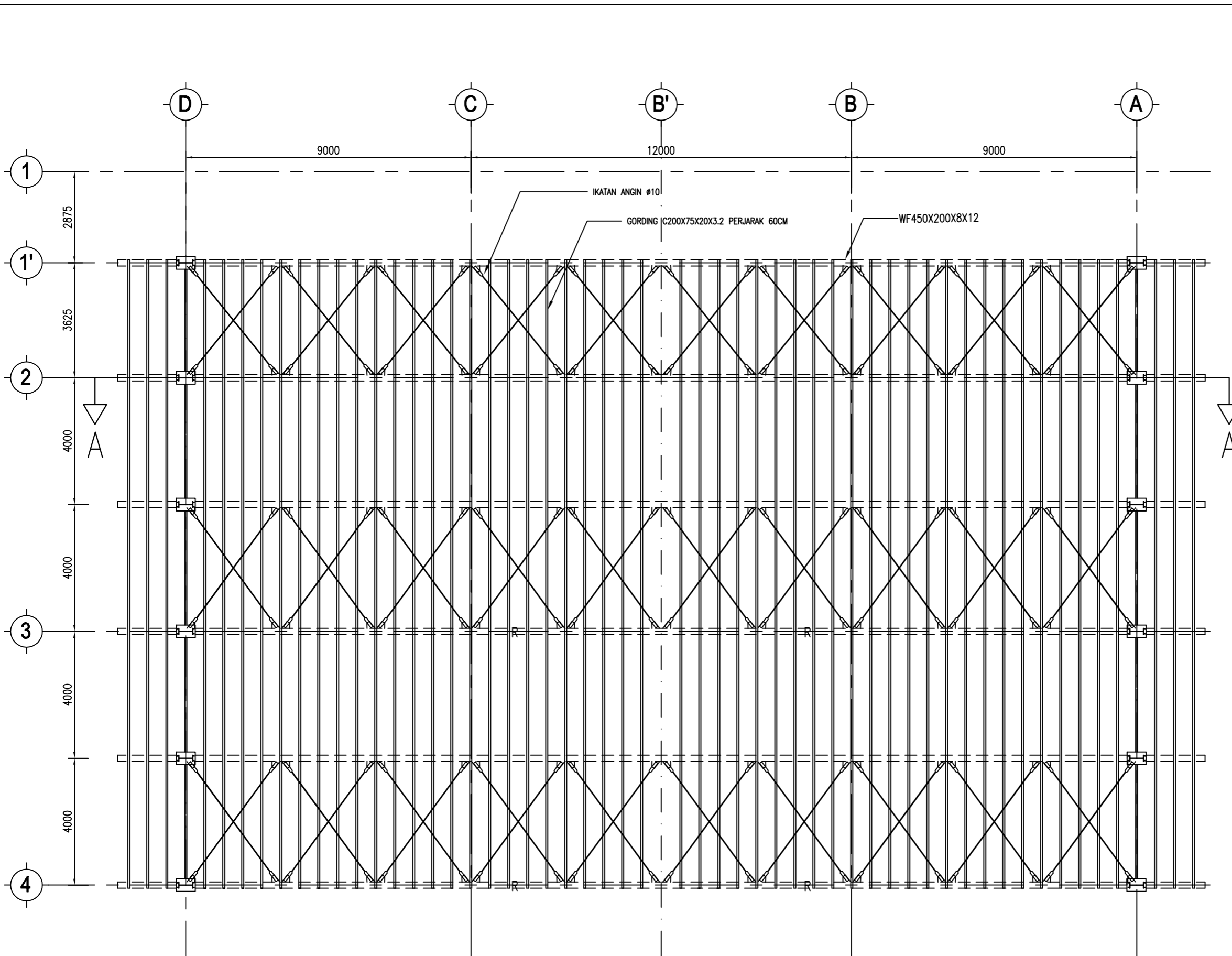
1 : 100

NO. LEMBAR

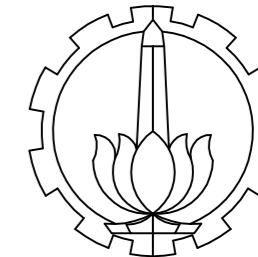
JUMLAH LEMBAR

70

73



DENAH RANGKA ATAP BAJA
 Skala 1: 100



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu baja : BJ 41

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
 KUDA-KUDA DAN
 KOLOM BAJA

KODE GAMBAR

SKALA

STR

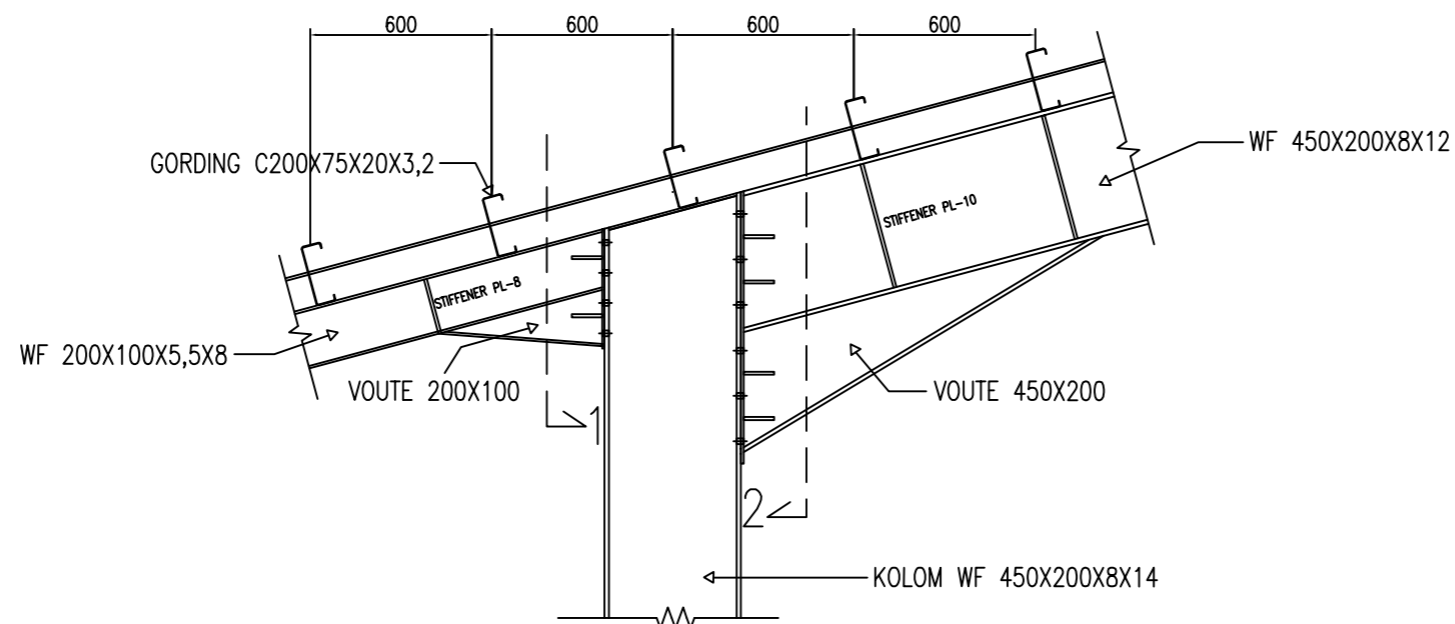
1:100

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

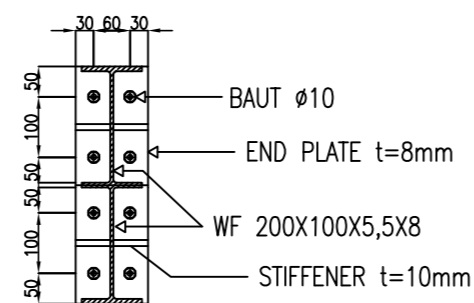
71

73



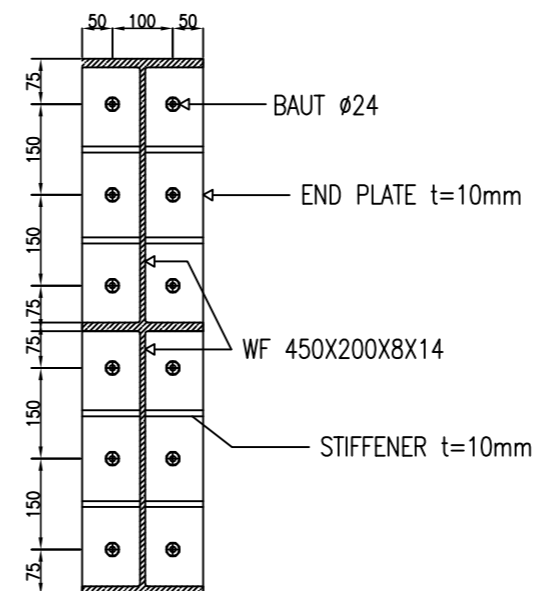
DETAIL-A

Skala 1: 100



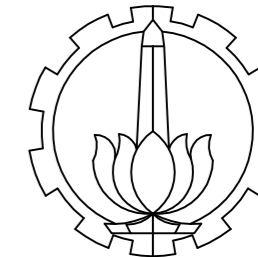
POTONGAN-1

Skala 1: 100



POTONGAN-2

Skala 1: 100



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu baja : BJ 41

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
 KUDA-KUDA

KODE GAMBAR

SKALA

STR

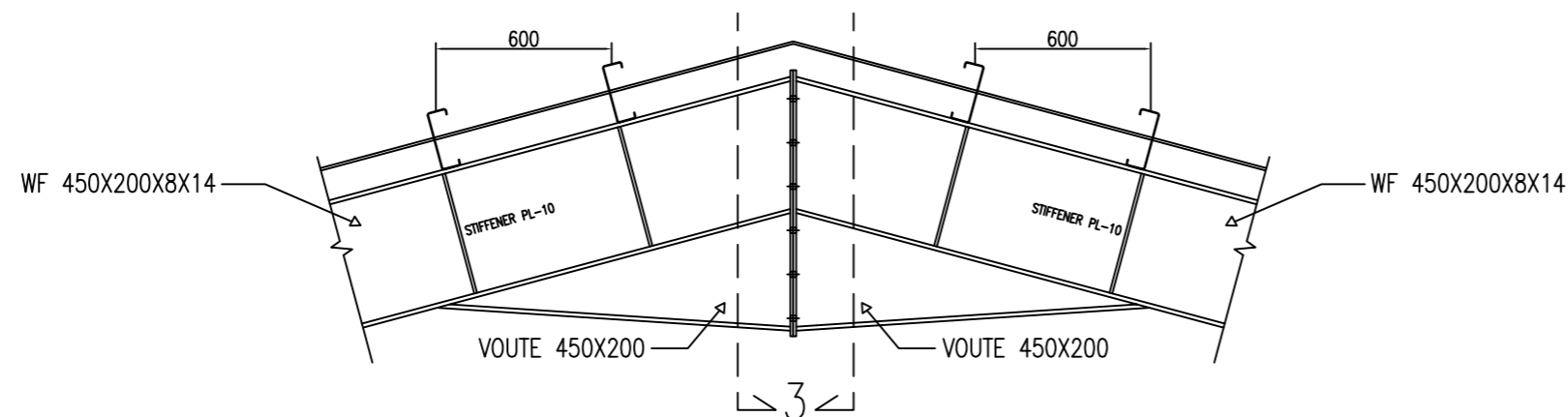
1:100

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

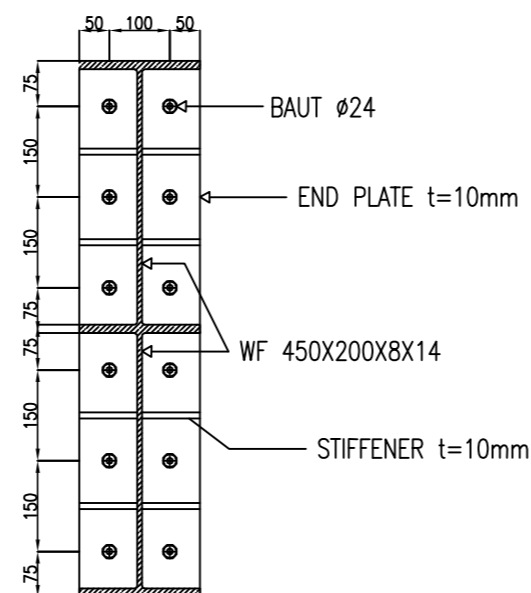
72

73



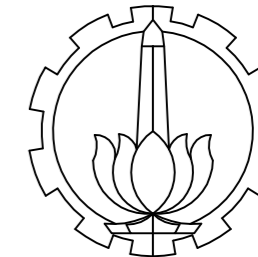
DETAIL-B

Skala 1: 100



POTONGAN-3

Skala 1: 100



DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

DESAIN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
 DARMOCENTRUM SURABAYA
 MENGGUNAKAN SISTEM GANDA
 DAN METODE PELAKSANAAN
 PEKERJAAN BALOK-PLAT LANTAI

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D
 NIP. 19630726 198903 1 003

NAMA MAHASISWA

Rizka Rahmi Puspita
 NRP. 3113 041 043

KETERANGAN

Fungsi bangunan : Gedung perhotelan
 Jenis tanah: Sangat lunak (SE)
 Mutu baja : BJ 41

NAMA GAMBAR

DETAIL ANGKUR DAN
 PLAT LANDAS

KODE GAMBAR

SKALA

STR

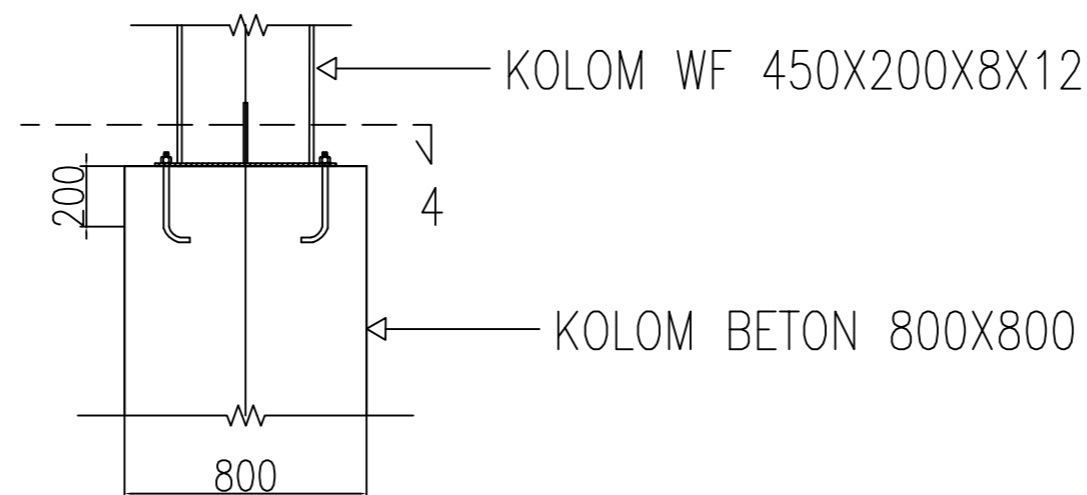
1:100

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

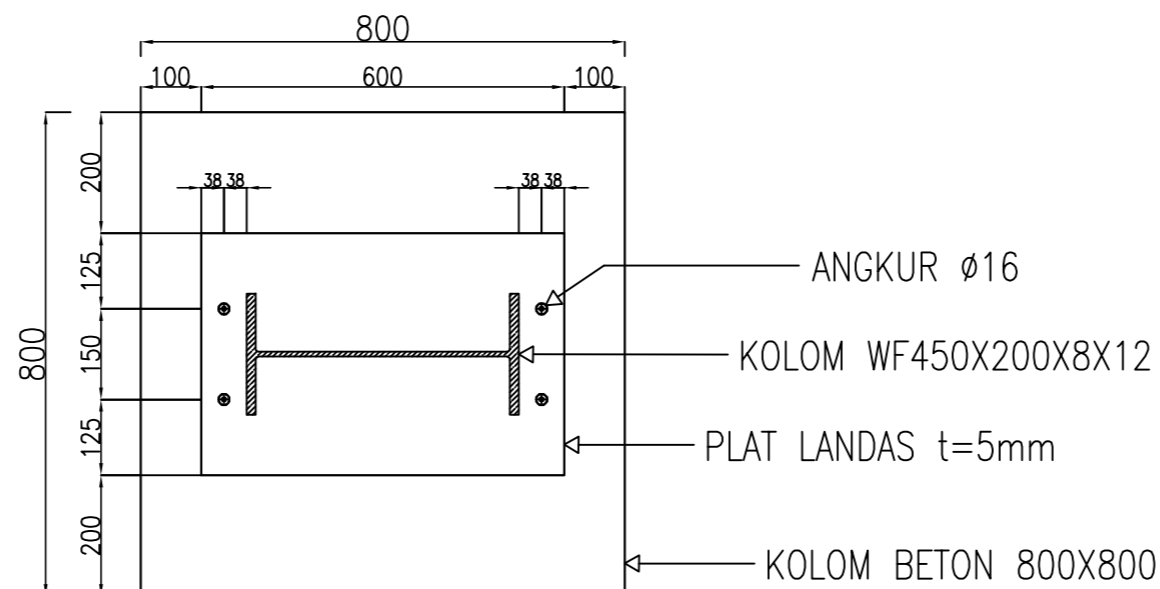
73

73



DETAIL-C

Skala 1: 100



DETAIL-C

Skala 1: 100

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, pada tanggal 11 Juni 1995, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Pendidikan SD ditempuh penulis di SDN Dr. Soetomo VIII Surabaya, SMPN 1 Surabaya, SMAN 2 Surabaya. Setelah itu, Penulis melanjutkan pendidikan di program studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil reguler Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113041043. Penulis mengambil konsentrasi bidang Struktur Bangunan Gedung di bangku perkuliahan dan menulis buku ini untuk mendapatkan gelar Sarjana Terapan. Penulis sempat beberapa kali mengikuti kegiatan perlombaan di bidang Teknik Sipil dan aktif pada beberapa kegiatan organisasi mahasiswa, seperti Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas (BEMF 2014-2015) serta Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS 2015-2016).

Narahubung:

Email: rizkarahmipuspita@gmail.com