



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599**

# **MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG APARTEMEN PAVILION PERMATA MENGGUNAKAN PELAT DAN BALOK PRACETAK**

**SHABRI ROBBI USAMMAH**  
NRP. 10111410000063

Dosen Pembimbing:  
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
NIP. 19600105 198603 1 003

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



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599**

# **MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG APARTEMEN PAVILION PERMATA MENGGUNAKAN PELAT DAN BALOK PRACETAK**

**SHABRI ROBBI USAMMAH  
NRP 10111410000063**

**Dosen Pembimbing  
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
NIP . 19600105 198603 1 003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**



**APPLIED FINAL PROJECT - RC146599**

# **STRUCTURAL MODIFICATION AND IMPLEMENTATION METHOD OF APARTMENT PAVILION PERMATA BUILDING USING PRECAST BEAM AND SLAB**

**SHABRI ROBBI USAMMAH  
NRP 10111410000063**

Supervisor  
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.  
NIP . 19600105 198603 1 003

DIPLOMA IV OF CIVIL ENGINEERING  
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF VOCATION  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018

**“MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGUNAKAN PLAT DAN BALOK  
PRACETAK”**

**TUGAS AKHIR TERAPAN**

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

Surabaya, 1 Agustus 2018

Disusun oleh:  
**MAHASISWA**



**SHABRI ROBBI USAMMAH**

**NRP. 10111410000063**



Disetujui oleh:  
**DOSEN PEMBIMBING**

01 AUG 2018

**Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS**  
**NIP. 19600105 198603 1 003**





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

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

Tanggal : 24 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Struktur Dan Metode Pelaksanaan Gedung Apartemen Paviliun Permata Surabaya Menggunakan Plat Dan Balok Pracetak		
Nama Mahasiswa	Shabri Robbi Usammah	NRP	10111410000063
Dosen Pembimbing 1	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	- NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
- Gambar penulangan $\geq$ plat.	
	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003
- Posisi $\geq$ Ru (gaya penggantung lift) di perjelas - balok (pjpg penyaluran tulg. precast) hrs di perjelas.	 Ir. Sri Subektie, MT NIP 19560520 198903 2 001
	Afif Navir Refani, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001
- Periksa penambahan $\geq$ tulg. jangan sampai terjadi over reinforcement. - Tulg. rangkap pada balok harus dikontrol tdk kekuatan kom d berubah. - Kesesuaian hit. tulg.	 Ir. Sukobar, MT. NIP 19571201 198601 1 002

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Sri Subektie, MT NIP 19560520 198903 2 001	Afif Navir Refani, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001	Ir. Sukobar, MT. NIP 19571201 198601 1 002

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 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 SHABRI ROBBI USAMMAH 2  
**NRP** : 1 10111410000063 2  
**Judul Tugas Akhir** : Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Apartemen Parilion Permata Surabaya menggunakan plat dan Balok Pracetak  
**Dosen Pembimbing** : Ir. IBNU PUJJI RAHARDJO, MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan								
1	13-02-2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Kapasitas tower crane min. 2x beban elemen pracetak</li> <li>2. Tebal min plat pracetak bisa diabaikan, bila lendutan diperhitungkan</li> <li>3. Tidak memperhatikan beban angin</li> <li>4. Sander pelaksanaan PCI</li> </ul>		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
2	23-02-2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Plat disarankan 1 arah, divide 0,25</li> <li>2. Uniform to shell</li> <li>3. Cek reduksi beban hidup</li> </ul>		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
3	1-03-2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posisi jepit dibawah pilecap</li> <li>- Posisi konsol pendek balok induk</li> <li>- Cek simpangan menggunakan kombinasi gempa ultimate</li> </ul>		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
4	28-03-2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontrol momen (+) dan (-) pengang- katan plat</li> <li>- Tinggi overtopping 30cm 30cm, ketika pengeroran</li> <li>- Berat jenis beton basah + tulangan 2550 kg/m<sup>3</sup> (200kg/m<sup>3</sup> tulangan)</li> </ul>		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input checked="" 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 SHABRI ROBBI USAMMAH 2  
**NRP** : 1 101141000063 2  
**Judul Tugas Akhir** : Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Apartemen Paviliun Permata Surabaya menggunakan Plat dan Balok Pracetak  
**Dosen Pembimbing** : IR. IBNU PUJJI RAHARJO, MS

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan																		
5	11-04-2018	- Buat keyplan perhitungan di excel - Peningkatan balok menggunakan beam baja - Tulangan torsi memanjang di ysis bukan hanya di samping. - Solusi pesterapan balok anak dan balok induk (bila tidak direlease) - Tangga dihitung dengan SAP		<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 checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				B	C	K	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				B	C	K	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K																				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
B	C	K																				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
6	09-05-2018	- Hitung dengan SAP, kecukupan kontrol pada balok saat peningkatan dan sebelum komposit - Kebutuhan tulangan tambahan (centur dan geser) ditatal dengan kebutuhan akibat momen dan geser - Hitung menggunakan SAP, kebutuhan tulangan dan dibandingkan - MPR = momen kapasitas - Vu untuk dasar geser = 1,2DU + 1,0L		<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 checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				B	C	K	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				B	C	K	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K																				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
B	C	K																				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				

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





**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Shabri Robbi Usammah 2  
**NRP** : 1 1011141000063 2  
**Judul Tugas Akhir** : Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Apartemen Pavilion Remata Surabaya menggunakan Plat dan Balok Pracetak  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan												
7.	14-05-2018	- lo pada kolom = jarak sendi plastik, $V_c = 0$ - Cek p tulangan susut		<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	B	C	K	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
B	C	K														
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
8.	24-05-2018	- momen diambil tiap titik P, mx dan my, tidak boleh diambil terbesar di semua titik - Buat perhitungan di tiap titik, untuk gaya yang hampir sama dipakai pondasi sama - Output per titik pondasi / per letakan - Perhitungan sloof dihitung berdasarkan momen (+) dan (-) dari SAP, dan p tekan dari PCACol (diambil yang terbesar) - Ijin diatas gempa = 2 non gempa = 3		<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>  <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>B</td><td>C</td><td>K</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	B	C	K	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K														
<input checked="" 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

Cup

**MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGUNAKAN PLAT DAN BALOK  
PRACETAK**

Nama Mahasiswa : Shabri Robbi Usammah  
NRP : 10111410000063  
Departemen : Diploma-IV Teknik Infrastruktur Sipil  
FV - ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.  
NIP : 19600105 198603 1 003

**ABSTRAK**

Apartemen Pavilion Permata mempunyai 12 lantai unit, 1 basement dan 1 atap dengan tinggi total bangunan +36 meter, akan dimodifikasi dengan menaikkan basement menjadi lantai podium dan lobby sehingga tinggi bangunan naik menjadi +40 meter dan metode pelaksanaan sebelumnya menggunakan beton konvensional menjadi beton pracetak pada balok dan platnya. Pada perhitungan struktur ini dirancang dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dimana sistem ini dirancang untuk daerah rawan gempa sesuai SNI 1726:2012 dan pembebanan sesuai peraturan SNI 1727:2013. Untuk perencanaan beton berdasarkan pada SNI 2847:2013. Sedangkan untuk perencanaan beton pracetak berdasarkan SNI 7833:2012 dan PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition:2010. Luaran yang akan dihasilkan dari desain ini adalah berupa hasil perhitungan yang meliputi detail penulangan balok, kolom, pelat dan tangga yang dituangkan ke dalam bentuk gambar teknik. Selain itu pada tugas akhir terapan ini juga dibahas tahapan metode pelaksanaan beton pracetak yang digunakan pada bangunan ini.

Hasil perencanaan gedung apartemen Pavilion Permata ini meliputi dimensi dari setiap element struktur. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek. Berdasarkan hasil perhitungan, tebal pelat yang digunakan adalah 14 cm, dan dimensi kolom 60 x80 cm. Selain itu, dimensi balok induk dan balok anak yang digunakan masing-masing adalah 35/60 cm dan 30/40 cm.

**Kata Kunci : Beton bertulang, Beton Pracetak, SRPMK**

**STRUCTURAL MODIFICATION AND  
IMPLEMENTATION METHOD OF APARTMENT  
PAVILION PERMATA BUILDING USING PRECAST  
BEAM AND SLAB**

Name of student : Shabri Robbi Usammah  
NRP : 10111410000063  
Department : D-IV Civil Infrastructure Engineering  
FV-ITS  
Supervisor : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.  
NIP : 19600105 198603 1 003

**ABSTRACT**

*Pavilion Permata apartment has 12 floors of unit, 1 basement and 1 roof with total height of +36 meter building, will be modified by raising the basement to podium and lobby floor so that height of building goes up to +40 meter and change the previous method using conventional methods into precast concrete on its beams and slab. The calculation of this structure is designed by using a special moment resisting frame system in which the system is designed for earthquake areas in accordance with SNI 1726: 2012 and load calculation according to SNI 1727: 2013. For concrete design based on SNI 2847: 2013. As for precast concrete planning based on SNI 7833: 2012 and PCI Design Handbook 7th Edition: 2010. The output to be generated from this design is in the form of calculations which include details of the beam, column, plate and stair reinforcement poured into engineering design. In addition to this final assignment is also discussed the stages of precast concrete implementation methods used in this building.*

*The result of the planning of this Pavilion Permata apartment building includes the dimensions of each element of*

*the structure. The connection between precast elements uses wet connections and a short console. Based on the calculation, the thickness of the plate used is 14 cm, and the column dimension is 60 x80 cm. In addition, the dimensions of the parent beam and beam used are 35/60 cm and 30/40 cm, respectively,*

***Keyword : Reinforced concrete, precast concrete, Special moment resisting frame system***



## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat, kasih dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Apartemen Pavilion Permata Menggunakan Plat dan Balok Pracetak” ini dengan baik dan tepat waktu. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi yang nyata dalam bidang ketekniksipilan. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi atas terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, diantaranya :

1. Kedua orangtua, yang selalu memberikan motivasi, yang selalu mengingatkan kesehatan lebih penting dari apapun dan selalu mendukung saya dalam hal apapun.
2. Bapak Ibnu Pudji Rahardjo, MS. sebagai dosen konsultasi yang telah memberikan banyak arahan dan ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Bapak dan Ibu Dosen dan Karyawan Departmen Infrastruktur Sipil ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.
4. Keluarga Besar Angkatan 2014 yang selalu membantu dan memberi motivasi untuk lulus bersama.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Umum.....	7
2.2 Sistem Struktur Gedung .....	7
2.3 Beton Pracetak.....	8
2.4 Tinjauan Elemen Pracetak.....	8
2.4.1 Pelat.....	8
2.4.2 Balok .....	10
2.5 Jenis Sambungan Beton Pracetak.....	11
2.6. Tahapan Pekerjaan Beton Pracetak .....	13
2.6.1 Produksi.....	13
2.6.2 Transportasi.....	14
2.6.3 Pemasangan (Erection).....	14
2.7 Studi Perencanaan Terdahulu .....	15
BAB III METODOLOGI.....	17
3.1 Tinjauan Umum .....	17
3.2 Data Perencanaan .....	17
3.3 Penentuan Kriteria Desain.....	18
3.4 Preliminary Design.....	18

3.4.1 Dimensi Plat Lantai .....	18
3.4.2 Dimensi Balok .....	18
3.4.3 Dimensi Kolom.....	19
3.4.4 Dimensi Tangga.....	20
3.5 Perhitungan Beban.....	20
3.5.1 Beban Statis .....	20
3.5.2 Beban gempa .....	21
3.6.3 Kombinasi Pembebanan .....	25
3.7 Permodelan dan Analisa Struktur .....	25
3.8 Perencanaan Penulangan Struktur .....	26
3.8.1 Perencanaan Tulangan Pelat .....	26
3.8.2 Perencanaan Tulangan Balok .....	28
3.8.3 Perencanaan Tulangan Kolom.....	29
3.9 Kontrol Elemen Pracetak.....	33
3.9.1 Kontrol Pengangkatan .....	34
3.9.2 Kontrol Penumpukan.....	35
3.9.3 Kontrol Pengecoran .....	36
3.9.4 Kontrol Saat Komposit .....	37
3.10 Perencanaan Sambungan .....	37
3.10.1 Sambungan Balok-Kolom .....	38
3.10.2 Sambungan Balok Induk-Balok Anak.....	38
3.10.3 Sambungan Balok-Pelat .....	39
3.10.4 Sambungan Pelat-Pelat .....	40
3.10.5 Perencanaan Pondasi .....	40
3.11 Metode Pelaksanaan .....	43
3.12 Gambar Perencanaan .....	43
<b>BAB IV PRELIMINARY DESIGN .....</b>	<b>45</b>
4.1 Data Perencanaan .....	45
4.2 Perencanaan Tebal Pelat.....	46
4.3 Perencanaan Dimensi Balok.....	47
4.4 Perencanaan Dimensi Tangga .....	49

4.5 Perencanaan Dimensi Kolom .....	50
<b>BAB V ANALISA PEMBEBANAN .....</b>	<b>55</b>
5.1 Beban Statis .....	55
5.1.1 Beban Mati (DL) .....	55
5.1.2 Beban Hidup (LL) .....	58
5.2 Beban Gempa .....	59
5.2.1 Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung .....	59
5.2.2 Menentukan Faktor Keutamaan Gempa .....	59
5.2.3 Menentukan Kelas Situs .....	60
5.2.4 Menentukan Parameter Percepatan Gempa .....	61
5.2.5 Menentukan Koefisien Situs .....	61
5.2.6 Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral ..	62
5.2.7 Menentukan Kategori Desain Seismik .....	62
5.2.8 Menentukan Parameter Struktur .....	62
5.2.9 Analisa Respon Spektrum .....	62
5.3 Kombinasi Pembebanan .....	63
<b>BAB VI PERMODELAN STRUKTUR.....</b>	<b>65</b>
6.1 Besaran Massa .....	65
6.2 Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respons Spektrum SAP 2000 untuk SRPM .....	66
6.3 Kontrol Partisipasi Massa .....	66
6.4 Kontrol Periode Fundamental .....	67
6.5 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur .....	68
6.6 Kontrol Simpangan Antar Lantai .....	70
<b>BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR ATAS .....</b>	<b>73</b>
7.1 Penulangan Pelat Pracetak .....	75
7.1.1 Penulangan Pelat akibat pengangkatan .....	75
7.1.2 Penulangan Pelat Sebelum Komposit .....	79
7.1.3 Penulangan Pelat Setelah Komposit .....	80
7.1.4 Kontrol Tegangan Pelat .....	82
7.2 Penulangan Tangga .....	100
7.3.1 Penulangan Pelat Tangga .....	101

7.3.2 Penulangan Pelat Bordes .....	104
7.3 Penulangan Balok Bordes.....	107
7.4 Penulangan Balok Lift.....	118
7.5 Penulangan Balok Anak .....	128
7.5.1 Penulangan Balok Anak Saat Pengangkatan .....	132
7.5.2 Penulangan Balok Anak Sebelum Komposit.....	136
7.5.3 Penulangan Balok Anak Setelah Komposit.....	142
7.5.4 Kontrol Tegangan .....	148
7.6 Perencanaan Balok Induk Pracetak .....	153
7.6.1 Penulangan Balok Induk Akibat Pengangkatan .....	155
7.6.2 Penulangan Balok Induk Sebelum Komposit.....	157
7.6.3 Penulangan Balok Induk Saat Komposit .....	160
7.6.4 Kontrol Tegangan .....	174
7.7 Penulangan Kolom .....	179
7.8 Perencanaan Sambungan .....	190
7.8.1 Sambungan Balok dan Kolom.....	191
7.8.2 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk.....	193
7.8.3 Sambungan Pelat dan Balok .....	197
<b>BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR PONDASI .....</b>	<b>201</b>
8.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah.....	201
8.2 Perhitungan Pondasi .....	207
8.3 Perhitungan Sloof.....	217
<b>BAB IX METODE PELAKSANAAN.....</b>	<b>225</b>
9.1 Aspek K3.....	225
9.1.1 Rambu-rambu K-3 .....	225
9.1.2 APD yang digunakan.....	226
9.2 Siteplan Konstruksi .....	228
9.3 Metode Pelaksanaan .....	229
9.3.1 Fabrikasi Elemen Pracetak .....	229
9.3.2 Pengangkatan Elemen Pracetak.....	230
9.3.3 Penumpukan Elemen Pracetak .....	232
9.3.4 Pemasangan Elemen Pracetak .....	232

9.3.5 Overtopping.....	233
9.3.6 Curing.....	234
BAB X PENUTUP .....	235
10.1 Kesimpulan.....	235
10.2 Saran.....	236
DAFTAR PUSTAKA.....	237
BIODATA PENULIS .....	239
LAMPIRAN .....	241

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Denah balok eksisting .....	2
<b>Gambar 1.2</b>	Denah balok pracetak rencana .....	2
<b>Gambar 1.3</b>	Tampak Depan Eksisting dan Rencana.....	3
<b>Gambar 2. 1</b>	Konsep Strong Column Weak Beam .....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Pelat Pracetak berlubang (Hollow Core Slab) .....	9
<b>Gambar 2.3</b>	Pelat Pracetak Tanpa Lubang (Solid Slab).....	9
<b>Gambar 2. 4</b>	Pelat pracetak tipe Tee .....	10
<b>Gambar 2.5</b>	Balok berpenampang persegi (Rectangular Beam) 10	
<b>Gambar 2.6</b>	Balok berpenampang L (L-Shaped Beam).....	10
<b>Gambar 2.7</b>	Balok T terbalik (Inverted Tee Beam) .....	10
<b>Gambar 2.8</b>	Sambungan Basah Struktur Pracetak .....	11
<b>Gambar 2.9</b>	Sambungan dengan Las pada Struktur Pracetak ....	12
<b>Gambar 2.10</b>	Sambungan dengan Baut pada Struktur Pracetak	13
<b>Gambar 2.11</b>	Pengangkatan dengan katrol tower crane.....	15
<b>Gambar 2.12</b>	Pengangkatan dengan profil baja .....	15
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram alir metodologi .....	17
<b>Gambar 3.2</b>	Permodelan struktur gedung Apartemen Pavilion Permata.....	26
<b>Gambar 3. 3</b>	Diagram Alir Penulangan Lentur Balok .....	28
<b>Gambar 3.4</b>	Gaya Geser Desain untuk Kolom.....	31
<b>Gambar 3.5</b>	Kontrol Pengangkatan.....	34
<b>Gambar 3.6</b>	Kontrol Penumpukan .....	36
<b>Gambar 3.7</b>	Kontrol pengecoran.....	36
<b>Gambar 3.8</b>	Kontrol Saat Komposit .....	37
<b>Gambar 3.9</b>	Sambungan Konsol .....	38
<b>Gambar 3.10</b>	Sambungan Balok Induk dan Kolom .....	39
<b>Gambar 3. 11</b>	Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak ....	39
<b>Gambar 3.12</b>	Sambungan Balok dengan Pelat.....	40
<b>Gambar 3.13</b>	Efisiensi Kelompok Tiang .....	41
<b>Gambar 4.1</b>	Lokasi Eksisting Apartemen Pavilion Permata.....	46
<b>Gambar 4.2</b>	Perencanaan Dimensi Pelat.....	46

<b>Gambar 4.3</b>	Perencanaan Dimensi Balok Induk .....	48
<b>Gambar 4.4</b>	Perencanaan Dimensi Balok Anak.....	49
<b>Gambar 4.5</b>	Perencanaan Dimensi Tangga unit.....	49
<b>Gambar 4.6</b>	Area yang dipikul kolom K1 .....	50
<b>Gambar 4.7</b>	Area yang dipikul kolom K2.....	52
<b>Gambar 5.1</b>	Dimensi Elevator Hyundai .....	56
<b>Gambar 5.2</b>	Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift .....	57
<b>Gambar 5.3</b>	Nilai $S_1$ , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik .....	61
<b>Gambar 5.4</b>	Nilai $S_s$ , Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek .....	61
<b>Gambar 5.5</b>	Respons Spektrum Desain.....	63
<b>Gambar 6.1</b>	Besaran massa struktur.....	65
<b>Gambar 6.2</b>	Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	70
<b>Gambar 7. 1</b>	Titik angkat pelat.....	76
<b>Gambar 7.2</b>	Pengangkatan pelat pracetak .....	83
<b>Gambar 7.3</b>	Pengangkuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak ...	85
<b>Gambar 7.4</b>	Pemasangan pelat tanpa perancah .....	91
<b>Gambar 7.5</b>	Permodelan SAP tangga.....	101
<b>Gambar 7.6</b>	Balok Bordes yang Ditinjau .....	108
<b>Gambar 7.7</b>	Nilai Momen $M_3$ tumpuan balok bordes .....	109
<b>Gambar 7.8</b>	Nilai momen $m_3$ lapangan balok bordes.....	109
<b>Gambar 7.9</b>	Nilai $V_2$ balok bordes .....	109
<b>Gambar 7.10</b>	Nilai torsi balok bordes .....	109
<b>Gambar 7.11</b>	Penampang balok .....	112
<b>Gambar 7.12</b>	Balok Penggantung Lift yang Ditinjau.....	118
<b>Gambar 7.13</b>	Momen yang Terjadi pada Balok Anak .....	118
<b>Gambar 7.14</b>	Gaya Geser Balok Penggantung Lift.....	118
<b>Gambar 7.15</b>	Torsi Balok Penggantung Lift.....	119
<b>Gambar 7.16</b>	Penampang luasan balok lift .....	122
<b>Gambar 7.17</b>	Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar .....	128
<b>Gambar 7.18</b>	Pembebanan balok anak BA2 .....	130
<b>Gambar 7.19</b>	Momen Pengangkatan Balok Pracetak.....	130

<b>Gambar 7.20</b>	Nilai momen pada balok 3 tumpuan sendi.....	131
<b>Gambar 7.21</b>	Diagram Gaya Geser Balok Anak.....	146
<b>Gambar 7.22</b>	Pengankuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak	150
<b>Gambar 7.23</b>	Beban Sebelum Komposit Balok Induk.....	155
<b>Gambar 7.24</b>	Permodelan Pengangkatan Balok Induk .....	155
<b>Gambar 7. 25</b>	Momen akibat pengangkatan balok Induk .....	156
<b>Gambar 7.26</b>	Nilai M3 BI-2 Sebelum komposit.....	157
<b>Gambar 7.27</b>	Nilai lendutan sebelum komposit.....	159
<b>Gambar 7.28</b>	Nilai M3 tumpuan balok induk .....	160
<b>Gambar 7.29</b>	Nilai M3 lapangan Balok Induk.....	160
<b>Gambar 7.30</b>	Luasan penampang balok induk.....	163
<b>Gambar 7.31</b>	Geser tumpuan balok induk akibat 1DL + 1,2LL .....	170
<b>Gambar 7.32</b>	Geser sejarak 1200mm.....	172
<b>Gambar 7.33</b>	Denah kolom rencana.....	179
<b>Gambar 7.34</b>	Nilai P kolom akibat 1,2DL + 1,6LL .....	180
<b>Gambar 7.35</b>	Nilai gaya V2 dan M3 kolom akibat 1,2DL + 1,6LL .....	180
<b>Gambar 7.36</b>	Nilai P akibat 1,2D + 1L + 1 Ex + 0,3 Ey.....	180
<b>Gambar 7.37</b>	Nilai gaya V2 dan M3 kolom akibat 1,2DL + 1LL + 1 Ey + 0,3 Ex.....	181
<b>Gambar 7.38</b>	Nilai P akibat 1,2D + 1L + 1 Ex + 0,3 Ey.....	181
<b>Gambar 7.39</b>	Nilai gaya V2 dan M3 kolom akibat 1,2DL + 1LL + 1 Ex + 0,3 Ey.....	181
<b>Gambar 7.40</b>	Output PCA Col, kapasitas kolom K1 .....	182
<b>Gambar 7.41</b>	Kapasitas kolom desain dan kolom diatasnya....	184
<b>Gambar 8.1</b>	Denah Rencana Pondasi.....	201
<b>Gambar 8.2</b>	Mekanisme Daya Dukung Tanah.....	202
<b>Gambar 8.3</b>	Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang .....	203
<b>Gambar 8.4</b>	Contoh panjang ekivalen penetrasi .....	204
<b>Gambar 8.5</b>	Gaya pada tiang pancang .....	208
<b>Gambar 8.6</b>	Geser satu arah pada pilecap.....	210

<b>Gambar 8.7</b>	Geser dua arah pada pilecap.....	211
<b>Gambar 8.8</b>	Geser dua arah akibat tiang .....	212
<b>Gambar 8.9</b>	Penampang kritis di muka kolom.....	214
<b>Gambar 8.10</b>	Denah Sloof Rencana .....	217
<b>Gambar 8.11</b>	Konfigurasi Penulangan Balok Sloof pada program pcaColoumn.....	220
<b>Gambar 8.12</b>	Diagram Interaksi P-M pada Program pcaColoumn .....	220
<b>Gambar 9.1</b>	Rambu untuk menggunakan alat pelindung diri ..	225
<b>Gambar 9.2</b>	Rambu dilarang merokok .....	225
<b>Gambar 9.3</b>	Rambu menggunakan body harness.....	226
<b>Gambar 9.4</b>	Helm Safety.....	226
<b>Gambar 9.5</b>	Full body harness .....	226
<b>Gambar 9.6</b>	Sepatu Safety .....	227
<b>Gambar 9.7</b>	Sarung Tangan .....	227
<b>Gambar 9.8</b>	Masker (Respirator) .....	228
<b>Gambar 9.9</b>	Rencana siteplan konstruksi .....	228
<b>Gambar 9.10</b>	Fabrikasi pelat pracetak.....	230
<b>Gambar 9.11</b>	Fabrikasi balok pracetak .....	230
<b>Gambar 9.12</b>	Metode pengangkatan pelat.....	231
<b>Gambar 9.13</b>	Metode Pengangkatan Balok Pracetak .....	231
<b>Gambar 9.14</b>	Penumpukan elemen pracetak .....	232
<b>Gambar 9.15</b>	Pemasangan pelat pracetak .....	232
<b>Gambar 9.16</b>	Pemasangan balok pracetak .....	233
<b>Gambar 9.17</b>	Metode Support Reproping .....	233
<b>Gambar 9.18</b>	Overtopping .....	233

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Tebal Minimum Pelat dan Balok.....	19
<b>Tabel 3.2</b> Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung....	22
<b>Tabel 3.3</b> Faktor Keutamaan ( $I_e$ ) gempa .....	22
<b>Tabel 3.4</b> Klasifikasi kelas situs .....	23
<b>Tabel 3.5</b> Percepatan respon spektrum periode pendek ( $F_a$ ) .....	23
<b>Tabel 3.6</b> Percepatan respon spectrum periode 1 detik ( $F_v$ ).....	24
<b>Tabel 3.7</b> Perkiraan Kuat Tekan Beton.....	33
<b>Tabel 4.1</b> Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	47
<b>Tabel 4.2</b> Rekapitulasi Dimensi Balok Anak.....	48
<b>Tabel 4.3</b> Pembebanan Kolom K1 .....	51
<b>Tabel 4.3</b> Pembebanan Kolom K2.....	53
<b>Tabel 5.1</b> Spesifikasi Lift Hyundai .....	56
<b>Tabel 5.2</b> Spesifikasi Lift Hyundai .....	56
<b>Tabel 5.3</b> Nilai N-SPT data tanah.....	60
<b>Tabel 6.1</b> Nilai Partisipasi Massa .....	66
<b>Tabel 6.2</b> Nilai Parameter Periode Pendekatan , $C_t$ dan $x$ .....	67
<b>Tabel 6.3</b> Parameter percepatan respons spectrum.....	68
<b>Tabel 6.4</b> Nilai Periode Fundamental Struktur .....	68
<b>Tabel 6.5</b> Berat Struktur .....	69
<b>Tabel 6.6</b> Gaya geser dasar (base shear) struktur .....	69
<b>Tabel 6.7</b> Rekapitulasi Kontrol Gaya Gempa Dasar.....	70
<b>Tabel 6.8</b> Simpangan Antar Lantai Ijin $\Delta_i$ .....	71
<b>Tabel 6.9</b> Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X.....	72
<b>Tabel 6.10</b> Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y .....	72
<b>Tabel 7.1</b> Pembebanan Ruang Pelat Pracetak.....	74
<b>Tabel 7.2</b> Kebutuhan Tulangan Lentur Balok Induk B12 .....	156
<b>Tabel 7.3</b> Nilai Momen kapasitas Balok Induk .....	169

<b>Tabel 8.1</b>	Intensitas gaya geser dinding tiang .....	204
<b>Tabel 8.2</b>	Perhitungan daya dukung tanah (1) .....	205
<b>Tabel 8.3</b>	Perhitungan Daya Dukung tanah (2).....	206
<b>Tabel 8.4</b>	Daya dukung tanah menurut Testana.....	206
<b>Tabel 8.5</b>	Rekap gaya yang terjadi pada tiang pancang .....	209

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

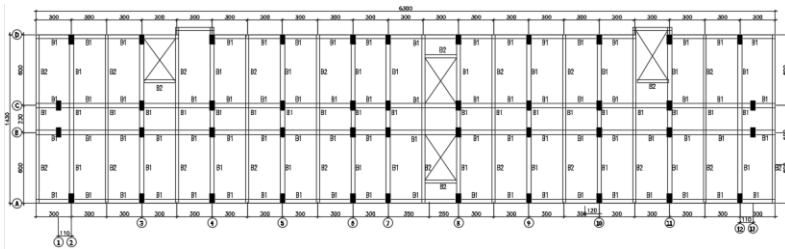
Pada perkembangan ilmu teknologi sejauh ini, beton adalah bahan yang masih digunakan dalam teknik sipil baik itu bangunan gedung dan jembatan. Dalam pengaplikasiannya terdapat dua jenis metode yang digunakan pada konstruksi suatu bangunan struktur beton bertulang, yakni metode cor ditempat atau metode pracetak. Metode cor ditempat adalah metode dimana pengecoran dilakukan dilokasi tepat elemen struktur tersebut akan dipasang. Sedangkan metode precast adalah metode dimana pengecoran sudah dilakukan di pabrik precast atau di tempat lain terlebih dahulu (fabrikasi) kemudian elemen struktur dibawa ke lapangan untuk dipasang menjadi suatu kesatuan bangunan yang utuh.

Metode pracetak memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode cor setempat. Kelebihan tersebut antara lain yaitu pada metode memiliki waktu pengerjaan yang relatif singkat. Kontrol kualitas beton lebih terjamin, tidak memerlukan treatment atau perlakuan khusus, tidak membutuhkan terlalu banyak bekisting dan penopang bekisting, serta praktis dan cepat dalam pelaksanaannya.

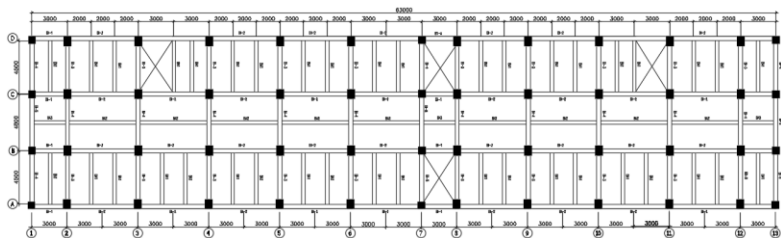
Dalam pengaplikasiannya, metode beton pracetak lebih tepat dan efisien apabila diterapkan pada gedung yang bertipe tipikal karena gedung dengan tipe ini mempunyai elemen struktur yang sama sehingga lebih mudah dalam pengerjaan dan pelaksanaannya. Menurut (Wulfram I. Ervianto, 2006) penggunaan beton precast pada konstruksi bangunan, efisiensi penggunaan beton precast dibandingkan konvensional dari segi aspek biaya mampu mereduksi hingga 10 %, sedangkan dari segi aspek waktu konstruksi mampu mereduksi hingga 50%.

Dalam penyusunan tugas akhir terapan ini, penulis merencanakan modifikasi struktur gedung Apartemen Pavilion Permata menggunakan metode beton pracetak pada elemen struktur balok dan pelat dan metode pelaksanaannya. Apartemen Pavilion Permata merupakan salah satu bangunan 13 lantai yang

terletak di Jl. Dukuh Pakis IIA, Surabaya. Apartemen ini memiliki 13 lantai dengan tipe lantai yang tipikal sehingga terdapat elemen yang dimensinya sama antara satu lantai dengan lantai yang lainnya seperti elemen balok dan pelat. Sistem struktur yang digunakan dalam perencanaan gedung ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem struktur tersebut didapatkan berdasarkan data tanah yang didapatkan dan perhitungan kategori desain seismik sesuai SNI 1726:2012. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa kategori desain seismik yaitu D, sehingga sistem struktur yang sesuai yaitu memakai SRPMK.

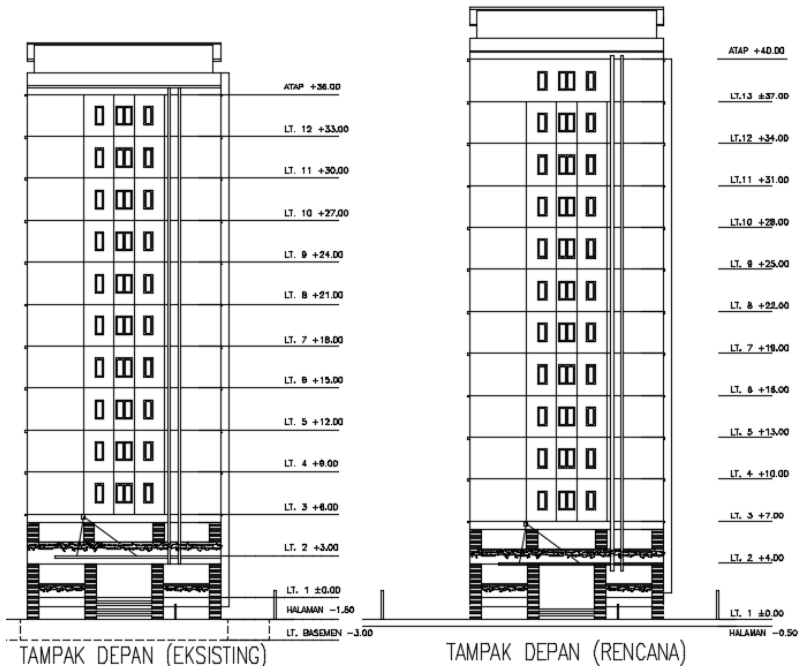


**Gambar 1.1** Denah balok eksisting



**Gambar 1.2** Denah balok pracetak rencana





**Gambar 1.3** Tampak Depan Eksisting dan Rencana

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam perencanaan struktur gedung menggunakan metode beton pracetak ini terdapat beberapa rumusan masalah yang muncul. Adapun rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan plat dan balok pracetak yang mampu menahan beban yang bekerja dan gaya-gaya yang diakibatkan selama proses pelaksanaannya?
2. Bagaimana merancang sambungan pada plat dan balok pracetak?
3. Bagaimanakah metode pelaksanaan pekerjaan plat dan balok pracetak di lapangan?
4. Bagaimana menampilkan hasil perhitungan dan desain ke dalam program bantu Autodesk Autocad?

### 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari perencanaan struktur gedung dengan metode beton pracetak adalah sebagai berikut :

1. Dapat merencanakan plat dan balok pracetak yang mampu menahan beban yang bekerja dan gaya-gaya yang diakibatkan selama proses pelaksanaannya.
2. Mampu untuk merancang sambungan pada plat dan balok pracetak.
3. Mampu memaparkan bagaimanakah metode pelaksanaan plat dan balok pracetak di lapangan.
4. Dapat menampilkan hasil perhitungan dan desain ke dalam program bantu Autodesk Autocad?

### 1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam penyusunan laporan tugas besar ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menerapkan metode beton pracetak terhadap gedung yang lainnya.
2. Dapat dijadikan referensi kepada pembaca, sehingga dikemudian hari dapat disempurnakan kelemahan dalam penggunaan metode beton pracetak.
3. Dapat mengetahui hal apa saja yang dapat berpengaruh dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak, sehingga dapat meminimalisir kesalahan yang sama pada waktu mendatang.

### 1.5 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir terapan ini diambil batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak mempertimbangkan aspek dari segi ekonomis maupun manajemen konstruksi gedung
2. Tidak membahas mengenai RAB maupun manajemen konstruksi (MK).
3. Gedung yang didesain merupakan Apartemen Pavillion Permata 1

4. Tidak membandingkan antara metode beton pracetak (precast) dengan menggunakan metode cor setempat (in-situ).
4. Tidak termasuk MEE.
5. Metode beton pracetak hanya diterapkan pada elemen struktur balok dan pelat, sedangkan sisanya menggunakan metode beton cor setempat (in-situ).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

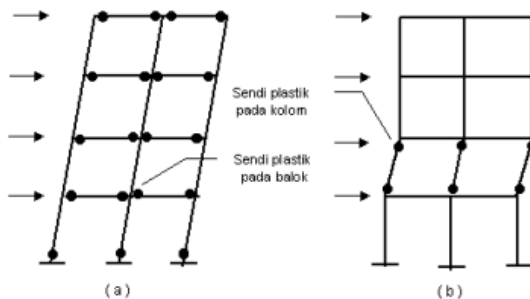
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Umum

Menurut SNI 2847:2013, beton pracetak adalah Elemen beton struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Pracetak juga dapat diartikan sebagai suatu proses produksi elemen struktur/arsitektural bangunan pada suatu tempat/lokasi dimana elemen struktur/arsitektural tersebut akan digunakan (Ervianto, 2006).

### 2.2 Sistem Struktur Gedung

Sistem struktur gedung dirancang supaya mengurangi kegagalan konstruksi gedung terutama akibat beban gempa. Ada beberapa sistem struktur gedung yang biasa digunakan sebagai penahan gaya. Salah satu sistem struktur gedung yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). SRPMK digunakan untuk bangunan di wilayah resiko gempa tinggi. Menurut SNI-1726-2012 pasal 3.5.3 tentang perencanaan bangunan terhadap gempa menyebutkan bahwa SRPMK merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur.



**Gambar 2. 1** Konsep Strong Column Weak Beam  
(Sumber: SNI-1726-2012)

Konsep kolom kuat – balok lemah (*strong column weak beam*) dalam sistem rangka pemikul momen khusus dimaksudkan bahwa konstruksi kolom yang ada harus lebih kaku daripada balok, sehingga kerusakan struktur ketika terjadi beban lateral/gempa, terlebih dahulu terjadi pada balok, lalu kerusakan struktur terjadi pada kolom.

### 2.3 Beton Pracetak

Menurut SNI 7833:2012 pasal 3.3.10 beton pracetak merupakan elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan. Beton pracetak sebenarnya sama saja dengan beton pada umumnya. Hanya saja yang membedakan adalah metode pelaksanaannya dengan memanfaatkan material pabrikasi yang dibuat di pabrik atau di lokasi proyek yang kemudian disatukan antar elemennya pada posisi sebenarnya.

Adapun keuntungan dari penggunaan beton pracetak antara lain:

- Kualitas beton yang terjamin dan akurasi dimensi yang lebih baik karena dihasilkan di lingkungan pabrik.
- Kecepatan dalam pelaksanaan pembangunannya.
- Pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana.

Sedangkan kekurangan dari penggunaan beton pracetak antara lain:

- Perlu perencanaan detail pada bagian sambungan.
- Perlu alat berat yang mampu mengangkat dan memindahkan elemen pracetak.

### 2.4 Tinjauan Elemen Pracetak

Perhitungan beton pracetak pada umumnya sama dengan perhitungan bangunan beton konvensional pada umumnya. Perbedaannya terdapat pada metode pelaksanaan dan saat detail sambungan dari elemen-elemen struktur gedung pracetak tersebut.

#### 2.4.1 Pelat

Pelat adalah elemen horizontal struktur yang mendukung beban mati maupun beban hidup dan menyalurkannya ke rangka vertikal dari sistem struktur. Dalam PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete, ada tiga macam pelat pracetak

(precast slab) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

1) Pelat Pracetak Berlubang (Hollow Core Slab)

Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 2 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inchi hingga 15 inchi.



**Gambar 2.2** Pelat Pracetak berlubang (Hollow Core Slab)

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

2) Pelat Pracetak tanpa Lubang (Solid Slabs)

Adalah pelat pracetak dimana tebal pelat lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan ketebalan dan lebar yang bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 5 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang.



**Gambar 2.3** Pelat Pracetak Tanpa Lubang (Solid Slab)

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

3) Pelat Pracetak Double Tress dan Single Tees

Pelat ini berbeda dengan pelat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada pelat ini ada bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung.



**Gambar 2. 4** Pelat pracetak tipe Tee

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

### 2.4.2 Balok

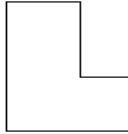
Untuk balok pracetak (Precast Beam), ada tiga jenis balok yang sering atau umum digunakan

- 1) Balok berpenampang persegi (Rectangular Beam):  
Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



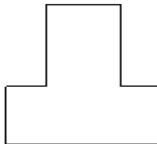
**Gambar 2.5** Balok berpenampang persegi (Rectangular Beam)

- 2) Balok berpenampang L (L-Shaped Beam)



**Gambar 2.6** Balok berpenampang L (L-Shaped Beam)

- 3) Balok berpenampang T terbalik (Inverted Tee Beam)



**Gambar 2.7** Balok T terbalik (Inverted Tee Beam)

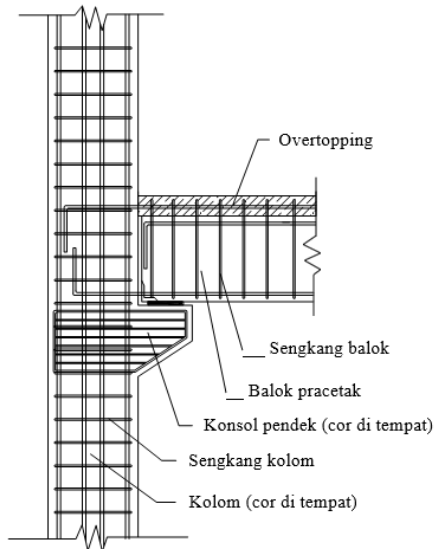


## 2.5 Jenis Sambungan Beton Pracetak

Pada konstruksi pracetak, sambungan yang biasa digunakan adalah metode sambungan basah dan metode sambungan kering.

### a. Sambungan Basah

Metode sambungan basah adalah metode penyambungan komponen beton pracetak di mana sambungan tersebut baru dapat berfungsi secara efektif setelah beberapa waktu tertentu. Yang termasuk dalam jenis ini adalah sambungan *in situ concrete joints* (Ervianto 2006).



**Gambar 2.8** Sambungan Basah Struktur Pracetak

Sambungan basah dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

- In Situ Concrete Joints

Sambungan jenis ini dapat diaplikasikan pada komponen-komponen beton pracetak:

- a. Kolom dengan kolom
- b. Kolom dengan balok
- c. Pelat dengan balok
- d. Pelat dengan pelat

Metode pelaksanaannya adalah dengan melakukan

pengecoran pada pertemuan dari komponen-komponen tersebut. Diharapkan hasil pertemuan dari tiap komponen tersebut dapat menyatu. Sedangkan untuk cara penyambungan tulangan dapat digunakan coupler ataupun secara overlapping.

- Pre-Packed Aggregate

Cara penyambungan jenis ini adalah dengan menempatkan agregat pada bagian yang akan disambung dan kemudian dilakukan injeksi air semen pada bagian tersebut dengan menggunakan pompa hidrolis sehingga air semen tersebut akan mengisi rongga dari agregat tersebut.

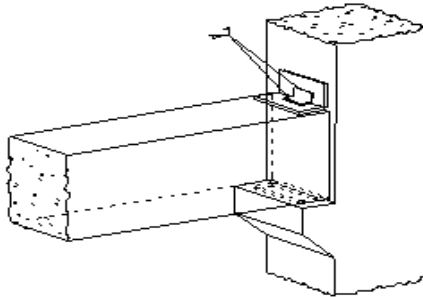
b. Sambungan Kering

Metode sambungan kering adalah metode penyambungan komponen beton pracetak di mana sambungan tersebut dapat segera berfungsi secara efektif. Yang termasuk dalam metode ini adalah alat sambung berupa las dan baut

Jenis sambungan ini dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Sambungan Las

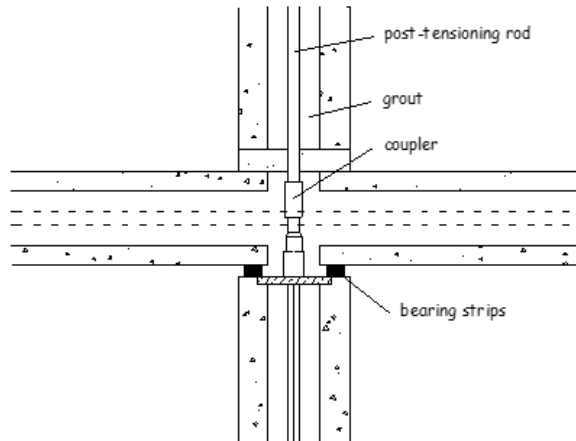
Alat sambung jenis ini menggunakan pelat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua plat ini selanjutnya disambung dengan bantuan las. Melalui plat baja inilah gaya-gaya akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan dilanjutkan dengan menutup pelat sambung tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi.



**Gambar 2.9** Sambungan dengan Las pada Struktur Pracetak

## 2. Sambungan Baut

Pada penyambungan dengan cara ini juga diperlukan pelat baja di kedua elemen beton pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Selanjutnya pelat tersebut dicor dengan adukan beton guna melindungi dari korosi.



**Gambar 2.10** Sambungan dengan Baut pada Struktur Pracetak

## 2.6. Tahapan Pekerjaan Beton Pracetak

### 2.6.1 Produksi

Hal yang penting dalam tahapan produksi adalah penentuan prioritas, elemen mana yang akan lebih dulu diproduksi. Selain itu pemilihan cetakan untuk menghasilkan beton dengan keakuratan dimensi lebih baik juga perlu diperhatikan. Beberapa metode yang digunakan dalam lingkungan pabrik untuk membuat beton pracetak adalah Stationary Production, Slip-form Production, dan Flow-line Production (Wulfram I. Ervianto, 2006).

#### a. Stationary Production

Metode produksi yang dilakukan pada cetakan yang bersifat tetap sampai pekerjaan selesai. Cetakan yang digunakan mudah dibongkar. Untuk melepas beton dari cetakan dengan memutar ke bawah bagian samping cetakan. Metode ini

digunakan untuk memproduksi dalam jumlah kecil ( $\pm 200$  unit/tahun).

b. Slip-form Production

Metode produksi yang dilakukan pada cetakan yang dapat bergerak sepanjang casting bed. Untuk melepas beton dari cetakan dengan cara menggetarkan beton yang sudah dipadatkan. Metode ini digunakan untuk produksi beton sekitar 2000 unit/tahun.

c. Flow-line Production

Metode produksi ini dilakukan untuk produksi elemen dengan jumlah massal, yakni lebih dari 2000 unit/tahun.

### 2.6.2 Transportasi

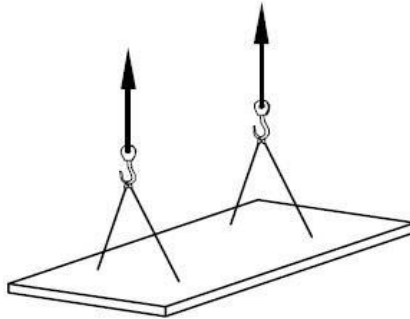
Sistem transportasi yang digunakan adalah jalur jalan raya. Karena jalan raya merupakan jalur yang memungkinkan dari lokasi pabrik ke lokasi proyek. Dalam pengiriman beton pracetak ke lokasi proyek diperhatikan beban yang akan diangkut oleh flatbed truck memenuhi syarat beban maksimum yang diizinkan. Di Indonesia ukuran maksimum flatbed truck adalah 1200x240x150 cm dengan kapasitas maksimum 30 ton. Adapun beberapa sistem pengangkutan yang disesuaikan dengan titik angkat elemen beton pracetak, yaitu typical two point support, rocker system, dan wall panel laid flat.

### 2.6.3 Pemasangan (Erection)

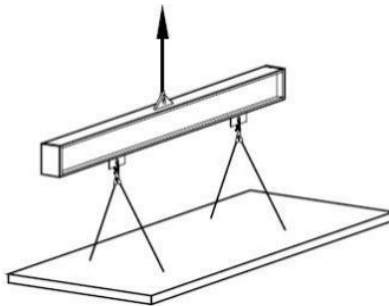
Proses pemasangan beton pracetak yang telah diproduksi dan layak untuk disatukan menjadi bagian bangunan disebut dengan erection (Wulfram I. Ervianto, 2006). Peralatan yang dibutuhkan pada tahap erection adalah tower crane atau mobile crane. Faktor yang mempengaruhi metode erection adalah sistem struktur bangunan, jenis alat sambung yang akan digunakan, kapasitas alat berat (crane) yang tersedia, dan kondisi lapangan. Metode yang dapat digunakan dibedakan menjadi dua yaitu metode vertikal dan metode horizontal.

Metode vertikal adalah kegiatan penyatuan elemen beton pracetak yang dilakukan pada arah vertikal struktur bangunan. Metode vertikal ini digunakan untuk pemasangan kolom menerus dari lantai dasar hingga paling atas. Untuk bangunan dengan

ketinggian tertentu yang tidak menggunakan kolom menerus, maka selama tahapan erection harus ditopang oleh struktur sementara (bracing) yang berfungsi untuk menahan gaya-gaya yang timbul selama erection. Sedangkan metode horizontal adalah kegiatan penyatuan elemen beton pracetak yang dilakukan pada arah horizontal bangunan. Pelaksanaan dengan metode horizontal dilakukan tiap satu lantai.



**Gambar 2.11** Pengangkatan dengan katrol tower crane  
(Sumber : PCI Handbook 7th Edition)



**Gambar 2.12** Pengangkatan dengan profil baja  
(Sumber : PCI Handbook 7th Edition)

## 2.7 Studi Perencanaan Terdahulu

Dalam sub-bab ini akan dibahas beberapa perencanaan terdahulu yang digunakan sebagai referensi dan pembandingan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

1. Munandar, Muhammad Aulia Tri (2017) *Modifikasi Struktur Gedung Wang Residence Jakarta Barat Dengan Metode Pracetak*.

Dalam perencanaan yang dilakukan oleh penulis, struktur gedung apartemen Wang Residence Jakarta pada kondisi sebenarnya memakai metode cor setempat dan memiliki tinggi 120 meter (31 lantai) serta basement 2 lantai akan dimodifikasi menjadi 15 lantai serta 1 lantai basement. Dalam hal ini, penulis mencantumkan nama gedung, namun dilakukan perubahan yang signifikan. Penulis memodifikasi gedung Wang Residence Jakarta dengan merubah metode pelaksanaan strukturnya menggunakan metode pracetak pada elemen balok dan pelat.

Dalam metode pelaksanaan, penulis menjelaskan bagaimana proses pekerjaan struktur meliputi pekerjaan cor *insitu* kolom, dan pekerjaan plat dan balok pracetak. Namun, kurangnya visualisasi pelaksanaan yang disajikan, sehingga sulit dipahami oleh pembaca awam.

2. Faizi, Darda Abdurahman (2017) dengan judul “*Desain Modifikasi Perencanaan Rumah Sakit Kidney Centre Menggunakan Metode Pracetak*.”

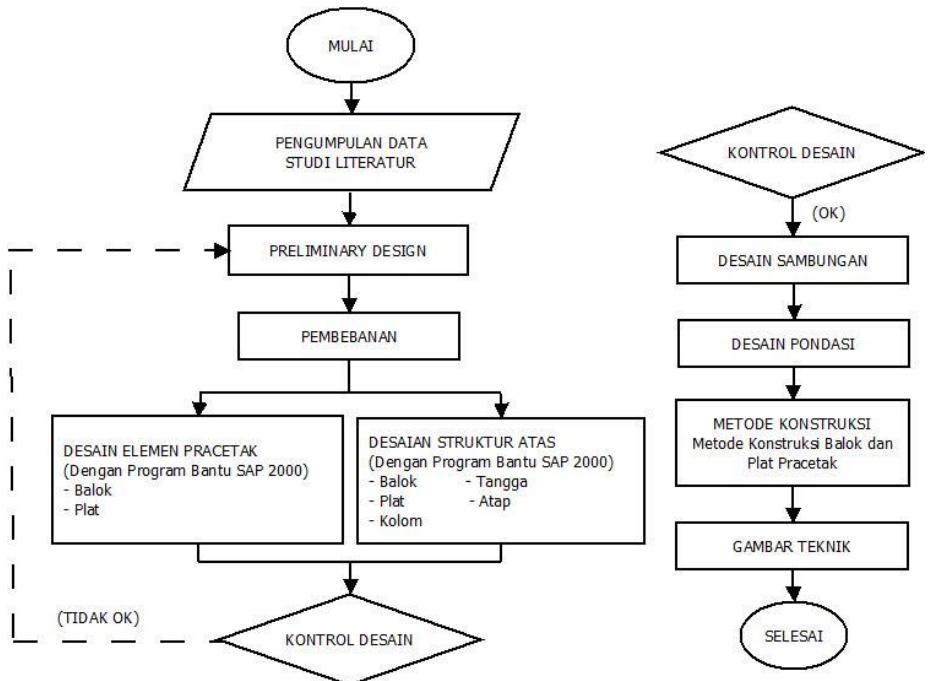
Penulis memodifikasi Rumah Sakit Kidney Centre yang terletak di Jalan Mayjen Prof dr. Moestopo No.6-8 Surabaya dengan metode pekerjaan struktur pracetak. Pada tugas akhir ini elemen yang di pracetak adalah elemen pelat dan balok. Selain itu, penulis juga memodifikasi bangunan yang semula jumlah lantai bangunan berjumlah 5 lantai dan 1 lantai basement dirubah menjadi 8 lantai tanpa basement. Pada perencanaan ini, tidak meninjau manajemen konstruksi, utilitas, arsitektural dan perhitungan pondasi.

Penulis menyajikan perbandingan Rencana Anggaran Biaya pada pelaksanaan balok pracetak dengan bentang tertentu dan didapat margin biaya sebesar 19,13%. Pada metode pelaksanaan dilengkapi dengan ilustrasi 3 dimensi sehingga memudahkan dalam memahami urutan pekerjaan.

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Tinjauan Umum

Tahap persiapan meliputi kegiatan-kegiatan berikut :



**Gambar 3.1** Diagram alir metodologi

### 3.2 Data Perencanaan

Data-data perencanaan secara keseluruhan mencakup data umum bangunan, data bahan dan data tanah.

#### 1. Data Umum Bangunan:

- Nama Gedung : Apartemen Pavilion Permata
- Lokasi : Jl. Dukuh Pakis IIA, Surabaya
- Tipe bangunan : Apartemen
- Jumlah lantai : 12 lantai unit, 1 atap dan 1 basement

- Tinggi bangunan : +43 meter
- Struktur bangunan : Beton bertulang konvensional

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak pada elemen balok dan plat.

## 2. Data Material:

- Mutu beton ( $f'c$ ) :
  - balok, plat : 35 Mpa
  - kolom : 35 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 240 MPa 400 MPa

### 3.3 Penentuan Kriteria Desain

Metode precast dipilih karena konfigurasi struktur gedung adalah beraturan dan tipikal pada setiap lantainya. Sedangkan dalam pemilihan sistem struktur digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

- Rangka Momen Khusus yang Dibangun Dengan Menggunakan Sistem Pracetak ( SNI 2847:2013 pasal 21.5 - 21.8 )

### 3.4 Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahapan pradesain dimensi elemen struktural yang mencakup balok, kolom dan pelat lantai. Tahapan ini diperlukan dalam panduan perhitungan struktur dan analisa pada perencanaan dari gedung ini.

#### 3.4.1 Dimensi Plat Lantai

Dalam menentukan dimensi prarencana pelat lantai, langkah-langkah perhitungan yang dibutuhkan adalah, menentukan terlebih dahulu apakah pelat tergolong pelat satu arah (*one way slab*) atau pelat dua arah (*two way slab*).

Tebal minimum pelat satu arah (*one way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)). Sedangkan untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1

#### 3.4.2 Dimensi Balok

1. Ketebalan balok direncanakan sesuai SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a).



**Tabel 3.1** Tebal Minimum Pelat dan Balok

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	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			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

**CATATAN:**  
 Panjang bentang dalam 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 dimodifikasikan sebagai berikut:  
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*),  $w_c$ , di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.  
 (b) Untuk  $f_y$  selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ .

- Apabila digunakan  $f_y = 420$  Mpa

$$h_{\min} = \frac{L}{16}$$

- Selain  $f_y = 420$  Mpa

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

Keterangan :

$h_{\min}$  = Tinggi minimum balok (mm)

$L$  = Panjang balok (mm)

$f_y$  = Tegangan leleh baja (MPa)

2. Lebar balok direncanakan sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.5.1.3 yaitu  $b_w \geq 250$ mm dan  $b_w \geq 0,3h$ .

### 3.4.3 Dimensi Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi = 0,65.

$$A = \frac{W}{\theta \times f_{c'}}$$

Keterangan

$A$  = Luas penampang kolom

$W$  = Beban aksial yang diterima kolom

$\theta$  = Faktor reduksi

$f_{c'}$  = Kuat tekan beton

### 3.4.4 Dimensi Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi

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

Dimana,

t = Tinggi injakan

i = Lebar injakan

Syarat kemiringan Tangga ( $\alpha$ ) :  $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol). Perencanaan tebal tangga ditentukan sesuai ketentuan dalam perhitungan dimensi awal pelat.

### 3.5 Perhitungan Beban

Dalam melakukan analisa perhitungan desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur tersebut. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 1727:2013

#### 3.5.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter steady-states yaitu bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis menurut SNI 1727:2013 adalah sebagai berikut:

##### a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh badan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727:2013).

#### b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban-beban yang dapat ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, akan tetapi kadang-kadang dapat berarah horizontal. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dan banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban – beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati.

### 3.5.2 Beban gempa

Pembebanan gravitasi struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen hanya diterima oleh frame. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan Beban Gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, di mana pengaruh pada struktur dibebankan langsung ke pusat massa bangunan (*center of mass*). Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan pembebanan yang ada.

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 meliputi:

- Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung.

**Tabel 3.2** Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung

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

- Faktor keutamaan ( $I_e$ ) gempa.

**Tabel 3.3** Faktor Keutamaan ( $I_e$ ) gempa

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

- Klasifikasi kelas situs

**Tabel 3.4** Klasifikasi kelas situs

Kelas situs	$V_s$ (m/detik)	N atau $N_{ch}$	$\check{S}_u$ (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, $PI \leq 20$ , 2. Kadar air, $w \leq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\geq 25$ u s kPa		

- Percepatan respon spektrum periode pendek ( $F_a$ )

**Tabel 3.5** Percepatan respon spektrum periode pendek ( $F_a$ )

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum periode pendek 0,2 detik ( $S_s$ )				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS				

- Percepatan respon spectrum periode 1 detik ( $F_v$ ), pada tabel 5.

**Tabel 3.6** Percepatan respon spectrum periode 1 detik ( $F_v$ )

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum periode				
	pendek 1,0 detik ( $S_1$ )				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS				

- Parameter respon spectrum desain untuk periode pendek ( $S_{MS}$ )

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{MS} = F_a S_s =$$

- Parameter respon spectrum desain untuk periode 1 detik ( $S_{M1}$ )

$$S_{M1} = F_v S_1$$

$$S_{M1} = F_v S_1 =$$

- Parameter spektra desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ )

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

- Parameter spektra desain untuk periode 1 detik ( $S_{D1}$ )

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

- Membuat kurva spectrum respon desain

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

- Untuk yang lebih  $S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$  periode kecil dari  $T_0$ , spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ) harus diambil dari persamaan

- Untuk perioda yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain:

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk periode yang lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ) harus diambil dari persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

### 3.6.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013

1. Kombinasi ultimate,
  - $U = 1,4D$
  - $U = 1,2D + 1,6L$
  - $U = 1,2D + 1,0L + 1,0 E_x + 0,3 E_y$
  - $U = 1,2D + 1,0L + 0,3 E_x + 1 E_y$
  - $U = 0,9D + 1,0E$
2. Kombinasi layan,
  - $U = D + L$
  - $U = D + 0.75L + 0.75(1,3E)$

Keterangan:

- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- E = Beban gempa

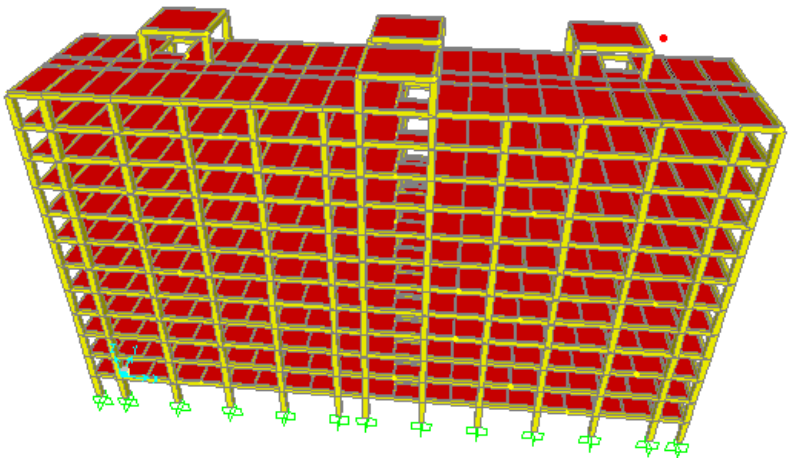
### 3.7 Permodelan dan Analisa Struktur

Permodelan struktur dimaksudkan untuk mengetahui perilaku struktur secara keseluruhan dan perilaku komponen struktur. Perilaku struktur tersebut diakibatkan pembebanan yang direncanakan, yaitu beban gravitasi dan gempa. Gaya dalam pada kolom yang perlu diperhatikan antara lain aksial, momen arah x & y, torsi, dan geser. Gaya dalam pada balok antara lain momen,

geser, dan torsi.

Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP2000 dengan langkah-langkah permodelan sebagai berikut:

1. Menggambar bentuk model struktur.
2. Mendesain penampang dan material.
3. Input beban gravitasi dan beban gempa.
4. Perletakan diasumsikan sebagai jepit-jepit.
5. Plat dimodelkan *one way slab*.
6. Balok anak dimodelkan perletakan sendi-sendi, menumpu pada balok induk.
7. Dilakukan *running*.
8. Pengecekan struktur terhadap persyaratan sesuai peraturan yang digunakan.



**Gambar 3.2** Permodelan struktur gedung Apartemen Pavilion Permata

### 3.8 Perencanaan Penulangan Struktur

#### 3.8.1 Perencanaan Tulangan Pelat

1. Perhitungan Tulangan Lentur

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur plat adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan data-data  $d$ ,  $f_y$ ,  $f'_c$ , dan  $M_u$
- b. Menghitung momen nominal  $M_n = M_u / \phi$



- c. Menghitung rasio tulangan

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'}$$

$$\rho b = \frac{0.85 \beta_1 f_c' \cdot 600}{f_y (600 + f_y)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho b$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

- d. Menghitung rasio tulangan yang dipakai

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

Jika,  $\rho < \rho_{\min}$  maka  $\rho$  perlu diperbesar 30%, sehingga

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times \rho \dots\dots\dots(3.36)$$

- e. Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho b d \dots\dots\dots(3.37)$$

- f. Perhitungan kebutuhan tulangan susut

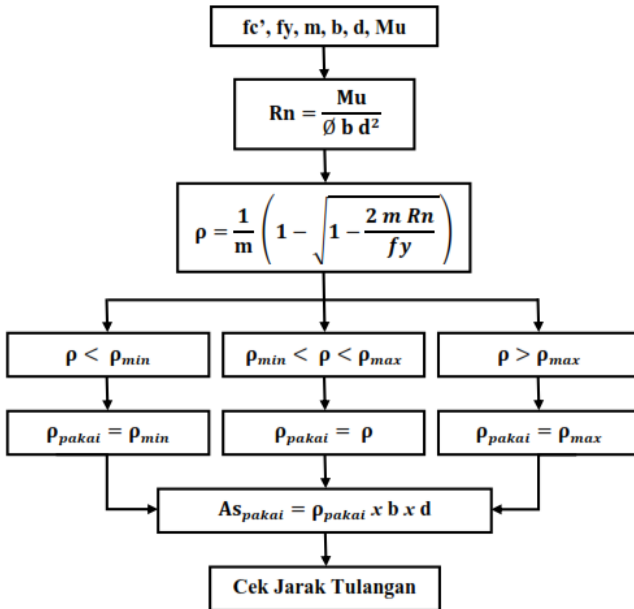
Perhitungan kebutuhan tulangan susut merujuk pada peraturan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1. Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 adalah 0,0020
- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 adalah 0,0018
- Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen adalah  $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

### 3.8.2 Perencanaan Tulangan Balok

#### 1. Perhitungan Tulangan Lentur

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur plat adalah sebagai berikut:



**Gambar 3. 3** Diagram Alir Penulangan Lentur Balok

#### 2. Penulangan Geser Balok

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 11.1 kekuatan geser pada desain penampang harus didasarkan pada

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

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

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} < 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

Keterangan:

$\phi$  = Reduksi kekuatan untuk geser = 0.75  
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.3)

- $V_n$  = Kekuatan geser nominal penampang  
 $V_u$  = Kekuatan geser terfaktor penampang  
 $V_s$  = Kekuatan geser penampang

### 3. Kontrol Torsi Balok

Perencanaan tulangan torsi harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5 sampai dengan 11.5.7.

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$T_n = 0,083 \sqrt{f_c'} \left( \frac{A^2 c_p}{p_{cp}} \right)$$

Keterangan:

- $\phi$  = 0.75  
 $T_n$  = Kekuatan torsi nominal  
 $T_u$  = Kekuatan torsi terfaktor  
 $A_{cp}$  = Luas penampang beton  
 $P_{cp}$  = Keliling penampang beton

### 3.8.3 Perencanaan Tulangan Kolom

Untuk mendesain tulangan kolom, digunakan program bantu PCACOL mengikuti peraturan SNI 2847:2013 Pasal 21.3.5.1 untuk tulangan kolom akibat beban aksial tekan dan SNI 2847:-2013 Pasal 23.5.1 untuk kebutuhan tulangan geser sebagai acuan.

#### 1. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom akan dibantu dengan program PCACOL 4.5 untuk mempermudah perhitungan tulangan lentur kolom.

Untuk syarat tulangan lentur kolom, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi yakni sebagai berikut:

$$\Sigma M_{nc} > 1,2 \Sigma M_{nb} \dots\dots\dots(3.65)$$

Dimana :

$\Sigma M_{nc}$  = Jumlah  $M_n$  kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom.  $M_n$  harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan

arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai  $M_n$  terkecil.

$\Sigma M_{nb}$  = Jumlah  $M_n$  balok yang merangka pada hubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok T, dimana pelat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan pelat yang berada pada daerah lebar efektif pelat harus diperhitungkan dalam menentukan  $M_n$  balok bila tulangan tersebut terangkut dengan baik pada penampang kritis lentur.

## 2. Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.1, gaya geser rencana ( $V_e$ ) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum ( $M_{pr}$ ) harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya. Langkah-langkah perencanaan tulangan geser kolom adalah sebagai berikut:

- a. Diberikan nilai  $f_c'$ ,  $f_y$  dan diameter sengkang.
- b. Hitung momen tumpuan

- Momen tumpuan atas

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot e} \dots\dots\dots(3.66)$$

$$M_{pr} = A_s \times (1.25 \times f_y) \times (d - a/2) \dots\dots\dots(3.67)$$

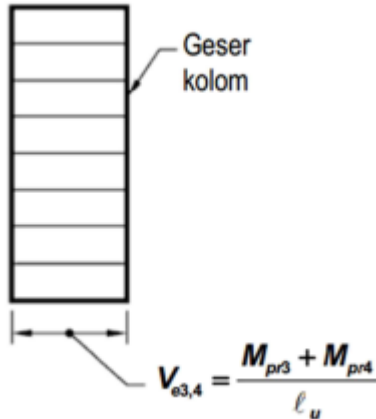
- Momen tumpuan bawah

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot e} \dots\dots\dots(3.68)$$

$$M_{pr} = A_s \times (1.25 \times f_y) \times (d - a/2) \dots\dots\dots$$

.....(3.69)

c. Hitung reaksi di ujung-ujung kolom



**Gambar 3.4** Gaya Geser Desain untuk Kolom

$$V_e = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{L_u} \dots\dots\dots(3.70)$$

Dimana :  $l_u$  = Panjang bentang bersih kolom

d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots(3.71)$$

Dimana  $V_c = 0$  apabila:  $V_e$  akibat gempa lebih besar  $\frac{1}{2} V_u$  dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{10} \text{ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2)}$$

e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{mak} \dots\dots\dots(3.72)$$

Dimana:

$$A_v = \text{Luas tulangan sengkang (mm}^2\text{)}$$

3. Ketentuan-ketentuan Perhitungan Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6)
  - a. Persyaratan Geometri
    - Besarnya gaya tekan aksial terfaktor  $P_u$  tidak boleh kurang dari  $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$
    - Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
    - Rasio dimensi penampang terpendek dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4
  - b. Persyaratan Tulangan Lentur
    - Rasio penulangan dibatasi minimum tidak boleh kurang 0,01 dan maksimum tidak boleh lebih dari 0,06.
    - Sambungan lewatan hanya diizinkan di lokasi setengah panjang elemen struktur yang berada di tengah dan direncanakan sebagai sambungan lewatan tarik serta harus diikat sesuai ketentuan tulangan transversal kolom.
    - Sambungan mekanis tipe 1 (dengan kekuatan 125% kuat leleh batang tulangan yang disambung) untuk penyambungan lentur tidak boleh ditempatkan di lokasi yang berpotensi membentuk sendi plastis, kecuali sambungan mekanis tipe 2 (yaitu sambungan mekanis dengan kekuatan yang lebih kuat dari kuat tarik batang tulangan yang disambung).
  - c. Persyaratan Tulangan Geser
    - Senggang harus dipasang di sepanjang  $l_o$ , dimana panjang  $l_o$  diambil yang terbesar dari:
      - Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok-kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur.
      - $1/6$  bentang bersih struktur kolom
      - 450 mm

- Spasi tulangan transversal sepanjang lo tidak lebih dari yang terkecil:
  - 1/4 dimensi minimum kolom
  - 6d dari tulangan sengkang terkecil
  - So persamaan berikut:

$$S_o = 100 + \frac{350-hx}{3} \dots\dots\dots(3.73)$$

Dimana : nilai so diambil  $100 \text{ mm} \leq s_o \leq 150$

### 3.9 Kontrol Elemen Pracetak

Perencanaan dimensi pracetak harus mampu menahan beban yang terjadi selama pengangkatan, penumpukan, pemasangan, pengecoran, dan beban setelah pracetak menjadi struktur komposit dengan beton yang dicor di tempat. Setiap tahapan tersebut beton pracetak mengalami momen. Dipilih momen terbesar antara momen perencanaan dalam permodelan struktur dan momen yang terjadi selama tahapan tersebut untuk menentukan tulangan yang digunakan.

Kuat tekan beton pada setiap kontrol tahapannya berbeda-beda sesuai dengan umur hari beton. Kuat tekan beton harus mampu menahan momen tahanan yang diakibatkan dari beton pracetak sendiri.

**Tabel 3.7** Perkiraan Kuat Tekan Beton

Jenis semen ...	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
Batu pecah	30	40	53	60		

Sumber : SNI 2834:200 Tabel 2

Dari tabel tersebut didapatkan pendekatan kuat tekan beton umur 3 hari adalah 46% kuat tekan beton dan kuat tekan beton umur 7 hari adalah 65% kuat tekan beton, dan kuat tekan beton umur 28 hari adalah 100% kuat tekan beton.

Sehingga dapat dituliskan,

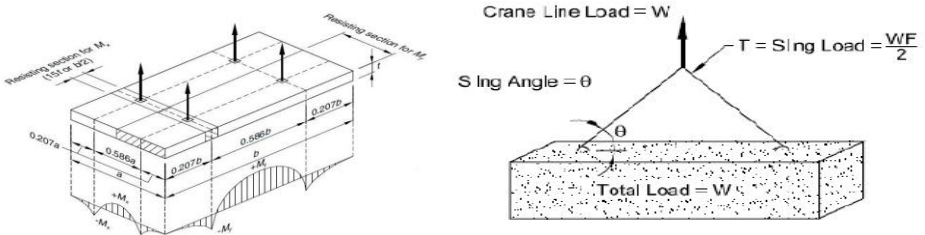
- $W = \frac{1}{6} x b x h^2$
- Kontrol 3 hari,  $\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \sqrt{fc x 0,46}$
- Kontrol 7 hari,  $\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \sqrt{fc x 0,65}$

Dimana,

W	= Momen tahanan
b	= Lebar elemen pracetak
h	= Tebal elemen pracetak
M	= Momen ultimate elemen
fr	= Modulus hancur beton
fc	= Kuat tekan beton

### 3.9.1 Kontrol Pengangkatan

Beton pracetak yang sudah berumur 3 hari dibawa dari pabrik menuju lokasi proyek. Pengangkatan dengan 4 titik untuk pelat dapat dilakukan dengan bantuan profil baja atau langsung diangkat dengan katrol tower crane. Sedangkan pengangkatan dengan 2 titik untuk balok.



**Gambar 3.5** Kontrol Pengangkatan

Momen pada pelat,

$$+M_x = -M_x = 0,0107 wa^2b$$

$$+M_y = -M_y = 0,0107 wab^2$$



Dimana:

$M_x$  = Momen sumbu x

$M_y$  = Momen sumbu y

w = Momen tahanan

a = Lebar elemen pracetak

b = Panjang elemen pracetak

Sedangkan pada balok,

$$M^+ = \frac{q_u x l^2}{8} x 1 - 4x + \frac{4x Y_c}{L \tan \theta}$$

$$M^- = \frac{q_u x (x \times l^2)}{2}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4x Y_c}{L \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left( 1 + \frac{4x Y_c}{L \tan \theta} \right)} \right)}$$

Keterangan

$q_u$  = Beban ultimate yang bekerja saat pengangkatan

L = Panjang elemen balok pracetak

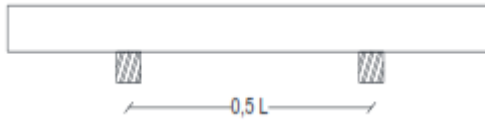
$\theta$  = Sudut yang dibentuk saat pengangkatan

$$Y_b = Y_t = \frac{h \text{ pracetak}}{2}$$

$$Y_c = Y_t + \text{decking}$$

### 3.9.2 Kontrol Penumpukan

Beton pracetak diangkat kemudian ditumpuk di *flatbed truck* untuk diangkat dari pabrik menuju lokasi proyek. Sesampainya di lokasi proyek beton pracetak juga ditumpuk di *stock yard*. Antar elemen pracetak diberi balok kayu dengan ukuran 5x5 cm. Beban yang bekerja saat penumpukan adalah berat sendiri precast dan beban pekerja.



**Gambar 3.6** Kontrol Penumpukan

$$M_T = \frac{1}{8} \times qu \times (0,5L)^2$$

$$M_L = \frac{1}{10} \times qu \times (0,5L)^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times (0,5L)$$

Dimana:

$M_T$  = Momen Tumpuan

$M_L$  = Momen Lapangan

$qu$  = Beban ultimate yang bekerja =  $1,2 \times$  berat sendiri precast

$Pu$  = Beban pekerja yang bekerja =  $1,6 \times 100$  kg

$L$  = Panjang bentang

### 3.9.3 Kontrol Pengecoran

Pengecoran merupakan tahap akhir untuk menyatukan antar elemen pracetak. Pengecoran dilakukan saat beton pracetak berumur 7 hari. Pengecoran dilakukan dua kali. Pengecoran pertama dilakukan setinggi half slab dengan beban yang bekerja adalah berat balok termasuk insitu dan berat pelat pracetak. Pengecoran kedua dicor semuanya termasuk pelat penuh dengan beban yang bekerja adalah berat sendiri balok dan pelat termasuk insitu.



**Gambar 3.7** Kontrol pengecoran

$$M_T = \frac{1}{8} \times qu \times L^2$$

$$M_L = \frac{1}{10} \times qu \times L^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times L$$

### 3.9.4 Kontrol Saat Komposit

Setelah dilakukan pengecoran in situ maka beton menjadi material komposit. Dimana beban yang bekerja selain beban mati komposit dan pekerja juga ada beban hidup



**Gambar 3.8** Kontrol Saat Komposit

$$M_T = \frac{1}{8} \times qu \times L^2$$

$$M_L = \frac{1}{10} \times qu \times L^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times L$$

Dimana,

$M_T$  = Momen Tumpuan

$M_L$  = Momen Lapangan

$qu$  = Beban ultimate yang bekerja =  $1,2 \times$  beban mati +  $1,6 \times$  beban hidup

$Pu$  = Beban pekerja yang bekerja =  $1,6 \times$   
100 kg

$L$  = Panjang bentang

### 3.10 Perencanaan Sambungan

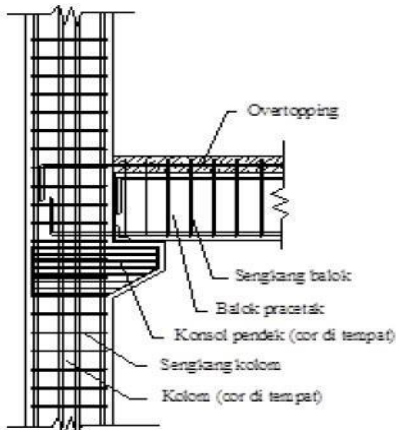
Kelemahan konstruksi pracetak adalah terletak pada sambungan yang relatif kurang monolit, sehingga lemah terhadap beban lateral khususnya dalam menahan beban gempa.

Dengan menggunakan metode konstruksi semi pracetak, yaitu elemen pracetak dengan tuangan beton *cast in place* di atasnya, maka diharapkan sambungan elemen-elemen tersebut

memiliki perilaku yang mendekati sama dengan struktur monolit.

### 3.10.1 Sambungan Balok-Kolom

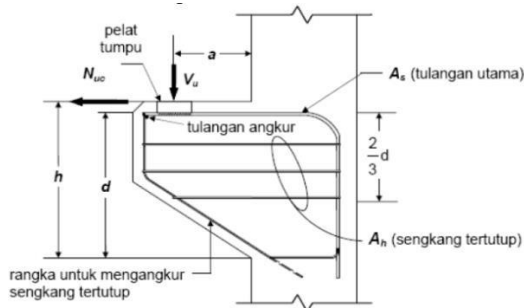
Pada perencanaan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol ini berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



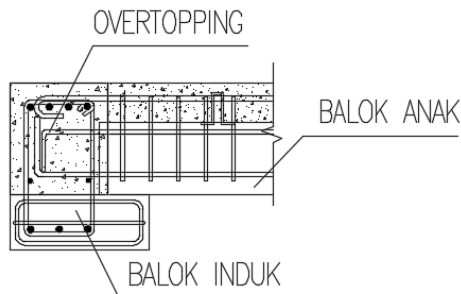
**Gambar 3.9** Sambungan Konsol

### 3.10.2 Sambungan Balok Induk-Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya  $1/180$  kali bentang bersih komponen pelat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak akan diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.



**Gambar 3.10** Sambungan Balok Induk dan Kolom



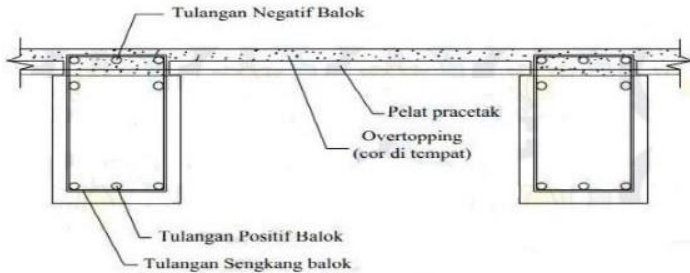
**Gambar 3. 11** Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

### 3.10.3 Sambungan Balok-Pelat

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Sambungan balok pracetak dengan pelat pracetak menggunakan sambungan basah yang diberi *overtopping*. Umumnya *overtopping* setebal 500 mm sampai 100 mm.

- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang ada di SNI 03- 2847-2013 pasal 7.13.



**Gambar 3.12** Sambungan Balok dengan Pelat

### 3.10.4 Sambungan Pelat-Pelat

Metode *half slab precast*, sambungan yang digunakan adalah sambungan menerus pada tulangan atas. Tulangan dipasang menerus, kemudian diovertopping sehingga plat menyatu.

### 3.10.5 Perencanaan Pondasi

Perencanaan struktur pondasi menggunakan tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah data tanah menggunakan SPT. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pondasi dalam adalah sebagai berikut:

#### 1. Daya Dukung Tanah

Analisis daya dukung ijin tekan pondasi tiang terhadap kekuatan tanah mempergunakan formula sebagai berikut:

Berdasarkan data N SPT (Nakazawa)

$$R_u = q_d \cdot A + U \sum l_i \cdot f_i$$

$$\text{Daya dukung ijin} = R_a = \frac{R_u}{SF}$$

Dimana :

$R_a$  = daya dukung ijin tekan tiang

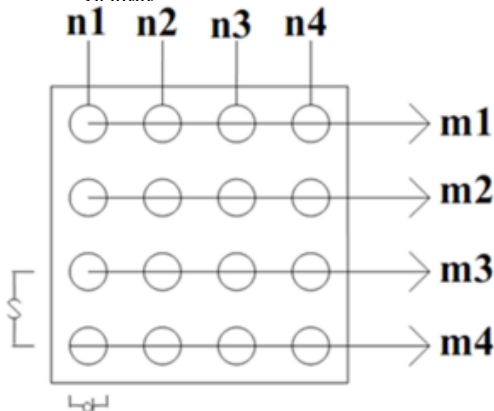
$q_d$  = daya dukung terpusat tiang

- $A_p$  = luas penampang tiang  
 $A_{st}$  = Keliling penampang tiang  
 $l_i$  = Panjang segmen tiang yang ditinjau  
 $f_i$  = gaya geser pada setimut segmen tiang  
 =  $N$  maksimum 12 ton/m<sup>2</sup>, untuk slit/clay  
 =  $N/5$  maksimum 10 ton/m<sup>2</sup>, untuk sand  
 $SF$  = factor keamanan, 3 untuk beban tetap dan 2 untuk beban gempa.

## 2. Tiang Pancang

- Perhitungan Jarak Antar Tiang Pancang  
 $2,5 D \leq S \leq 3D$
- Perhitungan Jarak Tiang Pancang ke Tepi Poer  
 $1,5 D \leq S \leq 2D$
- Efisiensi ( $\eta$ )

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90 . m . n}$$



**Gambar 3.13** Efisiensi Kelompok Tiang

Dimana:

- $\theta$  = arc tan  $d/s$ , dalam derajat  
 $m$  = jumlah baris tiang  
 $n$  = jumlah tiang dalam satu baris

d = diameter tiang

s = jarak pusat ke pusat tiang lain

d. Kekuatan Kelompok Tiang

$$P_{\text{kelompok}} = n \cdot \eta \cdot P_{\text{ijin}}$$

e. Gaya yang Dipikul Tiang Pancang

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\text{max}}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\text{max}}}{\Sigma y^2}$$

f. Kontrol Tiang Pancang

$$P_{\text{max}} \leq P_{\text{ijin}}$$

$$P_{\text{min}} \leq P_{\text{ijin}}$$

$$P_{\text{max}} \leq P_{\text{kelompok}}$$

3. Poer

a. Kontrol tebal minimum poer

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

b. Kontrol Geser

Kuat geser pondasi tetapak di sekitar kolom, beban terpusat, atau daerah reaksi ditentukan oleh kondisi terberat dari dua hal berikut:

- Aksi batok satu arah di mana masing-masing penampang kritis yang akan ditinjau menjangkau sepanjang bidang yang memotong seluruh lebar pondasi telapak.
- Aksi dua arah di mana masing-masing penampang kritis yang akan ditinjau harus ditempatkan sedemikian hingga perimeter penampang adalah rminimum.

Perhitungan gaya geser 1 arah dan 2 arah untuk pile cap sama dengan perhitungan gaya geser 1 arah dan 2 arah pada pondasi telapak.



### 3.11 Metode Pelaksanaan

Dalam metode pelaksanaan ini akan dibahas mengenai tahapan pengerjaan metode beton pracetak pada struktur balok dan pelat dari fabrikasi hingga selesai dengan memperhatikan aspek K3 dalam mengerjakannya. Adapun urutan pelaksanaan secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Proses Fabrikasi
2. Proses Pengangkatan
3. Proses Penyambungan
4. Proses Pengecoran

Penyajian metode pelaksanaan menggunakan 3D animasi.

### 3.12 Gambar Perencanaan

Gambar perencanaan meliputi:

1. Gambar arsitektur terdiri dari :
  - Gambar denah
  - Gambar tampak (tampak depan dan tampak samping)
  - Gambar potongan (potongan memanjang dan melintang)
2. Gambar struktur terdiri dari
  - Gambar plat
  - Gambar tangga dan bordes
  - Gambar balok
  - Gambar kolom
3. Gambar Penulangan
  - Gambar penulangan plat
  - Gambar penulangan tangga dan bordes
  - Gambar penulangan balok
  - Gambar penulangan kolom
4. Gambar detail
  - Gambar detail sambungan
  - Gambar panjang penyaluran
  - Gambar detail penjangkaran tulangan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB IV**

### **PRELIMINARY DESIGN**

#### **4.1 Data Perencanaan**

Data-data perencanaan secara keseluruhan mencakup data umum bangunan, data bahan dan data tanah.

1. Data Umum Bangunan:

- Nama Gedung : Apartemen Pavilion Permata
- Lokasi : Jl. Dukuh Pakis IIA, Surabaya
- Tipe bangunan : Apartemen
- Jumlah lantai : 12 lantai unit, 1 atap dan 1 basement
- Tinggi bangunan : +39 meter
- Struktur bangunan : Beton bertulang konvensional

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi dengan perubahan:

- Jumlah lantai : 12 lantai unit, 1 atap dan 1 parkir dan lobby
- Tinggi bangunan : +43 meter
- Struktur bangunan : Beton pracetak pada elemen balok dan pelat.

2. Data Material:

- Mutu beton ( $f'c$ ) :
  - balok, plat : 35 Mpa
  - kolom : 35 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 240 MPa 400 MPa



**Gambar 4.1** Lokasi Eksisting Apartemen Pavilion Permata

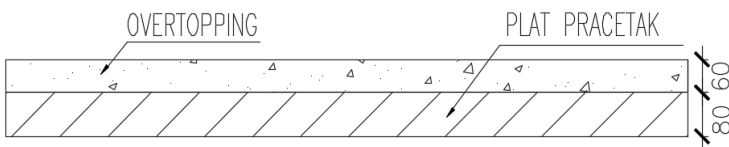
#### 4.2 Perencanaan Tebal Pelat

Penentuan tebal pelat minimum satu arah harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a). Pelat direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 35 MPa
- Tebal pelat rencana
  - Plat pracetak : 8 cm
  - Overtopping : 6 cm

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan tipe pelat yang memiliki ukuran sebagai berikut:

- Pelat tipe P1 : 150 cm x 450 cm
- Pelat tipe P2 : 200 cm x 450 cm
- Pelat tipe P3 : 240 cm x 600 cm
- Pelat tipe P4 : 240 cm x 300 cm



**Gambar 4.2** Perencanaan Dimensi Pelat

### 4.3 Perencanaan Dimensi Balok

Dalam tugas akhir ini akan digunakan balok pracetak dengan bentuk persegi. Dalam perencanaanya akan dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama dilakukan pembuatan balok dengan sistem fabrikasi yang selanjutnya akan dilakukan penyambungan dengan menggunakan sambungan basah. Tahap kedua yaitu akan dilakukan pemasangan ke site yang selanjutnya akan dilakukan overtopping menggunakan cor in situ. Penentuan dimensi dan persyaratan balok mengacu pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1, 21.5.1.2 & 21.5.1.2.

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h_{\min} = \frac{600}{16} \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$= 36,43 \text{ cm, digunakan } h = 60 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h$$

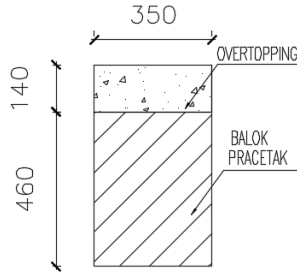
$$b_{\min} = \frac{1}{2}(60) - \frac{2}{3}(60)$$

$$= 30 \text{ cm} - 40 \text{ cm, digunakan } b = 35 \text{ cm}$$

Sehingga dalam tugas akhir ini akan direncanakan dimensi balok induk sebesar = 35 cm x 60 cm

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Tipe Balok	Bentang (L)	$h_{\min}$	$h_{\text{rencana}}$	$b_{\min}$	$b_{\text{rencana}}$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
BI-1	3000	182,14	600	300	350
BI-2	6000	364,29	600	300	350
BI-3	4500	273,21	600	300	350
BI-4	4500	273,21	600	300	350
BI-5	4800	291,43	600	300	350



**Gambar 4.3** Perencanaan Dimensi Balok Induk

Balok anak

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h_{\min} = \frac{600}{16} \left( 0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$= 36,43 \text{ cm, digunakan } h = 40 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h$$

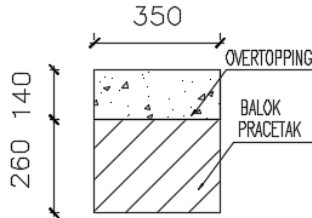
$$b_{\min} = \frac{1}{2}(40) - \frac{2}{3}(40)$$

$$= 20 \text{ cm} - 26,6 \text{ cm, digunakan } b = 30 \text{ cm}$$

Sehingga dalam tugas akhir ini akan direncanakan dimensi balok anak sebesar = 30 cm x 40 cm

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

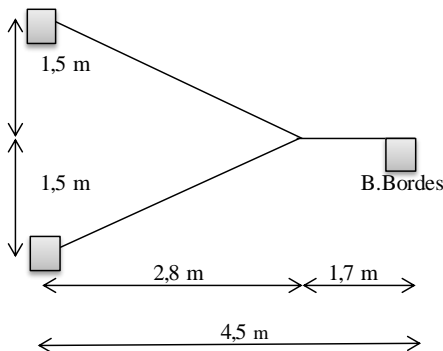
Tipe Balok	Bentang (L)	$h_{\min}$	$h_{\text{rencana}}$	$b_{\min}$	$b_{\text{rencana}}$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
BA-1	3000	182,14	400	200	300
BA-2	6000	364,29	400	200	300
BA-3	4500	273,21	400	200	300



**Gambar 4.4** Perencanaan Dimensi Balok Anak

#### 4.4 Perencanaan Dimensi Tangga

Perencanaan dimensi untuk tangga unit sebagai berikut.



**Gambar 4.5** Perencanaan Dimensi Tangga unit

- Data perencanaan
 

Panjang datar tangga	: 450 cm
Tinggi tangga	: 300 cm
Tinggi plat bordes	: 150 cm
Tebal plat tangga	: 15 cm
Tebal plat bordes	: 15 cm
Lebar injakan (i)	: 30 cm
Tinggi tanjakan (t)	: 17 cm

Jumlah tanjakan (nt)

Tinggi bordes = 1,5 m = 150 cm

$$nt = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{tinggi tanjakan}} = \frac{150}{17} = 9 \text{ buah}$$

Jumlah tanjakan = 18 buah

Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \arctan \frac{150}{270}$$

$$\alpha = 29,05^\circ$$

Syarat sudut kemiringan

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

$$25^\circ \leq 29,05^\circ \leq 40^\circ$$

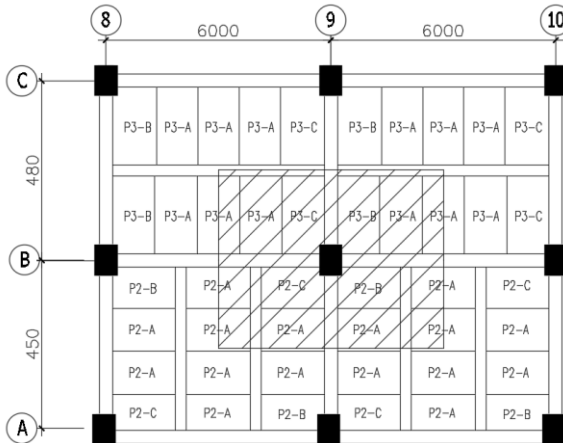
$$tr = \frac{i}{2} \sin \alpha = 7,285 \text{ cm}$$

Jadi tebal plat rata-rata = 15 cm + 7,23 cm

$$= 22,23 \approx 23 \text{ cm}$$

#### 4.5 Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom K1 yang ditinjau:



**Gambar 4.6** Area yang dipikul kolom K1



Perencanaan dimensi kolom yang ditinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar. Data-data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.3** Pembebanan Kolom K1

pelat atap								
beban mati	berat		b	L	t	x lantai	berat	
			(m)				(kg)	
pelat lantai atap	2400	kg/m <sup>3</sup>	4,65	6	0,14	1	9374,4	
penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	4,65	6	-	1	195	
- Plafond GRC board (5 mm)	7	kg/m <sup>2</sup>	4,65	6	-	1	195	
balok induk melintang (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,35	4,8	0,5	1	2016	
balok induk memanjang (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,35	6	0,5	1	2520	
balok anak (30/40)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,3	4,8	0,4	1	1382,4	
spesi (2 cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	4,65	6	1	1	1172	
Ducting dan Plumbing	20	kg/m <sup>2</sup>	4,65	6	-	1	558	
							<b>WD 1</b>	<b>17414</b>
beban hidup		berat	b	L	t	x lantai	berat	
			(m)					
Lantai atap	96		4,65	6	-	1	2678,40	
							<b>WL 1</b>	<b>2679</b>
pelat lantai 2-13								
beban mati	berat		b	L	t	x lantai	berat	
			(m)				(kg)	
pelat lantai (14 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	4,65	6	0,14	12	112493	
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	4,65	6	-	12	2344	
- Plafond GRC board (5 mm)	18	kg/m <sup>2</sup>	4,65	6	-	12	6026	
balok induk melintang (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,35	4,8	0,5	12	24192	
balok induk memanjang (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,35	6	0,5	12	30240	
balok anak (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,3	4,8	0,5	12	20736	
Kolom 60 x 80	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,6	3	0,8	12	41472	
Kolom 60 x 80 lobby	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,6	4	0,8	1	4608	
- Tembok bata ringan citicon (15 mm)	90	kg/m <sup>2</sup>	-	11	5	12	59400	
Tegel	16,5	kg/m <sup>2</sup>	4,65	6	-	12	5524	
spesi (2 cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	4,65	6	-	12	14062	
Ducting dan Plumbing	20	kg/m <sup>2</sup>	4,65	6	-	12	6696	
							<b>WD 2</b>	<b>327793</b>
beban hidup		berat	b	L	t	x lantai	berat	
			(m)					
Apartemen	192		4,65	6	-	12	64281,6	
							<b>WL 2</b>	<b>64281,6</b>

Sehingga dimensi kolom :

$$W_{\text{total}} = 485.709 \text{ kg}$$

$$A = \frac{S \times F \times W}{f'c} = \frac{3 \times 485.709 \text{ kg}}{375 \text{ kg/cm}^2} = 3886 \text{ cm}^2$$

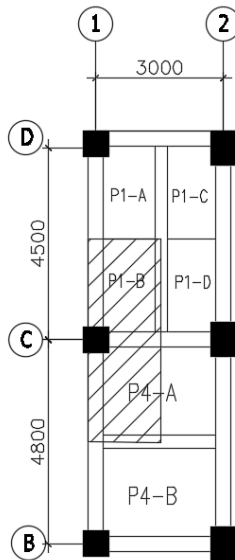
$$b \text{ direncanakan} = 60 \text{ cm,}$$

$$\text{maka nilai } h = 3886/60$$

$$= 62,34 \text{ cm}$$

Jadi digunakan dimensi kolom  $b \times h = 60 \times 80 \text{ cm}$ ,  $A = 4800 \text{ cm}^2$

Kolom K2 yang ditinjau:



**Gambar 4.7** Area yang dipikul kolom K2

Perencanaan dimensi kolom yang ditinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar. Data-data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Pembebanan Kolom K2

pelat atap								
beban mati	berat		b	L	t	x lantai	berat	
			(m)					(kg)
pelat lantai atap	2400	kg/m <sup>3</sup>	4,65	1,5	0,14	1	2343,6	
penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	4,65	1,5	-	1	49	
- Plafond GRC board (5 mm)	7	kg/m <sup>2</sup>	4,65	1,5	-	1	49	
balok induk melintang (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,35	4,8	0,5	1	2016	
balok induk memanjang (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,35	1,5	0,5	1	630	
balok anak (30/40)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,3	4,8	0,4	1	1382,4	
spesi (2 cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	4,65	1,5	1	1	293	
Ducting dan Plumbing	20	kg/m <sup>2</sup>	4,65	1,5	-	1	140	
							<b>WD 1</b>	<b>6903</b>
beban hidup		berat	b	L	t	x lantai	berat	
Lantai atap		96	4,65	1,5	-	1	669,60	
							<b>WL 1</b>	<b>670</b>
pelat lantai 2-13								
beban mati	berat		b	L	t	x lantai	berat	
			(m)					(kg)
pelat lantai (12 cm)	2400	kg/m <sup>3</sup>	4,65	1,5	0,14	12	28123	
Penggantung	7	kg/m <sup>2</sup>	4,65	1,5	-	12	586	
- Plafond GRC board (5 mm)	18	kg/m <sup>2</sup>	4,65	1,5	-	12	1507	
balok induk melintang (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,35	4,8	0,5	12	24192	
balok induk memanjang (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,35	1,5	0,5	12	7560	
balok anak (30/50)	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,3	4,8	0,5	12	20736	
Kolom 60 x 80	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,6	3	0,8	12	41472	
Kolom 60 x 80 lobby	2400	kg/m <sup>3</sup>	0,6	4	0,8	1	4608	
- Tembok bata ringan citicon (15 mm)	90	kg/m <sup>2</sup>	-	11	3	12	35640	
Tegel	16,5	kg/m <sup>2</sup>	4,65	1,5	-	12	1381	
spesi (2 cm)	42	kg/m <sup>2</sup>	4,65	1,5	-	12	3515	
Ducting dan Plumbing	20	kg/m <sup>2</sup>	4,65	1,5	-	12	1674	
							<b>WD 2</b>	<b>170995</b>
beban hidup		berat	b	L	t	x lantai	berat	
Apartemen		192	4,65	1,5	-	12	16070,4	
							<b>WL 2</b>	<b>16070,4</b>

Sehingga dimensi kolom :

$$W_{\text{total}} = 231344,8 \text{ kg}$$

$$A = \frac{W}{SF \cdot f'c} = \frac{3 \times 231344,8 \text{ kg}}{375 \text{ kg/cm}^2} = 1851 \text{ cm}^2$$

$$b = h, \quad \text{maka nilai } b = \sqrt{1851} \\ = 43,02 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Jadi digunakan dimensi kolom  $b \times h = 60 \times 60 \text{ cm}$ ,  $A = 3600 \text{ cm}^2$

## **BAB V**

### **ANALISA PEMBEBANAN**

#### **5.1 Beban Statis**

Beban elemen struktur gedung dikenai beban gravitasi yang dimana mengacu pada peraturan SNI 03-1727-2013, dan brosur material yang ada pada saat ini. Untuk brosur material dapat lihat pada Lampiran 1. Adapun beban gravitasi yang terjadi akan diterapkan pada perhitungan dan program bantu SAP 2000 v.14.

##### **5.1.1 Beban Mati (DL)**

Beban mati terdiri atas berat sendiri seluruh elemen struktur dan perlengkapan permanen pada gedung seperti dinding, lantai atap, plafon dan partisi. Beban mati terdiri dari dua macam, antara lain:

1. Berat sendiri elemen struktur (Self Weight, DL)  
Berat beton  $= 2400 \text{ kg/m}^3$
2. Berat sendiri tambahan (Superimposed dead load, SDL)
  - a. Beban spesi per cm tebal  
( $21 \text{ kg/m}^3 \times 2$ )  $= 42 \text{ kg/m}^2$  (PPIUG 1983)
  - b. Beban kramik per cm tebal  $= 16,5 \text{ kg/m}^2$
  - c. Plafond Kalsiboard 4.5  $= 6 \text{ kg/m}^2$  (Brosur)
  - d. Beban ducting mechanical  $= 19 \text{ kg/m}^2$  (ASCE 7-2002)
  - e. Beban dinding
    - Bata ringan citicon ( $600 \text{ kg/m}^3 \times 0,15 \text{ m}$ )  $= 90 \text{ kg/m}^2$  (brosur)
  - f. Beban Lift

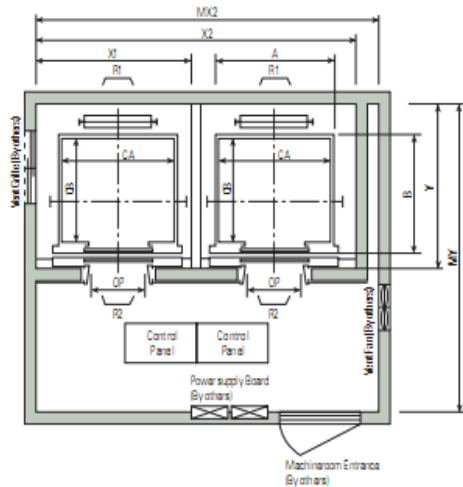
Untuk Lift yang dipakai adalah merk Hyundai dengan reaksi sebagai berikut

**Tabel 5.1** Spesifikasi ruang mesin lift Hyundai

Speed	Capacity		M/C Room Reaction		Clear	Pit Reaction	
			(kg)		Opening	(kg)	
(m/sec)	Person	Kg	R1	R2	OP	R3	R4
1	10	700	4200	2700	800	6800	5400

**Tabel 5.2** Spesifikasi *hoistway* Hyundai

Inside Dimension					
Car		Hoistway		Machine Room	
CA	CB	X2	Y	MX2	MY
1400	1250	3700	1850	4000	3600

**Gambar 5.1** Dimensi Elevator Hyundai

Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift:

Panjang balok penggantung lift = 3 m

$$R_a = R_1 \cdot KLL$$

$$R_b = R_2 \cdot KLL$$

Menurut PPIUG 1983 pasal 3.3.(3)

$$KLL = (1 + k_1 k_2 v) > 1,15$$

Dimana :

KLL = Koefisien kejut beban hidup yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

$k_1$  = Koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6

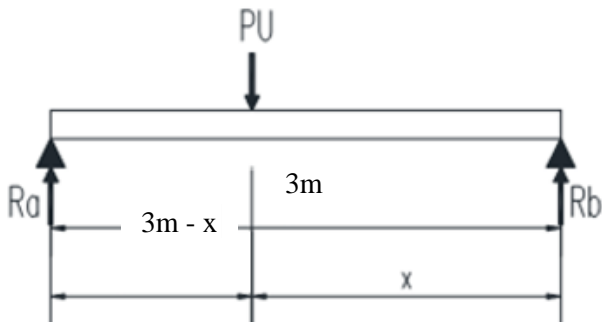
$k_2$  = Koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan dapat diambil sebesar 1,3

maka :

$$\begin{aligned} KLL &= (1 + 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1) \\ &= 1,78 \end{aligned}$$

$$R_a = R_1 \cdot KLL = 4200 \cdot 1,78 = 7476 \text{ kg}$$

$$R_b = R_2 \cdot KLL = 2700 \cdot 1,78 = 4806 \text{ kg}$$



**Gambar 5.2** Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift

$$\Sigma M_b = 0$$

$$0 = 3m \cdot 7476 \text{ kg} - P_u \cdot x$$

$$0 = 22428 \text{ kg.m} - P_u \cdot x$$

$$P_u = 22428 \text{ kg.m} / x$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$0 = 3 \cdot 4806 - P_u (3 - x)$$

$$0 = 14418 - 22428 \text{ kg.m} / x (3 - x)$$

$$0 = 11486,34 - 67284 \text{ kg.m} / x + - 22428 \text{ kg}$$

$$x = 67284 \text{ kg.m} / 36846 \text{ kg}$$

$$x = 1,83 \text{ m}$$

Maka :

$$P_u = 22428 / x$$

$$P_u = 22428 / 1,83$$

$$P_u = 12282 \text{ kg},$$

$P_u$  dibagi pada 2 balok lift,  $P_u/2 = 6141 \text{ kg}$

### 5.1.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban akibat fenomena alam. Bergantung fungsi ruang, maka beban hidup dapat di bedakan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 Tabel 4.1 sebagai berikut:

#### 1. Beban Hidup

- Beban Apartemen = 192 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Koridor Diatas Lt 1 = 383 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Koridor Lt 1 = 479 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Bordes dan anak tangga = 133 kg/m<sup>2</sup>



$$\text{Beban merata pada bordes dan anak tangga} = \frac{1596}{4,86} = 328 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Atap (yang terhubung langsung dengan pekerja lantai) = 96 kg/m<sup>2</sup>

## **5.2 Beban Gempa**

Peninjauan beban gempa pada perencanaan struktur bangunan ini ditinjau secara analisa dinamis 3 dimensi. Fungsi respons spektrum ditetapkan sesuai peta wilayah gempa daerah di Surabaya.

### **5.2.1 Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung**

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 4.12 Tabel 1, bangunan yang didesain untuk hunian masuk kedalam kategori risiko II.

### **5.2.2 Menentukan Faktor Keutamaan Gempa**

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 2 dan kategori risiko yang didapat maka dapat ditentukan faktor keutamaan gempa yakni  $I_e = 1,0$ .

### 5.2.3 Menentukan Kelas Situs

Hasil tes tanah dengan kedalaman 30 m

**Tabel 5.3** Nilai N-SPT data tanah

Kedalaman (m)	Tebal (m)	Nilai N-SPT	di/Ni
1	1	1	1,00
3	2	1	2,00
5	2	1	2,00
7	2	1	2,00
9	2	1	2,00
11	2	2	1,00
13	2	1	2,00
15	2	6	0,33
17	2	13	0,15
19	2	13	0,15
21	2	13	0,15
23	2	14	0,14
25	2	15	0,13
27	2	17	0,12
29	2	18	0,11
30	1	18	0,06
Total	<b>30</b>	Total	<b>13,36</b>

Tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata (SNI 1726:2012 Psl. 5.4.2)

$$\bar{N} = \frac{\sum di}{\sum di/Ni} = \frac{30,00}{13,36} = 2,246$$

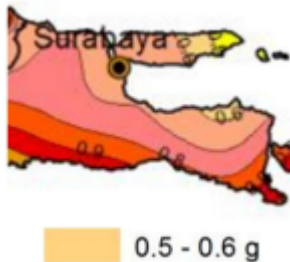
Menurut SNI 03-1726-2012 Tabel 3 pasal 5.3, untuk  $N < 15$  maka termasuk situs SE (Tanah Lunak).

### 5.2.4 Menentukan Parameter Percepatan Gempa



**Gambar 5.3** Nilai  $S_1$ , Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik

(SNI 03-1726-2012 pada gambar 10)



**Gambar 5.4** Nilai  $S_s$ , Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek

Maka diambil nilai  $S_s = 0,7$  dan  $S_1 = 0,3$

### 5.2.5 Menentukan Koefisien Situs

Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek ( $F_a$ ). (SNI 1726 tahun 2012 Tabel 4)

Menggunakan cara interpolasi  $S_s = 0,7$  dan  $F_a = 1,3$ .

Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik ( $F_v$ ). (SNI 1726 tahun 2012 Tabel 5)

$$S_1 = 0,3 \text{ dan } F_v = 2,8.$$

### 5.2.6 Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.2 maka :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,3 \cdot 0,7 = 0,91g$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 2,8 \cdot 0,3 = 0,84g$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3 maka :

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \cdot 0,91 = 0,607$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \cdot 0,84 = 0,560$$

### 5.2.7 Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 6 dan Tabel 7, untuk  $0,5 \leq S_{DS}$ ,  $0,2 \leq S_{D1}$ , dan kategori risiko IV didapatkan kategori desain seismik D.

### 5.2.8 Menentukan Parameter Struktur

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 9, untuk sistem rangka pemikul momen khusus adalah:

$$\text{Koefisien modifikasi respons (R)} \quad : 8$$

$$\text{Faktor kuat-lebih sistem } (\Omega_0) \quad : 3$$

$$\text{Faktor pembesaran defleksi } (C_d) \quad : 5,5$$

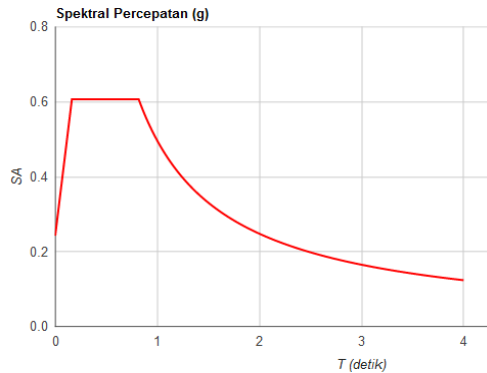
### 5.2.9 Analisa Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.4 atau [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id), didapatkan bahwa:

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

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,496}{0,607} = 0,817 \text{ detik}$$

Maka :



**Gambar 5.5** Respons Spektrum Desain

### 5.3 Kombinasi Pembebanan

1. Kombinasi beban untuk perhitungan struktur atas menggunakan metode desain kekuatan sebagai berikut :
  1. 1.4D
  2. 1.2D + 1.6L
  3. 1.2D + 1.3E + 1,0L
2. Kombinasi pembebanan untuk perhitungan struktur bawah menggunakan metode tegangan ijin sebagai berikut :
  - D
  - D + L
  - D + 0.75L + 0.75(1,3E)

Dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa

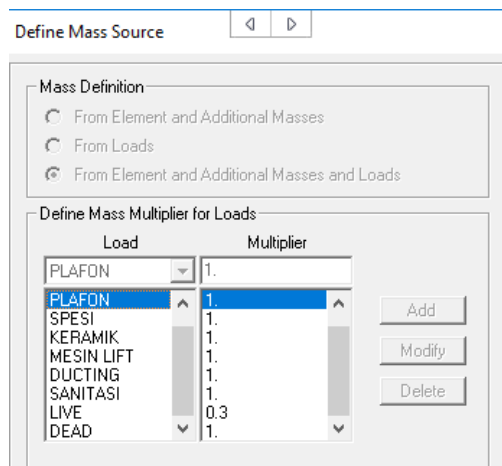
Lr = Beban hidup atap

“Halaman ini sengaja dikosongkan ”

## BAB VI PERMODELAN STRUKTUR

### 6.1 Besaran Massa

Besaran massa elemen struktur (mass source adalah massa struktur pada program bantu SAP 2000 v.14 yang digunakan pada perhitungan untuk analisa modal menggunakan pilihan “mass definition: from element and additional masses and loads” yang dimana berat sendiri akan dihitung oleh struktur sedangkan beban tambahan ditambahkan dengan pembesaran sesuai dengan jenis bebannya. Massa-massa beban yang dimasukkan adalah sebagai berikut:



**Gambar 6.1** Besaran massa struktur

- Beban mati tambahan (keramik + spesi, dinding, plafon, penggantung plafon, lapisan waterproofing, dll) : Multiplier 1,0.
- Beban hidup : Multiplier 0,3  
Peninjauan Terhadap Pengaruh Gempa

Peninjauan gempa horizontal dibagi kedalam dua arah yaitu:

1. Gempa arah x dengan komposisi 100% Ex + 30% Ey

2. Gempa arah y dengan komposisi 30% Ex + 100% Ey

## 6.2 Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respons Spektrum SAP 2000 untuk SRPM

Faktor skala gaya diambil dari persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= \frac{I_e}{R} g \\ &= \frac{1}{8} 9,8 \text{ m/s}^2 = 1,225g \end{aligned}$$

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

## 6.3 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 hasil analisis didapatkan partisipasi masa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah. Analisis modal menggunakan SAP 2000 diambil sebanyak 12 Mode Shape untuk menjamin partisipasi massa struktur lebih dari 90%.

**Tabel 6.1** Nilai Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,746895	0,000021	0,796087	6,276E-07	0,000021	0,796087
MODAL	Mode	2	1,705973	0,791039	0,000031	3,111E-08	0,791061	0,796117
MODAL	Mode	3	1,604357	0,020335	0,00003	9,389E-10	0,811396	0,796148
MODAL	Mode	4	0,561155	0,000011	0,107046	8,114E-07	0,811407	0,903194
MODAL	Mode	5	0,555261	0,096556	0,000014	4,925E-07	0,907963	0,903208
MODAL	Mode	6	0,517169	0,001527	0,00000167	6,898E-09	0,90949	0,90321
MODAL	Mode	7	0,316663	0,029628	1,754E-07	5,845E-07	0,939117	0,90321
MODAL	Mode	8	0,310988	1,886E-07	0,031602	0,000001785	0,939118	0,934812
MODAL	Mode	9	0,288162	0,000178	9,793E-07	7,296E-10	0,939296	0,934813
MODAL	Mode	10	0,21712	0,012886	2,157E-07	0,000016	0,952182	0,934813
MODAL	Mode	11	0,211855	4,866E-07	0,013478	0,000001417	0,952182	0,948291
MODAL	Mode	12	0,202669	2,321E-07	0,000725	0,000046	0,952182	0,949016



#### 6.4 Kontrol Periode Fundamental

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 15 sebagai batas bawah sebesar:

$$T_a = C_t \cdot h_n$$

Dimana:

$h_n$  : Ketinggian struktur

$C_t$  : Parameter pendekatan tipe struktur

$x$  : Parameter pendekatan tipe struktur

**Tabel 6.2** Nilai Parameter Periode Pendekatan ,  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dimana 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	$0,0724\alpha$	0,8
<b>Rangka beton pemikul momen</b>	<b><math>0,0466\alpha</math></b>	<b>0,9</b>
Rangka baja dengan bresing eksentris	$0,0731\alpha$	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	$0,0731\alpha$	0,75
Semua sistem struktur lainnya	$0,0488\alpha$	0,75

Untuk nilai struktur beton SRPMK didapatkan nilai  $C_t = 0,0466$  dan  $x = 0,9$ , sehingga:

$$T_a = 0,0466 \cdot (43^{0,9}) = 1,376 \text{ detik}$$

Dengan batas atas periode fundamental struktur berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 14 sebesar :

**Tabel 6.3** Parameter percepatan respons spectrum

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

Karena nilai  $S_{D1} = 0,496 > 0,4$ , maka didapatkan nilai  $C_u = 1,4$  sehingga :

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,376 = 1,926 \text{ detik}$$

**Tabel 6.4** Nilai Periode Fundamental Struktur

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
<b>MODAL</b>	<b>Mode</b>	<b>1</b>	<b>1,74689</b>	<b>0,57158</b>
MODAL	Mode	2	1,705973	0,58618

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur gedung A sebagai berikut :

$$T_a \leq T \leq C_u \cdot T_a$$

$$1,376 \text{ detik} \leq 1,75 \text{ detik} \leq 1,926 \text{ detik}$$

Karena nilai periode fundamental struktur telah memenuhi persyaratan yang ada, maka Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dapat dipakai.

### 6.5 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Kontrol gaya dinamis struktur untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan respons spectrum berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1. Untuk kontrol gaya gempa dasar dinamis koefisien  $C_s$  adalah sebagai berikut:

1. Nilai  $C_s$  minimum

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

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

$$C_s \min = 0,04 \geq 0,01$$

2. Nilai  $C_s$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T} = \frac{0,607}{\frac{8}{1,5}} = 0,11$$

3. Nilai  $C_s$  max

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,496}{1,17 \cdot \frac{8}{1,5}} = 0,08$$

Penentuan gaya geser dasar dinamis struktur menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = C_s \cdot W_t$$

Dimana :

$C_s$  : Koefisien respons seismic

$W_t$  : Total beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup

**Tabel 6.5 Berat Struktur**

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
1D + 1L	Combination	3,294E-10	-1,203E-09	160462,467

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 v.14 didapatkan sebesar:

**Tabel 6.6 Gaya geser dasar (base shear) struktur**

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	KN	KN
EQ X	LinRespSpec	Max	8582,378	6,064
EQ Y	LinRespSpec	Max	6,064	8345,603

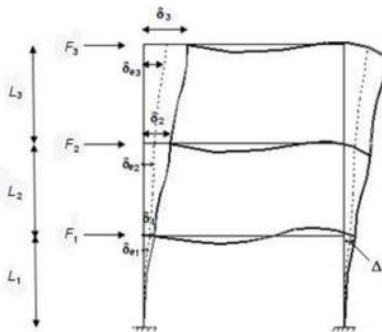
Maka :

**Tabel 6.7** Rekapitulasi Kontrol Gaya Gempa Dasar

	(kN)
V static	6967,23
0,85 V static	5922,15
$E_x$	8582,378
$E_y$	8345,603
$E_x > 0,85 V$ static	memenuhi
$E_y > 0,85 V$ static	memenuhi

### 6.6 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar lantai perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis,  $\delta_{xe}$  dari analisis struktur. Setelah itu nilai  $\delta_{xe}$  dikalikan dengan faktor pembesaran  $C_d/I_e$ . Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada suatu tingkat dengan nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat di bawahnya. Nilai simpangan ini selanjutnya dikontrol terhadap batas simpangan. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut berdasarkan SNI 03-1726-2012 Gambar 5:



**Gambar 6.2** Penentuan Simpangan Antar Lantai

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \text{ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.6)}$$

Dimana :

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

$\delta_{xe}$  = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis

$I_e$  = Faktor keutamaan = 1,5

Untuk nilai simpangan antar lantai ijin,  $\Delta_i$ , berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 16 didapatkan yakni:

**Tabel 6.8** Simpangan Antar Lantai Ijin  $\Delta_i$

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

Maka didapat nilai  $\Delta_i = 0,020 h_{sx}$

- Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X

**Tabel 6.9** Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

1,2 D + 1 L + 1EX + 0,3 EY							
Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu x							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta_e$ (mm)	$\delta_{xe}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Ket
ROOFTOP	46,00	3,00	29,09	1,88	10,35	60	OK
ATAP	43,00	3,00	27,21	1,97	10,83	60	OK
13	40,00	3,00	25,24	2,05	11,29	60	OK
12	37,00	3,00	23,19	2,13	11,71	60	OK
11	34,00	3,00	21,06	2,20	12,09	60	OK
10	31,00	3,00	18,86	2,25	12,39	60	OK
9	28,00	3,00	16,61	2,29	12,60	60	OK
8	25,00	3,00	14,32	2,31	12,69	60	OK
7	22,00	3,00	12,01	2,31	12,69	60	OK
6	19,00	3,00	9,70	2,23	12,25	60	OK
5	16,00	3,00	7,47	2,06	11,34	60	OK
4	13,00	3,00	5,41	1,88	10,34	60	OK
3	10,00	3,00	3,53	1,67	9,18	60	OK
2	7,00	3,00	1,86	1,30	7,17	60	OK
1	4,00	4,00	0,56	0,56	3,08	80	OK

- Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y

**Tabel 6.10** Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

1,2 D + 1 L + 1EY + 0,3 EX							
Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta_e$ (mm)	$\delta_{ye}$ (mm)	$\delta_y$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Ket
ROOFTOP	42,00	3,00	27,40	2,39	13,14	60	OK
ATAP	39,00	3,00	25,01	2,38	13,10	60	OK
13	36,00	3,00	22,63	2,37	13,02	60	OK
12	33,00	3,00	20,26	2,34	12,88	60	OK
11	30,00	3,00	17,92	1,30	7,14	60	OK
10	27,00	3,00	16,62	3,24	17,80	60	OK
9	24,00	3,00	13,39	2,16	11,88	60	OK
8	21,00	3,00	11,23	2,06	11,32	60	OK
7	18,00	3,00	9,17	1,94	10,65	60	OK
6	15,00	3,00	7,23	1,79	9,86	60	OK
5	12,00	3,00	5,44	1,61	8,86	60	OK
4	9,00	3,00	3,83	1,40	7,68	60	OK
3	6,00	3,00	2,43	0,47	2,58	60	OK
2	3,00	3,00	1,96	1,30	7,16	60	OK
1	0,00	4,00	0,66	0,66	3,63	80	OK

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN STRUKTUR ATAS**

Desain tebal pelat yang direncanakan dalam tugas akhir terapan ini menggunakan ketebalan 14 cm. dengan tebal pelat pracetak 8 cm dan pelat cor di tempat 6 cm. Adapun peraturan yang digunakan dalam perencanaan yaitu SNI 1727-2013. Pelat yang direncanakan pada beberapa keadaan :

1. Ketika Pengangkatan  
Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan.
2. Sebelum Komposit  
Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran dimana antara komponen pracetak dengan komponen topping belum dapat menyatu dalam memikul beban.
3. Sesudah Komposit  
Keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban.

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan ruangan yang digunakan dan preliminari desain yaitu sebagai berikut :

- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| a) Tebal pelat               | = 14 cm                    |
| b) Mutu beton ( $f'c$ )      |                            |
| 28 hari                      | = 35 MPa                   |
| 7 hari                       | = 23 MPa                   |
| 3 hari                       | = 16 MPa                   |
| c) Diameter tulangan rencana | = < 10 mm, $f_y = 240$ MPa |
|                              | = > 10 mm, $f_y = 400$ MPa |

Desain pelat direncanakan berdasarkan pembebanan pada masing-masing ruang ditabel bawah sebagai berikut :

**Tabel 7.1** Pembebanan Ruang Pelat Pracetak

No	Pembagian Ruang	Beban Hidup(kg/m <sup>2</sup> )
1	Ruang <i>Lobby / corridor</i>	479
2	Apartemen	192
3	Atap dak beton	96
✓	Pada beban hidup menggunakan peraturan Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013)	

Saat pengangkatanBeban Mati (DL) :

- Pelat pracetak,  $0,08 \times 1,0 \times 2400 : 192 \text{ kg/m'}$   
 Beban kejut pengangkatan,  $0,5 \times 192 : 96 \text{ kg/m'}$  +  
 $288 \text{ kg/m'}$

Beban terfaktor = 1,4DL

$$= 1,4 (288 \text{ kg/m'})$$

$$= 403,2 \text{ kg/m'}$$

Sebelum kompositBeban Mati (DL) :

- Pelat pracetak,  $0,08 \times 1,0 \times 2400 : 192 \text{ kg/m'}$   
 Berat topping,  $0,2^* \times 1,0 \times 2400 : 480 \text{ kg/m'}$  +  
 $672 \text{ kg/m'}$

\* Tinggi overtopping ketika beton dituang dari bucket direncanakan setinggi 20 cm, karena ketika dituang, beton terkumpul pada 1 titik.

Beban Hidup (LL) :

- Beban Hidup,  $1,0 \times 100 : 100 \text{ kg/m'}$   
 Beban Terfaktor

$$q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 (672 \text{ kg/ m'}) + 1,6 (100 \text{ kg/ m'})$$

$$= 966,4 \text{ kg/ m'}$$



Setelah kompositBeban Mati (DL) :

• Pelat penuh	0,15 x 1,0 x 2400	:	360	kg/m'
• Plafon		:	11	kg/m'
• Penggantung plafon		:	7	kg/m'
• Ducting + plumbing		:	20	kg/m'
• Spesi (2 cm)		:	42	kg/m'
• Tegel		:	16,5	kg/m' +
			<hr/>	
			457	kg/m'

## Beban Hidup (LL) :

• Pelat pracetak,	1,0 x 192	:	192	kg/m'
-------------------	-----------	---	-----	-------

## Beban Terfaktor

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (457 \text{ kg/m}') + 1,6 (192 \text{ kg/m}') \\
 &= 855 \text{ kg/m}'
 \end{aligned}$$

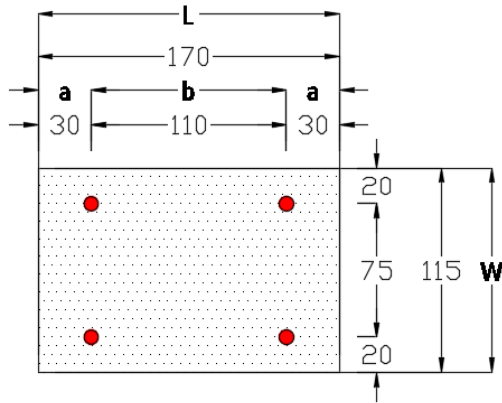
**7.1 Penulangan Pelat Pracetak****Data teknis**

• Tulangan lentur	=	D10 mm	As	=	78,54	mm <sup>2</sup>
• t.plat pracetak	=	80 mm				
• Decking	=	20 mm				
• Ø	=	0,9				
• ρ min	=	0,002	(SNI 2847:2013 Ps.7.12.2.1)			
ρ min	=	$\frac{1,4}{f_y}$	=	0,0035		

**7.1.1 Penulangan Pelat akibat pengangkatan**

Ketika pengangkatan, umur beton direncanakan 3 hari, sehingga kuat tekan beton 3 hari = 16 MPa

Momen yang terjadi  
Momen arah x



**Gambar 7. 1** Titik angkat pelat

$$Q = qu \text{ angkat } x L$$

$$M_{x-} = \frac{1}{2} Q a^2$$

$$M_{x-} = \frac{1}{2} Q a^2$$

$$M_{x+} = \frac{1}{8} Q b^2 - (M_{x-})$$

$$M_{x-} = \frac{1}{2} \cdot 464 \cdot 0,09 = 20,866 \text{ kgm}$$

$$M_{x-} = \frac{1}{8} \cdot 464 \cdot 1,21 - 20,866 = 49,266 \text{ kgm}$$

**Penulangan Pelat Arah x**

$$d_x = h - \text{decking} - \frac{d \text{ tul}}{2}$$

$$dx = 80 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{10 \text{ mm}}{2} = 55 \text{ mm}$$

$$dy = h - \text{decking} - d \text{ tul} - \frac{d \text{ tul}}{2}$$

$$dy = 80 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 - \frac{10 \text{ mm}}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b dx^2}$$

$$Rn = \frac{49266 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \text{ mm} \times (45\text{mm})^2} = 0,181$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

$$m = \frac{240}{0,85 \times 16 \text{ MPa}} = 17,54$$

$\rho \text{ max} =$  Nilai rasio tulangan maksimum dihitung berdasarkan syarat bahwa regangan tarik netto minimum yang boleh terjadi adalah sebesar 0,004 untuk memastikan terjadinya keruntuhan.

$$\epsilon_t = 0,003 \frac{0,85 fc' \beta_1}{\rho fy} - 1$$

$$0,004 = 0,003 \frac{0,85 \cdot 16 \text{ MPa} \cdot 0,85}{\rho \cdot 240 \text{ MPa}} - 1$$

$$\rho \text{ max} = 0,048$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \left( 1 - \frac{2 Rn m}{fy} \right)^{0,5} \right)$$

$$= 0,0008 < \rho \text{ min, dipakai } \rho = 0,0035$$

Tulangan Utama

$$As = \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot dx$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 55 \text{ mm} = 320,83 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10mm,  $A_s$  tulangan =  $78,54 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{1000 A_{s,\text{tul}}}{A_s} \\ &= \frac{1000 \text{ mm} \cdot 78,54 \text{ mm}^2}{320,8 \text{ mm}^2} = 244,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat,  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)

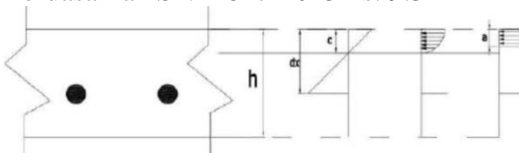
$$s \leq 3(80\text{mm}) \quad \text{atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 240 \text{ mm} \quad \text{atau } 450 \text{ mm}$$

Dipakai  $s = 200 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1000 \text{ mm} \cdot 78,54 \text{ mm}^2}{200 \text{ mm}} = 392,70 \text{ mm}^2$$

- Kontrol Faktor Reduksi  
Berdasarkan SNI 2847-2013 Ps. 9.3



- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{392,70 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 16 \cdot 1000} = 6,887 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset M_n &= \emptyset A_s f_y d_x \\
 &= 0,9 \cdot 393 \cdot 400 \left( d_x - \frac{1a}{2} \right) \\
 &= 7288632,686 \text{ Nmm} > M_u = 492660 \text{ Nmm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Untuk daerah kanan dan kiri titik angkat

$$\begin{aligned}
 \emptyset M_n &= \emptyset A_s f_y d_x' \\
 &= 0,9 \cdot 393 \cdot 400 \left( d_x' - \frac{1a}{2} \right) \\
 &= 2827433,388 \text{ Nmm} > M_u = 208656 \text{ Nmm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

### 7.1.2 Penulangan Pelat Sebelum Komposit

$$d_x = 80 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{10 \text{ mm}}{2} = 55 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= \frac{q_u \cdot Lx^2}{8} \\
 &= \frac{966,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 1,3225 \text{ m}^2}{8} \\
 &= 159,76 \text{ kg} \cdot \text{m} = 1.597.580 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d_x^2}$$

$$R_n = \frac{1.597.580 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \text{ mm} \times (45 \text{ mm})^2} = 0,5868$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

$$m = \frac{240}{0,85 \times 16 \text{ MPa}} = 17,54$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \left( 1 - \frac{2 R_n m}{f_y} \right)^{0,5} \right) \\
 &= 0,0008 < \rho \text{ min, dipakai } \rho = 0,0035
 \end{aligned}$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \text{ pakai} \quad b \quad dx \\ &= 0,0058 \quad 1000 \quad 55,0 \\ &= 320,83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan} \quad D - 10 \text{ mm}, A_s = 78,53982 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{1000 \quad A_s.tul}{A_s} \\ &= 244,799428 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat,} \quad s &\leq 3 \quad h \text{ atau } 450\text{mm} && (\text{SNI } 2847:2013 \text{ Ps. } 10.5.4) \\ s &\leq 3 \quad 80 \text{ atau } 450\text{mm} \\ s &\leq 240 \quad \text{atau } 450\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dipakai } s &= 200 \text{ mm} \\ \text{As Pakai} &= \frac{1000 \quad 78,5398}{200} \\ &= 392,70 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### 7.1.3 Penulangan Pelat Setelah Komposit Penulangan Arah X

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{q_u \quad L_x^2}{8} \\ &= \frac{855 \quad 2,89}{8} = 308,869 \text{ kgm} \\ &= 3088688 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 140 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{10 \text{ mm}}{2} = 115 \text{ mm} \\ R_n &= \frac{M_u}{\phi \quad b \quad d^2} = \frac{3.088.687,5}{0,8 \times 1000 \times 55^2} = 0,2595 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \left( 1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y} \right)^{0.5} \right) \\ &= 0,0007 < \rho \text{ min, dipakai} \quad \rho \text{ pakai} = 0,0058 \end{aligned}$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \text{ pakai} \quad b \quad dx \\ &= 0,0058 \quad 1000 \quad 115,0 \\ &= 670,83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan} \quad D - 10 \text{ mm, } A_s = 78,53982 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \text{ As.tul}}{A_s}$$

$$= 117,077987 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat,} \quad s \leq 3 \quad h \text{ atau } 450\text{mm} \quad (\text{SNI } 2847:2013 \text{ Ps. } 10.5.4)$$

$$s \leq 3 \quad 80 \text{ atau } 450\text{mm}$$

$$s \leq 240 \quad \text{atau } 450\text{mm}$$

$$\text{Dipakai } s = 200 \text{ mm}$$

$$\text{As Pakai} = \frac{1000 \quad 78,5398}{200}$$

$$= 392,70 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \quad F_y}{0,85 \quad f_c \quad b} = \frac{392,70 \quad 400}{0,85 \quad 35 \quad 1000} \\ &= 5,27999 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,28}{0,8} \\ &= 6,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= 0,003 \left( \frac{dx}{c} - 1 \right) \\ &= 0,0493 \longrightarrow \text{Dipakai } \phi = 0,9 \end{aligned}$$

$$\phi M_n = \phi \quad A_s \quad f_y \quad dx$$

$$= 0,9 \quad 393 \quad 400 \left( dx - \frac{1a}{2} \right)$$

$$= 16257741,98 > \quad \phi M_u = 3088688 \quad \underline{\text{OK}}$$

### Penulangan Arah Y

Penulangan arah Y merupakan tulangan susut. Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, untuk tulangan mutu 400 MPa menggunakan rasio tulangan minimum ( $\rho_{min}$ ) = 0,0018

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{susut} b d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 105 = 189 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba digunakan tulangan D10

$$A_{D10} = 0,25 \pi d^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times AD10}{A_s} = \frac{1000 \times 78,54}{189} = 415,555 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 5h$  atau  $s \leq 450 \text{ mm}$

$$s \leq 5(140) \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 700 \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm}$$

dipakai  $s = 300 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{b \times AD10}{s} = \frac{1000 \times 78,54}{300} = 261,799 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan susut D10-300

Cek nilai  $\rho \text{ aktual}$

$A_s$  terpasang pada tulangan utama D10-150 = 550 mm<sup>2</sup>

$$\rho \text{ aktual} = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho \text{ aktual} = \frac{550 \text{ mm}^2}{1000 \cdot 45} = 0,0122 < \rho_{max} = 0,025$$

#### 7.1.4 Kontrol Tegangan Pelat

Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan pelat pracetak dilakukan dengan 4 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

$$f_{ci} (3 \text{ hari}) = 0,46 \times 35 \text{ MPa} = 16,1 \text{ MPa}$$



$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$w = 201,6 \text{ kg/m}^2$$



$$a = 1,15 \text{ m}$$

$$b = 1,7 \text{ m}$$

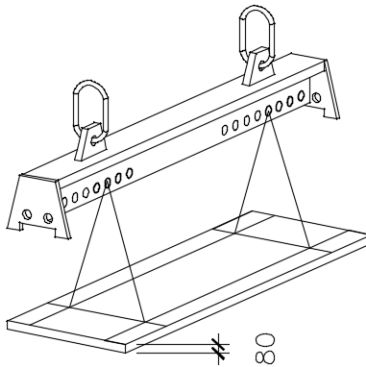
$$P = \frac{a b T_{\text{Precast}} B J_{\text{beton}}}{4}$$

$$= \frac{1,15 \times 1,7 \times 0,08 \times 2400}{4} = 93,84 \text{ kg}$$

- Tegangan Arah X (arah panjang)

$$M_x = 49,266 \text{ kg.m}$$

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan ( $45^\circ$ )



**Gambar 7.2** Pengangkatan pelat pracetak

$$Y_c = 0,5 \times \text{tebal pelat} = 0,04 \text{ m}$$

$$M_x' = \frac{P \times Y_c}{\tan \theta} = \frac{93,84 \text{ kg} \times 0,04 \text{ m}}{\tan 45} = 3,754 \text{ kgm}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M_x \text{ total} = 1,5 \times (M_x + M_x') = 1,5 \times (49,266 + 3,754) = 79,53 \text{ kgm}$$

- Menghitung Momen Tahanan

Sesuai dengan gambar 4.6, menurut *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete*, dimana:

- Mx ditahan oleh penampang selebar 15t atau b/2

$$15t = 8 \times 15 = 120 \text{ cm}$$

$$b/2 = 1,7/2 = 85 \text{ cm}$$

$$W_x = \frac{1}{6} \times 15t \times t^2 = \frac{1}{6} \times 85 \times 8^2 = 906,67 \text{ cm}^3$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{x_{\text{tot}}}}{W_x} = \frac{7953}{906,67} = 8,78 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,87 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

### Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

- Pembebanan

Beban Mati (DL)

$$\text{Beban sendiri pracetak} = 0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Stud + tulangan angkat} = 0,10 \times 168 = 19,2 \text{ kg/m}^2$$

$$qD = 211,2 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (LL)

$$P \text{ pekerja} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_u = 1,2 qD + 1,6 qL$$

$$= 1,2 \times 211,2 + 1,6 \times 100 = 413,44 \text{ kg/m}^2$$

$$P_u = Q_u \times b$$

$$= 413,44 \times 1,15 \times 1,7 = 808,275 \text{ kg}$$

- Menghitung tulangan angkat

Sesuai dengan *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* terdapat 4 titik angkat dan sudut angkat sebesar  $45^\circ$  sehingga harus dikalikan faktor  $F = 1,41$

Beban yang diterima satu titik angkat:

$$P = \frac{808,275}{4} \times 1,41 = 284,917 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja ( $f_s$ ) diambil sebesar  $2/3 f_y$ .

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 266,67 \text{ MPa} = 2666,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{284,917}{2666,7} = 0,1 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat D10 mm

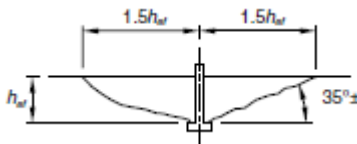
As pakai =  $78,54 \text{ mm}^2 = 0,7854 \text{ cm}^2 > 0,1 \text{ cm}^2$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan angkat  $\emptyset 10$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ( $k_c=10$ , angkur cor di dalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c \sqrt{f_c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{16916,48}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 43,36 \text{ mm}$$

Maka tulangan angkur dipasang 50 mm dari permukaan pelat pracetak.



**Gambar 7.3** Pengukuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak

Menurut *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete figure 6.5.1* panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari,

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{50}{\tan 35} = 71,41 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 h_{ef} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $d_e = 75 \text{ mm}$

- Menghitung kebutuhan strand

$P = 534,72 \text{ kg}$  (beban 1 titik angkat)

Berdasarkan *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* tabel design aid 15.3.1 material properties prestressing strand and wire, maka digunakan seven wire strand dengan spesifikasi seperti di bawah ini:

Diameter =  $\frac{1}{4} \text{ in}$  = 0,635 cm

$F_{pu}$  = 250 ksi = 1725 MPa

A = 0,036 = 23,2 mm<sup>2</sup>

$F_{strand}$  = 1725 x 23,2 = 4002 kg

Maka gaya yang dipikul 1 strand =  $4002/4 = 1000,5 \text{ kg}$

Kontrol:  $P < F_{strand}$

$534,72 \text{ kg} < 1000,5 \text{ kg}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai seven wire strand diameter  $\frac{1}{4} \text{ in}$  ( $F_{pu} = 250 \text{ ksi}$ )

### Penulangan Stud Pelat Lantai

Pada perencanaan yang memakai elemen pracetak dan topping cor di tempat maka transfer gaya regangan horisontal yang terjadi harus dapat dipastikan mampu dipikul oleh seluruh penampang, baik oleh elemen pracetak maupun oleh topping cor di tempat. Untuk mengikat elemen pracetak dan elemen cor di tempat maka dipakai tulangan stud.

Stud ini berfungsi sebagai sengkang pengikat antar elemen sehingga mampu mentransfer gaya-gaya horisontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen komposit dalam memikul beban.

Menurut SNI 2847:2013 pelat pracetak yang diberi topping di atasnya diisinkan digunakan sebagai diafragma dimana kuat geser tidak boleh melebihi:

$$V_n = A_{cv} \times (0,17 \lambda \sqrt{f'c'} + \rho t f_y)$$

$$V_n = 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c'}$$

$$V_n = A_{vf} \times f_y \times \mu$$

Direncanakan tulangan stud = D8 mm

$$A_{cv} = b \times t \text{ topping} = 1000 \times 60 = 60000 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.2  $\rho t = 0,0025$

$$A_{vf} = 0,25 \pi d^2 = 0,25 \pi 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$V_{nh} = A_{cv} \times (0,17 \lambda \sqrt{f'c'} + \rho t f_y)$$

$$= 60000 \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{35} + 0,0025 \times 240) = 96344,014 \text{ N}$$

$$V_{nh} = 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c'}$$

$$= 0,66 \times 60000 \times \sqrt{35} = 234276,759 \text{ N}$$

$$V_{nh} = A_{vf} \times f_y \times \mu$$

$$= 50,265 \times 240 \times 1 = 12063,716 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset \times (0,17 \lambda \sqrt{f'c'} + b dx)$$

$$= 0,8 \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{35} + 1000 \times 95)$$

$$= 76435,8 \text{ N}$$

$$0,5 \emptyset V_c = 0,5 \times 76435,8$$

$$= 38217,9 \text{ kN} > 37210 \text{ kN (digunakan tulangan minimum)}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 17.5.3.1 bila dipasang sengkang pengikat minimum bidang kontakannya bersih

dan bebas dari serpihan tapi tidak dikasarkan maka kuat geser  $V_{nh}$  tidak boleh melebihi:

$$V_{nh} = 37210 \text{ kN} < 0,55 b_v d = 0,55 \times 1000 \times 95 = 52250 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 17.6.1 bila sengkang pengikat dipasang untuk menyalurkan geser horisontal, luas pengikat tidak boleh kurang dari luas yang diperlukan oleh pasal 11.4.6.3 dan spasi pengikat tidak boleh lebih dari empat kali dimensi terkecil elemen yang ditumpu atau melebihi 600 mm.

$$S_{\text{maks}} = 4 t = 4 \times 80 = 320 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai  $S = 300 \text{ mm}$

SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.3

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w \times s}{f_y} > \frac{0,35 \times b_w \times s}{f_y}$$

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \sqrt{35} \frac{1000 \times 300}{240} > \frac{0,35 \times 1000 \times 300}{240}$$

$$A_{v_{\min}} = 458,5 \text{ mm}^2 > 438 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan stud  $\emptyset 10-300$   $A_v = 680,678 \text{ mm}^2$

### **Panjang Penyaluran Pelat**

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit. Panjang penyaluran didasarkan pada SNI 2847:2013 pasal 12.5.1 dan pasal 12.5.2:

$$l_{dh} > 8 d_b = 8 \times 10 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$ldh = \frac{0,24 f_y \sqrt{f'c'}}{db} = \frac{0,24 \times 400 \times \sqrt{35}}{10} = 55,375 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 200 mm

### **Kontrol Tegangan Saat Penumpukan**

Penumpukan pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

$$f_{ci} \text{ (3 hari)} = 0,46 \times 35 \text{ MPa} = 16,1 \text{ MPa}$$

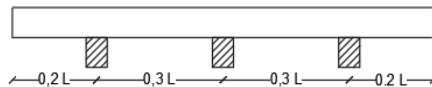
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,08 \times 1 \times 2400) = 230 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 (200) = 320 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 a t = 1/6 \times 100 \times 8^2 = 1066,67 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,3 b = 0,3 \times 2,95 = 1,185 \text{ m}$$



$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times Q_d \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times L$$

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 230 \times 1,185^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 1,185 = 116,69 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 175,04 \text{ kgm} = 17504 \text{ kgcm}$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times Q_d \times L^2$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 230 \times 1,185^2 = 35,24 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 52,86 \text{ kgm} = 5286 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{17504}{1066,67} = 16,41 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{5286}{1066,67} = 4,95 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan balok kayu sebagai penyangga dengan dimenso 5/10

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang kontak, A} &= 0,05 \times 3 \text{ balok kayu} = 0,15 \text{ m}^2 \\ &= 150000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 1,2 (0,08 \times 2400 \times 1 \times 2,925) + 1,6 (200) = 999,68 \text{ kg} \\ &= 9996,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{9996,8}{150000} = 0,066 \text{ MPa}$$

Jumlah tumpukan

$$n = \frac{f_r}{f \times SF} = \frac{2,48}{0,066 \times 3} = 14 \text{ tumpukan}$$

### Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

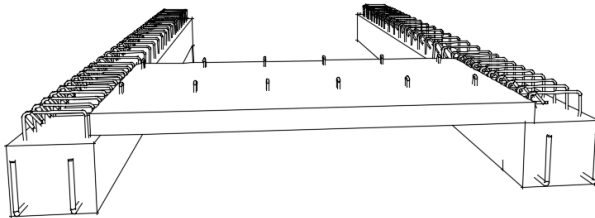
$$f_{ci} (7 \text{ hari}) = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,08 \times 1 \times 2400) = 230 \text{ kg/m}$$



$$\begin{aligned}
 P_u &= 1,6 (100) = 160 \text{ kg} \\
 W &= 1/6 a t = 1/6 \times 115 \times 8^2 = 1226,67 \text{ cm}^3 \\
 L &= 1,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$



**Gambar 7.4** Pemasangan pelat tanpa perancah

Asumsi saat pemasangan pelat pracetak menggunakan scaffolding ditengah bentang, sehingga perhitungan momen:

$$\begin{aligned}
 M_{lap} &= \frac{1}{8} \times Qd \times L^2 + \frac{1}{2} \times P_u \times L \\
 &= \\
 \sigma_x &= \frac{M_{lap}}{W} = \frac{21908,75}{1226,67} = 17,86 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

(Memenuhi)

### **Kontrol Tegangan Saat Pengecoran**

Pemasangan pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

$$f_{ci} (7 \text{ hari}) = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Qd = 1,2 (0,14 \times 1 \times 2400) = 443,5 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 (100) = 160 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 a t = 1/6 \times 115 \times 14^2 = 3756,67 \text{ cm}^3$$

$$L = 1,7 \text{ m}$$

$$M_{lap} = \frac{1}{8} \times Qd \times L^2 + \frac{1}{2} \times Pu \times L$$

$$M_{lap} = \frac{1}{8} \times 443,5 \times 1,7^2 + \frac{1}{2} \times 160 \times 1,7$$

$$= 296,214 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 444,32 \text{ kgm} = 44432 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{44432}{3756,67} = 11,83 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

### Kontrol Kapasitas Lentur Retak dan Lendutan

#### 1. Kontrol Kapasitas Lentur Sebelum Komposit

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$= \frac{329,7 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000}$$

$$= 5,148 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi \times As \times fy \times \left( d_x - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \times 392,7 \times 400 \times \left( 45 - \frac{5,148}{2} \right)$$

$$= 5847889,42 \text{ N.mm} \geq M_u = 1966765 \text{ N.mm}$$

(Memenuhi)

#### 2. Kontrol Retak Sebelum Komposit

Kontrol retak ditinjau menurut Pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013, momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton umur 3 hari :

$$f'c = 0,46 \times f'c$$

$$= 0,46 \times 35$$

$$= 16,1 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)}$$

$$= 0,62 \times 1 \times \sqrt{16,1}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,488 \text{ MPa} \\
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 80^3 \\
 &= 42666666,67 \text{ mm}^4 \\
 M_{cr} &= \frac{f_r \times I}{y_t} \\
 &= \frac{2,488 \times 42666666,67}{\left(\frac{80}{2}\right)} \\
 &= 2653587,12 \text{ N.mm} > M_u = 1966765 \text{ N.mm} \\
 &\quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

### 3. Kontrol Lendutan Sebelum Komposit

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 lendutan dihitung sebagaimana berikut :

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1/8 \times QDL \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 336 \times 1,4325^2 \\
 &= 91,376 \text{ kgm} \\
 &= 913760 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 80^3 \\
 &= 42666666,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \frac{f_r \times I}{y_t} \\
 &= \frac{2,488 \times 42666666,67}{\left(\frac{80}{2}\right)} \\
 &= 2653587,12 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang bruto. Dicari nilai  $x$  terlebih dahulu.

$$\begin{aligned}
 \frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) &= 0 \\
 \frac{1000 \times x^2}{2} - 10,605 \times 329,7 \times (55 - x) &= 0 \\
 500x^2 + 4164,656x - 229056,054 &= 0 \\
 x_1 = 17,63 \text{ mm} \text{ dan } x_2 = -25,95 \text{ mm} \\
 \text{Dikapai } x &= 17,63 \text{ mm} \\
 I_{cr} &= \frac{bx^3}{3} + n \times A_s \times (d - x)^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1000 \times 17,36^3}{3} + 10,605 \times 329,7 \times (55 - 17,63)^2 \\
 &= 7642576,827 \text{ mm}^4 \\
 I_e &= \left( \frac{M_{cr}}{M_{ux}} \right)^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_{ux}} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g \\
 &= \left( \frac{2653587,12}{913760} \right)^3 \times 42666666,67 + \left[ 1 - \right. \\
 &\quad \left. \left( \frac{2653587,12}{913760} \right)^3 \right] 7642576,827 \\
 &= 865404751,5 \text{ mm}^4 > I_g = 42666666,67 \text{ mm}^4 \\
 &\text{Maka digunakan } I_g = 42666666,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{16,1} \\
 &= 18858,658 \text{ MPa} \\
 q &= DL + LL \\
 &= 336 + 200 \\
 &= 536 \text{ kg/m} \approx 5,36 \text{ N/mm} \\
 \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\
 &= \frac{5 \times 5,36 \times 1,475^4}{384 \times 18858,658 \times 42666666,67} \\
 &= 0,41 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 tabel 9.5 b batasan lendutan untuk pelat lantai adalah  $\frac{l}{240}$ .

$$\begin{aligned}
 \frac{l}{240} &= \frac{1475}{240} \\
 &= 6,46 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\Delta_i = 0,45 \text{ mm} < 6,46 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

#### 4. Kontrol Kapasitas Lentur Sebelum Komposit Saat Pengangkatan

- Penulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{329,7 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 5,148 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \times 392,7 \times 400 \times \left( 55 - \frac{5,148}{2} \right) \\
 &= 7226263,19 \text{ N.mm} \geq M_{ux} = 72725,76 \text{ N.mm} \\
 &\quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{392,7 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 5,148 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \times 392,7 \times 400 \times \left( 45 - \frac{5,148}{2} \right) \\
 &= 5847889,415 \text{ N.mm} \geq M_{uy} = \\
 &\quad 214540,992 \text{ N.mm} \\
 &\quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

## 5. Kontrol Retak Sebelum Komposit Saat Pengangkatan

Kontrol retak ditinjau menurut Pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013, momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton umur 3 hari :

$$\begin{aligned}
 f'_c &= 0,46 \times f'_c \\
 &= 0,46 \times 35 \\
 &= 16,1 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\
 &= 0,62 \times 1 \times \sqrt{16,1} \\
 &= 2,488 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 80^3 \\
 &= 42666666,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{y_t}$$

$$= \frac{2,488 \times 42666666,67}{\left(\frac{80}{2}\right)}$$

$$= 2653587,12 \text{ N.mm}$$

$$M_{ux} = 72725,76 \text{ Nmm} < 2653587,12 \text{ Nmm (Memenuhi)}$$

$$M_{uy} = 214520,992 \text{ Nmm} < 2653587,12 \text{ Nmm (Memenuhi)}$$

6. Kontrol Lendutan Sebelum Komposit Saat Pengangkatan  
 Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 lendutan dihitung  
 sebagaimana berikut :

$$M_u = 214520,992 \text{ N.mm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 1000 \times 80^3$$

$$= 42666666,67 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{y_t}$$

$$= \frac{2,488 \times 42666666,67}{\left(\frac{80}{2}\right)}$$

$$= 2653587,12 \text{ N.mm}$$

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang bruto. Dicari nilai  $x$  terlebih dahulu.

$$\frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) = 0$$

$$\frac{1000 \times x^2}{2} - 10,605 \times 329,7 \times (55 - x) = 0$$

$$500x^2 + 4164,656x - 229056,054 = 0$$

$$x_1 = 17,63 \text{ mm} \text{ dan } x_2 = -25,95 \text{ mm}$$

Dikapai  $x = 17,63 \text{ mm}$

$$I_{cr} = \frac{bx^3}{3} + n \times A_s \times (d - x)^2$$

$$= \frac{1000 \times 17,63^3}{3} + 10,605 \times 329,7 \times (55 - 17,63)^2$$

$$= 7642576,827 \text{ mm}^4$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_{ux}}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{ux}}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g$$

$$\begin{aligned}
&= \left( \frac{2653587,12}{214520,992} \right)^3 \times 42666666,67 + \left[ 1 - \right. \\
&\quad \left. \left( \frac{2653587,12}{214520,992} \right)^3 \right] 7642576,827 \\
&= 66197869770 \text{ mm}^4 > I_g = 426666666,67 \text{ mm}^4 \\
&\text{Maka digunakan } I_g = 426666666,67 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
&= 4700 \times \sqrt{16,1} \\
&= 18858,658 \text{ MPa} \\
q &= DL + LL \\
&= 336 + 200 \\
&= 536 \text{ kg/m} \approx 5.36 \text{ N/mm} \\
\Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\
&= \frac{5 \times 5,36 \times 2,95^4}{384 \times 18858,658 \times 42666666,67} \\
&= 6,56 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 tabel 9.5 b batasan lendutan untuk pelat lantai adalah  $\frac{l}{240}$ .

$$\begin{aligned}
\frac{l}{240} &= \frac{2950}{240} \\
&= 12,29 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\Delta_i = 6,56 \text{ mm} < 12,29 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

## 7. Kontrol Kapasitas Lentur Setelah Komposit

$$\begin{aligned}
a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
&= \frac{523,599 \times 400}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
&= 6,864 \text{ mm} \\
\phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{a}{2} \right) \\
&= 0,85 \times 523,599 \times 400 \times \left( 115 - \frac{6,864}{2} \right)
\end{aligned}$$

$$= 15496505,85 \text{ N.mm} \geq M_{ux} = 5107041.356 \text{ N.mm}$$

(Memenuhi)

### 8. Kontrol Retak Setelah Komposit

Kontrol retak ditinjau menurut Pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013, momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton umur 7 hari :

$$\begin{aligned} f'c &= 0,7 \times f'c \\ &= 0,7 \times 35 \\ &= 24,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_r &= 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\ &= 0,62 \times 1 \times \sqrt{24,5} \\ &= 3,068 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 140^3 \\ &= 228666666,67 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{f_r \times I}{yt} \\ &= \frac{3,068 \times 228666666,67}{\left(\frac{140}{2}\right)} \\ &= 10024888,54 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$M_{ux} = 5107041,356 \text{ Nmm} < 10024888,54 \text{ Nmm}$$

(Memenuhi)

### 9. Kontrol Lendutan Setelah Komposit

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 lendutan dihitung sebagaimana berikut :

$$M_u = 5107041.356 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 140^3 \\ &= 228666666,67 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{f_r \times I}{yt} \\ &= \frac{3,068 \times 228666666,67}{\left(\frac{140}{2}\right)} \end{aligned}$$



$$= 10024888,54 \text{ N. mm}$$

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang bruto. Dicari nilai  $x$  terlebih dahulu.

$$\frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) = 0$$

$$\frac{1000x^2}{2} - 8,597 \times 523,599 (115 - x) = 0$$

$$500x^2 + 4501,401x - 517661,133 = 0$$

$$x_1 = 27,98 \text{ mm} \quad x_2 = -36,99 \text{ mm}$$

Dipakai  $x = 27,98$

$$I_{cr} = \frac{bx^3}{3} + n \times A_s (d - x)^2$$

$$I_{cr} = \frac{1000 \times 27,98^3}{3} + 8,597 \times 523,599 (115 - 27,98)^2$$

$$I_{cr} = 41388434,262 \text{ mm}^4$$

$$I_e = \left( \frac{M_{cr}}{M_{ux}} \right)^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_{ux}} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g$$

$$= \left( \frac{10024888,54}{5107041,356} \right)^3 \times 228666666,67 + \left[ 1 - \left( \frac{10024888,54}{5107041,356} \right)^3 \right] 41388434,262$$

$$= 1457892518 \text{ mm}^4 > I_g = 228666666,67 \text{ mm}^4$$

Maka digunakan  $I_g = 228666666,67 \text{ mm}^4$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{24,5}$$

$$= 23263,81 \text{ MPa}$$

$$q = DL + LL$$

$$= 387 + 192$$

$$= 579 \text{ kg/m} \approx 5,79 \text{ N/mm}$$

$$\Delta_i = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e}$$

$$= \frac{5 \times 5,79 \times 2,95^4}{384 \times 2326,81 \times 228666666,67}$$

$$= 1,06 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 tabel 9.5 b batasan lendutan untuk pelat lantai adalah  $\frac{l}{240}$ .

$$\frac{l}{240} = \frac{2950}{240}$$

$$= 12.29mm$$

$$\Delta_i = 1,06 \text{ mm} < 12,29 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

## 7.2 Penulangan Tangga

Dalam contoh perhitungan penulangan pelat ini, yang digunakan sebagai contoh perhitungan yaitu tangga yang menghubungkan lantai 1 dengan lantai 2. Adapun data-data perencanaan, gambar denah tangga, dan perhitungan penulangan pelat tangga adalah sebagai berikut :

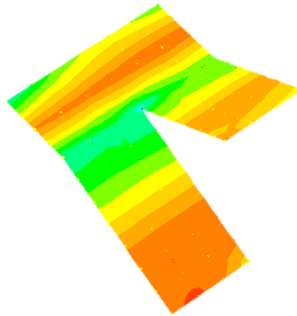
Data-data perencanaan penulangan pelat tangga adalah sebagai berikut :

- Mutu Beton = 35 Mpa
- Mutu Baja (Fyl) = 400 Mpa
- Mutu Baja (Fyg) = 240 Mpa
- Tinggi Antar Lantai = 3000 mm
- Tinggi Bordes = 1500 mm
- Lerbar Bordes = 1700 mm
- Lebar Anak Tangga = 1400 mm
- Lebar Injakan (i) = 300 mm
- Tinggi Injakan (t) = 170 mm
- Tebal Pelat Tangga (tp) = 150 mm
- Tebal Pelat Bordes = 150 mm
- Tebal Selimut = 20 mm
- Diameter Tul. Lentur = 13 mm
- Jumlah Injakan (n) =  $\frac{1500}{170} = 9$  buah
- Jumlah Injakan =  $9 - 1 = 8$  buah
- Panjang Tangga - Bordes =  $300 \times 9 = 2700$  mm
- Kemiringan Tangga ( $\alpha$ ) =  $\text{arc tan } \frac{1500}{2700} = 29,05^\circ$
- Syarat :  $60 \leq (2t+i) \leq 65$  =  $60 \leq (65) \leq 65$  (OK)
- Syarat :  $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$  =  $25^\circ \leq 29,05^\circ \leq 40^\circ$  (OK)
- $tr = \frac{i}{2} \times \sin 29,05^\circ$  = 7,2 cm
- Tebal Pelat Rata-rata =  $tp + tr = 15 + 7,2 = 22,2 \text{ cm} = 23 \text{ cm}$

## Pembebanan Tangga

### 1. Pembebanan Pelat Tangga dan Bordes

- **Beban Mati:**
  - Berat Keramik = 16,5 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat Spesi = 42 kg/m<sup>2</sup>
- **Beban Hidup:**
  - Beban hidup tangga qLL = 479 kg/m<sup>2</sup>



**Gambar 7.5** Permodelan SAP tangga

Hasil perhitungan gaya-gaya ultimate pada pelat tangga dan pelat bordes menggunakan SAP 2000 sebagai berikut:

#### 1. Momen Pelat Tangga

- $M_u = 7762,5 \text{ kgm} (1,2D + 1L + 1E_y + 0,3E_x)$

#### 2. Momen Pelat Bordes

- $M_u = 4759 \text{ kgm} (1,2D + 1L + 1E_y + 0,3E_x)$

#### 7.3.1 Penulangan Pelat Tangga

##### a. Penulangan Arah X (Tulangan Utama)

$$\begin{aligned}
 dx &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\
 &= 150 - 30 - \frac{16}{2} \\
 &= 112 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk mutu beton  $F_c' = 35 \text{ Mpa}$  berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah :

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\
 &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\
 &= 0.8 \\
 \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{F_y} \times \left( \frac{600}{600 \times F_y} \right) \\
 &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{400} \times \left( \frac{600}{600 \times 400} \right) \\
 &= 0.037
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.037 \\
 &= 0.0284
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{0.25\sqrt{F_c'}}{F_y} \\
 &= \frac{0.25\sqrt{35}}{400} \\
 &= 0.0038
 \end{aligned}$$

Pada awal perencanaan, direncanakan faktor reduksi ( $\phi$ ) = 0.8

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{77625000}{0.8 \times 1400 \times 112^2} \\
 &= 4.03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0.85 \times F_c'} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 35} \\
 &= 13.4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.4} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.11 \times 4.03}{400}} \right) \\
 &= 0.0154
 \end{aligned}$$

$\rho_{min}$	:	$\rho_{perlu}$	:	$\rho_{max}$
0.00380	<	0.0154	<	0.0277

Maka,  $\rho$  pakai = 0.0154

- **Tulangan Utama**

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho b d \\ &= 0.0154 \times 1400 \times 112 \\ &= 1200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D 16 mm

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ &= 201 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{\text{As Perlu}} \\ (s) &= \frac{1400 \times 201}{1384.518} \\ (s) &= 110,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } s &\leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)} \\ s &\leq 3(150) \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ s &\leq 360 \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Dipilih yang terkecil, jadi dipakai s = 200 mm**

- b. **Penulangan Arah Y (Tulangan Susut)**

Penulangan arah Y merupakan tulangan susut, berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1, untuk tulangan dengan  $f_y$  400 MPa digunakan rasio tulangan minimum.

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0.0018 \\ dy &= h - \text{decking} - D - \frac{\emptyset}{2} \\ &= 150 - 20 - 13 - \frac{13}{2} \\ &= 123,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- **Tulangan Susut**

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho b d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 123,5 \\ &= 331 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D 13 mm

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 132,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{\text{As Perlu}} \\ (s) &= \frac{1000 \times 132,7}{148} \\ (s) &= 532,113 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)  
 $s \leq 3(150)$  atau 450 mm  
 $s \leq 360$  mm atau 450 mm

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai  $s = 200$  mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{s} \\ &= \frac{1000 \times 78.53981}{300} \\ &= 261,79 \text{ mm}^2 > \text{As Perlu} = 148 \text{ mm}^2 \quad (\text{OKE}) \end{aligned}$$

### 7.3.2 Penulangan Pelat Bordes

#### a. Penulangan Arah X (Tulangan Utama)

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\ &= 120 - 20 - \frac{16}{2} \\ &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk mutu beton  $F_c' = 35$  Mpa berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \{0,05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\ &= 0,85 - \{0,05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0,8 \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}'}{F_y} \times \left( \frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \times \left( \frac{600}{600 \times 400} \right) \\ &= 0,037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.037 \\
 &= 0.0277 \\
 \rho_{min} &= \frac{0,25\sqrt{F_c'}}{F_y} \\
 &= \frac{0,25\sqrt{35}}{400} \\
 &= 0.0038
 \end{aligned}$$

Pada awal perencanaan, direncanakan faktor reduksi ( $\phi$ ) = 0.8

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{47590000}{0.8 \times 1400 \times 112^2} \\
 &= 3.387
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0.85 \times F_c'} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 35} \\
 &= 13.11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.11 \times 3,34}{400}} \right) \\
 &= 0.0154
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc}
 \rho_{min} & : & \rho_{perlu} & : & \rho_{max} \\
 0.00370 & < & 0.0154 & < & 0.026775
 \end{array}$$

**Maka,  $\rho$  pakai = 0.0154**

- **Tulangan Utama**

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho b d \\
 &= 0,0154 \times 1400 \times 112 \\
 &= 2416 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D 16 mm

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 16^2
 \end{aligned}$$

$$= 216 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{b \times \text{As tulangan}}{\text{As Perlu}}$$

$$(s) = \frac{1400 \times 201}{2416}$$

$$(s) = 116 \text{ mm}$$

Syarat :  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)  
 $s \leq 3(150)$  atau 450 mm  
 $s \leq 360$  mm atau 450 mm

**Dipilih yang terkecil, jadi dipakai  $s = 150$  mm**

$$\text{As pakai} = \frac{b \times \text{As tulangan}}{s}$$

$$= \frac{1400 \times 132.73}{150}$$

$$= 780.77 \text{ mm}^2 > \text{As Perlu} = 747.67 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

- **Cek syarat minimum tulangan**

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1

$$\text{As min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'} }{F_y} b w . d = \frac{0.25 \sqrt{35}}{400} 1000 \times 93.5$$

$$= 505.33 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{1.4 \times b w \times d}{F_y} = \frac{1.4 \times 1000 \times 93.5}{400}$$

$$= 478.33 \text{ mm}^2$$

Maka, dipakai tulangan D16 – 150 mm

$$\text{As pakai} = 780.77 \text{ mm}^2 > \text{As min} = 505.33 \text{ mm}^2 \quad \text{(OKE)}$$

**b. Penulangan Arah Y (Tulangan Susut)**

Penulangan arah Y merupakan tulangan susut, berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1, untuk tulangan dengan  $f_y$  400 MPa digunakan rasio tulangan minimum.

$$\rho_{\text{min}} = 0.0018$$

$$d_y = h - \text{decking} - D - \frac{\emptyset}{2}$$



$$\begin{aligned}
 &= 150 - 20 - 16 - \frac{13}{2} \\
 &= 107.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- **Tulangan Susut**

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho b d \\
 &= 0,0018 \times 1400 \times 125 \\
 &= 331 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D 13 mm

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 13^2 \\
 &= 132,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

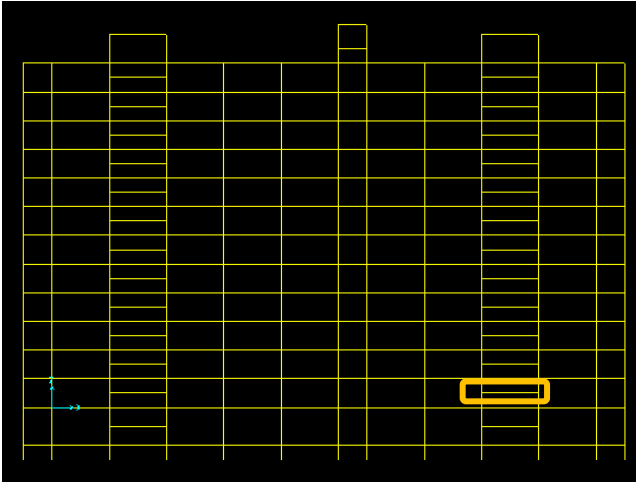
$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{\text{As Perlu}} \\
 (s) &= \frac{1400 \times 132,7}{331} \\
 (s) &= 332 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :  $s \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)  
 $s \leq 3(150)$  atau 450 mm  
 $s \leq 360$  mm atau 450 mm

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai  $s = 200$  mm

### 7.3 Penulangan Balok Bordes

Untuk balok bordes yang ditinjau, diambil balok bordes yang mengalami gaya terbesar yakni sebagai berikut:



**Gambar 7.6** Balok Bordes yang Ditinjau

#### Perhitungan Balok Bordes

- **Data Perencanaan :**

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 35 MPa
- Mutu baja tulangan lentur ( $f_{yl}$ ) : 400 MPa
- Mutu baja tulangan sengkang ( $f_{ys}$ ) : 240 MPa
- Dimensi balok :
  - b = 500 mm
  - h = 500 mm
  - Tebal selimut : 50 mm
  - $\beta_1$  : 0,8
  - Diameter tulangan rencana :

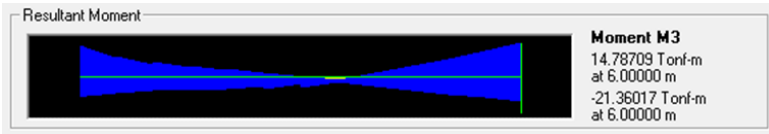
Tulangan lentur : D-22  $A_s = 380,1327 \text{ mm}^2$

Tulangan sengkang : D-13  $A_s = 132,7323 \text{ mm}^2$

- **Pembebanan :**

Dari hasil analisa SAP2000 didapatkan momen terbesar dari kombinasi beban :

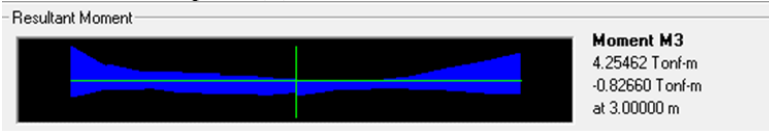
1,2D + 1L + 1EX + 0,3EY



**Gambar 7.7** Nilai Momen M3 tumpuan balok bordes

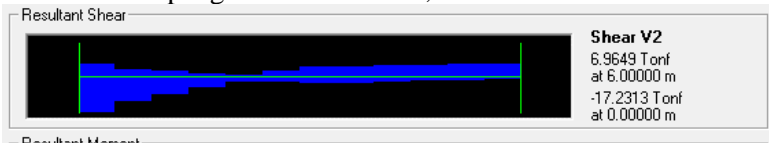
$$\mu_{\text{tumpuan (-)}} = 21,36 \text{ Tm}$$

$$\mu_{\text{tumpuan (+)}} = 14,79 \text{ Tm}$$



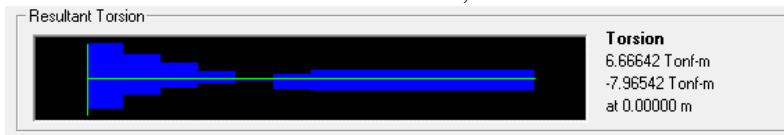
**Gambar 7.8** Nilai momen m3 lapangan balok bordes

$$\mu_{\text{lapangan}} = 4,35 \text{ Tm}$$



**Gambar 7.9** Nilai V2 balok bordes

$$V_u = 17,23 \text{ T}$$



**Gambar 7.10** Nilai torsi balok bordes

$$T_u = 7,96 \text{ Tm}$$

- **Penulangan Lentur**

**Tumpuan :**

$$d = 500 - 50 - 10 - 22/2 = 429 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{\mu_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{213600000}{0,8 \times 500 \times 429^2} = 2,90$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

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

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 2,90}{400}} \right) = 0,0076 > \rho_{\min} =$$

0,0035, maka, dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0076$

Tulangan Lentur Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0076 \times 500 \text{ mm} \times 429 \text{ mm}$$

$$= 1640 \text{ mm}^2$$

**SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1** menetapkan  $A_s$  tidak boleh kurang dari :

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b w \cdot d \text{ atau } \frac{1,4 \times b w \times d}{f_y}$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 500 \cdot 429 \text{ atau } \frac{1,4 \cdot 500 \cdot 429}{400}$$

$$= 793 \text{ mm}^2 \text{ atau } = 751 \text{ mm}^2$$

Maka,  $A_s$  pakai = 1640,7 mm<sup>2</sup>

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{147900000}{0,8 \times 500 \times 429^2} = 2,01$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

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

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 2,01}{400}} \right) = 0,0052 > \rho_{\min} =$$

0,0035 , maka, dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0052$

Tulangan Lentur Tarik :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0052 \times 500 \text{ mm} \times 429 \text{ mm} \\ &= 1116,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1** menetapkan  $A_s$  tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} & \text{atau} & \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} \\ A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} & \text{atau} & \frac{1,4 \times 500 \text{ mm} \times 429 \text{ mm}}{400} \\ &= 793 \text{ mm}^2 & \text{atau} & = 751 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka,  $A_s$  pakai = 116,42 mm<sup>2</sup>

Penulangan Lentur Lapangan :

$$\begin{aligned} \mu &= 43546000 \text{ N.mm} \\ d &= 500 - 50 - 10 - 22/2 = 429 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{\mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{43546000}{0,8 \times 500 \times 429^2} = 0,59$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

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

$$\rho_{\text{maks}} = 0,025$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,59}{400}} \right) = 0,0015 < \rho_{\min} =$$

0,0035 , maka, dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$

Tulangan Lentur Tarik :

$$\begin{aligned}
 A_{S\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 500 \text{ mm} \times 429 \text{ mm} \\
 &= 750,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

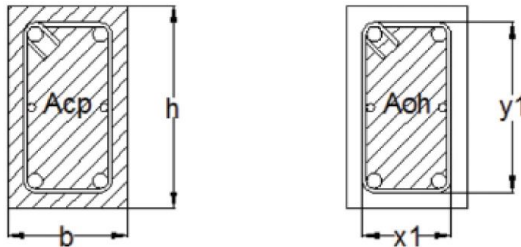
**SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1** menetapkan  $A_s$  tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 A_{S\text{min}} &= \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} & \text{atau} & \quad \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} \\
 A_{S\text{min}} &= \frac{0,25\sqrt{35}}{400} & \text{atau} & \quad \frac{1,4 \times 500 \text{ mm} \times 429 \text{ mm}}{400} \\
 &= 793 \text{ mm}^2 & \text{atau} & \quad = 751 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka,  $A_s$  pakai = 793 mm<sup>2</sup>

- Perencanaan Tulangan Puntir dan Geser Akibat Torsi  
Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 40/70



**Gambar 7.11** Penampang balok

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}} \\
 &= 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\
 &= 250000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2 \times (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}}) \\
 &= 2 \times (500 \text{ mm} + 500 \text{ mm}) = 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2 t_{decking} - \phi_{geser}) \times \\
 &\quad (h_{balok} - 2 t_{decking} - \phi_{geser}) \\
 &= (500 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \times \\
 &\quad (500 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \\
 &= 149769 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \times [(b_{balok} - 2 t_{decking} - \phi_{geser}) + \\
 &\quad (h_{balok} - 2 t_{decking} - \phi_{geser})] \\
 &= 2 \times [(500 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) + \\
 &\quad (500 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm})] \\
 &= 1548 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar sejarak  $d$  dari tumpuan:

Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 D + 1 Ex + 1 L:

$$T_u = 79654000 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir diabaikan apabila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari pada: (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1)

$$\begin{aligned}
 T_{u \text{ min}} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \left( \frac{250000^2}{2000} \right) \\
 &= 11508624 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Nilai  $T_{u \text{ min}}$  sejarak  $d$  dari tumpuan adalah:

$$T_u \leq \phi \cdot \frac{\sqrt{f'c'}}{3} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'c'}}{3} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 T_u &\leq \frac{0,75\sqrt{35}}{3} \left( \frac{250000^2}{2000} \right) \\
 &= 46219373 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

- Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat:

- $T_u \text{ min} > T_u$  (tidak memerlukan tulangan puntir)
  - $T_u \text{ min} < T_u$  (memerlukan tulangan puntir)
- $$T_u \text{ min} < T_u$$
- $$11508624 \text{ Nmm} < 46219373 \text{ N.mm} \quad \textbf{(Memerlukan Tulangan Puntir)}$$

- Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir
- Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut:

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d \\
 &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 500 \times 429 \\
 &= 314794,605 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66\sqrt{f'c}\right) \\
 &\sqrt{\left(\frac{172300}{500 \times 429}\right)^2 + \left(\frac{79654000 \times 1548}{1,7 \times 149769^2}\right)^2} \\
 &\leq 0,75 \left(\frac{211500}{500 \times 429} + 0,66\sqrt{35}\right) \\
 &3,332 \leq 3,697 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Penulangan Puntir dan Geser Akibat Torsi pada Sendi Plastik
  - Luas Tulangan Puntir untuk Lentur



Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$Al = \frac{At}{s} P_h \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \emptyset$$

Dengan  $\frac{At}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah ini:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times At \times F_{yt}}{s} \cot \emptyset$$

Untuk beton non prategang  $\emptyset = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 149769 \text{ mm}^2 \\ &= 127304 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{At}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset} \\ &= \frac{106205333 / 0,75}{2 \times 127304 \times 400 \times \cot 45} \\ &= 1,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi  $\frac{At}{s}$  tidak boleh kurang dari:

$$\frac{At}{s} = \frac{0,175 bw}{F_{yt}} = \frac{0,175 \times 500}{240} = 0,36 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Digunakan tulangan puntir lentur

$$Al = \frac{At}{s} P_h \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \emptyset$$

$$\begin{aligned} Al &= 1,04 \times 1548 \times \frac{400}{400} \times 1 \\ &= 1614,308 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi Al tidak boleh kurang dari :

$$Al \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f'c} A_{cp}}{F_{yt}} - \left( \frac{At}{s} \times P_h \times \frac{F_{yt}}{F_y} \right)$$

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \sqrt{35} 250000}{400} - \left( 1,04 \times 1548 \times \frac{400}{400} \right)$$

$$A_{l \text{ min}} = -61,34 \text{ mm}^2$$

$$A_{l \text{ min}} = -61,34 \text{ mm}^2 < A_l = 1614,3082 \text{ mm}^2$$

Maka, digunakan  $A_l = 1614,31 \text{ mm}^2$

$$\text{As akibat lentur dan torsi} = 1640,27 + \frac{1614,31}{4} = 2043,84 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan : D-22

$$n \text{ tulangan} = \frac{2043,84}{380,133}$$

$$= 6 \text{ buah}$$

$$\text{As aktual} = 2280,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan samping : D-13

$$n \text{ tulangan} = \frac{768,72}{132,732}$$

$$= 6 \text{ buah}$$

$$\text{As aktual} = 796,39 \text{ mm}^2$$

- **Perencanaan Gaya Geser Pada Area Lapangan**

$$V_u = 211,5 \text{ Kn}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d_x \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 429 \\ &= 215730 \text{ N} \\ &= 215,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$108 \text{ kN} < 211,5 \text{ kN} < 215,73 \text{ kN}$$

$$A_{v/s} = \frac{0,35 \times b w}{f_{yt}}$$

$$\begin{aligned} A_{v/s} &= \frac{0,35 \times 500}{400} \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

Kebutuhan Kombinasi Tulangan geser dan torsi

$$\begin{aligned}\frac{Av_t}{s} &= 2 x \frac{At}{s} + \frac{Av}{s} \\ &= 0,73 + 0,44 \\ &= 1,17 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai Sengkang 2 kaki D10 (  $Av = 265,33 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned}S &= \frac{265,33}{1,17} \\ &= 228 \text{ mm}\end{aligned}$$

S maksimum diperbolehkan lebih kecil dari:

$$Ph/8 = 1748/8 = 218,5 \text{ mm}$$

$$S = 300 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang : **2D10 – 120 mm**

### Tulangan Penyaluran

Menurut SNI Pasal 12.3.2 ldc harus diambil yang paling besar dari:

Penyaluran kondisi tekan :

1.  $0,024 \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} db = 0,024 \frac{400}{\sqrt{35}} 22 = 357 \text{ mm}$
2.  $8 db = 8 x 22 = 176 \text{ mm}$
3.  $150 \text{ mm}$

Maka, digunakan yang memiliki nilai terbesar ldh tulangan tekan :  $357 \text{ mm}$

$$\text{Kait } 90^\circ \text{ sepanjang } 12 db = 264 \text{ mm}$$

Penyaluran tulangan torsi :

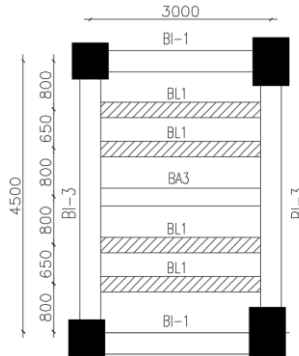
1.  $0,024 \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} db = 0,024 \frac{400}{\sqrt{35}} 13 = 211 \text{ mm}$
2.  $0,043 f_y db = 0,043 x 400 x 13 = 224 \text{ mm}$

Maka, digunakan ldh tulangan tekan =  $224 \text{ mm}$

$$\text{Kait } 90^\circ \text{ sepanjang } 12 db = 156 \text{ mm}$$

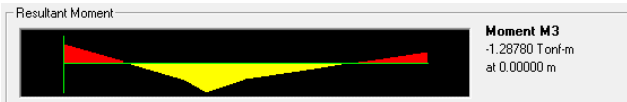
### 7.4 Penulangan Balok Lift

Perencanaan uang dilakukan pada lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan mesin lift. Untuk balok lift yang ditinjau, diambil balok lift yang mengalami gaya terbesar (Frame 432) yakni sebagai berikut:



**Gambar 7.12** Balok Pengantung Lift yang Ditinjau

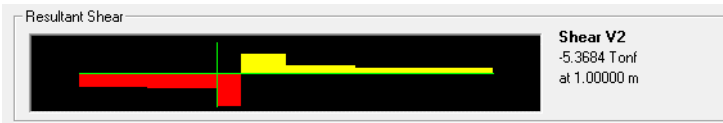
Dari hasil perhitungan gaya pada program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



**Gambar 7.13** Momen yang Terjadi pada Balok Anak



- Mu tumpuan maksimum = 4712,49 kg.m = 47,1 kN.m
- Mu lapangan maksimum = 4274,8 kg.m = 42,7 kN.m



**Gambar 7.14** Gaya Geser Balok Pengantung Lift

- $V_u$  maksimum = 5,3684 T



**Gambar 7.15** Torsi Balok Penggantung Lift

Tu maksimum = 0,372 T.m

### Data Perencanaan

Jika direncanakan balok anak sebagai berikut :

- Mutu beton ( $f'c$ ) : 35 MPa
- Mutu baja tulangan lentur ( $f_yl$ ) : 400 MPa
- Mutu baja tulangan sengkang ( $f_{ys}$ ) : 240 MPa
- Dimensi balok : 250 mm x 300 mm
- Decking : 40 mm
- $\beta_1$  : 0,8
- Diameter tulangan rencana
  - Tulangan lentur : D- 16  $A_s = 201,062 \text{ mm}^2$
  - Tulangan geser : D- 10  $A_s = 78,5398 \text{ mm}^2$

$L = 3000 \text{ mm}$

$b = 250 \text{ mm}$

$h = 300 \text{ mm}$

$t = 40 \text{ mm}$

- **Penulangan Lentur**

**Tumpuan :**

$$d = 500 - 50 - 10 - 22/2 = 429 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{12.878.000}{0,9 \times 250 \times 242^2} = 1,0995$$

$$m = \frac{f_y}{0,85f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

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

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,0995}{400}} \right) = 0,0028 < \rho_{\min} =$$

0,0035, maka, dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$

Tulangan Lentur Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 250 \text{ mm} \times 242 \text{ mm}$$

$$= 211,75 \text{ mm}^2$$

**SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1** menetapkan  $A_s$  tidak boleh kurang dari :

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b w d \quad \text{atau} \quad \frac{1,4 \times b w \times d}{f_y}$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 250 \times 242 \quad \text{atau} \quad \frac{1,4 \times 250 \times 242}{400}$$

$$= 223,7 \text{ mm}^2 \quad \text{atau} \quad = 211,75 \text{ mm}^2$$

Maka,  $A_s$  pakai = 223,7 mm<sup>2</sup>

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{20.183.0000}{0,9 \times 250 \times 242^2} = 1,723$$

$$m = \frac{f_y}{0,85f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

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

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,723}{400}} \right) = 0,0044$$

$> \rho_{\min} = 0,0035$  , maka, dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0044$

Tulangan Lentur Tarik :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0044 \times 250 \text{ mm} \times 242 \text{ mm} \\ &= 268,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1** menetapkan  $A_s$  tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f'c'}}{f_y} b w d \quad \text{atau} \quad \frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} \\ A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 250 \times 242 \quad \text{atau} \quad \frac{1,4 \times 250 \times 242}{400} \\ &= 223,7 \text{ mm}^2 \quad \text{atau} \quad = 211,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka,  $A_s$  pakai = 223,7 mm<sup>2</sup>

Penulangan Lentur Lapangan :

$$\begin{aligned} M_u &= 20.183.000 \text{ N.mm} \\ d &= 300 - 40 - 10 - 16/2 = 242 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{20.183.000}{0,9 \times 250 \times 242^2} = 1,723$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

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

$$\rho_{\text{maks}} = 0,025$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,723}{400}} \right) = 0,0044 \quad > \rho_{\min} = \end{aligned}$$

0,0035 , maka, dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0044$

Tulangan Lentur Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0044 \times 250 \text{ mm} \times 242 \text{ mm}$$

$$= 268,65 \text{ mm}^2$$

**SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1** menetapkan  $A_s$  tidak boleh kurang dari :

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f'c_l}}{f_y} b_w d \quad \text{atau} \quad \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

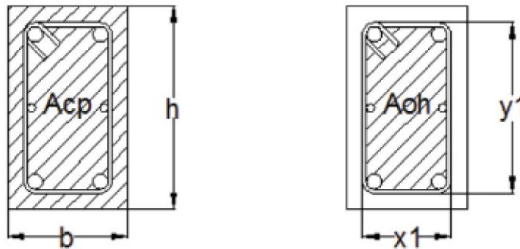
$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 250 \times 242 \quad \text{atau} \quad \frac{1,4 \times 250 \times 242}{400}$$

$$= 224 \text{ mm}^2 \quad \text{atau} \quad = 212 \text{ mm}^2$$

Maka,  $A_s$  pakai = 268,65 mm<sup>2</sup>

- Perencanaan Tulangan Puntir dan Geser Akibat Torsi  
Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 25/30



**Gambar 7.16** Penampang luasan balok lift

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$= 250 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$$

$$= 75.000 \text{ mm}^2$$

- Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$= 2 \times (250 \text{ mm} + 300 \text{ mm})$$

$$= 1100 \text{ mm}$$



- Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$ 

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 t_{decking} - \phi_{geser}) \times \\ &\quad (h_{balok} - 2 t_{decking} - \phi_{geser}) \\ &= (250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \times \\ &\quad (300 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \\ &= 33.600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$
- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang
$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times [(b_{balok} - 2 t_{decking} - \phi_{geser}) + \\ &\quad (h_{balok} - 2 t_{decking} - \phi_{geser})] \\ &= 2 \times [(250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) + \\ &\quad (300 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm})] \\ &= 740 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar sejarak  $d$  dari tumpuan:

Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 D + 1 Ex + 1 L:

$$T_u = 3.718.000 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir diabaikan apabila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari pada: (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1)

$$\begin{aligned} T_u \text{ min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \left( \frac{75.000^2}{1100} \right) \\ &= 1.883.229 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Nilai  $T_u$  min sejarak  $d$  dari tumpuan adalah:

$$T_u \leq \phi \cdot \frac{\sqrt{f'c'}}{3} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'c'}}{3} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \leq \frac{0,75\sqrt{35}}{3} \left( \frac{75.000^2}{1.100} \right)$$

$$= 7.563.170 \text{ N.mm}$$

- Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat:

- $T_u \text{ min} > T_u$  (tidak memerlukan tulangan puntir)
  - $T_u \text{ min} < T_u$  (memerlukan tulangan puntir)
- $T_u \text{ min} < T_u$   
 $1.883.229 \text{ Nmm} < 3.718.000 \text{ N.mm}$     **(Memerlukan Tulangan Puntir)**

- Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir  
 Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut:

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 250 \times 242$$

$$= 59.654 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left( \frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$$

$$\sqrt{\left( \frac{53.684}{250 \times 242} \right)^2 + \left( \frac{3.718.000 \times 740}{1,7 \times 33.600^2} \right)^2}$$

$$\leq 0,75 \left( \frac{59.654}{250 \times 242} + 0,66 \sqrt{35} \right)$$

$$1,686 \text{ MPa} \leq 3,697 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

$$T_n = T_u / \phi = \frac{3.718.000}{0,75} = 4.957.333 \text{ Nmm}$$

- Penulangan Puntir dan Geser Akibat Torsi pada Sendi Plastis
  - Luas Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \emptyset$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah ini:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \emptyset$$

Untuk beton non prategang  $\emptyset = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 33.600 \text{ mm}^2 \\ &= 28.560 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset} \\ &= \frac{4.957.333}{2 \times 127304 \times 400 \times \cot 45} \\ &= 1,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi  $\frac{A_t}{s}$  tidak boleh kurang dari:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{0,175 \text{ bw}}{F_{yt}} = \frac{0,175 \times 500}{240} = 0,36 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Digunakan tulangan puntir lentur

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \emptyset$$

$$\begin{aligned} A_l &= 1,04 \times 740 \times \frac{240}{400} \times 1 \\ &= 160,558 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi  $A_l$  tidak boleh kurang dari :

$$A_l \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f'c} A_{cp}}{F_{yt}} - \left( \frac{A_t}{s} \times P_h \times \frac{F_{yt}}{F_y} \right)$$

$$A_{l \min} = \frac{0,42 \sqrt{35} 75.000}{400} - \left( 0,36 \times 740 \times \frac{240}{400} \right)$$

$$A_{l \min} = 305,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{l \min} = 305,33 \text{ mm}^2 < A_l = 161 \text{ mm}^2$$

Maka, digunakan  $A_{l \min} = 305,33 \text{ mm}^2$

$$A_s \text{ akibat lentur dan torsi} = 223,70 + \frac{305,33}{4} = 300,035 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan : D-16

$$n \text{ tulangan} = \frac{300,04}{201,062}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ aktual} = 402,124 \text{ mm}^2$$

Tulangan samping : D-10

$$n \text{ tulangan} = \frac{152,67}{78,54}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ aktual} = 157,08 \text{ mm}^2$$

- **Perencanaan Gaya Geser Pada Area Lapangan**

$$V_u = 59,654 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d x \\ &= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \times 250 \cdot 242 \\ &= 60.847 \text{ N} \\ &= 60,85 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$108 \text{ kN} < 211,5 \text{ kN} < 215,73 \text{ kN}$$

$$A_v/s = \frac{0,35 \times b w}{f_{yt}}$$

$$\begin{aligned} A_v/s &= \frac{0,35 \times 500}{400} \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

Kebutuhan Kombinasi Tulangan geser dan torsi

$$\begin{aligned}\frac{Avt}{s} &= 2x \frac{At}{s} + \frac{Av}{s} \\ &= 0,73 + 0,44 \\ &= 1,17 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai Sengkang 2 kaki D10 (  $Av = 265,33 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned}S &= \frac{265,33}{1,17} \\ &= 228 \text{ mm}\end{aligned}$$

S maksimum diperbolehkan lebih kecil dari:

$$Ph/8 = 1748/8 = 218,5 \text{ mm}$$

$$S = 300 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang : **2D10 – 120 mm**

### Tulangan Penyaluran

Menurut SNI Pasal 12.3.2 ldc harus diambil yang paling besar dari :

Penyaluran kondisi tekan :

4.  $0,024 \frac{fy}{\sqrt{fc'}} db = 0,024 \frac{400}{\sqrt{35}} 22 = 357 \text{ mm}$
5.  $8 db = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$
6. 150 mm

Maka, digunakan yang memiliki nilai terbesar ldh tulangan tekan : 357 mm

$$\text{Kait } 90^\circ \text{ sepanjang } 12 db = 264 \text{ mm}$$

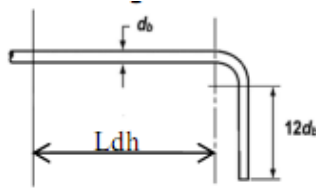
Penyaluran tulangan torsi :

3.  $0,024 \frac{fy}{\sqrt{fc'}} db = 0,024 \frac{400}{\sqrt{35}} 13 = 211 \text{ mm}$
4.  $0,043 fy db = 0,043 \times 400 \times 13 = 224 \text{ mm}$

Maka, digunakan ldh tulangan tekan = 224 mm

$$\text{Kait } 90^\circ \text{ sepanjang } 12 db = 156 \text{ mm}$$

- a. Panjang penyaluran tulangan berkait:



Gambar 7. 17 Detail Tulangan Penyaluran Kait Standar

$$ldh = \left( \frac{0,24 \cdot \Psi_e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db$$

$$ldh = \left( \frac{0,24 \cdot 1 \cdot 410}{1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 16$$

$$ldh = 287 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang kait} = 12db = 12 \cdot 16 = 192 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

## 7.5 Penulangan Balok Anak

Dalam perhitungan penulangan pada balok anak melalui tiga tinjauan keadaan yaitu sebelum komposit, sesudah komposit dan pengangkatan komponen pracetak.

Pada balok pracetak digunakan tulangan ditengah penampang untuk pengekang tulangan geser saat proses fabrikasi dan menambah gaya tarik pada proses pengangkatan balok anak ke lokasi pemasangan.

Untuk perencanaan dipakai data sebagai berikut

- Bentang = 6000 mm
- Ln = 5650 mm
- Lebat balok = 300 mm
- Tebal balok pracetak = 260 mm
- Tebal decking = 50 mm
- Diameter tulangan lentur = D16 As = 201,06 mm<sup>2</sup>
- Diameter tulangan sengkang = D10 As = 78,54 mm<sup>2</sup>
- Mutu beton (f'c) : 35 MPa
- fc" 3 hari 46% : 16 MPa

$f_c''$	7 hari	65%	:	23	MPa
• Mutu baja tulangan lentur ( $f_{yl}$ )			:	400	MPa
• Mutu baja tulangan sengkang ( $f_{ys}$ )			:	240	MPa
• Tebal plat			:	140	mm

### 3) Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah beban sendiri pada balok anak dan distribusi beban merata dari pelat dengan kondisi sebelum komposit atau sesudah komposit.

#### Saat pengangkatan

##### Beban Mati (DL) :

• Balok pracetak,	0,26	x	0,3	x	2400	:	187	kg/m'
Beban kejut pengangkatan,			0,5	x	187	:	94	kg/m' +
							<u>281</u>	kg/m'

$$\begin{aligned} \text{Beban terfaktor} &= 1,4\text{DL} \\ &= 1,4 (281 \text{ kg/m}') \\ &= 393,12 \text{ kg/m}' \end{aligned}$$

#### Sebelum komposit

##### Beban Mati (DL) :

• Balok pracetak,	0,26	x	0,3	x	2400	:	187	kg/m'
Pelat	0,14	x	2,4	x	2400	:	896,4	kg/m'
Berat topping,	0,2*	x	0,3	x	2400	:	144	kg/m'
							<u>1137</u>	kg/m'

\* Tinggi overtopping ketika beton dituang dari bucket direncanakan setinggi 20 cm, karena ketika dituang, beton terkumpul pada 1 titik.

##### Beban Hidup (LL) :

• Beban Hidup,			1,0	x	100	:	100	kg/m'
Beban Terfaktor								
$q_u$	$= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$							
	$= 1,2 (1137,6 \text{ kg/ m}') + 1,6 (100 \text{ kg/ m}')$							
	$= 1525,1 \text{ kg/ m}'$							





$$M_{x-} = \frac{1}{2} \cdot 393,12 \text{ kg/m} \cdot (0,3\text{m})^2 = 17,69 \text{ kg.m}$$

$$M_{x+} = \frac{1}{8} Q b^2 - (M_{x-})$$

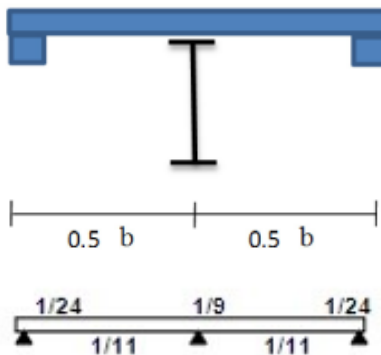
$$M_{x+} = \frac{1}{8} \cdot 393,12 \text{ kg/m} \cdot (5,05\text{m})^2 - 17,69 \text{ kg.m}$$

$$M_{x+} = 1236 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 0,5 q u L$$

$$V_u = 1.110,564 \text{ kg}$$

### B. Sebelum Komposit



**Gambar 7.20** Nilai momen pada balok 3 tumpuan sendi

Asumsi saat pemasangan balok pracetak menggunakan scaffolding di tengah bentang, sehingga perhitungan momen:

$$M_{u+} = \frac{1}{11} q L^2 = 1106,49 \text{ kgm}$$

$$M_{u-} = \frac{1}{9} q L^2 = 1352,38 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} Q u (0,5 L) = 2154,232 \text{ kg}$$

## C. Sesudah Komposit

### 1. Penulangan Balok Anak

Untuk mutu beton  $f_c' = 35$  MPa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan ratio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0370$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0370 = 0,025$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} = 0,0035$$

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

#### 7.5.1 Penulangan Balok Anak Saat Pengangkatan

- Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 260 - 50 - 10 - 16/2 = 192 \text{ mm}$$

$$Mu = 1235,5 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1235,5 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 192^2} = 1,2413$$

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,2413}{400}} \right) = 0,0035$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$   
 $0,0035 > 0,0032 < 0,025$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,0035 \times 300 \times 192 = 201,60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$A_{D16} = 0,25 \pi d^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{212,98}{201,06} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$A_s \text{ pakai} = 2 \times 212,98 = 425,96 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 125,36 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'} }{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300 \times 192 = 212,98 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{400} 300 \times 192 = 202 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sengkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(16)}{2 - 1} = 142 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 142 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D16

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$A_s' = 0,5 \times 425,96 = 212,98 \text{ mm}^2$$

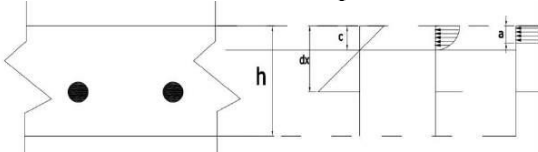
$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{212,98}{212,98} = 1 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$A_s \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 425,96 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu} = 212,98 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{425,96 \times 400}{0,85 \times 35 \times 300} = 19,0 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{19,1}{0,85} = 22,5 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{310,5}{30,97} - 1 \right) = 0,0413$$

dipakai  $\phi = 0,9$

dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 425,96 \times 400 \left( 192 - \frac{1}{2} \times 19,1 \right)$$

$$\phi M_n = 49.446.751,96 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$49.446.751,96 \text{ Nmm} > 12.355.025 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tulangan Geser Akibat Pengangkatan

$$V_u = 11,1 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 192 = 29,467 \text{ kN}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 29,467 \text{ kN} = 14,7 \text{ kN}$$

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

$$11,11 \text{ kN} \leq 14,7 \text{ kN}$$

Sehingga, tidak diperlukan tulangan geser

- Kontrol Lendutan

$$f_{ci} \text{ (3 hari)} = 0,46 \times 35 \text{ MPa} = 16,1 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_e = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 260^3 = 1166400000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_{ci}} = 4700 \sqrt{16,1} = 18858,658$$

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 3,88 \times 6600^4}{384 \times 18858,658 \times 1166400000} = 5,52 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah L/240

$$\frac{L}{240} = \frac{6600}{240} = 27,50 \text{ mm}$$

$$\Delta = 5,52 \text{ mm} \leq 27,50 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

### 7.5.2 Penulangan Balok Anak Sebelum Komposit

$$d = 260 - 50 - 10 - 13/2 = 192 \text{ mm}$$

$$Mu+ = 1.106,5 \text{ kgm}$$

$$Mu- = 1.352,4 \text{ kgm}$$

- Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1352,4 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 193,5^2} = 1,5 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,5}{400}} \right) = 0,0039$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$

$$0,0035 < 0,0039 < 0,025$$

$$As = \rho b d$$

$$= 0,0039 \times 300 \times 193,5 = 224,23 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D13

$$A_{D13} = 0,25 \pi d^2 = 132,73 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{224,23}{132,73} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 132,73 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ perlu} = 224,23 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} 300 \times 193,5 = 145,58 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{400} 300 \times 193,5 = 203 \text{ mm}^2$$

As pakai > As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(16)}{2 - 1} = 148 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 148 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D13

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 224,23 = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{132,73}{132,73} = 1 \text{ buah}$$

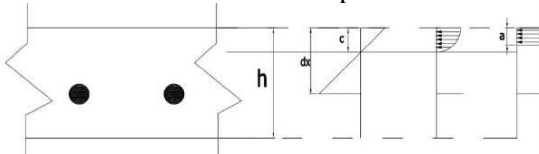
Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{\text{pakai}} = 2 \times 132,73 = 224,23 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}} = 132,73 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{224,23 \times 400}{0,85 \times 35 \times 300} = 11,897 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,897}{0,8} = 14,9 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{310,5}{30,97} - 1 \right) = 0,036$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 224,23 \times 400 \left( 193,5 - \frac{1}{2} \times 11,897 \right)$$

$$\phi M_n = 26.765.688,71 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$26.765.688,71 \text{ Nmm} > 13.523.789,78 \text{ Nmm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 260 - 50 - 10 - 16/2 = 192 \text{ mm}$$

$$M_u = 1.106,49 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1.106,49 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 192^2} = 1,25$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,445} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,555 \times 1,25}{400}} \right) = 0,0032$$

$$\text{Syarat: } \rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,0032 < 0,025$$



Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\rho_{pakai} = 0,0035$$

$$As \text{ perlu} = 0,0035 \cdot 300 \cdot 192 = 201,60 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16

$$A \text{ D16} = 0,25 \pi d^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{201,60}{201,06} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 201,06 = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ perlu} = 201,60 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300 \times 192 = 144,45 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{400} 300 \times 192 = 202 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(16)}{2 - 1} = 148 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 148 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D16

- Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 402,124 = 201,06 \text{ mm}^2$$

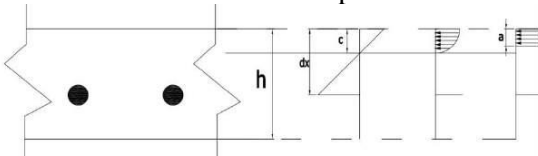
$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{201,06}{201,06} = 1 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 201,06 = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 201,06 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser  
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{402,12 \times 400}{0,85 \times 35 \times 300} = 18,02 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{18,02}{0,8} = 22,5 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{192}{22,5} - 1 \right) = 0,0226$$

dipakai  $\phi = 0,9$

dikarenakan  $\varepsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi As f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 402,12 \times 400 \left( 192 - \frac{1}{2} \times 18,02 \right)$$

$$\emptyset M_n = 48.000.318,76 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset M_n > M_u$$

$$48.000.318,76 \text{ Nmm} > 11.064.918,91 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$V_u = 21,54 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 290,5 = 86,3 \text{ kN}$$

$$0,5 \emptyset V_c = 0,5 \times 86,3 \text{ kN} = 43,2 \text{ N}$$

$$0,5 \emptyset V_c > V_u$$

$$43,2 \text{ N} > 21,54 \text{ kN}$$

Sehingga, dibutuhkan tulangan geser minimum

Dipakai diameter sengkang 10 mm dengan 2 kaki

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\ &= \frac{157,08 \times 240 \times 290,5}{29050} \\ &= 376,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai  $s = 200 \text{ mm}$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ci} \text{ (3 hari)} = 0,46 \times 35 \text{ MPa} = 16,1 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_e = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 290^3 = 1166400000 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700\sqrt{f'ci} = 4700\sqrt{16,1} = 18858,658$$

$$\Delta = \frac{5 Qu L^4}{384 Ec Ie} = \frac{5 \times 18,432 \times 3300^4}{384 \times 18858,658 \times 1164600000} = 1,29 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah L/240

$$\frac{L}{240} = \frac{3300}{240} = 13,75 \text{ mm}$$

$$\Delta = 1,29 \text{ mm} \leq 13,75 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

### 7.5.3 Penulangan Balok Anak Setelah Komposit

Data perencanaan penulangan balok

#### Penulangan Lentur Tumpuan :

$$M_{tumpuan} = 42.197.500 \text{ Nmm}$$

$$d = h - \text{decking} - d \text{ tul. sengkang} - \frac{d \text{ tul lentur}}{2}$$

$$d = 400 - 50 - 13 - 16/2 = 332 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{42.197.500}{0,8 \times 300 \times 332^2} = 1,595$$

$$m = \frac{f_y}{0,85f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

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

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,595}{400}} \right) = 0,0041 > \rho_{\min} =$$

0,0035, maka, dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0041$

Tulangan Lentur Tarik :

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0041 \times 300 \text{ mm} \times 3429 \text{ mm} \\
 &= 408,45 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1** menetapkan  $A_s$  tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{min}}} &= \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{f_y} b w d \text{ atau } \frac{1,4 \times b w \times d}{f_y} \\
 A_{S_{\text{min}}} &= \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300 \times 329 \text{ atau } \frac{1,4 \times 500 \text{ mm} \times 429 \text{ mm}}{400} \\
 &= 365 \text{ mm}^2 \text{ atau } = 345 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka,  $A_s$  pakai = 412,40 mm<sup>2</sup>

### Penulangan Lentur Lapangan :

$$M_{\text{lap}} = 27.708.900 \text{ Nmm}$$

$$d = h - \text{decking} - d \text{ tul. sengkang} - \frac{d \text{ tul lentur}}{2}$$

$$d = 400 - 50 - 13 - 16/2 = 332 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{27.708.900}{0,8 \times 300 \times 329^2} = 1,0475$$

$$m = \frac{f_y}{0,85f'c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

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

$$\rho_{\text{maks}} = 0.025$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 1,0475}{400}} \right) = 0,0027 < \rho_{\text{min}} =$$

0,0035 , maka, dipakai  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$

Tulangan Lentur Tarik :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 3429 \text{ mm}$$

$$= 348,60 \text{ mm}^2$$

**SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1** menetapkan  $A_s$  tidak boleh kurang dari :

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b w d \text{ atau } \frac{1,4 \times b w \times d}{f_y}$$

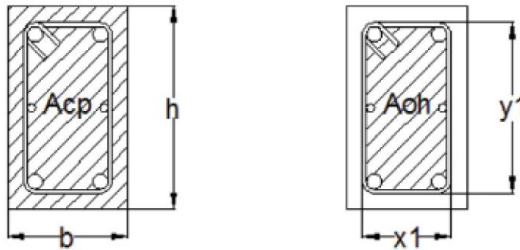
$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 300 \times 332 \text{ atau } \frac{1,4 \times 500 \text{ mm} \times 332 \text{ mm}}{400}$$

$$= 368 \text{ mm}^2 \text{ atau } = 349 \text{ mm}^2$$

Maka,  $A_s$  pakai = 368,28  $\text{mm}^2$

- Perencanaan Tulangan Puntir dan Geser Akibat Torsi  
Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 30/40



- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}}$$

$$= 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$$

$$= 120.000 \text{ mm}^2$$

- Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$P_{cp} = 2 \times (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}})$$

$$= 2 \times (300 \text{ mm} + 400 \text{ mm})$$

$$= 1.400 \text{ mm}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$A_{oh} = (b_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \times$$

$$\begin{aligned}
 & (h_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \\
 &= (300 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \times \\
 & \quad (400 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \\
 &= 55.100 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \times [(b_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) + \\
 & \quad (h_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})] \\
 &= 2 \times [(400 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) + \\
 & \quad (400 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 10 \text{ mm})] \\
 &= 960 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar sejarak d dari tumpuan:

Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 D + 1 Ex + 1 L:

$$T_u = 1.864.000 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir diabaikan apabila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari pada: (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1)

$$\begin{aligned}
 T_u \text{ min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \left( \frac{120000^2}{1400} \right) \\
 &= 3.787.981 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Nilai  $T_u$  min sejarak d dari tumpuan adalah:

$$T_u \leq \phi \cdot \frac{\sqrt{f'c'}}{3} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'c'}}{3} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \leq \frac{0,75 \sqrt{35}}{3} \left( \frac{250000^2}{2000} \right)$$

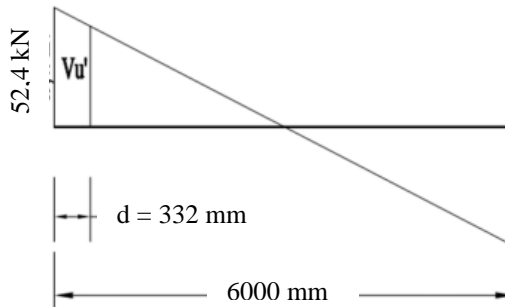
$$\leq 15.212.777 \text{ N.mm}$$

- Cek Pengaruh Momen Puntir  
Syarat:

- $Tu_{min} > Tu$  (tidak memerlukan tulangan puntir)
  - $Tu_{min} < Tu$  (memerlukan tulangan puntir)
- $Tu_{min} < Tu$   
 $3.787.981 \text{ Nmm} < 1.864.000 \text{ N.mm}$     **(Tidak Memerlukan Tulangan Puntir)**

Perencanaan gaya geser pada tumpuan

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor,  $V_u$  sejarak  $d$  dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.



**Gambar 7.21** Diagram Gaya Geser Balok Anak

$$V_u' = \frac{V_u}{L} \cdot \left( \frac{L}{2} - d \right) = \frac{52,4}{\frac{6000}{2}} \left( \frac{6000}{2} - 332 \right) = 46,6 \text{ kN}$$

$$\phi_{\text{Geser}} = 0,75$$

- Gaya geser beton

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b x d = \frac{1}{6} \sqrt{35} x 300 x 332 = 100,17 \text{ kN}$$

- Kondisi perencanaan geser

1.  $V_u \leq 0,5 \phi V_c$   
 $46,6 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 100,17 \text{ kN}$   
 $177,65 \text{ kN} > 37,56 \text{ kN}$  (Tidak OK)
2.  $0,5 x \phi x V_c < V_u \leq \phi x V_c$



$$37,56 \text{ N} < 46,6 \text{ kN} \leq 0,75 \cdot 100,17 \text{ kN}$$

$$37,56 \text{ N} < 46,6 \text{ kN} > 75,128 \text{ kN (Digunakan tulangan geser minimum)}$$

$$s \text{ min} = \frac{3 Av fy}{bw}$$

$$s \text{ min} = \frac{3 \cdot 157 \cdot 240}{300} = 376,9 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq d/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 332/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 166 \text{ mm} \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser 2D10-150

Maka, dipakai sengkang : **2D10 – 150 mm**

### **Tulangan Penyaluran**

Menurut SNI Pasal 12.3.2 ldc harus diambil yang paling besar dari:

Penyaluran kondisi tekan :

$$1. \quad 0,024 \frac{fy}{\sqrt{fc'}} db = 0,024 \frac{400}{\sqrt{35}} 16 = 357 \text{ mm}$$

$$2. \quad 8 db = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

$$7. \quad 150 \text{ mm}$$

Maka, digunakan yang memiliki nilai terbesar ldh tulangan tekan : 357 mm

$$\text{Kait } 90^\circ \text{ sepanjang } 12 db = 264 \text{ mm}$$

Penyaluran tulangan torsi :

$$5. \quad 0,024 \frac{fy}{\sqrt{fc'}} db = 0,024 \frac{400}{\sqrt{35}} 13 = 211 \text{ mm}$$

$$6. \quad 0,043 fy db = 0,043 \times 400 \times 13 = 224 \text{ mm}$$

Maka, digunakan ldh tulangan tekan = 224 mm

Kait 90° sepanjang 12 db = 156 mm

- Kontrol Lendutan

$$f_{ci} \text{ (7 hari)} = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62\sqrt{f_{ci}} = 0,62\sqrt{24,5} = 3,06 \text{ MPa} = 30,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_e = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 500^3 = 3125000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{ci}} = 4700\sqrt{24,5} = 23263,81$$

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 20,955 \times 6600^4}{384 \times 23263,81 \times 3125000000} = 9,01 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah L/240

$$\frac{L}{240} = \frac{6600}{240} = 27,5 \text{ mm}$$

$$\Delta = 9,01 \text{ mm} \leq 27,5 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

### 7.5.4 Kontrol Tegangan

#### Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan balok anak pracetak dilakukan dengan 2 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

$$f_{ci} \text{ (3 hari)} = 0,46 \times 35 \text{ MPa} = 16,1 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62\sqrt{f_{ci}} = 0,62\sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$W = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6} \times 300 \times 260^2 = 6480000 \text{ mm}^3$$

$$M_{+(lap)} = 9761600 \text{ Nmm}$$

$$M_{-(tump)} = 7284200 \text{ Nmm}$$

Momen yang terjadi

$$\sigma_{max} = \frac{M^+}{W} = \frac{9761600}{6480000} = 1,5 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

$$\sigma_{min} = \frac{M^-}{W} = \frac{7284200}{6480000} = 1,12 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

### Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

- Pembebanan

Beban Mati (DL)

Beban balok pracetak = 259,2 kg/m

qD = 259,2 x 6,6 = 1711 kg

Beban Hidup (LL)

Pekerja qL = 200 kg/m<sup>2</sup>

$$P_u = 1,2 \text{ qD} + 1,6 \text{ qL}$$

$$= 1,2 \times 1711 + 1,6 \times 200 = 2372,86 \text{ kg}$$

- Menghitung tulangan angkat

Sesuai dengan *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* terdapat 2 titik angkat dan sudut angkat sebesar 45° sehingga harus dikalikan faktor F = 1,41

Beban yang diterima satu titik angkat:

$$P = \frac{2372,86}{2} \times 1,41 = 1672,86 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (fs) diambil sebesar 2/3 fy.

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 260 \text{ MPa} = 2666 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{1672,86}{2666} = 0,64 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat D10 mm

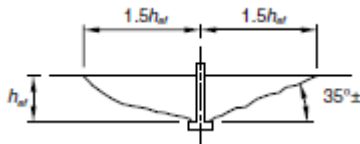
$$A_s \text{ pakai} = 78,54 \text{ mm}^2 = 0,7854 \text{ cm}^2 > 0,64 \text{ cm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan angkat  $\varnothing 10$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ( $k_c=10$ , angkur cor di dalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c \sqrt{f'c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2372,86}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 54,5 \text{ mm}$$

Maka tulangan angkur dipasang 55 mm dari permukaan balok pracetak.



**Gambar 7.22** Pengangkuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak

Menurut *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete figure 6.5.1* panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari,

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{55}{\tan 35} = 78,5 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 h_{ef} = 1,5 \times 55 = 82,5 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $d_e = 85 \text{ mm}$

- Menghitung kebutuhan strand

$P = 1672,86 \text{ kg}$  (beban 1 titik angkat)

Berdasarkan *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* tabel design aid 15.3.1 material properties prestressing strand and wire, maka digunakan seven wire strand dengan spesifikasi seperti di bawah ini:

Diameter	= 5/16 in	= 0,790 cm
F <sub>pu</sub>	= 250 ksi	= 1725 MPa
A	= 0,0058	= 37,4 mm <sup>2</sup>

$$F_{strand} = 1725 \times 37,4 = 6451,5 \text{ kg}$$

$$\text{Maka gaya yang dipikul 1 strand} = 6451,5/2 = 3225,75 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol: } P < F_{strand}$$

$$1672,8 \text{ kg} < 3225,75 \text{ kg (Memenuhi)}$$

Jadi dipakai seven wire strand diameter 5/16 in ( $F_p = 250 \text{ ksi}$ )

### Kontrol Tegangan Akibat Pemasangan

Pemasangan balok anak pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

$$f_{ci} (7 \text{ hari}) = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa}$$

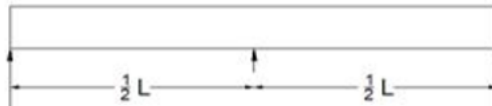
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,30 \times 0,36 \times 2400) = 311 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 (200) = 320 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 30 \times 36^2 = 6480 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,6 = 3,3 \text{ m}$$



Asumsi saat pemasangan pelat pracetak menggunakan scaffolding ditengah bentang, sehingga perhitungan momen:

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times Q_d \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times L$$

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 311 \times 3,3^2 + \frac{1}{4} \times 311 \times 3,3 = 602,54 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 904,31 \text{ kgm} = 90431 \text{ kgcm}$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times Q_d \times L^2$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 311 \times 3,3^2 = 423,93 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 635,39 \text{ kgm} = 63539 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{90431}{6480} = 7,23 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{63539}{7220} = 5,08 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

#### 4.2.5.4 Kontrol Tegangan Akibat Pengecoran

Pengecoran balok anak pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

$$f_{ci} (7 \text{ hari}) = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa}$$

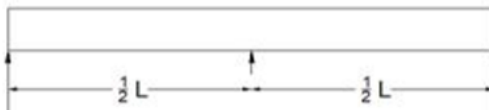
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,30 \times 0,5 \times 2400) = 423 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 (200) = 320 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 30 \times 50^2 = 12500 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,6 = 3,3 \text{ m}$$



Asumsi saat pemasangan pelat pracetak menggunakan scaffolding ditengah bentang, sehingga perhitungan momen:

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times Qd \times L^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times L$$

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 423 \times 3,3^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,3 = 724,64 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 1086,97 \text{ kgm} = 108697 \text{ kgcm}$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times Qd \times L^2$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 432 \times 3,3^2 = 588,06 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 882,09 \text{ kgm} = 88209 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{108697}{12500} = 8,69 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{88209}{12500} = 7,05 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

## 7.6 Perencanaan Balok Induk Pracetak Ditinjau Pracetak BI-2

Pada perencanaan sebelumnya, yaitu perencanaan pelat lantai, pelat lantai direncanakan menumpu pada balok anak dan balok induk. Oleh karena itu, balok induk menerima beban dari pelat lantai dan berat sendirinya. Balok anak yang direncanakan saat ini adalah balok BI-2 yang mempunyai ukuran 350 x 600 mm<sup>2</sup>. Untuk menjaga elevasi akhir yang sama antar pelat lantai dan balok anak, maka ketinggian balok anak akan dikurangi setinggi pelat lantai seperti gambar berikut.

<b>Balok memanjang</b>	600	mm	x	350	mm
t pracetak	=	460	mm		
t insitu	=	140	mm		
L	=	6000	m		
Ln	=	5400	m		
$\beta_1$	=	0,8			

#### 4) Pembebanan Balok Induk

Beban yang bekerja pada balok induk adalah beban sendiri pada balok anak dan distribusi beban merata dari pelat dengan kondisi sebelum komposit atau sesudah komposit.

##### Saat pengangkatan

##### Beban Mati (DL) :

- Pelat pracetak,  $0,08 \times 1,0 \times 2400 : 192 \text{ kg/m}'$   
 Beban kejut pengangkatan,  $0,5 \times 192 : 96 \text{ kg/m}'$  +  
288 kg/m'

Beban terfaktor = 1,4DL

$$= 1,4 (288 \text{ kg/m}')$$

$$= 403,2 \text{ kg/m}'$$

##### Sebelum komposit

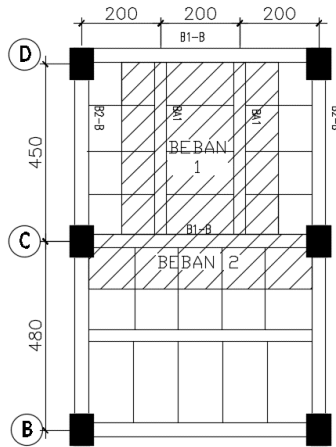
##### Beban Mati (DL) :

- Pelat pracetak,  $0,08 \times 1,0 \times 2400 : 192 \text{ kg/m}'$   
 Berat topping,  $0,5 \times 192 : 96 \text{ kg/m}'$  +  
288 kg/m'

Beban Hidup (LL) :

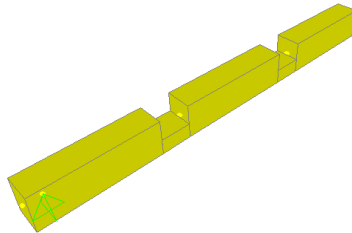
- Pelat pracetak,  $1,0 \times 100 : 100 \text{ kg/m}'$   
 Beban Terfaktor



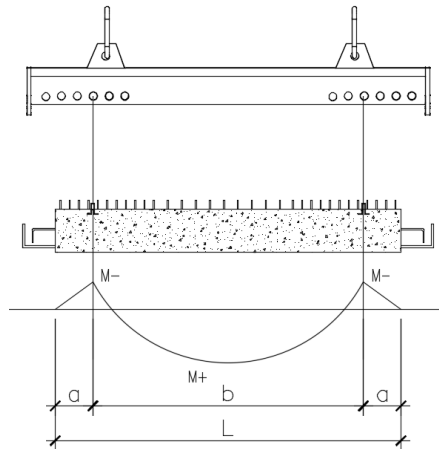


**Gambar 7.23** Beban Sebelum Komposit Balok Induk

### 7.6.1 Penulangan Balok Induk Akibat Pengangkatan



**Gambar 7.24** Permodelan Pengangkatan Balok Induk



**Gambar 7. 25** Momen akibat pengangkatan balok Induk

**Tabel 7.2** Kebutuhan Tulangan Lentur Balok Induk BI2

DesignSect	Location	Accumulation	FBotCombo	FBotArea
Text	mm		Text	mm2
BLK 35/46 (3 HARI)	0	0	1.4D	3,158E-13
BLK 35/46 (3 HARI)	200	200	1.4D	40,046
BLK 35/46 (3 HARI)	1500	1500	1.4D	161,798
BLK 35/20 (3 HARI)	0	1500	1.4D	243,573
BLK 35/20 (3 HARI)	200	1700	1.4D	232,207
BLK 35/20 (3 HARI)	400	1900	1.4D	266,608
BLK 35/46 (3 HARI)	0	1900	1.4D	189,687
BLK 35/46 (3 HARI)	400	2300	1.4D	208,628
BLK 35/46 (3 HARI)	800	2700	1.4D	214,955
BLK 35/46 (3 HARI)	1200	3100	1.4D	208,628
BLK 35/46 (3 HARI)	1600	3500	1.4D	189,687
BLK 35/20 (3 HARI)	0	3500	1.4D	287,71
BLK 35/20 (3 HARI)	200	3700	1.4D	266,608
BLK 35/20 (3 HARI)	400	3900	1.4D	243,573
BLK 35/46 (3 HARI)	0	3900	1.4D	161,798
BLK 35/46 (3 HARI)	1300	5200	1.4D	40,046
BLK 35/46 (3 HARI)	1500	5400	1.4D	8,808E-13
				287,71

Kebutuhan As akibat pengangkatan terbesar = 287,71 mm<sup>2</sup>  
 Digunakan tulangan D22, As = 380,13 mm<sup>2</sup>

Digunakan 2D22 = As pakai = 760,27 mm<sup>2</sup>

### 7.6.2 Penulangan Balok Induk Sebelum Komposit

- Tulangan Lentur Tarik

$$d = 460 - 50 - 13 - (1/2)19 = 507,5 \text{ mm}$$



**Gambar 7.26** Nilai M3 BI-2 Sebelum komposit

$$M_u = 373 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{373 \times 10^4}{0,9 \times 350 \times 310,5^2} = 1,52$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,52}{400}} \right) = 0,004$$

$$\text{Syarat: } \rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0038 < 0,004 < 0,0277$$

$$\text{As} = \rho b d$$

$$= 0,004 \times 400 \times 487,5 = 787,24 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{787,24}{283,53} = 2,8 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

$$\text{As pakai} = 3 \times 283,53 = 850,581 \text{ mm}^2$$

As pakai > As perlu = 787,24 mm<sup>2</sup> (Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 400 \times 487,5 = 739,51 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{400} 400 \times 487,5 = 700 \text{ mm}^2$$

As pakai > As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 3(19)}{3 - 1} = 108,5 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 108,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 850,58 = 425,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{425,29}{283,53} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

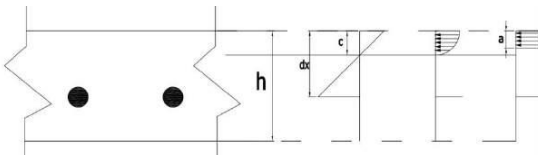
Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{\text{pakai}} = 2 \times 283,53 = 567,058 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}} = 425,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,58 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,87 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,87}{0,8} = 34,84 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{487,5}{34,84} - 1 \right) = 0,038$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

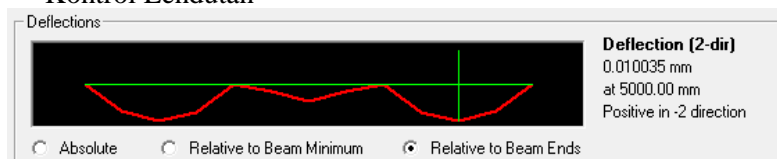
$$\phi M_n = 0,9 \times 850,586 \times 400 \left( 387,5 - \frac{1}{2} \times 27,87 \right)$$

$$\phi M_n = 141355725,1 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$14135,573 \text{ kgm} > 13114,17 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Lendutan



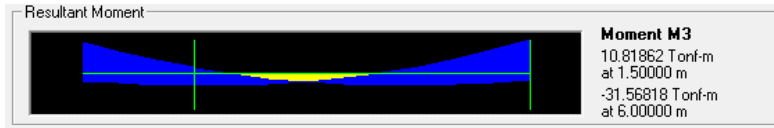
**Gambar 7.27** Nilai lendutan sebelum komposit

Karena menggunakan perancah, lendutan yang terjadi mendekati 0, sehingga tidak perlu dilakukan kontrol lendutan.

### 7.6.3 Penulangan Balok Induk Saat Komposit

Ditinjau frame 23

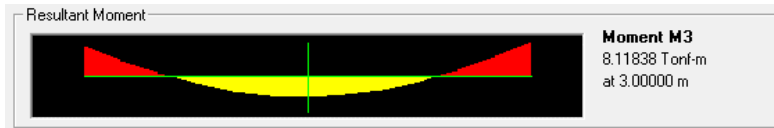
Load Combination : 1.2D + 1L + 1EX + 0.3EY



**Gambar 7.28** Nilai M3 tumpuan balok induk

$$M_{tump} = 31,568 \text{ Tm}$$

Load Combination : 1.2D + 1.6L



**Gambar 7.29** Nilai M3 lapangan Balok Induk

$$M_{lap} = 8,118 \text{ Tm}$$

- Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$M_{tump} = 31,568 \text{ Tm}$$

$$d = h - \text{decking} - d \text{ tul. sengkang} - \frac{d \text{ tul lentur}}{2}$$

$$d = 600 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 526 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2}$$

$$R_n = \frac{315.680.000 \text{ Nmm}}{0,9 \times 350 \text{ mm} \times (526 \text{ mm})^2} = 4,075 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 35 \text{ MPa}} = 13,44$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,44} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,44 \times 4,075}{400}} \right) = 0,011$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$   
 $0,0035 < 0,011 < 0,02775$

As =  $\rho b d$   
 $= 0,011 \times 350 \text{ mm} \times 526 \text{ mm} = 2025,25 \text{ mm}^2$

As min =  $\frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 350 \times 526 = 680,719 \text{ mm}^2$

As min =  $\frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{400} 350 \times 526 = 644 \text{ mm}^2$

As pakai > As min (Memenuhi)

- Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

As' =  $0,5 \times 2551,76 = 1275,88 \text{ mm}^2$

- Tulangan Lentur Tarik Lapangan

d =  $600 - 50 - 13 - (1/2)22 = 529 \text{ mm}$

Mu = 8.118 kgm

$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{8.118 \times 10^4}{0,9 \times 350 \times 529^2} = 1,036$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,44} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,44 \times 1,036}{400}} \right) = 0,0026$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$   
 $0,0035 > 0,0026 < 0,0277$

$$\rho_{pakai} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,0035 \times 40350 \times 529 = 644,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} 350 \times 526 = 680,719 \text{ mm}^2$$

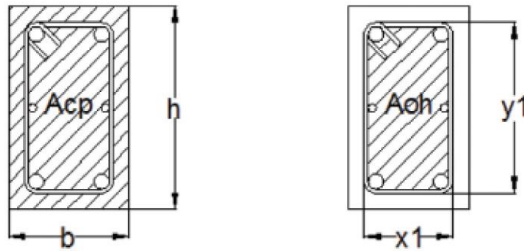
$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{400} 350 \times 526 = 644 \text{ mm}^2$$

$As_{pakai} > As_{min}$  (Memenuhi)

- Perencanaan Tulangan Puntir Akibat Torsi  
 Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 35/60





**Gambar 7.30** Luasan penampang balok induk

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}} \\ &= 350 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 210.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}}) \\ &= 2 \times (350 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) \\ &= 1.900 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \times \\ &\quad (h_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \\ &= (350 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \times \\ &\quad (600 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \\ &= 115419 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times [(b_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) + \\ &\quad (h_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})] \\ &= 2 \times [(350 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) + \\ &\quad (600 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm})] \\ &= 1448 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar sejarak  $d$  dari tumpuan:

## Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 D + 1 L + 1 Ex + 0,3Ey:

$$T_u = 29.170.000 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir diabaikan apabila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari pada: (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1)

$$\begin{aligned} T_u \text{ min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \left( \frac{210.000^2}{1.900} \right) \\ &= 8.547.879 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

## - Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat:

- $T_u \text{ min} > T_u$  (tidak memerlukan tulangan puntir)
  - $T_u \text{ min} < T_u$  (memerlukan tulangan puntir)
- $$T_u \text{ min} < T_u$$
- $$9699532,23 \text{ Nmm} < 36065352,04 \text{ Nmm}$$
- (Memerlukan Tulangan Puntir)

## - Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 350 \times 526 \\ &= 15559 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left( \frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c'} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{32840}{350 \times 526}\right)^2 + \left(\frac{29.170.000 \times 1.448}{1,7 \times 115.419^2}\right)^2}$$

$$\leq 0,75 \left( \frac{15.559}{350 \times 526} + 0,66\sqrt{35} \right)$$

$$1,87 \leq 3,02 \text{ (Memenuhi)}$$

- Penulangan Puntir dan Geser Akibat Torsi pada Sendi Plastik
  - Luas Tulangan Puntir untuk Lentur
 Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \phi$$

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013

Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah ini:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \phi$$

Untuk beton non prategang  $\phi = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 115.419 \text{ mm}^2 \\ &= 98.106,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi} \\ &= \frac{29.170.000 / 0,75}{2 \times 98.106,15 \times 400 \times \cot 45} \\ &= 0,826 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi  $\frac{A_t}{s}$  tidak boleh kurang dari:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{0,175 bw}{F_{yt}} = \frac{0,175 \times 350}{400} = 0,153 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

- Perhitungan Tulangan Torsi

$$A_l = \frac{At}{s} P_h \left( \frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \emptyset$$

$$A_l = 0,69 \times 1748 \times \left( \frac{240}{400} \right) \cot^2 45$$

$$= 752,55 \text{ mm}^2$$

Tetapi  $A_l$  tidak boleh kurang dari:

$$A_l \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{F_{yt}} - \left( \frac{At}{s} \times P_h \times \frac{F_{yt}}{F_y} \right)$$

$$A_l \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{35} 210.000}{400} - \left( 0,83 \times 1448 \times \frac{400}{400} \right)$$

$$A_l \text{ min} = 108,564 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir perlu sebesar  $717,56 \text{ mm}^2$ . Untuk arah memanjang dibagi rata keempat sisi penampang balok.

$$\text{As akibat lentur dan torsi} = 2025,25 + \frac{717,56}{4} = 2204,643 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{2204,643}{380,133} \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{As aktual} = 6 \times 380,133 = 2.280,796 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak tulangan

Direncanakan 1 layer, jarak tulangan = 18 mm < 25 mm NOT OK

Direncanakan layer 1 4 buah = 45 mm > 25 mm OK

layer 2 2 buah

· Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s}{0,85} \frac{F_y}{f_c} \frac{1}{b} = \frac{2280,80}{0,85} \frac{400}{35 \times 350}$$

$$= 87,61762 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{87,6}{0,8}$$

$$= 110 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= 0,003 \left( \frac{dx}{c} - 1 \right) \\ &= 0,0114 \longrightarrow \text{Dipakai } \phi = 0,9 \end{aligned}$$

Nilai d aktual

$$d \text{ akt} = h_{\text{balok}} - \text{decking} - \text{tul.geser} - \text{tul. Lentur} - \frac{n \text{ tul.atas}}{n \text{ tul bawah}} s$$

s = jarak min. antar tulangan = 25 mm

$$d \text{ akt} = 600 - 50 - 13 - 22 - 4/6 \times 25 = 498 \text{ mm}$$

Cek nilai  $\rho$  aktual

$$A_s \text{ terpasang} = 6 \text{ D } 22 = 2280,796 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ aktual} &= \frac{A_s}{b \cdot d} \\ \rho \text{ aktual} &= \frac{2280,796}{350 \cdot 498} = 0,013 < \rho_{\text{max}} = 0,025 \end{aligned}$$

Jadi balok tetap dalam desain under-reinforced

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \quad A_s \quad f_y \quad dx \text{ akt} \\ &= 0,9 \quad 2280,80 \quad 400 \left( dx \text{ akt} - \frac{a}{2} \right) \\ &= 373204019,4 \text{ Nmm} > \quad \mu = 315680000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan, digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.21.5.2.2

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,5 A_s \\ &= 3 \text{ buah} \quad A_s \text{ aktual} = 1140 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### Tulangan lapangan

Digunakan tulangan D- 22

$$A_s \text{ akibat lentur dan torsi} : 680,72 + \frac{717,56}{4} = 860,1086 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{860,11}{380,132711} = 3 \text{ buah} \quad A_s \text{ aktual} = 1140,398 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak tulangan

Direncanakan 1 layer, jarak tulangan = 79 mm > 25 mm OK

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s}{0,85} \frac{F_y}{f_c} \frac{1}{b} = \frac{1140,40}{0,85} \frac{400}{35 \cdot 350} = 43,80881 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{43,8}{0,8} = 54,8 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d_x}{c} - 1 \right) = 0,0258 \longrightarrow \text{Dipakai } \phi = 0,9$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi A_s f_y d_x \\ &= 0,9 \cdot 1140,40 \cdot 400 \left( d_x - \frac{a}{2} \right) \\ &= 183.958.296 \text{ Nmm} > M_u = 81.180.000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan, digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.21.5.2.2

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,5 A_s \\ &= 2 \text{ buah } A_s \text{ aktual} = 1140 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kondisi 1=3

$$a = \frac{As}{0,85} \frac{1,25}{f'c} \frac{Fy}{b} = \frac{2280,80}{0,85} \frac{1,25}{35} \frac{400}{350}$$

$$= 109,52203 \text{ mm}$$

$$Mpr- = As \frac{1,25}{fy} \frac{fy}{d} - \frac{a}{2}$$

$$= 2280,80 \frac{1,25}{400} \frac{400}{529} - \frac{110}{2}$$

$$= 540821253,4 \text{ Nmm}$$

Kondisi 2=4=5

$$a = \frac{As}{0,85} \frac{1,25}{f'c} \frac{Fy}{b} = \frac{1140,40}{0,85} \frac{1,25}{35} \frac{400}{350}$$

$$= 54,761015 \text{ mm}$$

$$Mpr+ = As \frac{1,25}{fy} \frac{fy}{d} - \frac{a}{2}$$

$$= 1140,40 \frac{1,25}{400} \frac{400}{529} - \frac{54,8}{2}$$

$$= 301635278,9 \text{ Nmm}$$

**Tabel 7.3** Nilai Momen kapasitas Balok Induk

Kondisi	Lokasi	Arah goyang	As Perlu (mm <sup>2</sup> )	As pakai (mm <sup>2</sup> )	Mpr(Nmm)
1	Ujung kiri (-)	kanan	2204,64	2280,80	540.821.253
2	Ujung kiri (+)	kanan	860,11	1140,40	301.635.279
3	Ujung kanan (-)	kiri	2204,64	2280,80	540.821.253
4	Ujung kanan (+)	kiri	860,11	1140,40	301.635.279
5	Lapangan (+)	kiri, kanan	860,11	1140,40	301.635.279

Luasan tulangan puntir perlu sebesar

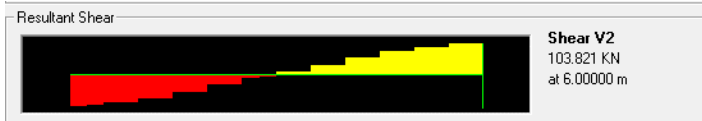
$$\frac{A1}{4} = \frac{717,56}{4} = 179,39 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan samping D13 As = 132,73 mm<sup>2</sup>

$$n = \frac{179,39}{132,73} = 1,35$$

= 2 buah

Reaksi geser diujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari hasil output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2DL+1LL.



**Gambar 7.31** Geser tumpuan balok induk akibat 1DL + 1,2LL

$$V_u = 103,82 \text{ KN}$$

$$V_e = \frac{M_{pr^-} + M_{pr^+}}{l_n} \pm V_u$$

$$V_e = \frac{541 + 301,64}{4,948} \pm 103,82 \text{ kN}$$

$$V_e = 274,082 \text{ kN}$$

$$V_e = 66,442 \text{ kN}$$

#### Perencanaan gaya geser pada sendi plastis

Gaya geser maksimum yang ditimbulkan oleh beban gempa adalah

$$\begin{aligned} &= \frac{M_{pr^-} + M_{pr^+}}{l_n} \\ &= \frac{541 + 301,635}{5,4} = 156 \text{ kN} \end{aligned}$$

dimana lebih besar daripada 50% gaya geser total

$$\begin{aligned} &= \frac{V_u}{2} \\ &= \frac{103,82}{2} = 51,9 \text{ kN} \end{aligned}$$



Sehingga  $V_c$  dapat diambil = 0, Maka:

$$V_u = \quad \emptyset V_s \quad + \quad \emptyset V_c$$

$$V_u = \quad \emptyset V_s$$

$$V_s = \quad \frac{V_u}{\emptyset} = \quad \frac{274,08}{0,75}$$

$$= \quad 365,44 \quad \text{kN}$$

$$V_s < \quad 0,66 \sqrt{f'c} \quad bw \quad d$$

$$365,44 \text{ kN} < \quad 0,66 \sqrt{35} \quad 350 \quad 526$$

$$365,44 \text{ kN} < \quad 719 \text{ kN}$$

OK, Penampang mencukupi

Dipakai sengkang tertutup D- 13 (2 kaki), maka jarak antar sengkang  $s$ ,

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{365442,71}{400 \cdot 526} = 1,74$$

### **Kebutuhan kombinasi tulangan geser dan torsi**

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2 A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 0,31 + 1,74$$

$$= 2,04$$

Digunakan sengkang 2 kaki D 13  $A_{vt} = 265 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{265}{2,04} = 129,9 \text{ mm}$$

Jadi digunakan sengkang 2 kaki D 13 jarak 100 mm

Jarak maksimum sengkang tertutup sepanjang  $2h = 1200 \text{ mm}$  tidak boleh lebih kecil dari:

$$\frac{d}{4} = \frac{526}{4} \quad \text{atau} \quad 6db = 6 \times 22$$

$$= 131,5 \text{ mm} \quad = 132 \text{ mm}$$

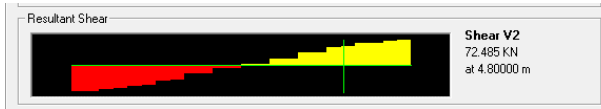
Atau 150 mm

Jadi dapat dipasang sengkang tertutup 2D 13 - 100 mm,

Sengkang tertutup pertama dipasang sejarak 50 mm dari muka tumpuan.

Perencanaan gaya geser pada area lapangan

Sejarak 1200 mm dari muka tumpuan hingga bagian lapangan



**Gambar 7.32** Geser sejarak 1200mm

$$V_u = 72,485 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b d x \\ &= 0,17 (1) 35 350 526 \\ &= 185156 \text{ N} = 185 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \phi V_c &< V_u < \phi V_c \\ 92,6 \text{ kN} &< 72,485 \text{ kN} < 185,16 \text{ kN} \\ S_{min} &= \frac{3}{bw} \frac{A_v}{f_y} = \frac{3}{350} \frac{265}{240} \\ &= 546,09856 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan catatan nilai  $s$ , diambil yang terkecil antara

$$- s_2 = \frac{d}{2} = 263 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} - s_3 &= A_v \frac{f_y}{0,35 bw} \\ &= 265,465 \frac{400}{0,35 350} = 866,82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- s_4 = 600 \text{ mm}$$

Jadi dipilih  $s = 150 \text{ mm}$

Dipasang tulangan sengkang area lapangan 2D 13 - 150 mm

## Tulangan Penyaluran

Menurut SNI ps. 12.3.2 ldc harus diambil yang paling besar dari

- Penyaluran Tulangan Kondisi Tekan

$$1) \quad 0,24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} db$$

$$0,24 \frac{400}{\sqrt{35}} 22 = 357 \text{ mm}$$

$$2) \quad 0,043 f_y db$$

$$0,043 400 22 = 378 \text{ mm}$$

Digunakan ldh tulangan tekan = 378 mm

Kait 90° sepanjang 12 db = 264 mm

- Penyaluran Tulangan Kondisi Tarik

$$1) \quad 0,24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} db$$

$$0,24 \frac{400}{\sqrt{35}} 22 = 357 \text{ mm}$$

$$2) \quad 8 db$$

$$8 22 = 176 \text{ mm}$$

$$3) \quad 150 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

Digunakan ldh tulangan tekan = 357 mm

Kait 90° sepanjang 12 db = 264 mm

- Penyaluran Tulangan Torsi

$$1) \quad 0,24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} db$$

$$0,24 \frac{400}{\sqrt{35}} 13 = 211 \text{ mm}$$

$$2) \quad 0,043 f_y db$$

$$0,043 400 13 = 224 \text{ mm}$$

Digunakan ldh tulangan tekan = 224 mm

Kait 90° sepanjang 12 db = 156 mm

- a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik:

Mencari nilai  $l_d$  (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2):

Diketahui nilai :

$$d_b = 22 \text{ mm}; \Psi_s = 1,0; \Psi_t = 1,0; \lambda = 1,0; \Psi_e = 1,0$$

$$l_d = \left( \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'}} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left( \frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 22$$

$$l_d = 875 \text{ mm}$$

Diambil nilai  $l_d = 875 \text{ mm}$

## 7.6.4 Kontrol Tegangan

### A. Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan balok induk pracetak dilakukan dengan 2 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

$$f_{ci} (3 \text{ hari}) = 0,46 \times 35 \text{ MPa} = 16,1 \text{ M}$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f'c_i} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 350 \times 460^2 = 20906666,67 \text{ mm}^3$$

$$M_{+(lap)} = 12175100 \text{ Nmm}$$

$$M_{-(tump)} = 12175100 \text{ Nmm}$$

Momen yang terjadi

$$\sigma_{max} = \frac{M^+}{W} = \frac{12175100}{20906666,67} = 0,58 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

$$\sigma_{min} = \frac{M^-}{W} = \frac{12678100}{6503733333} = 0,58 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

### Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

- Pembebanan

Beban Mati (DL)

$$\text{Beban balok pracetak} = 537,6 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 537,6 \times 6,45 = 3467,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 qD \\ &= 1,2 \times 3467,5 = 4161,02 \end{aligned}$$

- Menghitung tulangan angkat

Sesuai dengan *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* terdapat 2 titik angkat dan sudut angkat sebesar  $45^\circ$  sehingga harus dikalikan faktor  $F = 1,41$

Beban yang diterima satu titik angkat:

$$P = \frac{4161,02}{2} \times 1,41 = 2933,51 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (fs) diambil sebesar  $2/3 f_y$ .

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 266 \text{ MPa} = 2666 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{2933,51}{2666} = 1,1 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat D16 mm

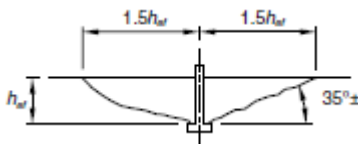
As pakai =  $201,07 \text{ mm}^2 = 2,01 \text{ cm}^2 > 1,1 \text{ cm}^2$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan angkat  $\emptyset 16$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ( $k_c=10$ , angkur cor di dalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c \sqrt{f_c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{41610,2}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 79,08 \text{ mm}$$

Maka tulangan angkur dipasang 80 mm dari permukaan balok pracetak.



Menurut *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* figure 6.5.1 panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari,

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{80}{\tan 35} = 114,25 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 h_{ef} = 1,5 \times 80 = 120 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $d_e = 120 \text{ mm}$

- Menghitung kebutuhan strand

$P = 2953,51 \text{ kg}$  (beban 1 titik angkat)

Berdasarkan *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* tabel design aid 15.3.1 material properties prestressing strand and wire, maka digunakan seven wire strand dengan spesifikasi seperti di bawah ini:

Diameter = 5/16 in = 0,790 cm

$F_{pu}$  = 250 ksi = 1725 MPa

$A$  = 0,0058 = 37,4 mm<sup>2</sup>

$F_{strand}$  = 1725 x 37,4 = 6451,5 kg

Maka gaya yang dipikul 1 strand = 6451,5/2 = 3225,75 kg

Kontrol:  $P < F_{strand}$

$$2953,51 \text{ kg} < 3225,75 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai seven wire strand diameter 5/16 in ( $F_{pu} = 250 \text{ ksi}$ )

### **Kontrol Tegangan Akibat Pemasangan**

Pemasangan balok anak pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:  
 $f_{ci}$  (7 hari) = 0,7 x 35 MPa = 24,5 MPa

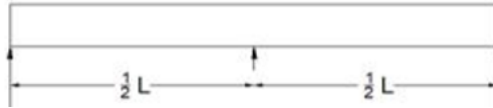
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,40 \times 0,56 \times 2400) = 635 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 (200) = 320 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 40 \times 58^2 = 20906,7 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,45 = 3,225 \text{ m}$$



Asumsi saat pemasangan pelat pracetak menggunakan scaffolding ditengah bentang, sehingga perhitungan momen:

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times Qd \times L^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times L$$

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 645 \times 3,225^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,225 = 928,92 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 1393,39 \text{ kgm} = 139339 \text{ kgcm}$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times Qd \times L^2$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 645 \times 3,3^2 = 838,70 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 1258,05 \text{ kgm} = 125805 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{139339}{20906,7} = 6,64 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{125805}{20906,7} = 56,01 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

### Kontrol Tegangan Akibat Pengecoran

Pengecoran balok induk pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

$$f_{ci} (7 \text{ hari}) = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

Berat sendiri balok induk pracetak setela komposit

$$Q_d = 1,2 (0,40 \times 0,7 \times 2400) = 806,4 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok anak pracetak setela komposit

$$Q_d = 1,2 (0,30 \times 0,5 \times 2400) = 432 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok anak pracetak setela komposit

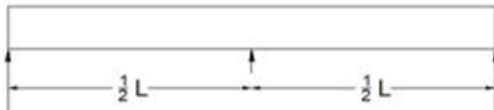
$$Q_d = 1,2 (0,14 \times 3,5 \times 2400) = 1411,2 \text{ kg/m}$$

$$Q_d \text{ total} = 2649,6 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 (200) = 320 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 40 \times 70^2 = 32666,7 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,45 = 3,225 \text{ m}$$



Asumsi saat pemasangan pelat pracetak menggunakan scaffolding ditengah bentang, sehingga perhitungan momen:

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times Q_d \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times L$$

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 2649,6 \times 3,225^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,225$$

$$= 2838,97 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 4258,46 \text{ kgm} = 425846 \text{ kgcm}$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times Q_d \times L^2$$

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 2649,6 \times 3,225^2 = 3444,68 \text{ kgm}$$



Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 5167.03 \text{ kgm} = 516703 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{Iap}}{W} = \frac{516703}{32666,7} = 15,81 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

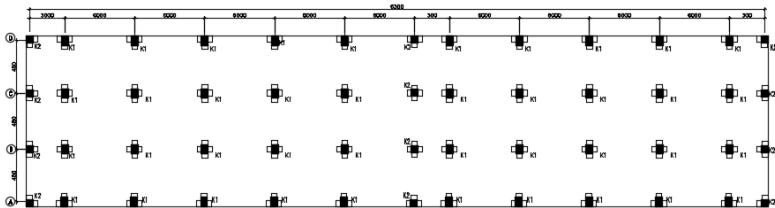
(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{425846}{32666,7} = 13,04 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

### 7.7 Penulangan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi mamikul beban-beban yang diterima struktur sekunder dan balok induk kemudian meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Pada perencanaan berikut diambil kolom yang memikul beban terbesar.



**Gambar 7.33** Denah kolom rencana

Data Perencanaan

- Dimensi Kolom
  - K1 = 600 mm x 600 mm
  - K2 = 600 mm x 800 mm
- Tinggi Kolom = 3000 mm
- Tebal Decking = 50 mm
- Tulangan Utama = D22 mm
- Sengkang = D13 mm
- Mutu Beton ( $f_c$ ) = 35 Mpa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa

Gaya yang bekerja pada kolom dihitung menggunakan SAP2000 dengan hasil sebagai berikut :

Kolom yang didesain

Dengan kombinasi : 1,2DL + 1,6LL

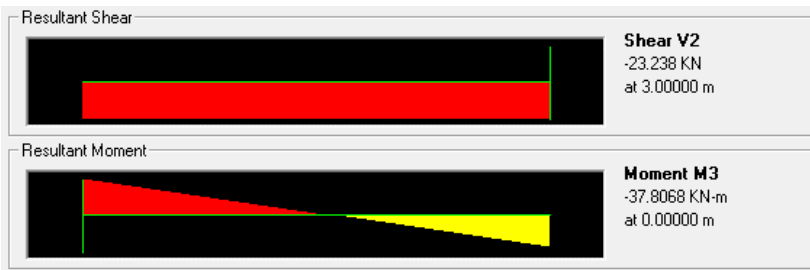
$$\text{Gaya Aksial (P)} = 5456,819 \text{ kN}$$



**Gambar 7.34** Nilai P kolom akibat 1,2DL + 1,6LL

$$\text{Gaya Geser (V2)} = 23,238 \text{ kN}$$

$$\text{Momen (M33)} = 37,8068 \text{ kNm}$$



**Gambar 7.35** Nilai gaya V2 dan M3 kolom akibat 1,2DL + 1,6LL

Dengan kombinasi : 1,2D + 1L + 1 Ex + 0,3 Ey

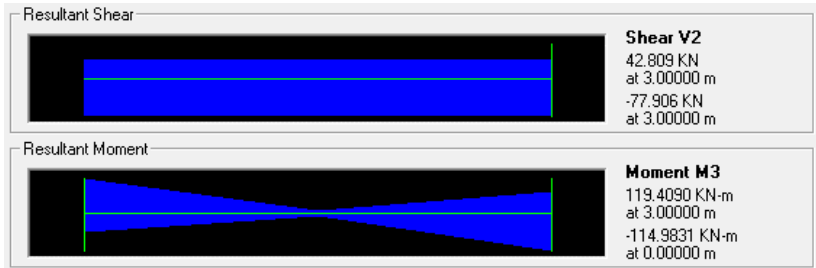
$$\text{Gaya Aksial} = 5107,028 \text{ kN}$$



**Gambar 7.36** Nilai P akibat 1,2D + 1L + 1 Ex + 0,3 Ey

$$\text{Gaya Geser (V2)} = 77,906 \text{ kN}$$

$$\text{Momen (M33)} = 119,309 \text{ kNm}$$



**Gambar 7.37** Nilai gaya V2 dan M3 kolom akibat 1,2DL + 1LL + 1 Ey + 0,3 Ex

Dengan kombinasi : 1,2DL + 1LL + 1 Ey + 0,3 Ex

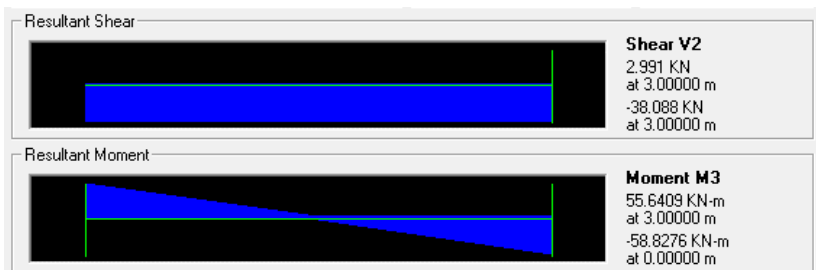
Gaya Aksial = 5041,197 kN



**Gambar 7.38** Nilai P akibat 1,2D + 1L + 1 Ex + 0,3 Ey

Geser (V2) = 38,088 kN

Momen (M33) = 58,8276 kNm



**Gambar 7.39** Nilai gaya V2 dan M3 kolom akibat 1,2DL + 1LL + 1 Ex + 0,3 Ey

Persyaratan pada Kolom [SNI - 2847 - 2013 Pasal 21.6.1]

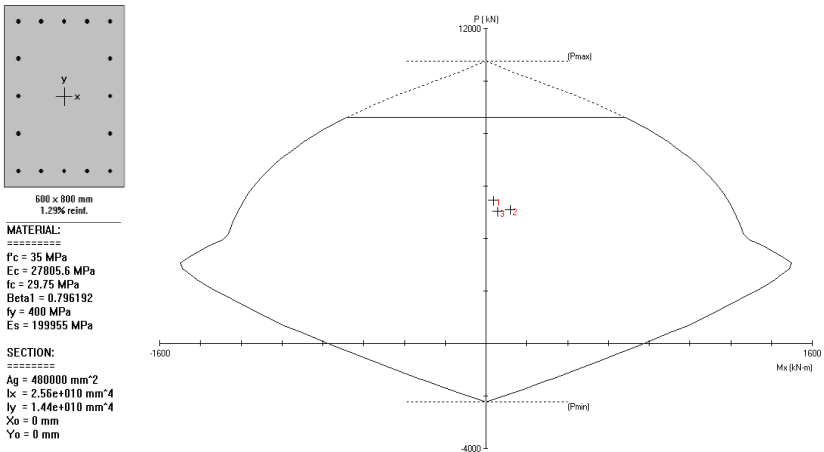
- a) Untuk SRPMK : 1680 kN  

$$P_u = 5456,82 \text{ kN} > \frac{A_g \cdot f_c'}{10} = 1680 \text{ kN (OK)}$$
- b) Dimensi terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm  
 $d = 600 \text{ mm} > 300 \text{ mm (OK)}$
- a) Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0.4.

$$\frac{b}{h} = \frac{600}{800} = 0,8 > 0,4$$

- Penulangan Utama Kolom

Perhitungan penulangan utama kolom menggunakan software PCA-Col, didapatkan data sebagai berikut :



**Gambar 7.40** Output PCA Col, kapasitas kolom K1

Jumlah	=	16	buah
Diameter	=	22	mm
$\rho_g$	=	0,0129	

Syarat : [SNI - 2487 - 2013 Pasal 21.6.3.1]

$0 < \rho_g < 0,01 \rightarrow 0 < 0,0129 < 0,01$   
 Desain Kekuatan Kolom

Kolom didesain dengan prinsip Strong Column Weak Beam dengan kriteria sebagai berikut :

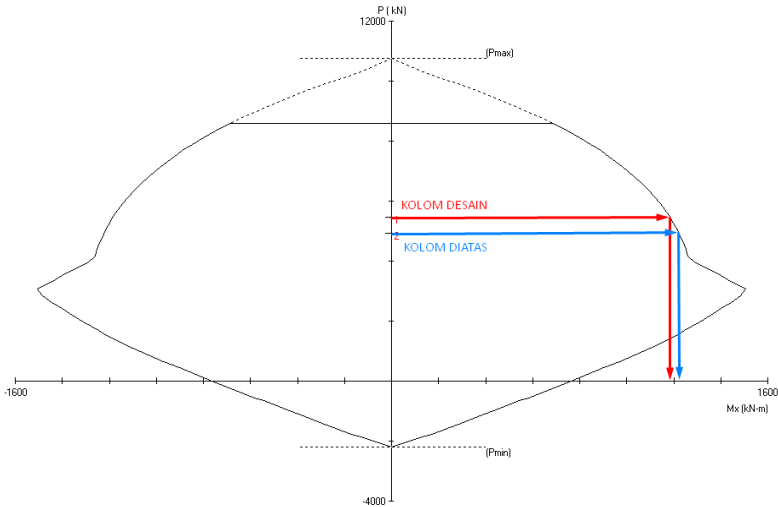
$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb} \quad [\text{SNI - 2487 -2013 Pasal 21.6.2.2}]$$

Tulangan Balok pada Joint Kolom yang Ditinjau

Lokasi	Arah Goyangan	Mpr (kN-m)
Ujung eksterior (-)	Kiri	614,675
Ujung interior (-)	Kanan	614,675
Ujung eksterior (+)	Kiri	307,337
Ujung interior (+)	Kanan	307,337
Lapangan		307,337

$$1,2 \Sigma M_{nb} = 1,2 [\varphi M_n^{(+)} + \varphi M_n^{(-)}] = 1106,4142 \text{ kNm}$$

Dari analisa perhitungan menggunakan PCA-Col didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :



**Gambar 7.41** Kapasitas kolom desain dan kolom diatasnya

$$\phi P_n \text{ desain} = 5456 \text{ kN sesuai dengan } \phi M_n = 1166 \text{ kN}$$

$$\phi P_n \text{ atas} = 4921 \text{ kN sesuai dengan } \phi M_n = 1220 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_c = \phi M_n \text{ atas} + \phi M_n \text{ desain} = 2386 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_c = 2386 \text{ kN} > 1,2 \Sigma M_{nb} = 1106,4 \text{ kN (OK)}$$

#### Tulangan Transversal pada Kolom

Tulangan transversal dipasang sepanjang sendi plastis, dengan ketentuan panjang sendi plastis menurut SNI - 2847 - 2013 Pasal 21.6.4.1 :

- a) H kolom = 800 mm
- b)  $1/6 l_n$  = 900 mm
- c) 450 mm

Maka panjang sendi plastis,  $l_o = 900 \text{ mm}$

Digunakan tulangan ulir diameter,  $D = 13 \text{ mm}$ , berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 total luas penampang *hoops* tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara:

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{s \times bc \times fc}{fyt} \right) \left( \frac{Ag}{Ach} - 1 \right)$$

atau

$$A_{sh} = \left( \frac{0,09 \times s \times bc \times fc}{fyt} \right)$$

s = spasi jarak antar tulangan

bc = lebar penampang inti beton yang terkekang

Ach = luas penampang inti beton

Direncanakan menggunakan tulangan D13 ( $A_s = 132,7 \text{ mm}^2$ )

$b_c = b_w - 2(\text{tebal decking} + d/2)$

$$= 600 - 2(50 + 13/2)$$

$$= 487 \text{ mm}$$

Ach =  $(b - 2 \text{ tebal decking}) \times (h - 2 \text{ tebal decking})$

$$= (600 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm}) \times (800 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm})$$

$$= 350.000 \text{ mm}^2$$

Ag = b x h

$$= 600 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$$

$$= 480.000 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{s \times bc \times fc}{fyt} \right) \left( \frac{Ag}{Ach} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \left( \frac{487 \times 35}{400} \right) \left( \frac{480.000}{350.000} - 1 \right) = 4,75 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \left( \frac{0,09 \times bc \times fc}{fyt} \right) = \left( \frac{0,09 \times 487 \times 35}{400} \right) = 3,84 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka diambil nilai terbesar yaitu =  $4,75 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3 spasi maksimum adalah yang terkecil antara:

- $\frac{1}{4}$  dimensi penampang kolom =  $600/4 = 150 \text{ mm}$
- 6 kali diameter tulangan longitudinal =  $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$

- $So \leq 100 + \frac{350 - hx}{3}$  dengan  $hx = 2/3 bc = 424,7 \text{ mm}$

$$So \leq 100 + \frac{350 - 424,7}{3}$$

$$So \leq 95,11 \text{ mm}$$

Dipakai S = 90 mm

$$Ash = 5,68/90 = 511,45 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan penulangan *confinement* menggunakan tulangan 4 kaki D13 dengan luas penampang 531 mm<sup>2</sup> supaya kebutuhan Ash minimum terpenuhi.

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5 sepanjang sisa tinggi bersih kolom (tinggi kolom total dikurangi *lo* di masing-masing ujung kolom),diberi *hoop* dengan spasi minimum 150 mm atau  $6 \times db = 6 \times 22 = 132$  mm. Maka dipasang 120 mm.

### Gaya Geser Desain

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 gaya geser desain ( $V_e$ ) harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan (join) di setiap ujung komponen struktur.

- $V_e$  tidak perlu lebih besar dari  $V_{sway}$  yang dihitung berdasarkan  $M_{pr}$  balok:

$$V_{sway} = \frac{M_{pr_{top}} \times D_f + M_{pr_{bot}} \times D_f}{l_n}$$

Dimana,

$M_{pr_{top}}$  dan  $M_{pr_{bot}}$  : penjumlahan  $M_{pr}$  untuk masing masing balok di lantai atas dan lantai bawah di muka kolom

DF : faktor pengaku yaitu 0,5

$l_n$  : bentang bersih kolom

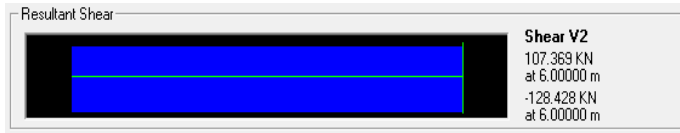
$$V_{sway} = \frac{M_{pr_{top}} \times D_f + M_{pr_{bot}} \times D_f}{l_n}$$

$$V_{sway} = \frac{(715+413) \times 0,5 + (715 + 413) \times 0,5}{5,3}$$

$$= 212,83 \text{ kN}$$

- Tapi  $V_e$  tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis struktur yaitu:





$$V_u = 128,48 \text{ kN} < V_e = 212,83 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Diambil } V_u = 212,83 \text{ kN}$$

$V_c$  dapat diambil 0 apabila gaya aksial terfaktornya melampaui  $0,05Agf_c'$  dan  $V_e$  akibat gempa melebihi  $\frac{1}{2}V_u$ .

$$- P_u > 0,05 A_g f_c'$$

$$433607,23 > 0,05 (750 \times 750) 35$$

$$433607,23 > 196875 \text{ kg}$$

$$- V_e > \frac{1}{2} V_u$$

$$212,83 > \frac{1}{2} 212,83$$

$212,83 > 106,42 \text{ N}$  maka  $V_c$  diperhitungkan.

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} \left( 1 + \frac{N_u}{1,4 A_g} \right) b w d$$

Dengan  $N_u$  = gaya aksial terkecil pada kolom



$$N_u = 2376,129 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35}}{6} \left( 1 + \frac{2376,129 \times 1000}{1,4 \times 56500} \right) 750 \times 674,5$$

$$= 765111,05 \text{ N}$$

$$= 765,111 \text{ kN} > V_u / \phi = 283,77 \text{ kN}$$

Karena  $V_c > V_u / \phi$  maka dibutuhkan tulangan sengkang minimum.

## Sambungan Lewatan

Sambungan lewatan hanya boleh dipasang di tengah tinggi kolom dan harus diikat dengan tulangan sengkang *confinement*. Sepanjang sambungan lewatan digunakan spasi tulangan transversal dipasang sesuai dengan spasi tulangan *confinement* yaitu 100 mm.

Dalam perencanaan sambungan lewatan diklasifikasikan dalam kelas B, dimana panjang lewatannya adalah  $1,3l_d$  (pasal 12.15.1) besarnya  $l_d$  berdasarkan persamaan seseuai pasal 12.2.3 dengan nilai  $k_{tr} = 0$  untuk penyederhanaan desain.

$$1,3l_d = 1,3 \left( \frac{f_y \psi_t \psi_e \psi_s}{1,1 \lambda \sqrt{f_c} \left( \frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

$$= 1,3 \left( \frac{400 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \left( \frac{75,5+0}{25} \right)} \right) 22 = 844,11 \text{ mm}$$

Maka dipasang sambungan lewatan sepanjang 850 mm

## Desain Hubungan Balok Kolom

### Dimensi Join

SNI 2843:2013 pasal 21.7.4.1

- Luas efektif hubungan balok-kolom, dinyatakan dalam  $A_j$ , adalah:  
 $A_j = 600 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 480.000 \text{ mm}^2$
- Panjang join yang diukur paralel terhadap tulangan lentur balok yang menyebabkan geser di join sedikitnya 20 kali  $d_b$  longitudinal terbesar  
 Panjang join =  $20 \times 22 \text{ mm} = 440 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$  (OK)

### Penulangan Transversal untuk *Confinement*

- Harus ada tulangan sengkang/ *confinement* dalam join

- Untuk join interior, jumlah tulangan sengkang yang dibutuhkan setidaknya setengah tulangan sengkang yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom atau  $0,5 \text{ Ash/ s}$   
 $0,5 \text{ Ash/ s} = 0,5 \times 5,69 \text{ mm}^2/\text{mm} = 2,84 \text{ mm}^2/\text{mm}$
- Spasi sengkang diizinkan diperbesar hingga 150 mm. Jarak bersih antar tulangan tekan dan tarik balok adalah :  
 $700 - (2 \times 50) - (2 \times 13) - (2 \times 19) - 19 - 25 = 592 \text{ mm}$
- $\text{Ash} = 150 \text{ mm} \times 2,84 \text{ mm}^2/\text{mm} = 426,21 \text{ mm}^2$

Di coba menggunakan hoop sengkang 4 kaki D 13,  $A_s = 530$

$\text{mm}^2 > 426,21 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$

### Perhitungan Geser Joint

Balok yang memasuki join memiliki *porable moment* ( $M_{pr}$ ) 715 kNm dan 413 kNm. Pada join, kekakuan kolom atas dan 149 kekakuan kolom bawah sama, sehingga  $DF = 0,5$  untuk setiap kolom, sehingga:

$$\begin{aligned} M_e &= 0,5 \times (715000000 + 413000000) \text{ Nmm} \\ &= 564000000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Geser pada kolom atas

$$\begin{aligned} V_{\text{sway}} &= (564000000 + 564000000) / 5300 \\ &= 106415,09 \text{ N} \end{aligned}$$

Dibagian lapis atas balok, baja tulangan yang dipakai adalah 9 D19,  $A_s = 2552 \text{ mm}^2$

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok

$$\begin{aligned} T' &= 1,25 A_s f_y \\ &= 1,25 \times 2552 \times 400 \\ &= 1243982,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok

$$C = T = 1243982,3 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_u = V_j &= V_{\text{sway}} - C-T \\
 &= 106415,09 - 1243982,3 - 1243982,3 \\
 &= 2381549,5 \text{ N (ke kiri)}
 \end{aligned}$$

Kuat geser nominal join yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \sqrt{f_c} A_j$$

$$\Phi V_n = 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{35} \times 56500$$

$$= 4242938,47 \text{ N} > V_u = 2381549,5 \text{ N (OK)}$$

Jadi perencanaan kuat geser pada join sudah memenuhi.

### 7.8 Perencanaan Sambungan

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut kemudian diteruskan ke pondasi. Desain sambungan juga dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu 150 sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering. Untuk sambungan basah dalam daerah join, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *overlapping*.

Didalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (*shear connection*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat *topping* agar pelat bersifat monolit.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Faktor kekuatan harus terpenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang

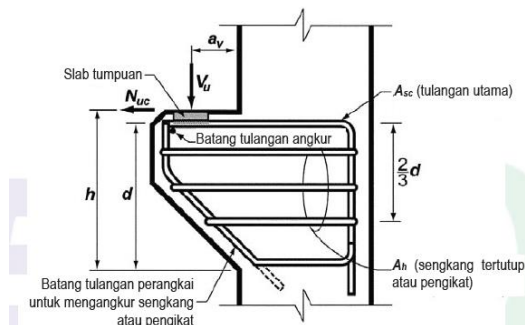
dihasilkan oleh beberapa beban. Adapun syarat yang harus dipenuhi dalam perencanaan sambungan SRPMK seperti pada SNI 2847:2013 pasal 21.8.

### 7.8.1 Sambungan Balok dan Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom digunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol yang berada pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11. Bentuk konsol pendek yang dipakai sebagai berikut :

#### 1. Data Perencanaan:

- $V_u$  = 249136 N (diambil dari nilai  $V_e$  akibat  $M_{pr}$  balok)
- Dimensi Balok Induk = 35/60 cm
- Dimensi Konsol:
  - $b_w$  = 600 mm
  - $h$  = 300 mm
  - Diameter lentur = 16 mm
  - Diameter geser = 13 mm
  - $d$  =  $300 - 15 - 16/2$   
= 277 mm
  - $f_c$  = 35 Mpa
  - $f_y$  = 400 Mpa
  - $a_v$  = 150 mm



Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.

- Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi  $a_v/d$  tidak boleh lebih besar dari satu.  
 $a_v/d = 150 / 277 = 0,5 < 1$  (OK)

- Nuc tidak lebih besar daripada  $V_u$ .  
 $Nuc \geq 0,2V_u$

$$Nuc = 0,2V_u = 0,2 \times 249136 = 4987,2 \text{ N}$$

Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melintasi sambungan dan harus disalurkan di luar baik sambungan kekuatan dan daerah sendi plastis.

## 2. Perencanaan Tulangan Geser Friksi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2.1 untuk beton normal  $V_n$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- $0,2 \times f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \times 350 \times 277 = 678650 \text{ N}$
- $(3,3 + 0,08f_c') \times b_w \times d = (3,3 + 0,08 \times 35) \times 350 \times 277 = 591395 \text{ N}$
- $11 \times b_w \times d = 11 \times 350 \times 277 = 1066450 \text{ N}$

Dari persyaratan tersebut didapatkan nilai yang lebih besar dari gaya geser ultimate  $V_n = V_u / \phi = 332181 \text{ N}$ .

Kebutuhan tulangan friksi :

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{332181}{400 \times 1.4} \\ &= 608,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\mu$  adalah koefisien friksi dengan kriteria beton yang dicor di tempat dengan nilai 1,4 (SNI 2847:2013 pasal 11.6.4.3)

## 3. Luas Tulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 \text{Mu} &= V_u \times a_v + N_{uc} \times (h-d) \\
 &= 249136 \times 150 + 49827,2 \times (300 - 277) \\
 &= 38516425,6 \text{ Nmm} \\
 \text{af} &= \frac{M_u}{\phi \times f_y \times 0,85d} \\
 &= \frac{38516425,6}{0,75 \times 400 \times 0,85 \times 277} \\
 &= 559,26 \text{ mm}^2 \\
 \text{An} &= \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} \\
 &= \frac{49827,2}{0,75 \times 400} \\
 &= 170,35 \text{ mm}^2 \\
 \text{As} &= \text{af} + \text{An} \\
 &= 559,26 + 170,35 \\
 &= 729,61 \text{ mm}^2 \\
 \text{As} &= \frac{2}{3} A_{vf} + \text{An} \\
 &= \frac{2}{3} 608,39 + 170,39 \\
 &= 575,94 \text{ mm}^2 \\
 \text{As min} &= \frac{0,04 \times f_c \times b_w \times d}{f_y} \\
 &= \frac{0,04 \times 35 \times 350 \times 277}{400} \\
 &= 348,02 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pakai} &= 729,61 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pasang} &= 4 \text{ D16} \\
 &= 804,25 \text{ mm}^2 > 729,61 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

#### 4. Luas Tulangan Senggang

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas senggang tertutup harus sesuai dengan :

$$\begin{aligned}
 \text{Ah} &= 0,5 \times (\text{As} - \text{An}) \\
 &= 0,5 \times (729,61 - 170,35) \\
 &= 279,65 \text{ mm}^2 \\
 \text{Ah Pasang} &= 3 \text{ D13} \\
 &= 398,19 \text{ mm}^2 > 279,65 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

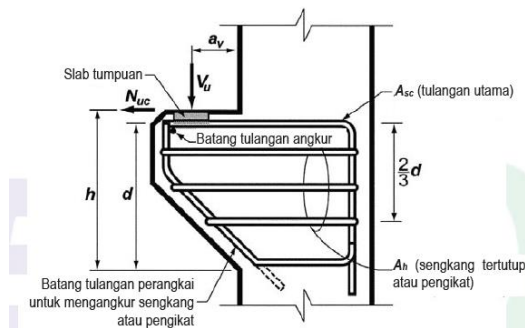
#### 7.8.2 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk

Pada perencanaan sambungan antara balok anak dan balok induk digunakan konsol pendek. Balok anak diletakkan pada

konsol yang berada pada balok induk kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk tersebut berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11. Bentuk konsol pendek yang dipakai sebagai berikut :

### 1. Data Perencanaan:

- $V_u$  = 90585 N (diambil dari nilai  $V_u$  pada saat kondisi setelah komposit)
- Dimensi Balok Anak = 30/54 cm
- Dimensi Konsol:
  - $b_w$  = 250 mm
  - $h$  = 200 mm
  - Diameter lentur = 13 mm
  - Diameter geser = 10 mm
  - $d$  =  $200 - 15 - 13/2$   
= 178,5 mm
  - $f_c$  = 35 Mpa
  - $f_y$  = 390 Mpa
  - $a_v$  = 125 mm



Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.

- Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi  $a_v/d$  tidak boleh lebih besar dari satu.  
 $a_v/d = 125 / 178,5 = 0,7 < 1$  (OK)
- $N_{uc}$  tidak lebih besar daripada  $V_u$ .  
 $N_{uc} \geq 0,2V_u$



$$N_{uc} = 0,2V_u = 0,2 \times 90585 = 18117 \text{ N}$$

Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melintasi sambungan dan harus disalurkan di luar baik sambungan kekuatan dan daerah sendi plastis.

## 2. Perencanaan renTulangan Geser Friksi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2.1 untuk beton normal  $V_n$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- $0,2 \times f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \times 250 \times 178,5 = 312375 \text{ N}$
- $(3,3 + 0,08f_c') \times b_w \times d = (3,3 + 0,08 \times 35) \times 250 \times 178,5 = 272212,5 \text{ N}$
- $11 \times b_w \times d = 11 \times 250 \times 178,5 = 490875 \text{ N}$

Dari persyaratan tersebut didapatkan nilai yang lebih besar dari gaya geser ultimate  $V_n = V_u / \phi = 120780 \text{ N}$ .

Kebutuhan tulangan friksi :

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{120780}{390 \times 1,4} \\ &= 221,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\mu$  adalah koefisien friksi dengan kriteria beton yang dicor di tempat dengan nilai 1,4 (SNI 2847:2013 pasal 11.6.4.3)

## 3. Luas Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a_v + N_{uc} \times (h-d) \\ &= 90585 \times 125 + 18117 \times (200 - 178,5) \\ &= 11712640,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_f &= \frac{M_u}{\phi \times f_y \times 0,85d} \\ &= \frac{11712640,5}{0,75 \times 390 \times 0,85 \times 178,5} \\ &= 263,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{18117}{0,75 \times 390} \\
 &= 61,94 \text{ mm}^2 \\
 \text{As} &= a_f + A_n \\
 &= 263,91 + 61,94 \\
 &= 325,85 \text{ mm}^2 \\
 \text{As} &= \frac{2}{3} A_{vf} + A_n \\
 &= \frac{2}{3} 221,21 + 61,94 \\
 &= 209,41 \text{ mm}^2 \\
 \text{As min} &= \frac{0,04 \times f_c \times b_w \times d}{f_y} \\
 &= \frac{0,04 \times 35 \times 250 \times 178,5}{390} \\
 &= 160,19 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pakai} &= 325,85 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pasang} &= 3 \text{ D13} \\
 &= 398,19 \text{ mm}^2 > 325,85 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

#### 4. Luas Tulangan Sengkang

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas sengkang tertutup harus sesuai dengan :

$$\begin{aligned}
 A_h &= 0,5 \times (A_s - A_n) \\
 &= 0,5 \times (325,85 - 61,94) \\
 &= 131,95 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_h \text{ Pasang} &= 2 \text{ D13} \\
 &= 157,07 \text{ mm}^2 > 131,95 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Horizontal  $A_t$

$$\begin{aligned}
 A_t &= A_{vf} + A_n \\
 &= \frac{V_u}{\phi f_y \mu_e} + \frac{N_u}{\phi f_y} = \frac{90585}{0,75 \times 400 \times 3,4} + \frac{18117}{0,75 \times 400} \\
 &= 153,024 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai 2D10 dengan  $A_s = 157 \text{ mm}^2$

Perhitungan sengkang  $A_{sh}$

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{(A_{vf} + A_n) f_y}{\mu_e f_{ys}} \\
 &= \frac{157 \times 400}{3,4 \times 240} = 75,04 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

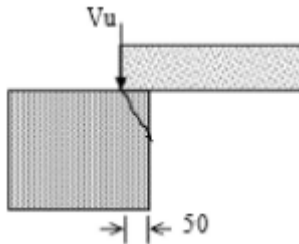
Dipakai 2D10 dengan  $A_s = 157 \text{ mm}^2$

### 7.8.3 Sambungan Pelat dan Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 4.6.2.2 (a) setiap komponen struktur dan sistem pendukungnya harus mempunyai dimensi penumpu minimal 50 mm untuk pelat dan 75 mm untuk balok. Berikut perhitungan dimensi penumpu pada balok :

Dimensi balok anak pracetak = 30 x 38 cm

Dimensi pelat pracetak = 100 x 295 x 8 cm



- Kondisi Pemasangan

Elemen pracetak dipasang pada umur 7 hari,

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_{ci} = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa} = 245 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{245} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

Beban yang diterima oleh pelat adalah berat sendiri pelat pracetak.

$$\text{Berat sendiri pelat pracetak} = 0,08 \times 1 \times 2,95 \times 2400 = 566,4 \text{ kg}$$

$$P = 1,2 \times 566,4 = 679,68 \text{ kg}$$

$$A = 50 \times 1000 = 50000 \text{ mm}^2 = 500 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{679,68}{500} = 1,35 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

## - Kondisi Pengecoran

Elemen pracetak dipasang pada umur 7 hari,

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_{ci} = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa} = 245 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{245} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

Beban yang diterima oleh pelat adalah berat sendiri pelat pracetak.

$$\text{Berat sendiri pelat pracetak} = 0,08 \times 1 \times 2,95 \times 2400 = 566,4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat overtopping} = 0,06 \times 1 \times 2,95 \times 2400 = 424,8 \text{ kg}$$

$$P = 1,2 \times (566,4 + 424,8) = 1189,44 \text{ kg}$$

$$A = 50 \times 1000 = 50000 \text{ mm}^2 = 500 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{1189,44}{500} = 2,37 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

## - Kondisi Komposit

$$f_c' = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

Beban yang diterima oleh pelat adalah berat sendiri pelat pracetak.

## • Beban mati (DL)

$$\text{Berat sendiri} = 0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafon + penggantung} = 6.5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik} = 5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting Plumbing} = \underline{19 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{DL} = 387 \text{ kg/m}^2$$

## • Beban Hidup

$$\text{Beban apartemen} \quad \text{LL} = 192 \text{ kg/m}^2$$

$$P = 1,2 \times (387 \times 1 \times 2,95) + 1,6 \times (192 \times 1 \times 2,95)$$

$$= 2276,22 \text{ kg}$$

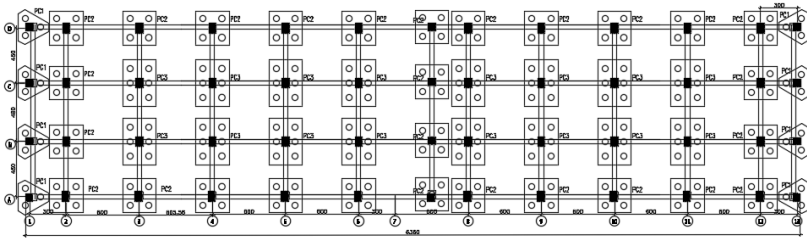
$$A = 50 \times 1000 = 50000 \text{ mm}^2 = 500 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{2276,22}{500} = 4,55 \text{ kg/cm}^2 < f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR PONDASI

Pada perhitungan struktur pondasi, dimensi dari poer dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan besarnya gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau, sehingga akan menghasilkan pondasi yang efisien. Untuk denah pondasi rencana adalah sebagai berikut:



**Gambar 8.1** Denah Rencana Pondasi

### 8.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

#### 1. Data Perencanaan

Apabila diketahui data-data sebagai berikut:

Untuk struktur bangunan ini digunakan pondasi dalam driven pile dari Wika Pile Classification sebagai berikut :

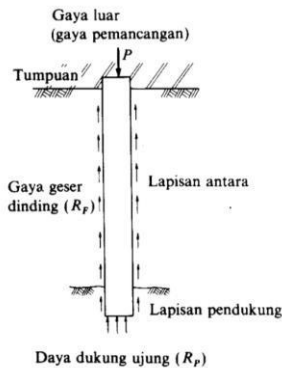
Diameter	=	500	mm
Wall tickness	=	90	mm
Kelas	=	B	
Cross section	=	1159	cm <sup>2</sup>
Unit weight	=	290	Kg/m
Bending moment crack	=	15	Ton-m
Bending moment ultimate	=	27	Ton-m
Allowable axial load	=	174,9	Ton

Daya dukung ijin tiang ditinjau berdasarkan kekuatan ijin tekan dan kekuatan ijin tarik. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi tanah dan kekuatan material tiang itu sendiri.

Perhitungan daya dukung ijin tekan tiang menggunakan data SPT sebagai berikut :

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_p + R_f)$$

- Disini,  $n$  : Faktor keamanan, SF = 3 dan SF = 2  
 $R_u$  : Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)  
 $R_p$  : Daya dukung terpusat tiang (ton)  
 $R_f$  : Gaya geser dinding tiang (ton)
- $n$  : Faktor keamanan, SF = 3 dan SF = 2
- $R_u$  : Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)
- $R_p$  : Daya dukung terpusat tiang (ton)
- $R_f$  : Gaya geser dinding tiang (ton)



**Gambar 8.2** Mekanisme Daya Dukung Tanah

Hasil daya dukung yang menentukan dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri dan daya dukung tiang pancang kelompok.



Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji SPT.

$$R_a = \frac{1}{n} R_u$$

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i$$

Keterangan :

$q_d$  = Daya dukung terpusat tiang (ton)

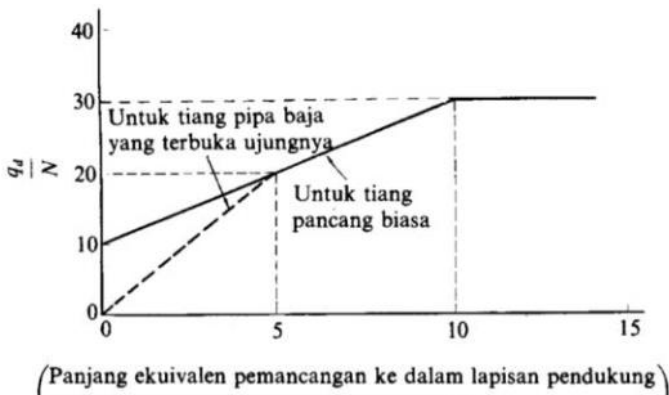
$A$  = Luas ujung tiang ( $m^2$ )

$U$  = Panjang keliling tiang (m)

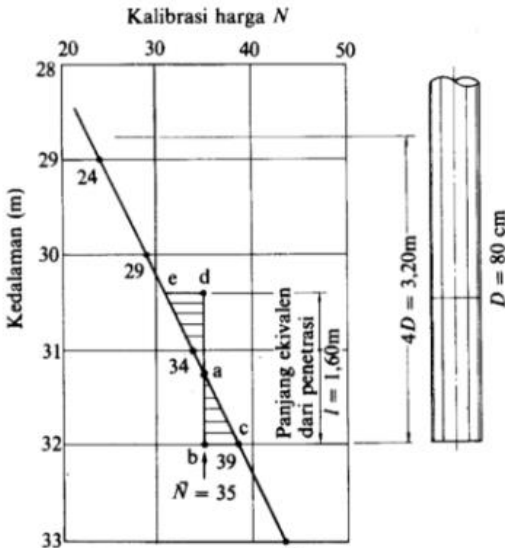
$l_i$  = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

$f_i$  = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang ( $ton/m^2$ )

Perkiraan satuan (*unit*) daya dukung terpusat  $q_d$  diperoleh dari hubungan antara  $L/D$  dan  $q_d/N$ .  $L$  adalah Panjang ekuivalen penetrasi pada lapisan pendukung dan di



**Gambar 8.3** Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang



Gambar 8.4 Contoh panjang ekuivalen penetrasi

Tabel 8.1 Intensitas gaya geser dinding tiang

(Satuan: t/m<sup>2</sup>)

Jenis tanah pondasi	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	$c$ atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

**Tabel 8.2** Perhitungan daya dukung tanah (1)

dr grafik										
ELEVASI	Nilai	fi	li	li*fi	N1	N2	N rata2	banj.ekivale	l/d	Qd/N
m	N SPT	(t/m2)	m	(t/m)				m		
1	2,0	2,0	1	2	2,0	0,0	1,0	1,0	2,0	10,0
2	0,0	0,0	1	0	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	10,0
3	0,0	0,0	1	0	0,0	0,7	0,8	0,0	0,0	10,0
4	0,0	0,0	1	0	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0	10,0
5	0,0	0,0	1	0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	10,0
6	0,0	0,0	1	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
7	0,0	0,0	1	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
8	0,0	0,0	1	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
9	1,0	1,0	1	1	1,0	0,3	0,1	0,7	1,4	12,5
10	1	1,0	1	1	1,0	0,5	0,4	0,6	1,2	11,2
11	3	3,0	1	3	3,0	1,3	0,9	0,6	1,2	11,2
12	3	3,0	1	3	3,0	2,0	1,6	2,4	4,8	18,0
13	4	4,0	1	4	4,0	2,8	2,4	1,5	3,0	13,5
14	10	10,0	1	10	10,0	5,0	3,9	1,0	2,0	13,0
15	15	12,0	1	12	15,0	8,0	6,5	1,2	2,4	13,4
16	14	12,0	1	12	14,0	10,8	9,4	1,5	3,0	13,5
17	13	12,0	1	12	13,0	13,0	11,9	0,5	1,0	11,0
18	15	12,0	1	12	15,0	14,3	13,6	0,4	0,8	10,8
19	16	12,0	1	12	16,0	14,5	14,4	0,8	1,6	11,6
20	16	12,0	1	12	16,0	15,0	14,8	2,0	4,0	16,0
21	17	12,0	1	12	17,0	16,0	15,5	2,0	4,0	16,0
22	17	12,0	1	12	17,0	16,5	16,3	2,4	4,8	18,0
23	17	12,0	1	12	17,0	16,8	16,6	1,2	2,4	13,4
24	24	12,0	1	12	24,0	18,8	17,8	1,0	2,0	13,0
25	31	12,0	1	12	31,0	22,3	20,5	1,0	2,0	13,0
26	32	12,0	1	12	32,0	26,0	24,1	1,0	2,0	13,0
27	33	12,0	1	12	33,0	30,0	28,0	1,0	2,0	13,0
29	26	12,0	1	12	26,0	30,5	30,3	1,0	2,0	13,0
30	20	12,0	1	12	20,0	27,8	29,1	1,0	2,0	13,0

**Tabel 8.3** Perhitungan Daya Dukung tanah (2)

ELEVASI	Qd	Qd*A	Σi*fi	U Σi0*fi	SF=3	SF=2	Qa	SF=3	SF=2	SF=3	SF=2	Qa pancang	Qa pancang
	m	ton/m2	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton
1	10,0	2,0	2,0	3,1	5,1	1,7	2,6	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
2	5,0	1,0	2,0	3,1	4,1	1,4	2,1	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
3	8,3	1,6	2,0	3,1	4,8	1,6	2,4	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
4	5,8	1,1	2,0	3,1	4,3	1,4	2,1	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
5	2,5	0,5	2,0	3,1	3,6	1,2	1,8	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
6	0,0	0,0	2,0	3,1	3,1	1,0	1,6	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
7	0,0	0,0	2,0	3,1	3,1	1,0	1,6	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
8	0,0	0,0	2,0	3,1	3,1	1,0	1,6	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
9	1,6	0,3	3,0	4,7	5,0	1,7	2,5	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
10	4,2	0,8	4,0	6,3	7,1	2,4	3,6	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
11	9,8	1,9	7,0	11,0	12,9	4,3	6,5	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
12	29,3	5,7	10,0	15,7	21,5	7,2	10,7	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
13	32,1	6,3	14,0	22,0	28,3	9,4	14,1	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
14	50,4	9,9	24,0	37,7	47,6	15,9	23,8	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
15	87,1	17,1	36,0	56,5	73,7	24,6	36,8	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
16	126,6	24,9	48,0	75,4	100,2	33,4	50,1	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
17	130,6	25,6	60,0	94,2	119,9	40,0	59,9	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
18	147,2	28,9	72,0	113,1	142,0	47,3	71,0	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
19	166,8	32,7	84,0	131,9	164,7	54,9	82,3	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
20	236,0	46,3	96,0	150,8	197,1	65,7	98,6	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
21	248,0	48,7	108,0	169,6	218,3	72,8	109,2	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
22	292,5	57,4	120,0	188,5	245,9	82,0	123,0	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
23	222,8	43,7	132,0	207,3	251,1	83,7	125,5	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
24	230,8	45,3	144,0	226,2	271,5	90,5	135,8	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
25	266,5	52,3	156,0	245,0	297,4	99,1	148,7	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
26	313,6	61,6	168,0	263,9	325,5	108,5	162,7	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
27	364,0	71,5	180,0	282,7	354,2	118,1	177,1	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
29	393,3	77,2	192,0	301,6	378,8	126,3	189,4	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
30	378,6	74,3	204,0	320,4	394,8	131,6	197,4	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Sedangkan, berdasarkan laporan Testana, SF yang dipakai = 2,5

**Tabel 8.4** Daya dukung tanah menurut Testana

Borehole ID	Diameter [cm]	Depth [m]	Qtip [ton]	Qshaft [ton]	Qtotal = Qtip + Qshaft [ton]	Qall-tension [ton]	Qall-compression [ton]
DB-1	φ 40	34	52.5	193.4	246	54	98
	φ 50	34	82.1	241.7	324	68	130
	φ 60	34	118.2	290.0	408	81	163
	□ 40x40	34	66.9	246.2	313	69	125
	□ 45x45	34	84.7	277.0	362	78	145
	□ 50x50	34	104.5	307.8	412	86	165
DB-2	φ 40	24	86.0	118.2	204	33	82
	φ 50	24	134.4	147.8	282	41	113
	φ 60	24	193.5	177.3	371	50	148
	□ 40x40	24	109.5	150.5	260	42	104
	□ 45x45	24	138.6	169.3	308	47	123
	□ 50x50	24	171.1	188.2	359	53	144

Dalam perencanaan ini, pada beban kombinasi akibat

- beban layan, SF = 3 P.ijin tkn = 94,2 Ton.

- beban layan perhitungan sendiri SF = 3 P.ijin tkn = 90,5 Ton
- beban gempa, SF = 2 P.ijin tkn = 141 Ton.
- beban layan perhitungan sendiri SF = 2 P.ijin tkn = 135.8 Ton

Didapatkan daya dukung untuk tiang pancang dengan kedalaman 24 m

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

$$\begin{aligned}
 &1D \\
 &1D + 1L \\
 &1D + 0,75L \\
 &1D + 0,7E \\
 &1D + 0,75L + 0,75(0,7E) \\
 &0,6D + 0,75L
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan SAP2000 didapatkan beban pada titik pondasi yang ditinjau :

Kombinasi beban Layan 1D + 1L, Joint 183

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya Aksial} &= 323,59 \text{ T} \\
 \text{Momen Arah X} &= 0,11 \text{ Tm} \\
 \text{Momen Arah Y} &= 1,88 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

Kombinasi beban Layan 1D + 0.75L + 0.525 EY + 0.1575 EX, Joint 183

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya Aksial} &= 369,19 \text{ T} \\
 \text{Momen Arah X} &= 3,89 \text{ Tm} \\
 \text{Momen Arah Y} &= 21,95 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

## 8.2 Perhitungan Pondasi

Digunakan 5 tiang pancang dengan konfigurasi sebagai berikut:  
Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$\begin{aligned}
 S &\geq 2,5 \text{ D} \\
 S &\geq 2,5 \text{ 500 mm}
 \end{aligned}$$

Lebar pile cap	=	2750	mm
Panjang pile cap	=	2750	mm
Tebal pile cap	=	600	mm
Jarak antar tiang	=	1350	mm
Jarak tepi	=	700	mm
Dimensi kolom :			
	c1	=	600 mm
	c2	=	600 mm
Mutu Beton	fc'	=	35 MPa
Y <sub>beton</sub>		=	2,4 T/m <sup>3</sup>
Jumlah pile		=	5 buah

$$S \geq 1350 \text{ mm}$$

Maka dipakai S = 1350 mm

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S \geq 1,5 D$$

$$S \geq 1,5 \cdot 500 = 750 \text{ mm}$$

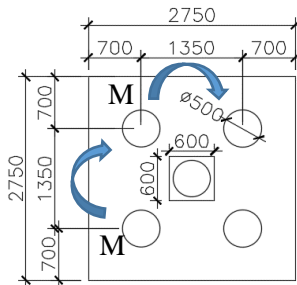
$$S \geq 500 \text{ mm}$$

Maka dipakai S' = 700 mm

Pile cap ditanam di tanah sampai kedalaman : 1,5 m

Gaya pada satu buah pile :

$$P_{pile}^+ = \frac{P}{n} + \frac{W_{poer}}{n} \pm \frac{My}{\Sigma x^2} \pm \frac{Mx}{\Sigma y^2}$$



**Gambar 8.5** Gaya pada tiang pancang

Tiang	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
1	-0,65	0,65	0,4225	0,4225
2	0,65	0,65	0,4225	0,4225
3	-0,65	-0,65	0,4225	0,4225
4	0,65	-0,65	0,4225	0,4225
5	0	0	0	0
		$\Sigma$	1,69	1,69

Contoh Perhitungan Pada P1 akibat beban 1D + 1L

$$P_{pile} = \frac{P}{n} + \frac{W_{poer}}{n} \pm \frac{My}{\Sigma x^2} \pm \frac{Mx}{\Sigma y^2}$$

$$P_{pile} = \frac{323,59 T + 10,89 T}{5} - \frac{1,88Tm \cdot 0,65m}{1,69m^2} + \frac{0,11Tm \cdot 0,65m}{1,69m^2}$$

$$P_{pile} = 66,22 T$$

**Tabel 8.5** Rekap gaya yang terjadi pada tiang pancang

	P1	P2	P3	P4	P5
1D + 1L	66,22	67,66	66,13	67,57	64,72
1D + 0.75L + 0.525 EY + 0.1575 EX	69,07	85,95	66,08	69,07	76,02

Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Kelompok

Efisiensi kelompok menggunakan persamaan Converse Labbare:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$

$$\eta = 1 - 20,3 \left( \frac{1,5 \cdot 2,5 + 1,5 \cdot 2,5}{90 \cdot 2,5 \cdot 2,5} \right) = 0,7$$

Qijin beban layan nongempa

$$Q_{ijin.kel} = \eta \cdot Q_{ijin}$$

$$= 5 \cdot 0,7 \cdot 94,1667 = 329,58 T > 323,59 T$$

Qijin beban layan gempa

$$Q_{ijin.kel} = \eta \cdot Q_{ijin}$$

$$= 5 \cdot 0,7 \cdot 141,25 = 494,375 T > 323,59 T$$

Kontrol Gaya Geser pada Pile Cap

Gaya yang diperhitungkan dalam kontrol kekuatan geser pile cap adalah gaya terfaktor hasil perhitungan

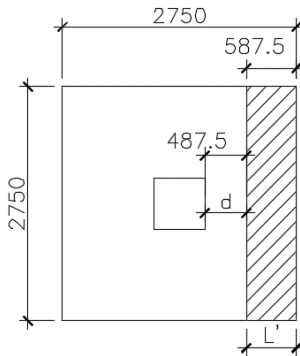
Kontrol Geser Satu Arah

Digunakan diameter tulangan untuk pile cap D22mm

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 492 \text{ mm}$$

Area kritis berada sejarak  $d/2$  dari muka kolom, seperti terlihat pada gambar. Gaya geser pons pada daerah arsiran :



**Gambar 8.6** Geser satu arah pada pilecap



$$P_u = 369,2 \text{ T}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= \frac{P_u}{b \quad h} \\ &= \frac{369,2}{2,75 \quad 2,75} = 48,8 \text{ T/mm}^2 \\ &= 0,49 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,  $V_u$

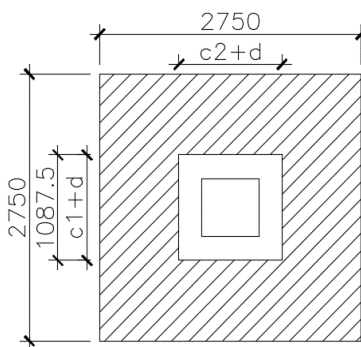
$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \quad b \quad L' \\ &= 0,49 \quad 2750 \quad 587,5 \\ &= 788724,73 \text{ N} \\ &= 788,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kapasitas geser beton :

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,17 \quad \sqrt{f_c} \quad b_o \quad d \\ &= 0,17 \quad 5,92 \quad 2750 \quad 492 \\ &= 1360757,5 \text{ N} \\ &= 1361 \text{ kN} \quad \text{[MEMENUHI]} \end{aligned}$$

Kontrol Geser Dua Arah

Penampang kritis untuk geser dua arah adalah seperti tergambar berikut :



**Gambar 8.7** Geser dua arah pada pilecap

Daerah kritis berada pada jarak  $d/2$  dari muka kolom.

$$d/2 = 246 \text{ mm}$$

Sehingga dimensi area kritis :

$$\begin{aligned} a_1 &= c_1 + d \\ &= 600 + 492 \text{ mm} \\ &= 1092 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 &= c_2 + d \\ &= 600 + 492 \text{ mm} \\ &= 1092 \text{ mm} \end{aligned}$$

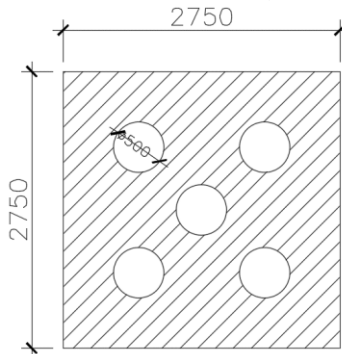
$$\begin{aligned} U &= 2 (a_1 + b_1) \\ &= 2 (1092 + 1092) \\ &= 4368 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_t = b \times h - a_1 \times b_1$$

$$A_t = 2750 \text{ mm} \times 2750 \text{ mm} - 1092 \text{ mm} \times 1092 \text{ mm}$$

$$A_t = 6.370.036 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \times A_t \\ &= 0,49 \text{ N/mm}^2 \times 6.370.036 \text{ mm}^2 \\ &= 3.109.759 \text{ N} = 3.109,759 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 8.8** Geser dua arah akibat tiang

$$A_{\text{tiang}} = 196.349,54 \text{ mm}^2$$

$$P_u = 271,32 \text{ T}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \times h}$$

$$Q_u = \frac{271,32 \text{ T}}{2,75 \text{ m} \times 2,75 \text{ m}} = 35,9 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} = 0,359 \text{ N/mm}^2$$

$$A_t = b \times h - n \times A_{\text{tiang}}$$

$$A_t = 2750 \text{ mm} \times 2750 \text{ mm} - 5 \times 196.349,54 \text{ mm}^2$$

$$A_t = 2750 \text{ mm} \times 2750 \text{ mm} - 5 \times 196.349,54 \text{ mm}^2$$

$$A_t = 6.580.752 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \times A_t \\ &= 0,36 \text{ N/mm}^2 \times 6.580.752 \text{ mm}^2 \\ &= 2.360.956 \text{ N} = 2.360,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka untuk nilai  $V_u$  yang dipakai adalah yang terbesar diantara  $V_u$  akibat kolom dan  $V_u$  akibat tiang pancang

$$V_u = 2.360,96 \text{ kN}$$

Kapasitas geser pile cap untuk dua arah geser :

- $V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f'c'} \cdot U \cdot d$
- $V_{c2} = 0,08 \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{U} + 2\right) \sqrt{f'c'} \cdot U \cdot d$   
 $\alpha_s = 40$  (untuk kolom tengah)  
 $\alpha_s = 30$  (untuk kolom tepi)  
 $\alpha_s = 20$  (untuk kolom sudut)
- $V_{c3} = 0,33 \sqrt{f'c'} \cdot U \cdot d$

Maka disederhanakan menjadi :

- $V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) = 0,51$
- $V_{c2} = 0,08 \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{U} + 2\right) = 0,353$
- $V_{c3} = 0,33 = 0,33$  (Menentukan)

Maka :

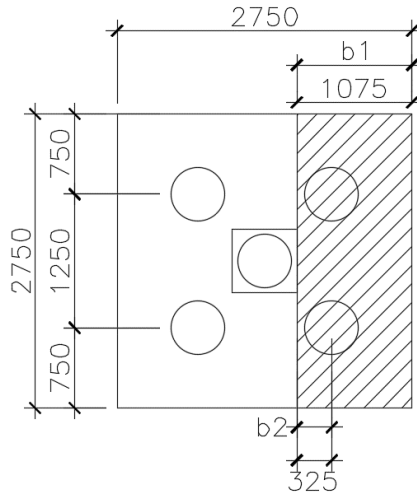
$$\phi V_c = 0,75 \cdot 0,33 \sqrt{f'c'} \cdot U \cdot d$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 0,33 \cdot 5,92 \cdot 4.368 \cdot 492$$

$$\phi V_c = 3.146.711,7\text{N} = 3.146,712 \text{ kN} > V_u = 2.360,96 \text{ kN}$$

Penulangan pada Pile Cap

Penampang lentur kritis berada pada muka kolom :



**Gambar 8.9** Penampang kritis di muka kolom

Data perencanaan penulangan :

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{decking} = 75 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tulangan}} = 22 \text{ mm}$$

$$d = 514 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,8$$

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = 1,075 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 0,325 \text{ m}$$

$$Q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 2,75 \text{ m} \times 1,075 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 &= 4257 \text{ kg} \\
 &\text{Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang} \\
 P_u &= \text{pancang} \\
 &= 62,3 \text{ Ton} = 62275 \text{ kg} \\
 M_u &= M_p - M_q \\
 &= P \times b_2 - 0,5 Q_u \times b_1^2 \\
 &= 62275 \text{ kg} \times 0,33 \text{ m} - 0,5 \times 4257 \text{ kg} \times 1,16 \text{ m}^2 \\
 &= 17.779,69 \text{ kgm} \\
 &= 177.796.915 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2}$$

$$R_n = \frac{177.796.915 \text{ Nmm}}{0,8 \times 1000 \text{ mm} \times (514 \text{ mm})^2} = 0,181 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 35 \text{ MPa}} = 13,4$$

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

$$\rho \text{ perlu} = 0,0021$$

Kontrol terhadap  $\rho_{\min}$  dan  $\rho_{\max}$ :

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

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

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \times \left( \frac{600}{600 \times 400} \right)$$

$$= 0,037$$

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

$$= 0,75 \times 0,037$$

216

$$= 0.0277$$

$\rho$  perlu  $< \rho$  min

Maka dipakai,  $\rho = 0,0035$

Tulangan berada pada layer bawah pile cap.

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 514 \\ &= 1799 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang : D 22 200  $A_{S_{pakai}}$  1901 mm<sup>2</sup> [MEMENUHI]

Untuk keperluan praktis pada layer atas dipasang tulangan sejumlah separuh dari layer bawah.

$$A_s \text{ perlu} = \frac{1901}{2} = 950 \text{ mm}^2$$

Dipasang : D 22 300  $A_{S_{pakai}}$  1267 mm<sup>2</sup> [MEMENUHI]

Perhitungan Transfer Beban Kolom Ke Pondasi

$$A_1, \text{ Luas kolom} = 600\text{mm} \times 600\text{mm} = 360000 \text{ mm}^2$$

$$A_2, \text{ Pondasi} = 2750\text{mm} \times 2750\text{mm} = 7562500 \text{ mm}^2$$

Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 271,32 \text{ T}$$

$$= 2713,18 \text{ kN}$$

$$N1 = \phi \cdot 0,85 f_c' \cdot A_1$$

$$= 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \cdot 360000$$

$$= 6961500 \text{ N} = 6961,5 \text{ kN} > P_u$$

Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A_1}{A_2}} = \sqrt{\frac{7562500 \text{ mm}^2}{360000 \text{ mm}^2}} = 4,58$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1

$\sqrt{\frac{A_1}{A_2}}$  tidak perlu diambil lebih dari 2

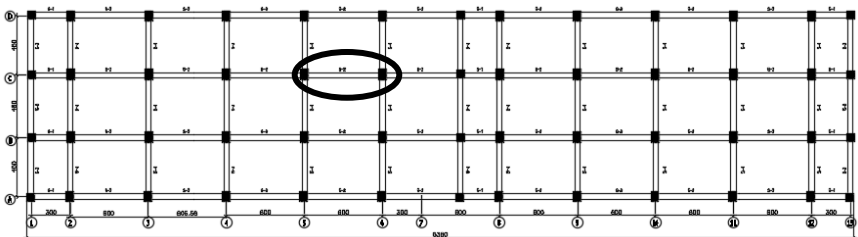
$$N_2 = 2 N_1$$

$$= 2 \cdot 6961,5 \text{ kN} = 13923 \text{ kN} > P_u$$

Tidak diperlukan tulangan stek tambahan

### 8.3 Perhitungan Sloof

P kolom	:	
L sloof	:	6000 m
Mutu beton ( $f'c$ )	:	35 MPa
Mutu baja ( $f_y$ )	:	400 MPa
Decking	:	50 mm
Diameter Tulangan Utama	:	22 mm
Diameter Sengkang	:	13 mm
Dimensi Sloof	:	400 mm x 700 mm
d	:	676 mm



**Gambar 8.10** Denah Sloof Rencana

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangannya pada kolom. Adapun beban sloof adalah:

$$\begin{aligned} \text{Berat aksial } N_u &= 10\% \times 611 \text{ ton} \\ &= 61,1 \text{ ton} = 611 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mu output dari SAP 2000 = 209,7024 kN.m

## Perhitungan Balok Sloof S1

Pada perhitungan penulangan balok sloof yang dihitung secara manual adalah sloof yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14.

## 1. Penulangan Lentur Balok Sloof

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{35115,8}{0,9} = 39017,57 \text{ kg.m} = 390175667 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{390175667}{550 \cdot 636^2} = 1,76$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{410}{0,85 \cdot 30} = 16,1$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,003$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_{c'} \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,84}{410} \cdot \left( \frac{600}{600 + 410} \right)$$

$$\rho_b = 0,03$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,02$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{16,1} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,1 \cdot 1,76}{410}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,004$$

Cek

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,003 < 0,004 < 0,02$$

Maka dipakai  $\rho = 0,004$

$$A_{S_{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,004 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 636 \text{ mm} = 1.017,6 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 4 D 22  $\rightarrow$  As pakai = 1520,5 mm<sup>2</sup>



Kontrol :

- Cek jarak antar tulangan:

$$s = \frac{b-2t-2.senggang-n \cdot D \text{ lentur}}{(n-1)}$$

$$s = \frac{400-2 \cdot 50-2 \cdot 13-5 \cdot 22}{(4-1)}$$

$$s = 54 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ (aktual)} = 1520 \text{ mm}^2$$

$$d \text{ (aktual)} = 636 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1963 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 550} = 57,4 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot A_s \cdot f_c' \cdot (d-a/2)$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 1963 \cdot 35 (636 - 57,4/2)$$

$$\phi M_n = 439644735 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 439,64 \text{ kN.m} > M_u = 351 \text{ kN.m (OK)}$$

Perhitungan berdasar beban aksial terfaktor dan momen terfaktor yang bekerja pada sloof (nilai maksimum dari 2 kolom di ujung sloof) :

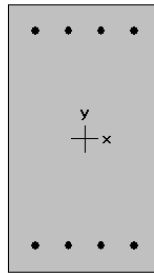
$$P_u = 435064,96 \text{ kg}$$

P yang diterima sloof sebesar 10%

$$P = 0,1 \cdot 435064,96 \text{ kg}$$

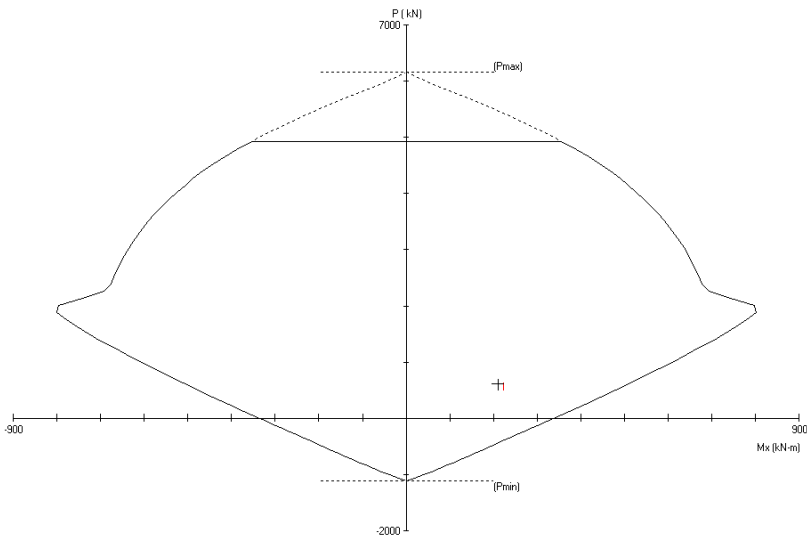
$$= 43506,5 \text{ kg}$$

Perhitungan tulangan lentur dilakukan dengan bantuan pcaCol dengan tulangan terpasang 8 D 22 ( $A_s = 3041 \text{ mm}^2$ )



400 x 700 mm  
1.11% reinf.

**Gambar 8.11** Konfigurasi Penulangan Balok Sloof pada program pcaColumn



**Gambar 8.12** Diagram Interaksi P-M pada Program pcaColumn

Diagram interaksi dari pcaCOL menunjukkan bahwa tulangan 8 D 22 mampu menahan gaya aksial dan momen pada balok sloof.

Tulangan Geser

$$a = \frac{A_s}{0,85} \frac{1,25 F_y}{f_c} \frac{1}{b} = \frac{3041}{0,85} \frac{1,25}{35} \frac{400}{400} = 128$$

$$\begin{aligned} M_{pr} &= A_s \cdot 1,3 \cdot f_y \cdot d - \frac{a}{2} \\ &= 3041 \cdot 1,3 \cdot 400 \left( 626 - \frac{128}{2} \right) = 8,55E+08 \text{ Nmm} \\ &= 854,7089 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{M_{pr}}{h_n} = \frac{M_{pr}}{h_n} = \frac{855 \text{ kNm}}{5,4 \text{ m}} \\ &= 158 \text{ KN} \end{aligned}$$

Sehingga  $V_c$  dapat diambil = 0, Maka:

$$V_u = \phi V_s + \phi V_c$$

$$V_u = \phi V_s$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{158,28}{0,75}$$

$$= 211,04 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_s &< 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d \\ 211,04 \text{ kN} &< 0,66 \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 626 \\ 211,04 \text{ kN} &< 978 \text{ kN} \end{aligned}$$

OK, Penampang mencukupi

Dipakai sengkang tertutup D13, (2 kaki), maka jarak antar sengkang  $s$ , adalah

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{211,04} \\ &= \frac{265 \cdot 400 \cdot 626}{211039,22} = 314,9762 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak maksimum sengkang tertutup sepanjang  $2h$

$2h = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$ , tidak boleh lebih kecil dari:

$$\frac{d}{4} = \frac{626}{4} \quad \text{atau} \quad 6db = 6 \times 22$$

$$= \underline{157 \text{ mm}} \quad = \underline{132 \text{ mm}}$$

Atau 150 mm

Jadi dapat dipasang sengkang tertutup 2D13 – 120 mm

- Penyaluran Tulangan Kondisi Tarik

$$1) \quad 0,24 \quad \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} \quad db$$

$$0,24 \quad \frac{400}{\sqrt{35}} \quad 22 = 357 \text{ mm}$$

$$2) \quad 8 \quad db$$

$$8 \quad 22 = 176 \text{ mm}$$

$$3) \quad 150 \quad mm = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan ldh tulangan tekan} = 357 \text{ mm}$$

$$\text{Kait } 90^\circ \text{ sepanjang } 12 \quad db = 264 \text{ mm}$$

- Penyaluran Tulangan Torsi

$$1) \quad 0,24 \quad \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} \quad db$$

$$0,24 \quad \frac{400}{\sqrt{35}} \quad 13 = 211 \text{ mm}$$

$$2) \quad 0,043 \quad f_y \quad db$$

$$0,043 \quad 400 \quad 13 = 224 \text{ mm}$$

$$\text{Digunakan ldh tulangan tekan} = 224 \text{ mm}$$

$$\text{Kait } 90^\circ \text{ sepanjang } 12 \quad db = 156 \text{ mm}$$

a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik:

Mencari nilai ld (SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2):

Diketahui nilai :

$$db = 22 \text{ mm}; \Psi_s = 1,0; \Psi_t = 1,0; \lambda = 1,0; \Psi_e = 1,0$$

$$ld = \left( \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db$$

$$ld = \left( \frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 22$$

$$ld = 875 \text{ mm}$$

Diambil nilai  $ld = 875 \text{ mm}$

“Halaman ini sengaja dikosongkan ”

## BAB IX METODE PELAKSANAAN

### 9.1 Aspek K3

#### 9.1.1 Rambu-rambu K-3

Rambu-rambu K-3 merupakan bagian penting dalam penerapan K-3 di lingkungan proyek konstruksi dan harus dipasang pada tempat-tempat yang strategis, dalam arti mudah terlihat dan sesuai dengan situasi kerja. Rambu-rambu yang diperlukan pada pekerjaan gedung adalah sebagai berikut :

- Wajib menggunakan topi pengaman (*helmet*), rompi dan sepatu safety pada daerah sekitar proyek.



**Gambar 9.1** Rambu untuk menggunakan alat pelindung diri

- Dilarang merokok atau menyalakan api pada daerah yang berdekatan dengan tempat penyimpanan bahan-bahan yang mudah terbakar seperti bensin, bahan kimia dan sejenisnya.



**Gambar 9.2** Rambu dilarang merokok



**Gambar 9.3** Rambu menggunakan body harness

- Rambu-rambu lainnya sesuai dengan karakteristik bidang pekerjaannya

### 9.1.2 APD yang digunakan

Dalam pekerjaan konstruksi, menggunakan APD (alat pelindung diri) merupakan suatu hal yang wajib agar menjaga keselamatan dan kesehatan pekerja. Beberapa jenis APD yang wajib dipakai untuk pekerjaan balok dan pelat pracetak, antara lain

#### 1. Safety Helmet

Safety helmet berperan sebagai pelindung kepala dari benda yang membahayakan kepala.



**Gambar 9.4** Helm Safety

#### 2. Safety Belt / Full Body Harness



**Gambar 9.5** Full body harness



Safety belt berperan sebagai pelindung diri saat pekerja bekerja/ada diatas ketinggian.

3. Safety Shoes

Safety shoes berperan untuk menghindar kecelakaan fatal yang menerpa kaki karena benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia dsb.



Gambar 9.6 Sepatu Safety

4. Safety vest

Pengertian dari *safety vest* atau rompi keselamatan adalah rompi yang di beberapa sisinya dirancang khusus dengan dilengkapi dengan reflektor atau pemantul cahaya. Hal ini agar mudah menentukan posisi keberadaan pekerja.

5. Sarung Tangan

Berperan sebagai alat pelindung tangan ketika bekerja ditempat atau kondisi yang bisa menyebabkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan di cocokkan dengan manfaat semasing pekerjaan.



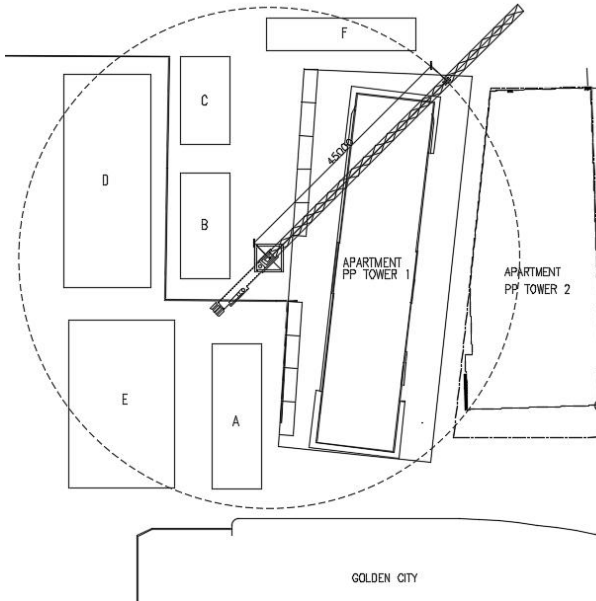
Gambar 9.7 Sarung Tangan

6. Masker (Respirator)  
Berperan sebagai penyaring hawa yang dihirup saat bekerja ditempat dengan kualitas hawa jelek (contoh berdebu, beracun, dll).



**Gambar 9.8** Masker (Respirator)

## 9.2 Siteplan Konstruksi



**Gambar 9.9** Rencana siteplan konstruksi

## Keterangan

. Kode	Keterangan	Fungsi
A	Gudang	Sebagai penyimpanan material dan dan peralatan konstruksi
B	Direksi Keet	Dengan adanya direksi kit memudahkan pengawasan dan koordinasi untuk kontraktor dan pengawas dalam kegiatan proyek. Di dalam direksi kit biasanya terdapat ruang-ruang seperti ruang rapat, ruang staff dan lain-lain.
C	Fasilitas umum	Toilet, musholla, kantin
D	<i>Stockyard</i>	Tempat penumpukan dan penyimpanan sementara elemen struktur pracetak maupun non pracetak sebelum dipasang.
E	Area Fabrikasi	Tempat produksi meliputi bekisting, penulangan, dan beton halfslab maupun halfbeam.
F	Bedeng Pekerja	Tempat istirahat pekerja

### 9.3 Metode Pelaksanaan

#### 9.3.1 Fabrikasi Elemen Pracetak

Jenis pelat pracetak yang digunakan adalah *half slab*. *Half slab* merupakan pelat pracetak yang dicor kurang lebih separuh dari tebal pelat sebenarnya. Setelah *half slab* dipasang pada posisinya yaitu menumpu pada balok induk dan atau balok anak, berikutnya akan dicor kembali separuhnya yang disebut dengan *overtopping*. Pekerjaan saat pengangkatan dan sebelum komposit dilakukan pada kondisi setebal pelat pracetak saja, sedangkan kondisi setelah komposit dianalisa sebagai struktur komposit karena tambahan *overtopping* di atasnya.



**Gambar 9.10** Fabrikasi pelat pracetak  
(Sumber : Video pelaksanaan pembangunan Rusunawa Rempoa)



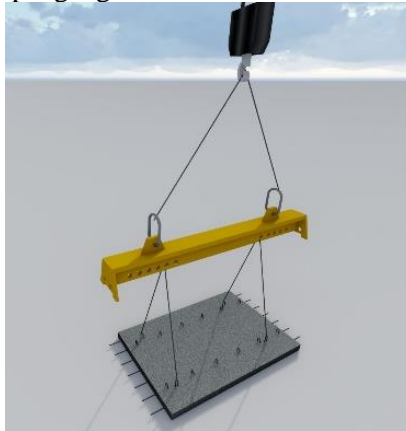
**Gambar 9.11** Fabrikasi balok pracetak

(Sumber : Video pelaksanaan pembangunan Rusunawa Rempoa)

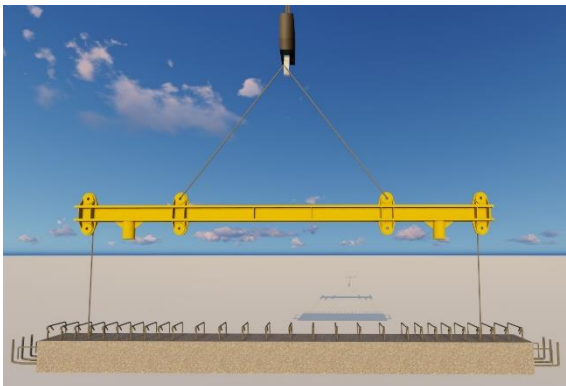
### 9.3.2 Pengangkatan Elemen Pracetak

- Kapasitas Tower Crane  
Elemen dengan berat terbesar adalah balok induk 35/46 dengan bentang 5,4 m memiliki berat = 2,08 Ton. Area minimum yang harus dijangkau oleh tower crane adalah 50m.  
Digunakan Tower Crane Hammerhead dengan jangkauan maksimum 60m dapat memikul 8,4 Ton pada ujung

- Metode pengangkatan

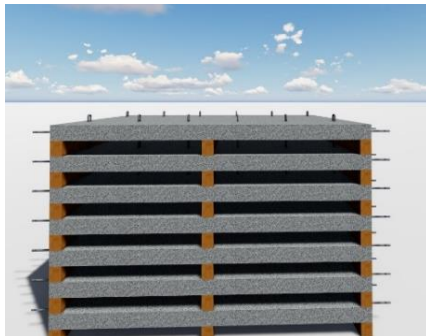


**Gambar 9.12** Metode pengangkatan pelat



**Gambar 9.13** Metode Pengangkatan Balok Pracetak

### 9.3.3 Penumpukan Elemen Pracetak



**Gambar 9.14** Penumpukan elemen pracetak

### 9.3.4 Pemasangan Elemen Pracetak



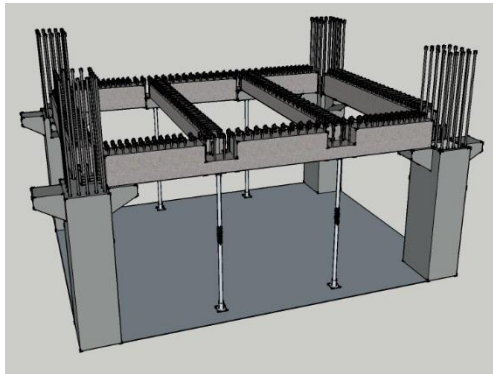
**Gambar 9.15** Pemasangan pelat pracetak

(Sumber : Video pelaksanaan pembangunan Rusunawa Rempoa)



**Gambar 9.16** Pemasangan balok pracetak

(Sumber : Video pelaksanaan pembangunan Rusunawa Rempoa)



**Gambar 9.17** Metode Support Reproping

### 9.3.5 Overtopping



**Gambar 9.18** Overtopping

### **9.3.6 Curing**

Perawatan (*curing*) beton dilakukan setelah pengecoran agar ketika telah kering, beton tidak menyusut sehingga beton tidak keropos / pecah-pecah. Hal ini bisa dilakukan penyiraman atau melapisi permukaan beton dengan karung yang dibasahi.



## **BAB X**

### **PENUTUP**

#### **10.1 Kesimpulan**

Berdasarkan perancangan tugas akhir terapan dengan judul “Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Apartemen Pavilion Permata Menggunakan Plat dan Balok Pracetak“, ada beberapa poin kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Dasar perancangan struktur secara umum mengacu kepada 2 peraturan yaitu SNI-2847-2013 “ Persyaratan Beton Struktural Pada Bangunan Gedung “ & SNI-7833-2012 “ Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Prategang Untuk Bangunan “. Adapun hasil modifikasi elemen struktur sebagai berikut :
  - b. Struktur Atas
    - Dimensi Balok Anak = 30/40 cm
    - Dimensi Balok Bordes = 50/50 cm
    - Dimensi Balok Lift = 25/30 cm
    - Tebal Pelat = 140 mm
    - Dimensi Balok Induk = 35/60 cm
    - Dimensi Kolom, K1 = 60/80 cm  
K2 = 60/60 cm
2. Penyambungan tiap elemen struktur disambung menggunakan sambungan basah dan konsol pendek pada sambungan balok induk-balok anak dan kolom-balok induk. Untuk elemen plat-plat menggunakan sambungan *lap splices*, sedangkan sambungan balok anak – balok induk menggunakan ankur.
3. Analisa gaya yang digunakan dalam perhitungan dalam tugas akhir ini menggunakan SAP 2000. Sedangkan pede perhitungan kolom menggunakan software tambahan yaitu PCACOL, dan untuk penggambaran hasil perhitungan menggunakan software Autocad.

4. Pada metode pelaksanaan dimulai dari pemasangan tulangan kolom kemudian pelat, balok anak, dan balok induk pracetak yang telah ditempatkan di stockyard dipasang saat kolom telah terpasang. Selanjutnya dilakukan pengecoran overtopping beton yang sebelumnya telah dipasang scaffolding untuk mereduksi tegangan yang terjadi.

## 10.2 Saran

Dari hasil Analisa selama proses pengerjaan tugas akhir ini, ada beberapa saran yang dapat disampaikan antara lain :

1. Proses pengerjaan bangunan menggunakan metode pracetak memerlukan pengawasan secara khusus terlebih lagi pada saat penyambungan pada elemen sekunder maupun utamanya. Hal ini dikarenakan penggunaan metode pracetak sangat rawan pada bagian sambungan.
2. Dalam pelaksanaan, ketika pengangkatan elemen pracetak menggunakan spreader beam, sebaiknya ditentukan juga jenis spreader beam yang digunakan beserta brosurnya.
3. Perlu penelitian lebih lanjut perihal penggunaan metode pracetak pada gedung tinggi, terutama pada pemilihan sambungan yang dapat menjamin struktur yang disambung telah monolit. Terutama didaerah gempa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung (SNI 7833 : 2012)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 : 2013)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847: 2013)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Elliott, K. S., 2002, *Precast Concrete Structures*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Ervianto, Wulfram. 2006. *Studi Implementasi Teknologi Beton Pracetak Bagi Bangunan Gedung*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
- PCI. 2010. *PCI Design Handbook Edition 7<sup>th</sup> Precast and Prestress Concrete*. Chicago: PCI Industry Handbook Committee.
- Wika Realty. 2014. *Video Pelaksanaan Rusunawa Rempoa*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan, 30 September 1997, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal SD Muhammadiyah Lamongan, SMPN 1 Lamongan, dan SMAN 2 Lamongan. Setelah lulus dari sekolah menengah atas penulis melanjutkan studinya di program studi DIV Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000063.

Penulis mengambil Bidang Bangunan Gedung di Program Studi DIV Teknik Sipil ITS. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan oleh jurusan. Penulis juga pernah mewakili ITS menjadi Finalis PIMNAS 29 dan menjadi Juara 2 Lomba Civil Expo 2015 UNJ, Juara 3 Olimpiade Ilmiah Vokasi 2016 Bidang PKM-K. Penulis berharap agar Tugas Akhir Terapan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan juga bagi penulis sendiri. Apabila ada kesalahan dalam penulisan dan perhitungan adalah murni kesalahan penulis. Untuk itu jika ada yang ingin disampaikan lebih detail kepada penulis dapat menghubungi kontak berikut.

Email : [shabri.robby007@gmail.com](mailto:shabri.robby007@gmail.com)

No. Telp : 085731545131

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **LAMPIRAN**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”





## Hasil perhitungan daya dukung tanah menurut Testana SF (2,5)

DB-2		DIA OF PILE 50 cm							
Depth m	SPT blow/ft	Soil Type	$f_c$ t/m <sup>3</sup>	$\Sigma Q_s$ ton	$q_b$ t/m <sup>2</sup>	$Q_n$ ton	$Q_{ult}$ ton	$Q_{all}$ - ton - (SF=2.5)	
								Tension	Comp.
1.25	2	silty CLAY	2.00	3.93	36.0	7.07	11.00	1.10	4.40
3.25	0	silty CLAY	2.00	10.21	36.0	7.07	17.28	2.86	6.91
5.25	0	silty CLAY	2.00	16.49	36.0	7.07	23.56	4.62	9.42
7.25	0	silty CLAY	2.00	22.78	36.0	7.07	29.85	6.38	11.94
9.25	0	silty CLAY	2.00	29.06	36.0	7.07	36.13	8.14	14.45
11.25	3	silty CLAY	2.00	35.34	44.0	8.64	43.98	9.90	17.59
13.25	5	silty CLAY	2.00	41.63	92.0	18.06	59.69	11.66	23.88
15.25	15	clayey SILT	2.00	47.91	220.0	43.20	91.11	13.41	36.44
17.25	13	silty CLAY	2.10	56.77	172.0	33.77	90.55	15.90	36.22
19.25	15	silty CLAY	2.89	87.35	180.0	35.34	122.70	24.46	49.08
21.25	17	silty CLAY	2.89	96.43	196.0	38.48	134.91	27.00	53.97
23.25	17	sandy SILT	3.20	116.87	541.7	106.36	223.22	32.72	89.29
25.25	31	clayey SAND	3.52	139.42	675.0	132.54	271.96	39.04	108.78
27.25	33	clayey SAND	3.78	161.70	700.0	137.44	299.15	45.28	119.66
29.25	20	silty CLAY	4.36	200.28	276.0	54.19	254.47	56.08	101.79
31.25	16	silty CLAY	4.90	240.76	236.0	46.34	287.10	67.41	114.84
33.25	23	silty CLAY	5.09	265.79	224.0	43.98	309.77	74.42	123.91
35.25	17	silty CLAY	5.17	286.08	236.0	46.34	332.42	80.10	132.97
37.25	19	silty CLAY	5.37	314.36	224.0	43.98	358.34	88.02	143.34
39.25	20	silty CLAY	5.44	335.67	208.0	40.84	376.51	93.99	150.60
41.25	13	silty CLAY	5.74	371.97	188.0	36.91	408.89	104.15	163.55
43.25	14	silty CLAY	6.06	411.40	156.0	30.63	442.03	113.19	176.81
45.25	12	silty CLAY	6.24	443.58	168.0	32.99	476.57	124.20	190.63
47.25	16	silty CLAY	6.44	478.31	184.0	36.13	514.44	133.93	205.77
49.25	18	silty CLAY	6.61	511.45	204.0	40.00	551.50	143.21	220.60

# Brosur Lift



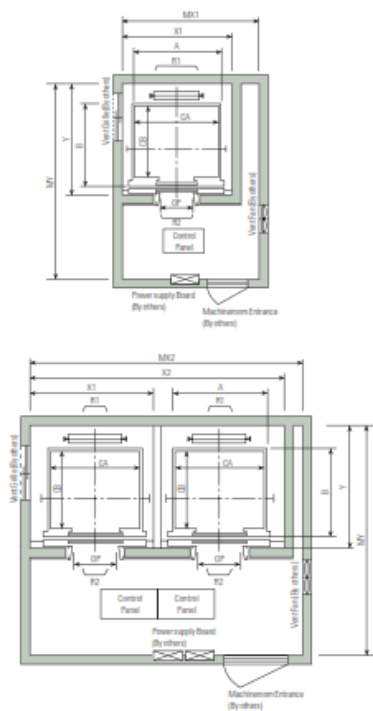
Moving solutions with safety, reliability and efficiency

## PASSENGER ELEVATORS

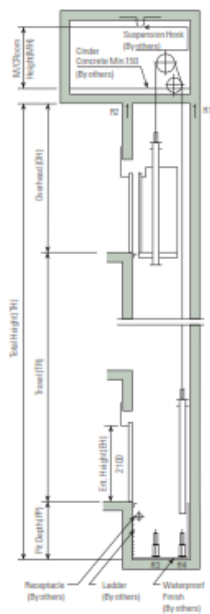
 **HYUNDAI ELEVATOR**

# Layout Plan - LUXEN(Gearless Elevators) 1~2.5m/sec | Center open

## Plan of Hoistway & Machine Room



## Section of Hoistway



### Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Load (kg)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (MH)
Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4200	1400	2200
1.5	4400	1400	4400	1500	
1.75	4500	1500	4500	1600	2400
2.0	4700	1900	4700	2000	
2.5	5000	2200	5000	2200	2600

- Notes:
- Above dimensions are applied for car height of 2500mm, for other applicable dimensions, contact us.
  - In case of requested double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
  - Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

## Standard Dimensions & Reactions

### Manufacturer Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	Car			Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4	
1.0	6	450	2 Panel Center Open	800	1400 x 850	1460 x 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200	3600	2000	5400	4500	
	8	550		800	1400 x 1030	1460 x 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900	
	9	600		800	1400 x 1130	1460 x 1285	1800	3700	1750	2000	4000	3500	4100	2450	6300	5100	
	10	700		800	1400 x 1250	1460 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400	
	11	750		800	1400 x 1350	1460 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600	
	13	900		900	1600 x 1350	1660 x 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3750	5100	3750	8100	6300	
1.5	15	1000		900	1600 x 1500	1660 x 1655	2050	4200	2100	2300	4400	3850	5450	4300	8600	6600	
	17	1150		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2350	4800	2200	2600	4900	3900	6600	5100	11000	8700	
				1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2550	5200	2050	2800	5250	3800					
1.75	20	1350		1100	1800 x 1700	1900 x 1870	2350	4800	2400	2600	4900	4200	7800	6000	12200	9500	
	24	1600		1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000	8500	6800	13600	10400	
				1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2550	5200	2450	2900	5400	4300					
			1100	2150 x 1600	2250 x 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200						
2.0	13	900	900	1600 x 1350	1700 x 1520	2250	4600	2100	2550	4600	4250	12030	6650	9000	7500		
	15	1000	900	1600 x 1500	1700 x 1670	2250	4600	2250	2550	4600	4250	12800	6950	9400	8000		
			1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700		
	2.5	20	1350	1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650	14350	7650	12200	9500	
				1100	1800 x 1700	1900 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	15100	8100	13600	10400	
		1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650							
24		1600	1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650						
			1100	2150 x 1600	2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800						

### EN81 Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	Car			Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4	
1.0	6	450	2 Panel Center Open	700	1100 x 1100	1160 x 1250	1550	3200	1700	1800	3500	3450	3600	2000	5400	4500	
	7	550		800	1400 x 850	1460 x 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200	4050	2250	6000	4900	
	8	630		800	1400 x 1030	1460 x 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4200	2700	6800	5400	
	9	700		800	1400 x 1100	1460 x 1255	1800	3700	1700	2000	4000	3450	4100	2450	7100	5600	
	10	800		800	1400 x 1250	1460 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	7800	6300	
	12	900		800	1400 x 1350	1460 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	8100	6600	
1.5	13	1000		900	1600 x 1300	1660 x 1455	2050	4200	1900	2300	4400	3700	5100	3750	8100	6300	
	15	1150		900	1600 x 1400	1660 x 1555	2050	4200	2000	2300	4400	3700	5450	4300	8600	6600	
				1000	1800 x 1400	1900 x 1570	2350	4800	2100	2600	4900	3800	6600	5100	11000	8700	
				1100	2000 x 1300	2100 x 1470	2550	5200	2000	2800	5250	3750					
1.75	18	1350		1100	1800 x 1650	1900 x 1820	2350	4800	2350	2600	4900	4150	7800	6000	12200	9500	
	21	1600		1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000	8500	6800	13600	10400	
			1100	2000 x 1700	2100 x 1870	2550	5200	2400	2900	5400	4250						
			1100	2150 x 1600	2250 x 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200						
2.0	10	800	800	1400 x 1350	1500 x 1520	2050	4200	2100	2350	4200	4100	10500	6400	8200	7300		
	12	900	900	1600 x 1300	1700 x 1470	2250	4600	2050	2550	4600	4050	12030	6650	9000	7500		
	13	1000	900	1600 x 1400	1700 x 1570	2250	4600	2150	2550	4600	4150	12800	6950	9400	8000		
			1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700		
	2.5	18	1350	1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650	14350	7650	12200	9500	
				1100	1800 x 1700	1900 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	15100	8100	13600	10400	
1100		2000 x 1500	2100 x 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650								
21		1600	1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650						
			1100	2150 x 1600	2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800						





**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/m<sup>3</sup>  
 Berat jenis normal, (ρ) : 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Kuat tekan, (σ) : ≥ 4,0 N/m<sup>2</sup>  
 Konduktifitas termis, (λ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m <sup>3</sup>	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

**Citicon Light Concrete Technical Specifications**

Length, L (mm) : 600  
 Height, H (mm) : 200 ; 400  
 Thick, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, (ρ) : 530 kg/m<sup>3</sup>  
 Field Density, (ρ) : 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Compressive Strength, (σ) : ≥ 4.0 N/m<sup>2</sup>  
 Thermal Conductivity, (λ) : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents/ m <sup>3</sup>	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

# Brosur Spun Pile

## PC SPUN PILES



### Description

Type of piles	: Prestressed Concrete Spun Piles
Splice system	: Welded at steel joint plate
Type of shoe	: Pencil (Standard Product) Mamira (Special Design)
Method of Driving	: Diesel or Hydraulic Hammer



### Design and Manufacturing References

Design	JIS A 5335 - 1987 ACI 543R - 00	Prestressed Concrete Spun Piles Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles
Manufacturing	SNI 03-2847-2002 JIS A 5335 - 1987 WIKABETON-09-IK-005	Indonesian Concrete Code Prestressed Concrete Spun Piles Piles Manufacturing Work Instruction



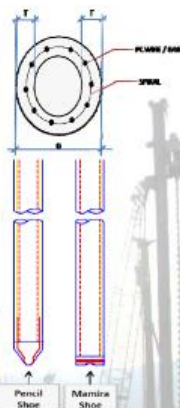
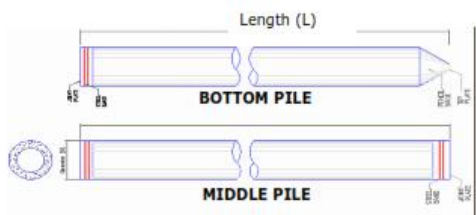
### Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Agregate	ASTM C33 - 1999 NI 2 PBI - 1971	Standard Specification for Concrete Aggregates Indonesian Concrete Code	
Cement	SNI 15-2049-2004	Portland Cement	Standard product: type I Special order: Type II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F: Water reducing admixtures
Concrete	SNI 03-2847-2002	Indonesian Concrete Code	Compressive strength at: 28 days : 600 kgf/cm <sup>2</sup> (cube)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD 1
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	SBPDL 1275/1420
Spiral Wire Joint Plate	JIS G 3532 - 2000 JIS G 3101 - 2004	Low Carbon Steel Wire Rolled Steel for General Structure	SWMA / SWMP SS-400
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 1990	Structural Welding Code-Steel	AWS A S.1 / E 6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent





## Shape and Dimension



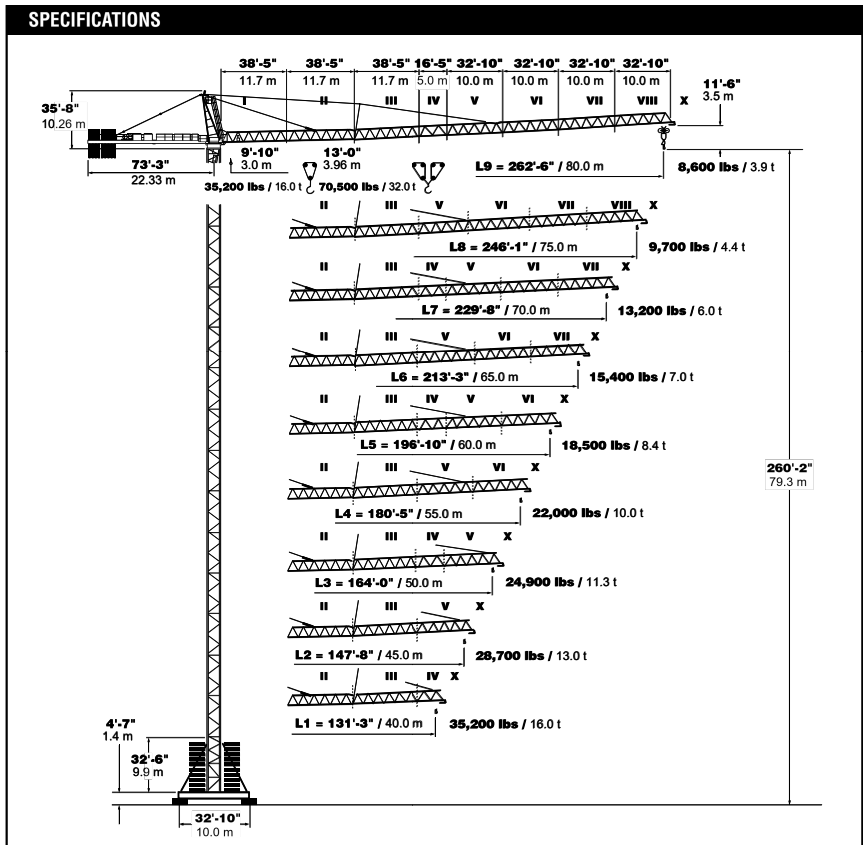
## Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.30	70.75
		B				3.50	5.30	67.50
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
400	75	A1	766	191	6 - 16	5.30	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
450	80	A1	950	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
500	90	A1	1159	290	6 - 16	11.00	19.80	189.10
		A2				12.50	21.00	187.20
		A3				14.00	27.00	174.90
600	100	A1	1571	353	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
800	120	A1	2564	641	6 - 24	25.00	45.00	238.50
		A2				29.00	58.00	229.50
		A3				31.00	77.80	198.20
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	35.70	108.20	300.80
		A2				46.20	144.40	406.20
		A3				53.30	170.90	350.60
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	53.70	159.70	475.00
		A2				75.00	220.00	614.00
		A3				82.30	159.80	604.80
1500	170	A1	7564	1854	6 - 24	103.70	309.70	975.00
		A2				123.60	229.50	952.90
		A3				130.00	180.00	802.40
1800	190	A1	10948	2537	6 - 24	145.00	217.50	778.10
		A2				170.00	306.00	731.50
		A3				200.00	400.00	721.10



## PEINER SK 575

Hammerhead Tower Crane  
 35,200-70,500 lbs. (16-32 t)  
 Lifting Capacity



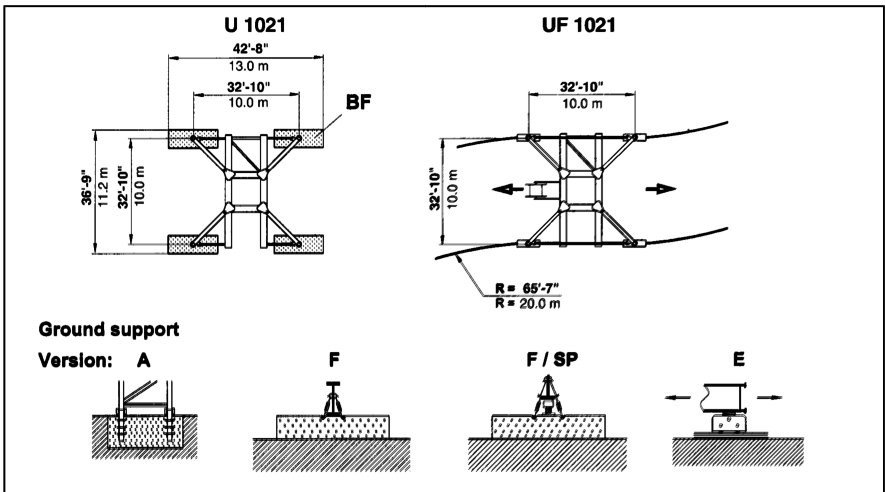
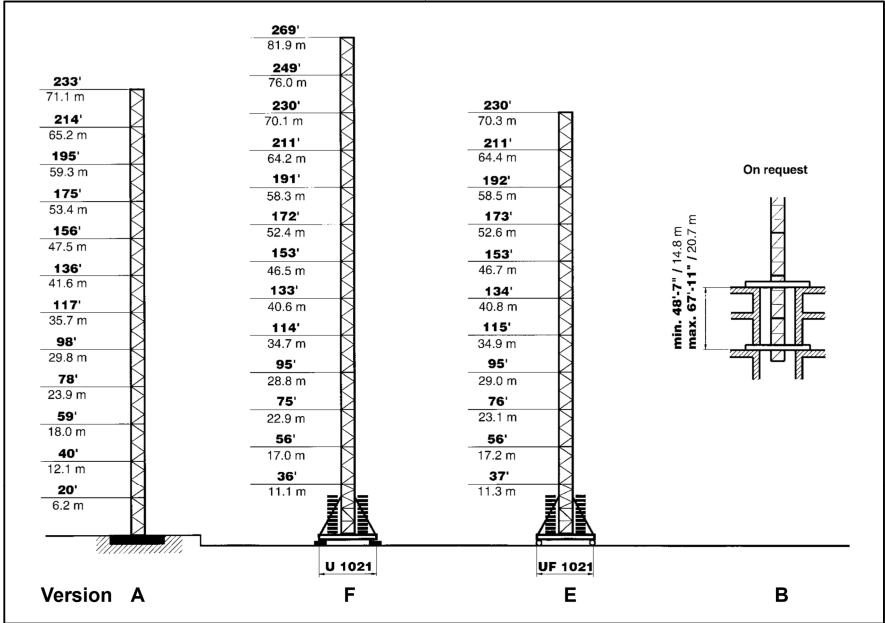
simple, available and  
 cost effective™

Machines shown may have optional equipment.



### PEINER SK 575

Combinations of tower section, tower heights, base ballast



### PEINER SK 575 Radius and Capacity

Jib	Max Capacity from		Radius ft/m		4-Part line		2-Part line		Radius - 3'-4" / 1.0 m													
			Capacity lbs./t	Capacity lbs./t	max. 70,000 lbs. max 32.0 t	max. 70,000 lbs. max 32.0 t	max. 35,200 lbs. max. 16.0 t	max. 35,200 lbs. max. 16.0 t	Capacity - 3086 kips/1.41 t													
	ft	m	9'-10" to 3.0 m to	13'-0" to 3.96 m to	45'-11" 14.0	52'-6" 16.0	59'-1" 18.0	65'-7" 20.0	76'-0" 24.0	91'-10" 28.0	98'-5" 30.0	114'-10" 35.0	131'-3" 40.0	147'-8" 45.0	164'-0" 50.0	180'-5" 55.0	196'-10" 60.0	213'-3" 65.0	229'-8" 70.0	246'-1" 76.0	262'-6" 80.0	
L9	262'-6" 80.0	86'-1" 26.25 m	45'-3" 13.79 m		69224 31.4	58862 26.7	50882 23.1	44533 20.2	35494 16.1	32760 14.9	30247 13.7	25243 11.4	21495 9.75	18607 8.44	16314 7.40	14440 6.55	12875 5.84	11552 5.24	10428 4.73	9458 4.29	8598 3.90	
L8	246'-1" 75.0	87'-8" 26.72 m	46'-7" 14.20 m		70547 32.0	61067 27.7	52822 24.0	46296 21.0	36817 16.7	33422 15.2	30864 14.0	25772 11.7	21980 9.97	19026 8.63	16689 7.57	14771 6.70	13163 5.98	11839 5.37	10692 4.85	9700 4.40		
L7	229'-10" 70.0	102'-4" 31.18 m	53'-0" 16.15 m		70547 32.0	70547 32.0	61883 28.1	54453 24.7	43851 19.8	35979 16.3	35273 16.0	30886 14.0	26423 11.99	22994 10.43	20260 9.19	18011 8.17	16138 7.32	14572 6.61	13228 6.00			
L6	213'-3" 65.0	106'-11" 32.58 m	56'-3" 17.15 m		70547 32.0	70547 32.0	66578 30.2	58542 26.6	46958 21.3	38911 17.7	35714 16.2	32498 14.7	27844 12.63	24250 11.00	21362 9.69	19026 8.63	17086 7.75	15432 7.00				
L5	196'-10" 60.0	114'-1/2" 34.76 m	60'-1" 18.31 m		70547 32.0	70547 32.0	70547 32.0	63492 28.8	50926 23.1	42306 19.2	38867 17.6	34987 15.9	30626 13.82	26168 11.87	23104 10.48	20591 9.34	18519 8.40					
L4	180'-5" 55.0	120'-7" 36.75 m	63'-0" 19.20 m		70547 32.0	70547 32.0	70547 32.0	67240 30.5	54012 24.5	44907 20.4	41292 18.7	35273 16.0	32011 14.52	27954 12.68	24691 11.20	22046 10.00						
L3	164'-1" 50.0	121'-5/2" 37.02 m	64'-0" 19.01 m		70547 32.0	70547 32.0	70547 32.0	68563 31.1	55115 25.0	45833 20.8	42152 19.1	35273 16.0	32287 14.65	28175 12.78	24912 11.30							
L2	147'-8" 15.0	123'-3" 37.56 m	65'-7" 20.00m		70547 32.0	70547 32.0	70547 32.0	70547 32.0	58878 25.8	47266 21.4	43496 19.7	35935 16.3	32826 14.89	28660 13.00								
L1	131'-3" 40.0	124'-0" 37.80 m	86'-10" 20.37 m		70547 32.0	70547 32.0	70547 32.0	70547 32.0	57981 26.3	48347 21.9	44489 20.2	36816 16.7	35273 16.00									

### PEINER SK 575 Speeds and Counterweight

#### Speeds

FU 9-320/4		v = 0 → ~260 fpm (80 m / min.)			1 x 12.2 HP 1 x 9.0 kW
SR 10-190/4		v = 0 → ~120 fpm (36 m / min.)			4 x 12.2 HP 4 x 9.0 kW
K WB 120/4		v = 0 → 0.9 min <sup>-1</sup> (rpm)		L1 - L4 L5 - L9	2 x 11.4 HP 2 x 8.4 kW 3 x 11.4 HP 3 x 8.4 kW

HK max. = 720' / 220 m **5-Layers**

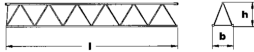
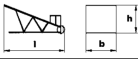
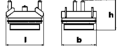
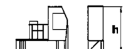


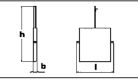
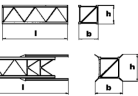
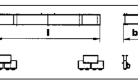
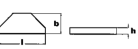


Type		2-Part Line	4-Part Line	Total motor output without SR 10-190/4	Connected power	
SR WB 102-160/4F ~160 HP (120.0 kW)			490 fpm 150 m/min	7700 lbs 3500 kg	15,400 lbs 7000 kg	~ 200 HP ~ 150 kW
			315 fpm 96 m/min	13,200 lbs 6000 kg	26,400 lbs 12 000 kg	
			195 fpm 60 m/min	22,000 lbs 10 000 kg	44,000 lbs 20 000 kg	
			125 fpm 38 m/min	35,300 lbs 16 000 kg	70,600 lbs 32 000 kg	
						170 kVA

#### Counterweight

Jib	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
Counterweight BG	50,800 lbs 23 150 kg	54,400 lbs 24 800 kg	57,600 lbs 26 250 kg	61,200 lbs 27 900 kg	68,000 lbs 31 000 kg	64,400 lbs 29 350 kg	68,000 lbs 31 000 kg	64,400 lbs 29 350 kg	68,000 lbs 31 000 kg
	1 x 3200 lbs 1 x 1450 kg		1 x 3200 lbs 1 x 1450 kg			1 x 3200 lbs 1 x 1450 kg		1 x 3200 lbs 1 x 1450 kg	
	7 x 6800 lbs 7 x 3100 kg	8 x 6800 lbs 8 x 3100 kg	8 x 6800 lbs 8 x 3100 kg	9 x 6800 lbs 9 x 3100 kg	10 x 6800 lbs 10 x 3100 kg	9 x 6800 lbs 9 x 3100 kg	10 x 6800 lbs 10 x 3100 kg	9 x 6800 lbs 9 x 3100 kg	10 x 6800 lbs 10 x 3100 kg

**PEINER SK 575 Dimensions and transport weights**

See operating manual for mounting weights

	Designation		Dimensions (ft / m)			Weight lbs / t	
			l	b	h		
1	Jib		39'-0"	6'-6"	6'-11"	7490	
	Section II		11.89	1.97	2.12	3.40	
	Section III		40'-6"	6'-6"	7'-3"	8860	
	Section IV		12.34	1.97	2.21	4.02	
	Section V		38'-10"	6'-6"	7'-7"	5420	
	Section VI		11.84	1.97	2.30	2.46	
	Section VII		18'-8"	6'-6"	6'-10"	5360	
	Section VIII		5.69	1.97	2.09	2.43	
	Jib Tip		35'-0"	6'-6"	6'-11"	5200	
			10.68	1.97	2.11	2.36	
	2		Tower Top cpl.		35'-5"	6'-6"	6'-4"
		10.79	1.97		1.93	1.94	
		33'-6"	6'-6"		6'-3"	2760	
		10.20	1.97		1.90	1.25	
		33'-5"	6'-6"		6'-2"	1700	
		10.19	1.97		1.88	0.77	
		6'-8"	4'-6"		2'-11"	660	
		2.02	1.37		.88	0.30	
3	Turntable cpl.		11'-9"	7'-1"	7'-5"	24,100	
			3.58	2.17	2.27	10.93	
4	Cab		5'-5"	3'-7"	7'-2"	1040	
			1.65	1.10	2.18	0.47	
4	Support, railing, electrical panel		11'-8"	6'-7"	6'-5"	2050	
			3.55	2.00	1.95	0.93	
5	Counterjib		G 2	38'-10"	7'-5"	5'-11"	7500
				11.85	2.25	1.80	3.40
	G 1		31'-1"	6'-8"	5'-8"	6030	
			9.48	2.03	1.72	2.74	
6	Counterjib ballast		BG	5'-11"	0'-8"	10'-4"	3200
				1.81	0.19	3.14	1.45
			5'-11"	0'-8"	15'-4"	6800	
			1.81	0.19	4.68	3.10	
7	Tower section		TS 213.1	19'-6"	7'-10"	7'-10"	9790
				5.95	2.39	2.38	4.44
	TSV 213		39'-4"	10'-4"	10'-4"	31,090	
			12.00	3.15	3.15	14.10	
8	Rail mounted undercarriage with electrical panel			44'-0"	9'-6"	3'-9"	38,440
				13.40	2.90	1.15	17.10
			8'-2"	2'-8"	2'-11"		
			2.50	0.82	0.89		
9	Central ballast block		13'-5"	6'-1"	1'-2"	14,550	
			4.50	2.05	0.40	6.60	
10	Foundation block		9'-0"	3'-7"	2'-6"	14,550	
			3.00	1.20	0.75	6.60	
11	Accessories						

For more information, product demonstration, or details on lease and rental plans, please contact your local Terex Towers Distributor.

**Bigge Crane and Rigging Co.**  
 10700 Bigge Avenue  
 San Leandro, CA 94577  
 Phone: (888) 337-BIGGE or (510) 638-8100  
 Fax: (510) 639-4053  
 Email: towers@bigge.com  
 Web site: www.biggetowercrane.com

We reserve the right to amend these specifications at any time without notice. The only warranty applicable is our standard written warranty applicable to the particular product and sale. We make no other warranty, expressed or implied.

**TEREX TOWERS**

202 Raleigh Street  
 Wilmington, NC 28412 USA  
 (910) 395-8500 • FAX: (910) 395-8547  
 E-mail: wilmington@terexlifting.com

www.terexlift.com

TF-111

©Terex Cranes, Inc. 2000

Litho in U.S.A.

5K500J90



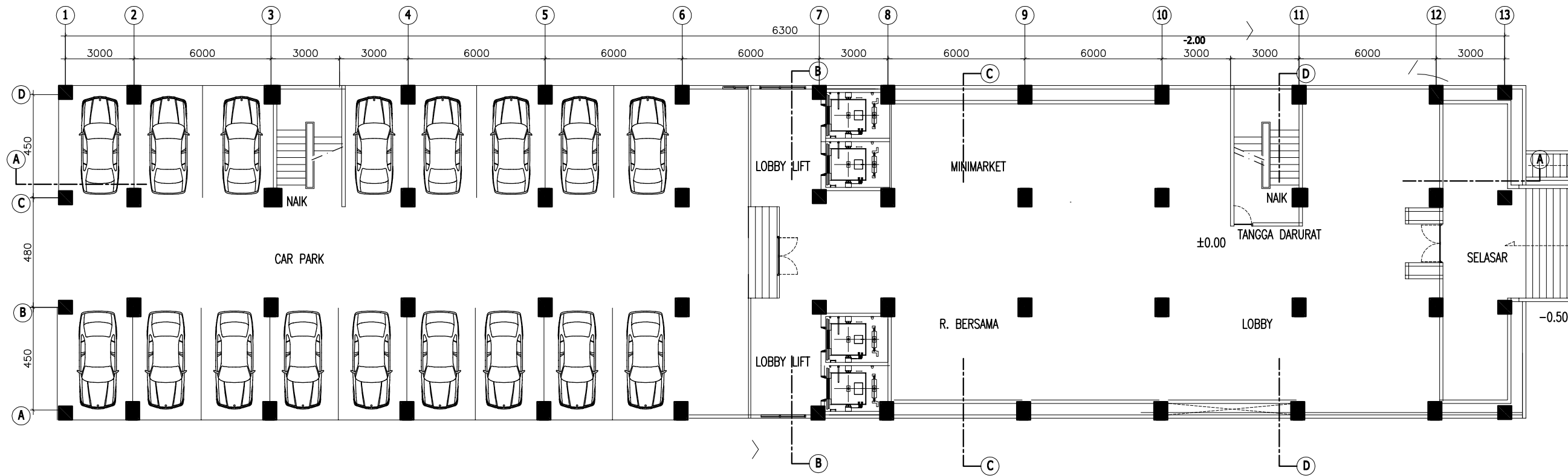
# DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
	COVER		
	DAFTAR GAMBAR		
	DAFTAR GAMBAR		
DENAH			
ARS	DENAH LANTAI 1	1:200	1
ARS	DENAH LANTAI 2-13	1:200	2
ARS	DENAH LANTAI ROOF TOP	1:200	3
TAMPAK			
ARS	TAMPAK DEPAN	1:200	4
ARS	TAMPAK BELAKANG	1:200	5
ARS	TAMPAK SAMPING KANAN	1:200	6
ARS	TAMPAK SAMPING KIRI	1:200	7
POTONGAN			
ARS	POTONGAN A-A	1:200	8
ARS	POTONGAN B-B	1:200	9
ARS	POTONGAN C-C	1:200	10
ARS	POTONGAN D-D	1:200	11
TANGGA DAN LIFT			
ARS	DETAIL ARSITEKTUR TANGGA	1:100	12
ARS	DETAIL ARSITEKTUR LIFT	1:100	13
DENAH PELAT			
STR	DENAH TYPICAL PELAT LT.2 - LT.13	1:200	14
STR	DENAH PELAT ROOFTOP	1:200	15

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
PELAT PRACETAK			
STR	DENAH PELAT P1	1:50	16
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT PRACETAK P1 (1)	1:20	17
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT PRACETAK P1 (2)	1:20	18
STR	DENAH PELAT P2	1:50	19
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT PRACETAK P2	1:20	20
STR	DENAH PELAT P3	1:50	21
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT PRACETAK P3	1:20	22
STR	DENAH PELAT P4	1:50	23
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT PRACETAK P4	1:20	24
STR	PELAKSANAAN PELAT PRACETAK	1:20	25
DENAH BALOK			
STR	DENAH BALOK TYPICAL LT.2 - LT.13	1:200	26
STR	DENAH BALOK ROOFTOP	1:200	27
BALOK PRACETAK			
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BI-1	1:25	28
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BI-2	1:25	29
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BI-3	1:25	30
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BI-4	1:25	31
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BI-5	1:25	32
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA-1	1:25	33
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA-2	1:25	34
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA-3	1:25	35

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
BALOK INSITU			
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BORDES	1:25	36
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT	1:25	37
KOLOM			
STR	DENAH KOLOM LT.1 – LT.13	1:200	38
STR	DENAH KOLOM LT.ATAP	1:200	39
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM	1:30	40
SLOOF			
STR	DENAH SLOOF	1:200	41
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S-1	1:25	42
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S-2	1:25	43
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S-3	1:25	44
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S-4	1:200	45
PONDASI			
STR	DENAH PONDASI	1:200	46
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK PC-1 DAN PC-2	1:50	47
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK PC-3	1:50	48
PORTAL			
STR	POTONGAN MEMANJANG PORTAL	1:200	49
STR	DETAIL POTONGAN MEMANJANG PORTAL	1:50	50
STR	POTONGAN MELINTANG PORTAL	1:150	51
STR	DETAIL POTONGAN MELINTANG PORTAL	1:50	52
TANGGA			
STR	PENULANGAN TANGGA UNIT	1:50	53
SITEPLAN			
MTD	SITEPLAN TOWERCRANE	1:400	54

CATATAN



TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

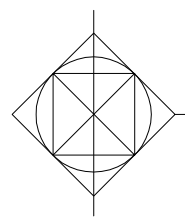
DENAH LANTAI 1

KODE

ARS

NOMOR

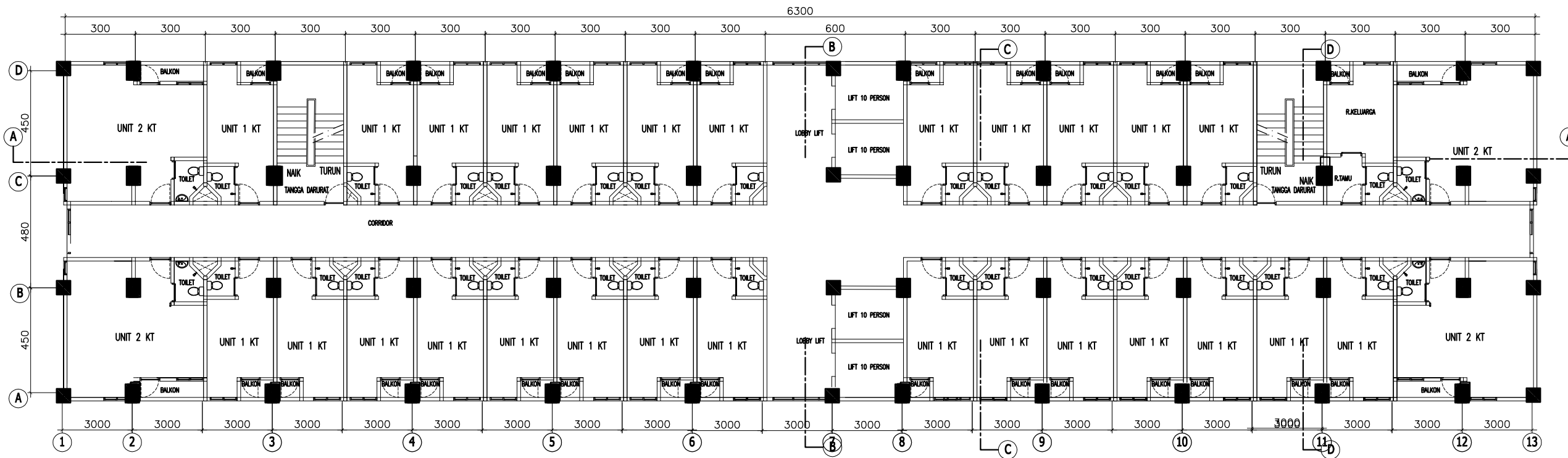
01



DENAH LANTAI 1

SKALA 1:200






DENAH LANTAI 2-13  
SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

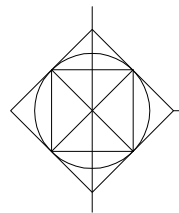
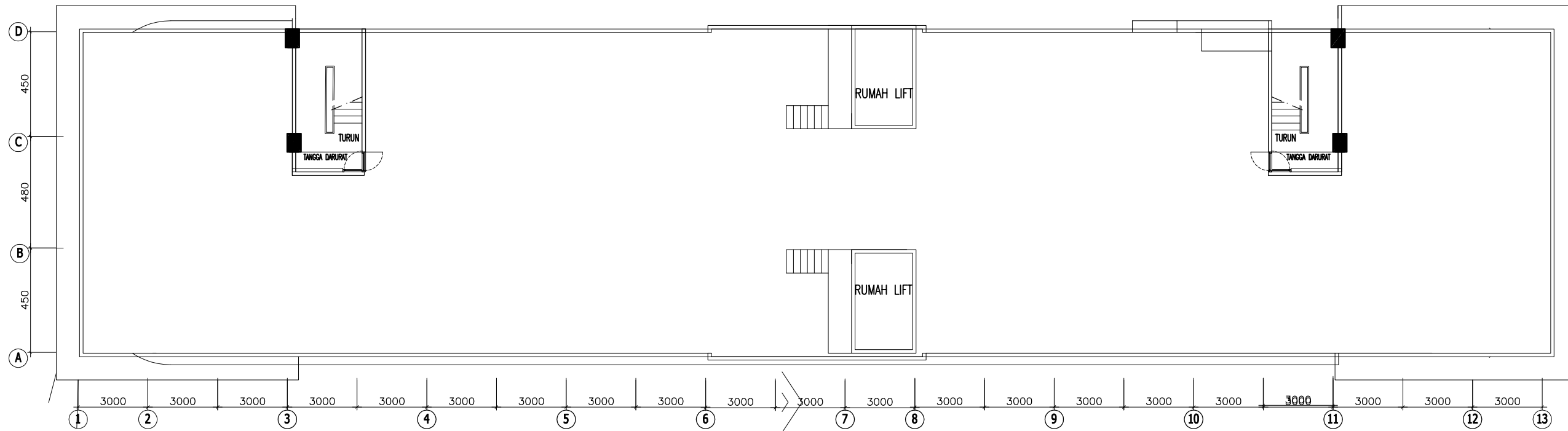
MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 2-13

KODE	NOMOR
ARS	02



DENAH ROOFTOP  
SKALA 1:250

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

DENAH ROOFTOP

KODE

ARS

NOMOR

03

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

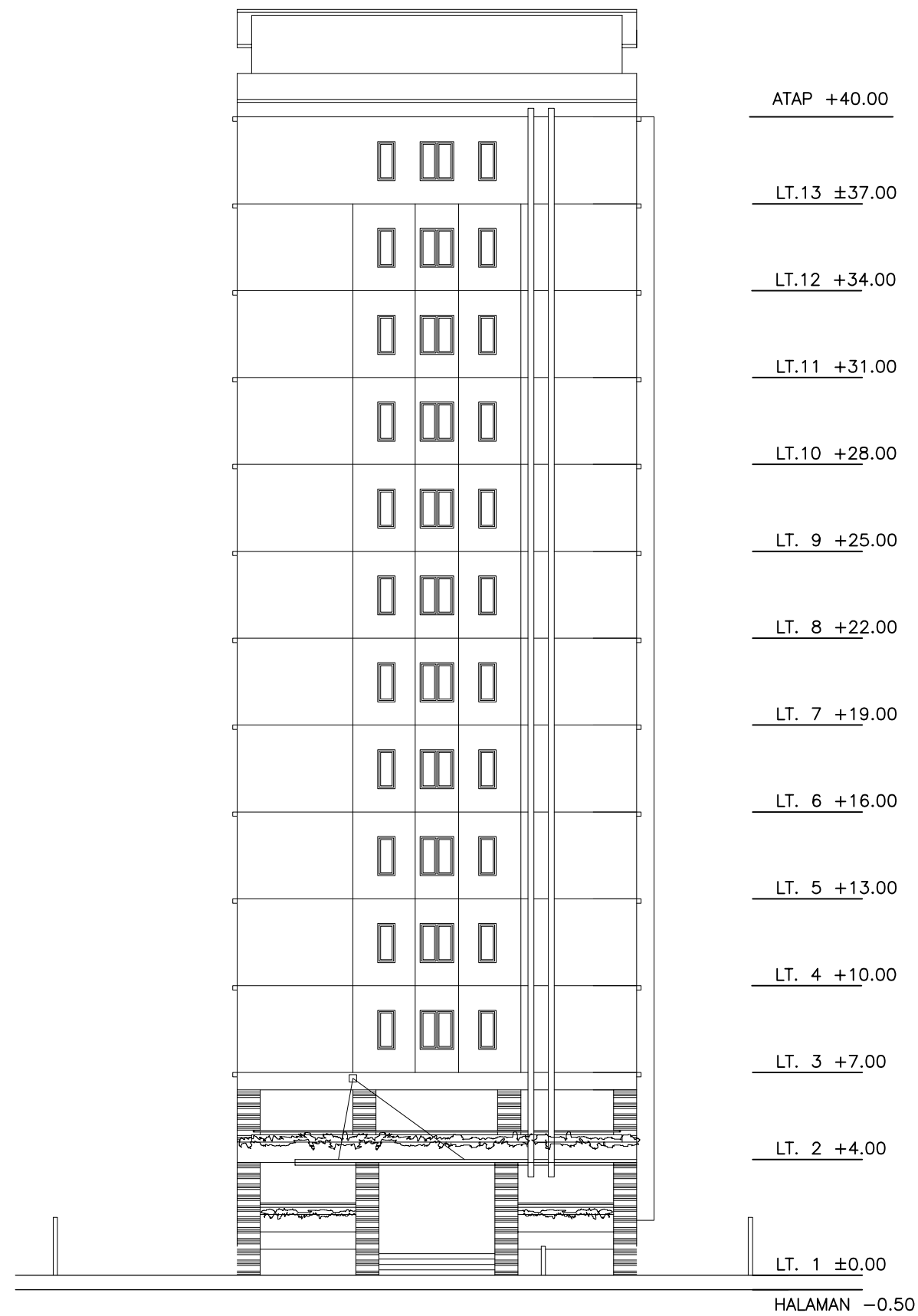
TAMPAK DEPAN

KODE

NOMOR

ARS

04



TAMPAK DEPAN  
SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

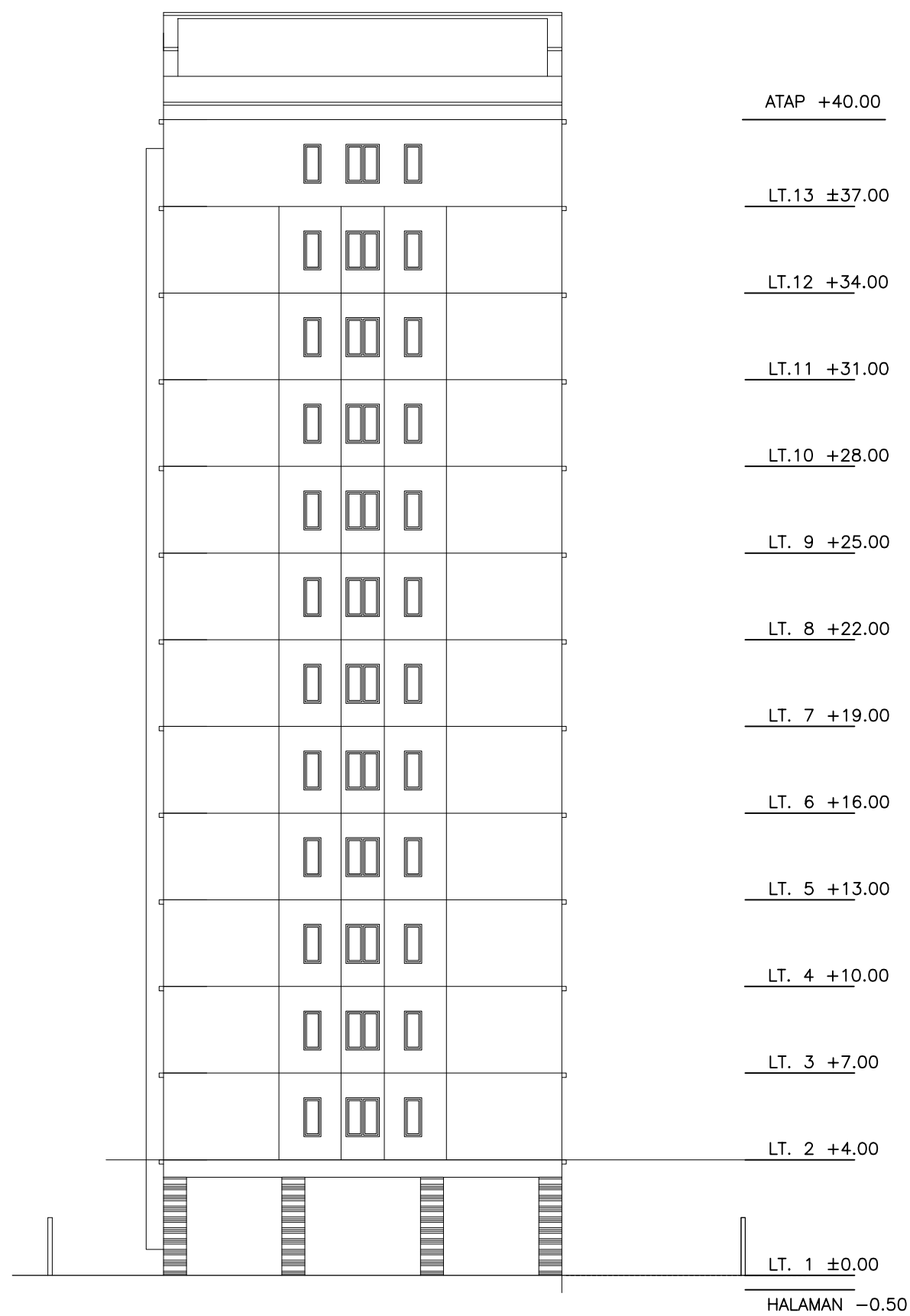
TAMPAK BELAKANG

KODE

ARS

NOMOR

05



TAMPAK BELAKANG  
SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

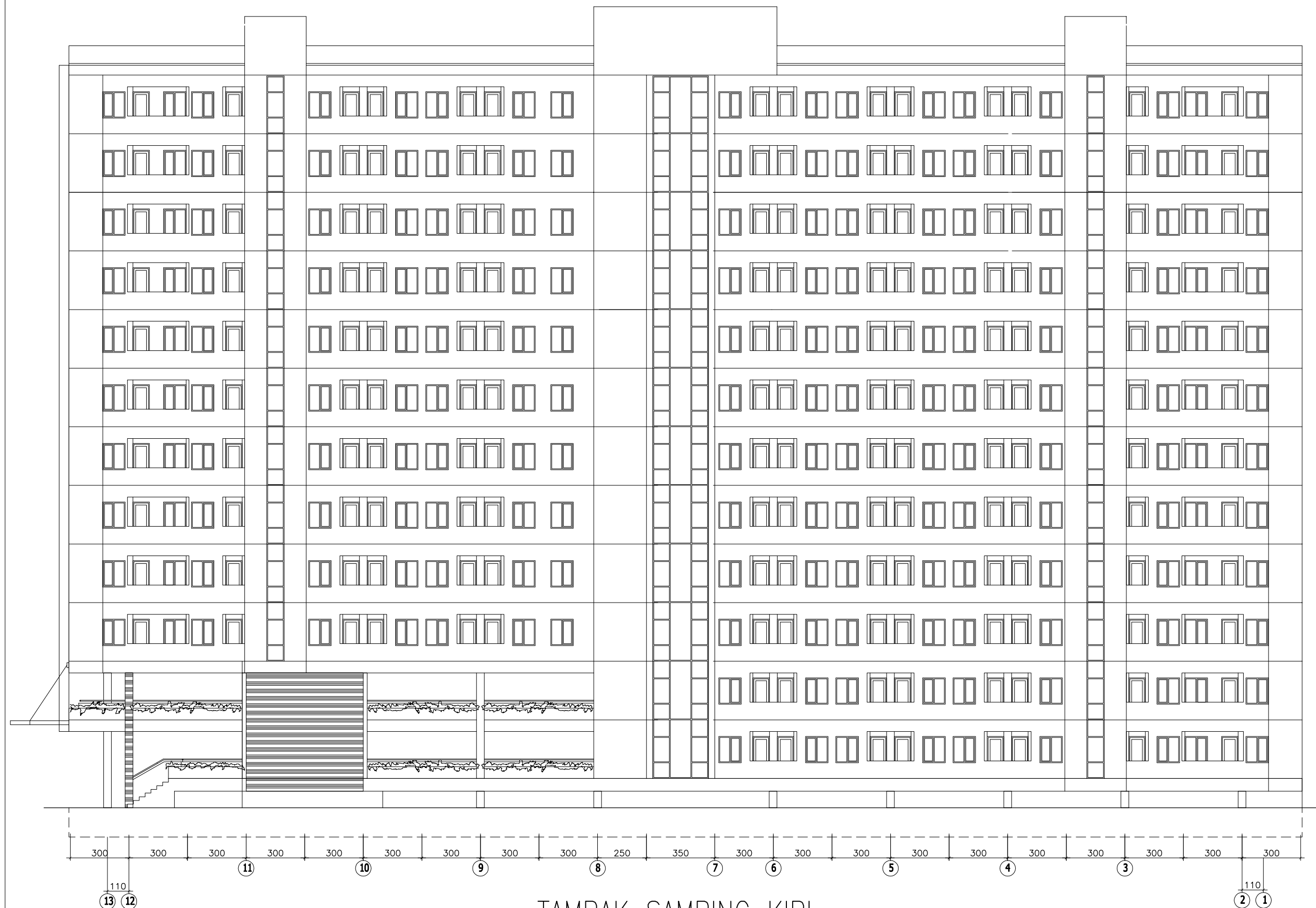
TAMPAK SAMPING KIRI

KODE

ARS

NOMOR

06



TAMPAK SAMPING KIRI  
SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

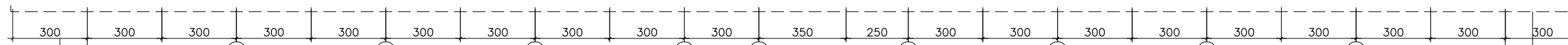
TAMPAK SAMPING KANAN

KODE

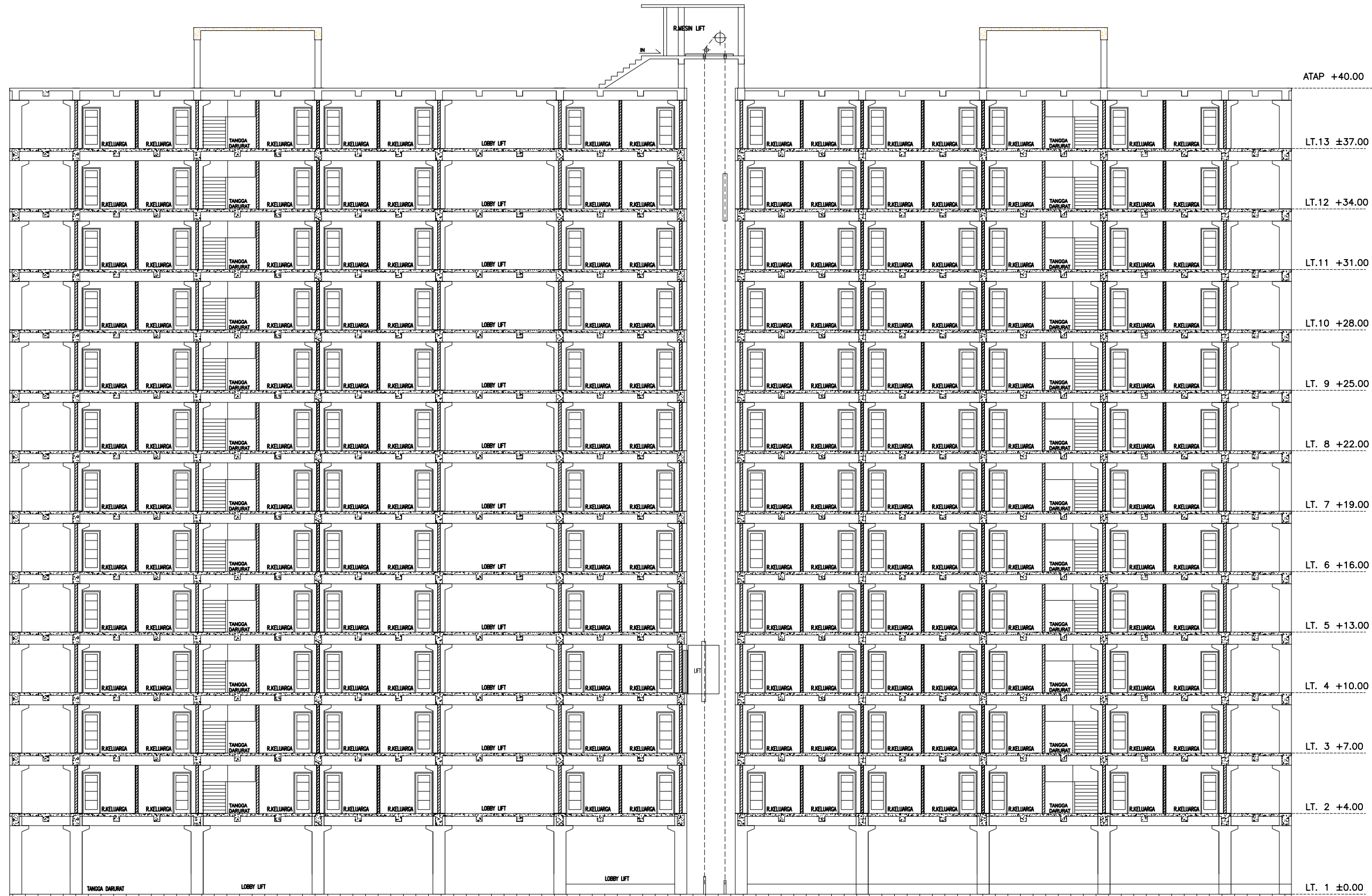
ARS

NOMOR

07



TAMPAK SAMPING KANAN  
SKALA 1:200



TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A

KODE

ARS

NOMOR

08

POTONGAN A-A  
SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

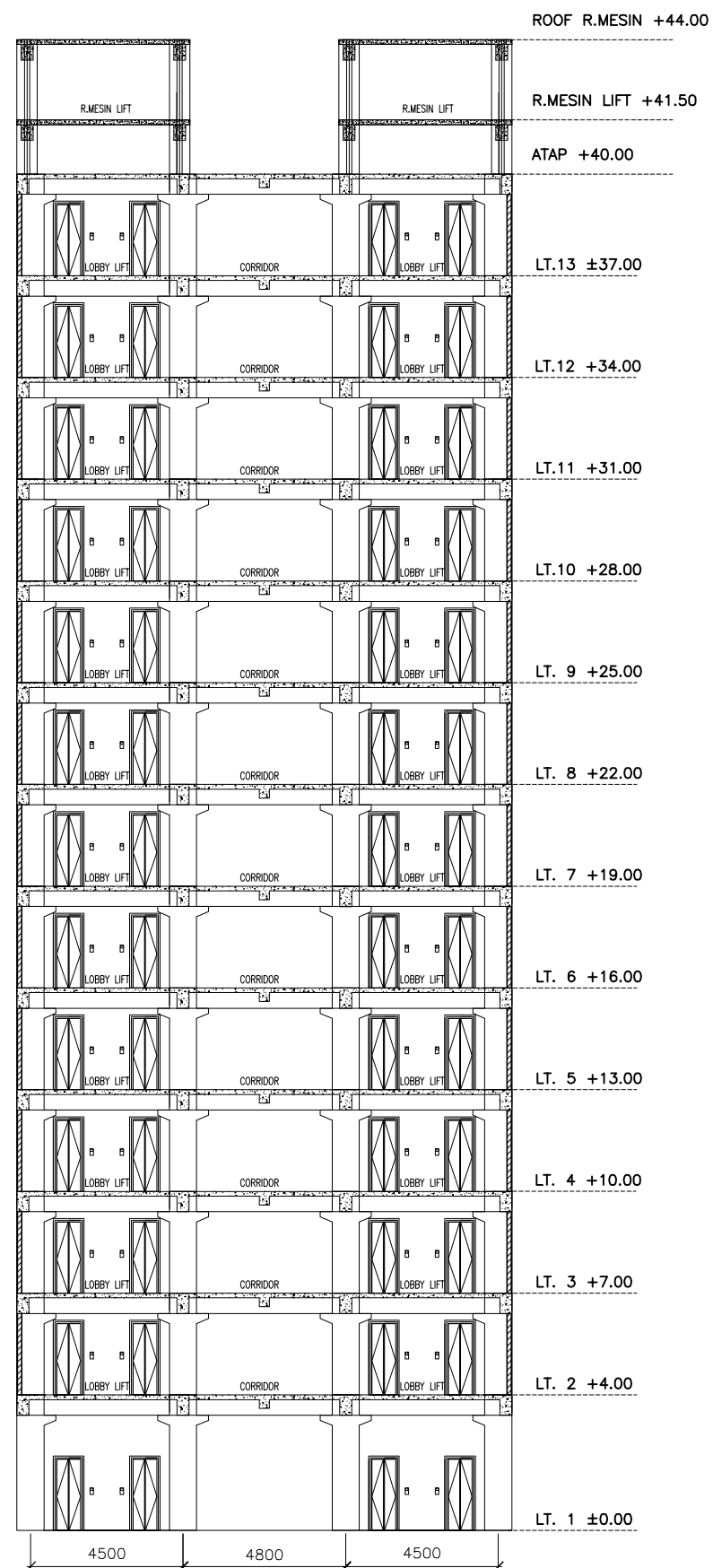
POTONGAN B-B

KODE

ARS

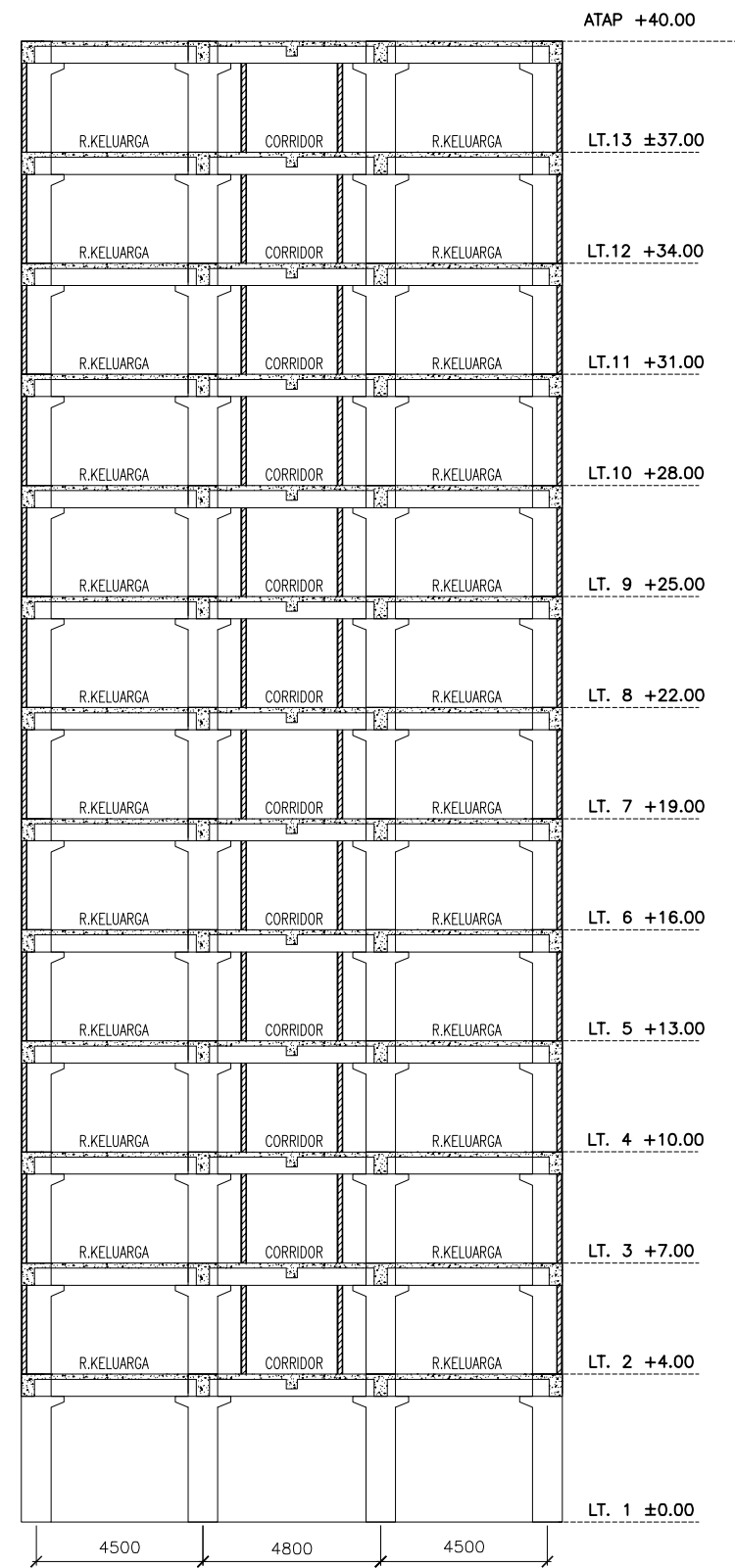
NOMOR

09



POTONGAN B-B  
SKALA 1:200





POTONGAN C-C  
SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

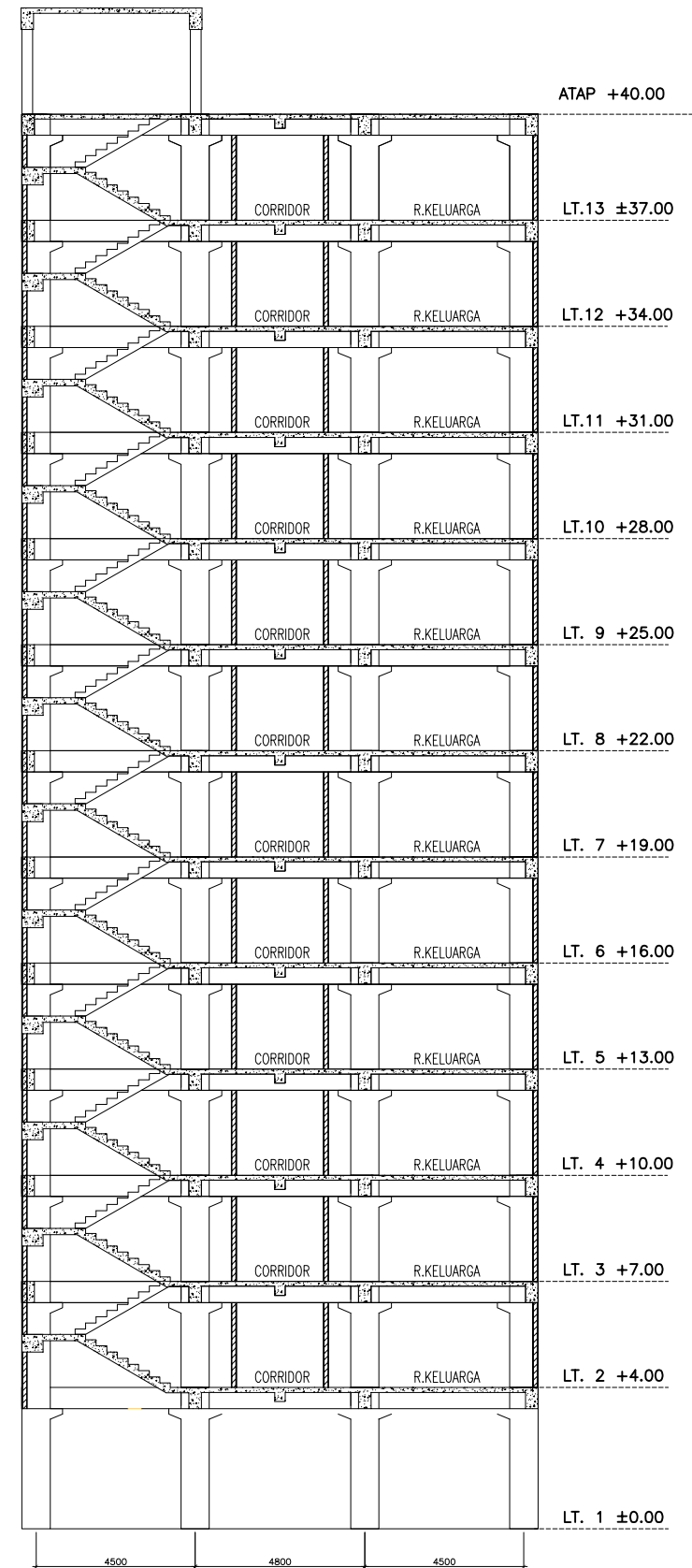
POTONGAN C-C

KODE

ARS

NOMOR

10



POTONGAN D-D  
SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

POTONGAN D-D

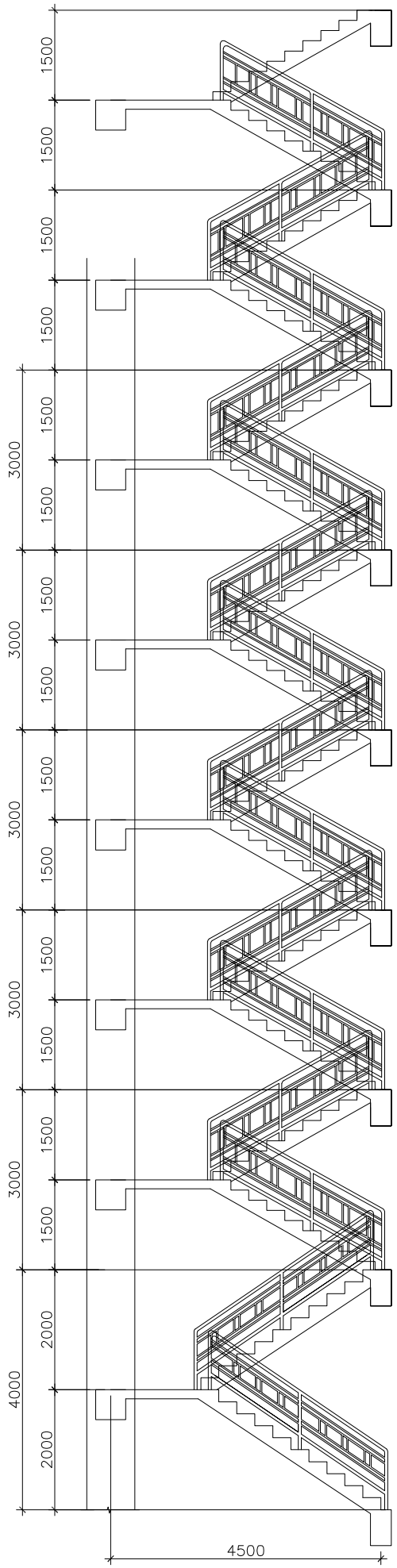
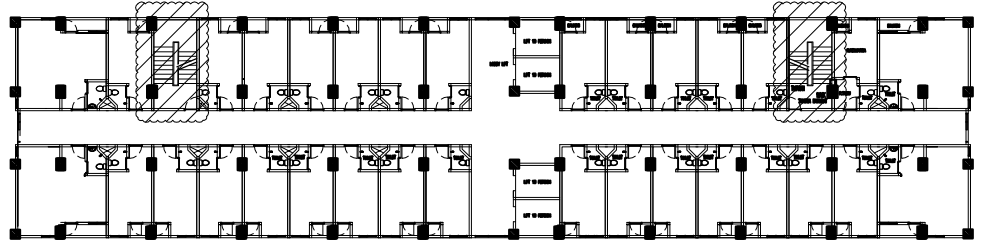
KODE

ARS

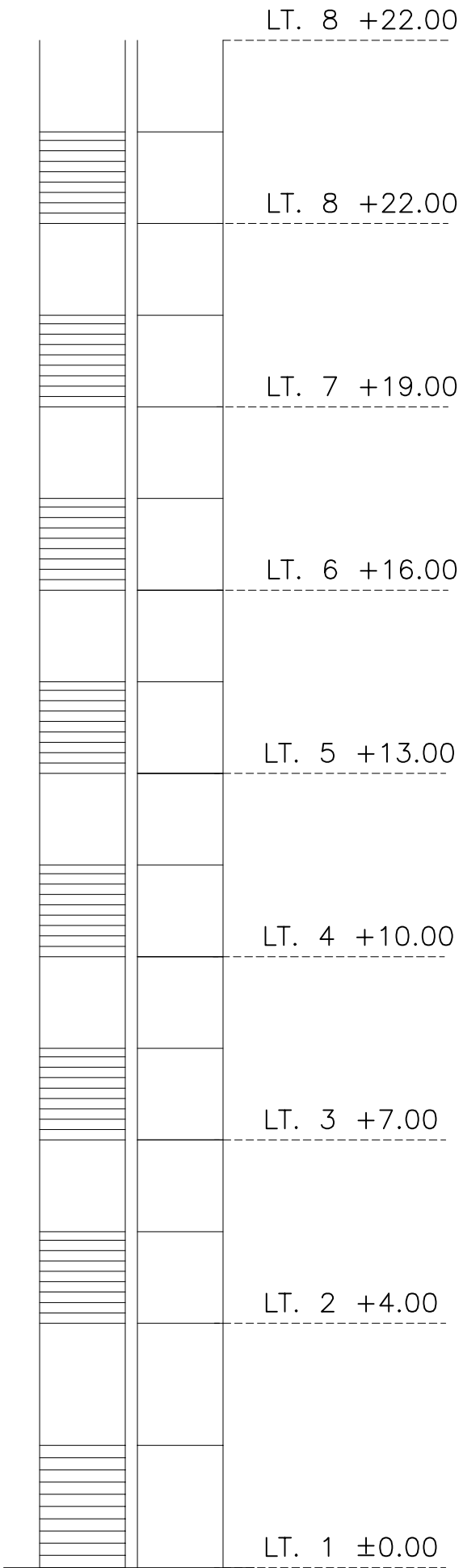
NOMOR

11

KEYPLAN TANGGA

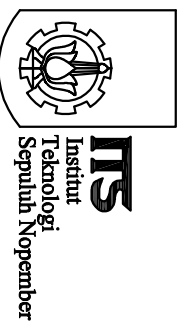


DETAIL TANGGA ARSITEKTUR  
SKALA 1:100



DENAH TANGGA ARSITEKTUR  
SKALA 1:100

CATATAN



TUGAS AKHIR TERAPAN  
MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGUNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

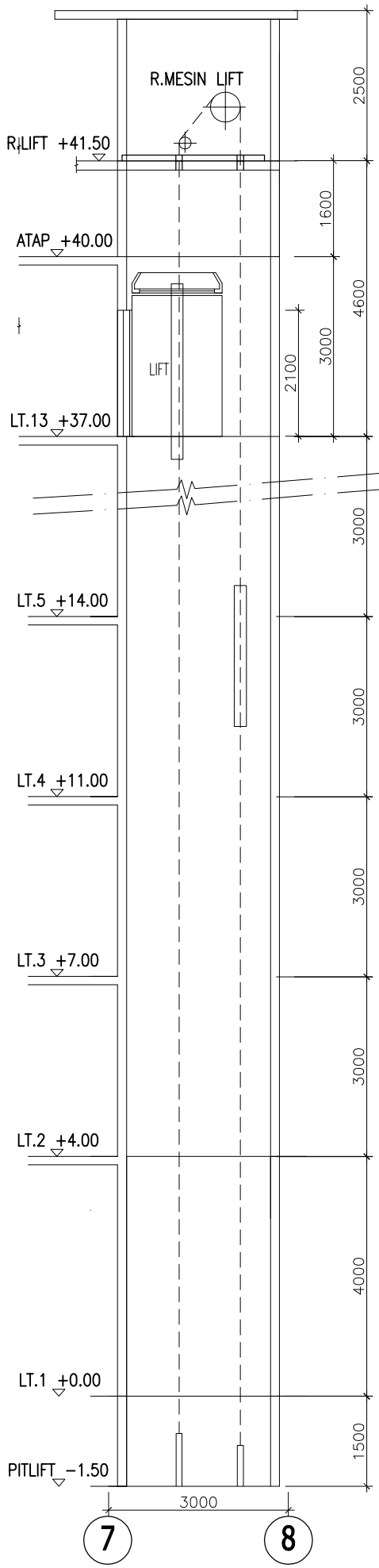
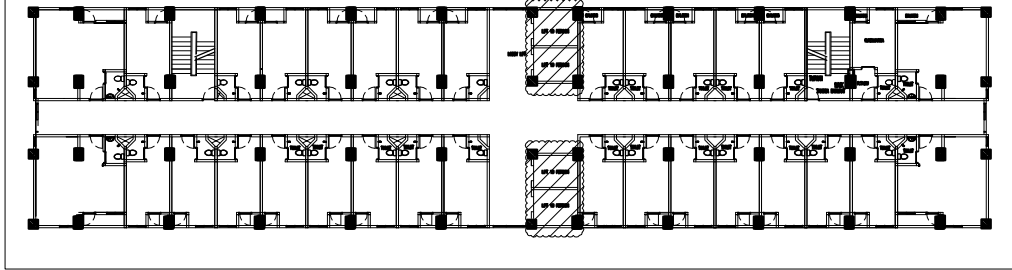
JUDUL GAMBAR

DETAIL ARSITEKTUR TANGGA

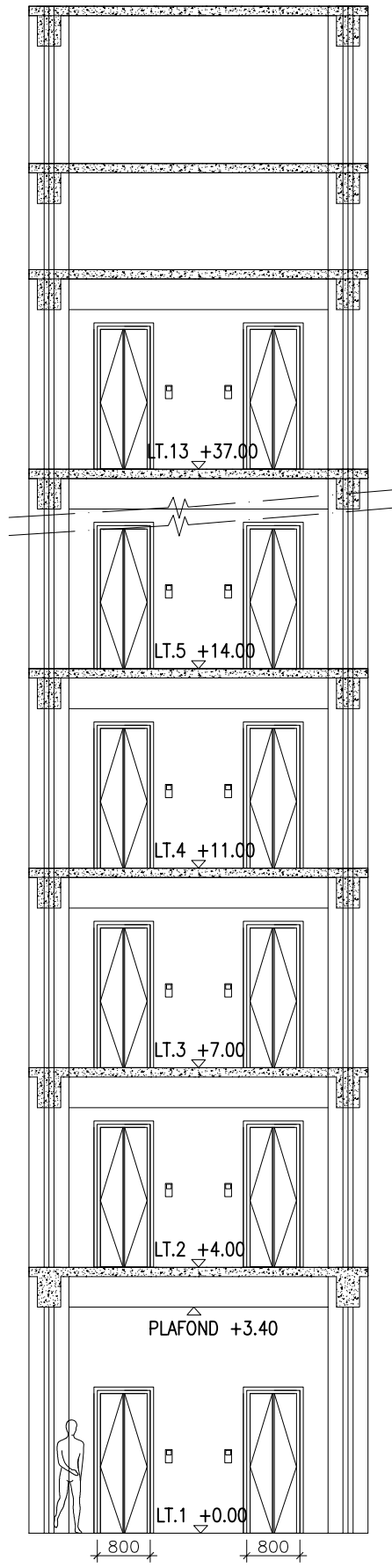
KODE	NOMOR
------	-------

ARS	12
-----	----

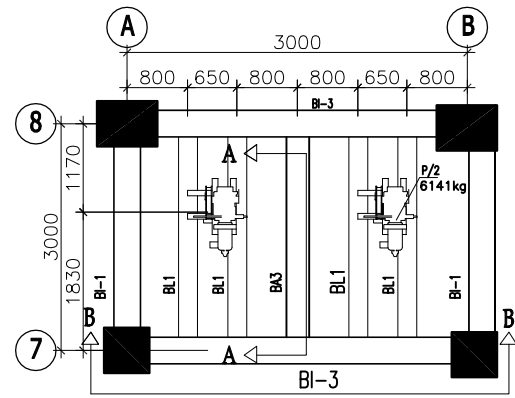
KEYPLAN LIFT



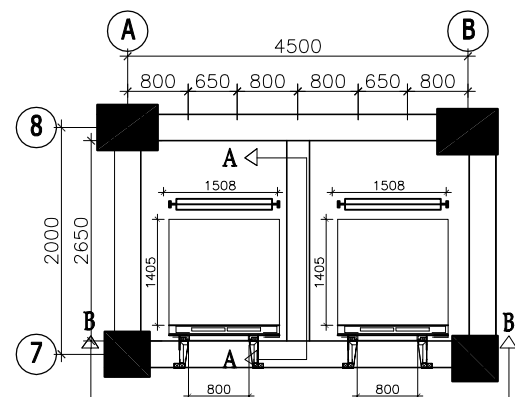
POTONGAN A-A  
SKALA 1:100



POTONGAN B-B  
SKALA 1:100

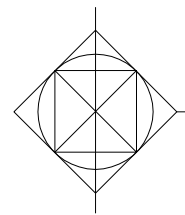
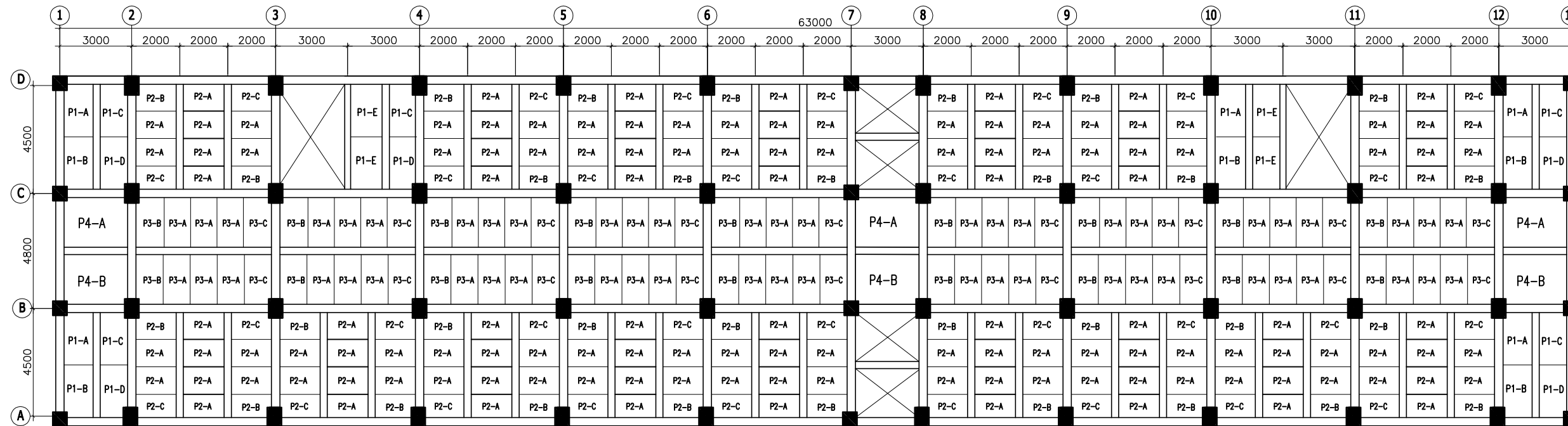


POSISI MESIN LIFT  
SKALA 1:100



RENCANA HOISTWAY  
SKALA 1:100

CATATAN		
TUGAS AKHIR TERAPAN MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN GEDUNG APARTEMEN PAVILION PERMATA MENGGUNAKAN PLAT DAN BALOK PRACETAK		
DOSEN PEMBIMBING Ir. IBNU PUJDI RAHARDJO, MS		
MAHASISWA SHABRI ROBBI USAMMAH 10111410000063		
JUDUL GAMBAR DETAIL ARSITEKTUR LIFT		
KODE	NOMOR	
ARS	13	



DENAH TYPICAL PELAT LT.2 ELV.+4.00 – LT.13 ELV 36.00

SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

DENAH TYPICAL  
LT.2-LT.13

KODE

NOMOR

STR

14

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

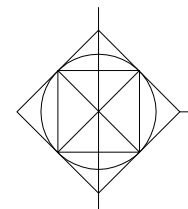
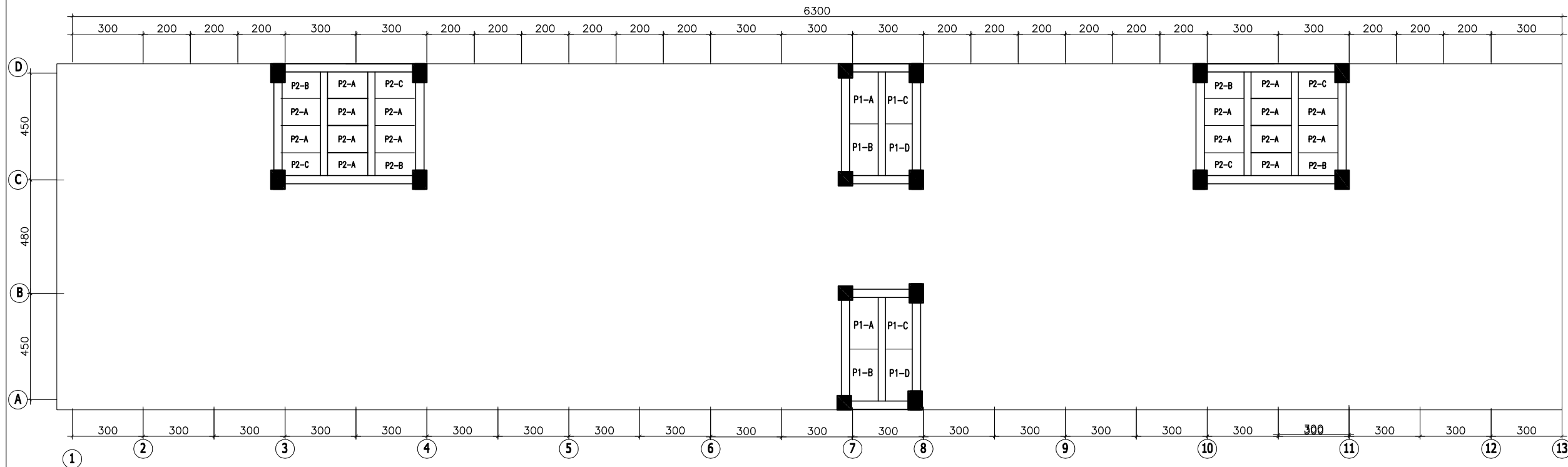
DENAH PELAT ROOFTOP

KODE

NOMOR

STR

15



DENAH PELAT ROOFTOP  
SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

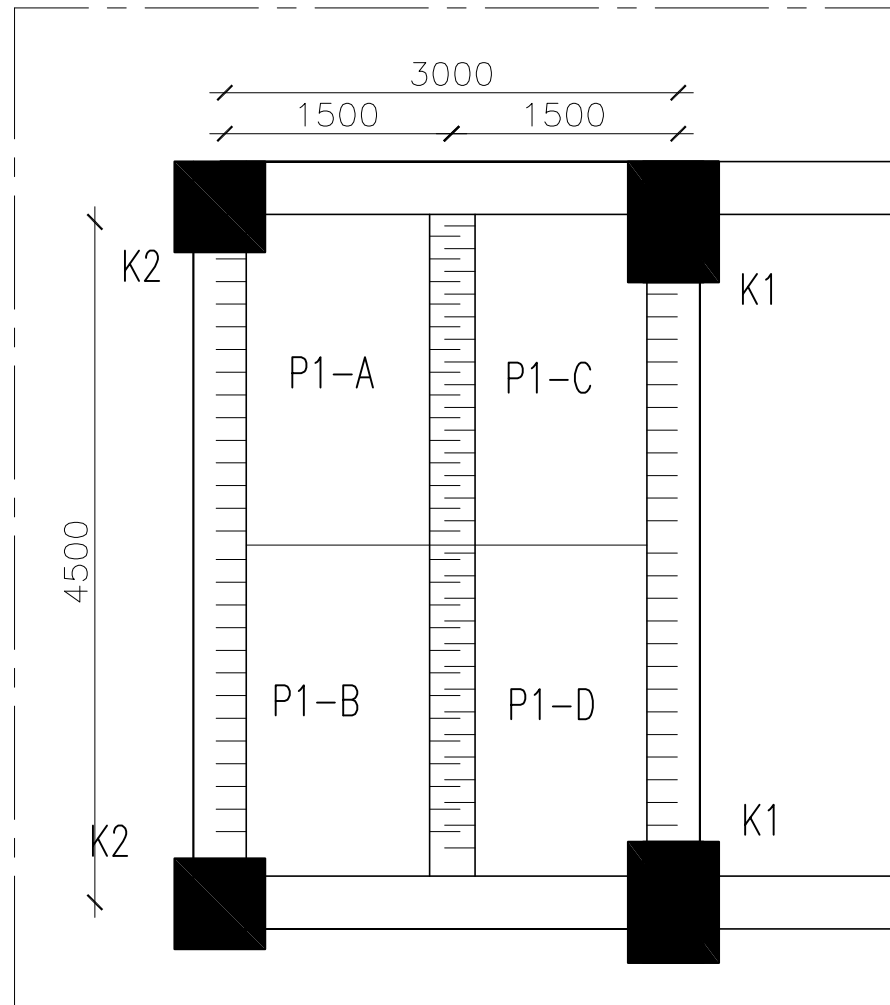
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

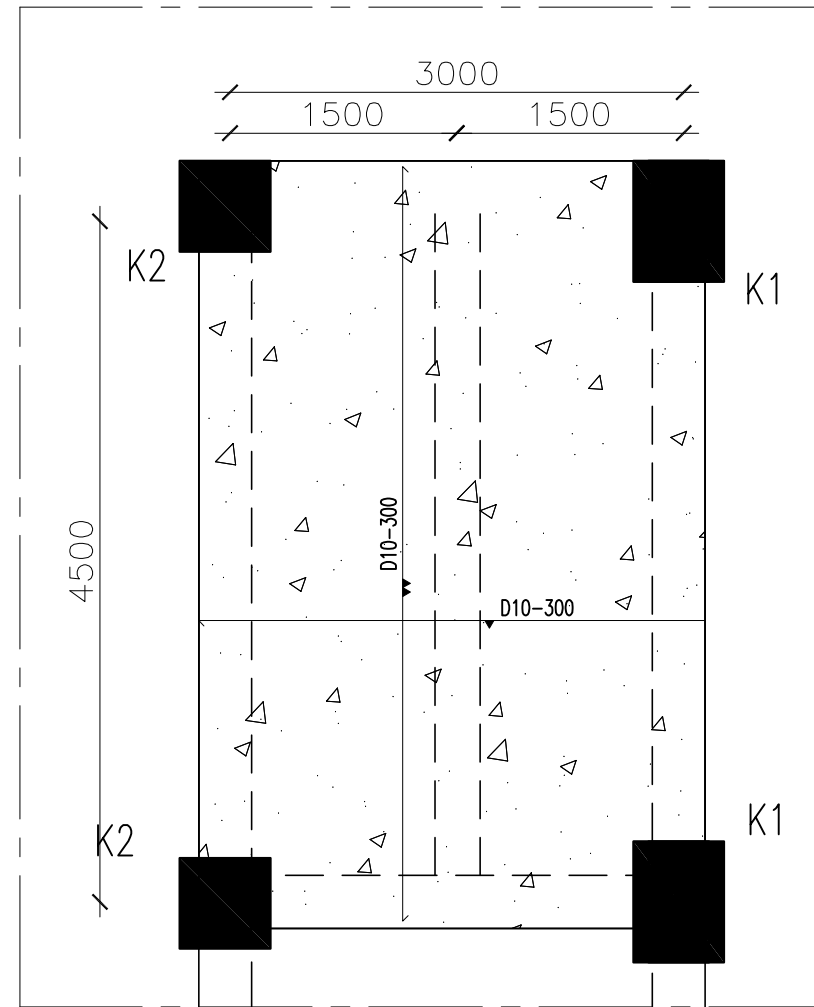
SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT P1



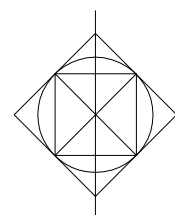
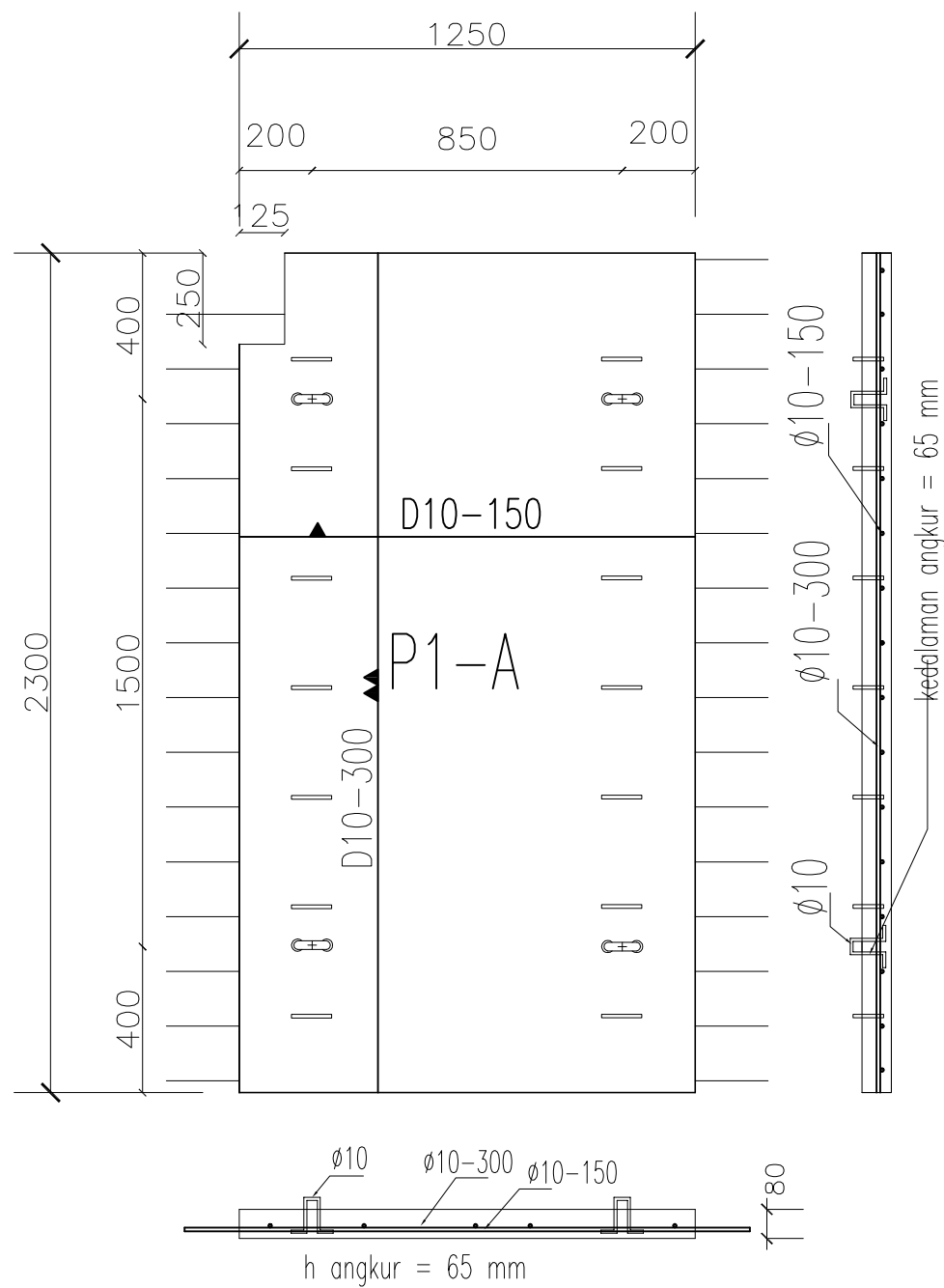
 DENAH PELAT P1  
SKALA 1 : 50



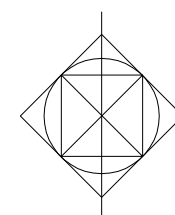
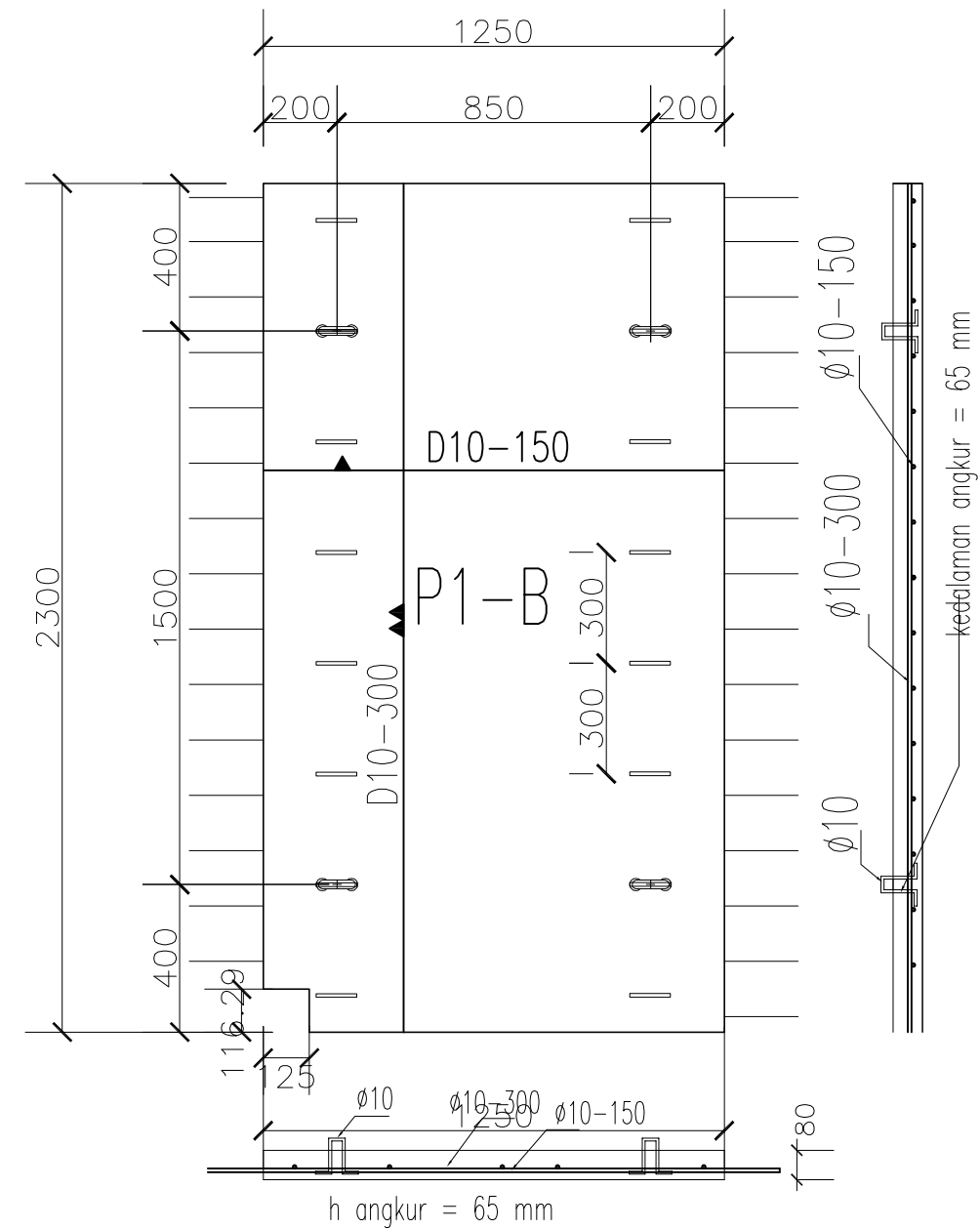
 PENULANGAN OVERTOPPING PELAT P1  
SKALA 1 : 50

TIPE PELAT		Tebal Pracetak (mm)	Tebal Selimut (mm)	Tebal Overtopping (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat Plat (kg)	Jumlah perantai	Total (13 Lantai)
P1	P1-A	80	20	60	1250	2300	552	4	52
	P1-B							4	52
	P1-C							4	52
	P1-D							4	52

KODE	NOMOR
STR	16

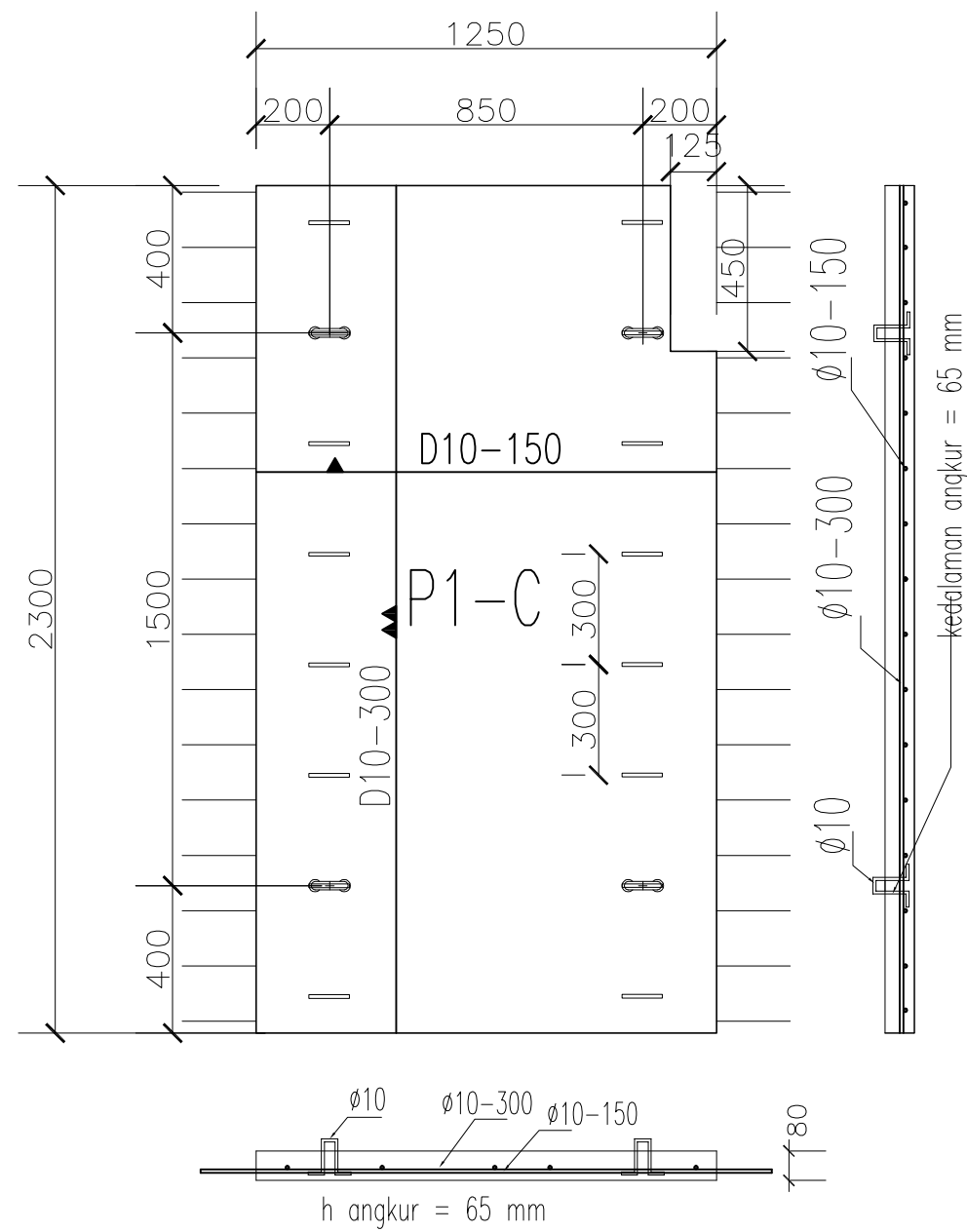


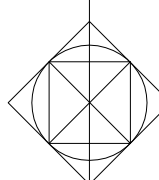
DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P1-A  
SKALA 1 : 20

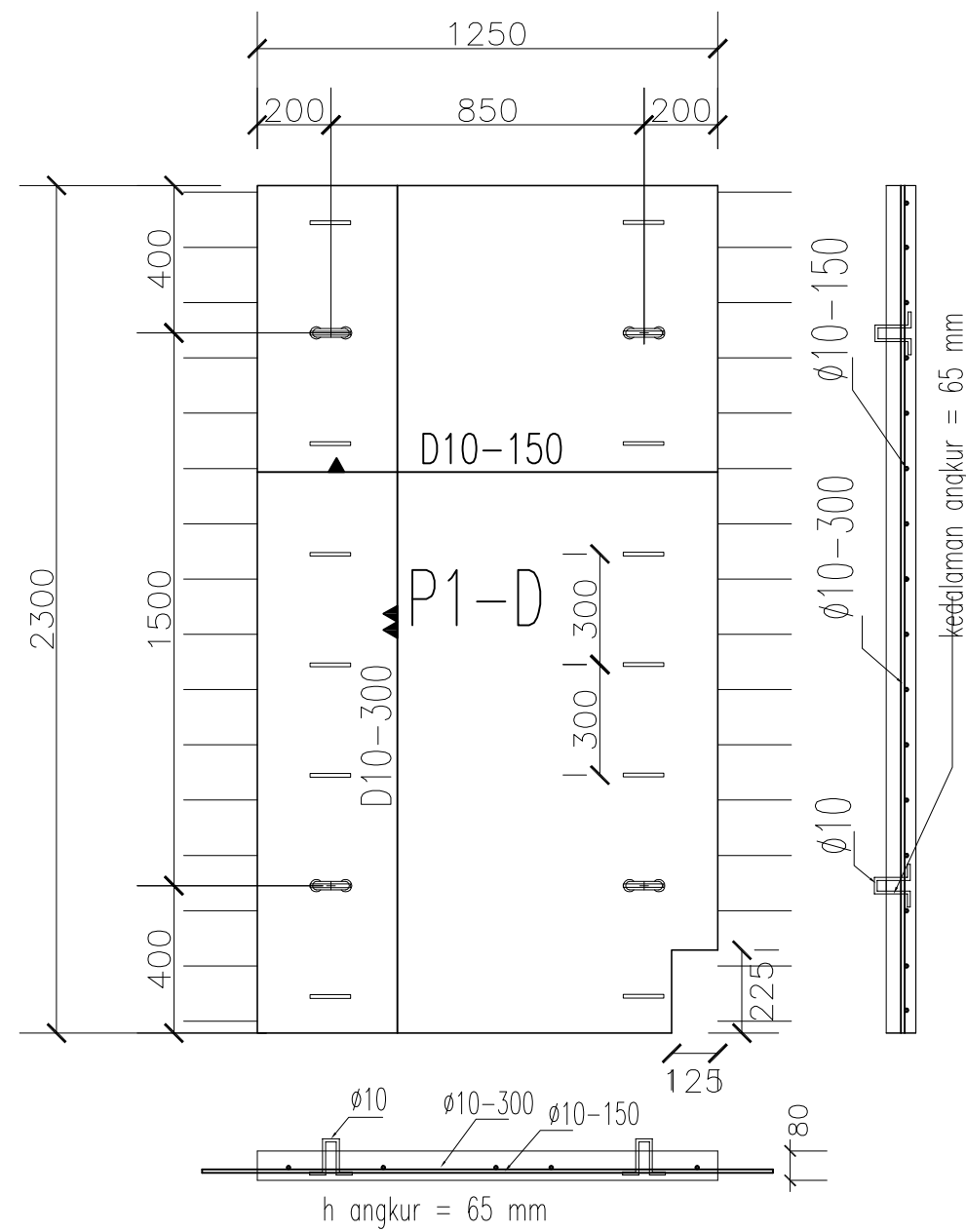


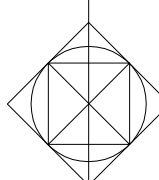
DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P1-B  
SKALA 1 : 20





 **DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P1-C**  
SKALA 1 : 20



 **DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P1-D**  
SKALA 1 : 20

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

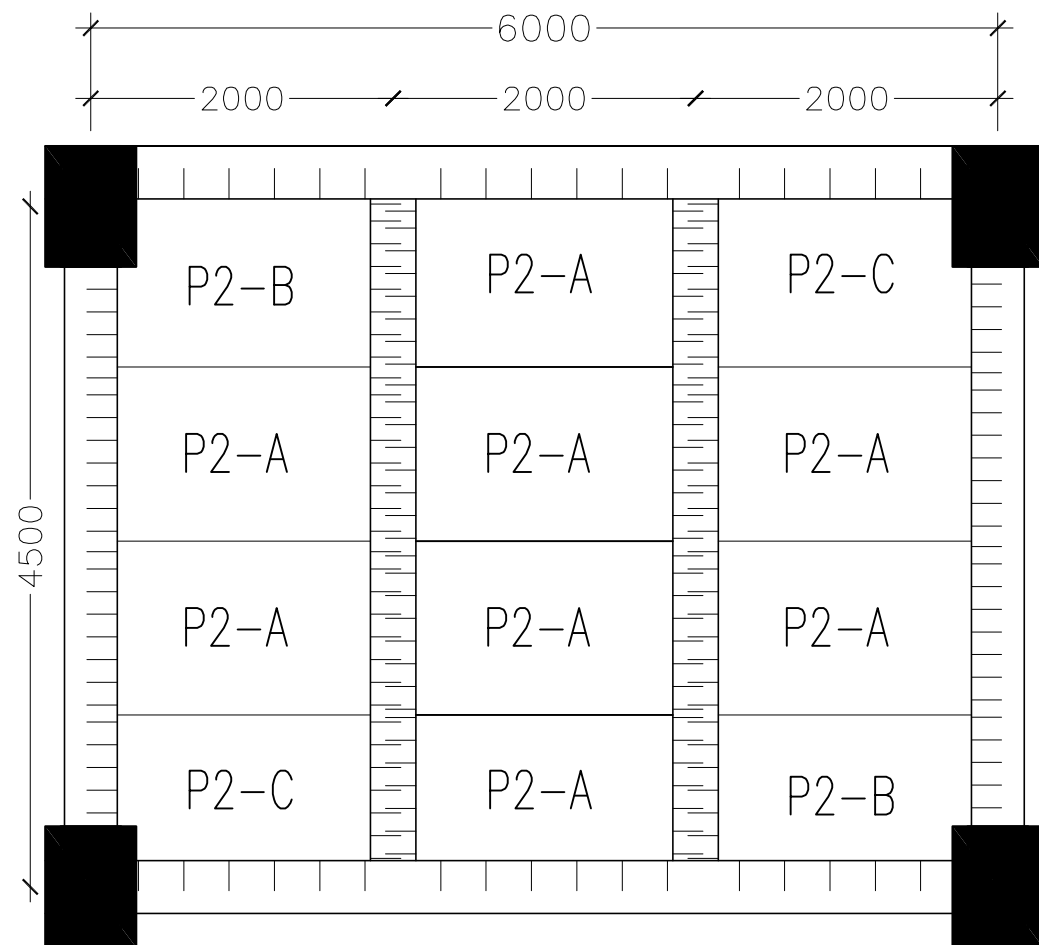
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

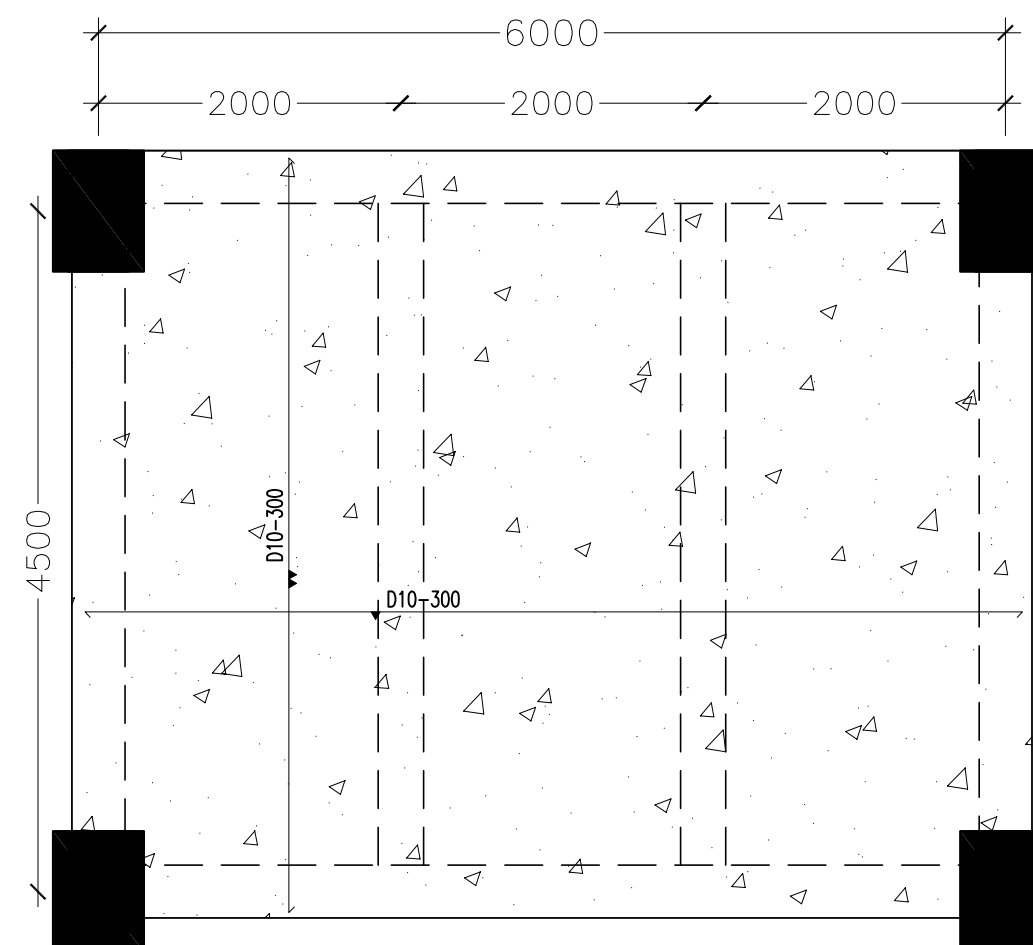
SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT P2



 DENAH PELAT P2  
SKALA 1 : 50



 PENULANGAN OVERTOPPING PLAT P2  
SKALA 1 : 50

TIPE PELAT		Tebal Pracetak (mm)	Tebal Selimut (mm)	Tebal Overtopping (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat Plat (kg)	Jumlah perantai	Total (13 Lantai)
P2	P2-A	80	20	60	1700	1150	375.36	128	1664
	P2-B							48	624
	P2-C							48	624

KODE      NOMOR

STR

19

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

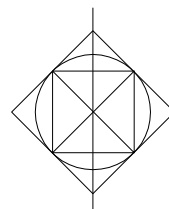
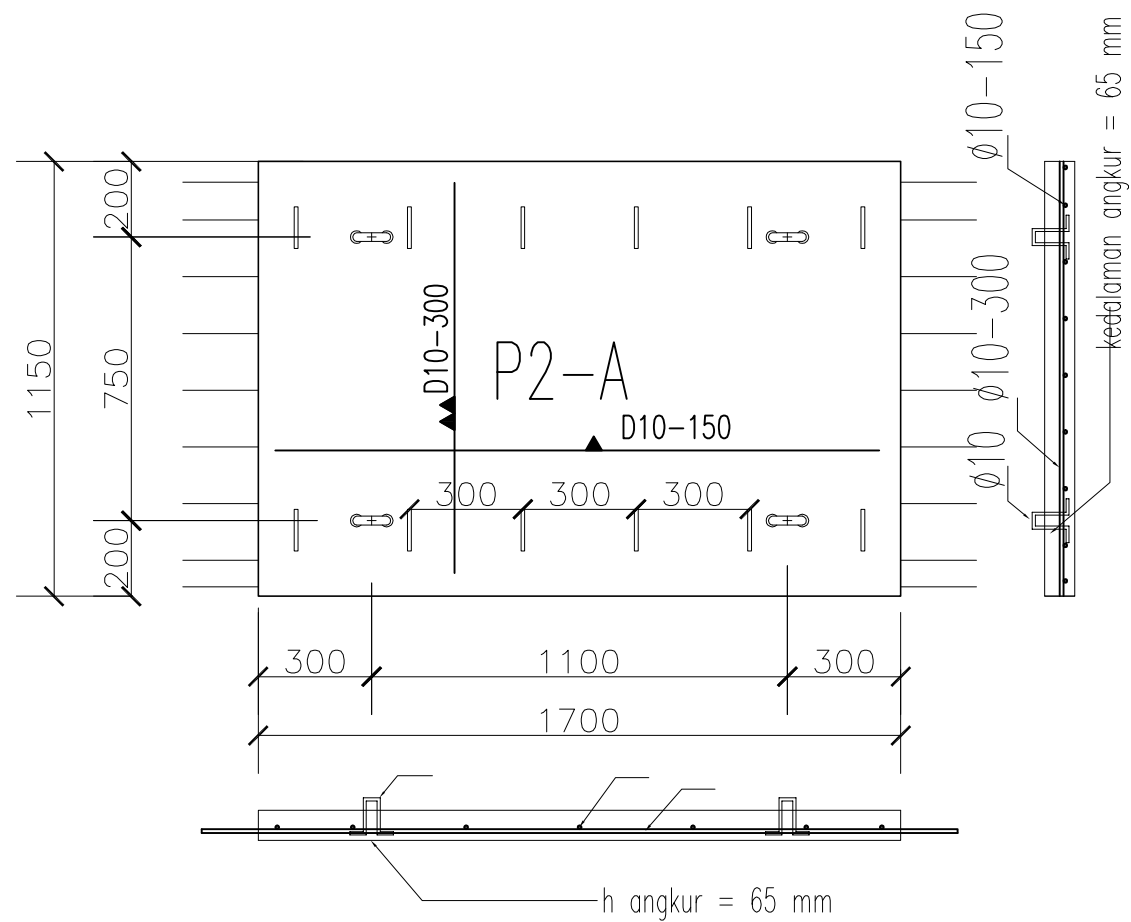
DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK P2

KODE

NOMOR

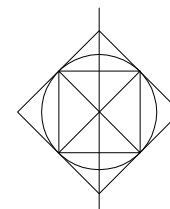
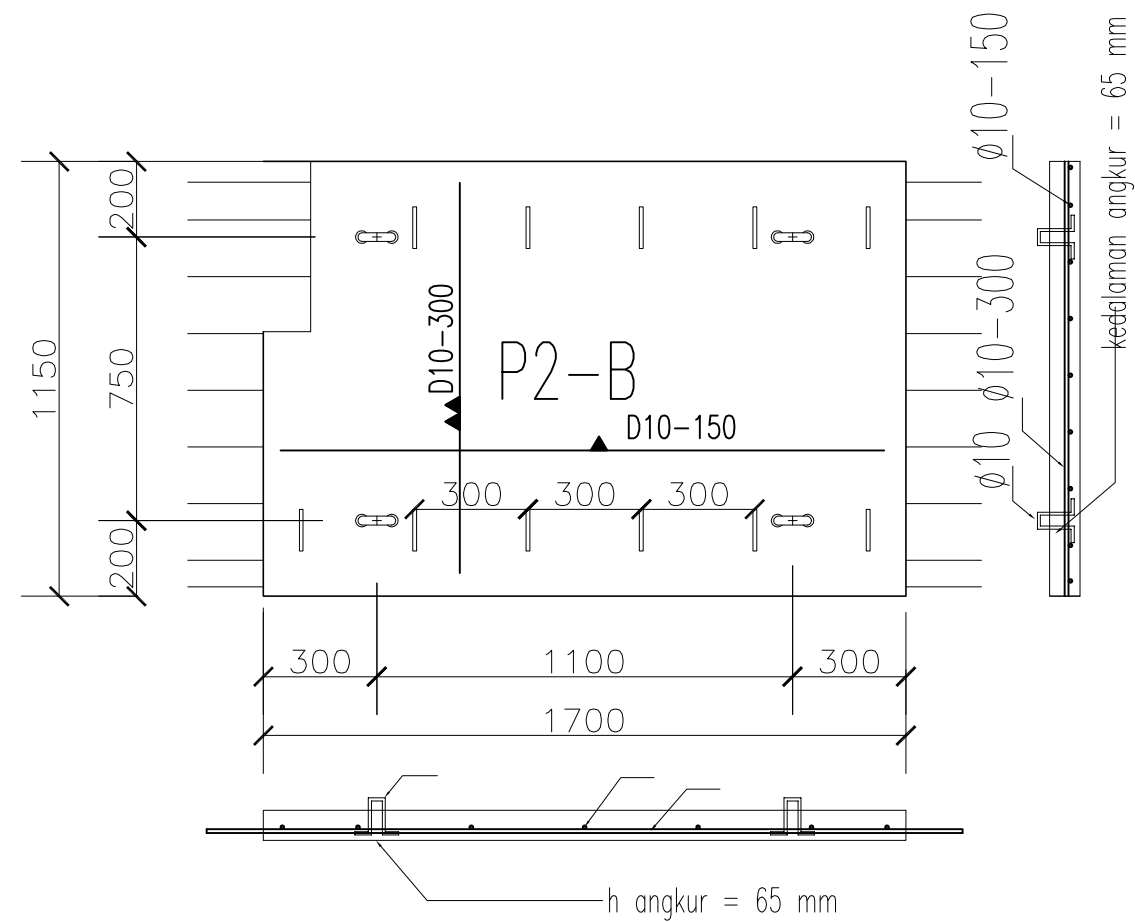
STR

20



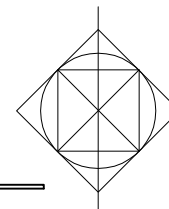
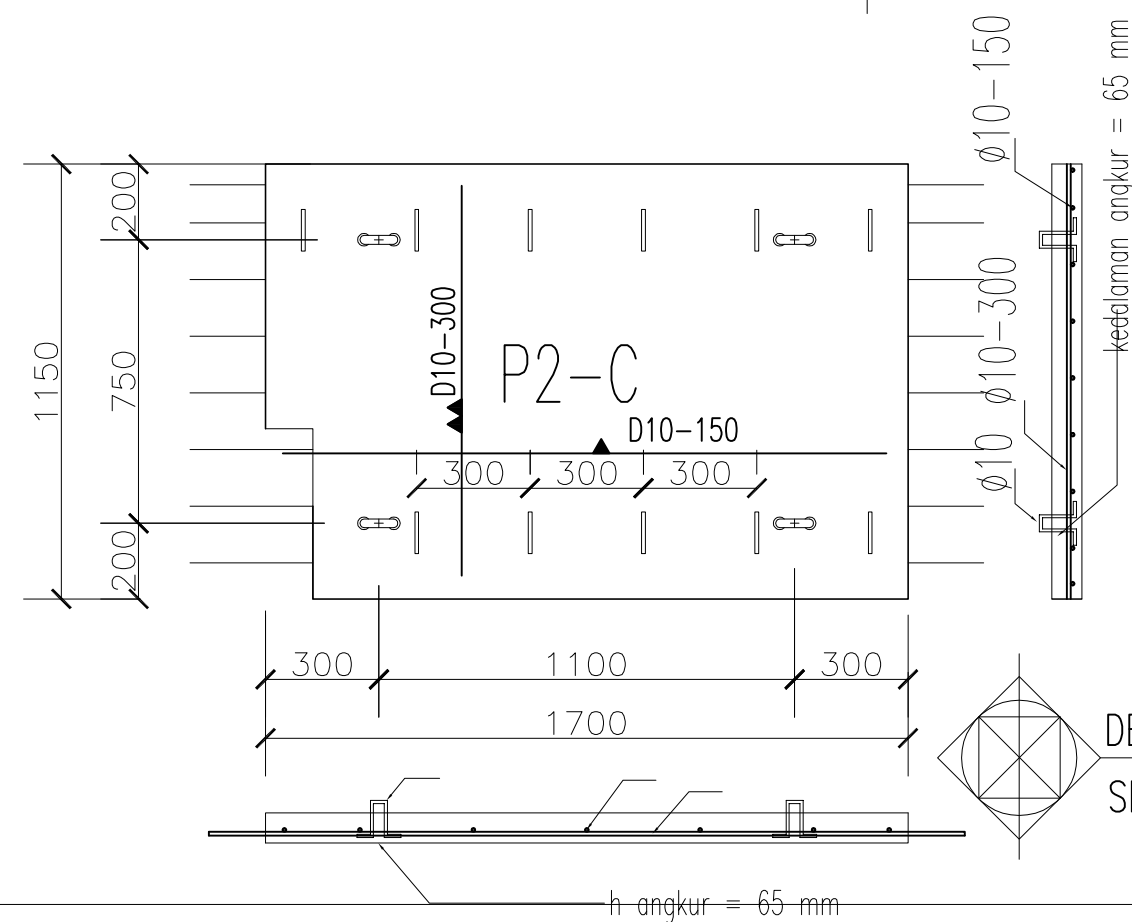
DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P2-A

SKALA 1 : 20



DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P2-B

SKALA 1 : 20



DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P2-C

SKALA 1 : 20

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

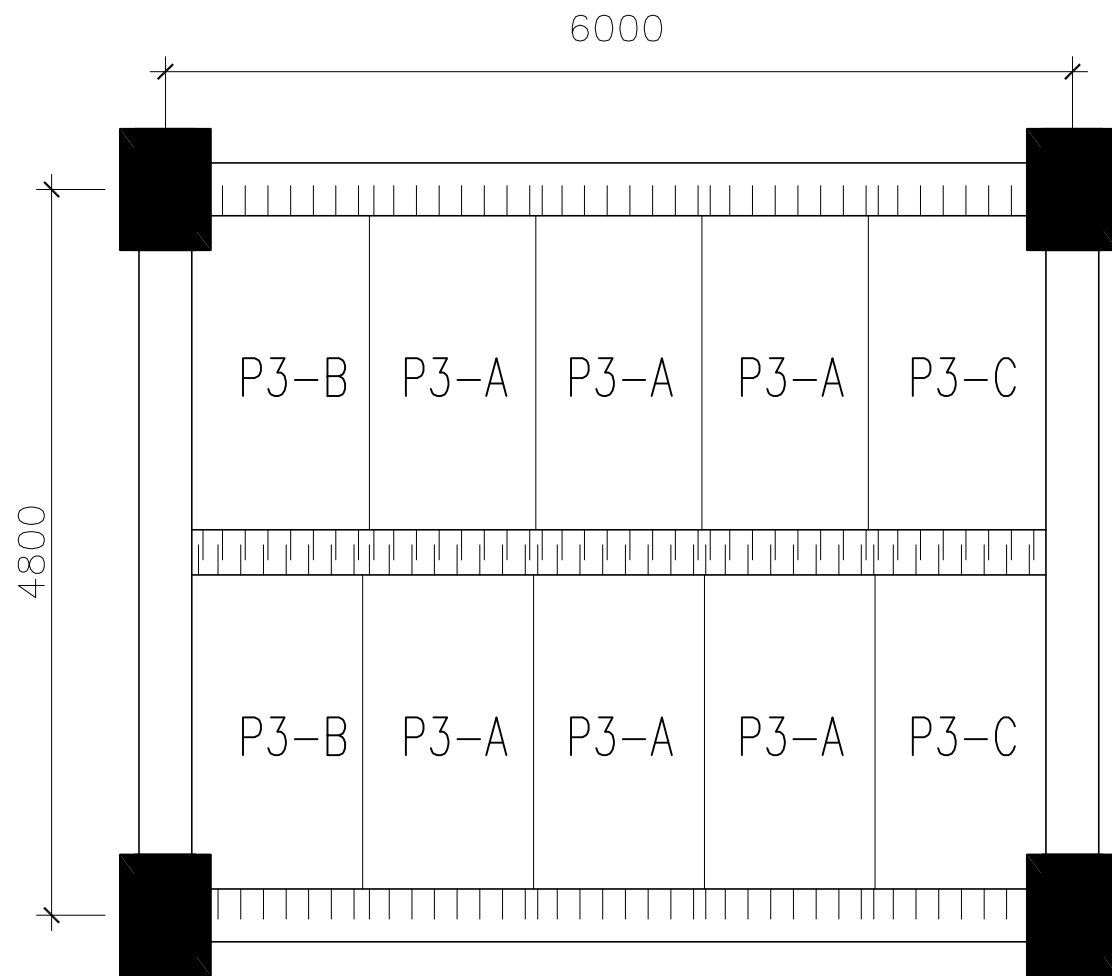
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

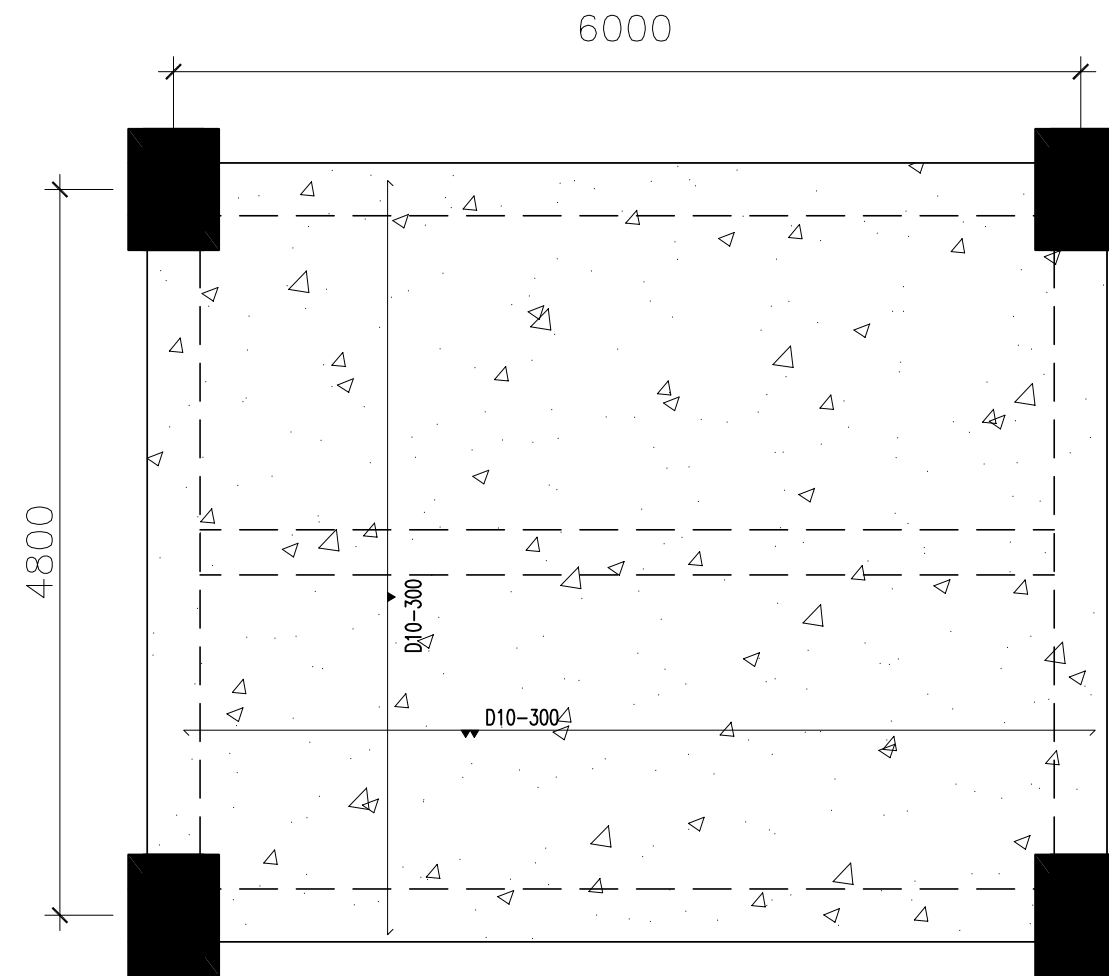
SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT P3



 DENAH PELAT P3  
SKALA 1 : 50



 PENULANGAN OVERTOPPING PLAT P3  
SKALA 1 : 50

TIPE PELAT		Tebal Pracetak (mm)	Tebal Selimut (mm)	Tebal Overtopping (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat Plat (kg)	Jumlah perantai	Total (13 Lantai)
P3	P3-A	80	20	60	1100	2100	443.52	54	702
	P3-B							18	234
	P3-C							18	234

KODE	NOMOR
STR	21

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

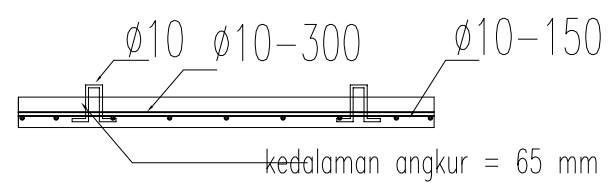
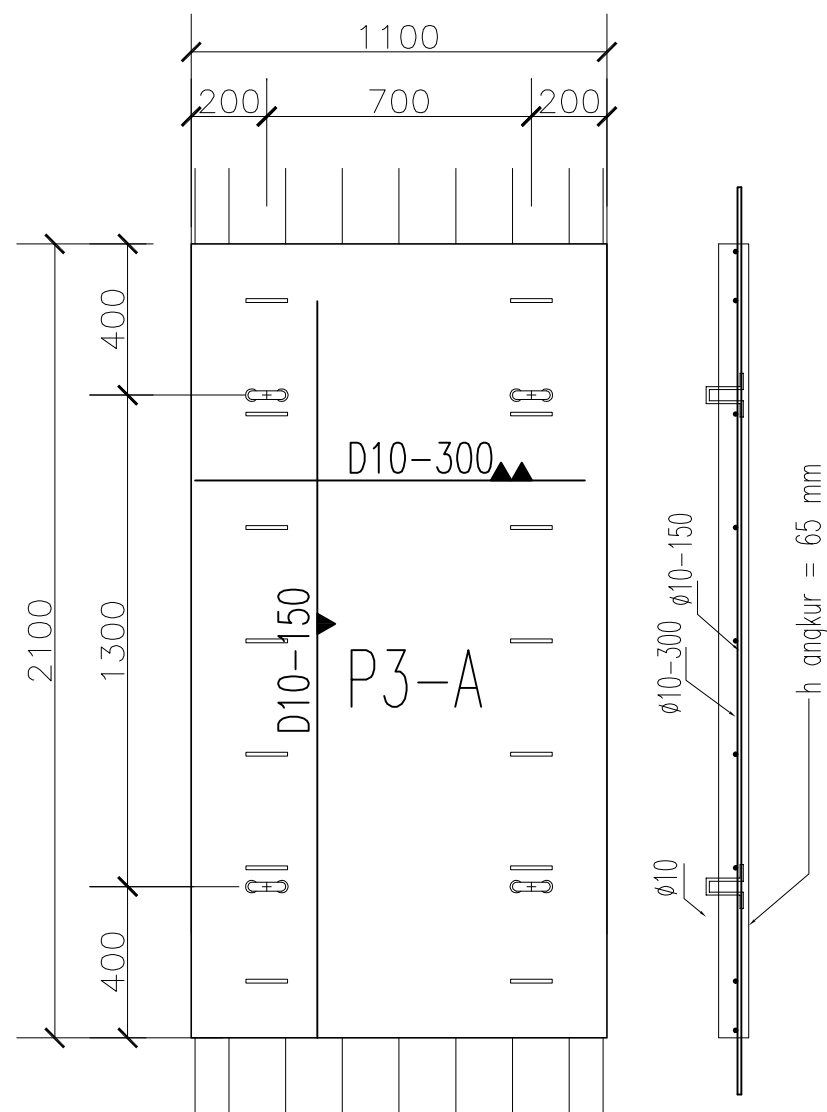
DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK P3

KODE

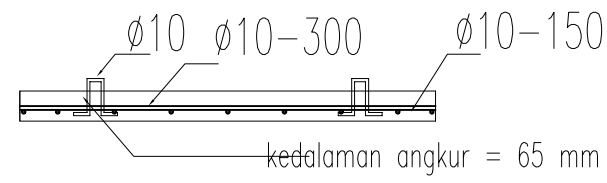
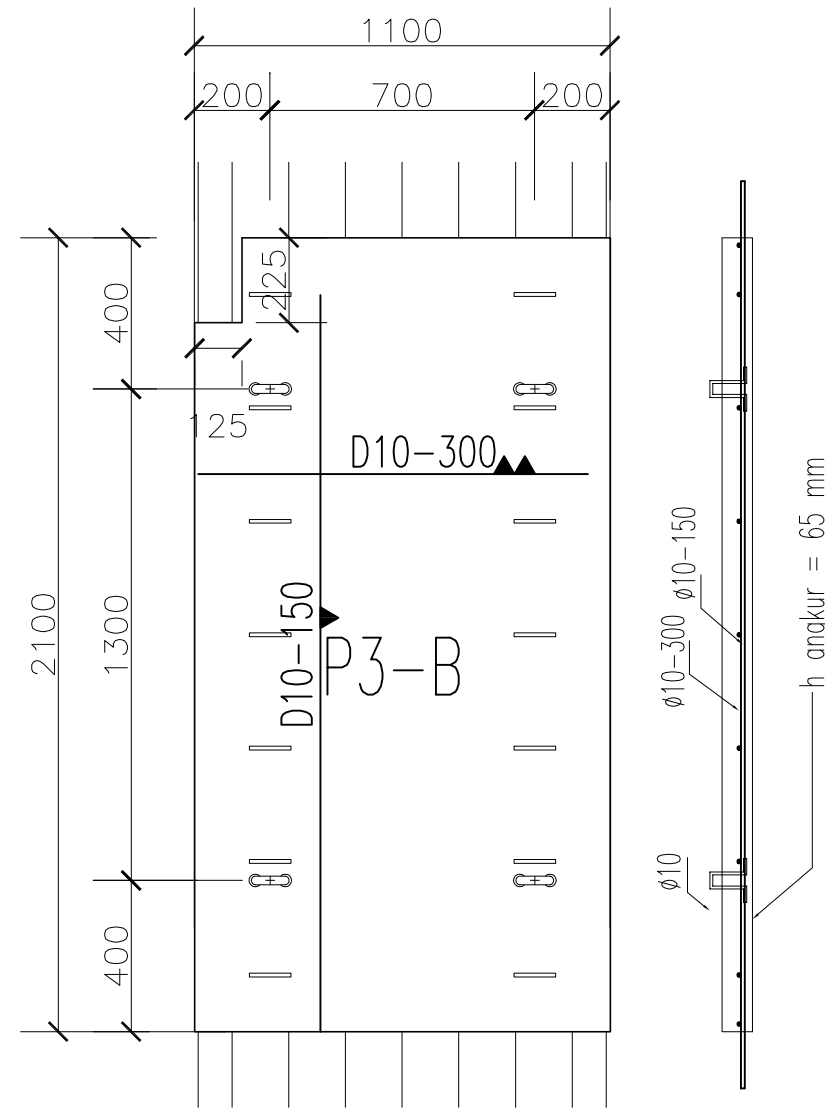
NOMOR

STR

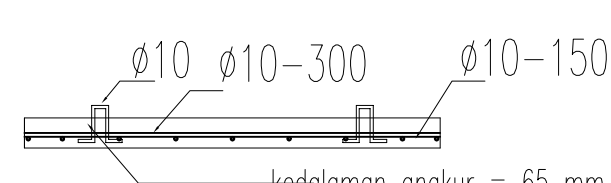
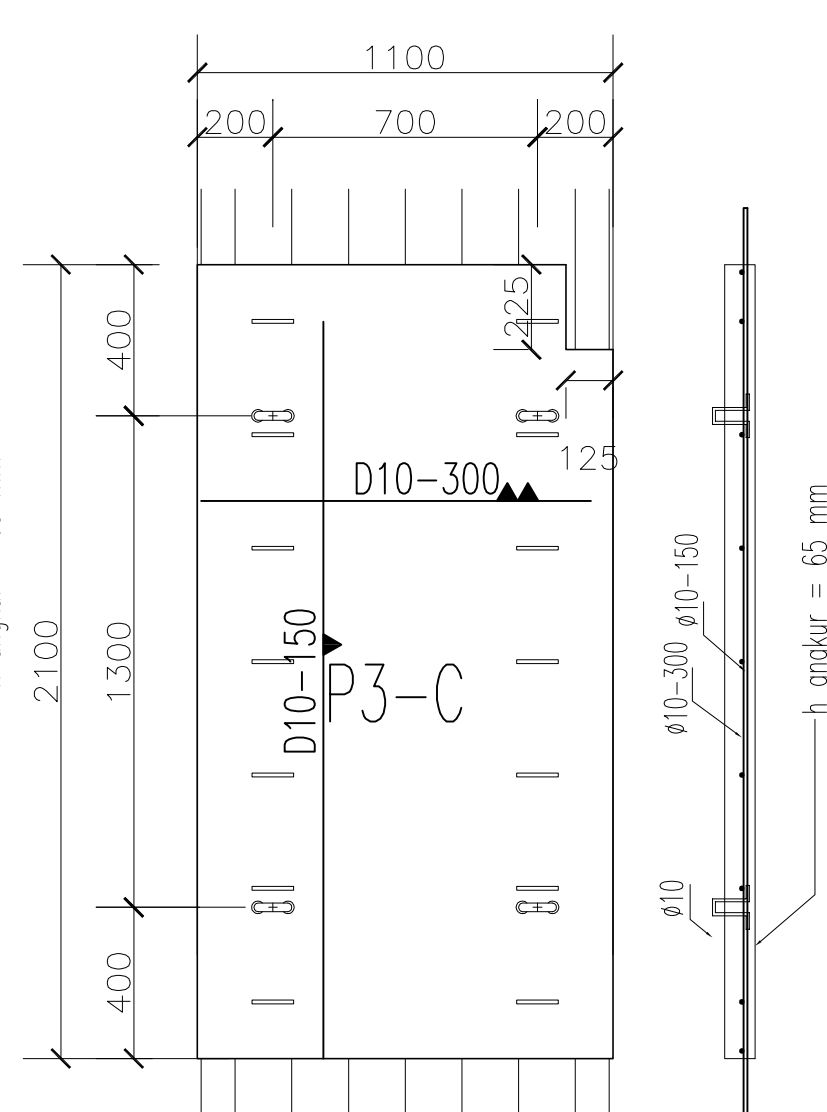
22



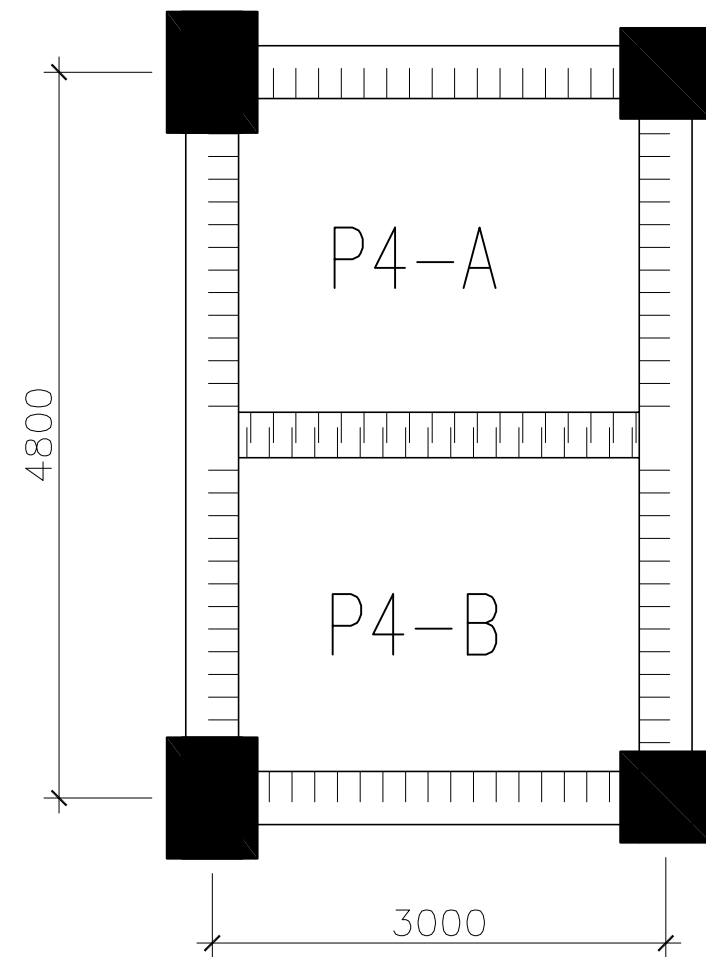
DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P3-A  
SKALA 1 : 20



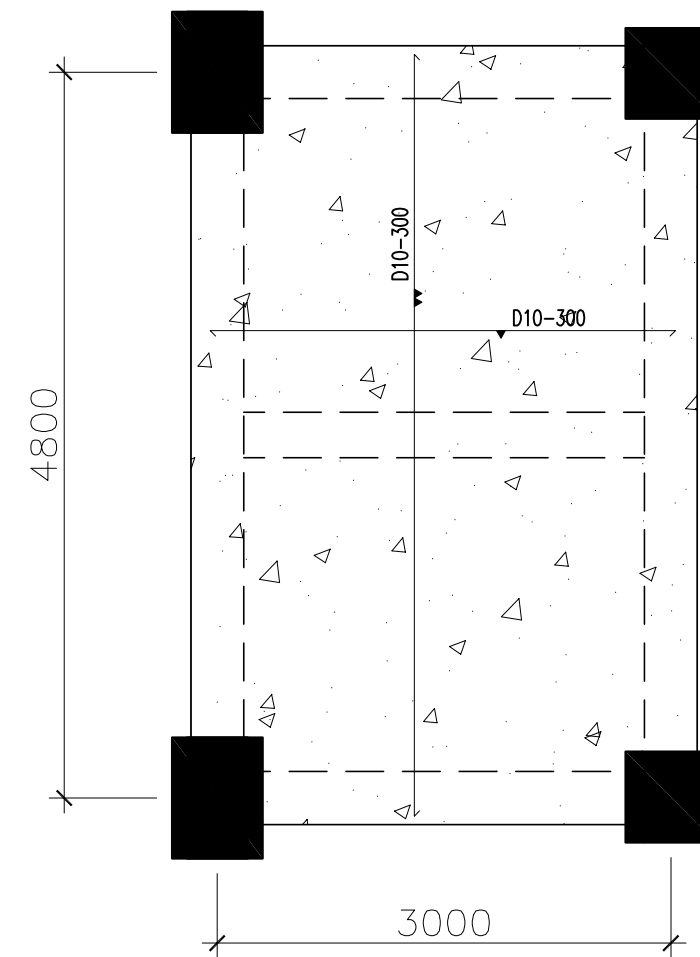
DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P3-B  
SKALA 1 : 20

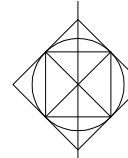


DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P3-C  
SKALA 1 : 20



 DENAH PELAT P4  
SKALA 1 : 50



 PENULANGAN OVERTOPPING PLAT P4  
SKALA 1 : 50

TIPE PELAT		Tebal Pracetak (mm)	Tebal Selimut (mm)	Tebal Overtopping (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat Plat (kg)	Jumlah perantai	Total (13 Lantai)
P4	P4-A	80	20	60	2075	2650	1055.76	3	39
	P4-B							3	39

KODE	NOMOR
STR	23

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

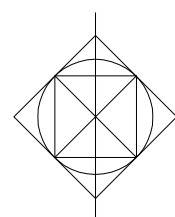
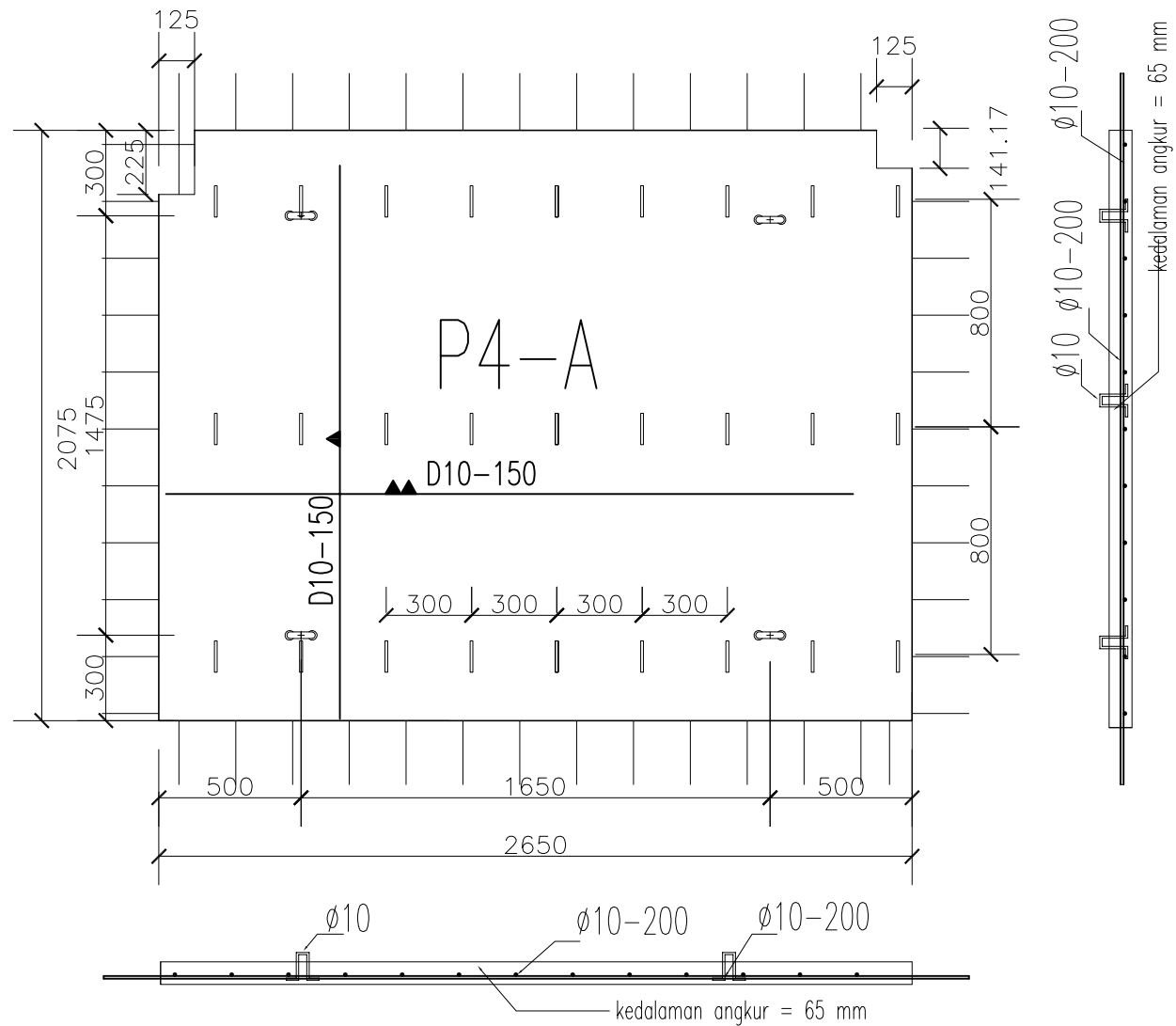
DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK P4

KODE

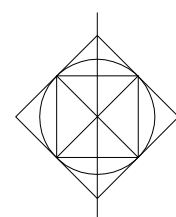
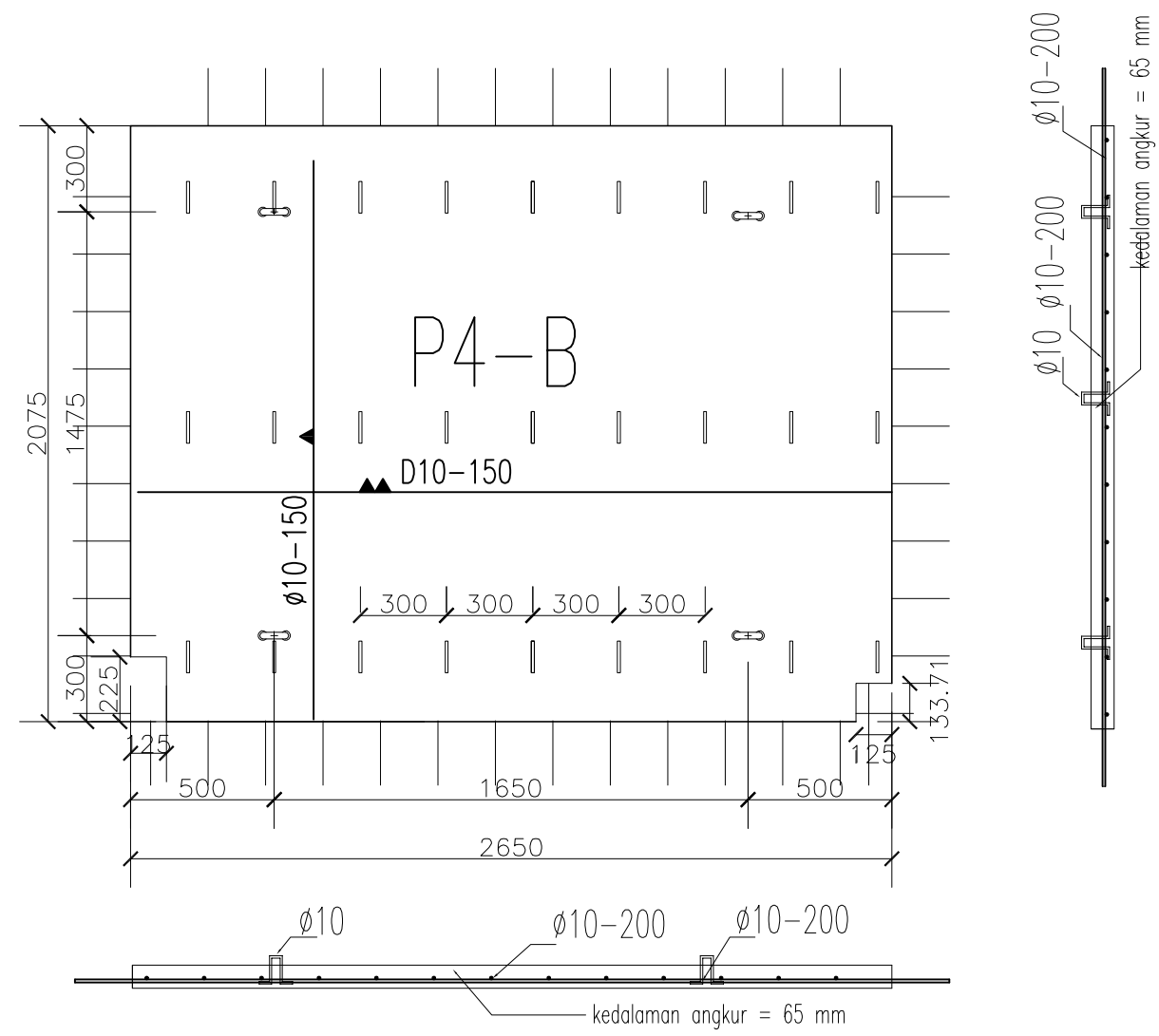
STR

NOMOR

24



DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P4-A  
SKALA 1 : 25



DETAIL PENULANGAN PLAT PRACETAK P4-B  
SKALA 1 : 25

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

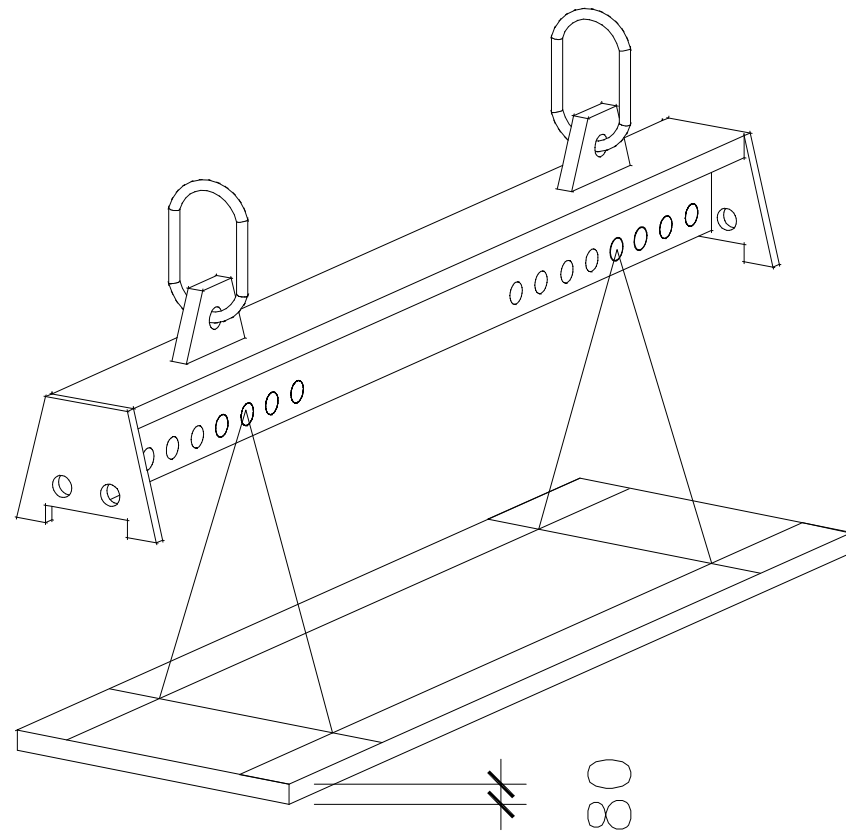
PELAKSANAAN PELAT  
PRACETAK


KODE

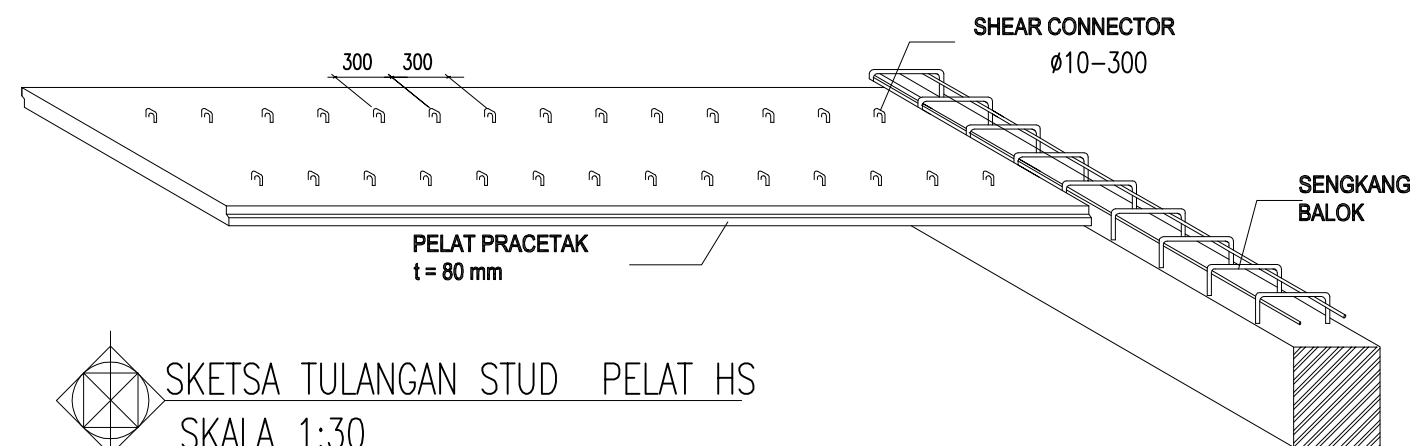
STR

NOMOR

25



 TITIK PENGANGKATAN PELAT HS  
SKALA 1:30



 SKETSA TULANGAN STUD PELAT HS  
SKALA 1:30



CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

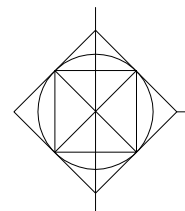
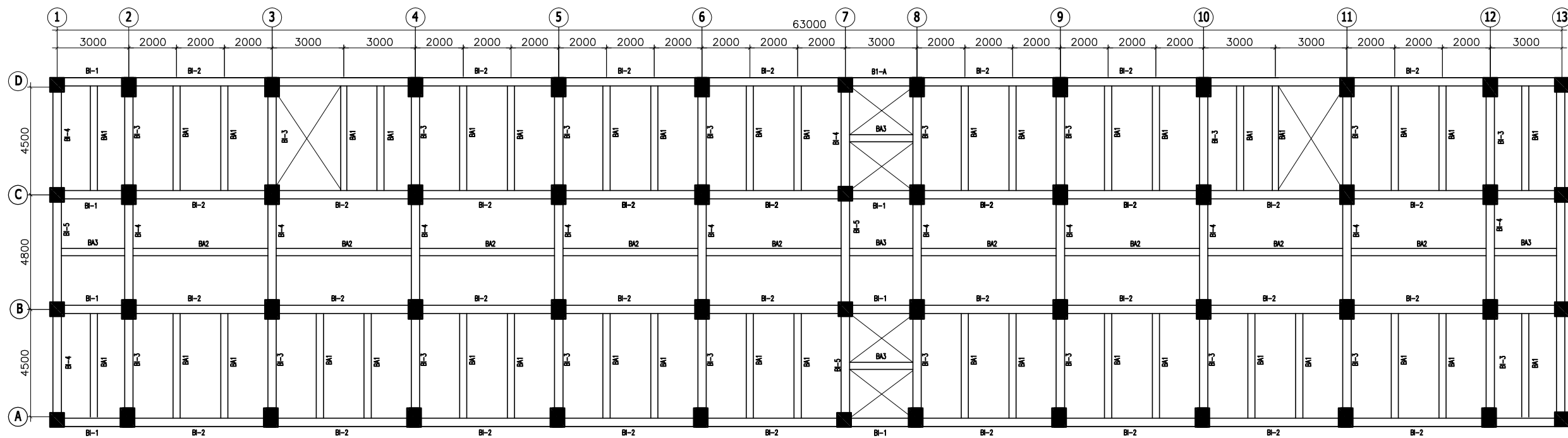
DENAH TYPICAL BALOK  
LT.2 – LT.13

KODE

NOMOR

STR

26



DENAH TYPICAL BALOK LT.2 ELV.+4.00 – LT.13 ELV +36.00

SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

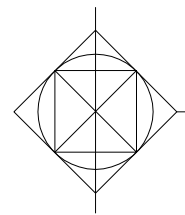
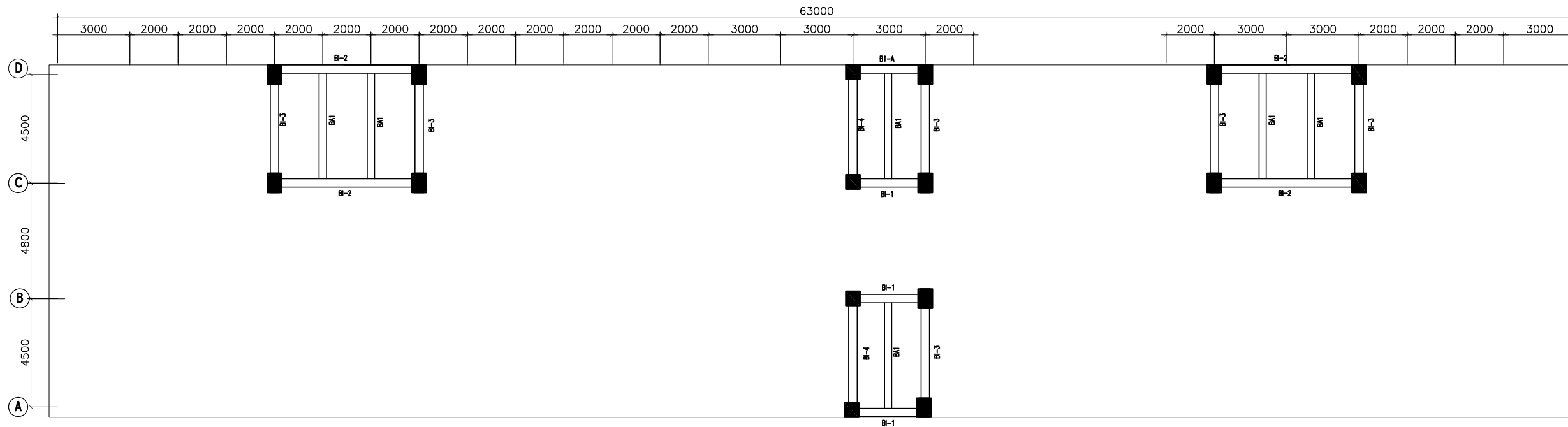
DENAH BALOK ROOFTOP

KODE

NOMOR

STR

27



DENAH BALOK PRACETAK ROOFTOP

SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

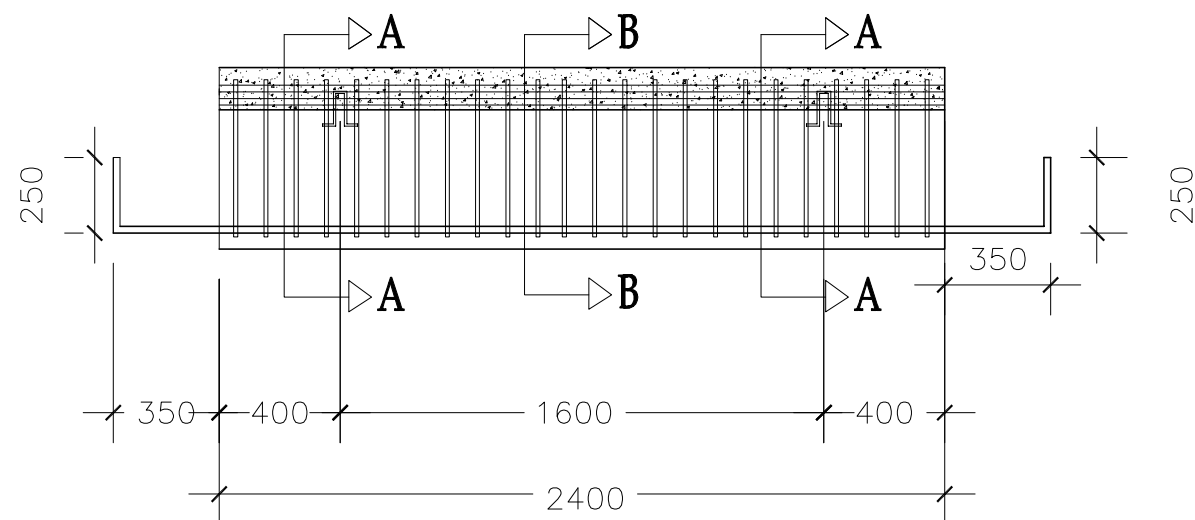
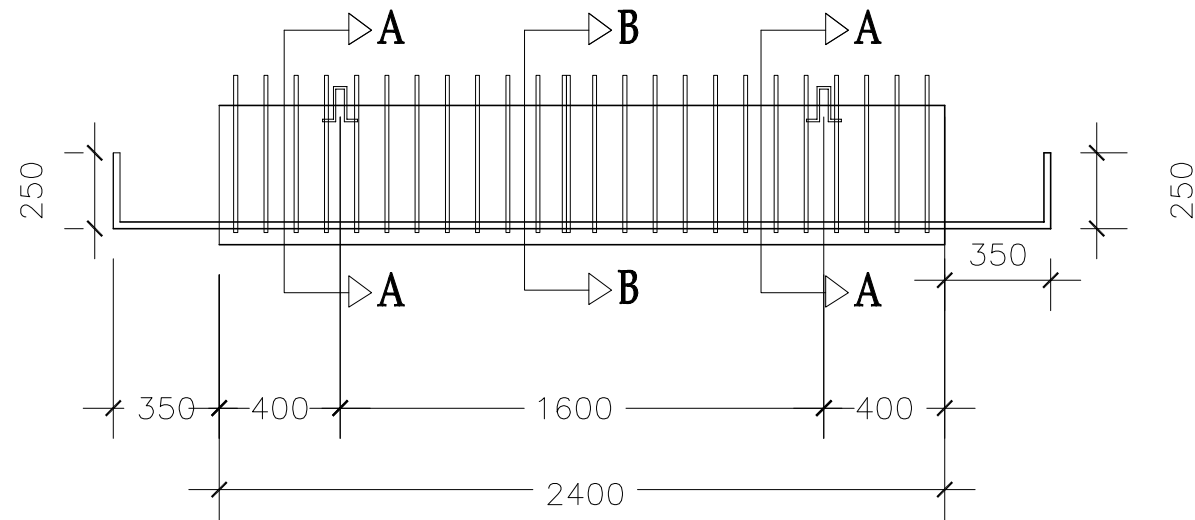
SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063


JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK BI-1

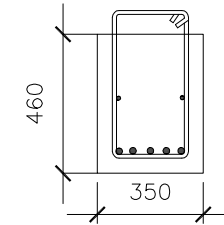
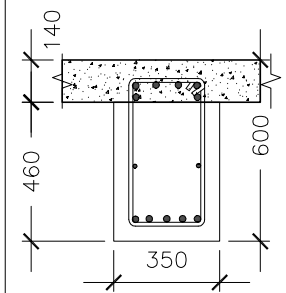
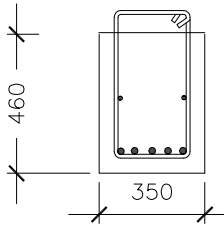
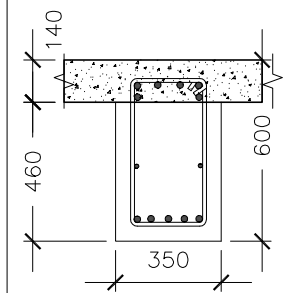
KODE                      NOMOR

STR                        28



 **DETAIL PENULANGAN BALOK BI-1**  
SKALA 1:25

**TABEL PENULANGAN BALOK BI-1**

POTONGAN	POT A-A		POT B-B	
	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT
SKETSA				
KETERANGAN				
PENAMPANG	350 mm x 500 mm		350 mm x 500 mm	
DEKING	50 mm		50 mm	
ATAS		6 D22		6 D22
TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
BAWAH	5 D22	5 D22	5 D22	5 D22
SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 100	2D13 - 100	2D13 - 100

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

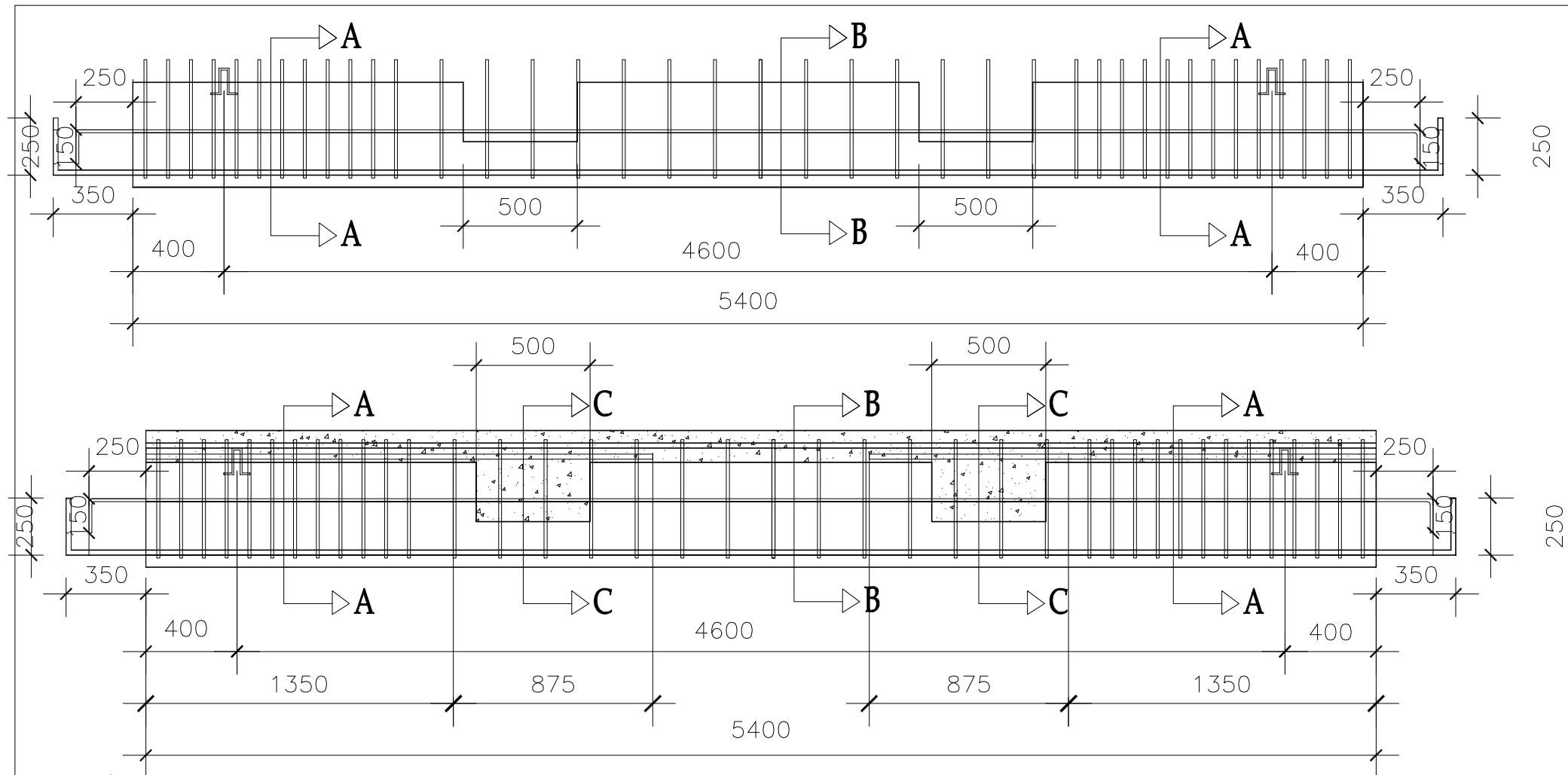
DETAIL PENULANGAN  
BALOK BI-2

KODE

NOMOR

STR

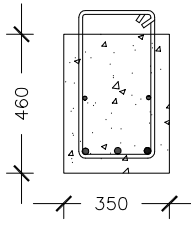
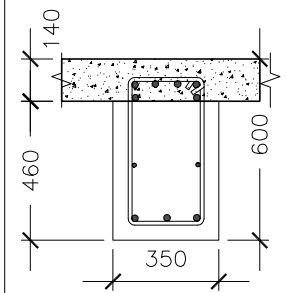
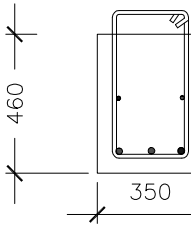
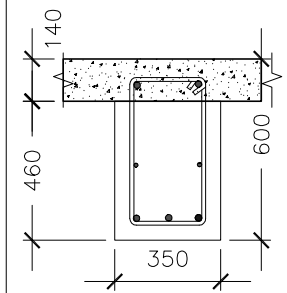
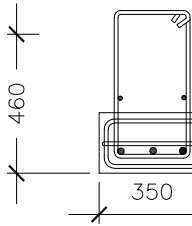
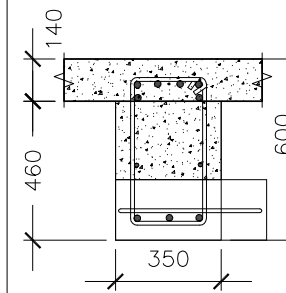
29



DETAIL PENULANGAN BALOK BI-2

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

POTONGAN	POT A-A		POT B-B		POT C-C	
	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT
SKETSA						
KETERANGAN						
PENAMPANG	350 mm x 500 mm		350 mm x 500 mm		350 mm x 500 mm	
DEKING			50 mm		50 mm	
ATAS		6 D22		2 D22		6 D22
TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
BAWAH	2 D22	2 D22	2 D22	3 D22	2 D22	4 D22
	2D13 - 100	2D13 - 100	2D13 - 150	2D13 - 150	2D13 - 150	2D13 - 150

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

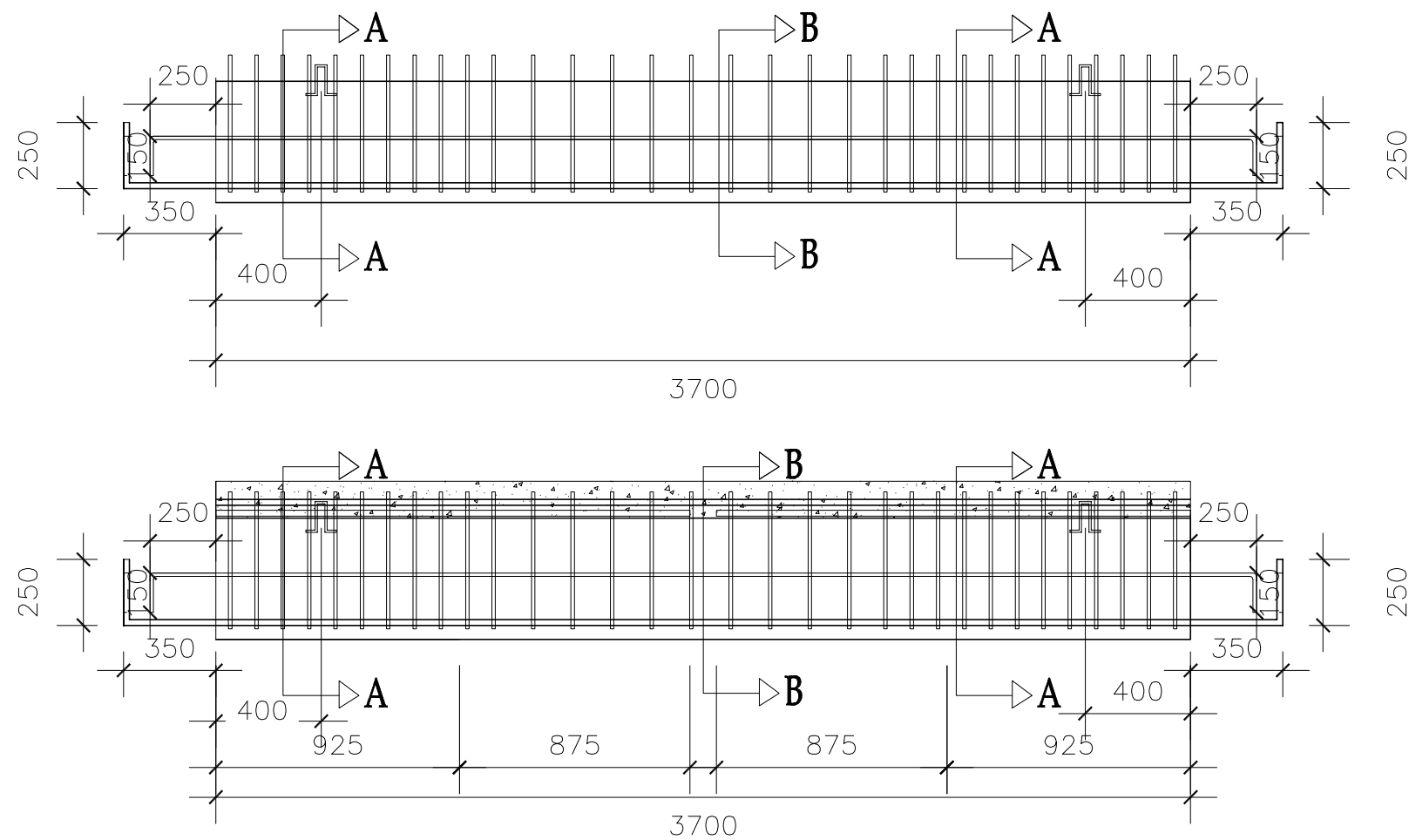
DETAIL PENULANGAN  
BALOK BI-3

KODE

NOMOR

STR

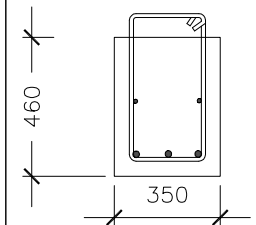
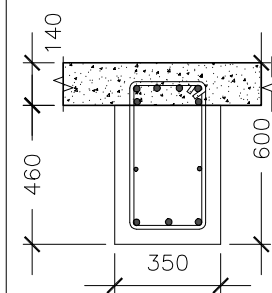
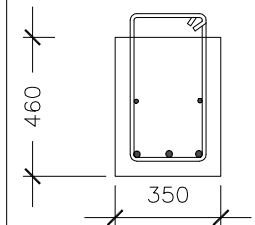
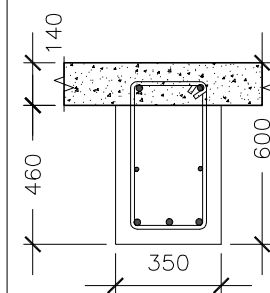
30



DETAIL PENULANGAN BALOK BI-3

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

POTONGAN	POT A-A		POT B-B		
	KONDISI	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT
SKETSA					
KETERANGAN	PENAMPANG		PENAMPANG		
	350 mm x 500 mm		350 mm x 500 mm		
	DEKING		DEKING		
	50 mm		50 mm		
	ATAS	6 D22		2 D22	
	TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	
	BAWAH	3 D22	3 D22	3 D22	
	SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 100	2D13 - 150	2D13 - 150

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

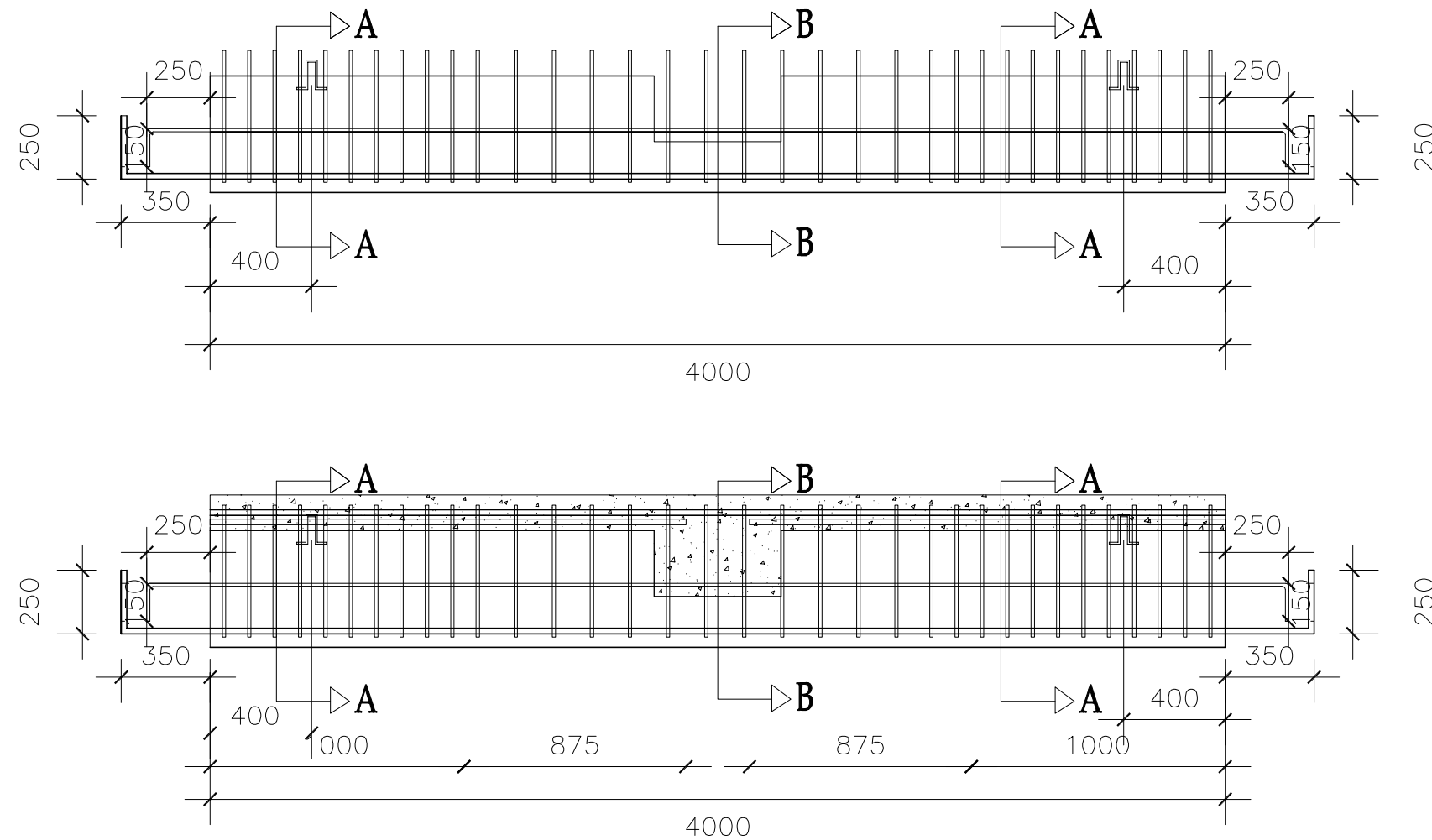
DETAIL PENULANGAN  
BALOK BI-4

KODE

NOMOR

STR

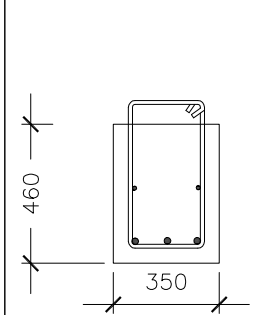
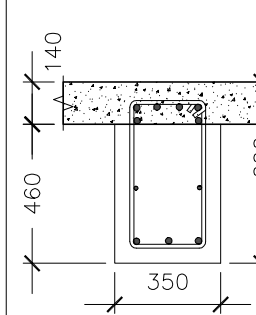
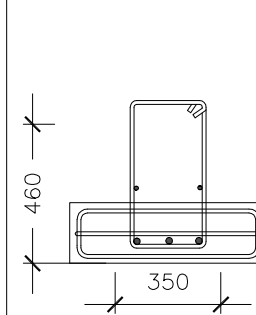
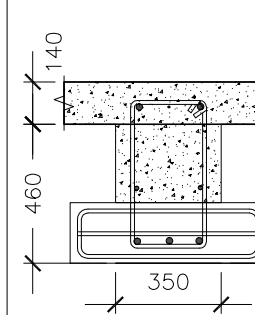
31



DETAIL PENULANGAN BALOK BI-4

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

POTONGAN	POT A-A		POT B-B	
	PENANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT	PENANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT
SKETSA				
KETERANGAN				
PENAMPANG	350 mm x 500 mm		350 mm x 500 mm	
DEKING	50 mm		50 mm	
ATAS		6 D22		2 D22
TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
BAWAH	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22
SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 100	2D13 - 150	2D13 - 150

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

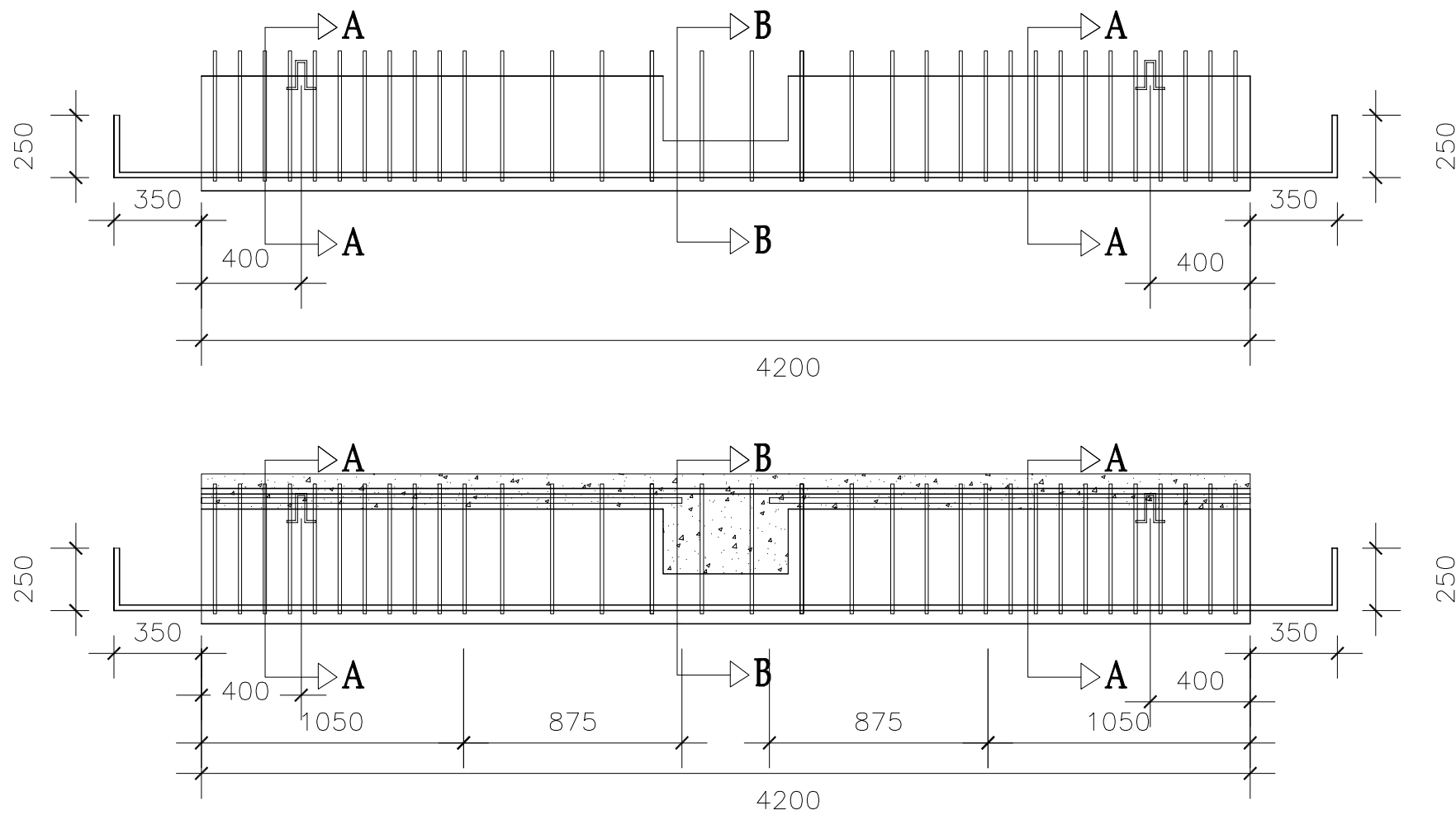
DETAIL PENULANGAN  
BALOK BI-5

KODE

NOMOR

STR

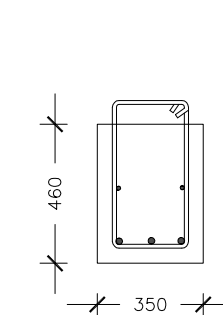
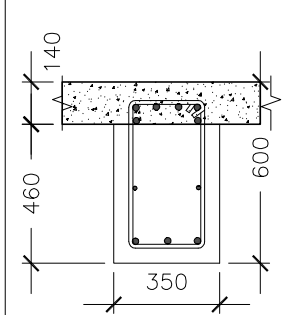
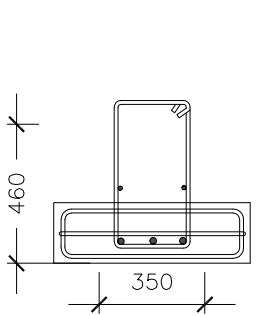
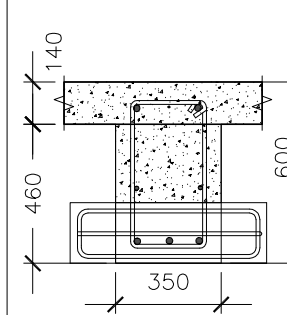
32



DETAIL PENULANGAN BALOK BI-5

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK BI-2

POTONGAN	PDT A-A		PDT B-B	
	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT
SKETSA				
KETERANGAN				
PENAMPANG	350 mm x 500 mm		350 mm x 500 mm	
DEKING	50 mm		50 mm	
ATAS		6 D22		2 D22
TENGAH	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13
BAWAH	2 D22	3 D22	3 D22	3 D22
SENGKANG	2D13 - 100	2D13 - 100	2D13 - 150	2D13 - 150

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

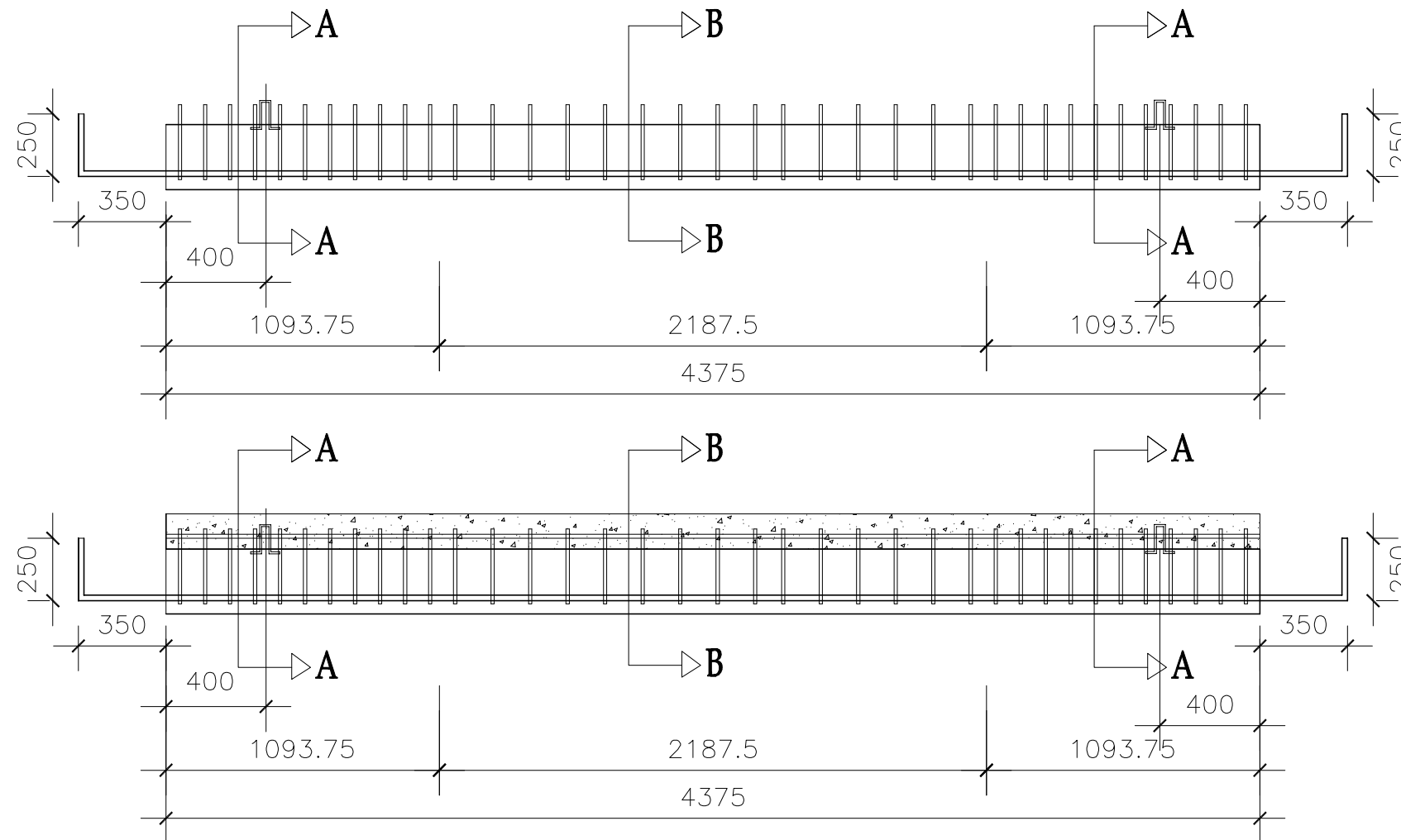
SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK BA-1

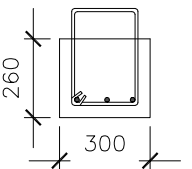
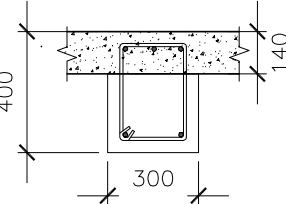
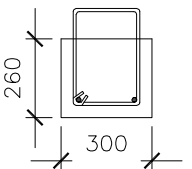
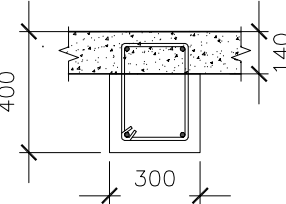
KODE            NOMOR

STR            33



 **DETAIL PENULANGAN BALOK BA-1**  
SKALA 1:25

**TABEL PENULANGAN BALOK**

POTONGAN	POT A-A		POT B-B	
	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT
SKETSA				
KETERANGAN				
PENAMPANG	300 mm x 400 mm		300 mm x 400 mm	
DEKING	50 mm		50 mm	
ATAS		3 D16		2 D16
TENGAH	-	-	-	-
BAWAH	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 100	2D10 - 150	2D10 - 150



CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

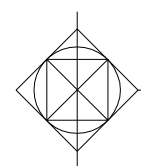
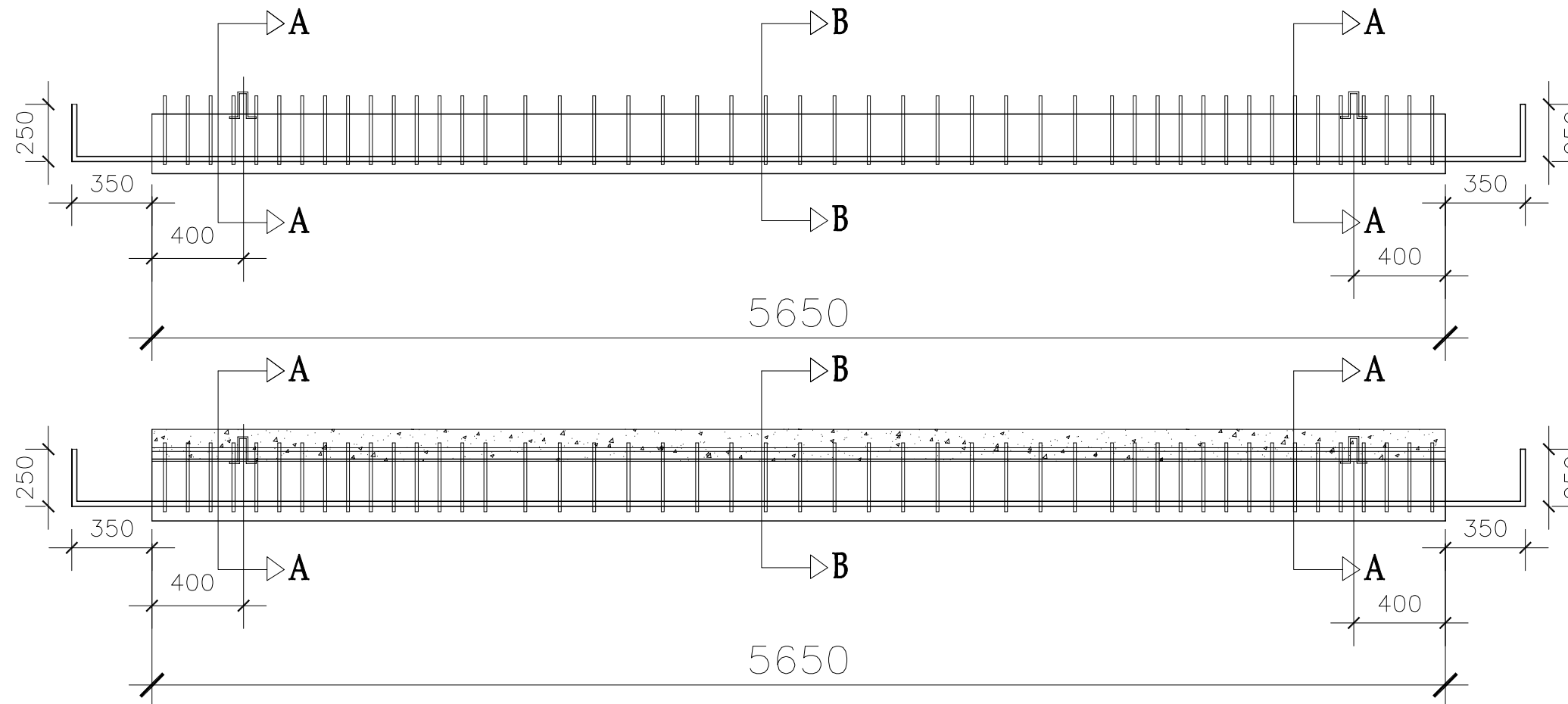
DETAIL PENULANGAN  
BALOK BA-2

KODE

STR

NOMOR

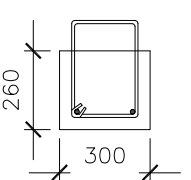
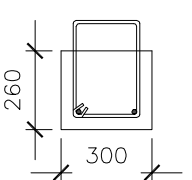
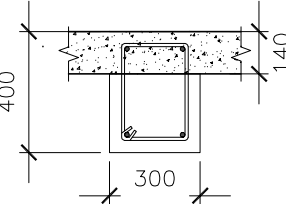
34



DETAIL PENULANGAN BALOK BA-2

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

POTONGAN	POT A-A		POT B-B	
	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT
SKETSA				
KETERANGAN				
PENAMPANG	300 mm x 400 mm		300 mm x 400 mm	
DEKING	50 mm		50 mm	
ATAS		3 D16		2 D16
TENGAH	-	-	-	-
BAWAH	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 100	2D10 - 150	2D10 - 150

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

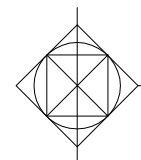
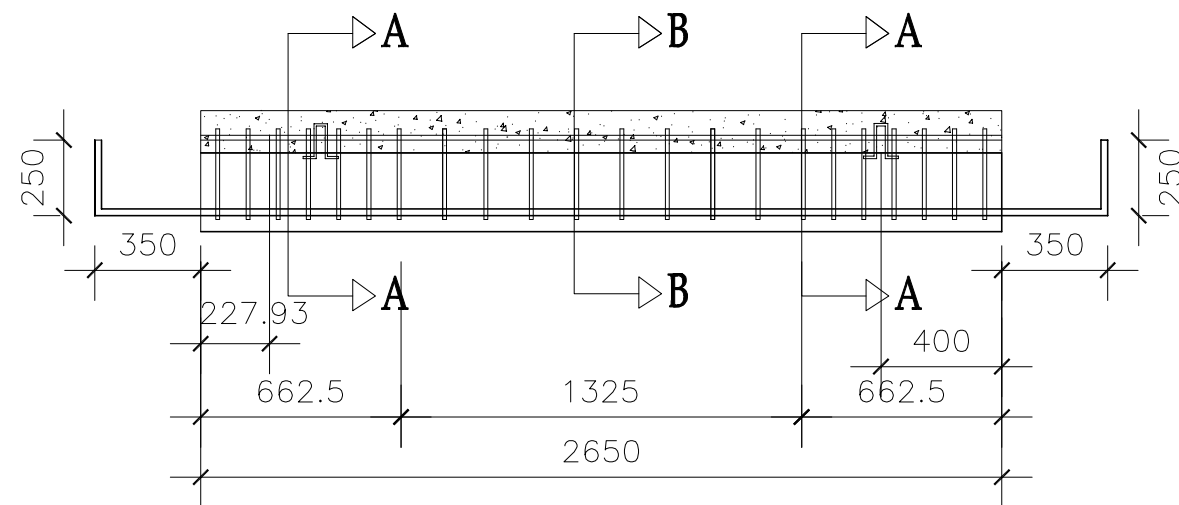
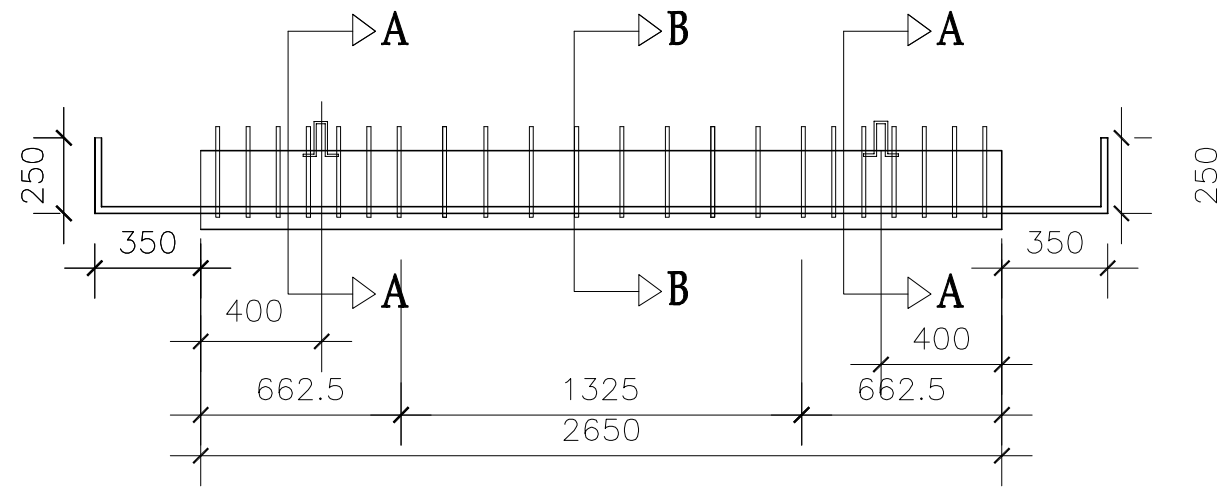
SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK BA-3

KODE      NOMOR

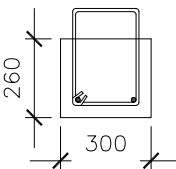
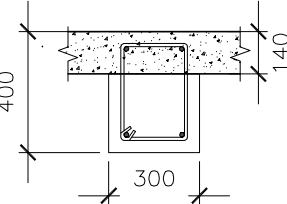
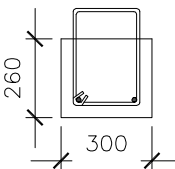
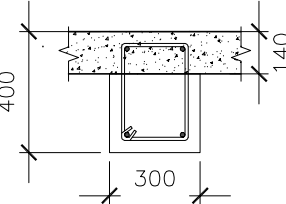
STR      35

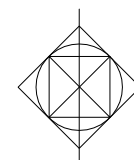
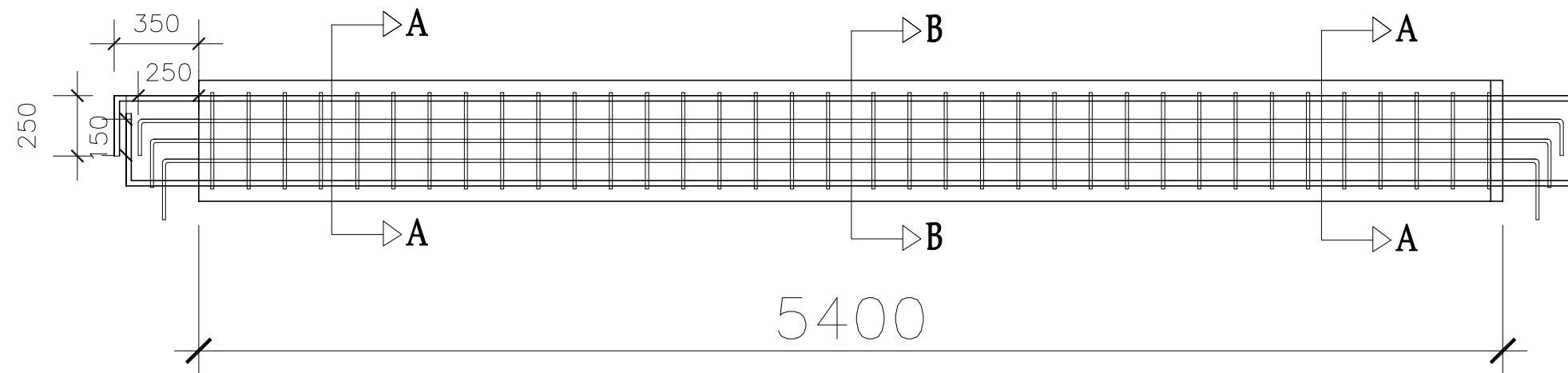


DETAIL PENULANGAN BALOK BA-3

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

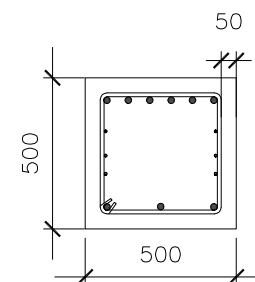
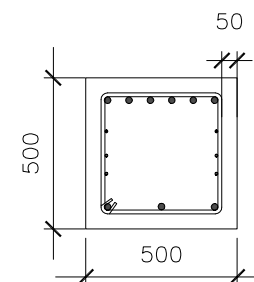
POTONGAN	POT A-A		POT B-B	
	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT	PENGANGKATAN	SETELAH KOMPOSIT
SKETSA				
KETERANGAN				
PENAMPANG	300 mm x 400 mm		300 mm x 400 mm	
DEKING	50 mm		50 mm	
ATAS		2 D16		2 D16
TENGAH	-	-	-	-
BAWAH	2 D16	2 D16	2 D16	2 D16
SENGKANG	2D10 - 100	2D10 - 100	2D10 - 150	2D10 - 150



**DETAIL PENULANGAN BALOK BORDES**

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

POTONGAN	POT A-A	POT B-B
SKETSA		
KETERANGAN		
PENAMPANG	500 mm x 500 mm	500 mm x 500 mm
DEKING	50 mm	50 mm
ATAS	6 D22	6 D22
TENGAH	3 D13	3 D13
BAWAH	3 D22	3 D22
BEGEL	2D13 - 150	2D13 - 150

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

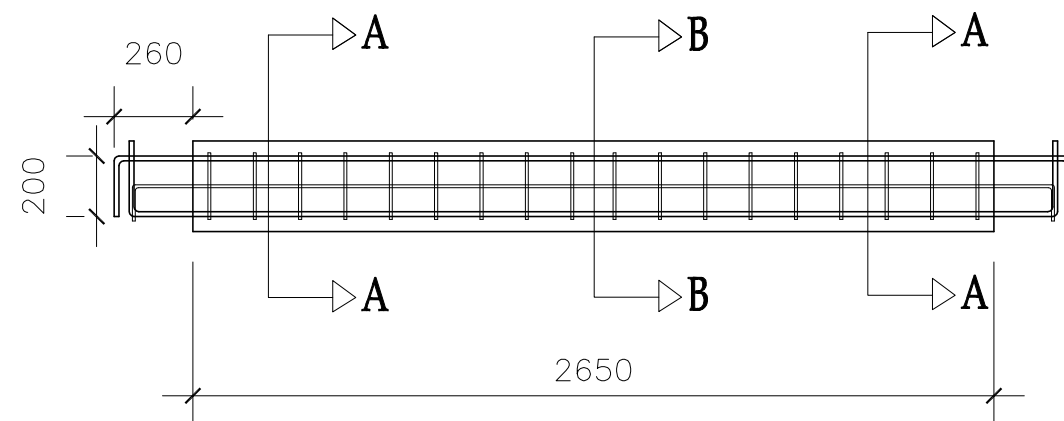
DETAIL PENULANGAN  
BALOK LIFT

KODE

STR

NOMOR

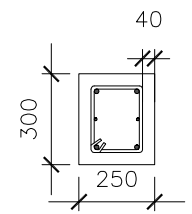
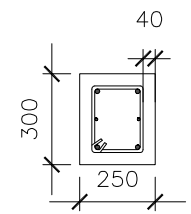
37



### DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

POTONGAN	POT A-A	POT B-B
SKETSA		
KETERANGAN		
PENAMPANG	250 mm x 300 mm	250 mm x 300 mm
DEKING	40 mm	40 mm
ATAS	2 D16	2 D16
TENGAH	2 Ø10	2 Ø10
BAWAH	2 D16	2 D16
BEGEL	2D10 - 150	2D10 - 150

CATATAN

K1=60 X 80 CM  
K2=60 X 60 CM

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

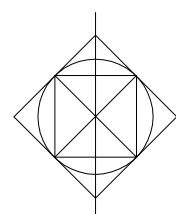
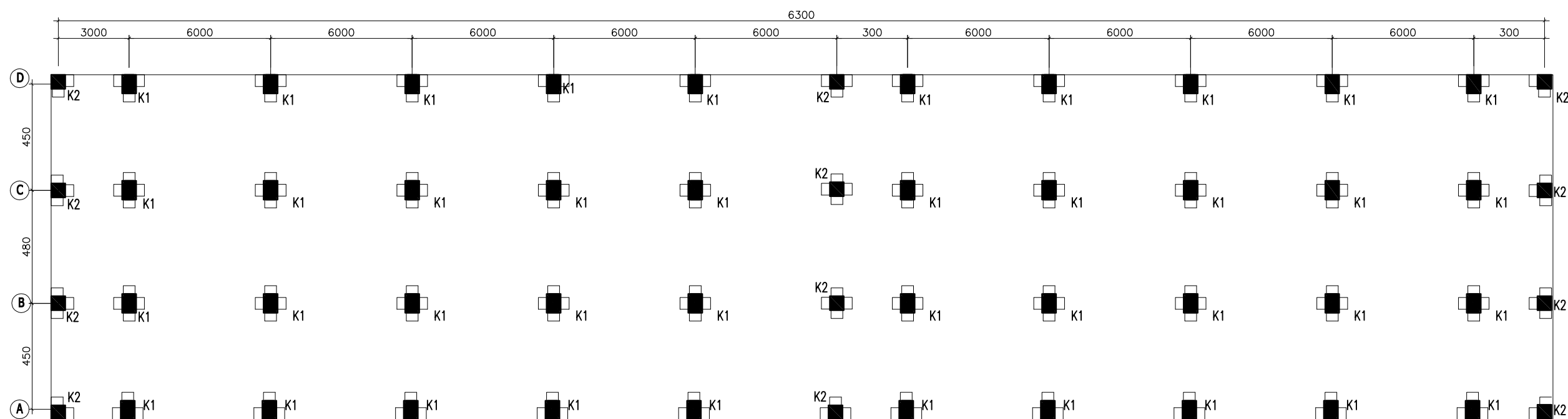
DENAH KOLOM  
LT.1 – LT.13

KODE

STR

NOMOR

38



DENAH KOLOM LT.1-13

SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

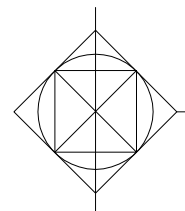
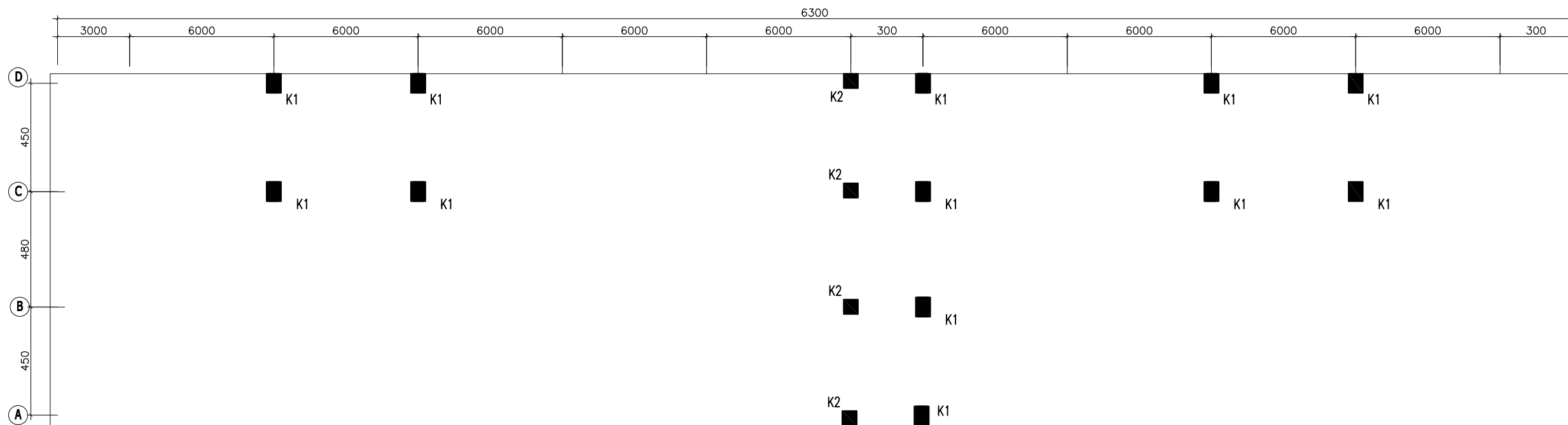
DENAH KOLOM LT.ATAP

KODE

NOMOR

STR

39



DENAH KOLOM LT.ATAP

SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

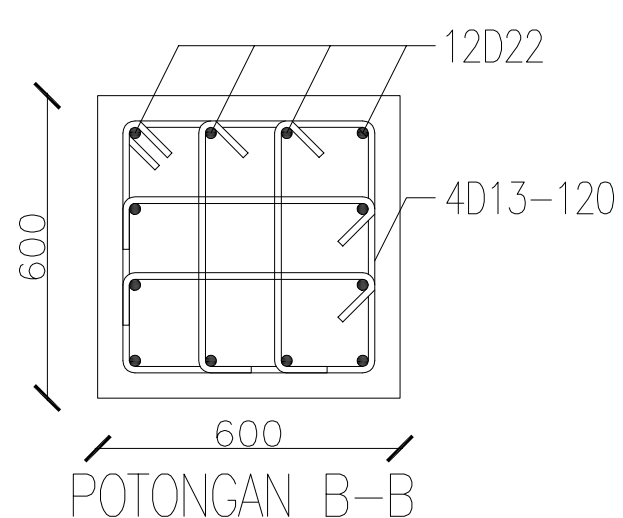
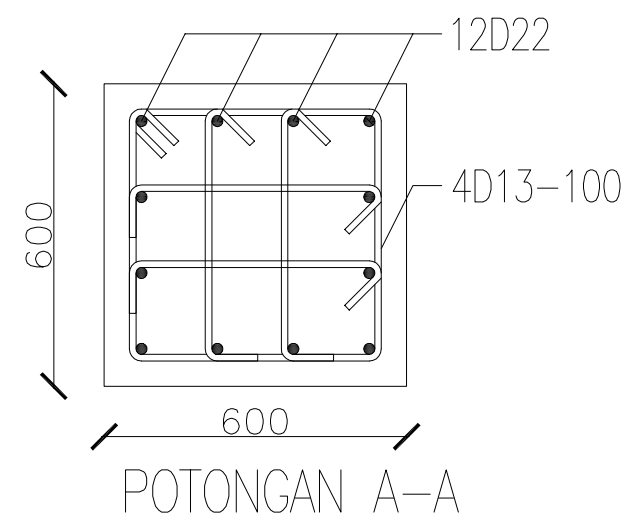
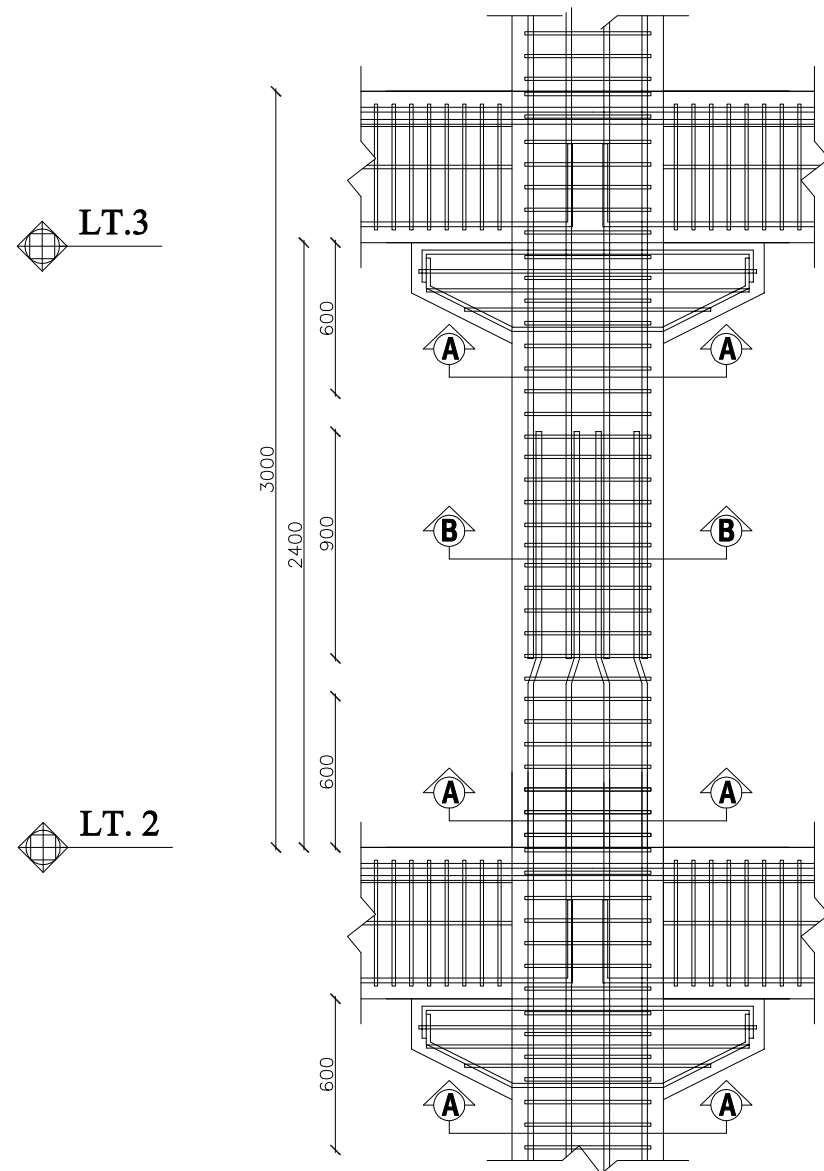
DETAIL PENULANGAN  
KOLOM

KODE

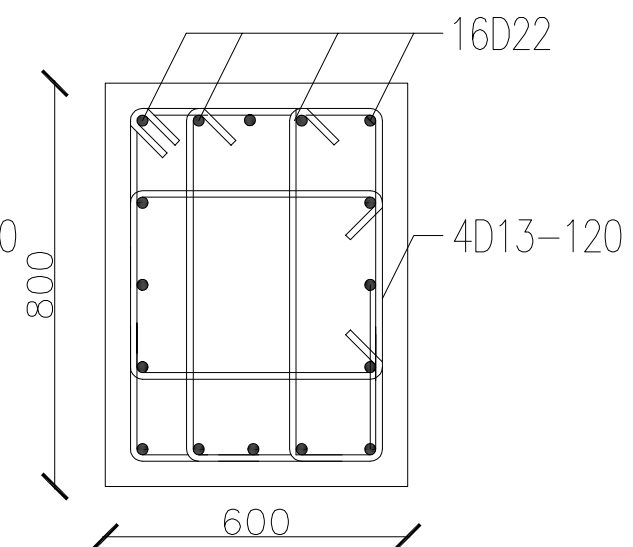
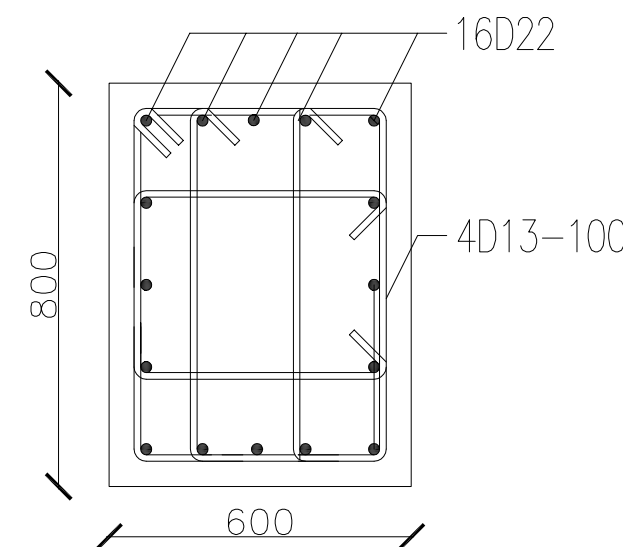
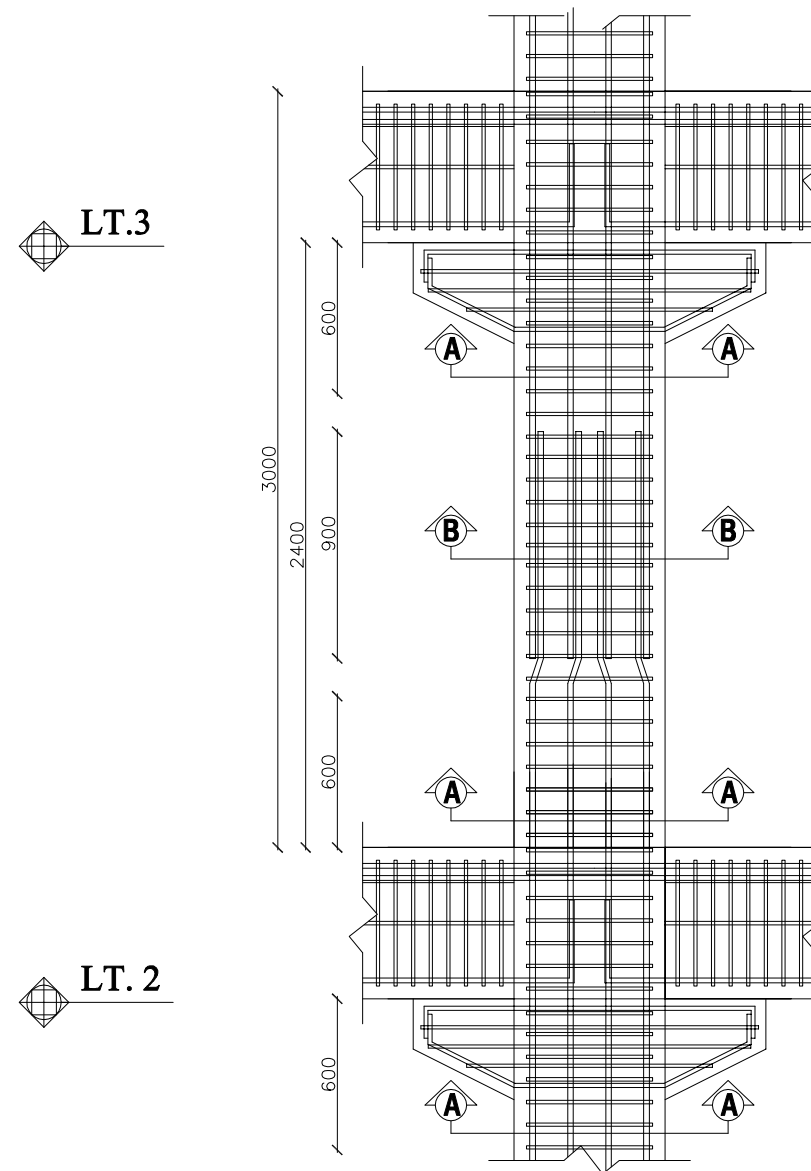
STR

NOMOR

40



DETAIL KOLOM K2  
SKALA 1:30



DETAIL KOLOM K1  
SKALA 1:30

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

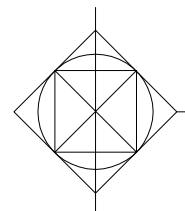
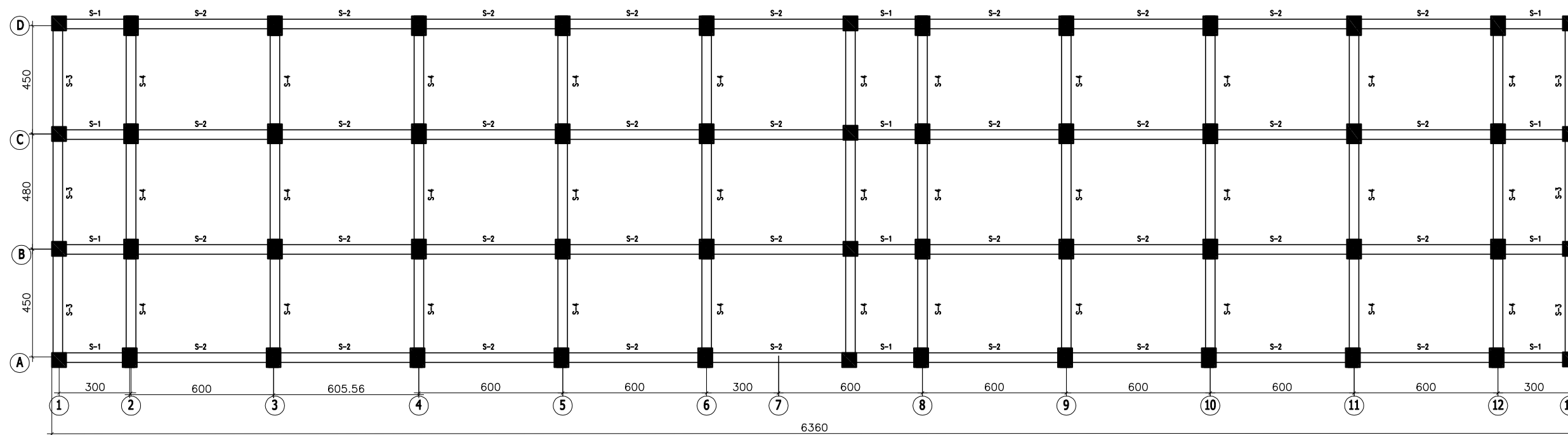
DENAH PONDASI

KODE

NOMOR

STR

41



DENAH SLOOF

SKALA 1:200



CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

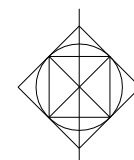
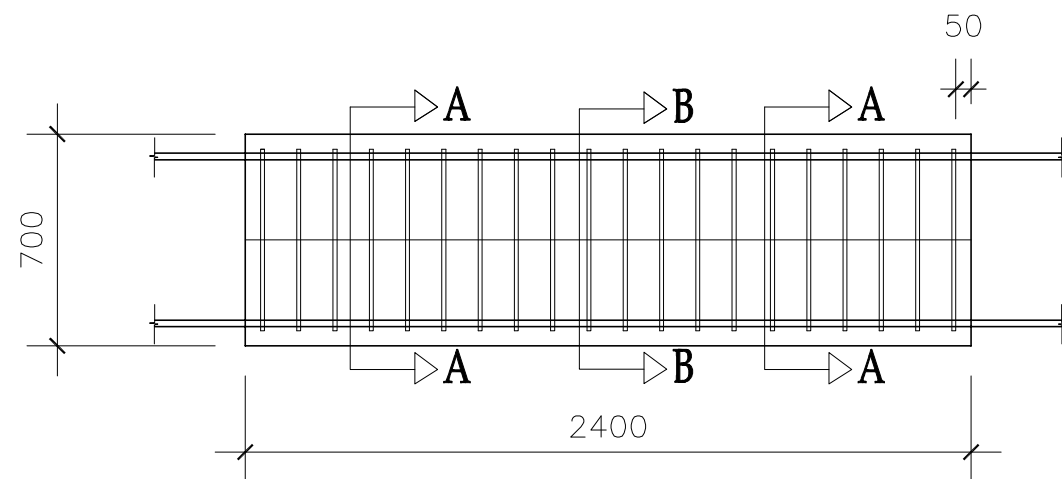
DETAIL PENULANGAN  
BALOK SLOOF S-1

KODE

STR

NOMOR

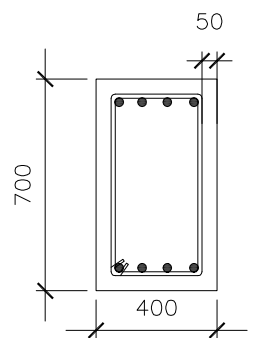
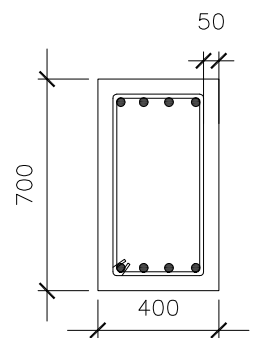
42

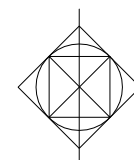
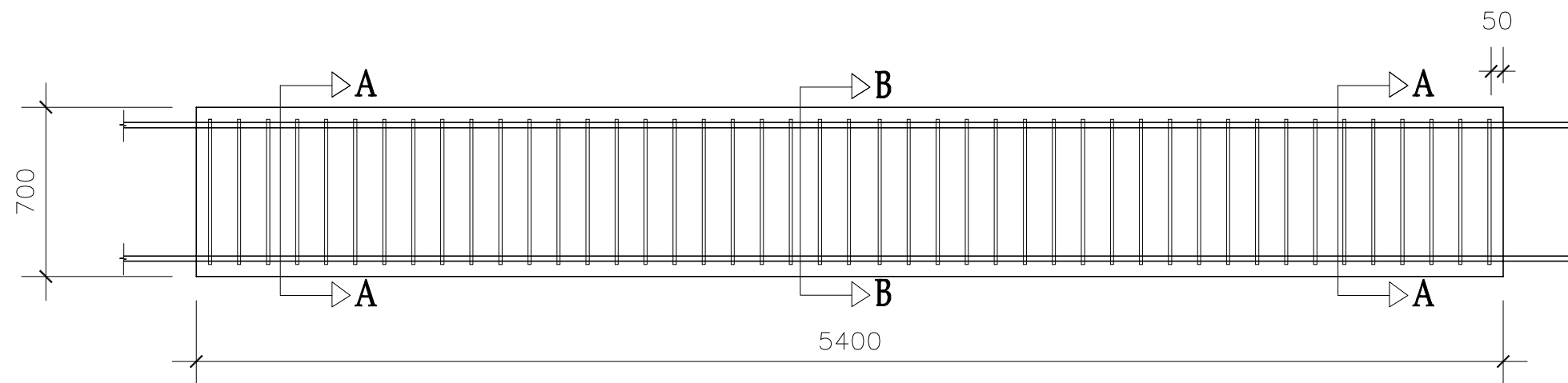


### DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S-1

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

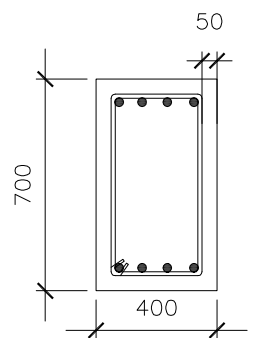
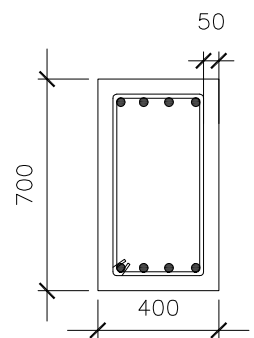
POTONGAN	POT A-A	POT B-B
SKETSA		
KETERANGAN		
PENAMPANG	400 mm x 700 mm	400 mm x 700 mm
DEKING	50 mm	50 mm
ATAS	4 D22	4 D22
TENGAH	-	-
BAWAH	4 D22	4 D22
BEGEL	2D13 - 120	2D13 - 120



DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S-2

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

POTONGAN	POT A-A	POT B-B
SKETSA		
KETERANGAN		
PENAMPANG	400 mm x 700 mm	400 mm x 700 mm
DEKING	50 mm	50 mm
ATAS	4 D22	4 D22
TENGAH	-	-
BAWAH	4 D22	4 D22
BEGEL	2D13 - 120	2D13 - 120

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

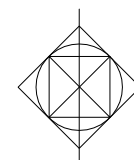
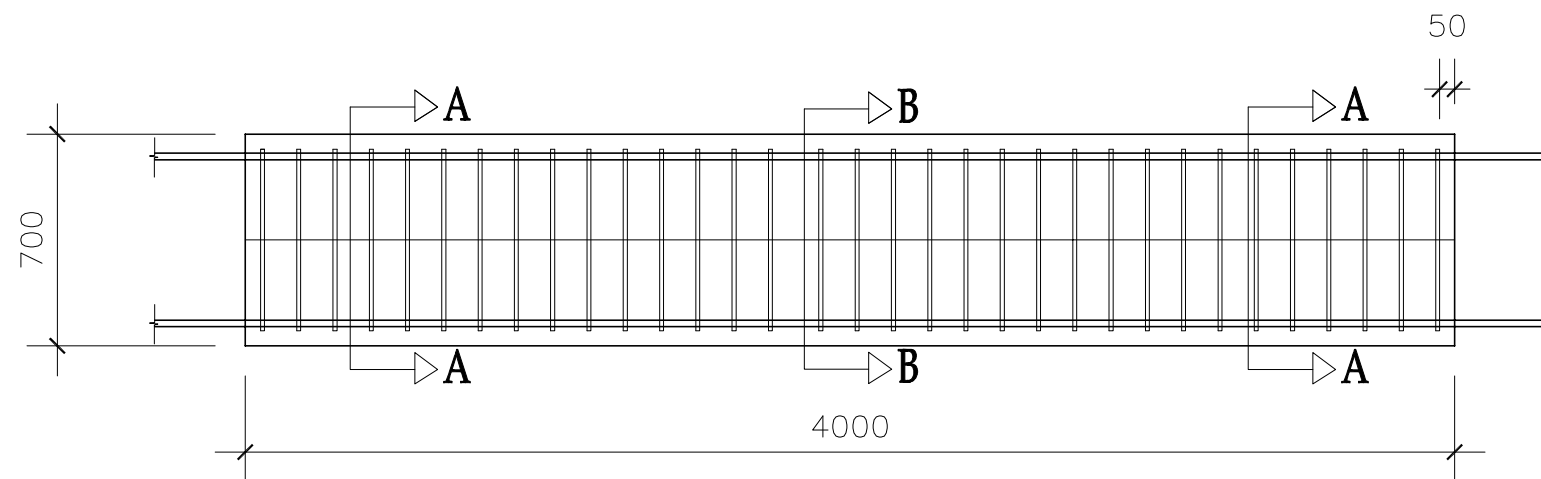
DETAIL PENULANGAN  
BALOK SLOOF S-3

KODE

STR

NOMOR

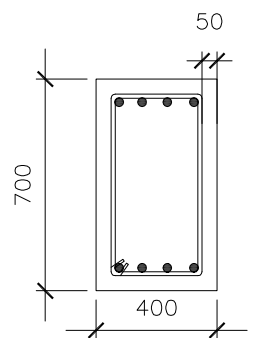
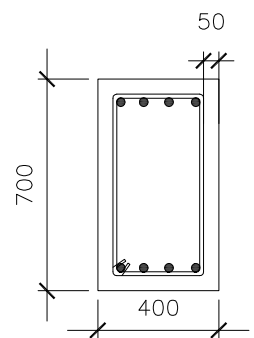
44



DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S-3

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

POTONGAN	POT A-A	POT B-B
SKETSA		
KETERANGAN		
PENAMPANG	400 mm x 700 mm	400 mm x 700 mm
DEKING	50 mm	50 mm
ATAS	4 D22	4 D22
TENGAH	-	-
BAWAH	4 D22	4 D22
BEGEL	2D13 - 120	2D13 - 120

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

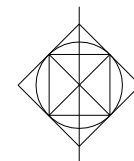
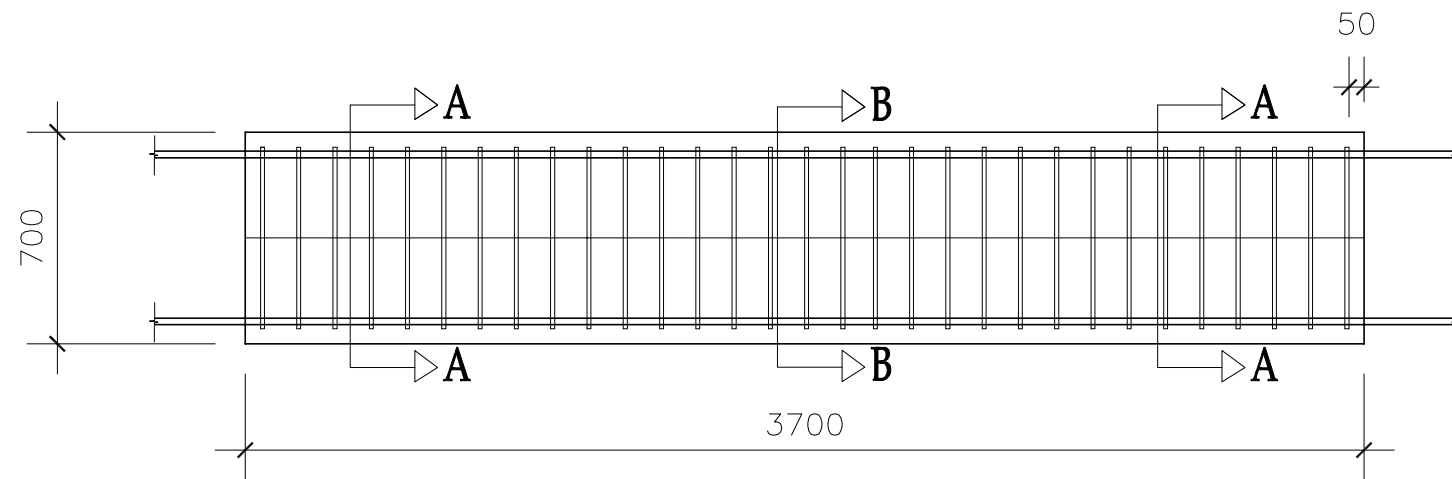
DETAIL PENULANGAN  
BALOK SLOOF S-4

KODE

STR

NOMOR

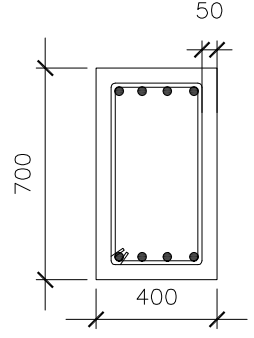
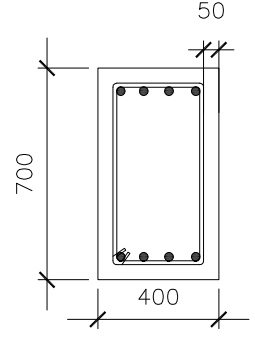
45

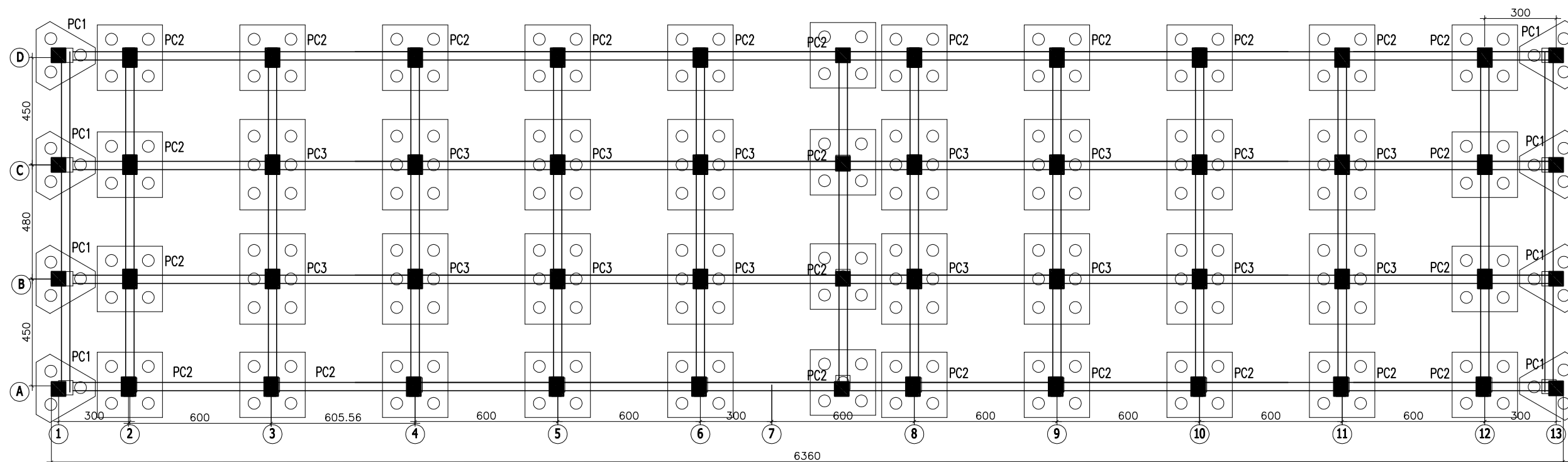


DETAIL PENULANGAN BALOK SLOOF S-4

SKALA 1:25

TABEL PENULANGAN BALOK

POTONGAN	POT A-A	POT B-B
SKETSA		
KETERANGAN		
PENAMPANG	400 mm x 700 mm	400 mm x 700 mm
DEKING	50 mm	50 mm
ATAS	4 D22	4 D22
TENGAH	-	-
BAWAH	4 D22	4 D22
BEGEL	2D13 - 120	2D13 - 120




DENAH PONDASI  
SKALA 1:200

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

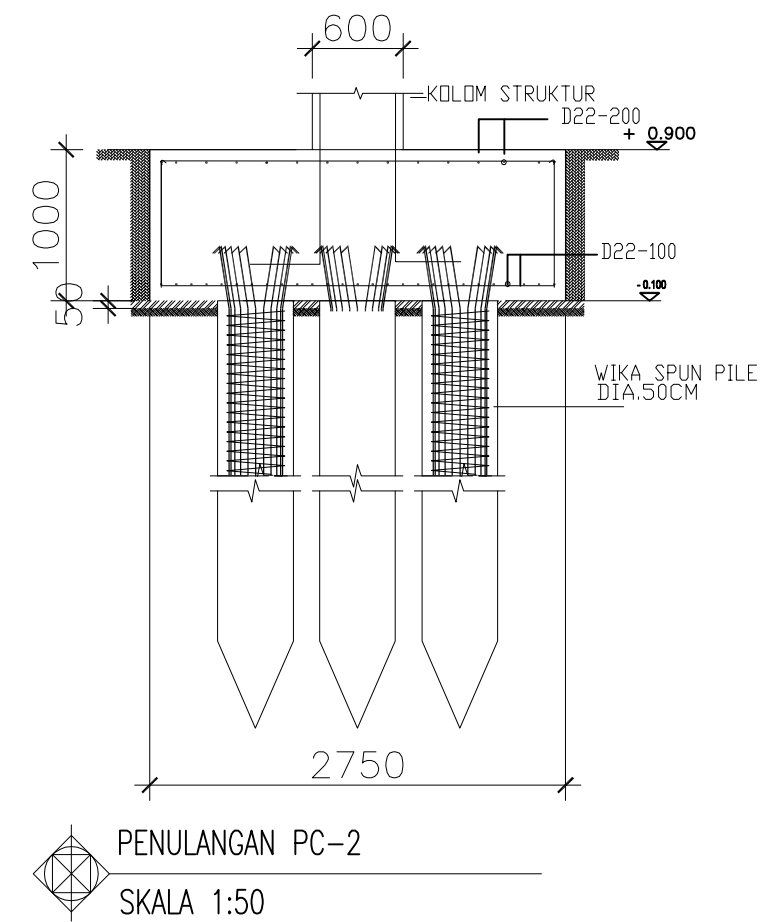
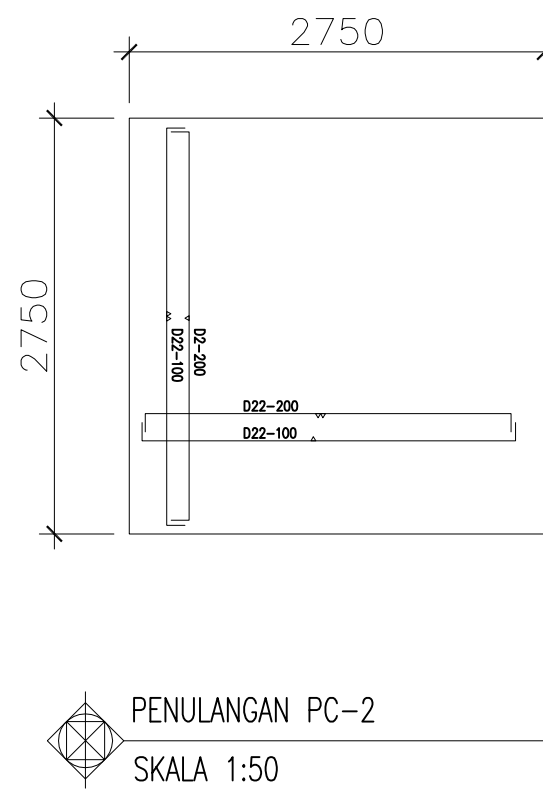
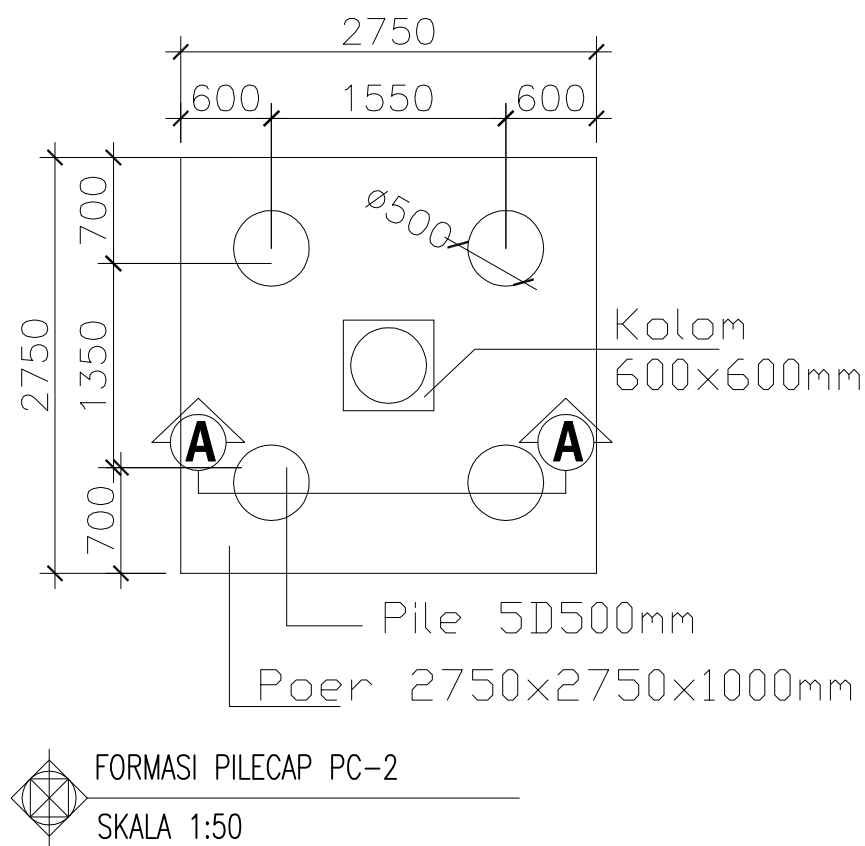
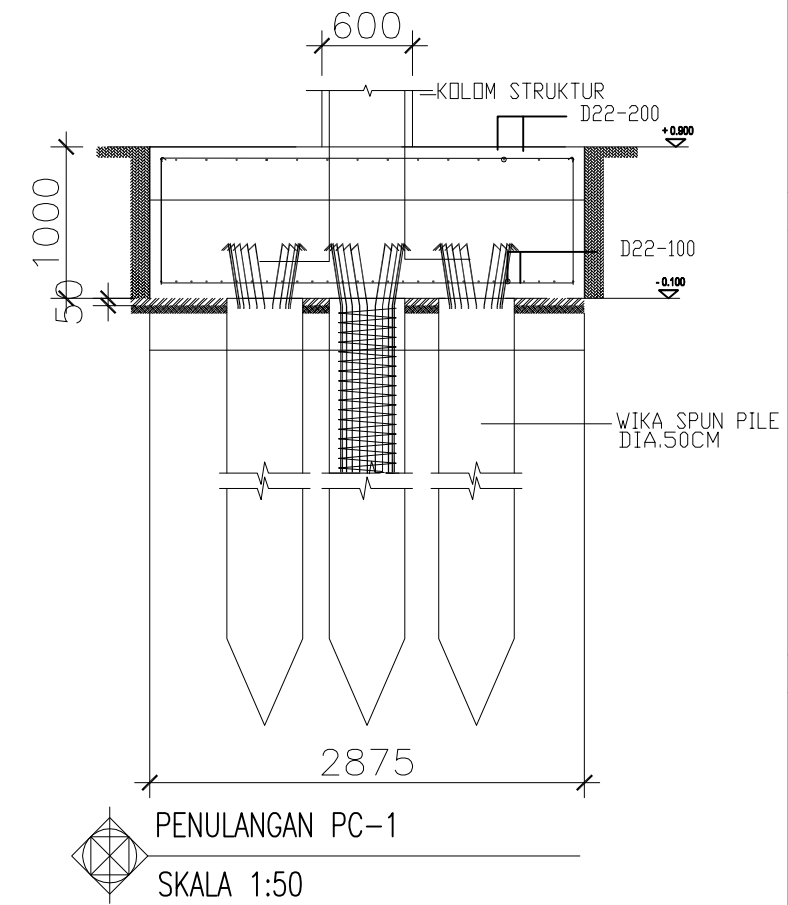
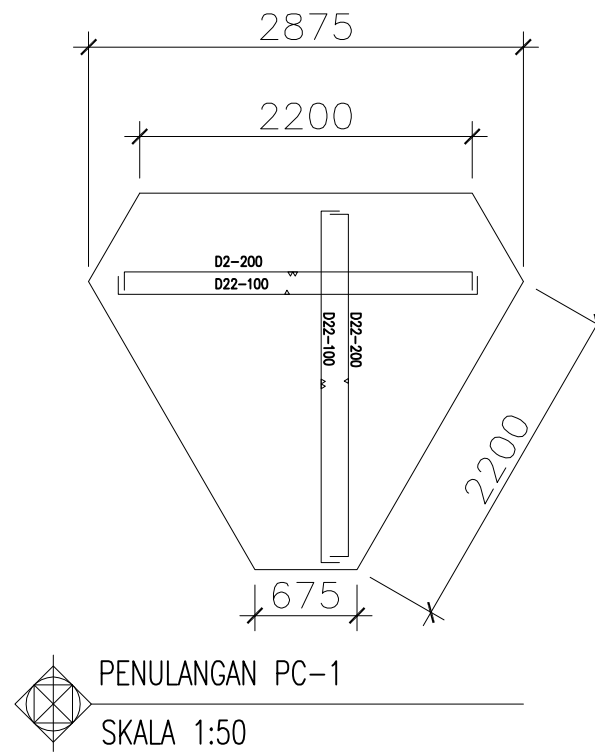
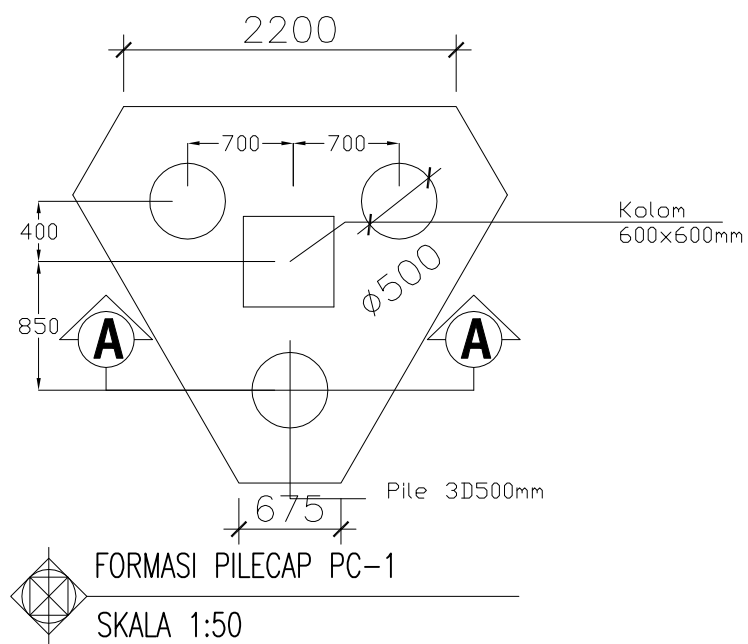
PENULANGAN PC-1  
PENULANGAN PC-2

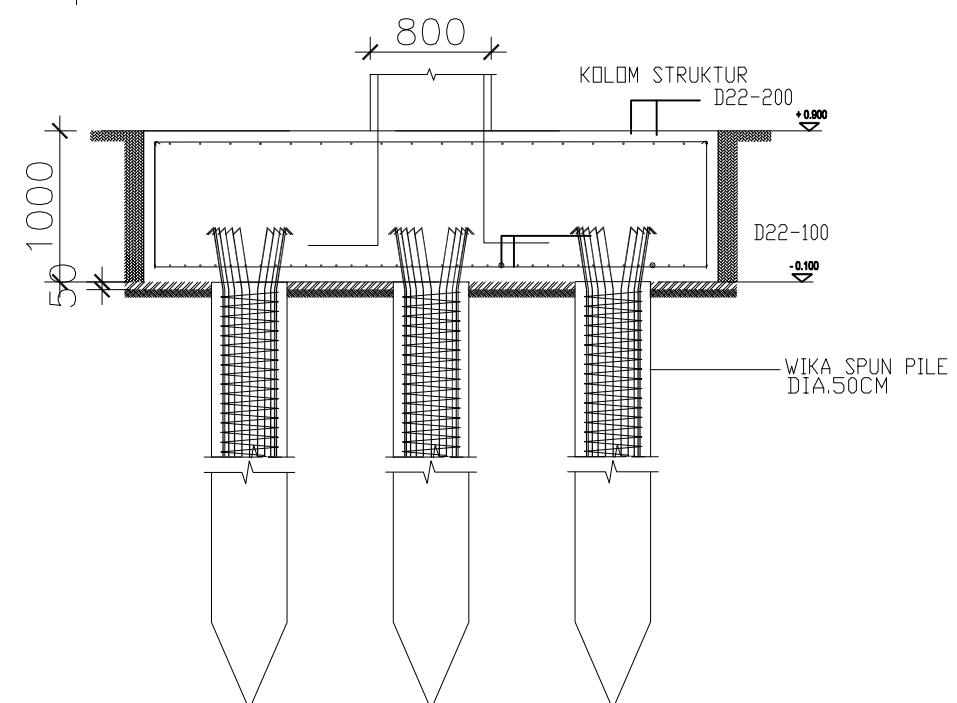
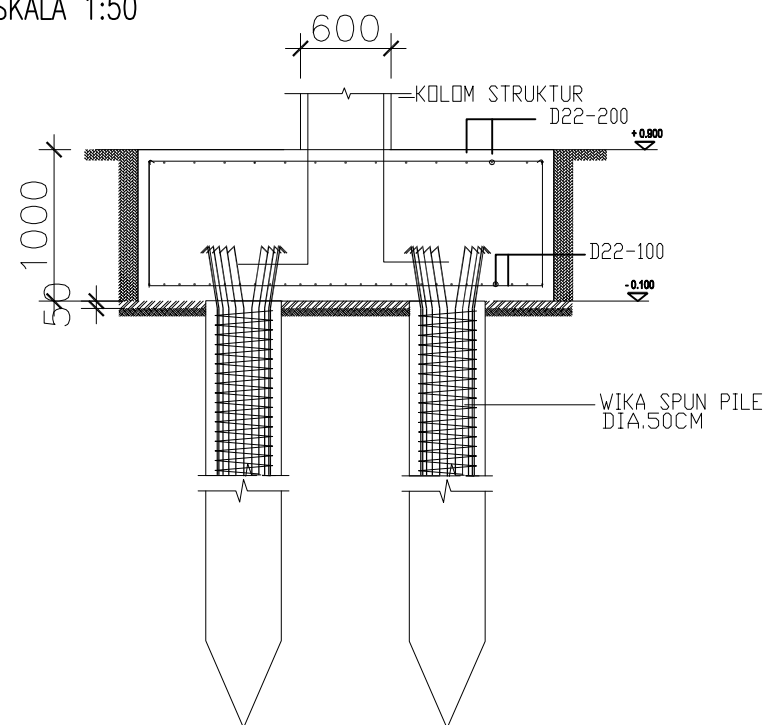
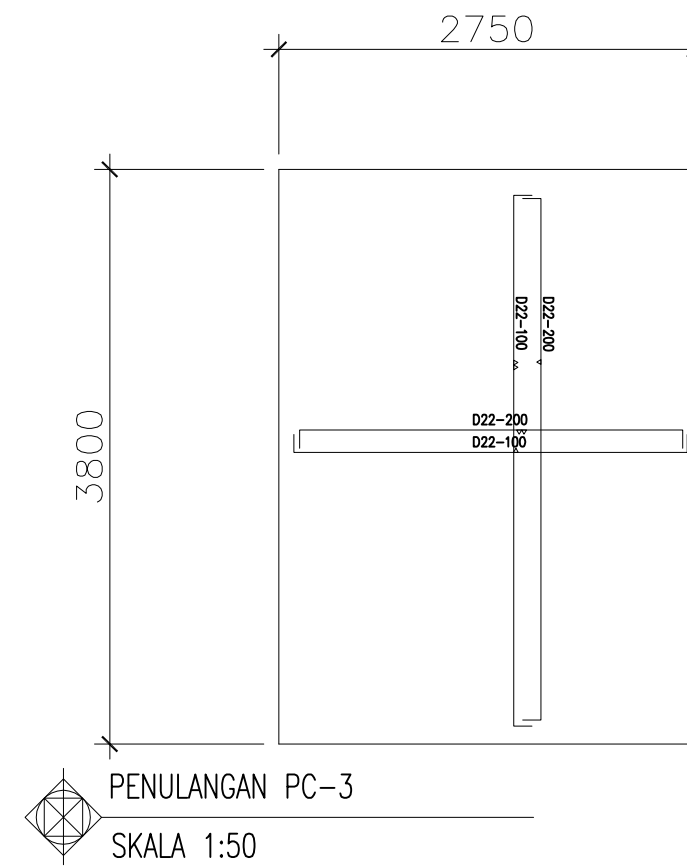
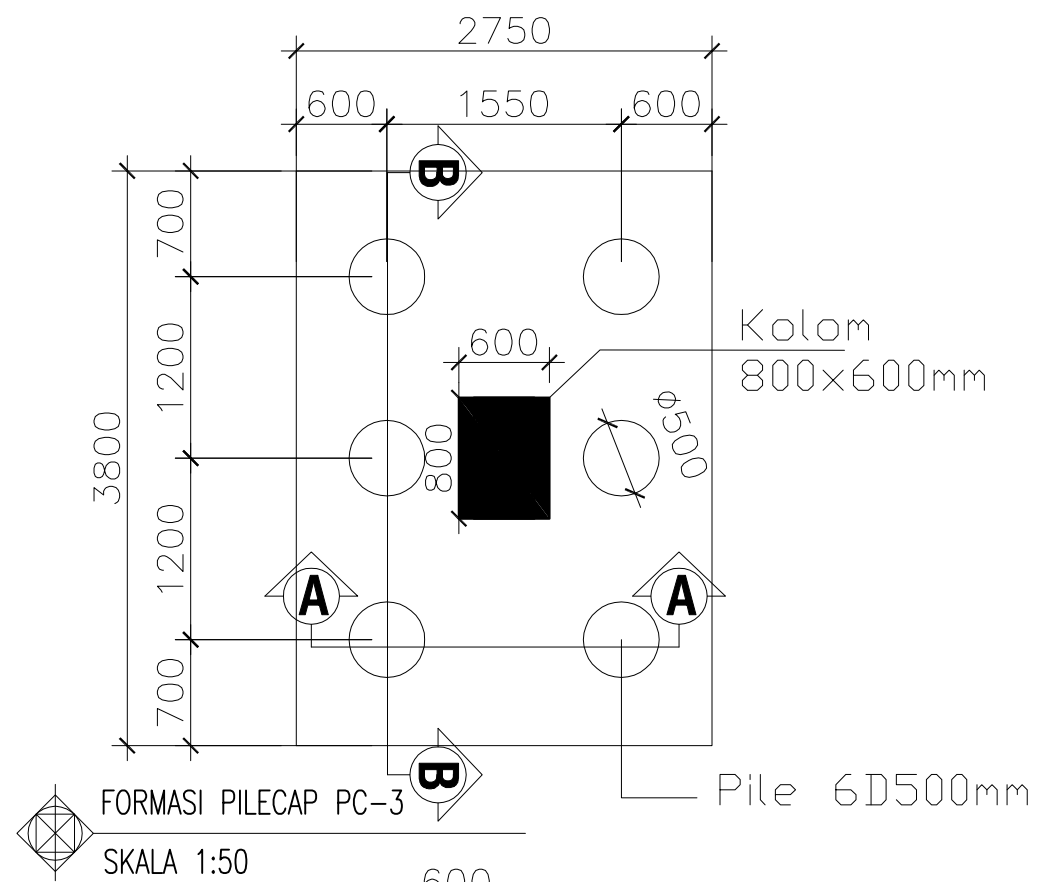
KODE

STR

NOMOR

47





CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

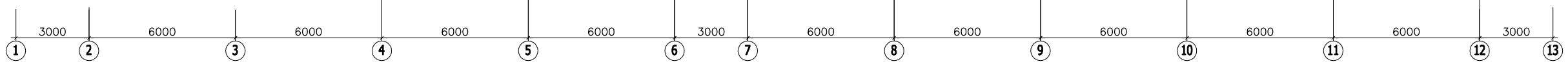
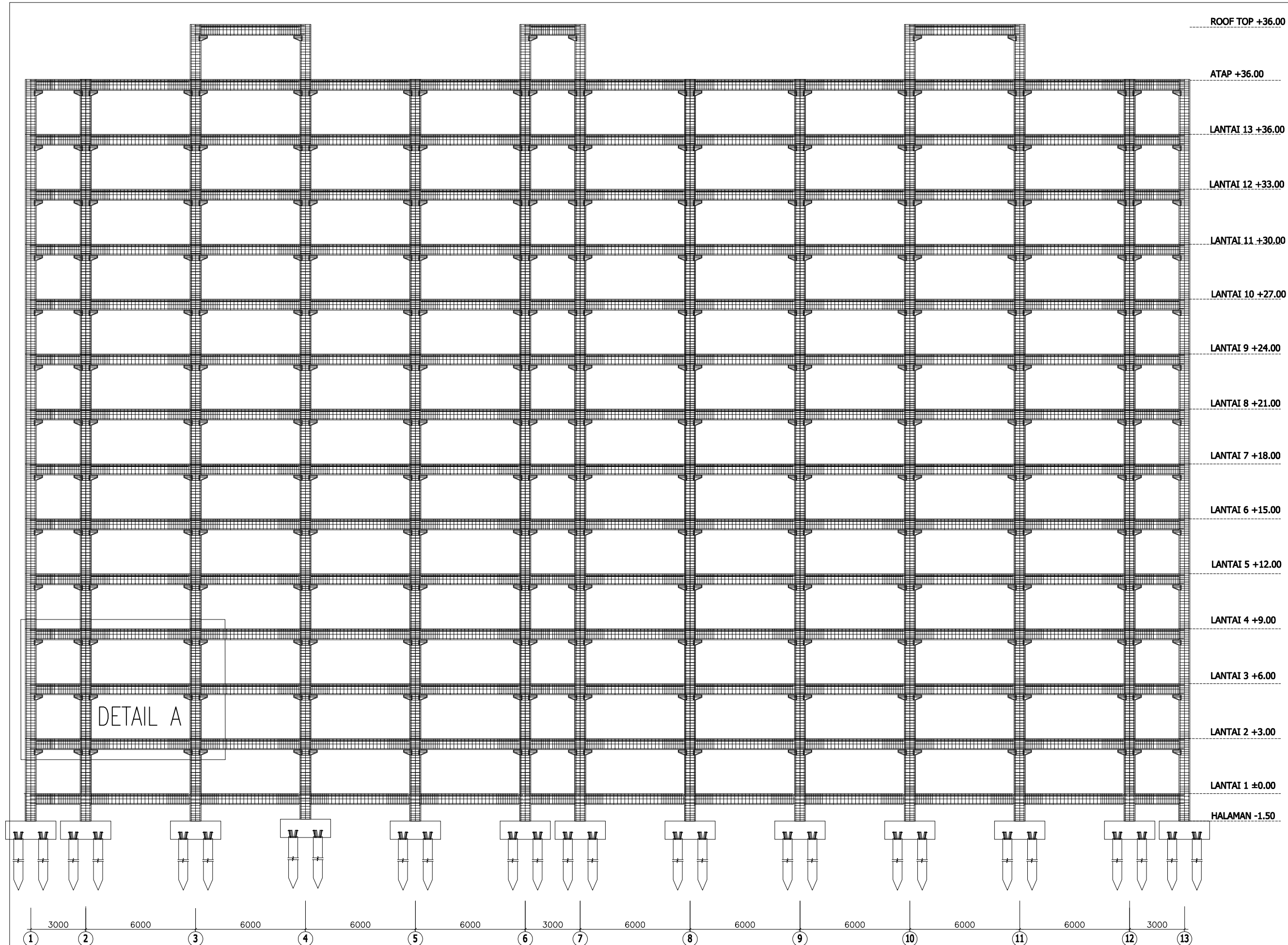
POTONGAN MEMANJANG  
PORTAL

KODE

NOMOR

STR

49



POTONGAN MEMANJANG PORTAL  
SKALA 1:200



CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

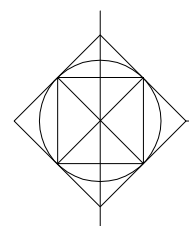
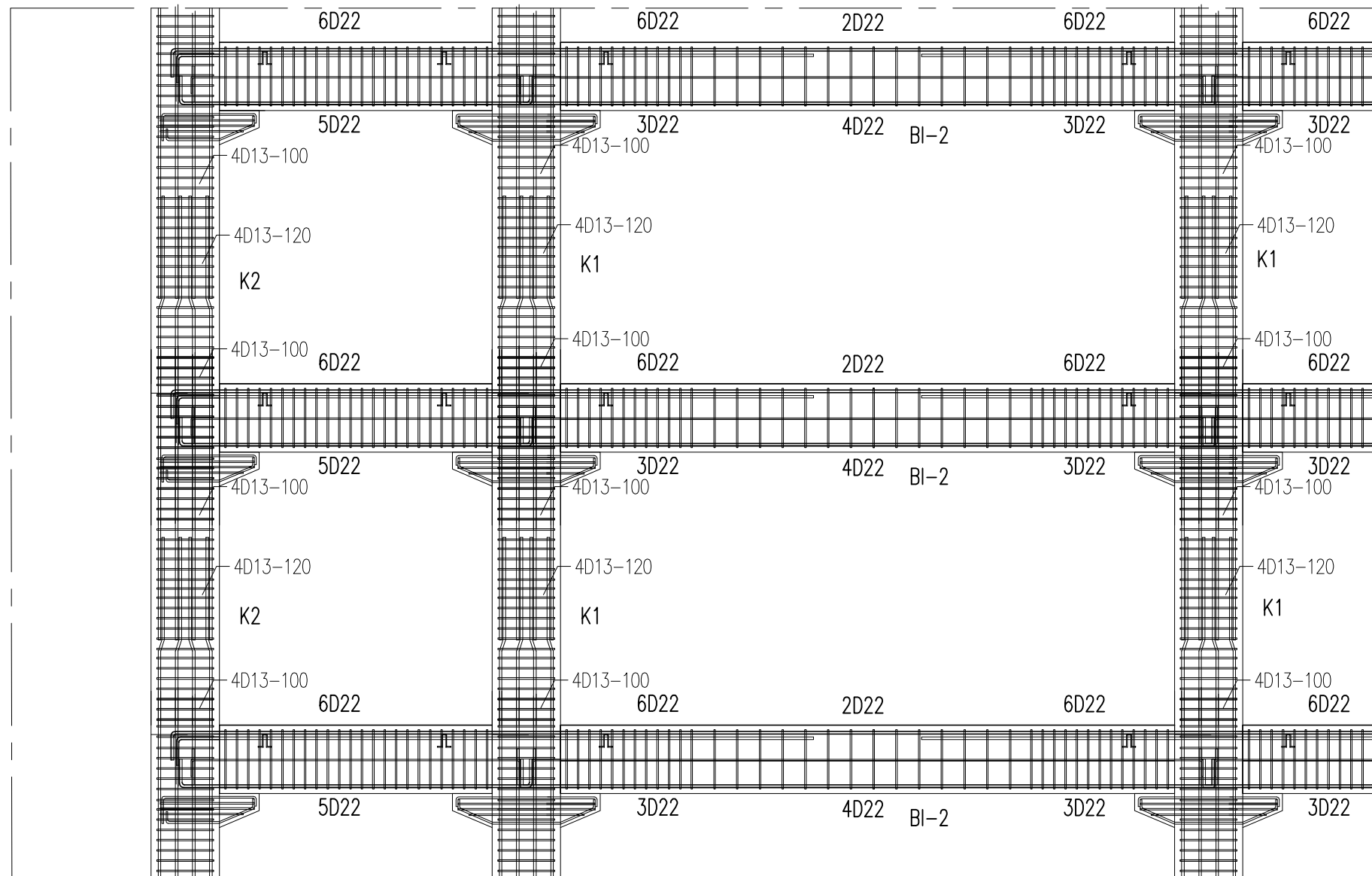
DETAIL POTONGAN  
MEMANJANG

KODE

STR

NOMOR

50



DETAIL A

SKALA 1:50

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG  
PORTAL

KODE

STR

NOMOR

51



POTONGAN MELINTANG PORTAL  
SKALA 1:150

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
10111410000063

JUDUL GAMBAR

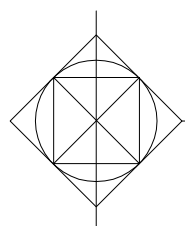
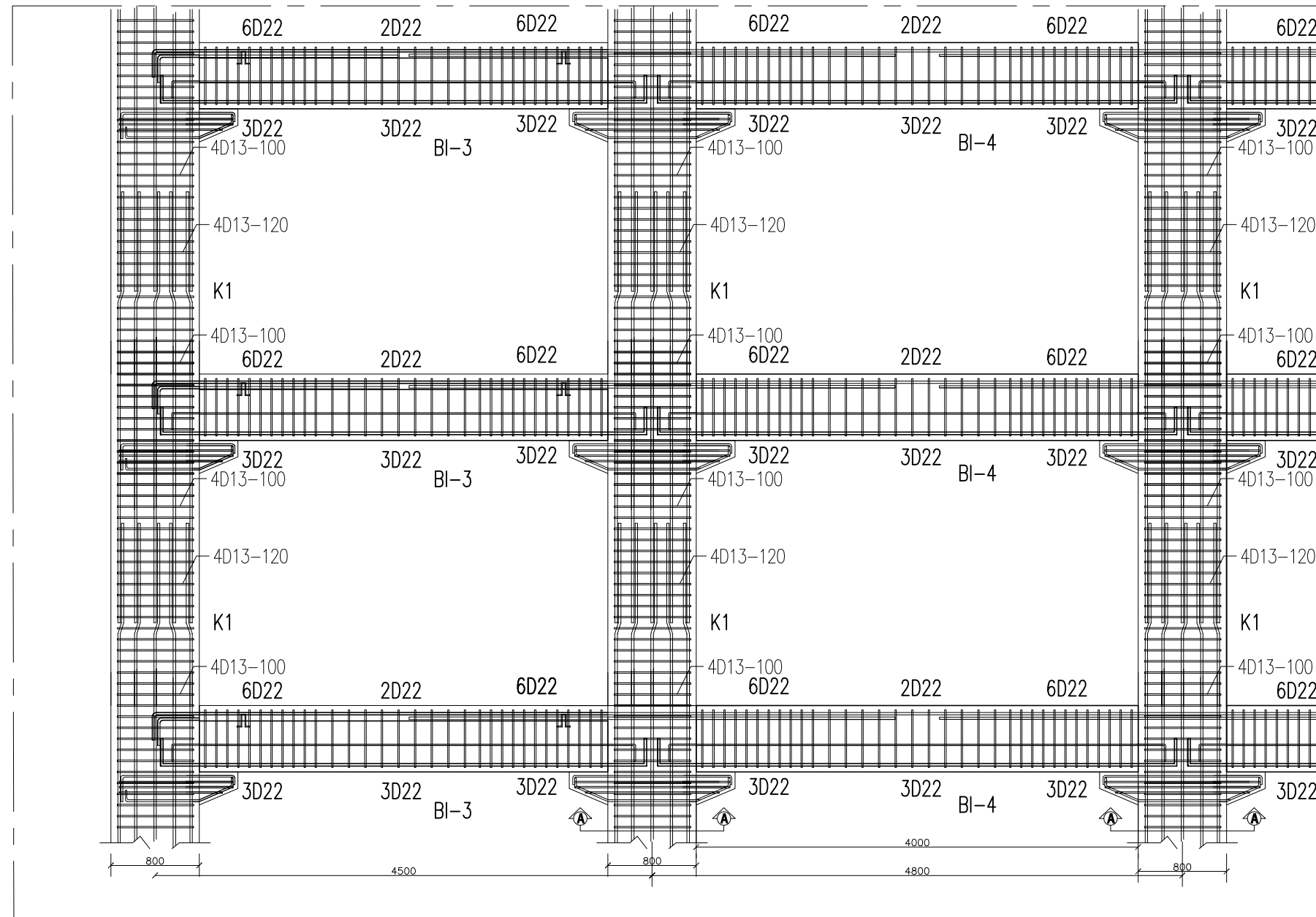
DETAIL POTONGAN  
MELINTANG

KODE

STR

NOMOR

52



DETAIL B

SKALA 1:50

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

JUDUL GAMBAR

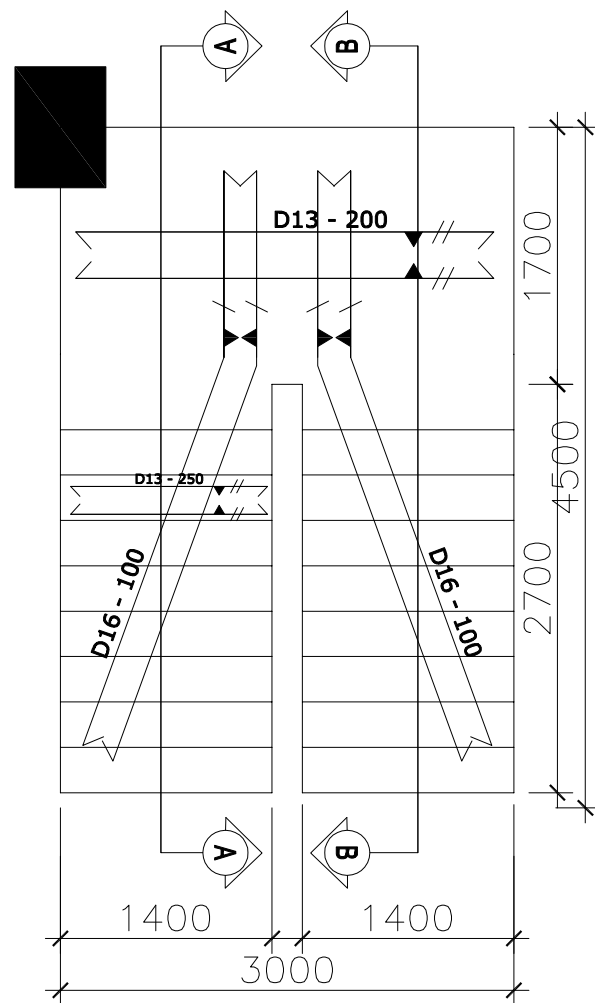
PENULANGAN TANGGA UNIT

KODE

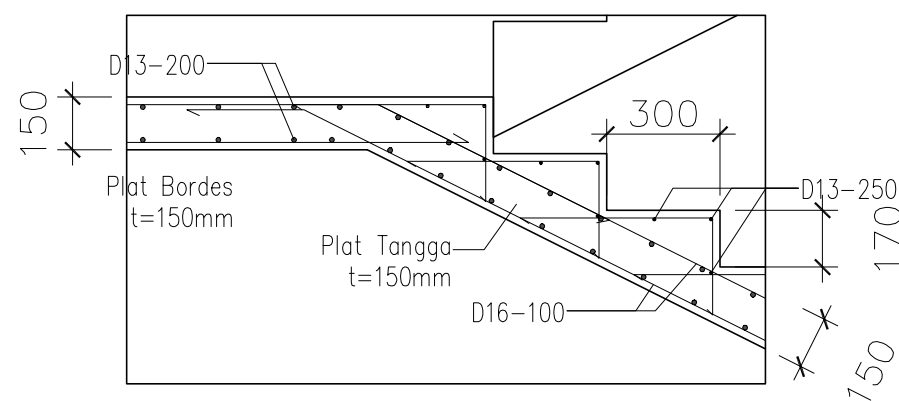
STR

NOMOR

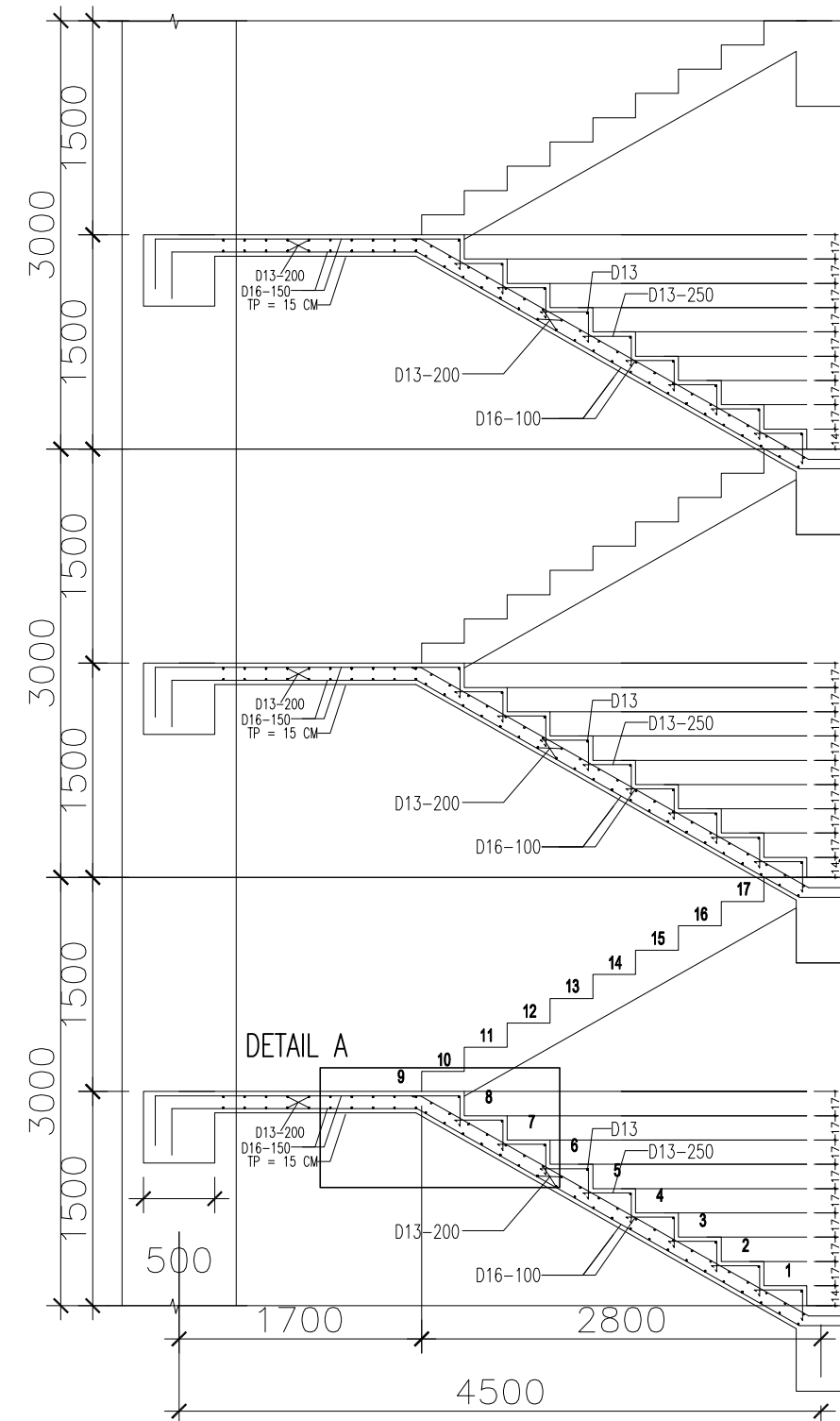
53



DENAH TANGGA TYPE UNIT  
SKALA 1:50



DETAIL A  
SKALA 1:20



POTONGAN A-A  
SKALA 1:50

CATATAN

TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR  
DAN METODE  
PELAKSANAAN GEDUNG  
APARTEMEN PAVILION  
PERMATA MENGGNAKAN  
PLAT DAN BALOK  
PRACETAK

NAMA BANGUNAN

APARTEMEN PAVILION  
PERMATA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS

MAHASISWA

SHABRI ROBBI USAMMAH  
1011141000063

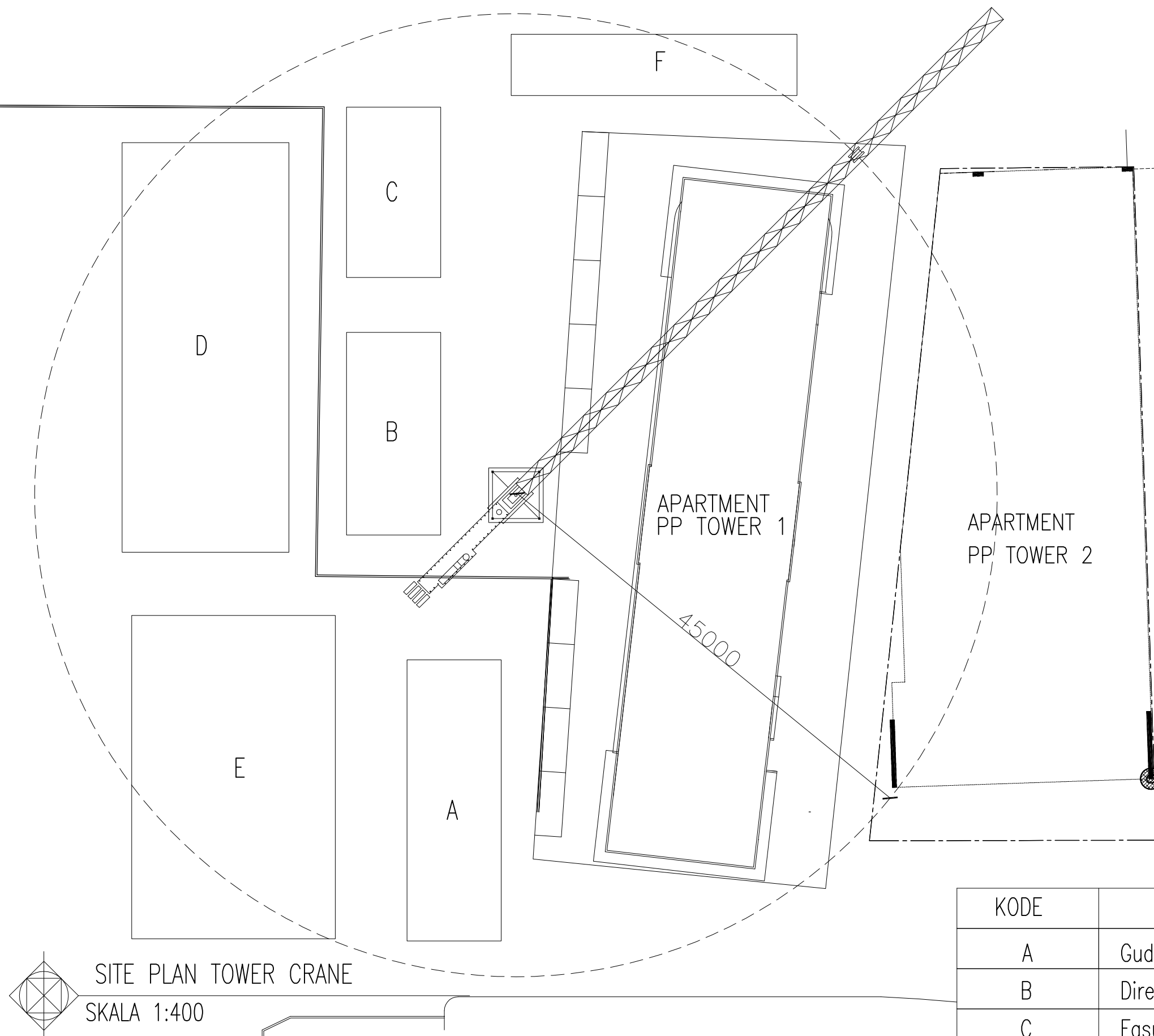
JUDUL GAMBAR

SITE PLAN TOWER CRANE

KODE	NOMOR
------	-------

MTD

54



SITE PLAN TOWER CRANE

SKALA 1:400

GOLDEN CITY

KODE	KETERANGAN
A	Gudang
B	Direksi Keet
C	Fasum
D	Stockyard
E	Area Fabrikasi
F	Bedeng Pekerja