



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 146599**

# **MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN 8 LANTAI DI SURABAYA DENGAN BETON PRACETAK**

Novin Agustina Nur Putri  
10111410000068

DOSEN PEMBIMBING  
Ridho Bayuaji. S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

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



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

---

**PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 146599**

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN 8 LANTAI DI SURABAYA  
DENGAN BETON PRACETAK**

Novin Agustina Nur Putri  
10111410000068

DOSEN PEMBIMBING  
Ridho Bayuaji. S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

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



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

---

**FINAL PROJECT - RC 146599**

**STRUCTURE MODIFICATION OF 8<sup>TH</sup>  
FLOORS APARTMENTS IN SURABAYA  
USING PRECAST CONCRETE**

Novin Agustina Nur Putri  
10111410000068

COUNSELLOR LECTURE  
Ridho Bayuaji. S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN 8  
LANTAI DI SURABAYA DENGAN BETON PRACETAK**


**TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains Terapan  
Pada**

**Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Program D4  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Disusun Oleh :**

**MAHASISWA**

  
**Novin Agustina Nur Putri**  
**NRP.10111410000068**

**Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir Terapan :**



**DOSEN PEMBIMBING**

**26 JUL 2010**

  
**RIDHO BAYU AJI, ST, MT., PH.D.**

**NIP. 19730710 199802 1 002**



**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 : 19/07/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Struktur Gedung Apartemen 8 Lantai di Surabaya Dengan Beton Pracetak		
Nama Mahasiswa	Novin Agustina Nur Putri	NRP	10111410000068
Dosen Pembimbing 1	Ridho Bayu Aji, ST, MT, PhD NIP 19730710 199802 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> <li>o) dicek balok induk akibat pemasangan balok anak. ✓</li> <li>o) check plat <sup>bag</sup> di balok pracetak. → penentuan telayan ✓</li> <li>o) urutan pekerjaan → penjadwalan &amp; <del>bagian</del> di check lagi ✓</li> <li>o) detail potongan lantai 2-3. → diperbaiki gambar menunjukkan balok itu sesuai asumsi ✓</li> <li>o) dieview pemodelan struktur temp. quakan dinamis gempa ✓</li> </ul>	 Dr. Ir. Dicky Imam W, MS NIP 19590209 198603 1 002
<ul style="list-style-type: none"> <li>o) Tabel               <ul style="list-style-type: none"> <li>- check alat pengangkutan ✓</li> <li>- diperbaiki gambar STR 40, ✓</li> <li>- diperbaiki gambar join balok-telom ✓</li> </ul> </li> </ul>	 Nur Achmad Husin, ST, MT. NIP 19720115 199802 1 001
P. Dicky : <ul style="list-style-type: none"> <li>- STR 29 → telayan ✓</li> <li>- STR 42 → sambungan ✓</li> </ul>	
	NIP -
	NIP -

**PERSETUJUAN HASIL REVISI**

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Dr. Ir. Dicky Imam W, MS NIP 19590209 198603 1 002	Nur Achmad Husin, ST, MT. NIP 19720115 199802 1 001	RIDHO BAYU AJI NIP -	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ridho Bayu Aji, ST, MT, PhD NIP 19730710 199802 1 002	- 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 NOVIN HESTIKA N.P 2  
**NRP** : 1 3114041068 2  
**Judul Tugas Akhir** :

**Dosen Pembimbing** : Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	5 Desember 2017	• Mencari literatur / jurnal mengenai precast				
2.	13 Desember 2017	• perbanyak literatur		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
3.	19 Desember 2017	• cari literatur mengenai precast				
		• optman nilai bangunan yang akan di precast		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
4.	8 Januari 2017	• ukuran pracetak balok dan pelat di permudah				
		• memperbaiki bab 2 (Pendahuluan)		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
		• membuat logbook dari perhitungan pracetak				
		• ditambahi rantai parkir, untuk ramp juga di perhitungan		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
5	16 Januari 2017	PPT kontennya di rubah seperti kon kon PKM				
				B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <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>

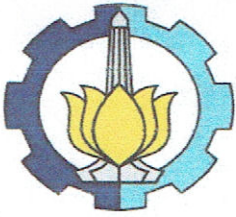
**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

Nama : 1 MOVIN ABUS TINA N. P 2  
 NRP : 1 3114041068 2  
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : RIDHO BAYUJATI, S.T., M.T., PH.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6.	13-02-2018	• Membaca PCI mengenai diaphragm (4.8)				
		• Untuk kolom menggunakan kolom persegi dengan pembebanan persebaran gempa		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Dipelajari perilaku balok precast				
				B	C	K
7	27/02/2018	• merangkum pelat diaphragma berdasarkan PCI dan SNI 2847:2012		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• merangkum sambungan balok untuk tahapan perhitungan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
8	06/03/2018	• merinci perhitungan pelat berdasarkan PCI (flowchart)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• memperhatikan sambungan balok-kolom yang terdapat perlemahan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• gambar pelat penulangan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K

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 NOVIN AELSTINA N.P 2  
**NRP** : 1 3114041068 2  
**Judul Tugas Akhir** :

**Dosen Pembimbing** : RIDHO BAYUAJI . S.T., M.T., PH.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9.	22/03/2018	• gambar pelat kutang as (di lengkapi gambarnya) • arah gaya geser di perli- hatkan • gambar memungguknya apr yang di hitung		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	03/04/2018	• perbaiki gambar pelat pra- cetak • gambar detail potongan pracetak • gambar pelat belun ACE		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	19/04/2018	• penataan pendetaian pelat • Daftar isi gambar				
12	03/05/2018	• potongan pelat pracetak di perbaiki • flowchart / konsep balok Inlute • sambungan balok dan kolom untuk meminimalisir gaya balok - balok gempu		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**

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

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 NOVILU AGUSTINA NUR. P 2  
**NRP** : 1 314011008 2  
**Judul Tugas Akhir** :

**Dosen Pembimbing** :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
13	16/05/2018	Gambar dan daftar isi harus harus komplit				
14	30/05/2018	Sambungan tarik balok bagian bawah digunakan couper / las tulangan		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
15	05/06/2018	jurnal dijadi kan minimal 4 lembar		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
16	06/06/2018	Daftar gambar, Daftar tabel, lampiran		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	26/06/2018	- Pondasi poer mesti dipisah balok ada asumsi dlatasi - tebal poer - detail penulangan poer.		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
18	28/06/2018	- tabel rekapitulasi elemen pracetak.		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
19	12/06/2018	- perbaiki PPT berdasarkan format - bastak balok. - serangkang terbuka.		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K

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

# **“MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN 8 LANTAI DI SURABAYA DENGAN BETON PRACETAK”**

Dosen Pembimbing : Ridho Bayuaji. S.T., M.T., Ph.D  
NIP : 19730710 199802 1 002  
Mahasiswa : Novin Agustina Nur Putri  
10111410000068  
Departemen : Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil  
FV-ITS

## **ABSTRAK**

Metode beton pracetak adalah proses produksi elemen struktur atau arsitektural bangunan diluar tempat elemen tersebut akan dipasang. Kelebihan dari metode pracetak yaitu dapat dihasilkan mutu yang baik, serta mereduksi waktu pelaksanaan di lapangan.

Perencanaan modifikasi struktur yang dilakukan yaitu mengubah jumlah lantai bangunan yang semula 15 lantai menjadi 8 lantai dan 1 lantai atap, serta pada elemen balok dan pelat yang semula dikerjakan dengan cor di tempat menjadi pracetak. Sistem struktur yang digunakan yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perhitungan struktur dan gempa mengacu pada persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012. Perhitungan struktur meliputi analisa pembebanan, pemodelan struktur, analisa gaya dalam, perhitungan penulangan, dan pengecekan syarat elemen struktur pracetak.

Hasil dari perencanaan struktur meliputi ukuran tebal pelat 13 cm, dimensi balok anak 30/40 cm, dimensi balok induk 40/60, dimensi kolom 60/60 cm. Sambungan antar elemen struktur pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek

Kata kunci: Metode Beton Pracetak, Modifikasi Struktur

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# **“STRUCTURE MODIFICATION OF 8<sup>TH</sup> FLOORS APARTMENTS IN SURABAYA USING PRECAST CONCRETE”**

Counsellor Lecturer : Ridho Bayuaji. S.T., M.T., Ph.D  
NIP : 19730710 199802 1 002  
Student : Novin Agustina Nur Putri  
10111410000068  
Departement : Diploma IV  
Civil Infrastructure Engineering –FV ITS

## **ABSTRACT**

*The precast concrete method is the production process of structural or architectural elements of the building outside where the element will be installed. The advantages of precast method that can be produced good quality and reduce the execution time in the field.*

*Modification of the structure that change the storey of the original building 15 floors into 8 floors and 1 floor of the roof, the elements of the beam and slab that was originally done by cast in place to be precast. The structure system is used the Special Moment Frame System (SRPMK). Structure and earthquake calculations based on SNI 2847: 2013 and SNI 1726: 2012. Structure calculations include loading analysis, structural modeling, internal force analysis, reinforcement calculations, and checking the requirements of precast structural elements..*

*The results of the structural planning include the size of the 13 cm slab thickness, dimensions of the secondary beam 30/40 cm, dimensions of the main beam 40/60, column dimensions 60/60 cm. Connections between precast structural elements using wet connections and short consoles.*

*Keywords: Precast Concrete, Structural Modification*

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Modifikasi Struktur Gedung Apartemen 8 Lantai Di Surabaya Dengan Beton Pracetak”. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat akademik yang harus ditempuh mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini, Penulis tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Ridho Bayu Aji, ST, MT., PH.D.selaku dosen pembimbing.
2. Orang tua yang telah memberi dorongan baik moril maupun materil.
3. Semua pihak dan instansi yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Serta teman – teman yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Di dalam Penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan. Semoga penulisan Tugas Akhir bisa berguna bagi semua.

Surabaya, 19 Juli 2018

Penulis,

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Layout Lokasi dan Site Management .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Umum.....	7
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus .....	7
2.3 Pembebanan.....	15
2.3.1 Beban Gravitasi.....	15
2.3.2 Beban Gempa.....	16
2.3.3 Kombinasi Pembebanan.....	27
2.4 Tinjauan Elemen Struktur Pracetak.....	28
2.5 Preliminary Desain .....	30
2.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat.....	30



2.5.2	Perencanaan Dimensi Balok .....	30
2.5.3	Perencanaan Dimensi Kolom.....	31
2.5.4	Perencanaan Dimensi Tangga.....	31
2.6	Sambungan pada Komponen Pracetak .....	32
2.7	Pengangkatan Elemen Pracetak.....	36
<b>BAB III METODELOGI.....</b>		<b>39</b>
3.1	Diagram Alur Perencanaan.....	39
3.2	Pengumpulan Data.....	40
3.3	Pemilihan Kreteria Desain dan Modifikasi Struktur	43
3.4	Preliminary Design .....	44
3.5	Pembebanan.....	44
3.5.1	Beban Gravitasi.....	45
3.5.2	Beban Gempa.....	45
3.6	Pemodelan dan Analisa Struktur .....	46
3.7	Perencanaan Penulangan Struktur .....	48
3.7.1	Perencanaan Tulangan Pelat .....	48
3.7.2	Perencanaan Tulangan Balok.....	51
3.7.3	Perencanaan Tulangan Kolom .....	55
3.8	Kontrol Elemen Pracetak.....	57
3.9.1	Kontrol Pengangkatan.....	58
3.9.2	Kontrol Penumpukan .....	59
3.9.3	Kontrol Pemasangan .....	61
3.9.4	Kontrol Komposit .....	62
3.10	Perencanaan Sambungan .....	63

3.10.1 Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom.....	63
3.10.2 Sambungan Balok Pracetak dengan Pelat Pracetak.....	65
3.10.3 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak .....	66
3.10.4 Sambungan Pelat dengan Pelat .....	66
3. 11 Perencanaan Pondasi .....	68
3. 12 Metode Pelaksanaan .....	71
3. 13 Gambar Teknis Hasil Perhitungan.....	72
3. 14 Jadwal Kegiatan.....	74
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>	<b>75</b>
4.1 Preliminary Desain .....	75
4.1.1 Data Perencanaan.....	75
4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok .....	75
4.1.3 Perencanaan Tebal Pelat .....	78
4.1.4 Perencanaan Dimensi Kolom.....	79
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga.....	81
4.1.6 Pengecekan Dimensi sesuai SRPMK.....	84
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder.....	85
4.2.1 Perencanaan Pelat .....	85
4.2.2 Perencanaan Tangga .....	119
4.2.3 Perencanaan Balok Lift.....	135
4.2.4 Perencanaan Balok Anak .....	143
4.3 Pemodelan Struktur .....	174
4.3.1 Pembebanan .....	175
4.3.2 Kontrol Analisa Struktur.....	191

4.4	Perencanaan Struktur Utama .....	199
4.4.1	Perencanaan Balok Induk .....	199
4.4.2	Perencanaan Kolom .....	255
4.4.3	Desain Hubungan Balok Kolom .....	266
4.5	Perencanaan Sambungan .....	270
4.5.1	Sambungan Kolom-Balok Induk .....	270
4.5.2	Sambungan Balok Induk – Balok Anak.....	277
4.5.3	Sambungan Balok dan Pelat .....	286
4.5.4	Sambungan antar Pelat.....	287
4.6	Perencanaan Pondasi .....	288
4.6.1	Perhitungan Daya Dukung Tanah.....	289
4.6.2	Perhitungan Pondasi PC 1.....	295
4.6.3	Perhitungan Pondasi PC2-A .....	308
4.6.4	Perencanaan Balok Sloof Interior .....	322
4.7	Metode Pelaksanaan.....	326
4.7.1	Produksi .....	328
4.7.2	Pengangkatan.....	330
4.7.3	Pemasangan .....	331
4.7.4	Overtopping .....	333
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>335</b>
5.1	Kesimpulan.....	335
5.2	Saran.....	336

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perubahan Fungsi Lantai Bangunan.....	2
Tabel 2. 1 Sistem Penahan Gaya Gempa.....	8
Tabel 2. 2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa .....	16
Tabel 2. 3 Faktor Keutamaan Gempa.....	17
Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs.....	19
Tabel 2. 5 Koefisien Situs, $F_a$ .....	20
Tabel 2. 6 Koefisien Situs, $F_v$ .....	20
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek .....	21
Tabel 2. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik .....	21
Tabel 2. 9 Prosedur Analisis Yang Boleh Digunakan .....	22
Tabel 2. 10 Simpangan antarlantai izin ( $\Delta a$ ) .....	25
Tabel 2. 11 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ Dan $x$ .....	25
Tabel 2. 12 Koefisien untuk Batas atas pada periode yang dihitung.....	26
Tabel 3. 1 Rekapitulasi N-SPT .....	42
Tabel 3. 2 Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan Modifikasi .....	44
Tabel 3. 3 Beban Mati .....	45
Tabel 3. 4 Beban Hidup.....	45
Tabel 3. 5 Panjang Penyaluran Tulangan Tarik .....	66
Tabel 3. 6 Rencana Jadwal Kegiatan.....	74
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	76
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak .....	77
Tabel 4. 3 Cek Balok.....	84
Tabel 4. 4 Tulangan Terpasang pada Pelat.....	119
Tabel 4. 5 Spesifikasi Lift .....	137

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak.....	174
Tabel 4. 7 Faktor Arah Angin, $K_d$ .....	177
Tabel 4. 8 Konstanta Eksposur Daratan .....	179
Tabel 4. 9 Klasifikasi Ketertutupan.....	181
Tabel 4. 10 Koefisien Eksposur .....	182
Tabel 4. 11 Koefisien Tekan Dinding .....	183
Tabel 4. 12 Data Tanah .....	185
Tabel 4. 13 Klasifikasi Kelas Situs .....	186
Tabel 4. 14 Koefisien Situs, $F_a$ .....	187
Tabel 4. 15 Koefisien Situs, $F_v$ .....	187
Tabel 4. 16 Hasil Spektrum Respon Desain.....	189
Tabel 4. 17 Partisipasi Massa .....	191
Tabel 4. 18 Nilai parameter perioda pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	192
Tabel 4. 19 Berat Struktur .....	194
Tabel 4. 20 Geser Dasar Gempa.....	195
Tabel 4. 21 Simpangan antar lantai, $\Delta_{ijin}$ .....	196
Tabel 4. 22 Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y Gedung 1 .....	196
Tabel 4. 23 Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y Gedung 2 .....	197
Tabel 4. 24 Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X Gedung 1 .....	197
Tabel 4. 25 Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X Gedung 2 .....	198
Tabel 4. 26 Kapasitas Momen Nominal Balok B11 .....	234
Tabel 4. 27 Rekapitulas Tulangan Balok Induk .....	253
Tabel 4. 28 Tabel Panjang Penyaluran.....	276
Tabel 4. 29 Tabel Panjang Penyaluran.....	282
Tabel 4. 30 Tabel Daya Dukung Tanah.....	293
Tabel 4. 31 Jarak tiang pancang dari titik pusat .....	297
Tabel 4. 32 Jarak tiang pancang dari titik pusat .....	311

Tabel 4. 33 Ratio Tulangan Balok Anak .....	326
Tabel 4. 34 Ratio Tulangan Balok Induk .....	327
Tabel 4. 35 Dimensi Elemen Balok Pracetak .....	329
Tabel 4. 36 Tabel Dimensi Pelat Pracetak.....	330
Tabel 4. 37 Kontrol Berat Sendiri Balok Pracetak .....	330
Tabel 4. 38 Kontrol Berat Sendiri Pelat Pracetak.....	331

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Site Management</i> .....	5
Gambar 2. 1 Penampang Balok .....	8
Gambar 2. 2 Geser Desain untuk Balok .....	10
Gambar 2. 3 Dimensi Kolom .....	11
Gambar 2. 4 Geser Desain untuk Kolom .....	11
Gambar 2. 5 Tulangan transversal pada kolom .....	12
Gambar 2. 6 Luas Joint Efektif .....	14
Gambar 2. 7 $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget .....	18
Gambar 2. 8 $S_1$ Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget .....	18
Gambar 2. 9 Spektrum Respon Desain .....	22
Gambar 2. 10 Penentuan Simpangan Antar Lantai .....	24
Gambar 2. 11 Jenis Pelat Pracetak .....	28
Gambar 2. 12 Jenis Balok Pracetak .....	29
Gambar 2. 13 Sambungan Corbel pada Balok – Kolom .....	33
Gambar 2. 14 Contoh Penulangan Corbel .....	33
Gambar 2. 15 Tulangan Ujung Balok .....	33
Gambar 2. 16 Sambungan Momen .....	34
Gambar 2. 17 Penyaluran Kait Standar .....	34
Gambar 2. 18 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak .....	35
Gambar 2. 19 Connector Pelat dan Balok .....	36
Gambar 2. 20 Pengangkatan 2 Titik Angkat .....	37
Gambar 2. 21 Pengangkatan 4 Titik Angkat .....	37
Gambar 2. 22 Pengangkatan Balok Pracetak .....	38
Gambar 3. 1 Diagram Alir .....	40
Gambar 3. 2 Denah Lantai 1 .....	41
Gambar 3. 3 Denah Balok dan Kolom Lantai 2 .....	41

Gambar 3. 5 Spectrum Respon Desain Proyek Gedung Apartemen Menara Rungkut .....	46
Gambar 3. 6 Pemodelan Struktur Apartemen Menara Rungkut Surabaya .....	47
Gambar 3. 7 Diagram Alir Perhitungan Penulangan Komponen Lentur Pelat .....	49
Gambar 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Tulangan Balok .....	51
Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan Penulangan Komponen Lentur Balok.....	52
Gambar 3. 10 Diagram Alir Perhitungan Penulangan Komponen Lentur Balok.....	53
Gambar 3. 11 Diagram Alir Penulangan Kolom .....	55
Gambar 3. 12 Diagram Alur Kontrol Elemen Pracetak .....	57
Gambar 3. 13 Pengangkatan elemen pelat pracetak dengan 4 titik angkat .....	58
Gambar 3. 14 Pengangkatan elemen balok pracetak dengan 2 titik angkat .....	59
Gambar 3. 15 Momen Penumpukan 2 Titik .....	60
Gambar 3. 16 Momen Penumpukan 3 Titik .....	60
Gambar 3. 17 Momen Pengecoran menggunakan <i>support reproofing</i> di tengah bentang .....	61
Gambar 3. 18 Momen Pengecoran tidak menggunakan support reproofing .....	62
Gambar 3. 19 Momen Komposit .....	62
Gambar 3. 20 Sambungan Balok-Kolom Eksterior.....	63
Gambar 3. 21 Sambungan Balok-Kolom Interior .....	64
Gambar 3. 22 Detail Konsol.....	64
Gambar 3. 23 Konfigurasi Pelat .....	65
Gambar 3. 24 Potongan A-A.....	65
Gambar 3. 25 Sambungan Balok Induk-Balok Anak.....	66
Gambar 3. 27 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang.....	68



Gambar 3. 28 Diagram Alir Penulangan Lentur Pile Cap .....	70
Gambar 4. 1 Denah Pelat Tipe S2 .....	78
Gambar 4. 2 Luas Tributary Kolom .....	79
Gambar 4. 3 Kemiringan Tangga Lantai 1 – 2.....	82
Gambar 4. 4 Tebal Rata-rata Tangga .....	83
Gambar 4. 5 Kemiringan Tangga Lantai 2 – 8.....	84
Gambar 4. 6 Tinggi Efektif Tulangan Pelat .....	89
Gambar 4. 7 Dimensi Pelat Tipe S2 Sebelum Komposit .....	89
Gambar 4. 8 Dimensi Pelat Tipe S2 Sesudah Komposit .....	90
Gambar 4. 9 Posisi titik angkat pelat (4 titik angkat) .....	91
Gambar 4. 10 Skema Pengangkatan Pelat Lantai.....	96
Gambar 4. 11 Koefisien Sudut Pengangkatan.....	97
Gambar 4. 12 Kedalaman Angkur Pelat Pracetak.....	99
Gambar 4. 13 Perletakan Pelat Sebelum Komposit.....	101
Gambar 4. 14 Penyangga Pelat.....	103
Gambar 4. 15 Penumpukan Pelat .....	114
Gambar 4. 16 Pemasangan Pelat .....	116
Gambar 4. 17 Pengecoran Pelat .....	118
Gambar 4. 18 Perencanaan Tangga.....	120
Gambar 4. 19 Pemodelan Tangga pada Sap.....	121
Gambar 4. 20 Tinggi Efektif Tulangan Pelat .....	123
Gambar 4. 21 Tinggi Efektif Tulangan Pelat .....	127
Gambar 4. 22 Denah Lift.....	136
Gambar 4. 23 Pembebanan Balok Lift .....	137
Gambar 4. 24 Distribusi Beban pada Balok Anak 30/40 .....	143
Gambar 4. 25 Momen pengangkatan balok anak .....	147
Gambar 4. 26 Sudut Pengangkatan balok anak.....	147
Gambar 4. 27 Koefisien Sudut Pengangkatan.....	153
Gambar 4. 28 Kedalaman Angkur Pelat Pracetak.....	154
Gambar 4. 29 Perletakan Sebelum Komposit.....	156
Gambar 4. 30 Perletakan Sesudah Komposit .....	162

Gambar 4. 31 Penumpukan balok anak.....	169
Gambar 4. 32 Pemasangan balok anak.....	171
Gambar 4. 33 Pengecoran balok anak .....	173
Gambar 4. 34 Denah Pembalokan .....	174
Gambar 4. 35 Beban Angin.....	176
Gambar 4. 36 Kecepatan Angin Dasar .....	176
Gambar 4. 37 Peta $S_s$ (Percepatan batuan dasar pada periode pendek) = 0,6 g untuk daerah Surabaya .....	186
Gambar 4. 38 Peta $S_1$ (Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) = 0,2g untuk daerah Surabaya.....	187
Gambar 4. 39 Grafik Respons Spektrum.....	190
Gambar 4. 40 Periode dan frekuensi struktur bangunan .....	193
Gambar 4. 41 Luas Tributary Balok Induk B11 .....	200
Gambar 4. 42 Momen pengangkatan balok induk.....	205
Gambar 4. 43 Sudut Pengangkatan balok induk .....	205
Gambar 4. 44 Koefisien Sudut Pengangkatan.....	211
Gambar 4. 45 Kedalaman Angkur Pelat Pracetak.....	212
Gambar 4. 46 Perletakan Sebelum Komposit.....	214
Gambar 4. 47 (a) Tul Tumpuan (b) Tul Lapangan.....	234
Gambar 4. 48 Penyaluran Kait Standart.....	244
Gambar 4. 49 Penumpukan balok induk .....	247
Gambar 4. 50 Pemasangan balok induk .....	250
Gambar 4. 51 Pengecoran balok induk .....	252
Gambar 4. 52 Gambar Kolom yang di tinjau .....	256
Gambar 4. 53 Diagram Interaksi Kolom (PCAc).....	261
Gambar 4. 54 Gaya Geser Balok Induk.....	270
Gambar 4. 55 Tulangan Reinforced Concrete Bearing .....	275
Gambar 4. 56 Penyaluran Kait Standart.....	277
Gambar 4. 57 Tulangan Reinforced Concrete Bearing .....	281
Gambar 4. 58 Tumpuan Pelat ke Balok .....	286
Gambar 4. 59 Denah Rencana Pondasi .....	289

Gambar 4. 60 Pondasi dengan 1 Kolom.....	296
Gambar 4. 61 Gaya yang Terjadi pada Pilecap dan Tiang Pancang .....	297
Gambar 4. 62 Bidang Kritis Geser Satu Arah.....	300
Gambar 4. 63 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom....	301
Gambar 4. 64 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang .....	302
Gambar 4. 65 Gaya yang terjadi pada pilecap arah X.....	304
Gambar 4. 66 Gaya yang terjadi pada pilecap arah Y .....	306
Gambar 4. 67 Pilecap PC2-A .....	309
Gambar 4. 68 Gaya yang Terjadi pada Pilecap dan Tiang Pancang .....	311
Gambar 4. 69 Bidang Kritis Geser Satu Arah.....	314
Gambar 4. 70 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom....	315
Gambar 4. 71 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang .....	316
Gambar 4. 72 Gaya yang terjadi pada pilecap arah X.....	318
Gambar 4. 73 Gaya yang terjadi pada pilecap arah Y .....	320
Gambar 4. 74 Penulangan Lentur Sloof .....	324
Gambar 4. 75 Diagram Interaksi Balok Sloof.....	324
Gambar 4. 76 Pembengkokan Tulangan Balok Anak .....	326
Gambar 4. 77 Pembengkokan Tulangan Balok Induk.....	326
Gambar 4. 78 Site Management .....	328
Gambar 4. 79 (a) Persiapan lantai kerja , (b) Perakitan bekisting elemen pracetak.....	329
Gambar 4. 80 (a) Pemasangan tulangan, (b) Pengecoran elemen pracetak .....	329
Gambar 4. 81 Pekerjaan Kolom .....	332
Gambar 4. 82 Pemasangan Balok Induk dan Sambungan.....	332
Gambar 4. 83 Pemasangan Balok Anak Pracetak .....	333
Gambar 4. 84 Pemasangan Pelat Pracetak .....	333

Gambar 4. 85 Overtopping pada join .....	334
Gambar 4. 86 Overtopping pada Balok.....	334
Gambar 4. 87 Overtopping Pelat .....	334

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Salah satu metode yang digunakan untuk pembangunan bangunan gedung saat ini ialah metode beton pracetak. Metode beton pracetak dapat diartikan sebagai suatu proses produksi elemen struktur/ arsitektural bangunan diluar tempat elemen tersebut akan dipasang (Ervianto, 2006). Kelebihan beton pracetak adalah mutu yang baik dapat lebih mudah dihasilkan dilingkungan pabrik, serta mereduksi waktu pelaksanaan di lapangan (Ervianto, 2006). Konstruksi beton pracetak pada gedung tinggi yang memiliki lantai tipikal bisa mencapai 28,57% lebih cepat dibandingkan beton konvensional, hal ini dikarenakan volume pekerjaan komponen pracetak yang digunakan lebih besar  $\pm 2200 \text{ m}^3$  dibandingkan dengan sistem beton cor ditempat (Soetjipto, 2014).

Apartemen Menara Rungkut Surabaya merupakan bangunan gedung yang terletak di jalan Kyai Abdul Karim No 37-39 Surabaya dan terdiri dari 15 lantai dan 1 lantai atap, dengan desain beberapa lantai yang tipikal. Gedung tersebut dibangun menggunakan beton bertulang dengan sistem beton cor ditempat (*cast in place*) pada elemen strukturnya.

Berdasarkan hal diatas, maka penulisan tugas akhir terapan akan ini melakukan perencanaan dengan memodifikasi pada jumlah lantai bangunan Apartemen Menara Rungkut Surabaya menjadi 8 lantai dan 1 lantai atap, perubahan fungsi lantai bangunan seperti pada tabel 1.1. Metode yang digunakan yaitu metode pracetak (*precast*) pada balok dan pelat, dimana pendetailan tulangan sesuai dengan SNI 2847:2013 dan SNI 7833:2012 mengenai Tata Cara Perancangan Beton Pracetak.

Sistem struktur penahan gempa yang digunakan pada bangunan ini ialah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

(SRPMK). Kategori desain seismiknya yaitu E, yang didapatkan dari hasil perhitungan data tanah sesuai dengan SNI 1726:2012. Sehingga dipilih sistem struktur penahan gempa SRPMK. Hasil akhir dari perencanaan ini dituangkan dalam gambar teknik.

**Tabel 1. 1** Perubahan Fungsi Lantai Bangunan

Lantai Bangunan	Eksisting	Rencana
Lantai 1 (Elv ± 0.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• TPS</li> <li>• Ruang Kubikal</li> <li>• Ruang Kontrol</li> <li>• Ruang Panel</li> <li>• Ruang Trafo</li> <li>• Ruang Genset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parkiran</li> <li>• TPS</li> <li>• Ruang Kubikal</li> <li>• Ruang Kontrol</li> <li>• Ruang Panel</li> <li>• Ruang Trafo</li> <li>• Ruang Genset</li> </ul>
Lantai 2 (Elv + 4.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>
Lantai 3 (Elv + 7.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>
Lantai 4 (Elv + 10.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>
Lantai 5 (Elv + 13.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>
Lantai 6 (Elv + 16.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>
Lantai 7 (Elv + 19.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>
Lantai 8 (Elv + 22.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masjid</li> <li>• Roof Tank</li> <li>• R. Serba Guna</li> <li>• Kantor</li> <li>• Hall</li> <li>• R. Servis</li> </ul>
Lantai 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> </ul>	<i>Top Roof</i>

(Elv + 25.00)		
Lantai 10 (Elv + 28.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>	
Lantai 11 (Elv + 31.0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> </ul>	
Lantai 12 (Elv + 34.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> </ul>	
Lantai 13 (Elv + 37.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> <li>• Public Space</li> </ul>	
Lantai 14 (Elv + 40.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> </ul>	
Lantai 15 (Elv + 43.00)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unit</li> </ul>	
<i>Top Floor</i> (Elv + 46.60)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masjid</li> <li>• Roof Tank</li> <li>• R. Serba Guna</li> <li>• Kantor</li> <li>• Hall</li> <li>• R. Servis</li> </ul>	
<i>Top Roof</i> (Elv + 51.79)		

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari latarbelakang diatas permasalahan yang timbul untuk perencanaan bangunan menggunakan beton pracetak adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain elemen pracetak balok dan pelat pada gedung?
2. Bagaimana perencanaan detail sambungan pada hubungan antara elemen pracetak ?
3. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan penulangan balok pracetak ?



### 1.3 Tujuan

Perencanaan struktur Gedung Apartemen Menara Rungkut dengan metode beton pracetak memiliki tujuan seperti berikut :

1. Mendesain struktur gedung pracetak pada balok dan pelat.
2. Merencanakan detail sambungan elemen pracetak.
3. Membuat metode pelaksanaan pekerjaan elemen balok pracetak.

### 1.4 Batasan Masalah

Perencanaan modifikasi struktur Gedung Apartemen Menara Rungkut memiliki batasan sebagai berikut:

1. Beton pracetak yang digunakan adalah beton pracetak biasa (*non prestress*).
2. Komponen struktur yang menggunakan beton pracetak adalah pelat dan balok, sedangkan kolom dan tangga menggunakan cor ditempat.
3. Tidak meninjau masalah perubahan volume akibat perubahan temperatur, creep dan shinkage oleh beton.
4. Perencanaan tidak termasuk sistem utilitas, kelistrikan dan sanitasi.
5. Tidak menghitung durasi pekerjaan dan anggaran biaya.
6. Hasil dari metode pelaksanaan penulangan balok berupa gambar *detail engineering design (DED)*.

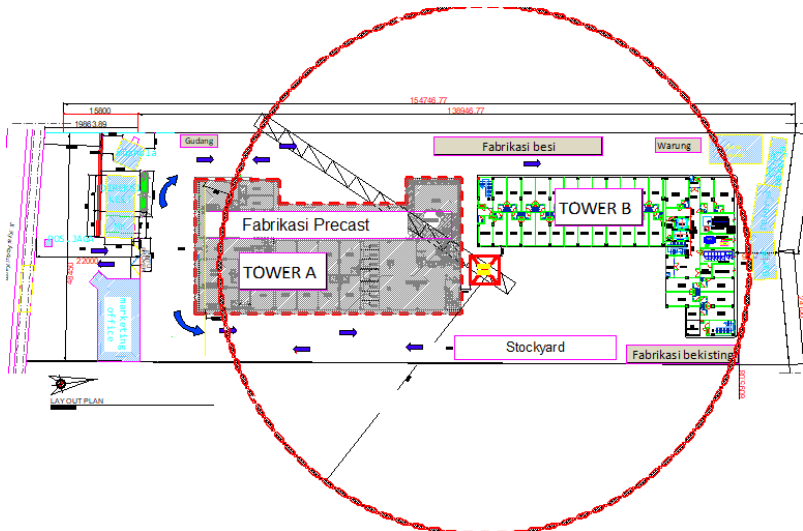
### 1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir terapan ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat merencanakan struktur dengan metode pracetak pada elemen balok dan pelat.
2. Hasil modifikasi perencanaan ini dapat dijadikan sebagai wawasan untuk perencanaan gedung dengan menggunakan sistem pracetak pada balok dan pelat.

## 1.6 Layout Lokasi dan Site Management

Lokasi kegiatan proyek Gedung Apartemen Menara Rungkut terletak di Jalan Kyai Abdul Karim No 37-39 Surabaya. Dimana *layout* lokasi dan *site management* sesuai dengan gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Site Management

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Berdasarkan SNI 2847-2013, beton pracetak adalah elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi satu kesatuan bangunan yang monolit. Dalam perencanaan struktur gedung di wilayah rawan gempa harus direncanakan dapat menahan gaya lateral yang bekerja, syarat penting untuk struktur tahan gempa adalah daktilitas yang memadai. Konstruksi beton pracetak di wilayah gempa ditentukan oleh perilaku sambungannya, karena sambungan merupakan bagian terlemah dari struktur beton pracetak, sehingga perlu direncanakan dengan baik.

#### **2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus**

Berdasarkan Tabel 9 SNI 1726:2012 suatu bangunan gedung diharuskan memiliki sistem struktur yang sesuai dengan faktor daya tahan terhadap gempa. Pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) digunakan pada bangunan yang memiliki kategori desain seismik (KDS) B, C, D, E dan F. Gaya gempa yang diterima gedung untuk sistem penahan gaya seismik SRPMK dengan menggunakan metode analisis spektrum respons ragam, dimana nilai gaya geser gempa merupakan pembagian dari nilai spektrum respon dengan  $\left(\frac{R}{I_e}\right)$  (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.2), untuk nilai R adalah koefisien modifikasi respon (Tabel 2.1) dan  $I_e$  adalah faktor keutamaan gempa (Tabel . 2.3). Sehingga pada SRPMK yang memiliki nilai  $R = 8$ , gaya geser dasar gempa yang mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 7.8.1, lebih kecil dibandingkan dengan sistem rangka pemikul momen lainnya.

**Tabel 2. 1 Sistem Penahan Gaya Gempa**

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defeksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>h,i</sup>	TI <sup>j</sup>	TI <sup>j</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>k</sup>	TI <sup>l</sup>	TI <sup>l</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3 <sup>o</sup>	3½	10	10	10	10	10

TB = Tidak dibatasi ; TI = Tidak diijinkan

Sumber : Tabel 9 SNI 1726:2012

Pada pendetailan elemen struktur pada sistem rangka pemikul momen khusus didasarkan atas pasal 21.5 – 21.8 SNI 2847:2013, berikut ketentuan detail tulangan sistem penahan gaya seismik SRPMK :

### 1. Balok



**Gambar 2. 1** Penampang Balok  
Sumber : Gambar 9.8 (Imran. 2014)

#### a. Pembatasan Dimensi Balok (Pasal 21.5.1.2 – 21.5.1.4)

- Bentang bersih untuk komponen struktur ( $l_n$ )  $< 4 \times$  tinggi efektif ( $d$ )
- Lebar komponen ( $b_w$ )  $\geq 0,3$  tinggi balok ( $h$ )  
 $b_w \geq 250 \text{ mm}$

b. Tulangan Longitudinal (Pasal 21.5.2)

- Luasan tulangan atas maupun bawah tidak boleh kurang dari berikut :

$$A_{s,min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \times b_w \times d \dots\dots\dots (2.1)$$

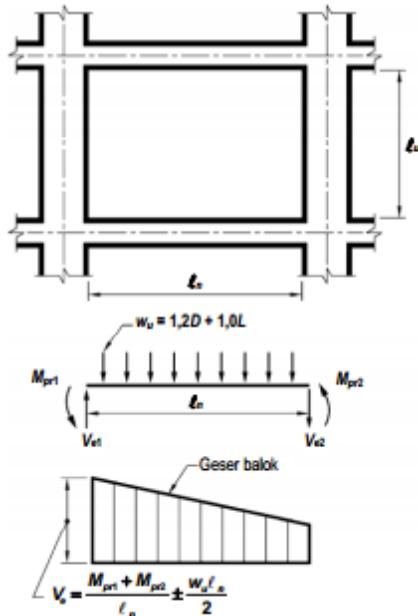
dan tidak lebih kecil dari  $\frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$

- Rasio tulangan ( $\rho$ )  $< 0,025$
- Paling sedikit 2 batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah
- $M_{muka\ joint}^+ > \frac{1}{2} M_{muka\ joint}^-$
- $M_{sebarang\ penampang}^{+/-} > \frac{1}{4} M_{maks}$

c. Tulangan Transversal (21.5.3)

- Sengkang harus dipasang sepanjang  $2h$ , pada muka balok ke tengah bentang di kedua ujung balok.
- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan  $\leq 50 \text{ mm}$  dari muka kolom
- Spasi sengkang tertutup ( $S$ )  $\leq \frac{d}{4}$   
 $S \leq 6 \times$  Diameter tulangan lentur terkecil ( $d_b$ )  
 $S \leq 150 \text{ mm}$

d. Kekuatan Geser (21.5.4)

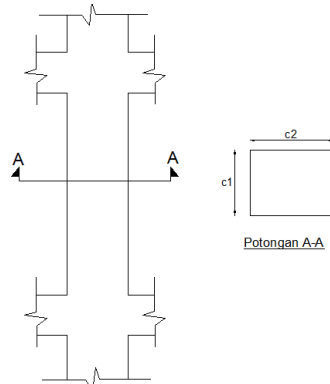


**Gambar 2. 2** Geser Desain untuk Balok

Sumber : Gambar S21.5.4 SNI  
2847:2013

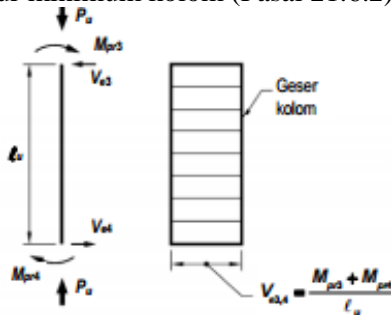
- Arah gaya geser  $V_e$  tergantung pada besaran relatif beban gravitasi dan geser dihasilkan oleh momen-momen ujung
- Momen ujung  $M_{pr}$  berdasarkan tegangan tarik baja sebesar  $1,25 f_y$
- Tulangan transversal yang ditempatkan sepanjang  $2h$ , harus diproporsikan untuk menahan geser dengan asumsi  $V_c = 0$ , bilamana :
  - a)  $V_e \geq \frac{1}{2} V_{maks}$
  - b)  $P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20}$

## 2. Kolom



**Gambar 2. 3** Dimensi Kolom  
 Sumber : Gambar 9.16 (Imran. 2014)

- a. Pembatasan dimensi (Pasal 21.6.1.1)
  - Dimensi terpendek ( $c_1$  atau  $c_2$ )  $\geq 300mm$
  - Rasio dimensi penampang terpendek penampang terhadap dimensi tegak lurus  $\geq 0,4$
- b. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ( $P_u$ ) melebihi  $\frac{A_g \times F_c'}{10}$  (Pasal 21.6.1)
- c. Kekuatan lentur minimum kolom (Pasal 21.6.2)



**Gambar 2. 4** Geser Desain untuk Kolom  
 Sumber : Gambar S21.5.4 SNI  
 2847:2013



-  $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$

d. Tulangan Memanjang (Pasal 21.6.3)

Luas tulangan memanjang

$(A_{st}) \geq 0,01$  luas penampang  $(A_g)$

$A_{st} \leq 0,06 A_g$

e. Tulangan Transversal (Pasal 21.6.4)

- Tulangan transversal dipasang sepanjang  $l_0 \geq$  tinggi komponen pada muka joint

$l_0 \geq \frac{1}{6} l_{nkolom}$

$l_0 \geq 450 \text{ mm}$

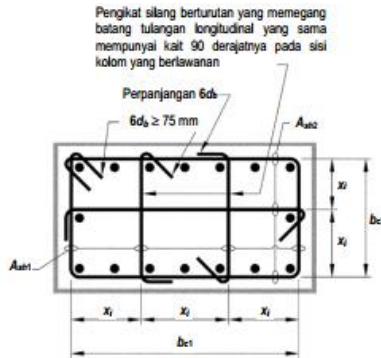
- Spasi tulangan transversal sepanjang  $l_0 (S) \leq \frac{1}{4}$  dimensi komponen struktur

$S \leq 6 \times$  Diameter kolom longitudinal

$S \leq S_o$

Untuk  $S_o = 100 + \frac{350-h_x}{3}$  .....(2.2)

Nilai  $S_o$  tidak boleh melebihi 150mm dan tidak kurang dari 100 mm. Untuk nilai  $h_x$  seperti dijelaskan pada gambar 2.3.



Dimensi  $x_i$  dari garis pusat ke garis pusat kaki-kaki pengikat tidak melebihi 350 mm. Rumus  $h_x$  yang digunakan dalam persamaan 21-2 diambil sebagai nilai terbesar dari  $x_i$ .

**Gambar 2. 5** Tulangan transversal pada kolom

Sumber : Gambar S21.6.4.2 SNI  
2847:2013

- Luas penampang total tulangan sengkang persegi ( $A_{sh}$ ) tidak boleh kurang dari persamaan 2.3 dan 2.4

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s \times b_c \times f_c'}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s \times b_c \times f_c'}{f_{yt}} \dots\dots\dots (2.4)$$

### 3. Joint rangka momen khusus

- Panjang penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik (Pasal 21.7.5)

- Panjang penyaluran dengan kait  $90^\circ (l_{dh}) > 8 \times d_b$

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

$$l_{dh} > \frac{f_y \times d_b}{5,4 \times \sqrt{f_c'}}$$

- Panjang penyaluran batang tulangan lurus  $l_d > 2,5 l_{dh}$  (tinggi balok < 300 mm)

$$l_d > 3,25 l_{dh} \text{ (tinggi balok } > 300 \text{ mm)}$$

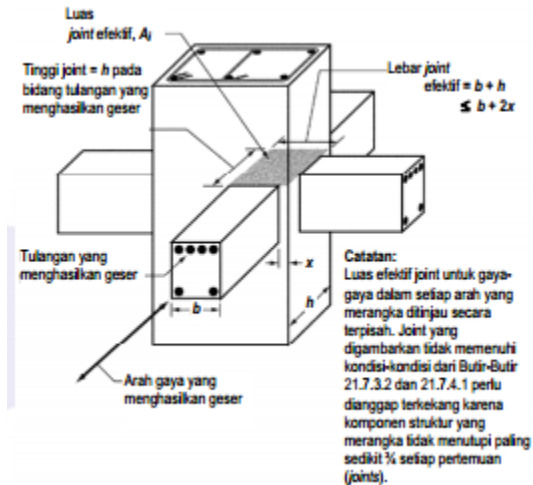
- Kekuatan geser

- Pada SRPMK beton pracetak berdasarkan Pasal 21.8.2 nilai  $V_n$  seperti berikut

$$V_n = A_{vf} \times f_y \times \mu \dots\dots\dots (2.5)$$

Tidak kurang dari  $2 V_e$

Suatu balok yang merangka ke dalam suatu muka dianggap memberikan pengekangan pada *joint* bila balok tersebut menutupi paling sedikit tiga perempat muka *joint*. Perpanjangan balok paling sedikit satu kali tinggi balok keseluruhan  $h$  melewati muka *joint* diizinkan untuk dianggap mencukupi untuk mengekang muka *joint* tersebut.



**Gambar 2. 6** Luas Joint Efektif

Sumber : Gambar S21.7.4 SNI 2847:2013

$A_j$  adalah luas penampang efektif dalam suatu joint yang dihitung dari tinggi joint kali lebar joint efektif.

- Sambungan mekanis tulangan beton harus ditempatkan tidak lebih dekat dari  $\frac{h}{2}$  dari muka joint.

Keterangan :

$f_y$  = Kekuatan leleh tulangan yang diisyaratkan (MPa)

$f'_c$  = Kekuatan tekan beton yang diisyaratkan (MPa)

$M$  = Momen (N.mm)

$M_{pr}$  = Kekuatan lentur mungkin komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka joint yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit  $1,25 f_y$  dan faktor reduksi kekuatan,  $\phi$ , sebesar 1.0 (N.mm)

$\Sigma M_{nc}$	= Jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint (N.mm)
$\Sigma M_{nb}$	= Jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint (N.mm)
$l_0$	= Panjang, yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur, dimana tulangan transversal khusus harus disediakan, (mm)
$b_c$	= Dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal yang membentuk luas <i>Ash</i> , (mm)
$A_{ch}$	= Luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal, (mm <sup>2</sup> )
$f_{yt}$	= Kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan (MPa)
$\mu$	= koefisien friksi
$V_n$	= kekuatan geser nominal (N)
$A_{vf}$	= luas tulangan geser-friksi, (mm <sup>2</sup> )

## 2.3 Pembebanan

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan SNI 1727:2013 dan SNI 1726:2012.

### 2.3.1 Beban Gravitasi

#### a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, kledning gedung dan komponen arsitektural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1). Besarnya nilai beban mati didapatkan dari penggunaan material yang dipakai dalam brosur terlampir.

#### b. Beban Hidup

Beban hidup menurut SNI 1727-2013 pasal 4.1 yaitu beban yang diakibatkan oleh penghuni bangunan gedung atau

struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan seperti : beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir dan beban mati.

### 2.3.2 Beban Gempa

Berdasarkan peraturan gempa yang terbaru yakni SNI - 1726:2012. Langkah-langkah dalam menentukan beban gempa :

1. Menentukan kategori resiko bangunan gedung I-IV (SNI-1726:2012 Pasal 4.1.)

**Tabel 2. 2** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II

<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
---	-----

Sumber : Tabel 1 SNI 1726:2012

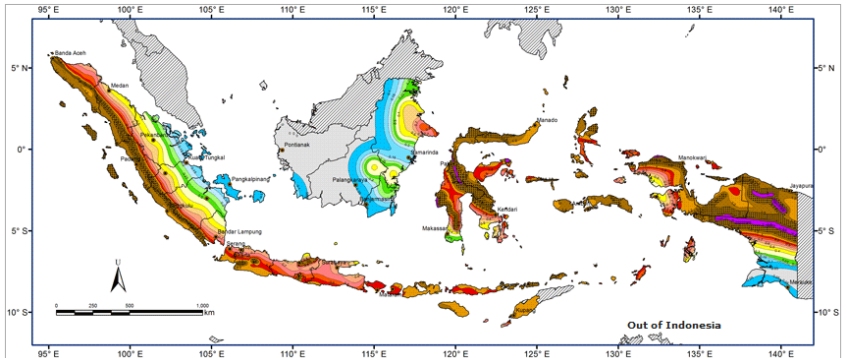
2. Menentukan faktor keutamaan gempa ( SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2).

**Tabel 2. 3** Faktor Keutamaan Gempa

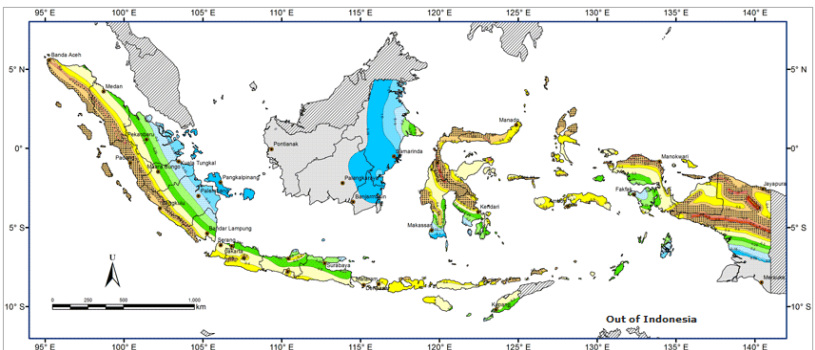
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : Tabel 2 SNI 1726:2012

3. Menentukan parameter percepatan batuan dasar periode pendek ( $S_S$ ) dan percepatan batuan dasar periode 1 setik ( $S_1$ ) ( SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2), diperoleh dari peta gempa indonesia.



**Gambar 2. 7**  $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget



**Gambar 2. 8**  $S_1$  Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget

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

Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{60}$	$\bar{\sigma}_v$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$ , 3. Kuat geser nirair $\bar{\sigma}_v < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{\sigma}_v < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber : Tabel 3 SNI 1726:2012

5. Menentukan faktor koefisien situs ( $F_a$ ,  $F_v$ ) ( SNI 1726:2012 Pasal 6.2) Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait ( $F_v$ ). Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) ditentukan dengan perumusan berikut :

$$S_{MS} = F_a \times S_S \dots\dots\dots(2.6)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots(2.7)$$



**Tabel 2. 5** Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN:**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Sumber : Tabel 4 SNI 1726:2012

**Tabel 2. 6** Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE <sub>R</sub> terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN :**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Sumber : Tabel 5 SNI 1726:2012

6. Menghitung parameter percepatan desain ( $S_{DS}, S_{D1}$ ) (SNI 1726:2012 Pasal 6.3). Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ), dan pada periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) harus ditetapkan sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \dots\dots\dots (2.9)$$

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

**Tabel 2. 7** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

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

Sumber : Tabel 6 SNI 1726:2012

**Tabel 2. 8** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

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

Sumber : Tabel 7 SNI 1726:2012

8. Menentukan prosedur analisis Gaya lateral Kosep SNI 1726:2012

**Tabel 2. 9** Prosedur Analisis Yang Boleh Digunakan

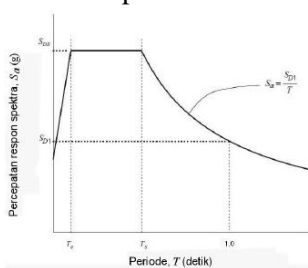
Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen Pasal 7.8	Analisis spektrum respons ragam Pasal 7.9	Prosedur riwayat respons seismik Pasal 11
<b>B, C</b>	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat			
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat			
	Semua struktur lainnya			
<b>D, E, F</b>	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat			
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat			
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan			
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan mempunyai hanya ketidakteraturan horisontal Tipe 2, 3, 4, atau 5 dari Tabel 10 atau ketidakteraturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b dari Tabel 11			
	Semua struktur lainnya	TI		

**CATATAN:** Dijinkan, TI: Tidak Dijinkan

Sumber : Tabel 13 SNI 1726:2012

Perencanaan bangunan ini penentuan beban gempa dilakukan dengan metode analisa ragam respon spektrum. Respon Spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk kurva antara periode struktur,  $T$ , dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu.

#### 9. Prosedur Spektrum Respon Desain

**Gambar 2. 9** Spektrum Respon Desain

Sumber : Gambar 1 SNI 1726:2012

Sesuai SNI 1726-2012 Persamaan 9 dan 10:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Ketentuan untuk perhitungan respons spectrum sesuai SNI 1726-2012 Pasal 6.4:

- Untuk  $T < T_0$ , nilai  $S_a$  sebagai berikut:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

- Untuk  $T \geq T_0$ , nilai  $S_a = S_{DS} \dots \dots \dots (2.13)$

- Untuk  $T > T_s$ , nilai  $S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots \dots \dots (2.14)$

Keterangan :

$S_{DS}$  = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

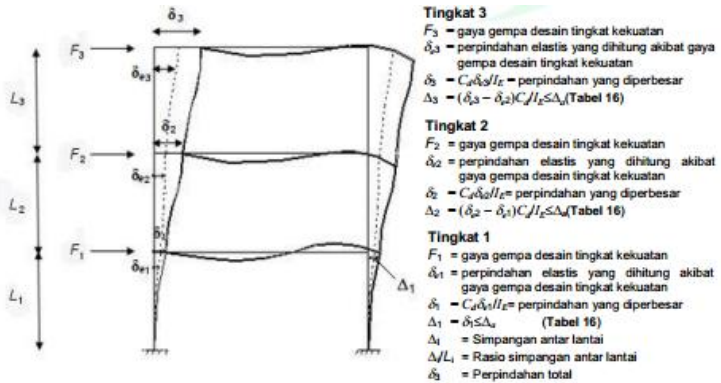
$T$  = Periode getar fundamental struktur

## 10. Pemilihan Sistem Struktur

Pada sistem struktur penahan gaya gempa sistem rangka pemikul momen untuk beton bertulang terdapat 3 tipe yaitu sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB), sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) didasarkan atas tabel 2.1. Pemilihan struktur sistem penahan gaya gempa ini berdasarkan nilai KDS dari data tanah. Pada perencanaan ini menggunakan SRPMK dengan nilai koefisien reduksi ( $R$ ) 8, faktor kuat-lebih sistem ( $\Omega_0$ ) 3, dan faktor pembesar defleksi ( $C_d$ ) 5,5, seperti tertera pada tabel 2.1. Nilai tersebut akan digunakan untuk pengontrolan struktur sesuai dengan Pasal 7.9 SNI 1726:2012 untuk analisis spektrum respons ragamnya.

Berikut pengecekan sistem struktur penahan gempa :

- a. Simpangan antar lantai (*story drift*)



**Gambar 2. 10** Penentuan Simpangan Antar Lantai

Sumber : Gambar 2 SNI 1726:2012

Simpangan antar lantai ini didasarkan atas Pasal 7.9.3 SNI 1726:2012. Nilai perpindahan elastis masing-masing lantai ( $\delta_e$ ) didapatkan dari program bantu SAP 2000. Nilai perpindahan antarlantai yang diperbesar ditentukan berdasarkan rumus:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{lantai\ atas} - \delta_{lantai\ bawah}}{I_e} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi (Tabel 2.1)

$I_e$  = Faktor keutamaan bangunan (Tabel 2.3)

Mengontrol nilai simpangan antar lantai yang diperbesar terhadap nilai batas untuk simpangan antar lantai  $\Delta_a$  yang terdapat pada tabel 2.10:

**Tabel 2. 10** Simpangan antarlantai izin ( $\Delta_a$ )

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 $h_{sx}$ <sup>c</sup>	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	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 $h_{sx}$

Sumber : Tabel 16 SNI 1726:2012

b. Periode Fundamental Struktur

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2 kontrol periode fundamental struktur ini ditentukan dengan perkiraan perioda alami fundamental  $T_a$  berdasarkan pendekatan seperti berikut :

$$T_a = C_t \times h_n^x \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

$h_n$  = Ketinggian struktur (m)

$C_t$  = diambil dari tabel 2.11

$x$  = diambil dari tabel 2.11

**Tabel 2. 11** Nilai Parameter Perioda Pendekatan  $C_t$  Dan  $x$ .

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa.		
Rangka baja pemikul momen.	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen.	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris.	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk.	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya.	0,0488	0,75

Sumber : Tabel 15 SNI 1726:2012

dengan batas atas perioda fundamental struktur sebesar :  
 $T_{a(atas)} = C_u \times T_a$  ..... (2.17)

**Tabel 2. 12** Koefisien untuk Batas atas pada perioda yang dihitung

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

Sumber : Tabel 14 SNI 1726:2012

Sehingga periode fundamental struktur hasil *output* dari program bantu SAP 2000 tidak boleh kurang dari hasil perkiraan perioda alami fundamental persamaan 2.14 dan tidak boleh lebih dari perkiraan perioda alami fundamental persamaan 2.15.

c. Gaya Geser Dasar dan Skala Gaya

Gaya geser dasar prosedur lateral ekivalen ( $V_1$ ) harus dihitung dari berat struktur dikali koefisien *respons seismic*.

$$V_1 = C_s W$$
 ..... (2.18)

Keterangan

$C_s$  = Koefisien *respons seismic*

$W$  = Berat struktur bangunan (kg)

Dimana nilai  $C_s$  harus ditentukan sesuai persamaan:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$
 ..... (2.19)

Namun tidak perlu melebihi persamaan:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$
 ..... (2.20)

Dan tidak kurang dari persamaan:

$$C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01$$
 ..... (2.21)

Keterangan,

$S_{DS}$  = Parameter percepatan spectrum respons desain dalam rentang periode pendek

$R$  = Faktor modifikasi respons (Tabel 2.1)

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa (Tabel 2.3)

Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Berdasarkan Pasal 7.9.4.1 SNI 1726: 2012 jika kombinasi respon untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) yang didapatkan dari *base reaction* gempa arah x maupun arah y pada pemodelan struktur lebih kecil 85% dari geser dasar prosedur lateral ekuivalen ( $V$ ), maka gaya harus dikalikan dengan faktor skala untuk arah gempa x maupun y sendiri.

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,85 \times V_1}{V_t} \dots\dots\dots (2.22)$$

### 2.3.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013

a. Kombinasi Ultimate (Pasal 2.3.2)

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L
3. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 ( $L_r$ )
4. 1,2 D + 1,0 Ex + L
5. 1,2 D + 1,0 Ey + L
6. 0,9 D + 1,0 Ex
7. 0,9 D + 1,0 Ey

b. Kombinasi Layan (Pasal 2.4.1)

1. D
2. D + L
3. D + ( $L_r$ )
4. D + 0,75 L + 0,75 ( $L_r$ )

Keterangan :

D = beban mati

L = beban hidup



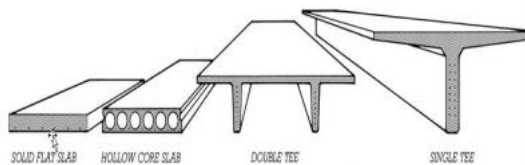
$E_x$  = beban gempa arah X  
 $E_y$  = beban gempa arah Y  
 $L_r$  = beban hidup atap

## 2.4 Tinjauan Elemen Struktur Pracetak

Pabrikasi elemen beton pracetak dapat dilakukan di pabrik maupun di lapangan. Pembuatan elemen di pabrik biasanya bersifat permanen dan dapat dilaksanakan dengan berbagai metode yang menyangkut proses produksi dan peralatan yang digunakan. Sedangkan pada pelaksanaan di lapangan, karena bersifat sementara maka metode yang digunakan juga terbatas. Elemen struktur beton pracetak yang banyak diproduksi dan digunakan pelat dan balok adalah sebagai berikut :

### 2.4.1 Pelat

Pelat pada bangunan gedung dianggap sebagai diafragma yang kaku yang lebarnya tidak melebihi 3,7 meter dan komponen struktur tidak disambung secara mekanis yang menyebabkan kekangan dalam arah transversal (SNI 7388:2012 Pasal 4.4.1). Kondisi yang diperhatikan pada pelat pracetak ini adalah saat pengangkutan, sebelum komposit dan setelah komposit. Pada waktu pengangkutan atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi saat pelat sudah komposit. Untuk pelat pracetak (precast slab), ada beberapa jenis yang umum digunakan yaitu :



**Gambar 2. 11** Jenis Pelat Pracetak

Sumber : *PCI 7<sup>th</sup> Edition*

#### 1. Pelat pacetak tanpa lubang (*Solid Slabs*)

Pelat pracetak tanpa lubang 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.

2. Pelat pracetak berlubang (*Hollow Core Slab*)

Pelat 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 inci hingga 15 inci.

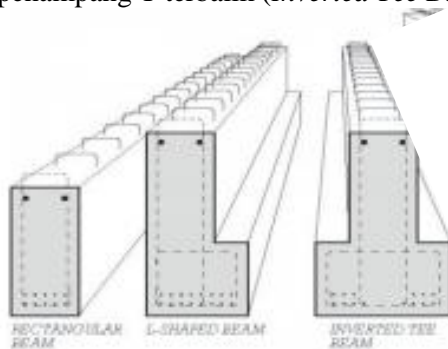
3. Pelat pracetak *Double Tee* dan *Single Tee*

Pada pelat ini ada bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung.

#### 2.4.2 Balok

Balok berfungsi untuk memikul beban-beban seperti beban dari pelat dan berat sendiri balok serta beban yang bekerja pada struktur tersebut. Berikut beberapa contoh balok pracetak :

1. Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)
2. Balok berpenampang L (*L-shaped beam*)
3. Balok berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*)



**Gambar 2. 12** Jenis Balok Pracetak

Sumber : *PCI 7<sup>th</sup> Edition*

**2.5 Preliminary Desain**

Preliminary design merupakan tahapan pradesain dimensi elemen struktural yang mencakup balok, kolom dan pelat lantai. Pada tahapan preliminary ini ditentukan juga pradesain untuk elemen pracetak. Nantinya, penentuan dimensi inilah yang akan digunakan untuk tahapan perencanaan selanjutnya.

**2.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat**

Preliminary pelat meliputi perencanaan tebal minimum dan dimensi pelat. Tebal minimum tersebut dipengaruhi oleh jenis pelat tersebut, apakah pelat dua arah atau pelat satu arah, yang nantinya dikontrol dengan kapasitas angkat tower crane.

- Pelat Satu Arah

Apabila jenis pelat yang digunakan adalah pelat satu arah, maka tebal minimum ditentukan berdasarkan rumus dari SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a) sebagai berikut:

$$t_{pelat} = \frac{l}{20} \dots\dots\dots (2.23)$$

**2.5.2 Perencanaan Dimensi Balok**

Perencanaan menggunakan metode balok pracetak dengan ketentuan tebal minimum balok total (pracetak dan *overtopping*) apabila nilai lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa. Sedangkan untuk mutu selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan  $(0,4 + \frac{f_y}{700})$ .

$$h_{min} = \frac{L}{16} \text{ (untuk balok induk) } \dots\dots\dots (2.26)$$

$$h_{min} = \frac{L}{21} \text{ (untuk balok anak) } \dots\dots\dots (2.27)$$

Untuk lebar balok boleh diambil  $\frac{2}{3}$  dari tinggi balok.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.12. bentang bersih untuk komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.

$$l_n \geq 4h \dots\dots\dots (2.28)$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.13 untuk lebar komponen  $b_w$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari  $0,3 h$  dan  $250 \text{ mm}$ .

$$b_w \geq 0,3h \dots\dots\dots (2.29)$$

$$b_w \geq 250 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.30)$$

Setelah penentuan tebal balok total yang digunakan, ditentukan tebal balok elemen pracetak yaitu tebal balok total dikurangi tebal pelat total.

### 2.5.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan kolom menggunakan metode *cast in situ* dengan dimensi kolom yang dihitung menggunakan arbitrary area beban pelat dan balok diambil dari sumbu ke sumbu pelat ( $\frac{1}{2}$  bentang ke arah kanan – kiri dan depan – belakang). Dipilih *tributary area* kolom yang memiliki luas arbitrary area yang paling besar. Untuk perencanaan, dimensi kolom dapat dibuat sama untuk setiap dua atau tiga lantai. Setiap kolom dalam satu lantai memiliki dimensi yang sama. Menurut SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi  $\phi = 0,65$ .

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana :

- A = Luas penampang kolom  
W = Beban aksial yang diterima kolom  
 $f'c$  = Kuat tekan beton karakteristik

### 2.5.4 Perencanaan Dimensi Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi.

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana :

- t = Tinggi injakan  
i = Lebar injakan

Syarat kemiringan tangga ( $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ ).

## 2.6 Sambungan pada Komponen Pracetak

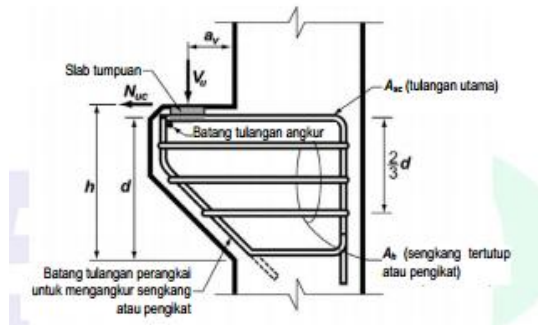
Sambungan yang ada pada beton pracetak biasanya menggunakan metode sambungan basah dan metode sambungan kering. Sambungan basah adalah sambungan antar beton pracetak yang ditandai dengan keluarnya besi tulangan dari beton pracetak, besi tulangan ini dihubungkan dengan besi tulangan dari beton pracetak yang akan disambungkan dengan cara dicor di tempat, seperti contoh *insitu concrete joint*. Sambungan kering adalah sambungan antar komponen beton pracetak menggunakan plat besi sebagai penghubung, yang kemudian dilas atau dibaut (Adi,dkk. 2014). Berikut contoh sambungan pada elemen pracetak :

### 2.6.1 Sambungan Balok dan Kolom

Sambungan pada pertemuan balok dan kolom harus harus bersifat kaku atau monolit karena daerah tersebut merupakan daerah terjadinya interaksi tegangan yang sangat tinggi. Karena adanya beban gempa dan daerah pertemuan ini merupakan daerah potensial untuk terjadinya keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya geser diagonal yang terjadi akibat gempa. Berikut contoh sambungan balok dan kolom pada elemen pracetak :

#### a. Corbel (*Concrete Corbel*)

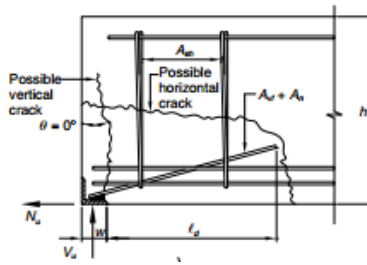
Corbel merupakan kantilever dengan bentang pendek yang terletak pada muka kolom dan menjadi landasan elemen balok pracetak. Corbel digunakan untuk menahan momen yang terjadi didaerah dekat kolom, dengan cara pemasangan baut yang kemudian di *grouting* (FIB. 2008). Perencanaan korbek didasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Penempatan balok induk pada konsol harus diperhatikan kemungkinan retak akibat gaya dalam yang terjadi, sehingga perlu direncanakan penulangan ujung balok menggunakan analisa geser friksi berdasarkan PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Section 5.6.2.



**Gambar 2. 13** Sambungan Corbel pada Balok – Kolom  
Sumber :SNI 2847:2013 (Gamnar S11.8.2)



**Gambar 2. 14** Contoh Penulangan Corbel  
Sumber :FIB (Fig.9-18)

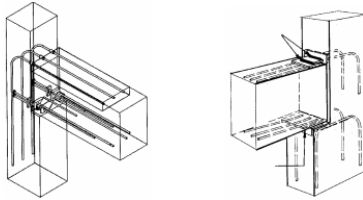


**Gambar 2. 15** Tulangan Ujung Balok  
Sumber : PCI 7th (Fig 5.6.2)

b. Sambungan Momen (*Column Haunch Connection*)

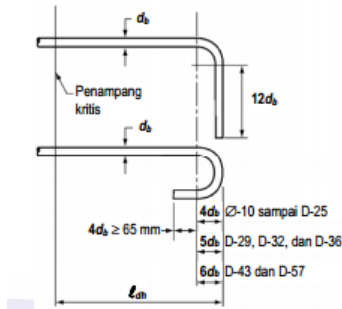
Sambungan yang memiliki potensi untuk menyalurkan momen dengan cara menghubungkan tulangan dalam balok pracetak dan kolom. Dalam pendetailan panjang penyaluran tulangan direncanakan sesuai dengan SNI

2847:2013 Pasal 12.5 untuk kait standar dalam kondisi tarik, Pasal 12.3.2 untuk panjang penyaluran kondisi tekan dan Pasal 21.7.5 untuk panjang penyaluran tulangan kondisi tarik, hal ini dikarenakan sistem strukrur penahan gempanya SRPMK.



**Gambar 2. 16 Sambungan Momen**

Sumber : FIB (*Fig.9-29*)

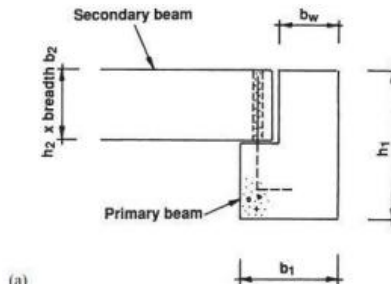


**Gambar 2. 17 Penyaluran Kait Standar**

Sumber : SNI 2847:2013 (Gambar S12.5)

## 2.6.2 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Sambungan balok induk dan balok anak dapat direncanakan menggunakan corbel/konsol pendek seperti pada sub bab 2.6.1



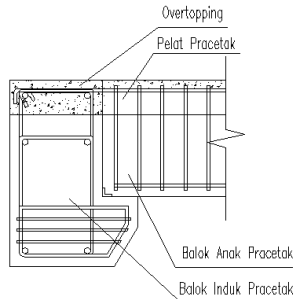
**Gambar 2. 18** Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Sama seperti sambungan balok kolom yang menggunakan korbek, pada penempatan balok anak seperti 2.17 harus diperhatikan kemungkinan retak akibat gaya dalam yang terjadi, sehingga perlu direncanakan penulangan ujung balok menggunakan analisa geser friksi berdasarkan PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Section 5.6.2. Akan tetapi pada perencanaan sambungan balok anak dan balok induk, yang mengasumsikan balok anak hanya dapat menerima beban aksial dan normal, tanpa momen (perletakan sendi), membuat tidak adanya tulangan panjang penyaluran yang di salurkan kebalok, nantinya hanya dipasang baut pada balok anak ke konsol yang akan difungsikan untuk penahan geser.

### 2.6.3 Sambungan Balok dan Pelat

Kemampuan konstruksi komposit tergantung pada sambungan antara balok dan pelat pracetak. Pada sambungan balok-pelat menggunakan sambungan basah dan tulangan pelat akan disalurkan ke balok sepanjang ketentuan panjang penyaluran SNI 2847:2013 Pasal 12.5, sambungan balok-pelat pracetak ini seperti pada gambar 2.20. Setiap komponen struktur balok harus mempunyai dimensi penumpu minimal 50 mm untuk pelat.





**Gambar 2. 19** Connector Pelat dan Balok

## 2.7 Pengangkatan Elemen Pracetak

Pada beton pracetak handling merupakan pemindahan komponen pracetak dari moulding/ bekisting sampai pada tahap pemasangan. Hal-hal yang harus diperhatikan selama pengangkatan sebagai berikut:

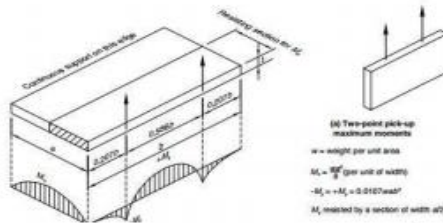
- a. Stabilitas dan kontrol tegangan pada elemen pada saat diangkat.
- b. Ukuran dan berat elemen yang dapat dikirm dan sesuai dengan alat berat yang diperlukan.
- c. Kapasitas alat (mobile crane atau tower crane) di pabrik atau disite serta posisi dan jangkauan alat angkat.
- d. Jarak penumpukan, rotasi penumpukan, dan penempatan penumpukkan.

Pengangkatan pada elemen pracetak ini dibedakan untuk pengangkatan pelat dan balok, berikut uraiannya :

### 2.7.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

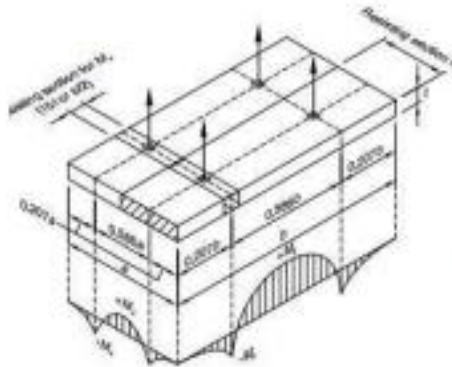
Perencanaan elemen pelat pracetak harus didesain tidak melebihi kapasitas angkat dari alat angkat, serta pada saat pengangkatan perlu direncanakan tulangang angkat pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut posisi elemen dipasang. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

## 1. Dua Titik Angkat



**Gambar 2. 20** Pengangkatan 2 Titik Angkat  
Sumber : *PCI 7<sup>th</sup> Edition*

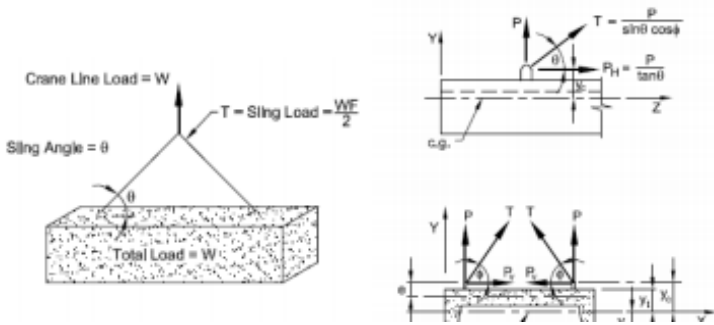
## 2. Empat Titik Angkat



**Gambar 2. 21** Pengangkatan 4 Titik Angkat  
Sumber : *PCI 7<sup>th</sup> Edition*

### 2.7.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Elemen balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada saat pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut.

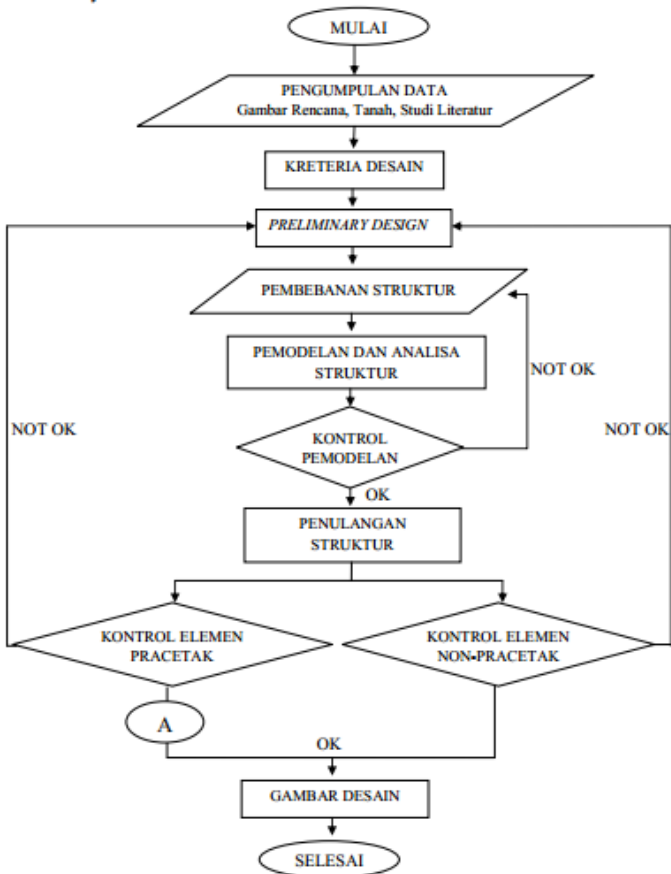


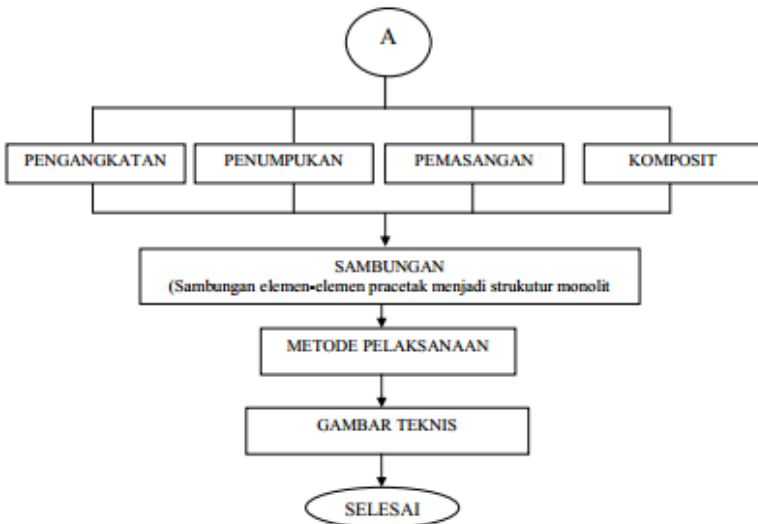
**Gambar 2. 22** Pengangkatan Balok Pracetak  
 Sumber : *PCI 7<sup>th</sup> Edition*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alur Perencanaan

Diagram alur perencanaan ini menjelaskan mengenai tahapan yang akan digunakan untuk modifikasi perencanaan Gedung Apartemen Menara Rungkut, berikut gambar alur perencanaannya :



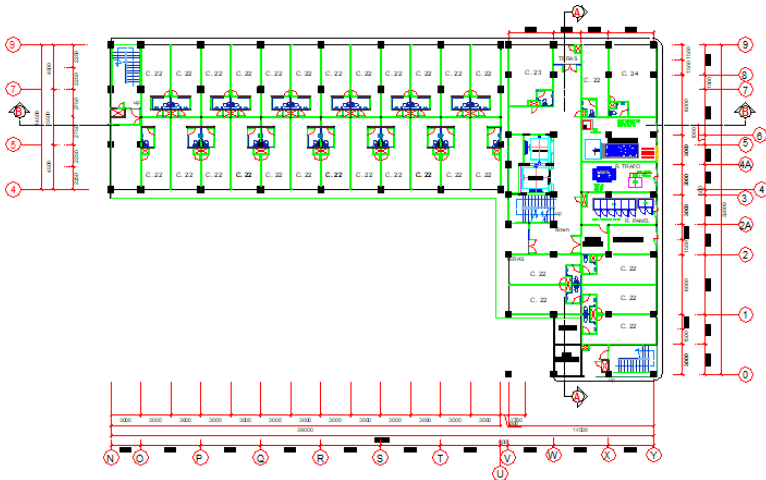


Gambar 3. 1 Diagram Alir

### 3.2 Pengumpulan Data

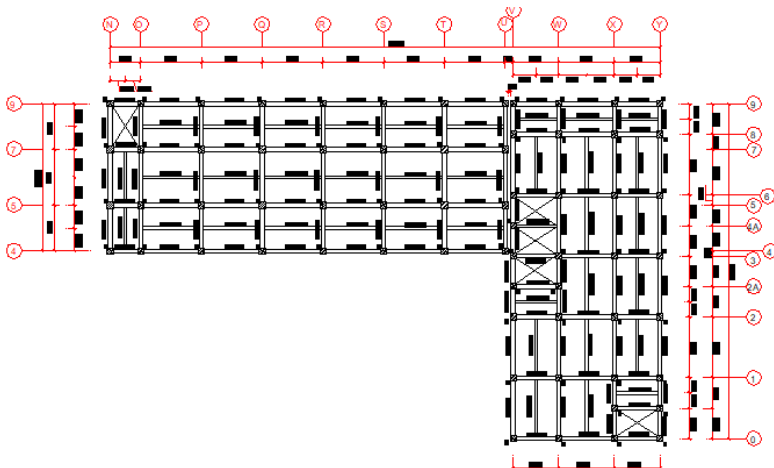
Data yang dikumpulkan adalah data lapangan yang akan dipakai dalam modifikasi perencanaan ini. Data tersebut berupa data tanah, siteplan, denah bangunan, serta data-data lainnya yang diperlukan. Berikut data yang didapatkan dari data lapangan :

1. Data Gambar
  - Gambar Arsitektur



**Gambar 3. 2** Denah Lantai 1

**Gambar Struktur**



**Gambar 3. 3** Denah Balok dan Kolom Lantai 2

## 2. Data Tanah

Test tanah yang digunakan pada proyek gedung Apartemen Menara Rungkut adalah *standart penetration test* (SPT), dengan kedalaman 50 m dan muka air tanah - 1,2 m. Pengolahan data tanah N-SPT ini untuk menentukan  $\bar{N}$ , sehingga dapat menentukan kategori kelas situsnya. Untuk data tanah terlampir pada lampiran. Berikut rekapitulasi N-SPT :

**Tabel 3. 1** Rekapitulasi N-SPT

	<b>Tebal lapisan (di) (m)</b>	<b>Nilai N-SPT</b>	<b>di/Ni</b>
1	2	2,00	1,000
2	2	0,00	0,000
3	2	0,00	0,000
4	2	0,00	0,000
5	2	0,00	0,000
6	2	3,00	0,667
7	2	5,00	0,400
8	2	15,00	0,133
9	2	13,00	0,154
10	2	15,00	0,133
11	2	17,00	0,118
12	2	17,00	0,118
15	2	31,00	0,065
□	26	2,787	
$\bar{N}$		9,329	

Peraturan yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan ini antara lain :

1. SNI 1726:2012 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung.

2. SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
3. SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
4. SNI 7833:2013 tata cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung.
5. PCI (Prestressed/Precast Concrete Institutes) design handbook 7<sup>th</sup> edition.

### 3.3 Pemilihan Kreteria Desain dan Modifikasi Struktur

Gedung Apartemen Menara Rungkut yang difungsikan sebagai hunian memiliki kategori resiko bangunan gedung II untuk beban gempa (Tabel 1 SNI 1726:2012). Bangunan ini direncanakan akan dibangun di Surabaya dengan kelas situs SE (tanah lunak) dikarenakan hasil perhitungan data tanah nilai  $\bar{N} < 15$  (Tabel 3 SNI 1726:2012). Penentuan gempa rencana didasarkan pada pasal 4.1.1 SNI 1726:2012 untuk bangunan gedung sebesar 2 % dalam 50 tahun, dengan melihat peta gempa Indonesia untuk wilayah surabaya, didapatkan nilai  $S_s$  (respon spektra percepatan perioda pendek) sebesar 0,6 g dan  $S_1$  (respon spektra percepatan perioda 1,0 detik) sebesar 0,25 g. Kemudian dihitung nilai  $S_{DS}$  (parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek) dan  $S_{D1}$  (parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik) berdasarkan persamaan 7 dan 8 SNI 1726:2012, sehingga didapatkan nilai  $S_{DS}$  sebesar 0,547 g dan  $S_{D1}$  sebesar 0,5 g. Untuk penentuan kategori desain seismik didasarkan pada nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  yang terdapat pada tabel 6 dan 7 SNI 1726:2012, sehingga bangunan gedung Apartemen Menara Rungkut memiliki nilai kategori desain seismik D.

Pemilihan sistem struktur dari bangunan gedung Apartemen Menara Rungkut didasarkan pada tabel 2.1, bahwa kreteria desain yang sesuai dengan kategori desain seismik D adalah sistem rangka pemikul momen khusus. Modifikasi struktur yang akan tertera pada tabel 3.1.



**Tabel 3. 2** Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan Modifikasi

<b>Parameter</b>	<b>Kondisi Eksisting Bangunan</b>	<b>Modifikasi</b>
<b>Sistem struktur</b>	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
<b>Lokasi</b>	Surabaya	Surabaya
<b>Jumlah Lantai</b>	15 lantai dan 1 lantai atap	8 lantai dan 1 lantai atap
<b>Jenis Atap</b>	Atap Rangka	Pelat Beton
<b>Jembatan Penghubung</b>	Terdapat jembatan penghubung tower A dan B	Tidak terdapat jembatan penghubung tower A dan B
<b>Material Struktur Utama</b>	Beton Bertulang	Beton Bertulang
<b>Tinggi Bangunan</b>	+51,79 m	+25 m
<b>Metode Cor</b>	Cast In situ	Beton Prcetak pada Balok dan Pelat

### 3.4 Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahapan pradesain dimensi elemen struktural yang mencakup balok, kolom dan pelat lantai sesuai dengan ketentuan Sub Bab 2.5 Preliminary desain.

- Pelat (*Half Slab*) : Menentukan tebal pelat pracetak tipe dua arah, t
- Balok : Menentukan dimensi b x h balok pracetak
- Kolom : Menentukan dimensi b x h kolom
- Tangga : Menentukan tebal pelat tangga, t

### 3.5 Pembebanan

Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan SNI 1727:2013 dan SNI 1726:2012.

### 3.5.1 Beban Gravitasi

#### a. Beban Mati

Beban mati yang digunakan pada perencanaan struktur tertera pada tabel 3.2.

**Tabel 3. 3** Beban Mati

<b>Beban Mati</b>	<b>Beban Merata</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Beton Bertulang	2400	kg/m <sup>3</sup>	PPIUG 1983 Tabel 2.1
Baja	7850	kg/m <sup>3</sup>	PPIUG 1983 Tabel 2.1
Dinding Bata Ringan	90	kg/m <sup>2</sup>	CITICON (Brosur)
Keramik + spesi	110	kg/m <sup>2</sup>	ASCE 7-2002 Tabel C3-1
Asphalt	10	kg/m <sup>2</sup>	ASCE 7-2002 Tabel C3-1
Plafond + Penggantung	6,5	kg/m <sup>2</sup>	JAYA BOARD (Brosur)
Dinding Partisi	0,295	kg/m <sup>2</sup>	KALSI (Brosur)
Mechanical Electriacal	19	kg/m <sup>2</sup>	ASCE 7-2002 Tabel C3-1

#### b. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan pada perencanaan tertera pada tabel 3.3

**Tabel 3. 4** Beban Hidup

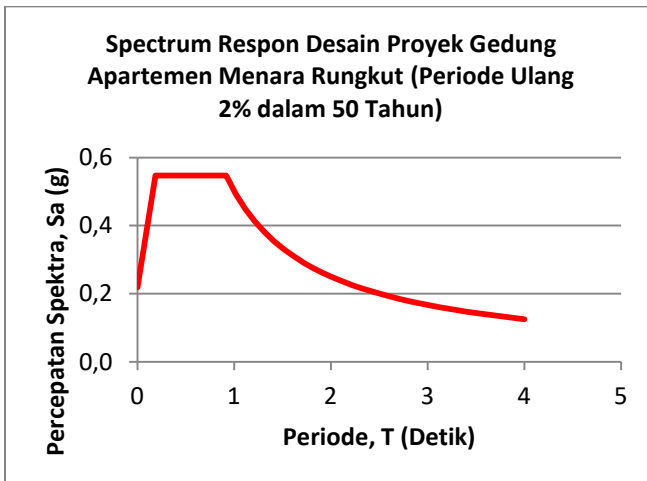
<b>Hunian / Penggunaan</b>	<b>Beban Merata</b>	<b>Satuan</b>
Ruangan kecuali tangga	192	kg/m <sup>2</sup>
Tangga dan bordes	479	kg/m <sup>2</sup>
Atap	96	kg/m <sup>2</sup>
Pekerja	100	kg/m <sup>2</sup>

Sumber : Tabel 4-1 SNI 1726:2012

### 3.5.2 Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada perencanaan gedung ini dilakukan dengan analisa respon spektrum dengan tahapan sesuai sub bab 2.3.2, lokasi gempa yang ditinjau pada daerah Rungkut

Surabaya dengan kategori desain seismik D seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 3.3. Untuk nilai spectrum respon desain dihitung berdasarkan persamaan 2.10 hingga 2.14, pada waktu getar fundamental struktur ( $T$ ) kurang dari 0 nilai  $S_a = 0,219$  g, untuk waktu  $T_0 = 0,183$  s dan waktu  $T_s = 0,915$  s nilai  $S_a = S_{DS} = 0,547$ g, untuk  $T > T_s$  nilai  $S_a$  sesuai dengan persamaan 2.14, sehingga didapatkan spectrum respon desain sesuai dengan gambar 3.2.



**Gambar 3. 4** Spectrum Respon Desain Proyek Gedung Apartemen Menara Rungkut

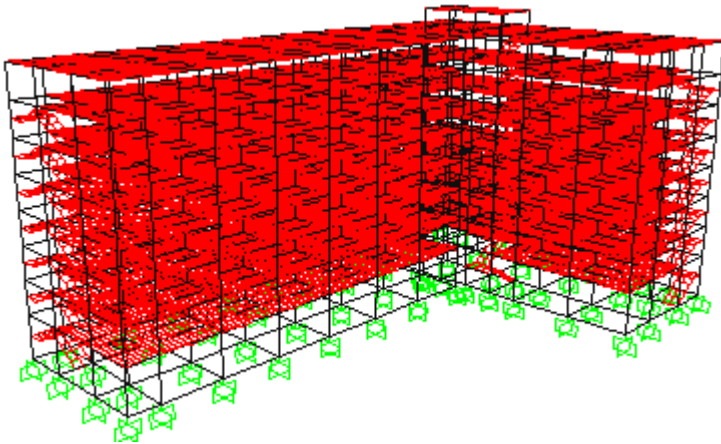
Respon spektrum pada gambar 3.6 diinput ke pemodelan sap 2000, dan *scale factor* yang terdapat pada *load case* yaitu nilai dari  $\left(\frac{I_g}{R}\right)$  untuk gempa x maupun y, dimana  $I$  adalah faktor keutamaan gempa (Tabel 2.3),  $g$  adalah gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) dan  $R$  koefisie modifikasi respon (Tabel 2.1).

### 3.6 Pemodelan dan Analisa Struktur

Pemodelan struktur untuk gedung Apartemen Menara Rungkut menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus

yang di modelkan dalam bentuk 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000. Bentuk bangunan yang menyerupai huruf L mengakibatkan bangunan perlu dilakukan dilatasi. Bangunan dibagi menjadi dua bagian dengan menggunakan dilatasi dua kolom, jarak kedua kolom tersebut minimal 75 mm.

Pemodelan elemen-elemen beton pracetak secara utuh dilakukan pada saat kondisi komposit. Elemen pelat pracetak dimodelkan pelat satu arah yang memiliki jarak antara pelat  $\pm 5$ mm, nantinya di sambung dengan sambungan basah. Elemen balok anak pracetak dilakukan *release* terhadap balok induk, dikarenakan sambungan tidak menggunakan sambungan momen. Pemodelan secara keseluruhan tertera pada gambar 3.2. Out put dari pemodelan ini antara lain untuk mengetahui gaya dalam yang terjadi pada balok, pelat dan kolom serta untuk melakukan kontrol perilaku struktur.



**Gambar 3. 5** Pemodelan Struktur Apartemen Menara Rungkt Surabaya

### **Kontrol Persyaratan**

Hasil dari analisis struktur gedung oleh program bantu SAP 2000, seperti periode getar fundamental struktur (T) dan

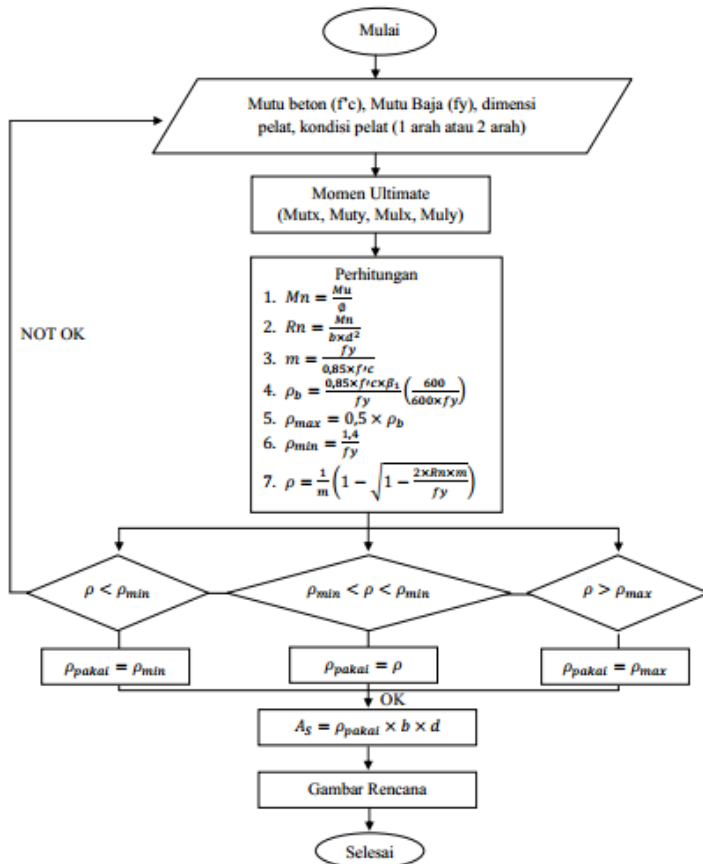
lendutan yang terjadi ( $\Delta$ ) dikontrol menggunakan SNI 1726:2012 seperti pada sub bab 2.3.2 point 11.

### **3.7 Perencanaan Penulangan Struktur**

#### **3.7.1 Perencanaan Tulangan Pelat**

Pelat direncanakan menggunakan tipe half slab dengan tipe pelat satu arah, perhitungan tulangan dan pengontrolan didasarkan atas kondisi pengangkatan, penumpukan, pemasangan dan sesudah komposit.

##### **1. Perhitungan Tulangan Lentur**



**Gambar 3. 6** Diagram Alir Perhitungan Penulangan Komponen Lentur Pelat

Keterangan :

- Mutx = Momen ultimate tumpuan x
- Muty = Momen ultimate tumpuan y
- Mulx = Momen ultimate lapangan x
- Muly = Momen ultimate lapangan y
- Mn = Momen nominal

$\emptyset$  = Faktor reduksi lentur (0,9)

$A_s$  = Luas tulangan

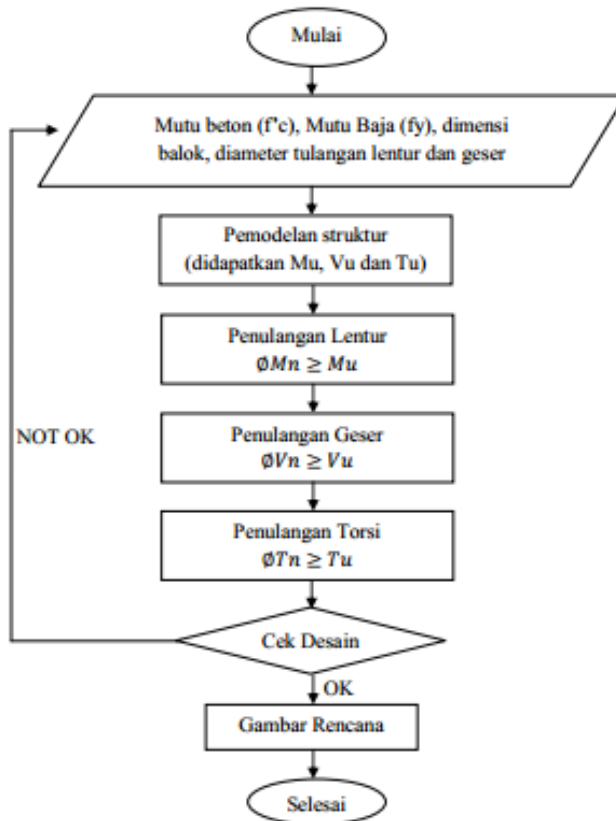
Pada SNI 2847:2013 Pasal 10.5.4 jarak antar tulangan lentur pada pelat tidak boleh kurang dari 3 h (tebal slab) atau 450 mm.

## 2. Perhitungan 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:

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

### 3.7.2 Perencanaan Tulangan Balok



**Gambar 3. 7** Diagram Alir Perhitungan Tulangan Balok

Keterangan :

$M_u$  = Momen Lentur Ultimate

$V_u$  = Geser Ultimate

$T_u$  = Momen Torsi Terfaktor

$M_n$  = Momen Lentur Nominal

$V_n$  = Gaya Geser Nominal

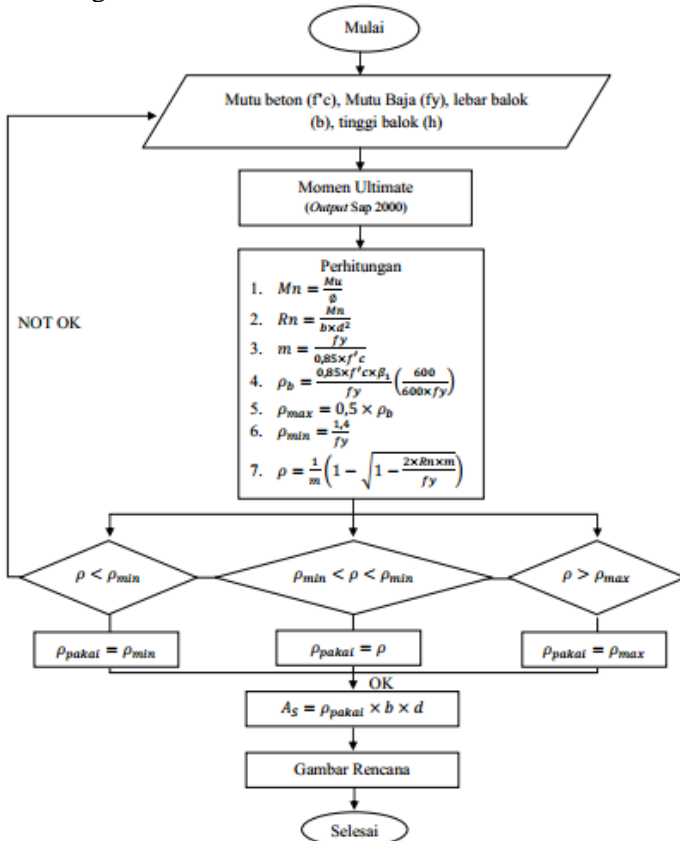
$T_n$  = Torsi Nominal



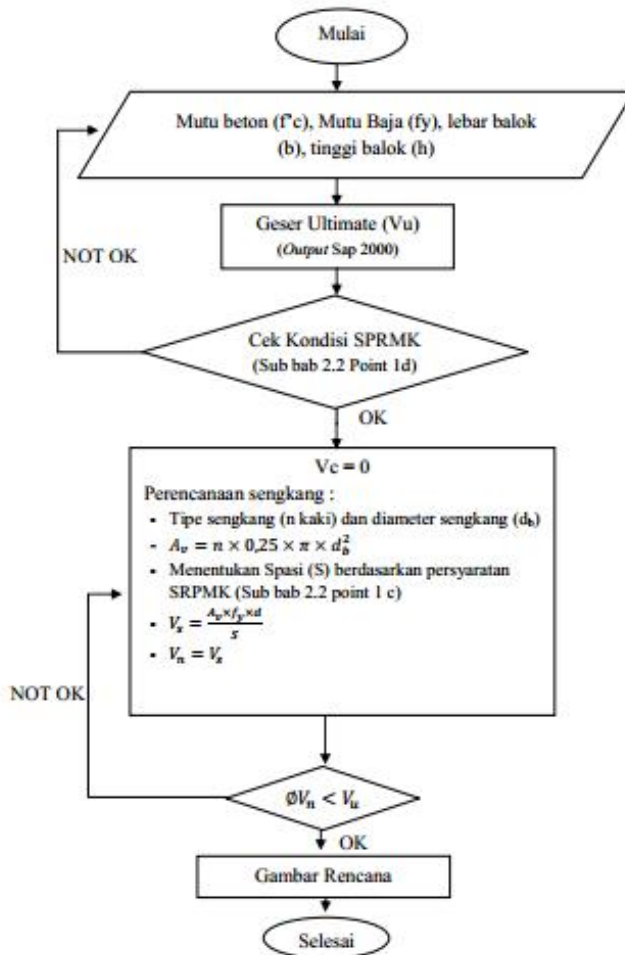
$\phi$  = Reduksi ( Lentur = 0,9; Geser = 0,75; Torsi = 0,75)

### 1. Perhitungan Tulangan Lentur dan Geser Balok

Pendetailan tulangan lentur dan geser balok disesuaikan dengan sistem struktur penahan gaya gempa yang digunakan yaitu SRPMK. Pendetailan penulangan struktur balok berdasarkan sub bab 2.2 point 1. Berikut perhitungan tulangan lentur balok :



**Gambar 3. 8** Diagram Alir Perhitungan Penulangan Komponen Lentur Balok



**Gambar 3. 9** Diagram Alir Perhitungan Penulangan Komponen Lentur Balok

## 2. Kontrol Retak Tulangan

Berdasarkan Pasal 11.5 SNI 2847:2013 pengaruh torsi boleh diabaikan apabila :

$$T_U \leq \emptyset \times 0,83 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times \left( \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right) \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

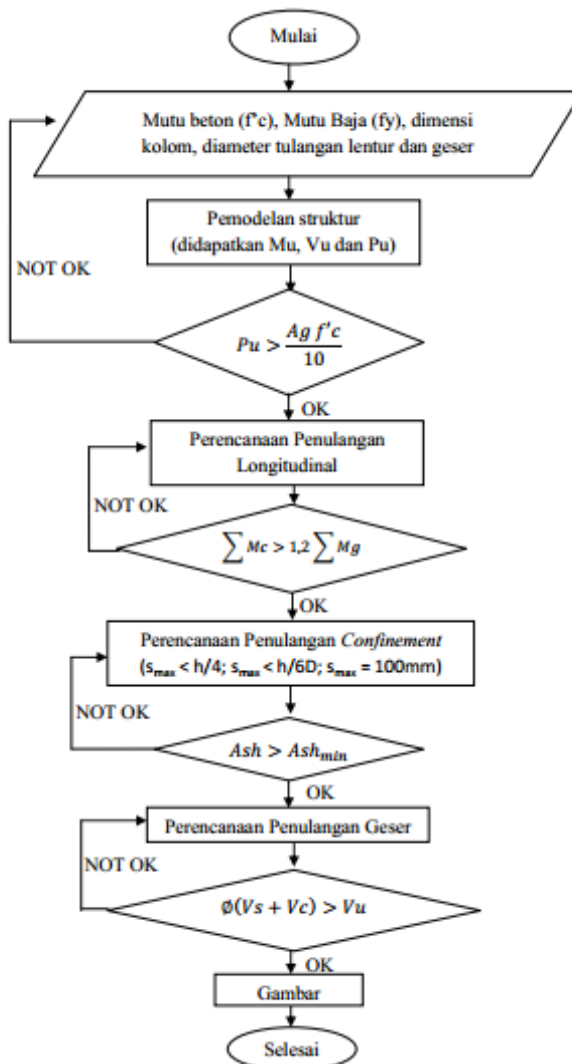
$\emptyset$  = 0,75 ( SNI 2847:2013 ps 9.3.2.3)

$T_U$  = Kekuatan torsi terfaktor

$A_{cp}$  = Luas penampang beton

$p_{cp}$  = Keliling penampang beton

### 3.7.3 Perencanaan Tulangan Kolom



Gambar 3. 10 Diagram Alir Penulangan Kolom

Keterangan :

$A_g$  = Luas bruto penampang beton

$f'_c$  = Kuat tekan beton

$\sum M_c$  = Jumlah momen dua kolom yang bertemu di satu titik

$\sum M_g$  = Jumlah momen dua balok yang bertemu di satu titik

$A_{sh}$  = Luas tulangan

$S_{max}$  = Jarak maksimum antar tulangan

$h$  = Tinggi kolom

$D$  = Diameter tulangan memanjang

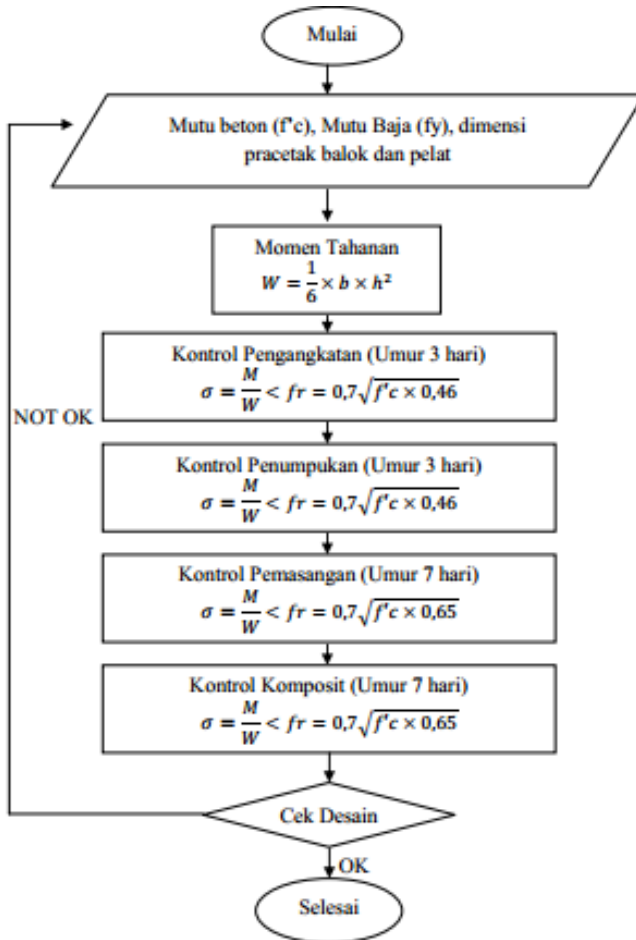
$V_s$  = Kekuatan geser nominal oleh tulangan geser

$V_c$  = Kekuatan geser nominal oleh beton

$V_u$  = Gaya geser terfaktor pada penampang

Pada tugas akhir ini kolom direncanakan dengan metode *cast in situ* dengan pendetail penulangan kolom sistem struktur penahan gaya gempa SRPMK berdasarkan sub bab 2.2 point 2 untuk tulangan kolom akibat beban aksial tekan dan geser. Program bantu PCACOL digunakan pada perhitungan ini untuk mendapatkan nilai interkasi antar momen balok serta aksial kolom. Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.1 luas tulangan longitudinal  $A_{st}$  untuk komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari 0,01  $A_g$  dan tidak lebih besar dari 0,08  $A_g$ .

### 3.8 Kontrol Elemen Pracetak



**Gambar 3. 11** Diagram Alur Kontrol Elemen Pracetak

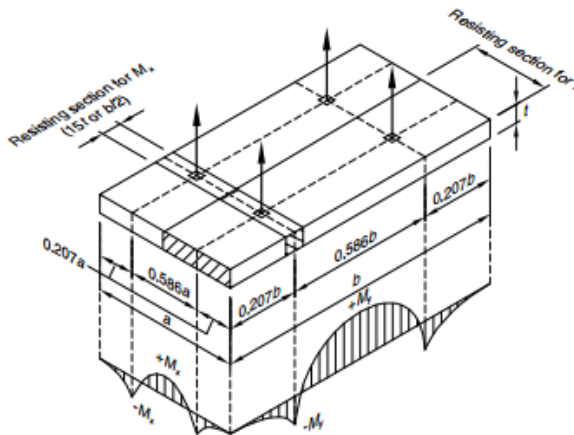
Keterangan :

- $b$  = Lebar elemen pracetak
- $h$  = Tebal elemen pracetak
- $M$  = Momen ultimate elemen

$f_r$  = Modulus hancur beton  
 $f'_c$  = Kuat tekan beton

### 3.9.1 Kontrol Pengangkatan

Pengangkatan beton pracetak dilakukan pada beton berumur 3 hari yang kemudian dibawa ke proyek. Elemen pelat pracetak direncanakan menggunakan 4 titik angkat seperti pada gambar 3.14, sedangkan elemen balok pracetak menggunakan 2 titik angkat seperti pada gambar 3.15. Untuk pembebanan saat pengangkatan yaitu beban sendiri balok atau pelat.



**Gambar 3. 12** Pengangkatan elemen pelat pracetak dengan 4 titik angkat

Sumber : *PCI 7<sup>th</sup> Edition* (Fig 8.3.2)

$$M_x^+ = M_x^- = 0,0107 \times w \times a^2 \times b \dots \dots \dots (3.2)$$

$$M_y^+ = M_y^- = 0,0107 \times w \times a^2 \times b \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan :

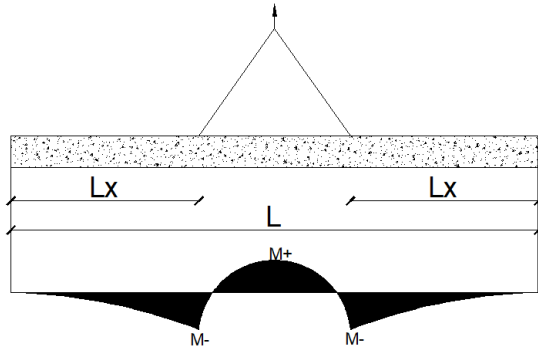
$M_x$  = Momen sumbu x

$M_y$  = Momen sumbu y

$w$  = Momen tahanan

$a$  = Lebar elemen pracetak

$b$  = Panjang elemen pracetak



**Gambar 3. 13** Pengangkatan elemen balok pracetak dengan 2 titik angkat

$$M^+ = \frac{q_u \times l^2}{8} \times 1 - 4x + \frac{4 \times Y_c}{L \times \tan \theta} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$M^- = \frac{q_u \times (x \times L^2)}{2} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$x = \frac{1 + \frac{4 \times Y_c}{L \times \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left( 1 + \frac{4 \times Y_c}{L \times \tan \theta} \right)} \right)} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :

$q_u$  = Beban ultimate yang bekerja saat pengangkatan

$L$  = Panjang elemen balok pracetak

$\theta$  = Sudut yang dibentuk saat pengangkatan

$Y_b = Y_t = \frac{h_{pracetak}}{2}$

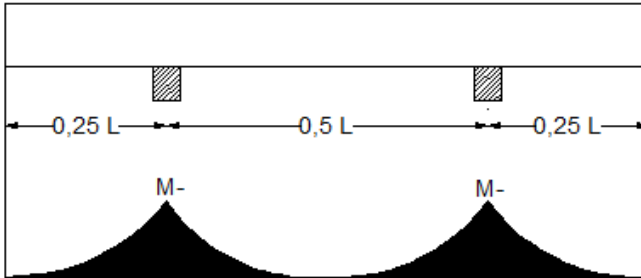
$Y_c = Y_t + decking$

### 3.9.2 Kontrol Penumpukan

Penumpukan pada elemen pracetak terjadi pada saat beton diangkat menggunakan truck dari pabrik ke lokasi proyek dan pada saat penumpukan di stock yard. Beban yang bekerja saat penumpukan ini adalah berat sendiri dari elemen pracetak yang ditumpuk.

- a. Penumpukan dengan 2 titik tumpu



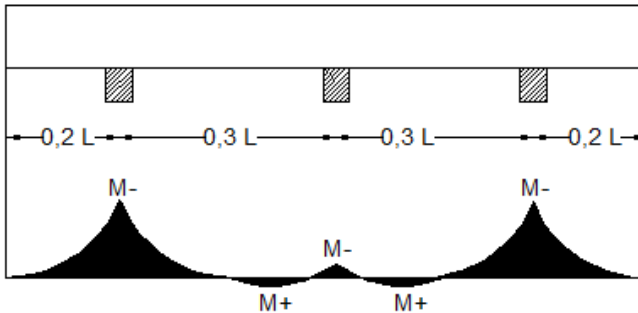


**Gambar 3. 14** Momen Penumpukan 2 Titik

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{8} \times q_u \times (0,5L)^2 \dots\dots\dots(3.7)$$

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times q_u \times (0,5L)^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times (0,5L) \dots(3.8)$$

b. Penumpukan dengan 3 titik tumpu



**Gambar 3. 15** Momen Penumpukan 3 Titik

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{8} \times q_u \times (0,6L)^2 \dots\dots\dots(3.9)$$

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times q_u \times (0,6L)^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times (0,6L) \dots(3.10)$$

Keterangan :

$q_u$  = beban ultimate yang bekerja

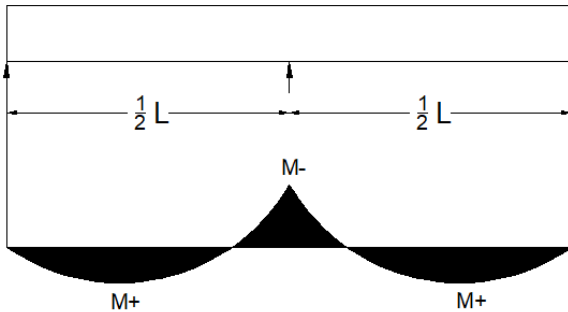
$P_u$  = Beban pekerja

$L$  = Panjang elemen balok pracetak

### 3.9.3 Kontrol Pemasangan

pemasangan merupakan tahap akhir untuk menyatukan antar elemen pracetak agar elemen menjadi kompak. Pemindahan sepenuhnya gaya geser akibat beban lateral pada komponen struktur komposit tersebut akan bekerja dengan baik selama tegangan geser horizontal yang timbul tidak melampaui tegangan geser ijin. Beban yang bekerja saat kondisi pemasangan ini adalah berat sendiri elemen pracetak dan beban pekerja

- a. Pengecoran menggunakan *support reproofing* di tengah bentang

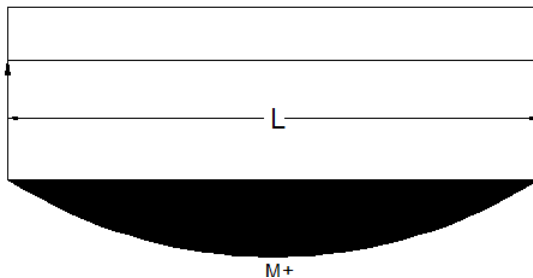


**Gambar 3. 16** Momen Pengecoran menggunakan *support reproofing* di tengah bentang

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{8} \times q_u \times (0,5L)^2 \dots\dots\dots (3.13)$$

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times q_u \times (0,5L)^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times (0,5L) \quad (3.14)$$

- b. Pengecoran tidak menggunakan *support reproofing*



**Gambar 3. 17** Momen Pengecoran tidak menggunakan support reproofing

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{8} \times q_u \times (L)^2 \dots\dots\dots(3.15)$$

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times q_u \times (L)^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times (L) \dots\dots\dots(3.16)$$

Keterangan :

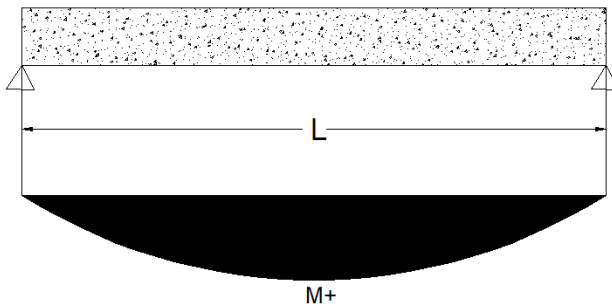
$q_u$  = beban ultimate yang bekerja

$P_u$  = Beban pekerja

$L$  = Panjang elemen balok pracetak

### 3.9.4 Kontrol Komposit

Setelah dilakukan pengecoran in situ maka beton menjadi material komposit. Dimana beban yang bekerja saat komposit ini adalah beban total yang telah direncanakan.



**Gambar 3. 18** Momen Komposit

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{8} \times q_u \times (L)^2 \dots\dots\dots(3.17)$$

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times q_u \times (L)^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times (L) \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan :

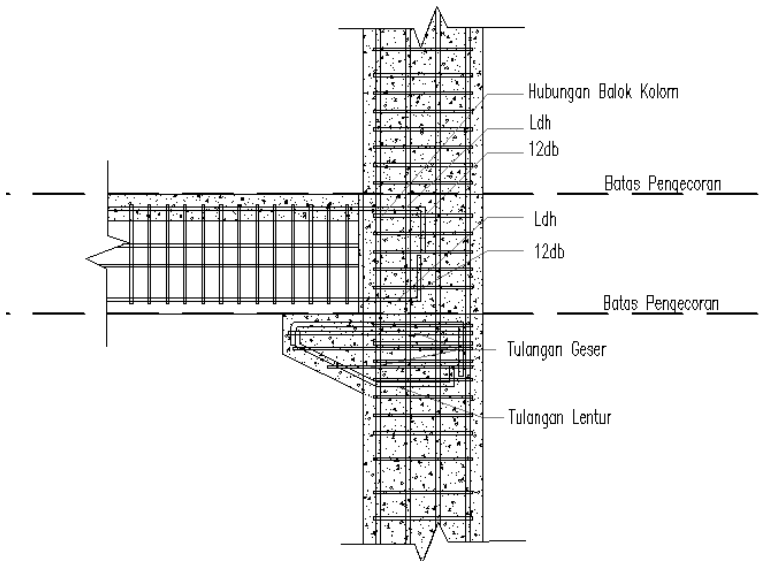
$q_u$  = beban ultimate yang bekerja

$L$  = Panjang elemen balok pracetak

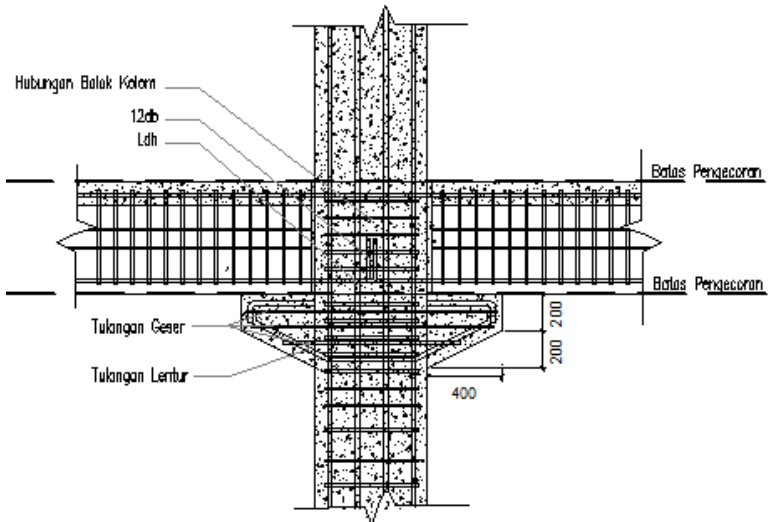
### 3.10 Perencanaan Sambungan

#### 3.10.1 Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom

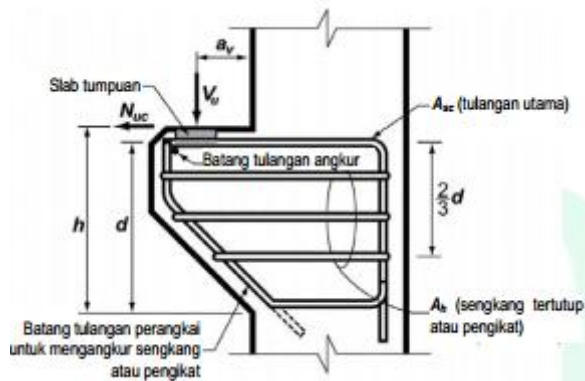
Perencanaan Sambungan antara balok pracetak dengan kolom harus bersifat kaku atau monolit. Pada sambungan ini memanfaatkan konsol pendek yang perencanaannya mengacu pada sub bab 2.6.1 point a, balok induk diletakkan pada konsol pendek yang telah direncanakan dan dipasang pelat landas. Untuk hubungan balok dan kolom menggunakan panjang penyaluran dari tulangan tarik dan tekan balok yang nantinya dijangkarkan pada kolom, perencanaan hubungan balok-kolom ini mengacu pada sub bab 2.6.1 point b.



**Gambar 3. 19** Sambungan Balok-Kolom Eksterior



**Gambar 3. 20** Sambungan Balok-Kolom Interior

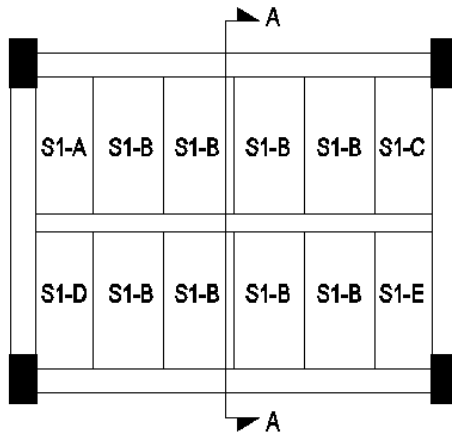


**Gambar 3. 21** Detail Konsol

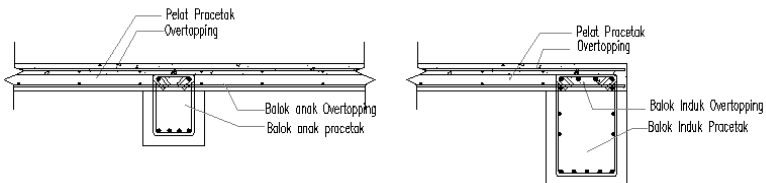
Sumber : SNI 2847:2013 (Gambar S11.8.2)

### 3.10.2 Sambungan Balok Pracetak dengan Pelat Pracetak

Sambungan balok dan pelat di rencanakan menggunakan sambungan basah (*Overtopping*) setebal setebal 50 mm – 100 mm. Tulangan dari pelat di terusan ke balok sepanjang  $l_d$  (tabel 3.5). Untuk gambar sambungan balok dan pelat dapat dilihat pada gambar 3.25.



Gambar 3. 22 Konfigurasi Pelat



Gambar 3. 23 Potongan A-A

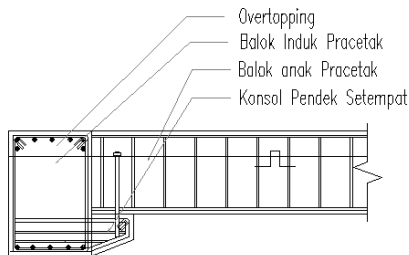
**Tabel 3. 5** Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau pengikat sepanjang $l_d$ tidak kurang dari minimum Tata Cara atau	$\left( \frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{2.14 \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ , dan selimut bersih tidak kurang dari $d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left( \frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Sumber : SNI 2847:2013 Pasal 12.2.2

### 3.10.3 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Pada sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan dengan sistem konsol pendek sebagai dukungan dari balok anak, sambungan ini bersifat tidak monolit sehingga pada pemodelan akan direlease, dan akan dipasang baut pada korbek ke balok anak untuk menahan geser yang kemungkinan terjadi waktu pelaksanaan atau setelahnya. Setelah pemasangan balok anak dan pelat kemudian akan dilakukan overtopping seperti pada Gambar 3.25. Untuk spesifikasi dan perhitungan brakit mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 11.8.

**Gambar 3. 24** Sambungan Balok Induk-Balok Anak

### 3.10.4 Sambungan Pelat dengan Pelat

Pada perencanaan elemen pelat pracetak *half slab* direncanakan pelat pracetak satu arah. Untuk pelat pracetak yang diberi *overtopping* di atasnya berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.11.4, slab dengan lapis atas komposit yang dicor ditempat,

diizinkan untuk digunakan sebagai diafragma struktur asalkan slab lapisan atas ditulangi dan permukaan beton yang sebelumnya mengeras dimana slab lapisan atas dicor telah bersih. Berdasarkan pasal 21.11.6 slab beton pracetak dan overtopping yang bekerja sebagai diafragma struktur yang digunakan menyalurkan gaya gempa tidak boleh kurang dari tebal 50 mm. Perencanaan geser diafragma struktural diatur dalam pasal 21.11.9 SNI 2847:2013, untuk kuat geser nominal ( $V_n$ ) diafragma struktural tidak boleh melampaui :

$$V_n = A_{cv} \times (0,17\lambda\sqrt{f'c} + \rho_t f_y) \dots\dots\dots(3.20)$$

Untuk diafragma slab lapisan atas cor di tempat di atas komponen struktur lantai atau atap pracetak,  $A_{cv}$  harus dihitung menggunakan tebal slab lapisan atas hanya untuk diafragma slab lapisan atas bukan komposit dan tebal kombinasi elemen cor di tempat dan pracetak untuk diafragma slab lapisan atas komposit. Untuk diafragma slab lapisan atas komposit, nilai  $f'c$  yang digunakan untuk menentukan  $V_n$  harus tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari  $f'c$  untuk komponen struktur pracetak dan  $f'c$  untuk slab lapisan atas.  $V_n$  diafragma struktur tidak boleh melebihi 2 persamaan dibawah ini :

$$a. V_n = 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c} \dots\dots\dots(3.21)$$

$$b. V_n = A_{vf} \times f_y \times \mu \dots\dots\dots(3.22)$$

Keterangan :

$\mu$  = Koefisien friksi  $1,0\lambda$ , dimana  $\lambda$  adalah 1,0 untuk beton normal

$A_{cv}$  = luas penampang bruto diafragma

$A_{vf}$  = luas total tulangan friksi geser dalam slab lapisan atas, termasuk keduatulangan terdistribusi dan pembatas, yang diorientasikan tegak lurus terhadap pertemuan (joints) pada sistem pracetak.

$\rho_t$  = rasio tulangan diambil 0,0025 (SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.2)



### 3.11 Perencanaan Pondasi

Perencanaan pondasi pada gedung tugas akhir ini direncanakan menggunakan tiang pancang, dengan menggunakan data tanah *Standart Penetration Test* (SPT)

#### 1. Kekuatan Ijin Tanah

Kekuatan ijin tanah :

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (3.19)$$

$$Q_u = 40 \times N \times A_p + \frac{N_{av} \times A_s}{5} \dots\dots\dots (3.20)$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} \dots\dots\dots (3.21)$$

Keterangan :

$Q_u$  = daya dukung tanah ultimit

$Q_p$  = daya dukung di ujung tiang

$Q_s$  = daya dukung selimut tiang

$Q_{ijin}$  = kekuatan ijin tanah

$N$  = nilai SPT pada ujung tiang

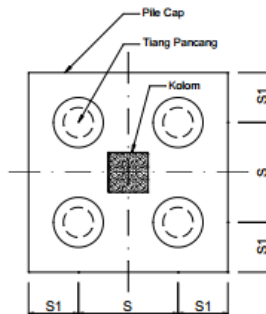
$N_{av}$  = rata-rata nilai SPT sepanjang tiang

$A_p$  = luas permukaan ujung tiang

$A_s$  = luas selimut tiang

$SF$  = safety factor = 2,5

#### 2. Kebutuhan Tiang Pancang



**Gambar 3. 25** Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang

Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan :

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \dots\dots\dots (3.22)$$

Jarak tiang pancang:

$$2,5D \leq S \leq 5D$$

$$1,5D \leq S_1 \leq 3D$$

Efisiensi tiang pancang :

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \dots\dots\dots (3.23)$$

Kekuatan kelompok tiang pancang :

$$P_{kelompok} = \eta \times P_{ijin} \dots\dots\dots (3.24)$$

Gaya yang dipikul tiang

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \times X_{maks}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \times Y_{maks}}{\sum y^2} \dots\dots\dots (3.25)$$

Kontrol tiang pancang :

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

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

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

Keterangan :

$\theta$  = arctan d/s, dalam derajat

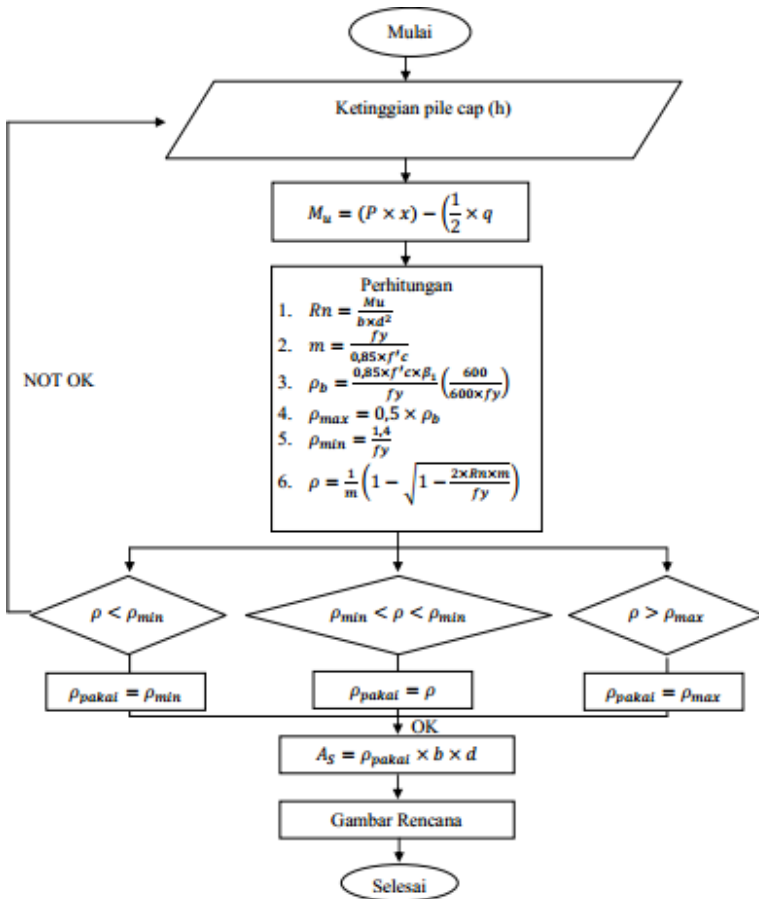
$m$  = jumlah baris tiang

$n$  = jumlah tiang dalam satu baris

$D$  = diameter tiang

### 3. Perencanaan Pile Cap

Perhitungan Tulangan lentur :



**Gambar 3. 26** Diagram Alir Penulangan Lentur Pile Cap

### Perencanaan Tulangan Geser

Perencanaan tulangan geser, nilai  $V_c$  diambil dari yang terkecil sesuai SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1 :

Dengan ketentuan SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1

$$\phi V_c \geq V_u \dots\dots\dots(3.26)$$

Jika tidak memenuhi maka penampang pile cap harus diperbesar

#### 4. Kontrol Geser Pons

##### a. Geser satu arah

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b_0 \times d \geq V_u$$

Kontrol tulangan geser bila :

$$\phi V_c > V_u \quad \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$\phi V_c < V_u \quad \text{Perlu tulangan geser}$$

##### b. Geser dua arah

Kontrol kemampuan beton sesuai SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1 :

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b_0 \times d \dots\dots\dots (3.27)$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_0} + 2\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b_0 \times d \dots\dots\dots (3.28)$$

$$V_c = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b_0 \times d \dots\dots\dots (3.29)$$

Keterangan :

$$\alpha_s = 40 \text{ untuk kolom interior}$$

$$30 \text{ untuk kolom tepi}$$

$$20 \text{ untuk kolom sudut}$$

$$\beta_c = \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom}$$

$$b_0 = \text{keliling dari penampang kritis, } b_0 = 4 (0,5d + b \text{ kolom} + 0,5d)$$

### 3.12 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan yang akan dibahas pada perencanaan ini yaitu metode pemasangan balok precast dan sambungan balok induk ke kolom. Hasil dari metode pelaksanaan pracetak untuk balok berupa gambar *detail engineering design (DED)* dan standar operasional pelaksanaan (SOP). Berikut tahapan pekerjaan balok pracetak secara umum :

#### 1. Pekerjaan Produksi atau Fabrikasi

Pekerjaan produksi elemen pracetak dilaksanakan di tempat tertentu (fabrikasi) di dalam proyek proyek seperti pada

gambar 1.1. Lalu elemen pracetak disimpan di stockyard yang disediakan sampai menunggu cukup umur.

2. Pekerjaan Pengangkutan  
Setelah elemen pracetak siap umur, dari stockyard diangkat ke lapangan, dengan menggunakan tower crane hingga ke tempat yang direncanakan. Yang harus diperhatikan saat pengangkutan adalah retak pada elemen akibat titik angkat pengangkutan.
3. Pekerjaan Pemasangan  
Pada tahapan pemasangan elemen pracetak khususnya untuk balok pracetak, dilakukan setelah tahapan pekerjaan pemasangan pondasi tiang pancang dan pengecoran pile cap dan kolom tahap satu selesai hingga cukup umur (gambar 3.21 dan gambar 3.22). Kemudian pemasangan balok pracetak pada posisinya dan pasang bekisting, serta penyangga sementara. Kemudian setelah tulangan penyaluran kait balok ke kolom, kemudian pasang sengkang dan tulangan overtopping.
4. Pekerjaan Pengecoran Overtopping  
Pekerjaan pengecoran dilakukan saat overtopping pelat dan balok setelah pemasangan sambungan dan penulangan.

### **3.13 Gambar Teknis Hasil Perhitungan**

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan software AutoCAD. Berikut gambar perencanaan :

1. Gambar Arsitektur
  - Denah
  - Tampak
  - Potongan
2. Gambar Struktur
  - Balok
  - Kolom
  - Pelat
  - Tangga
3. Gambar Penulangan

- Penulangan Balok
  - Penulangan kolom
  - Penulangan pelat
  - Penulangan tangga
4. Gambar Detail
- Detail panjang penyaluran
  - Detail sambungan

### 3.14 Jadwal Kegiatan

Rencana jadwal kegiatan tugas akhir terapan yang berjudul “Modifikasi Struktur Gedung Apartemen 8 Lantai Di Surabaya Dengan Beton Pracetak” adalah sebagai berikut :

**Tabel 3. 6 Rencana Jadwal Kegiatan**

No.	Jenis Kegiatan	November				December				January				February				March				April				May				June														
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4											
1	Pemilihan topik TAT																																											
2	Pengumpulan data																																											
3	Pengumpulan proposal TAT																																											
4	Sidang proposal TAT																																											
5	Preliminary desain																																											
	- Pelat																																											
	-Tangga																																											
	-Balok																																											
	-Kolom																																											
6	Kreteria Desain																																											
7	Pembebanan																																											
	-Beban Hidup																																											
	-Beban Mati																																											
	-Beban Gempa																																											
8	Pemodelan dan Analisa Struktur																																											
9	Perhitungan Penulangan																																											
	-Penulangan Pelat																																											
	-Penulangan Tangga																																											
	-Penulangan Balok																																											
	-Penulangan Kolom																																											
10	Evaluasi Elemen Pracetak																																											
	-Kondisi Pengangkatan																																											
	-Kondisi Penumpukan																																											
	-Kondisi Pemasangan																																											
	-Kondisi Pengecoran																																											
11	Perhitungan Sambungan																																											
	-Antar Pelat pracetak																																											
	-Balok pracetak dan Pelat Pracetak																																											
	-Balok Induk pracetak dan Balok anak Pracetak																																											
	-Kolom dan Balok Pracetak																																											
12	Perencanaan Metode Pelaksanaan																																											
13	Penggambaran Teknik																																											
14	Penyusunan TAT																																											
15	Sidang akhir TAT																																											

- Keterangan :
- TAT = Tugas Akhir Terapan
  - = Pekerjaan Utama
  - = Sub Pekerjaan

## **BAB IV PEMBAHASAN**

### **4.1 Preliminary Desain**

Preliminary desain merupakan perencanaan dimensi awal dari elemen struktur yang beracuan pada SNI 2847:2013. Elemen struktur dibagi menjadi dua yaitu struktur sekunder dan struktur primer. Struktur sekunder merupakan bagian dari struktur gedung yang tidak menahan kekakuan secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan-tegangan akibat pembebanan yang bekerja pada bagian tersebut. Struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, balok lift, dan tangga, sedangkan struktur primer meliputi balok induk dan kolom.

#### **4.1.1 Data Perencanaan**

Pada perencanaan modifikasi gedung apartemen 8 lantai di Surabaya menggunakan beton pracetak, digunakan data perencanaan sebagai berikut :

- Fungsi bangunan : Hunian Apartemen
- Lokasi : Jalan Kyai Abdul Karim No  
37-39 Surabaya
- Jumlah Lantai : 8 Lantai dan 1 Lantai Atap
- Tinggi Bangunan : + 25
- Mutu Beton ( $f'c$ ) : 35 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 390 MPa

#### **4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok**

Perencanaan dimensi balok yang digunakan berbentuk persegi (*rectangular beam*). Perencanaan balok akan dilakukan dalam dua tahapan, tahap pertama dilakukan pembuatan balok dengan sistem fabrikasi, tahapan kedua yaitu akan dilakukan pemasangan ke site yang selanjutnya akan dilakukan *overtopping* menggunakan *cast in place*. Penentuan dimensi dan persyaratan balok mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 pada tabel 9.5 (a) yang merupakan dimensi balok secara utuh. Untuk batasan dimensi balok sesuai dengan sistem struktur rangka pemikul



momen khusus (SRPMK) tertera pada pasal 21.5.1.3 & 21.5.1.4 SNI 2847:2013.

#### 4.1.3.1 Dimensi Balok Induk

Balok induk direncanakan sebagai balok dengan tumpuan sederhana. Perencanaan tinggi minimum balok induk berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 pada tabel 9.5(a) dengan  $f_y$  selain 420 Mpa, sehingga didapatkan :

- Dimensi balok melintang (BI2),  $L = 5,5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{L}{16} \times \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \\ &= \frac{550}{16} \times \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \\ &= 32,90 \text{ cm, digunakan } h = 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{min} &= \frac{2}{3} \times h_{min} \\ &= \frac{2}{3} \times 32,90 \\ &= 21,93 \text{ cm, digunakan } h = 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk melintang (BI2) dengan dimensi 40/60

- Dimensi balok memanjang (BI3),  $L = 6 \text{ m}$

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{L}{16} \times \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \\ &= \frac{600}{16} \times \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \\ &= 35,89 \text{ cm, digunakan } h = 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{min} &= \frac{2}{3} \times h_{min} \\ &= \frac{2}{3} \times 35,89 \\ &= 23,93 \text{ cm, digunakan } h = 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang (BI3) dengan dimensi 40/60

**Tabel 4. 1** Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Kode Balok	Bentang Balok (cm)	$h_{min}$ (cm)	$b_{min}$ (cm)	$h_{pakai}$ (cm)	$b_{pakai}$ (cm)	Dimensi (cm)
BI1	450	26,92	17,95	60	40	40/60

BI2	550	32,90	21,93	60	40	40/60
BI3	600	35,89	23,93	60	40	40/60
BI4	300	17,95	11,96	60	40	40/60

#### 4.1.3.2 Dimensi Balok Anak

Balok anak direncanakan sebagai balok dengan tumpuan sederhana. Perencanaan tinggi minimum balok induk berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 pada tabel 9.5(a) dengan  $f_y$  selain 420 Mpa, sehingga didapatkan :

- Dimensi balok memanjang (BA1),  $L = 6 \text{ m}$

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{L}{21} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \\ &= \frac{600}{21} \times \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) \\ &= 27,35 \text{ cm, digunakan } h = 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{min} &= \frac{2}{3} \times h_{min} \\ &= \frac{2}{3} \times 27,35 \\ &= 18,23 \text{ cm, digunakan } h = 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak memanjang (BA1) dengan dimensi 30/40

- Dimensi balok melintang (BA2),  $L = 5,5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{L}{21} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \\ &= \frac{550}{21} \times \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) \\ &= 25,07 \text{ cm, digunakan } h = 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{min} &= \frac{2}{3} \times h_{min} \\ &= \frac{2}{3} \times 25,44 \\ &= 16,71 \text{ cm, digunakan } h = 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak melintang (BA2) dengan dimensi 30/40

**Tabel 4. 2** Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Kode Balok	Bentang Balok	$h_{min}$ (cm)	$b_{min}$ (cm)	$h_{pakai}$ (cm)	$b_{pakai}$ (cm)	Dimensi (cm)
------------	---------------	----------------	----------------	------------------	------------------	--------------

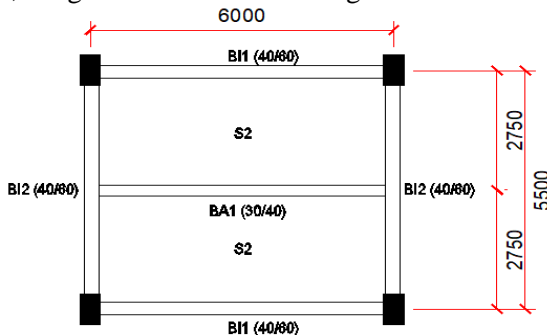
	(cm)					
BA1	600	27,35	18,23	40	30	30/40
BA2	550	25,07	16,71	40	30	30/40
BA3	450	20,51	13,67	40	30	30/40

### 4.1.3 Perencanaan Tebal Pelat

Perencanaan tebal pelat minimum satu arah berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5(a). Apabila pelat dianggap tertumpu sederhana, maka ketebalan minimumnya adalah  $\frac{l}{20}$ . Pada perencanaan modifikasi kali ini, pelat lantai direncanakan dengan 4 tipe pelat yang memiliki ukuran sebagai berikut :

- Pelat tipe S1 : 225 cm × 600 cm
- Pelat tipe S2 : 275 cm × 600 cm
- Pelat tipe S3 : 150 cm × 550 cm
- Pelat tipe S4 : 150 cm × 450 cm

Tipe pelat tersebut direncanakan dengan spesifikasi mutu beton 35 MPa, serta mutu baja 390 MPa. Dalam perencanaan ini pelat berupa plat pracetak yang kemudian pada saat pemasangan dilanjutkan dengan *overtopping*. Berikut denah pelat tipe S2 yang digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat, dengan nilai  $L_n$  dan  $S_n$  sebagai berikut :



**Gambar 4. 1** Denah Pelat Tipe S2

$$L_n = 600 - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2}\right) = 560 \text{ cm}$$

$$S_n = 275 - \left(\frac{40}{2} + \frac{30}{2}\right) = 240 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{560}{240} = 2,33 > 2 \text{ (Pelat Satu Arah)}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2 tabel 9.5 (a), tebal minimum (h) bila lendutan tidak di hitung, untuk  $f_y$  selain 420 MPa :

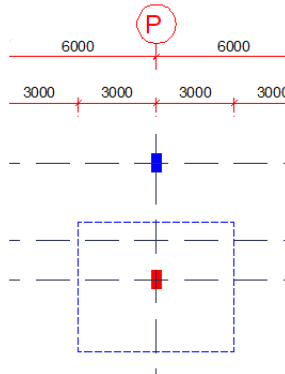
$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{L}{20} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \\ &= \frac{240}{20} \times \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) \\ &= 11,49 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal pelat yang direncanakan 13 cm.

#### 4.1.4 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang ditinjau ialah kolom yang mendapatkan beban terbesar, data perencanaan kolom sebagai berikut :

- Tebal Pelat : 13 cm
- Jumlah lantai : 8 Lantai dan 1 Lantai atap
- Dimensi Balok Induk : Tabel 4.1
- Dimensi Balok Anak : Tabel 4.2



**Gambar 4. 2** Luas Tributary Kolom

Pembebanan kolom menggunakan metode luas tributary area kolom seperti berikut :

a. Beban Mati

- Pelat  $= 6m \times 5m \times 0,13m \times \frac{2400kg}{m^3} \times 8 \text{ lantai}$   
 $= 74880 \text{ kg}$
- Balok Induk  $= 0,4m \times 0,6m \times (6m + 5m) \times \frac{2400kg}{m^3} \times 8 \text{ lantai}$   
 $= 50688 \text{ kg}$
- Balok Anak  $= 0,3m \times 0,4m \times 6m \times \frac{2400kg}{m^3} \times 8 \text{ lantai}$   
 $= 13824 \text{ kg}$
- Plafond + penggantung  $= 6m \times 5m \times \frac{6,5 \text{ kg}}{m^2} \times 7 \text{ lantai}$   
 $= 1365 \text{ kg}$
- Kramik + spesi  $= 6m \times 5m \times \frac{110 \text{ kg}}{m^2} \times 7 \text{ lantai}$   
 $= 23100 \text{ kg}$
- Mechanical Electrical  $= 6m \times 5m \times \frac{19 \text{ kg}}{m^2} \times 7 \text{ lantai}$   
 $= 3990 \text{ kg}$
- Asphalt  $= 6m \times 5m \times \frac{10 \text{ kg}}{m^2} \times 1 \text{ lantai}$   
 $= 300 \text{ kg}$
- **Beban Mati Total (DL) = 168147 kg**

## b. Beban Hidup

- Beban hidup lantai  $= 6m \times 5m \times \frac{192 \text{ kg}}{m^2} \times$   
 $7 \text{ lantai}$   
 $= 40320 \text{ kg}$
- Beban hidup atap  $= 6m \times 5m \times \frac{96 \text{ kg}}{m^2} \times$   
 $1 \text{ lantai}$   
 $= 2880 \text{ kg}$
- **Beban Hidup Total (LL) = 43200 kg**

Pada SNI 1727:2013 pasal 4.7.3 untuk beban hidup komponen struktur yang mendukung dua lantai atau lebih boelh direduksi sebesar 20%.

$$LL = 80\% \times 43200 \text{ kg}$$

$$= 34560 \text{ kg}$$

Jadi didapatkan berat total ultimate ( $Q_u$ ) :

$$Q_u = 1,2DL + 1,6LL$$

$$= (1,2 \times 168147) + (1,6 \times 34560)$$

$$= 257072,4 \text{ kg}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 untuk untuk komponen struktur yang terkena beban aksial dan beban aksial dengan lentur, faktor reduksi yang digunakan adalah  $\phi = 0,65$ . Kemudian dapat diperkirakan luas dimensi kolom adalah sebagai berikut:

$$A = \frac{W}{\phi \times f'_c} = \frac{257072,4}{0,65 \times 30} = 1283 \text{ cm}^2$$

Apabila diasumsikan  $b = h$ , maka  $h = 33,6$

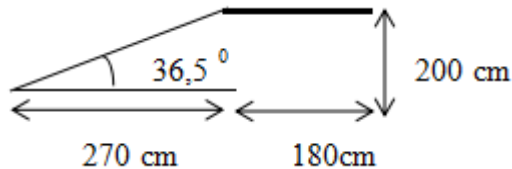
Digunakan dimensi kolom rencana 60 cm x 60 cm.

#### 4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

Pada pemodelan tangga, dimodelkan menyatu pada struktur utama. Berikut preliminary tangga:

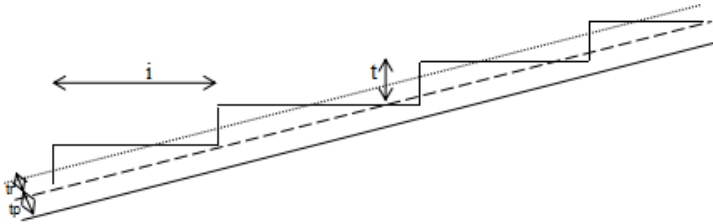
- a. Tangga lantai 1 – 2
  - Tinggi antar lantai  $= 400 \text{ cm}$

- Tinggi injakan (t) = 20 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tebal pelat tangga = 15 cm
- Tebal pelat bordes = 15 cm
- Elevasi bordes = 200 cm
- Lebar bordes = 180 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Lebar tangga = 150 cm
- Jumlah injakan (n) =  $elevasi\ bordes \times \frac{1}{t}$   
 $= 200 \times \frac{1}{20} = 10\ buah$
- Jumlah tanjakan =  $10 - 1 = 9\ buah$
- Panjang pelat tangga =  $i \times jumlah\ injakan$   
 $= 30 \times 9 = 270\ cm$
- Kemiringan tangga =  $arc\ tan\ \alpha$   
 $= arc\ tan\ \left(\frac{200}{270}\right) = 36,5^{\circ}$



**Gambar 4. 3** Kemiringan Tangga Lantai 1 – 2

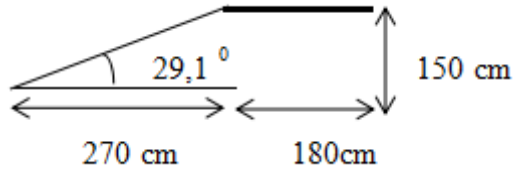
- $tr = \frac{i}{2} \times \sin\ \alpha$   
 $= \frac{30}{2} \times \sin\ 36,5^{\circ}$   
 $= 8,93\ cm$
- Tebal pelat rata-rata =  $tebal\ pelat\ tangga + tr$   
 $= 15\ cm + 8,93\ cm$   
 $= 23,9\ cm \approx 24\ cm$



**Gambar 4. 4** Tebal Rata-rata Tangga

- Cek Persyaratan :
  - $25^{\circ} \leq \alpha \leq 40^{\circ}$
  - $\alpha = 36,53$  (**OK**)
- b. Tangga lantai 2 – 8
  - Tinggi antar lantai = 300 cm
  - Tinggi injakan (t) = 15 cm
  - Lebar injakan (i) = 30 cm
  - Tebal pelat tangga = 15 cm
  - Tebal pelat bordes = 15 cm
  - Elevasi bordes = 150 cm
  - Lebar bordes = 180 cm
  - Panjang bordes = 300 cm
  - Lebar tangga = 150 cm
  - Jumlah injakan (n) =  $elevasi\ bordes \times \frac{1}{t}$   
 $= 150 \times \frac{1}{15} = 10\ buah$
  - Jumlah tanjakan =  $10 - 1 = 9\ buah$
  - Panjang pelat tangga =  $i \times jumlah\ injakan$   
 $= 30 \times 9 = 270\ cm$
  - Kemiringan tangga =  $arc\ tan\ \alpha$   
 $= arc\ tan\ \left(\frac{150}{270}\right) = 29,1^{\circ}$





**Gambar 4. 5** Kemiringan Tangga Lantai 2 – 8

- $tr = \frac{i}{2} \times \sin \alpha$   
 $= \frac{30}{2} \times \sin 29,1^\circ$   
 $= 7,28 \text{ cm}$
- Tebal pelat rata-rata = *tebal pelat tangga* + *tr*  
 $= 15 \text{ cm} + 7,28 \text{ cm}$   
 $= 22,3 \text{ cm} \approx 24 \text{ cm}$
- Cek Persyaratan :  
 $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$   
 $\alpha = 29,1 \text{ (OK)}$

#### 4.1.6 Pengecekan Dimensi sesuai SRPMK

##### a. Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1.3 – 21.5.1.4, komponen struktur balok harus memenuhi persyaratan berikut :

1.  $\frac{b}{h} \geq 0,3$
2.  $250 \text{ mm} < b \leq c + 2\left(\frac{3}{4} \times h\right)$

**Tabel 4. 3** Cek Balok

Tipe Balok	b	h	$\frac{b}{h}$	$c + 2\left(\frac{3}{4} \times h\right)$	Persyaratan 1	Persyaratan 2
BI1	40	60	0,67	150	OK	OK

BI2	40	60	0,67	150	OK	OK
BI3	40	60	0,67	150	OK	OK
BI4	40	60	0,67	150	OK	OK
BA1	30	40	0,75	120	OK	OK
BA2	30	40	0,75	120	OK	OK
BA3	30	40	0,75	120	OK	OK

b. Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1.1 – 21.6.1.2, komponen struktur kolom harus memenuhi persyaratan berikut :

1.  $c_1 \geq 300 \text{ mm}$  dan  $c_2 \geq 300 \text{ mm}$
2. Jika  $c_1 < c_2$ , maka  $\frac{c_1}{c_2} \geq 0,4$

Kolom direncanakan dengan dimensi :

$$c_1 = 600 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad (\mathbf{OK})$$

$$c_2 = 600 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad (\mathbf{OK})$$

## 4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

### 4.2.1 Perencanaan Pelat

Perencanaan pelat dalam tugas akhir terapan ini menggunakan ketebalan 13 cm. Dengan tebal plat pracetak 8 cm dan pelat cor di tempat 5 cm. Adapun peraturan yang digunakan dalam perencanaan yaitu SNI 1727:2013. Plat yang direncanakan pada beberapa keadaan :

a. Sebelum Komposit akibat Pengangkatan

Keadaan ini terjadi pada saat awal pemasangan elemen pracetak yang di mana antara komponen pracetak dengan komponen topping belum menyatu. Pemodelan perletakan pelat diasumsikan tertumpu sederhana.

b. Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat pengecoran, dimana topping dan elemen pracetak pelat belum bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakan pelat diasumsikan tertumpu pada 3 tumpuan.

c. Sesudah Komposit

Keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban . Perletakan pelat dianggap sebagai perletakan jepit penuh berdasarkan tabel 13.3.1 PBI:1971

#### 4.2.1.1 Data Perencanaan

Perhitungan penulangan plat akan dilakukan dalam tiga kondisi yaitu kondisi pengangkatan, kondisi sebelum komposit dan kondisi setelah komposit. Lalu akan dipilih kondisi yang paling kritis, sehingga tulangan yang dipakai pada seluruh plat adalah tulangan hasil kondisi paling kritis agar memudahkan dalam pengerjaannya.

Data Perencanaan :

- Tebal pelat pracetak = 80 mm
- Tebal overtopping = 50 mm
- F'c beton = 35 MPa
- Fy baja = 390 MPa
- Diameter tulangan =  $\phi$  10 mm
- Selimut beton = 20 mm

Data Pembebanan :

- Berat jenis beton = 2400 kg/m<sup>2</sup>
- Plafond dan penggantung = 6,5 kg/m<sup>2</sup>
- Keramik dan spesi = 110 kg/m<sup>2</sup>
- ME = 19 kg/m<sup>2</sup>

- Beban hidup apartemen = 192 kg/m<sup>2</sup>
- Beban hidup pekerja = 200 kg/m<sup>2</sup>

#### 4.2.1.2 Pembebanan dan Kombinasi Beban

##### 1. Saat Pengangkatan

###### Beban Mati (DL)

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

$$\text{Beban kejut pengangkatan} = 192 \times 0,5 = 96 \text{ kg/m}^2$$

$$\Sigma = 288 \text{ kg/m}^2$$

###### Kombinasi

$$1,4DL = 1,4 \times 288 = 403,2 \text{ kg/m}^2$$

Beban untuk 1 meter pias lebar pelat

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

##### 2. Sebelum Komposit

###### Beban Mati (DL)

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

$$\text{Beban topping} = 0,05 \times 2400 = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$\Sigma = 312 \text{ kg/m}^2$$

###### Beban Hidup (LL)

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

###### Kombinasi

$$1,2DL + 1,6LL = (1,2 \times 312) + (1,6 \times 100) = 534,4 \text{ kg/m}^2$$

Beban untuk 1 meter pias lebar pelat

$$q_U = 534,4 \text{ kg/m}$$

##### 3. Sesudah Komposit

###### Beban Mati (DL)

$$\text{Beban pelat pracetak} = 0,13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafond dan penggantung} = 6,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik dan spesi} = 110 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{ME} = 19 \text{ kg/m}^2$$

$$\Sigma = 448 \text{ kg/m}^2$$

**Beban Hidup (LL)**

$$\text{Beban hidup apartemen} = 192 \text{ kg/m}^2$$

**Kombinasi**

$$1,2DL + 1,6LL = (1,2 \times 448) + (1,6 \times 192) = 844,2 \text{ kg/m}^2$$

Beban untuk 1 meter pias lebar pelat

$$q_U = 844,2 \text{ kg/m}$$

#### 4.2.1.3 Perhitungan Tulangan Pelat

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3, untuk nilai  $\beta_1$  yang memiliki nilai  $f'_c > 28$  MPa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \left( \frac{f'_c - 28}{7} \times 0,05 \right) \\ &= 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \times 0,05 \right) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\ &= 0,037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,0277 \end{aligned}$$

Pada pada 10.5.1 SNI 2847:2013 untuk setiap penampang komponen struktur lentur tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{390} \\ &= 0,00379 \end{aligned}$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \end{aligned}$$

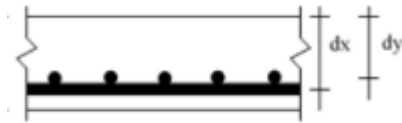
$$= 0,0036$$

Maka  $\rho_{min}$  yang digunakan yaitu 0,00379

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

$$= \frac{390}{0,85 \times 35}$$

$$= 13,11$$



**Gambar 4. 6** Tinggi Efektif Tulangan Pelat

- Sebelum Komposit

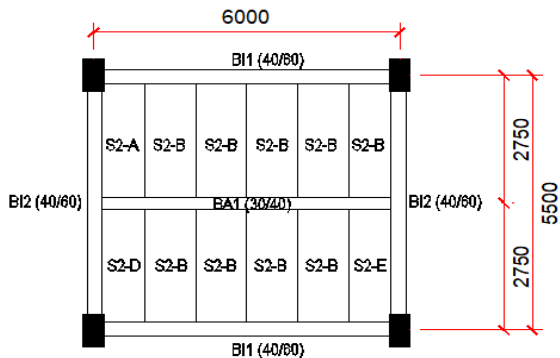
$$dx = 80 - 20 - 10/2 = 55 \text{ mm}$$

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

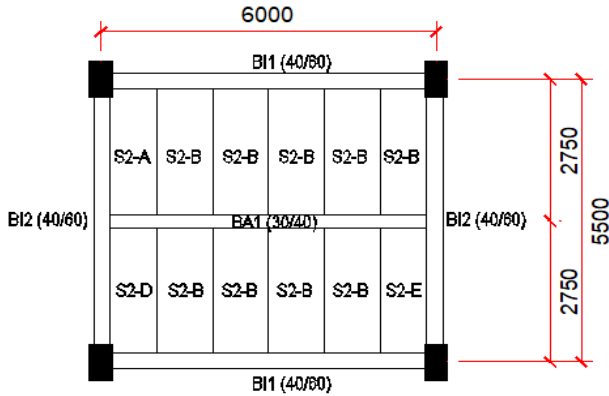
- Sesudah Komposit

$$dx = 130 - 20 - 10/2 = 105 \text{ mm}$$

$$dy = 130 - 20 - 10 - 10/2 = 95 \text{ mm}$$



**Gambar 4. 7** Dimensi Pelat Tipe S2 Sebelum Komposit



**Gambar 4. 8** Dimensi Pelat Tipe S2 Sesudah Komposit

$$Ln = 6000 - \frac{40}{2} - \frac{40}{2} = 5600 \text{ mm}$$

$$Sn = 2750 - \frac{40}{2} - \frac{30}{2} = 2400 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{5600}{2400} = 2,33 > 2 \text{ ( pelat satu arah)}$$

Berdasarkan atas SNI 7833:2012 Gambar R4.6.2, untuk panjang landasan sebagai berikut :

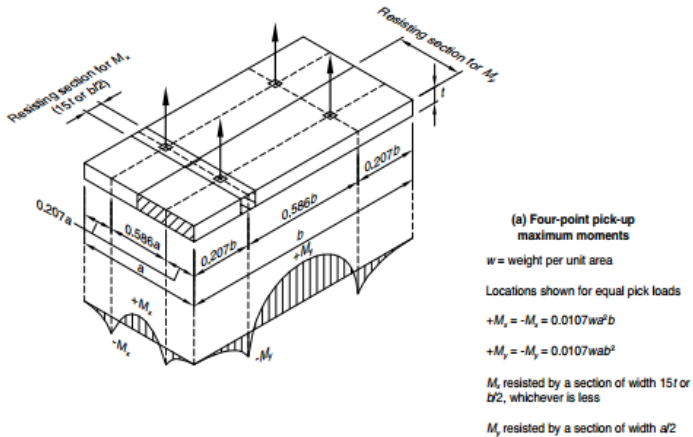
$$\begin{aligned} \text{Panjang landasan} &= \frac{ln}{180} \geq 50 \text{ mm} \\ &= \frac{2400}{180} \geq 50 \text{ mm} \\ &= 13,33 \text{ mm} < 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan panjang landasan 50 mm

$$\begin{aligned} \text{Jadi dimensi pracetak} &= 240 \text{ cm} + (5 \times 2) \times 112 \text{ cm} \\ &= 250 \text{ cm} \times 112 \text{ cm} \end{aligned}$$

### 1. Penulangan Sebelum Komposit akibat Pengangkatan

Perencanaan pelat pracetak perlu diperhatikan kondisi saat pengangkatan elemen (erection). Pada pengangkatan elemen pelat pracetak digunakan 4 titik angkat, yang besarnya momen dan pengaturan jarak angkat disesuaikan dengan PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete (Gambar 4.9).



**Gambar 4. 9** Posisi titik angkat pelat (4 titik angkat)

Sumber : PCI 7<sup>th</sup> Edition

### a. Momen yang terjadi

$$\begin{aligned}
 M_y &= 0,0107 \times q_u \times 1,12^2 \times b \\
 &= 0,0107 \times 4,03 \times 1,12^2 \times 2,5 \\
 &= 0,1353 \text{ kN.m} \approx 135294,56 \text{ N.mm} \\
 M_x &= 0,0107 \times q_u \times a \times b^2 \\
 &= 0,0107 \times 4,03 \times 1,12 \times 2,5^2 \\
 &= 0,30199 \text{ kN.m} \approx 301996,8 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

### b. Penulangan arah X

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= 301996,8 \text{ N.mm} \\
 R_n &= \frac{M_{ux}}{\phi \times b \times d^2 \times x} \\
 &= \frac{301996,8}{\phi \times 1000 \times 55^2} \\
 &= 0,111 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)
 \end{aligned}$$



$$= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,111}{390}} \right)$$

$$= 0,00028$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 > 0,00025 < 0,0277$  (Tidak memenuhi)

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00028 = 0,00037$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,00037 \times 1000 \times 55$$

$$= 20,37 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan  $\phi$ -10

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{1000 \times A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ perlu}}}$$

$$= \frac{1000 \times 78,54}{20,37}$$

$$= 3855 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.4 dan 7.6.2, spasi minimum yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

$$S_{min} \leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$\leq 3 \times 80 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

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

$$S_{min} \geq 25 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan utama  **$\phi$ 10-150 mm**

$$n_{\text{pasang}} = \frac{1000}{S}$$

$$= \frac{1000}{150} = 6,77 \approx 7 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan} \\ &= 7 \times 78,54 \\ &= 549,8 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \end{aligned}$$

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{549,8 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 7,207 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 314,2 \times 390 \times \left( 55 - \frac{7,207}{2} \right) \\ &= 9918084,62 \text{ N. mm} \geq M_{ux} = 301996,8 \text{ N. mm} \text{ .(OK)} \end{aligned}$$

### c. Penulangan arah Y

$$M_{uy} = 135294,56 \text{ N. mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{uy}}{\phi \times b \times d^2_y} \\ &= \frac{135294,56}{\phi \times 1000 \times 45^2} \\ &= 0,074 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,074}{390}} \right) \\ &= 0,00019 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,00379 > 0,00015 < 0,0277 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{\min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih

besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00015 = 0,00025$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,00025 \times 1000 \times 45 \\ &= 11,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan  $\phi$ -10

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000 \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{1000 \times 78,54}{11,15} \\ &= 7044 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan utama  **$\phi$ 10-300 mm**

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{1000}{S} \\ &= \frac{1000}{300} = 3,33 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan} \\ &= 4 \times 78,54 \\ &= 314,2 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \end{aligned}$$

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{314,2 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 4,118 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_y - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 314,2 \times 390 \times \left( 45 - \frac{4,118}{2} \right) \\ &= 4735078,35 \text{ N.mm} \geq M_{uy} = 135294,56 \text{ N.mm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

#### d. Kontrol Retak

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

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

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

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

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{2 \times f_r \times I}{h} \\ &= \frac{2 \times 2,488 \times 42666666,67}{80} \\ &= 2653587,124 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$M_{ux} = 301996,8 \text{ N.mm} < M_{cr} = 2653587,124 \text{ N.mm} \text{ (OK)}$$

$$M_{uy} = 135294,6 \text{ N.mm} < M_{cr} = 2653587,124 \text{ N.mm} \text{ (OK)}$$

#### e. Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

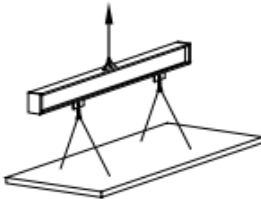
Kontrol ini mengacu pada metode pengangkatan pelat yang dikeluarkan oleh PCI 7<sup>th</sup> Edition . Diasumsikan pelat pracetak diangkat setelah umur 3 hari. Untuk momen tahanan arah X ditahan penampang selebar 15 t atau b/2, diambil yang terkecil, sedangkan arah Y ditahan penampang selebar a/2.

- $\frac{b}{2} = \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ m}$
- $\frac{a}{2} = \frac{1,12}{2} = 0,56 \text{ m}$
- $15 \text{ t} = 15 \times 0,08 = 1,2 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 W_x &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 1200 \times 80^2 \\
 &= 1280000 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_y &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 560 \times 80^2 \\
 &= 597333,33 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{a \times b \times t_{\text{pelat}} \times \gamma_{\text{beton}}}{4} \\
 &= \frac{1,12 \times 2,4 \times 0,08 \times 2400}{4} \\
 &= 134,40 \text{ kg} \approx 1344 \text{ N}
 \end{aligned}$$



a) Four points with spreader beam



h = 2.5m

**Gambar 4. 10** Skema Pengangkatan Pelat Lantai

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan

$$y_c = 0,5h = 0,5 \times 80 = 40 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 45^\circ$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{P}{\tan \theta_1} \\
 &= \frac{1344}{\tan 45} \\
 &= 1344 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M' &= \frac{P \times y_c}{\tan \theta_1} \\
 &= 1344 \times 40 \\
 &= 53760 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_x = \frac{M_{ux} + M'}{W_x} < f_r$$

$$= \frac{301996,8+53760}{1280000} < 2,49 \text{ MPa}$$

$$= 0,278 \text{ MPa} < 2,49 \text{ MPa} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$\sigma_y = \frac{M_{uy}+M'}{W_x} < fr$$

$$= \frac{135294,6+53760}{597333,33} < 2,49 \text{ MPa}$$

$$= 0,316 \text{ MPa} < 2,49 \text{ MPa} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

**f. Tulangan Angkat dan Strand**

- Pembebanan

Beban Mati (DL)

Berat pelat pracetak = 192 kg/m<sup>2</sup>  
 Stud + Tul Angkat = 10% Berat pelat pracetak  
 = 10% × 192 kg/m<sup>2</sup>  
 = 19,2 kg/m<sup>2</sup>

Σ = 211,2 kg/m<sup>2</sup>

Beban Hidup (LL)

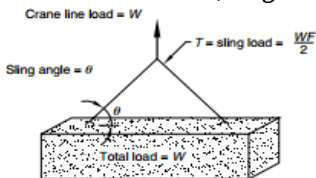
Pekerja = 100 kg/m<sup>2</sup>

- q<sub>u</sub>

1,2 DL + 1,6 LL = (1,2 × 211,2) + (1,6 × 100)  
 = 413,4 kg/m<sup>2</sup>

- Tulangan angkat

P<sub>u</sub> = q<sub>u</sub> × a × b  
 = 413,4 × 1,12 × 2,5  
 = 1157,6 kg



Multiplication factor F for the total load on sling with a sling angle of θ					
θ	90°	75°	60°	45°	30°
F	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00

Note: θ is usually not less than 60°. Check bi-directional sling angle. A 30° sling angle is not recommended.

**Gambar 4. 11** Koefisien Sudut Pengangkatan

Beban yang diterima tiap 1 titik angkat :

P =  $\frac{1157,6}{4} \times 1,41$   
 = 408,07 kg

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

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{2}{3} f_y \\ &= \frac{2}{3} \times 390 \\ &= 260 \text{ MPa} \approx 2600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{P}{f_s} \\ &= \frac{408,07}{2600} \\ &= 0,1571 \text{ cm}^2 \approx 15,71 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan angkat  $\phi 10$  mm

$$A_{s \text{ pakai}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 78,54 \text{ mm}^2 > 15,71 \text{ mm}^2 \text{(OK)}$$

Jadi dipakai tulangan angkat  $\phi 10$  mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik,  $k_c = 10$  (angkur cor dalam),  $\lambda_a = 1$ , maka kedalamannya :

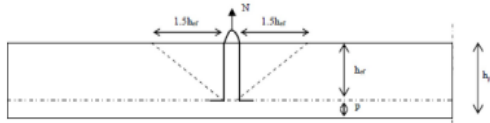
$$N_n \text{ (Gaya tarik pada angkur (N))} = 11586 \text{ N}$$

$$N_b \text{ (Kekuatan pecah beton dari angkur tunggal (N))} =$$

$$N_n = 11586 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} h_{ef} &= \sqrt[3]{\left(\frac{N_b}{k_c \times \lambda_a \times \sqrt{f'c}}\right)^2} \\ &= \sqrt[3]{\left(\frac{11586}{10 \times 1 \times \sqrt{16,1}}\right)^2} \\ &= 43,66 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dipasang sedalam 44 mm dari permukaan pelat pracetak.



**Gambar 4. 12** Kedalaman Angkur Pelat Pracetak

Berdasarkan PCI Precast and prestressed 7th fig 6.5.1, panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari :

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35}$$

$$= \frac{44}{0,7} = 62,84 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5h_{ef}$$

$$= 1,5 \times 62,84 = 94,26 \text{ mm}$$

Maka digunakan de 95 mm

- Kebutuhan Strand

P = 408 kg (beban tiap 1 titik angkat)

Berdasarkan PCI Precast and prestressed 7th section 15.3.1, maka digunakan seven wire strand dengan spesifikasi berikut :

Diameter	= 0,25 in	≅ 6,35 mm
F <sub>pu</sub>	= 250 ksi	≅ 1723,7 MPa
A	= 0,036 in <sup>2</sup>	≅ 23,226 mm <sup>2</sup>

$$F_{strand} = F_{PU} \times A$$

$$= 1723,7 \times 23,226$$

$$= 40034 \text{ N} \approx 4003,4 \text{ kg}$$

$$\text{Maka gaya yang dipikul 1 strand} \frac{4003,4 \text{ kg}}{4} = 1000,9 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol P} \leq F_{strand}$$

$$408,1 \text{ kg} \leq 1000,9 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Jadi dipakai seven wire strand diameter 0,25 in (F<sub>pu</sub> = 250 ksi)

**g. Kontrol Lendutan**



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

$$M_{ux} = 301996,8 \text{ N.m}$$

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

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \times \sqrt{16,1} \\ &= 18858,6585 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{E_s}{E_c} \\ &= \frac{200000}{18858,6585} = 10,61 \approx 11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{2 \times f_r \times I}{h} \\ &= \frac{2 \times 2,488 \times 42666666,67}{80} \\ &= 2653587,124 \text{ N.m} \end{aligned}$$

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

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

$$\frac{1000 \times x^2}{2} - 11 \times 550 \times (55 - x) = 0$$

$$500x^2 + 6047,57x - 332616 = 0$$

$$x_1 = 20,44 \text{ mm} \text{ dan } x_2 = -32,5 \text{ mm}$$

Dikapai  $x = 20,44 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} I_{cr} &= \frac{bx^3}{3} + n \times A_s \times (d - x)^2 \\ &= \frac{1000 \times 20,44^3}{3} + 11 \times 550 \times (55 - 20,44)^2 \\ &= 10069740,59 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \\
 &\left(\frac{2653587,124}{301996,8}\right)^3 \times 42666666,67 + \\
 &\left[1 - \left(\frac{2653587,124}{301996,8}\right)^3\right] 10069740,59 \\
 &= 22124190538 \text{ mm}^4 > I_g = 42666666,67 \text{ mm}^4 \\
 &\text{Maka digunakan } I_g = 42666666,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= DL \\
 &= 288 \text{ kg/m} \approx 2,88 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\
 &= \frac{5 \times 2,88 \times 2500^4}{384 \times 18858,658 \times 42666666,67} \\
 &= 1,821 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

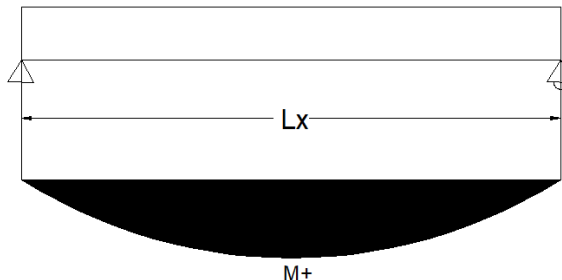
Berdasarkan SNI 2847:2013 tabel 9.5 b batasan lendutan untuk pelat lantai adalah  $\frac{l}{240}$ .

$$\begin{aligned}
 \frac{l}{240} &= \frac{2500}{240} \\
 &= 10,417 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\Delta_i = 1,821 \text{ mm} < 10,417 \text{ mm} \quad (\text{OK, Lendutan memenuhi})$$

## 2. Penulangan Sebelum Komposit

Pelat direncanakan tertumpu sederhana pada dua tumpuan.



**Gambar 4. 13** Perletakan Pelat Sebelum Komposit

$$L_x = 2,5 \text{ m}$$

$$L_y = 1,12 \text{ m}$$

### a. Momen yang terjadi

$$q_u = 534,4 \text{ kg/m}$$

$$M_x = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 534,4 \times 2,5^2$$

$$= 417,5 \text{ kg.m} \approx 4175000 \text{ N.mm}$$

### **Kontrol Retak**

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

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

$$= 0,46 \times 35$$

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

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

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

$$= 2,488 \text{ MPa}$$

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

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

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

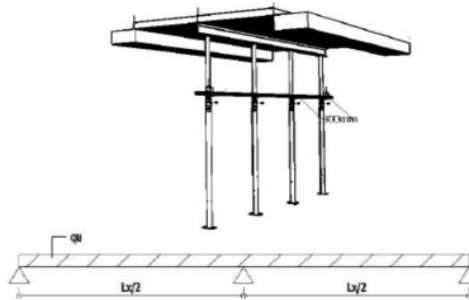
$$M_{cr} = \frac{2 \times f_r \times I}{h}$$

$$= \frac{2 \times 2,488 \times 42666666,67}{80}$$

$$= 2653587,124 \text{ N.mm}$$

$$M_x = 4175000 \text{ N.mm} > M_{cr} = 2653587,124 \text{ N.mm} \text{ (NOT OK)}$$

Digunakan 3 penyangga berupa support reprofing untuk memperkecil momen yang terdapat pada tengah bentang.



**Gambar 4. 14** Penyangga Pelat

$$\frac{L_x}{2} = \frac{2,5}{2} m = 1,25 m$$

$$L_y = 1,12 m$$

$$\begin{aligned} M_x &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 534,4 \times 1,25^2 \\ &= 104,38 \text{ kg.m} \approx 1043750 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 534,4 \times 1,12^2 \\ &= 83,79 \text{ kg.m} \approx 837939,2 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

#### **Kontrol Retak**

$$M_x = 1043750 \text{ N.mm} < M_{cr} = 2653587,124 \text{ N.mm} \text{ .. (OK)}$$

$$M_y = 837939,2 \text{ N.mm} < M_{cr} = 2653587,124 \text{ N.mm} \text{ . (OK)}$$

#### **b. Penulangan Arah X**

$$M_x = 1043750 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{ux}}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{1043750}{\phi \times 1000 \times 55^2} \\ &= 0,3834 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,3834}{390}} \right) \\ &= 0,00099\end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00099 < 0,0277 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00099 = 0,00129$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,00129 \times 1000 \times 55 \\ &= 70,75 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan  $\phi$ -10

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000 \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{1000 \times 78,54}{70,75} \\ &= 1110,2 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.4 dan 7.6.2, spasi minimum yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}S_{\text{min}} &\leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ &\leq 3 \times 80 \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \\ &\leq 240 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{min}} \geq 25 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan utama  **$\phi$ 10-150 mm**

$$n_{pasang} = \frac{1000}{S}$$

$$= \frac{1000}{150} = 6,77 \approx 7 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan}$$

$$= 7 \times 78,54$$

$$= 549,8 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$$

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{549,8 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000}$$

$$= 7,207 \text{ mm}$$

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

$$= 0,9 \times 549,8 \times 390 \times \left( 55 - \frac{7,207}{2} \right)$$

$$= 19566701 \text{ N.mm} \geq M_{ux} = 1044375 \text{ N.mm} \dots \text{(OK)}$$

### c. Penulangan Pelat Arah Y (Tulangan Susut)

Penulangan arah Y merupakan tulangan susut, berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1, untuk tulangan dengan  $f_y$  390 MPa digunakan rasio tulangan minimum.

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

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d_y$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 45$$

$$= 81 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan  $\phi$ -10

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$S_{tulangan} = \frac{1000 \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{1000 \times 78,54}{81}$$

$$= 969,6 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2, spasi minimum yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{min} &\leq 5h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ &\leq 5 \times 80 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ &\leq 400 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{min} \geq 25 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan utama  $\phi 10\text{-}300 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} n_{pasang} &= \frac{1000}{S} \\ &= \frac{1000}{300} = 3,33 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan} \\ &= 4 \times 78,54 \\ &= 314,16 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \end{aligned}$$

#### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{314,16 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 4,118 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_y - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 314,16 \times 390 \times \left( 45 - \frac{7,207}{2} \right) \\ &= 4735078,34 \text{ N.mm} \geq M_{uy} = 1043750 \text{ N.mm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

#### d. Kontrol Lendutan

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

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 1043750 \text{ N.mm} \\ I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 80^3 \\ &= 42666666,67 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{16,1} \\
 &= 18858,6585 \text{ MPa} \\
 n &= \frac{E_s}{E_c} \\
 &= \frac{200000}{18858,6585} = 10,61 \approx 11 \\
 M_{cr} &= \frac{2 \times f_r \times I}{h} \\
 &= \frac{2 \times 2,488 \times 42666666,67}{80} \\
 &= 2653587,124 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) &= 0 \\
 \frac{1000 \times x^2}{2} - 11 \times 549,8 \times (55 - x) &= 0 \\
 500x^2 + 6047,67x - 332616 &= 0 \\
 x_1 = 20,44 \text{ mm} \text{ dan } x_2 = -32,5 \text{ mm} \\
 \text{Dikapai } x = 20,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{cr} &= \frac{bx^3}{3} + n \times A_s \times (d - x)^2 \\
 &= \frac{1000 \times 20,44^3}{3} + 11 \times 549,8 \times (55 - 20,44)^2 \\
 &= 10069740,59 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_e &= \left( \frac{M_{cr}}{M_{ux}} \right)^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_{ux}} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g \\
 &= \\
 &= \left( \frac{2653587,124}{1043750} \right)^3 \times 42666666,67 + \\
 &= \left[ 1 - \left( \frac{2653587,124}{1043750} \right)^3 \right] 10069740,59 \\
 &= 54572796,7 \text{ mm}^4 > I_g = 42666666,67 \text{ mm}^4 \\
 \text{Maka digunakan } I_g &= 42666666,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= DL + LL \\
 &= 312 + 100
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 412 \text{ kg/m} \approx 4,12 \text{ N/mm} \\
 \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\
 &= \frac{5 \times 4,12 \times 1250^4}{384 \times 18858,658 \times 42666666,67} \\
 &= 0,163 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \frac{l}{240} &= \frac{1250}{240} \\
 &= 5,208 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$\Delta_i = 0,163 \text{ mm} < 5,208 \text{ mm}$  ..... (OK, Lendutan memenuhi)

### 3. Penulangan Sesudah Komposit

#### a. Momen yang terjadi

Penentuan momen ( $M_u$ ) yang bekerja pada pelat berdasarkan tabel perhitungan momen-momen pelat dari PBI-1971 Tabel 13.3.1.

$$q_u = 844,2 \text{ kg/m}$$

Momen Tumpuan

$$X = 83$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 844,2 \times 2,5^2 \times 83 \\
 &= 437,9 \text{ kg.m} \approx 4379287,5 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Momen Lapangan

$$X = 41$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times X \\
 &= 0,001 \times 844,2 \times 2,5^2 \times 42 \\
 &= 221,6 \text{ kg.m} \approx 2216025 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

#### b. Penulangan Arah X

$$M_x = 4379287,5 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_{ux}}{\phi \times b \times d^2 \times x}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4379287,5}{\emptyset \times 1000 \times 105^2} \\
 &= 0,441 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,441}{390}} \right) \\
 &= 0,00114
 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,000114 < 0,0277 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00114 = 0,00148$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,00148 \times 1000 \times 105 \\
 &= 155,64 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan  $\phi$ -10

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000 \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{1000 \times 78,54}{155,64} \\
 &= 504,64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.4 dan 7.6.2, spasi minimum yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_{min} &\leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq 3 \times 130 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq 390 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 S_{min} &\geq 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan utama  $\phi 10-150$  mm

$$\begin{aligned} n_{pasang} &= \frac{1000}{S} \\ &= \frac{1000}{150} = 6,77 \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan} \\ &= 7 \times 78,54 \\ &= 549,8 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \end{aligned}$$

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{549,8 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 7,207 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 549,8 \times 390 \times \left( 105 - \frac{7,207}{2} \right) \\ &= 19566701 \text{ N.mm} \geq M_{ux} = 4379288 \text{ N.mm} \dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

### c. Penulangan Arah Y

Penulangan arah Y merupakan tulangan susut, berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1, untuk tulangan dengan  $f_y$  390 MPa digunakan rasio tulangan minimum.

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 0,0018 \\ A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d_y^2 \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 95^2 \\ &= 171 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan  $\phi-10$

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$S_{tulangan} = \frac{1000 \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{1000 \times 78,54}{171}$$

$$= 459,3 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2, spasi minimum yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

$$S_{min} \leq 5h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$\leq 5 \times 130 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

$$\leq 650 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

$$S_{min} \geq 25 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan utama  $\phi 10\text{-}300 \text{ mm}$

$$n_{pasang} = \frac{1000}{S}$$

$$= \frac{1000}{300} = 3,33 \approx 4 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan}$$

$$= 4 \times 78,54$$

$$= 314,16 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$$

#### **Kontrol Kapasitas Lentur**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{314,16 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000}$$

$$= 4,118 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_y - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \times 314,16 \times 390 \times \left( 45 - \frac{7,207}{2} \right)$$

$$= 10248573,4 \text{ N.mm} \geq M_{uy} = 1043750 \text{ N.mm (OK)}$$

#### **d. Kontrol Retak**

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

$$f'_c = 0,7 \times f'_c$$

$$= 0,7 \times 35$$

$$= 24,5 \text{ MPa}$$

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

$$= 0,62 \times 1 \times \sqrt{24,5}$$

$$= 3,069 \text{ MPa}$$

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

$$= \frac{1}{12} \times 1000 \times 130^3$$

$$= 183083333,3 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{2 \times f_r \times I_g}{h}$$

$$= \frac{2 \times 3,069 \times 183083333,3}{130}$$

$$= 8643908,995 \text{ N.mm}$$

$$M_x = 4379287,5 \text{ N.mm} < M_{cr} = 8643908,995 \text{ N.mm} \text{ (OK)}$$

#### e. Kontrol Lentutan

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

$$M_{ux} = 4379287,5 \text{ N.mm}$$

$$I_g = 183083333,3 \text{ mm}^4$$

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

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

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

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$= \frac{200000}{23263,81} = 8,597 \approx 9$$

$$M_{cr} = 8643908,995 \text{ N.mm}$$

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

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

$$\frac{1000 \times x^2}{2} - 9 \times 549,8 \times (105 - x) = 0$$

$$500x^2 + 4948,01x - 519541 = 0$$

$$x_1 = 27,66 \text{ mm} \text{ dan } x_2 = -37,6 \text{ mm}$$

Dikapai  $x = 27,66 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} I_{cr} &= \frac{bx^3}{3} + n \times A_s \times (d - x)^2 \\ &= \frac{1000 \times 27,66^3}{3} + 9 \times 549,8 \times (105 - 27,66)^2 \\ &= 36650388,11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

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

=

$$\left( \frac{8643908,995}{4379287,5} \right)^3 \times 183083333,3 +$$

$$\left[ 1 - \left( \frac{8643908,995}{4379287,5} \right)^3 \right] 36650388,11$$

$$= 1162703779 \text{ mm}^4 > I_g = 183083333 \text{ mm}^4$$

Maka digunakan  $I_g = 183083333 \text{ mm}^4$

$$\begin{aligned} q &= DL + LL \\ &= 447,5 + 192 \\ &= 639,5 \text{ kg/m} \approx 6,395 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\ &= \frac{5 \times 6,395 \times 2500^4}{384 \times 23263,81 \times 183083333} \\ &= 0,764 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \frac{l}{240} &= \frac{2500}{240} \\ &= 10,42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$\Delta_i = 0,764 \text{ mm} < 10,42 \text{ mm} \dots$  (OK, Lendutan memenuhi)

#### 4.2.1.4 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan

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

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

$$\begin{aligned} f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'_c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\ &= 0,7 \times \sqrt{16,1} \\ &= 2,809 \text{ MPa} \\ &= 28,09 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Beban saat penumpukan :

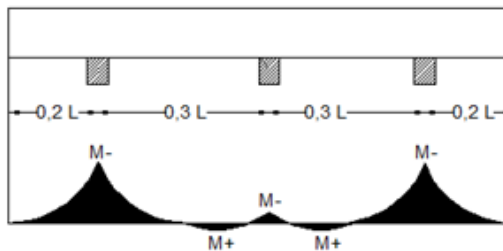
$$\text{Berat sendiri pelat} = 0,08 \times 1,12 \times 2400 = 215 \text{ kg/m}$$

$$Q_d = 1,2 \times 215 = 258 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pekerja} = 100 \times 1,12 = 112 \text{ kg}$$

$$P_L = 1,6 \times 112 = 179,2 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Tahanan (W)} &= \frac{1}{6} \times a \times t^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 112 \times 8^2 \\ &= 1195 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 15** Penumpukan Pelat

$$L = 2,5 \text{ m}$$

$$0,2L = 0,5 \text{ m}$$

$$0,3L = 0,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{Lap} &= \left( \frac{1}{10} \times q_D \times (0,3L)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_L \times (0,3L) \right) \\ &= \left( \frac{1}{10} \times 258 \times (0,75)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 179,2 \times (0,75) \right) \\ &= 48,12 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 48,12 \times 1,5 = 72,17 \text{ kg.m} \approx 7217,28 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} M_{Tum} &= \left( \frac{1}{8} \times q_D \times (0,3L)^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{8} \times 258 \times (0,75)^2 \right) \\ &= 18,14 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 18,14 \times 1,5 = 27,22 \text{ kg.m} \approx 2721,6 \text{ kg.cm}$$

### **Kontrol Tegangan**

$$\begin{aligned} \sigma_{Lap} &= \frac{M_{Lap}}{W} \\ &= \frac{7217,28}{1195,67} = 6,04 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28,09 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Tum} &= \frac{M_{Tum}}{W} \\ &= \frac{2721,6}{1194,67} = 2,28 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28,09 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

### **Kontrol Jumlah Penumpukan**

Pada penumpukan pelat pracetak digunakan balok kayu dengan ukuran 5/10.

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

$$\begin{aligned} \text{Beban (P}_u) &= (1,2 \times 215 \times 2,5) + (1,6 \times 112) \\ &= 824,3 \text{ kg} \approx 8243,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{P_u}{A} \\ &= \frac{8243,2}{150000} = 0,055 \text{ MPa} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Jumlah Penumpukan} &= \frac{f_r}{f \times SF} \\ &= \frac{2,809}{0,055 \times 3} = 17 \text{ Tumpukan} \end{aligned}$$

#### 4.2.1.5 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 3 hari.

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

$$\begin{aligned} f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\ &= 0,7 \times \sqrt{16,1} \\ &= 2,809 \text{ MPa} \\ &= 28,09 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Beban saat pemasangan :

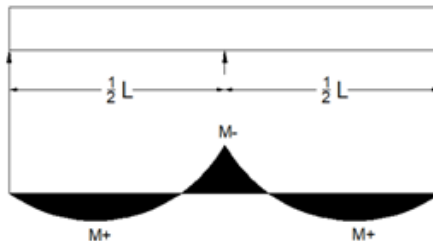
$$\text{Berat sendiri pelat} = 0,08 \times 1,12 \times 2400 = 215 \text{ kg/m}$$

$$\text{Qd} = 1,2 \times 215 = 258 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pekerja} = 100 \times 1,12 = 112 \text{ kg}$$

$$\text{PL} = 1,6 \times 112 = 179,2 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Tahanan (W)} &= \frac{1}{6} \times a \times t^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 112 \times 8^2 \\ &= 1194,67 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 16** Pemasangan Pelat

$$L = 2,5 \text{ m}$$

$$0,5L = 1,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{Lap} &= \left( \frac{1}{10} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_L \times (0,5L) \right) \\ &= \left( \frac{1}{10} \times 258 \times (1,25)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 179,2 \times (1,25) \right) \\ &= 96,32 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 96,32 \times 1,5 = 144,5 \text{ kg.m} \approx 14448 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} M_{Tum} &= \left( \frac{1}{8} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{8} \times 258 \times (1,25)^2 \right) \\ &= 50,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 50,4 \times 1,5 = 75,6 \text{ kg.m} \approx 7560 \text{ kg.cm}$$

### **Kontrol Tegangan**

$$\begin{aligned} \sigma_{Lap} &= \frac{M_{Lap}}{W} \\ &= \frac{14448}{1194,67} = 12,1 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28,09 \text{ kg/cm}^2 \text{ .....(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Tum} &= \frac{M_{Tum}}{W} \\ &= \frac{7560}{1194,67} = 6,3 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28,09 \text{ kg/cm}^2 \text{ .....(OK)} \end{aligned}$$

#### **4.2.1.6 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran**

Pengecoran overtopping pelat dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari

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

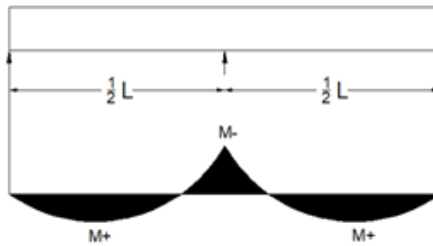
$$\begin{aligned} f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\ &= 0,7 \times \sqrt{24,5} \end{aligned}$$

$$= 3,465 \text{ MPa}$$

$$= 34,65 \text{ kg/cm}^2$$

Beban saat pengecoran :

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri pelat} &= 0,13 \times 1,12 \times 2400 = 349 \text{ kg/m} \\ Q_d &= 1,2 \times 349 &= 419,3 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pekerja} &= 100 \times 1,12 &= 112 \text{ kg} \\ PL &= 1,6 \times 112 &= 179,2 \text{ kg} \\ \text{Momen Tahanan (W)} &= \frac{1}{6} \times a \times t^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 112 \times 13^2 \\ &= 3154,67 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 17** Pengecoran Pelat

$$L = 2,5 \text{ m}$$

$$0,5L = 1,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{Lap} &= \left( \frac{1}{10} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_L \times (0,5L) \right) \\ &= \left( \frac{1}{10} \times 419,3 \times (1,25)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 179,2 \times (1,25) \right) \\ &= 121,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M_{Lap} = 121,5 \times 1,5 = 182,3 \text{ kg.m} \approx 18228 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} M_{Tum} &= \left( \frac{1}{8} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{8} \times 419,3 \times (1,25)^2 \right) \end{aligned}$$

$$= 81,9 \text{ kg.m}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M_{Lap} = 81,9 \times 1,5 = 122,85 \text{ kg.m} \approx 12285 \text{ kg.cm}$$

### Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{Lap} &= \frac{M_{Lap}}{W} \\ &= \frac{18228}{3154,67} = 5,8 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,65 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\text{(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Tum} &= \frac{M_{Tum}}{W} \\ &= \frac{12285}{3154,67} = 3,9 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,65 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\text{(OK)} \end{aligned}$$

**Tabel 4. 4** Tulangan Terpasang pada Pelat

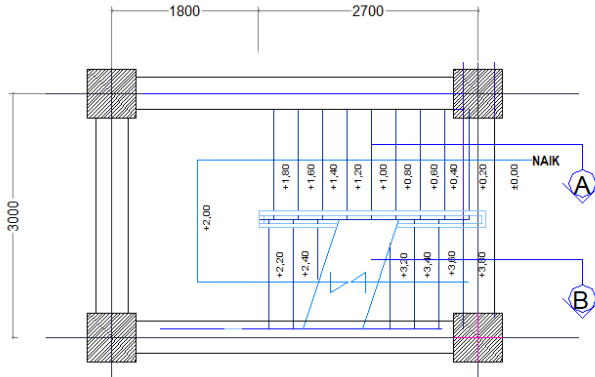
TIPE PELAT	DIMENSI (cm)			Lx (cm)	Ly (cm)	Tulangan Utama	Tulangan Bagi	Tulangan Angkat
		X						
S1	190	X	560	200	112	φ10 - 150	φ10 - 300	φ10
S2	240	X	560	250	112	φ10 - 150	φ10 - 300	φ10
S3	115	X	510	125	102	φ10 - 150	φ10 - 300	φ10
S4	115	X	410	125	82	φ10 - 150	φ10 - 300	φ10

### 4.2.2 Perencanaan Tangga

Konstruksi tangga dibuat dengan metode cor ditempat. Tangga dimodelkan menyatu pada bangunan dengan program bantu di SAP 2000, yang nantinya didapatkan gaya dalam untuk perhitungan tulangan. Berikut data perencanaan tangga:

- Mutu beton (f'c) = 35 MPa
- Mutu baja = 390 MPa
- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Tinggi injakan (t) = 20 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tebal rata-rata pelat tangga = 15 cm
- Tebal pelat bordes = 15 cm

- Elevasi bordes = 200 cm
- Lebar bordes = 180 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Lebar tangga = 150 cm



**Gambar 4.18** Perencanaan Tangga

#### 4.2.2.1 Pembebanan Tangga

##### a. Pelat Tangga

Beban Mati (DL):

$$\text{Beban pelat} = \frac{0,23}{\cos 37^\circ} \times 2400 = 686,9 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat pegangan tangga} = 1,8 \times 2,57 = 4,626 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik dan spesi} = 110 \text{ kg/m}^2$$

$$\Sigma = 801,6 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (LL):

$$\text{Beban hidup tangga} = 479 \text{ kg/m}^2$$

##### **Kombinasi**

$$1,2DL + 1,6LL = (1,2 \times 801,6) + (1,6 \times 479) = 1728,3 \text{ kg/m}^2$$

Beban merata tangga ( $Q_1$ )

$$q_U = 1728,3 \times 1,5 = 2592,4 \text{ kg/m}$$

##### b. Pelat Bordes

Beban Mati (DL):

$$\begin{aligned}
 \text{Beban pelat} &= 0,24 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Keramik dan spesi} &= 110 \text{ kg/m}^2 \\
 \Sigma &= 470 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban Hidup (LL):} & \\
 \text{Beban hidup tangga} &= 479 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### Kombinasi

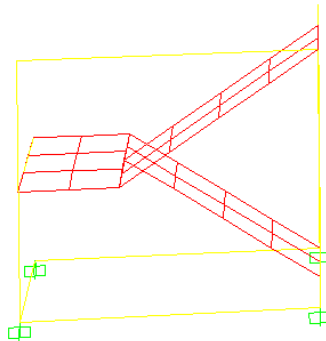
$$1,2DL + 1,6LL = (1,2 \times 470) + (1,6 \times 479) = 1330,4 \text{ kg/m}$$

Beban merata bordes ( $Q_2$ )

$$q_U = 1336 \times 3 = 3991,2 \text{ kg/m}$$

### c. Pemodelan Tangga

Perhitungan gaya dalam tangga didapatkan dari SAP2000 dengan kombinasi beban gempa, dikarenakan pemodelan tangga menjadi satu dengan struktur sehingga juga menerima beban gempa.



**Gambar 4. 19** Pemodelan Tangga pada Sap

- Output SAP 2000

Berdasarkan hasil dari SAP2000 didapatkan momen sebagai berikut :

Akibat Gravitasi (1,2D+1,6L)

$$\text{Momen tangga} = 2138,78 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen bordes} = 2362,8 \text{ kgm}$$

$$\text{Akibat Gempa} \quad (1,2D+1L+1E_x+0,3E_y)$$

$$\text{Momen tangga} = 5996,04 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen bordes} = 7045,69 \text{ kgm (arah x)}$$

$$\text{Momen bordes} = 3382,88 \text{ kgm (arah y)}$$

Dalam penulangan pelat tangga dan bordes dipakai gaya dalam berdasarkan hasil dari SAP2000 akibat beban gempa. Hal ini dikarenakan permodelan pada tangga menjadi satu dengan struktur sehingga, tangga juga menerima beban gempa.

#### 4.2.2.2 Penulangan Pelat Tangga

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3, untuk nilai  $\beta_1$  yang memiliki nilai  $f'_c > 28$  MPa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - \left( \frac{f'_c - 28}{7} \times 0,05 \right) \\ &= 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \times 0,05 \right) \\ &= 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\ &= 0,037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75\rho_b \\ &= 0,0277\end{aligned}$$

Pada pada 10.5.1 SNI 2847:2013 untuk setiap penampang komponen struktur lentur tidak boleh kurang dari :

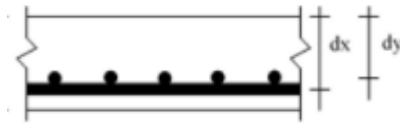
$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{390} \\ &= 0,00379\end{aligned}$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036\end{aligned}$$

Maka  $\rho_{min}$  yang digunakan yaitu 0,00379

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{t_c}} \\ &= \frac{390}{0,85 \times 35} \\ &= 13,11\end{aligned}$$



**Gambar 4. 20** Tinggi Efektif Tulangan Pelat

$$\begin{aligned}dx &= 150 - 20 - 16/2 = 122 \text{ mm} \\ dy &= 80 - 20 - 16 - 13/2 = 107,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{3,36}{1,5} = 2,24 > 2 \text{ ( pelat satu arah)}$$

#### a. Tulangan Arah X

$$M_{ux} = 59960400 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_{ux}}{\phi \times b \times d^2_x} \\ &= \frac{59960400}{0,9 \times 1000 \times 122^2} \\ &= 4,476\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 4,476}{390}} \right)\end{aligned}$$



$$= 0,0125$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 < 0,0125 < 0,0277$  (Memenuhi)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0125 \times 1000 \times 122 \\ &= 1525,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D16

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000 \times A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ perlu}}} \\ &= \frac{1000 \times 201,06}{1525,21} \\ &= 131,826 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.4 dan 7.6.2, spasi minimum yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{min} &\leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ &\leq 3 \times 150 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{min} \geq 25 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan utama **D16-120 mm**

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{1000}{S} \\ &= \frac{1000}{120} = 8,33 \approx 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times A_{s \text{ tulangan}} \\ &= 9 \times 201,06 \\ &= 1809,6 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = 1395,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{1809,6 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 23,72 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 1809,6 \times 390 \times \left( 122 - \frac{23,72}{2} \right) \\
 &= 69955319,19 \text{ N.mm} \geq M_{ux} = 59960400 \text{ N.mm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

### b. Tulangan Arah Y (Tulangan Susut)

Penulangan arah Y merupakan tulangan susut, berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1, untuk tulangan dengan  $f_y$  390 MPa digunakan rasio tulangan minimum.

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= 0,0018 \\
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d_y \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 107,5 \\
 &= 193,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D13

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ tulangan}} &= 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 132,73 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000 \times A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{1000 \times 132,73}{193,5} \\
 &= 685,95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2, spasi minimum yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_{min} &\leq 5h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq 5 \times 150 \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq 750 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{min} \geq 25 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan utama **D13-240 mm**

$$\begin{aligned}
 n_{pasang} &= \frac{1000}{S} \\
 &= \frac{1000}{240} = 4,17 \approx 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan} \\
 &= 5 \times 132,73 \\
 &= 663,7 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 193,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2.3 Penulangan Pelat Bordes

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3, untuk nilai  $\beta_1$  yang memiliki nilai  $f'c > 28$  MPa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - \left( \frac{f'c - 28}{7} \times 0,05 \right) \\
 &= 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \times 0,05 \right) \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'rc}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\
 &= 0,037
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,0277
 \end{aligned}$$

Pada pada 10.5.1 SNI 2847:2013 untuk setiap penampang komponen struktur lentur tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{390} \\
 &= 0,00379
 \end{aligned}$$

Dan tidak lebih kecil dari :

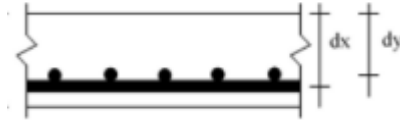
$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,0036
 \end{aligned}$$

Maka  $\rho_{\min}$  yang digunakan yaitu 0,00379

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'rc}$$

$$= \frac{390}{0,85 \times 35}$$

$$= 13,11$$



**Gambar 4. 21** Tinggi Efektif Tulangan Pelat

$$dx = 150 - 20 - 16/2 = 122 \text{ mm}$$

$$dy = 80 - 20 - 16 - 16/2 = 106 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{3}{1,8} = 1,667 > 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

#### a. Tulangan Arah X

$$M_{ux} = 70475500 \text{ N. mm}$$

$$R_n = \frac{M_{ux}}{\phi \times b \times d_x^2}$$

$$= \frac{70456900}{0,9 \times 1000 \times 122^2}$$

$$= 5,2597$$

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

$$= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 5,2597}{390}} \right)$$

$$= 0,01495$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 < 0,01495 < 0,0277 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,01495 \times 1000 \times 122$$

$$= 1824,11 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D16

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 S_{tulangan} &= \frac{1000 \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} \\
 &= \frac{1000 \times 201,06}{1824,11} \\
 &= 110,19 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.4 dan 7.6.2, spasi minimum yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_{min} &\leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq 3 \times 150\text{mm} \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq 300 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{min} \geq 25 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan utama **D16-100 mm**

$$\begin{aligned}
 n_{pasang} &= \frac{1000}{S} \\
 &= \frac{1000}{100} = 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan} \\
 &= 10 \times 201,06 \\
 &= 2010,6 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1824,65 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{2010,6 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 26,36 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 2010,6 \times 390 \times \left( 122 - \frac{26,36}{2} \right) \\
 &= 76798064,97 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq M_{ux} = 70456900 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

### b. Tulangan Arah Y

$$M_{uy} = 33828800 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{uy}}{\phi \times b \times d^2_y} \\
 &= \frac{33828800}{0,9 \times 1000 \times 106^2} \\
 &= 3,3453
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 3,3453}{390}} \right) \\
 &= 0,00912
 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 < 0,00912 < 0,0277$  (Memenuhi)

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,00912 \times 1000 \times 106 \\
 &= 967,06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D16

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000 \times A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{1000 \times 201,06}{967,06} \\
 &= 207,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.4 dan 7.6.2, spasi minimum yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_{min} &\leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq 3 \times 150 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq 300 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{min} \geq 25 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan utama **D16-200 mm**

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pasang}} &= \frac{1000}{S} \\
 &= \frac{1000}{200} = 50 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan} \\
 &= 5 \times 201,06 \\
 &= 1005,3 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 967,06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{1005,3 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 13,179 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d_x - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 1005,3 \times 390 \times \left( 122 - \frac{13,179}{2} \right) \\
 &= 35078382,15 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq M_{ux} = 33828800 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2.4 Perencanaan Balok Bordes

Perencanaan dimensi balok bordes :

$$\begin{aligned}
 h_{\min} &= \frac{L}{16} \times \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \\
 &= \frac{300}{16} \times \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) \\
 &= 17,95 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm} \\
 b &= \frac{2}{3} \times 40 \\
 &= 26,67 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Pembebanan balok bordes:

Beban balok	$= 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$
Beban dinding	$= 2 \times 90 \times 3 = 540 \text{ kg/m}$
Beban pelat bordes	$= 1944 \text{ kg/m}$
$\Sigma$	$= 2772 \text{ kg/m}$

### Kombinasi

$$1,4DL = 1,4 \times 2772 = 1562,4 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 3880,8 \text{ kg/m}$$

Momen balok anak:

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{12} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{12} \times 3880,8 \times 3^2 \\
 &= 2910,6 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 3880,8 \times 3 \\
 &= 5821,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sedangkan berdasarkan hasil dari perhitungan SAP2000 didapatkan momen dan gaya geser sebesar :

$$M_u = 3467,85 \text{ kg.m (1,2D + 1,6L)}$$

$$M_u = 9860,55 \text{ kg.m (1,2D + 1L + 1Ex + 0,3Ey)}$$

$$V_u = 3941,38 \text{ kg.m (1,2D + 1,6L)}$$

$$V_u = 8372,28 \text{ kg.m (1,2D + 1L + 1Ex + 0,3 Ey)}$$

Dalam perhitungan penulangan balok bordes ini gaya-gaya yang digunakan yaitu berdasarkan hasil analisa dari SAP2000 dengan kombinasi (1,2D+1L+1Ex+0,3Ey) dikarenakan permodelan balok bordes dimodelkan dalam struktur sehingga juga menerima gaya gempa.

#### a. Tulangan Lentur Balok Bordes

Digunakan data perencanaan balok bordes sebagai berikut :

- Diameter tulangan utama = D16 mm
- Diameter tulangan sengkang =  $\phi$ 10 mm
- Selimut beton = 40 mm
- $d = 270 - 50 - 10 - 16/2 = 342 \text{ mm}$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3, untuk nilai  $\beta_1$  yang memiliki nilai  $f'_c > 28 \text{ MPa}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - \left( \frac{f'_c - 28}{7} \times 0,05 \right) \\
 &= 0,85 - \left( \frac{35 - 28}{7} \times 0,05 \right)
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 0,8 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\
 &= 0,037 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,0277
 \end{aligned}$$

Pada pada 10.5.1 SNI 2847:2013 untuk setiap penampang komponen struktur lentur tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{390} \\
 &= 0,00379
 \end{aligned}$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,0036
 \end{aligned}$$

Maka  $\rho_{min}$  yang digunakan yaitu 0,00379

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c} \\
 &= \frac{390}{0,85 \times 35} \\
 &= 13,11
 \end{aligned}$$

$$M_{lap}^+ = 98644000 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{lap}^+}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{98644000}{\phi \times 300 \times 342^2} \\
 &= 3,123
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 3,123}{390}} \right)$$

$$= 0,00848$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 < 0,00848 < 0,0277$  (Memenuhi)

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

$$= 0,00848 \times 300 \times 342$$

$$= 870,11 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D16

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 201,6 \text{ mm}^2$$

$$n_{pasang} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{870,11}{201,6} = 4,33 \approx 5 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan}$$

$$= 5 \times 201,6$$

$$= 1005,36 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 870,11 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 5D16

Kontrol jarak tulangan :

$$S = \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{sengakang} - n \times D_{lentur}}{n - 1}$$

$$= \frac{300 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 5 \times 16}{5 - 1}$$

$$= 30 \text{ mm}$$

$25 \text{ mm} < 30 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$  ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$A_s' \text{ perlu} = 0,5 \times A_s \text{ pasang}$$

$$= 0,5 \times 1005,36$$

$$= 502,65 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D16

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{502,65}{283,53} = 2,5 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 3D16

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{1005,36 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} \\ &= 43,93 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 314,2 \times 390 \times \left( 342 - \frac{43,93}{2} \right) \\ &= 112928818,7 \text{ Nmm} \geq M_{\text{lap}} = 98644000 \text{ Nmm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

### b. Tulangan Geser Balok Bordes

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.1.  $V_u$  pada jarak  $d$  dari tumpuan adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi (0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d) \\ &= 0,75 \times (0,17 \times \sqrt{35} \times 300 \times 342) \\ &= 77391,19 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c \leq V_u \geq \phi V_c$$

$$22346,14 \text{ N} \leq 83821,6 \text{ N} \geq 77391,19 \text{ N}$$

### Perlu Tul.Geser

$$\begin{aligned} V_{s(\text{min})} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 300 \times 342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 34200 \text{ N} \\
 \phi(V_C + V_{S(\min)}) &= 0,75 \times (103188 + 34200) \\
 &= 103041,19 \text{ N} \\
 \phi V_C &\leq V_u \leq \phi(V_C + V_{S(\min)}) \\
 77391,19 \text{ N} &\leq 83821,6 \text{ N} \leq 103041,19 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### OK, Kondisi 3

$$\begin{aligned}
 S_{maks} &\leq \frac{d}{2} \text{ atau } 600 \text{ mm} \\
 S_{maks} &\leq \frac{342}{2} \text{ atau } 600 \text{ mm} \\
 S_{maks} &\leq 171 \text{ mm} \text{ atau } 600 \text{ mm} \\
 \text{Maka dipakai } S &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan diameter 2 kaki  $\phi 10-150$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 2 \times 78,539 \text{ mm}^2 \\
 &= 157,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tidak boleh kurang dari

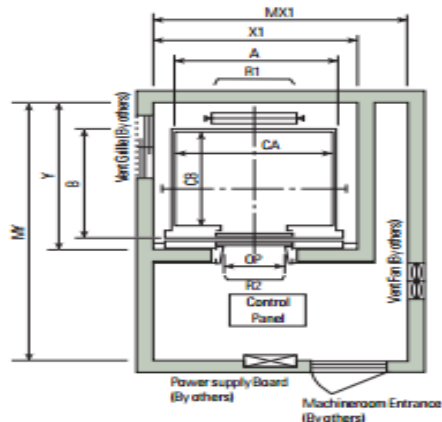
$$\begin{aligned}
 \frac{0,35 \times b_w \times S}{f_{yt}} &= \frac{0,35 \times 300 \times 150}{390} \\
 &= 65,625 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan sengkang **2 kaki  $\phi 10-150$**

### 4.2.3 Perencanaan Balok Lift

Perencanaan lift ini meliputi balok-balok yang menumpu mesin lift. Pada bangunan ini terdapat lift penumpang dan lift barang, lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai, sedangkan lift barang diproduksi Mitsubishi. Pada perhitungan penulangan diambil contoh balok penumpu lift penumpang, dengan data-data yang digunakan sebagai berikut :

1. Tipe Lift = Hyundai (Luxen Geareless Elevators)
2. Standard Kapasitas = 1350 kg
3. Kecepatan = 1 m/s
4. Lebar Pintu = 1000 mm
5. Dimensi Sangkar (Car Size)
  - a. Ekternal (A x B) = 2100 mm x 1670 mm
  - b. Internal (CA x CB) = 2100 mm x 1500 mm
6. Dimensi Ruang Luncur (Hoistway Size)
  - a. Hoistway Width(X1) = 2550 mm
  - b. Hoistway Depth (Y) = 2800 mm
7. Beban Reaksi Ruang Mesin
  - a. R1 = 7800 kg
  - b. R2 = 2400 kg
8. Panjang balok penumpu = 4500 mm
9. Mutu baja tul.lentur = 390 MPa
10. Mutu baja tul.geser = 390 MPa
11. Diameter tul = D16 mm
12. Diameter geser =  $\phi 10$  mm
13. Selimut beton = 40 mm



**Gambar 4. 22** Denah Lift

Tabel 4. 5 Spesifikasi Lift

Manufacturer Standard

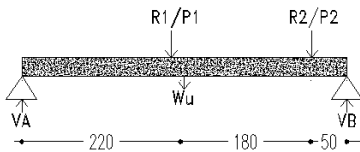
(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car			Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal	External	A × B	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	R1	R2	R3	R4
					OP	CA × CB	A × B	X1	X2	Y	MX1	MX2	MY	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	Panel Center	800	1400 × 850	1440 × 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200	3400	2000	5400	4500	
	8	550		800	1400 × 1030	1440 × 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900	
	9	600		800	1400 × 1130	1440 × 1285	1800	3700	1750	2000	4000	3500	4100	2450	6300	5100	
	10	700		800	1400 × 1250	1440 × 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400	
	11	750		800	1400 × 1350	1440 × 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600	
	13	900		900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3750	5100	3750	8100	6300	
1.5	15	1000	Panel Center	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	2100	2300	4400	3850	5450	4300	8600	6600	
	1000	1800 × 1500		1900 × 1670	2350	4800	2200	2600	4900	3900	6600	5100	11000	8700			
	1100	2000 × 1350		2100 × 1520	2550	5200	2050	2800	5250	3800							
	1000	1800 × 1700		1900 × 1870	2350	4800	2100	2400	4900	4200	7800	6000	12200	9500			
1.75	20	1350	Panel Center	1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000					
	1100	2000 × 1750		2100 × 1920	2550	5200	2450	2900	5400	4300	8500	6800	13400	10400			
2.0	24	1600	Open	900	1600 × 1350	1700 × 1520	2250	4600	2100	2550	4600	4250	12030	6650	9000	7500	
	13	900		900	1600 × 1500	1700 × 1670	2250	4600	2250	2550	4600	4250	12800	6950	9400	8000	
	1000	1800 × 1500		1900 × 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700			
	1100	2000 × 1350		2100 × 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650							
	1000	1800 × 1700		1900 × 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500			
	1100	2000 × 1500		2100 × 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650							
2.5	20	1350	Panel Center	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400	
	1100	2000 × 1500		2100 × 1670	2650	5400	2350	3100	5700	4800							

Perencanaan dimensi balok penumpu:

$$\begin{aligned}
 h_{min} &= \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \\
 &= \frac{450}{16} \times \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) \\
 &= 26,92 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm} \\
 b &= \frac{2}{3} \times 40 \\
 &= 26,67 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.3.1 Pembebanan Balok Lift



Gambar 4. 23 Pembebanan Balok Lift

Beban Mati (DL)

Beban balok lift	$= 0,3 \times 0,4 \times 2400$	$= 288 \text{ kg/m}$
Pelat 12 cm	$= 0,12 \times 1,9 \times 2400$	$= 604,8 \text{ kg/m}$
$\Sigma$		$= 892,8 \text{ kg/m}$

**Kombinasi**

$$q_U = 1,4DL = 1,4 \times 892,8 = 1249,92 \text{ kg/m}$$

**Beban Hidup (LL)**

$$\text{Beban Terpusat R1} = 7800 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Terpusat R2} = 6000 \text{ kg}$$

**Reaksi Gaya Dalam**

Pada penentuan gaya dalam yang akan digunakan untuk perencanaan penulangan balok lift, dihitung berdasarkan perhitungan manual dan menggunakan program bantu SAP 2000.

$$\Sigma MB = 0$$

$$V_A \cdot L - P1 \cdot L - P2 \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q_U \cdot L^2 = 0$$

$$V_A \cdot 4,5 - 7800 \times 2,17 - 6000 \times 0,5 - \frac{1}{2} \times 1249,92 \times 4,5^2 = 0$$

$$V_A = \frac{32581,4}{4,5} = 7240,3 \text{ kg (keatas)}$$

$$\begin{aligned} V_B &= V_A - P1 - P2 - Q_U \\ &= 7240,3 - 7800 - 6000 - 2812,3 \\ &= 9372 \text{ kg (keatas)} \end{aligned}$$

Distribusi beban terpusat setiap perletakan

$$V_{AP1} = 7800 \times \frac{2,17}{4,5} = 3761,3 \text{ kg}$$

$$V_{BP1} = 7800 - 3761,3 = 4038,7 \text{ kg}$$

$$V_{AP2} = 6000 \times \frac{0,5}{4,5} = 666,7 \text{ kg}$$

$$V_{BP2} = 6000 - 666,6 = 5333,3 \text{ kg}$$

$$D_{AB} = 0$$

$$7800 - 1249,92 \times L_1 - 3761,3 - 666,7 = 0$$

$$L_1 = \frac{3372}{1249,92} = 2,7 \text{ m (dari titik A)}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + V_{AP1} \times L + V_{AP2} \times L \\ &= \frac{1}{8} \times 1249,92 \times 4,5^2 + 3761,3 \times 2,7 + 666,7 \times 2,7 \\ &= 15109,6 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L + V_{AP1} + V_{AP2} \\ &= \frac{1}{2} \times 1249,92 \times 2,7 + 3761,3 + 666,7 \\ &= 7240,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari program bantu SAP 2000 didapatkan hasil momen seperti berikut :

$$M_{max} = 7511,4 \text{ kg.m (Kombinasi 1,4D pada jarak 2,33 m dari A)}$$

Sehingga digunakan perhitungan manual dengan  $M_u = 15109,6 \text{ kg.m}$  dan  $V_u = 7240,32 \text{ kg}$

#### 4.2.3.2 Penulangan Balok Lift

##### a. Penulangan Lentur

$$M_u = 15095973,3 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{lap}^+}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{15095973,3}{\phi \times 300 \times 342^2} \\ &= 4,785 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 4,785}{390}} \right) \\ &= 0,01345 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,00379 < 0,01345 < 0,0277 \text{ (Memenuhi)}$$

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



$$= 0,01345 \times 300 \times 197,5$$

$$= 1380,43 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D16

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pasang}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{1380,43}{201,062} = 6,86 \approx 7 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan}$$

$$= 7 \times 201,062$$

$$= 1380,43 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1380,43 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 7D16

Kontrol jarak tulangan :

$$S = \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{sengakang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1}$$

$$= \frac{300 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 7 \times 19}{7 - 1}$$

$$= 14,667 \text{ mm}$$

25 mm > 14,667 mm < 450 mm ..... **Tidak OK**

Jarak minimum antar tulangan yang diperbolehkan adalah 25 mm untuk beton normal, maka digunakan 2 lapis tulangan lentur tarik, dengan lapis atas 2D16 dan lapis bawah 5D16, maka jarak antar tulangan :

$$S = \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{sengakang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1}$$

$$= \frac{300 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 5 \times 16}{5 - 1}$$

$$= 30 \text{ mm}$$

25 mm > 30 mm < 450 mm ..... **OK**

Sehingga  $d_{\text{eff}}$  menjadi :

$$d_{\text{eff}} = h - \text{selimut} - D_{\text{sengakang}} - D_{\text{tul utama}} -$$

$$\frac{n_{\text{tul atas}}}{n_{\text{total}}} \times \text{jarak}$$

$$\begin{aligned}
 &= 400 - 40 - 10 - 16 - \frac{2}{7} \times 30 \\
 &= 325,43 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned}
 n_{pasang} &= 3 \text{ buah} \\
 A'_{s \text{ pasang}} &= n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan} \\
 &= 3 \times 201,062 \\
 &= 603,186 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 3D16

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$d'' = \text{selimut} + D. \text{sengakang} - \frac{D. \text{tul utama}}{2}$$

$$= 40 + 10 - \frac{16}{2}$$

$$= 58 \text{ mm}$$

$$xb = \frac{600}{600 + f_y} \times d_{eff}$$

$$= \frac{600}{600 + 390} \times 325,43$$

$$= 197,229 \text{ mm}$$

$$x = 0,75 \times xb$$

$$= 0,75 \times 197,229$$

$$= 147,2 \text{ mm}$$

Nilai x digunakan 100 mm

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) \times 600$$

$$= \left(1 - \frac{58}{100}\right) \times 600$$

$$= 252 \text{ MPa} \leq f_y = 390 \text{ MPa} \quad \text{..... Tidak Leleh}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' \times f_s'}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{1407,43 \times 390 - 603,186 \times 252}{0,85 \times 35 \times 300}$$

$$= 44,47 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times f'c \times a \times b \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + As' \times fs' \times (d - d'') \\ &= 0,9 \times 35 \times 44,47 \times 300 \times \left(325,43 - \frac{44,47}{2}\right) + \\ &\quad 603,186 \times 252 \times (325,43 - 58) \\ &= 168064864 \text{ N.mm} \geq M_U = 15095973,3 \text{ N.mm} \quad \text{(OK)}\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan lentur tarik **7D16** dan tekan **3D16**

### b. Penulangan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.1. Vu pada jarak d dari tumpuan adalah sebesar :

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi(0,17 \times \sqrt{f'c} \times b \times d) \\ &= 0,75 \times (0,17 \times \sqrt{35} \times 300 \times 342) \\ &= 77391,19 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}\phi V_c &\leq V_u \leq \phi V_c \\ 22346,14 \text{ N} &\leq 72403,2 \text{ N} \leq 77391,19 \text{ N}\end{aligned}$$

### Tulangan Geser Min

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \leq \frac{342}{2} \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} \leq 171 \text{ mm} \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

Maka dipakai S = 150 mm

Dicoba menggunakan diameter 2 kaki  $\phi 10-150$

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 2 \times 78,54 \text{ mm}^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tidak boleh kurang dari

$$\frac{0,35 \times b_w \times S}{f_{yt}} = \frac{0,35 \times 300 \times 150}{390}$$

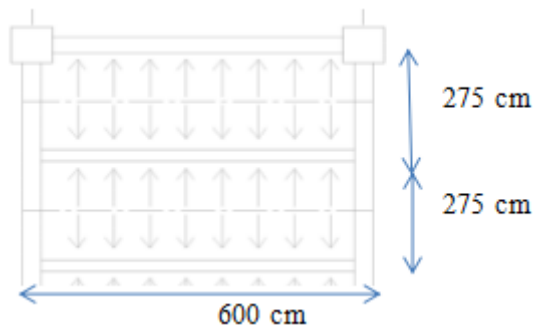
$$= 65,625 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Jadi digunakan sengkang **2 kaki  $\phi 10-150$**

#### 4.2.4 Perencanaan Balok Anak

Balok anak direncanakan menggunakan metode pracetak dalam pelaksanaannya. Dalam perhitungan tulangan ditinjau tiga keadaan yaitu pengangkatan komponen pracetak, sebelum komposit, dan sesudah komposit. Berikut data perencanaan balok anak BA1:

- Dimensi balok anak = 30 x 40 cm
- Dimensi balok anak pracetak = 30 x 27 cm
- Tebal decking = 40 mm
- Tul. Lentur = D19 mm
- Tul. Geser =  $\phi 13$  mm
- $F_c'$  beton = 35 MPa
- $F_y$  baja = 390 MPa
- BJ beton = 2400 kg/m<sup>3</sup>



**Gambar 4. 24** Distribusi Beban pada Balok Anak 30/40

$$L_y = 6000 - \frac{40}{2} - \frac{40}{2} = 5600 \text{ mm}$$

$$L_x = 2750 - \frac{40}{2} - \frac{30}{2} = 2400 \text{ mm}$$

Berdasarkan atas SNI 7833:2012 Gambar R4.6.2, untuk panjang landasan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Panjang landasan} &= \frac{ln}{180} \geq 75 \text{ mm} \\ &= \frac{56000}{180} \geq 75 \text{ mm} \\ &= 31,1 \text{ mm} < 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan panjang landasan 75 mm

Jadi panjang pracetak = 560 cm

#### 4.2.4.1 Pembebanan Balok Anak

##### 1. Saat Pengangkatan

###### Beban Mati (DL)

$$\text{Beban balok anak pracetak} = 0,3 \times 0,27 \times 2400 = 194,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban kejut pengangkatan} = 194 \times 0,5 = 97,2 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma = 291,6 \text{ kg/m}$$

###### Kombinasi

$$1,4DL = 1,4 \times 291,6 = 408,24 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 408,24 \text{ kg/m}$$

##### 2. Sebelum Komposit

###### Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{Beban pelat pracetak} &= 2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0,08 \times 2400 \times 2,4 \right) \\ &= 460,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban topping} &= 2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0,05 \times 2400 \times 2,4 \right) \\ &= 288 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban balok anak pracetak} &= 0,3 \times 0,27 \times 2400 \\ &= 194,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\Sigma = 943,2 \text{ kg/m}$$

###### Beban Hidup (LL)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup pelat} &= 2 \times \left( \frac{1}{2} \times 192 \times 2,4 \right) \\ &= 460,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

**Kombinasi**

$$1,2DL + 1,6LL = (1,2 \times 943,2) + (1,6 \times 460,8) = 1869,12 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 1869,12 \text{ kg/m}$$

**3. Sesudah Komposit****Beban Mati (DL)**

$$\begin{aligned} \text{Beban pelat pracetak} &= 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,013 \times 2400 \times 2,4\right) \\ &= 748,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban balok anak pracetak} &= 0,3 \times 0,4 \times 2400 \\ &= 288 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plafond dan penggantung} &= 6,5 \times 2,4 \\ &= 15,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keramik dan spesi} &= 110 \times 2,4 \\ &= 264 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ME} &= 19 \times 2,4 \\ &= 45,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\Sigma = 1362 \text{ kg/m}$$

**Beban Hidup (LL)**

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup apartemen} &= 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 192 \times 2,4\right) \\ &= 460,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

**Kombinasi**

$$1,2DL + 1,6LL = (1,2 \times 1362) + (1,6 \times 460,8) = 2371,68 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 2371,68 \text{ kg/m}$$

**4.2.4.2 Perhitungan Penulangan Balok Anak**

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3, untuk nilai  $\beta_1$  yang memiliki nilai  $f'_c > 28$  MPa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{7} \times 0,05\right) \\ &= 0,85 - \left(\frac{35 - 28}{7} \times 0,05\right) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\ &= 0,037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75\rho_b \\ &= 0,0277\end{aligned}$$

Pada pada 10.5.1 SNI 2847:2013 untuk setiap penampang komponen struktur lentur tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{390} \\ &= 0,00379\end{aligned}$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036\end{aligned}$$

Maka  $\rho_{min}$  yang digunakan yaitu 0,00379

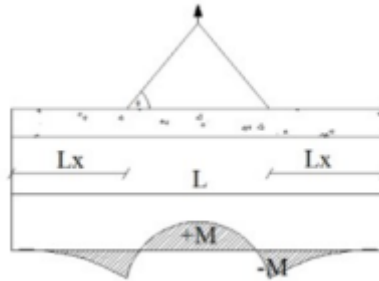
$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c} \\ &= \frac{390}{0,85 \times 35} \\ &= 13,11\end{aligned}$$

Tinggi efektif balok anak

- Sebelum Komposit  
d = 270 – 50 – 13 – 19/2 = 197,5 mm
- Sesudah Komposit  
d = 400 – 50 – 13 – 19/2 = 327,5 mm

### 1. Penulangan Sebelum Komposit akibat Pengangkatan

Momen yang terjadi saat pengangkatan sebagai berikut :

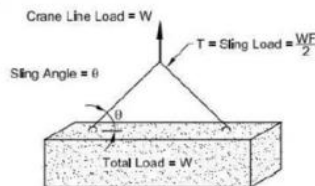


**Gambar 4. 25** Momen pengangkatan balok anak

$$M_{lap}^+ = \frac{q_u \times L^2}{8} \left[ 1 - 4x + \frac{4y_c}{L \times \tan \theta} \right]$$

$$M_{tum}^- = \frac{q_u \times (x \times L)^2}{2}$$

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



Multiplication Factor "F" for the Total Load on Sling With a Sling Angle of $\theta$					
$\theta$	90°	75°	60°	45°	30° <sup>a</sup>
F	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00

NOTE:  $\theta$  is usually not less than 60°.  
check bi-directional sling angle.  
<sup>a</sup> A 30° sling angle is not recommended.

**Gambar 4. 26** Sudut Pengangkatan balok anak

Digunakan sudut pengangkatan ( $\theta$ ) 45°, jadi F = 1,41

Perhitungan :

$$Y_t = Y_b = \frac{h_{pracetak}}{2} = \frac{270}{2} = 135 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_t + 50 \text{ mm} = 135 + 50 = 185 \text{ mm}$$



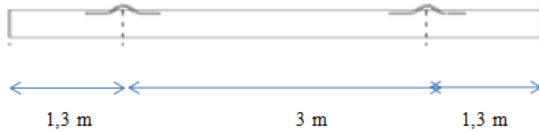
$$\begin{aligned}
 x &= \frac{1 + \frac{4y_c}{L \times \tan \theta}}{2 \times \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left( 1 + \frac{4y_c}{L \times \tan \theta} \right)} \right]} \\
 &= \frac{1 + \frac{4 \times 185}{5600 \times \tan 45^\circ}}{2 \times \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{135}{135} \left( 1 + \frac{4 \times 135}{5600 \times \tan 45^\circ} \right)} \right]} \\
 &= 0,23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lap}^+ &= \frac{q_u \times L^2}{8} \left[ 1 - 4x + \frac{4y_c}{L \times \tan \theta} \right] \\
 &= \frac{408,24 \times 5,6^2}{8} \left[ 1 - (4 \times 0,23) + \frac{4 \times 0,185}{5,6 \times \tan 45^\circ} \right] \\
 &= 348,562 \text{ kg.m} \approx 3485622,5 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tum}^- &= \frac{q_u \times (x \times L)^2}{2} \\
 &= \frac{408,24 \times (0,24 \times 5,6)^2}{2} \\
 &= 334,46 \text{ kg.m} \approx 3344643,62 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Untuk jarak titik angkat :

$$x \times L = 0,23 \times 5,6 = 1,314 \text{ m} \approx 1,3 \text{ m}$$



### a. Penulangan Lentur

#### - Lapangan

$$M_{lap}^+ = 3616692,59 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{lap}^+}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{3485622,5}{\phi \times 300 \times 197,5^2} \\
 &= 0,331
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,331}{390}} \right)$$

$$= 0,00085$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00085 < 0,0277 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00085 = 0,00111$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00111 \times 300 \times 197,5$$

$$= 66 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n_{pasang} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{66}{283,53} = 0,233 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = n_{pasang} \times A_{s \text{ tulangan}}$$

$$= 2 \times 283,53$$

$$= 567,06 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 2D19

Kontrol jarak tulangan :

$$S = \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{sengkang} - n \times D_{lentur}}{n - 1}$$

$$= \frac{300 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2 - 1}$$

$$= 136 \text{ mm}$$

25 mm < 136 mm < 450 mm ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ pasang} \\ &= 0,5 \times 567,06 \\ &= 283,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

### **Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} \\ &= \frac{567,06 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} \\ &= 24,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 567,06 \times 390 \times \left( 197,5 - \frac{24,78}{2} \right) \\ &= 36843872,5 \text{ N.mm} \geq M_{\text{lap}}^+ = 3616692,6 \text{ N.mm (OK)} \end{aligned}$$

Jadi pada lapangan digunakan tulangan lentur tarik **2D19** dan tekan **2D19**.

### - **Tumpuan**

$$M_{\text{tum}}^- = 3344643,62 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{\text{tum}}^-}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{3526220,65}{\phi \times 300 \times 197,5^2} \\ &= 0,318 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,335}{390}}\right) \\ &= 0,00082\end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00082 < 0,0277 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00082 = 0,00112$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00112 \times 300 \times 197,5 \\ &= 67 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}n_{pasang} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{64}{283,53} = 0,233 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ pasang} &= n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan} \\ &= 2 \times 283,53 \\ &= 567,06 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}\end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 2D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{sengkan} - n \times D_{lentur}}{n-1} \\ &= \frac{300 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2-1}\end{aligned}$$

$$= 136 \text{ mm}$$

$25 \text{ mm} < 136 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$  ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ pasang} \\ &= 0,5 \times 567,06 \\ &= 283,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

### **Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} \\ &= \frac{549,8 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} \\ &= 24,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 314,2 \times 390 \times \left( 197,5 - \frac{24,78}{2} \right) \\ &= 36843872,5 \text{ N.mm} \geq M_{\text{tump}}^- = 3344643,6 \text{ N.mm (OK)} \end{aligned}$$

Jadi pada tumpuan digunakan tulangan lentur tarik **2D19** dan tekan **2D19**.

### **b. Penulangan Geser**

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 408,24 \times 5,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1143,07 \text{ kg} \approx 11430,72 \text{ N} \\
 \emptyset V_C &= \emptyset(0,17 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 0,75 \times (0,17 \times \sqrt{35} \times 300 \times 197,5 \\
 &= 44692,29 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.1.  $V_u$  pada jarak  $d$  dari tumpuan adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \emptyset V_C &\geq V_u \\
 22346,14 \text{ N} &\geq 11430,72 \text{ N} \quad \dots\dots \text{Tidak Perlu Tul.Geser}
 \end{aligned}$$

### c. Tulangan angkat dan strand

- Pembebanan

Beban Mati (DL)

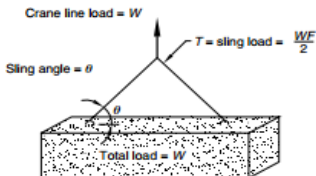
Berat pelat pracetak =  $194,4 \text{ kg/m} \times 5,6 \text{ m}$

$\Sigma$  =  $1088,64 \text{ kg}$

Beban Hidup (LL)

Pekerja =  $100 \text{ kg}$

$P_u(1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) = (1,2 \times 1088,64) + (1,6 \times 100)$   
 $= 1466,4 \text{ kg}$



Multiplication factor $F$ for the total load on sling with a sling angle of $\theta$					
$\theta$	90°	75°	60°	45°	30°
$F$	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00

Note:  $\theta$  is usually not less than 60°. Check bi-directional sling angle. A 30° sling angle is not recommended.

**Gambar 4. 27** Koefisien Sudut Pengangkatan

Beban yang diterima tiap 1 titik angkat :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1466,4}{2} \times 1,41 \\
 &= 1033,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

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

$$f_s = \frac{2}{3} f_y$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2}{3} \times 390 \\
 &= 260 \text{ MPa} \approx 2600 \text{ kg/cm}^2 \\
 A_s &= \frac{P}{f_s} \\
 &= \frac{1033,8}{2600} \\
 &= 0,3976 \text{ cm}^2 \approx 39,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan angkat  $\phi 13$  mm

$$A_{s \text{ pakai}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 133 \text{ mm}^2 > 39,76 \text{ mm}^2 \text{(OK)}$$

Jadi dipakai tulangan angkat  $\phi 13$  mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik,  $k_c = 10$  (angkur cor dalam),  $\lambda_a = 1$ , maka kedalamannya :

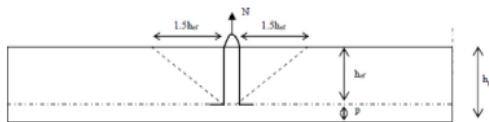
$N_n$  (Gaya tarik pada angkur (N)) = 14664 N

$N_b$  (Kekuatan pecah beton dari angkur tunggal (N)) =

$$N_n = 14664 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 h_{ef} &= \sqrt[3]{\left(\frac{N_b}{k_c \times \lambda_a \times \sqrt{f'c}}\right)^2} \\
 &= \sqrt[3]{\left(\frac{14664}{10 \times 1 \times \sqrt{16,1}}\right)^2} \\
 &= 51,12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dipasang sedalam 60 mm dari permukaan pelat pracetak.



**Gambar 4. 28** Kedalaman Angkur Pelat Pracetak

Berdasarkan PCI Precast and prestressed 7th fig 6.5.1, panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari :

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35}$$

$$= \frac{60}{0,7} = 85,69 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5h_{ef}$$

$$= 1,5 \times 60 = 90 \text{ mm}$$

Maka digunakan de 90 mm

- Kebutuhan Strand

P = 1058 kg (beban tiap 1 titik angkat)

Berdasarkan PCI Precast and prestressed 7th section 15.3.1, maka digunakan seven wire strand dengan spesifikasi berikut :

Diameter	= 0,25 in	≅ 6,35 mm
Fpu	= 250 ksi	≅ 1723,7 MPa
A	= 0,036 in <sup>2</sup>	≅ 23,226 mm <sup>2</sup>

$$F_{strand} = F_{PU} \times A$$

$$= 1723,7 \times 23,226$$

$$= 40034 \text{ N} \approx 4003,4 \text{ kg}$$

Maka gaya yang dipikul 1 strand  $\frac{4003,4 \text{ kg}}{2} = 2001,7 \text{ kg}$

$$\text{Kontrol } P \leq F_{strand}$$

$$1058 \text{ kg} \leq 2001,7 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Jadi dipakai seven wire strand diameter 0,25 in (Fpu = 250 ksi)

**d. Kontrol Lentutan**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 lentutan dihitung pada beton usia 3 hari sebagaimana berikut :

$$f'c = 0,46 \times 35$$

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

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



$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{12} \times 300 \times 270^3 \\
 &= 492075000 \text{ mm}^4 \\
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{16,1} \\
 &= 18858,66 \text{ MPa} \\
 q &= DL \\
 &= 291,6 \text{ kg/m} \approx 2,916 \text{ N/mm} \\
 \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\
 &= \frac{5 \times 2,916 \times 5600^4}{384 \times 18858,66 \times 492075000} \\
 &= 4,024 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

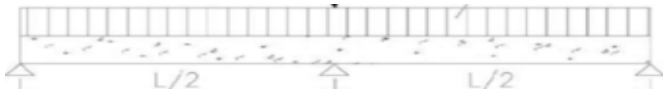
Berdasarkan SNI 2847:2013 tabel 9.5 b batasan lendutan untuk adalah  $\frac{l}{240}$ .

$$\begin{aligned}
 \frac{l}{240} &= \frac{5600}{240} \\
 &= 23,33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$\Delta_i = 4,024 \text{ mm} < 23,33 \text{ mm} \dots$  (OK, Lendutan memenuhi)

## 2. Penulangan Sebelum Komposit

Pada perencanaan tulangan balok anak kondisi sebelum komposit, direncanakan terdapat support reprooping yang menahan balok untuk melendut.



**Gambar 4. 29** Perletakan Sebelum Komposit

$$L = 5,6 \text{ m}$$

$$\frac{L}{2} = 2,8 \text{ m}$$

### a. Momen yang terjadi

$$q_u = 1869,12 \text{ kg/m}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{8} \times 1869,12 \times 2,8^2 \\
 &= 1832 \text{ kg.m} \approx 18317376 \text{ N.mm} \\
 M_{tump}^- &= \frac{1}{10} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{10} \times 1869,12 \times 2,8^2 \\
 &= 1465,4 \text{ kg.m} \approx 14653900,8 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

## b. Penulangan Lentur

### - Lapangan

$$M_{lap}^+ = 18317376 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{lap}^+}{\emptyset \times b \times d^2} \\
 &= \frac{18317376}{\emptyset \times 300 \times 197,5^2} \\
 &= 1,739
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 1,739}{390}} \right) \\
 &= 0,00459
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,00379 < 0,00459 < 0,0277 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00459 \times 300 \times 197,5 \\
 &= 272,45 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{pasang} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{272,45}{283,53} = 0,9 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)}
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ pasang} = n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times 283,53 \\
 &= 567,06 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = 301,44 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 2D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{senggang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\
 &= \frac{300 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2 - 1} \\
 &= 136 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$25 \text{ mm} < 136 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$  ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned}
 A_{s' \text{ perlu}} &= 0,5 \times A_{s \text{ pasang}} \\
 &= 0,5 \times 567,06 \\
 &= 283,53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pasang}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
 &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)}
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

### **Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{549,8 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} \\
 &= 24,78 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 314,2 \times 390 \times \left( 197,5 - \frac{24,78}{2} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 36843872,5 N \cdot mm \geq M_{lap}^+ = 18317376 N \cdot mm \text{ (OK)}$$

Jadi pada lapangan digunakan tulangan lentur tarik **2D19** dan tekan **2D19**.

- **Tumpuan**

$$M_{tum}^- = 14653900,8 N \cdot mm$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{tum}^-}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{14653900,8}{\phi \times 300 \times 197,5^2} \\ &= 1,391 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 1,391}{390}} \right) \\ &= 0,00366 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00366 < 0,0277 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00366 = 0,00475$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00475 \times 300 \times 197,5 \\ &= 282 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n_{pasang} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{240}{283,53} = 0,846 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan} \\ &= 2 \times 283,53 \\ &= 567,06 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 2D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{senggang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\ &= \frac{300 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2 - 1} \\ &= 136 \text{ mm} \end{aligned}$$

25 mm < 136 mm < 450 mm ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ pasang} \\ &= 0,5 \times 567,06 \\ &= 283,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

### **Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{549,8 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} \\ &= 24,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 314,2 \times 390 \times \left( 197,5 - \frac{24,78}{2} \right) \\
 &= 36843872,5 \text{ N.mm} \geq M_{tum}^- = 14653900 \text{ N.mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi pada tumpuan digunakan tulangan lentur tarik **2D19** dan tekan **2D19**.

### c. Penulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 1869 \times 2,8 \\
 &= 2616,7 \text{ kg} \approx 26167,68 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.1.  $V_u$  pada jarak  $d$  dari tumpuan adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi (0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d) \\
 &= 0,75 \times (0,17 \times \sqrt{35} \times 300 \times 197,2) \\
 &= 44692,286 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \phi V_c &\leq V_u \leq \phi V_c \\
 22346,14 \text{ N} &\leq 26167,68 \text{ N} \leq 44692,286 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### Perlu Tulangan Geser Min

Dicoba menggunakan diameter 2 kaki D13-150

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \pi 13^2 \\
 &= 2 \times 133,73 \text{ mm}^2 \\
 &= 265 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned}
 \frac{0,35 \times b_w \times S}{f_{yt}} &= \frac{0,35 \times 300 \times 150}{390} \\
 &= 65,625 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan sengkang 2 kaki D13-150

#### d. Kontrol Lentutan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 lentutan dihitung pada beton berusia hari, sebagaimana berikut :

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

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 300 \times 270^3 \\ &= 492075000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \times \sqrt{24,5} \\ &= 23263,813 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= DL + LL \\ &= 943,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 461 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 1404 \text{ kg/m} \approx 14,04 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\ &= \frac{5 \times 14,04 \times 2800^4}{384 \times 23263,813 \times 492075000} \\ &= 0,981 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \frac{l}{240} &= \frac{2800}{240} \\ &= 11,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$\Delta_i = 0,981 \text{ mm} < 11,67 \text{ mm} \dots$  (OK, Lentutan memenuhi)

### 3. Penulangan Sesudah Komposit



**Gambar 4. 30** Perletakan Sesudah Komposit

$$L = 5,6 \text{ m}$$

#### a. Momen yang terjadi

$$q_u = 1515,84 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lap}^+ &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 2372 \times 5,6^2 \\
 &= 9296,99 \text{ kg.m} \approx 92969856 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tump}^- &= \frac{1}{10} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{10} \times 2372 \times 5,6^2 \\
 &= 7437,59 \text{ kg.m} \approx 74375884,8 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

## b. Penulangan Lentur

### - Lapangan

$$M_{lap}^+ = 92969856 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{lap}^+}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{92969856}{\phi \times 300 \times 327,5^2} \\
 &= 3,21
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 3,21}{390}} \right) \\
 &= 0,00873
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,00379 < 0,00873 < 0,0277 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00873 \times 300 \times 327,5 \\
 &= 857,86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{pasang} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{857,86}{283,53} = 3,025 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan} \\
 &= 4 \times 283,53 \\
 &= 1134 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 857,86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 4D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{senggang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\
 &= \frac{300 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 4 \times 19}{2 - 1} \\
 &= 32,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

25 mm < 32,67 mm < 450 mm ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned}
 A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ pasang} \\
 &= 0,5 \times 567,06 \\
 &= 283,53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)}
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

**Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} \\
 &= \frac{549,8 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} \\
 &= 24,78 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 0,9 \times 314,2 \times 390 \times \left( 327,5 - \frac{24,78}{2} \right) \\
 &= 36843872,5 N \cdot mm \geq M_{lap}^+ = 92969856 N \cdot mm \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi pada lapangan digunakan tulangan lentur tarik **4D19** dan tekan **2D19**.

- **Tumpuan**

$$M_{tum}^- = 74375884,8 \text{ N} \cdot mm$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{tum}^-}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{74375884,8}{\phi \times 300 \times 327,5^2} \\
 &= 2,568
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 2,568}{390}} \right) \\
 &= 0,0069
 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 > 0,0069 < 0,0277$  (Memenuhi)

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0069 \times 300 \times 327,5 \\
 &= 783,72 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{pasang} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{783,72}{283,53} = 2,76 \approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan} \\
 &= 3 \times 283,53 \\
 &= 850,6 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 3D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{sengkang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\
 &= \frac{300 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 3 \times 19}{3 - 1} \\
 &= 58,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$25 \text{ mm} < 58,5 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$  ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned}
 A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ pasang} \\
 &= 0,5 \times 567,06 \\
 &= 283,53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)}
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} \\
 &= \frac{549,8 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} \\
 &= 24,78 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset M_n &= \emptyset \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 314,2 \times 390 \times \left( 327,5 - \frac{24,78}{2} \right) \\
 &= 36843872,5 \text{ N.mm} \geq M_{\text{tum}}^- = 74375884 \text{ N.mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi pada tumpuan digunakan tulangan lentur tarik **3D19** dan tekan **2D19**.

### c. Penulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 2372 \times 5,6 \\ &= 6641 \text{ kg} \approx 66407,04 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.1.  $V_u$  pada jarak  $d$  dari tumpuan adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi(0,17 \times \sqrt{f'c} \times b \times d) \\ &= 0,75 \times (0,17 \times \sqrt{35} \times 300 \times 327,5) \\ &= 74109,99 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \phi V_c &\leq V_u \leq \phi V_c \\ 37054,99 \text{ N} &\leq 66407,04 \text{ N} \leq 74109,99 \text{ N} \end{aligned}$$

#### Perlu Tulangan Geser Min

Dicoba menggunakan diameter 2 kaki  $\phi 13-150$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \pi 13^2 \\ &= 2 \times 133,73 \text{ mm}^2 \\ &= 265 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned} \frac{0,35 \times b_w \times S}{f_{yt}} &= \frac{0,35 \times 300 \times 150}{390} \\ &= 65,625 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

Jadi digunakan sengkang 2 kaki  $\phi 13-150$

### d. Kontrol Lendutan

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

$$\begin{aligned} f'c &= 1 \times 35 \\ &= 35 \text{ MPa} \\ I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{12} \times 300 \times 270^3 \\
 &= 492075000 \text{ mm}^4 \\
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{35} \\
 &= 27805,575 \text{ MPa} \\
 q &= DL + LL \\
 &= 1362 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 461 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 1823 \text{ kg/m} \approx 18,23 \text{ N/mm} \\
 \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\
 &= \frac{5 \times 18,23 \times 5,6^4}{384 \times 27805,575 \times 492075000} \\
 &= 5,246 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \frac{l}{240} &= \frac{5600}{240} \\
 &= 23,33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$\Delta_i = 5,246 \text{ mm} < 23,33 \text{ mm}$  .. (OK, Lendutan memenuhi)

#### 4.2.4.3 Kontrol Tegangan saat Penumpukan

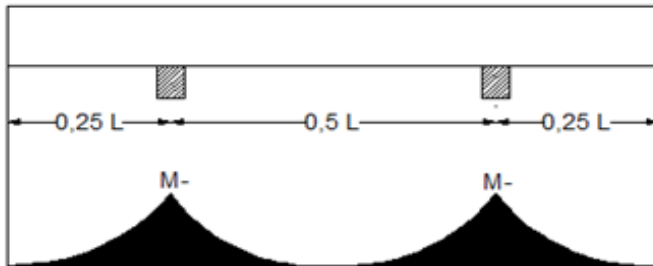
Penumpukan balok anak pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur beton 3 hari , sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$\begin{aligned}
 f'c &= 0,46 \times f'c \\
 &= 0,46 \times 35 \\
 &= 16,1 \text{ MPa} \\
 f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\
 &= 0,7 \times \sqrt{16,1} \\
 &= 2,809 \text{ MPa} \\
 &= 28,09 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Beban saat penumpukan :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri balok} &= 0,3 \times 0,27 \times 2400 = 194 \text{ kg/m} \\
 Q_d &= 1,2 \times 194 = 233 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pekerja} &= 100 && = 100 \text{ kg} \\
 \text{PL} &= 1,6 \times 100 && = 160 \text{ kg} \\
 \text{Momen Tahanan (W)} &= \frac{1}{6} \times a \times t^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 30 \times 27^2 \\
 &= 3645 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 31** Penumpukan balok anak

$$L = 5,6 \text{ m}$$

$$0,5L = 2,8 \text{ m}$$

$$0,25L = 1,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Lap} &= \left( \frac{1}{10} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_L \times (0,5L) \right) \\
 &= \left( \frac{1}{10} \times 258 \times (2,8)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 179,2 \times (2,8) \right) \\
 &= 294,9 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 294,9 \times 1,5 = 442,3 \text{ kg.m} \approx 44233,73 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tum} &= \left( \frac{1}{8} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{8} \times 233 \times (2,8)^2 \right) \\
 &= 228,6 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 228,6 \times 1,5 = 342,9 \text{ kg.m} \approx 34292,16 \text{ kg.cm}$$

### Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}\sigma_{Lap} &= \frac{M_{Lap}}{W} \\ &= \frac{44233,73}{3645} = 12,14 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28,09 \text{ kg/cm}^2 \text{ ..(OK)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Tum} &= \frac{M_{Tum}}{W} \\ &= \frac{34292,16}{3645} = 9,41 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28,09 \text{ kg/cm}^2 \text{ ....(OK)}\end{aligned}$$

### Kontrol Jumlah Penumpukan

Pada penumpukan balok anak pracetak digunakan balok kayu dengan ukuran 5/10.

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

$$\begin{aligned}\text{Beban (P}_u\text{)} &= (1,2 \times 194 \times 5,6) + (1,6 \times 100) \\ &= 1466 \text{ kg} \approx 14663,68 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f &= \frac{P_u}{A} \\ &= \frac{14663,68}{150000} = 0,09776 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Penumpukan} &= \frac{f_r}{f \times SF} \\ &= \frac{2,809}{0,09776 \times 3} = 9 \text{ Tumpukan}\end{aligned}$$

#### 4.2.4.4 Kontrol Tegangan saat Pemasangan

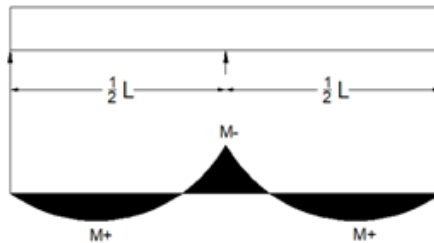
Pemasangan balok anak pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari.

$$\begin{aligned}f'c &= 0,7 \times f'c \\ &= 0,46 \times 35 \\ &= 24,5 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\ &= 0,7 \times \sqrt{24,5} \\ &= 3,465 \text{ MPa} \\ &= 34,65 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Beban saat pemasangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat balok + pelat pracetak} &= 194 + 460 &= 655 \text{ kg/m} \\
 Q_d &= 1,2 \times 655 &= 786 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat pekerja} &= 100 \times 1 &= 100 \text{ kg} \\
 P_L &= 1,6 \times 100 &= 160 \text{ kg} \\
 \text{Momen Tahanan (W)} &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 30 \times 27^2 \\
 &= 3645 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 32** Pemasangan balok anak

$$L = 5,6 \text{ m}$$

$$0,5L = 2,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lap} &= \left( \frac{1}{10} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_L \times (0,5L) \right) \\
 &= \left( \frac{1}{10} \times 786 \times (2,8)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 160 \times (2,8) \right) \\
 &= 728,4 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M_{Lap} = 728,4 \times 1,5 = 1093 \text{ kg.m} \approx 109261,824 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tum} &= \left( \frac{1}{8} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{8} \times 786 \times (2,8)^2 \right) \\
 &= 770,5 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5



$$M_{tum} = 770,5 \times 1,5 = 1156 \text{ kg.m} \approx 1156 \text{ kg.cm}$$

### Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{Lap} &= \frac{M_{Lap}}{W} \\ &= \frac{109261,824}{3645} = 30, \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,6 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Tum} &= \frac{M_{Tum}}{W} \\ &= \frac{115577,28}{3645} = 31,7 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,6 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

#### 4.2.4.5 Kontrol Tegangan saat Pengecoran

Pengecoran overtopping balok anak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari

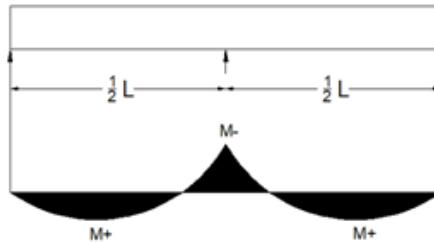
$$\begin{aligned} f'c &= 0,7 \times f'c \\ &= 0,7 \times 35 \\ &= 24,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\ &= 0,7 \times \sqrt{24,5} \\ &= 3,465 \text{ MPa} \\ &= 34,65 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Beban saat pengecoran :

Berat balok + pelat pracetak	= 288 + 748	= 1037 kg/m
Qd	= 1,2 × 1037	= 1244 kg/m
Berat pekerja	= 100 × 1	= 112 kg
PL	= 1,6 × 100	= 160 kg

$$\begin{aligned} \text{Momen Tahanan (W)} &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 30 \times 40^2 \\ &= 8000 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 33** Pengecoran balok anak

$$L = 5,6 \text{ m}$$

$$0,5L = 2,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{Lap} &= \left( \frac{1}{10} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_L \times (0,5L) \right) \\ &= \left( \frac{1}{10} \times 1244 \times (2,8)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 160 \times (2,8) \right) \\ &= 1087 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 1087 \times 1,5 = 1631 \text{ kg.m} \approx 163113,216 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} M_{Tum} &= \left( \frac{1}{8} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{8} \times 1244 \times (2,8)^2 \right) \\ &= 1219 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{tum} = 1219 \times 1,5 = 1829 \text{ kg.m} \approx 182891,52 \text{ kg.cm}$$

### Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma_{Lap} &= \frac{M_{Lap}}{W} \\ &= \frac{163113,216}{8000} = 20,4 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,65 \text{ kg/cm}^2 \text{..(OK)} \end{aligned}$$

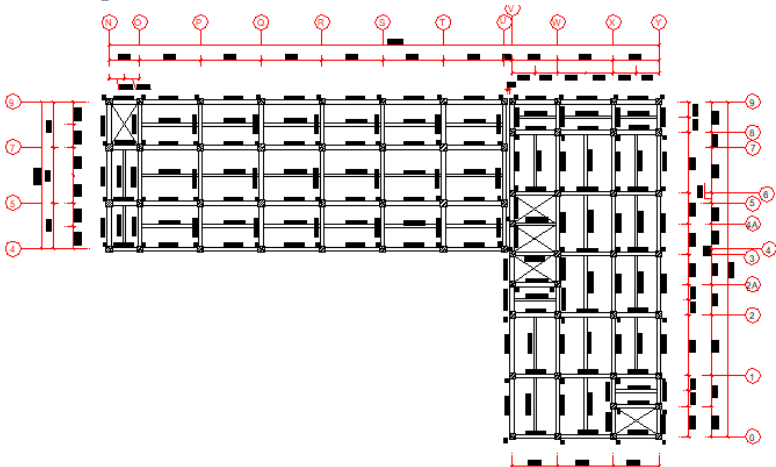
$$\begin{aligned} \sigma_{Tum} &= \frac{M_{Tum}}{W} \\ &= \frac{182891,52}{8000} = 22,9 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,65 \text{ kg/cm}^2 \text{..(OK)} \end{aligned}$$

**Tabel 4. 6** Rekapitulasi Tulangan Balok Anak

	Ln (m)	Tulangan Lentur				Tulangan Geser			Tulang an Angkat	
		Tumpuan		Lapangan						
BA1	5,6	4	D19	3	D19	2 kaki	φ13	-150	2	φ13
		2	D19	2	D19					
BA2	5,1	3	D19	3	D19	2 kaki	φ13	-150	2	φ13
		2	D19	2	D19					
BA3	4,1	3	D19	3	D19	2 kaki	φ13	-150	2	φ13
		2	D19	2	D19					

### 4.3 Pemodelan Struktur

Pada tugas akhir terapan ini direncanakan struktur bangunan apartemen dengan jumlah lantai 8 lantai dan 1 lantai atap. Dengan denah seperti berikut :

**Gambar 4. 34** Denah Pembalokan

### 4.3.1 Pembebanan

Setelah melakukan pemodelan struktur gedung, perlu dilakukan penginputan beban ke dalam program bantu SAP 2000, meliputi beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa, sedang untuk berat sendiri elemen struktur dihitung secara otomatis oleh program bantu SAP 2000.

#### 4.3.1.1 Beban Mati

- Pembebanan gravitasi pada pelat lantai 1-8
 

Plafond + penggantung	$= 6,5 \text{ kg/m}^2$
Kramik + spesi	$= 110 \text{ kg/m}^2$
Mechanical Electriacal	$= 19 \text{ kg/m}^2$
DL	$= \underline{135,5 \text{ kg/m}^2}$
- Pembebanan gravitasi pada pelat lantai atap
 

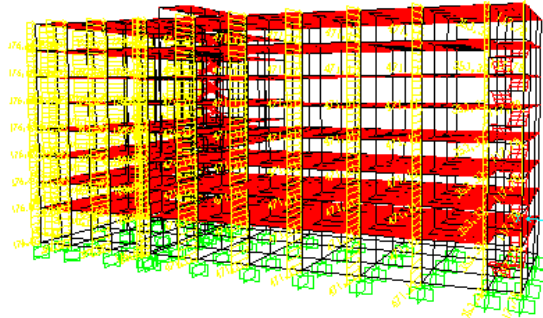
Plafond + penggantung	$= 6,5 \text{ kg/m}^2$
Mechanical Electriacal	$= 19 \text{ kg/m}^2$
Asphalt	$= \underline{10 \text{ kg/m}^2}$
DL	$= \underline{35,5 \text{ kg/m}^2}$

#### 4.3.1.2 Beban Hidup

Beban hidup pada apartemen digunakan berdasarkan SNI 1727:2013 tabel 4.1 sebesar  $192 \text{ kg/m}^2$ . Untuk beban elevator didasarkan atas spesifikasi dari brosur, untuk R1 = 7800 kg dan R2 = 6000 kg.

#### 4.3.1.3 Beban Angin

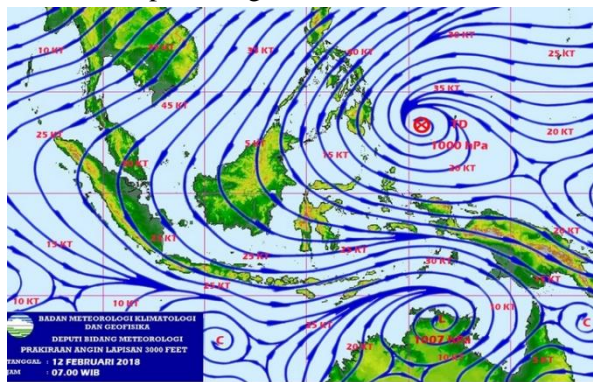
Pada pembebanan angin dimodelkan pada program bantu dimana angin berhembus ke salah satu sisi gedung untuk arah x maupun y, seperti pada gambar 4.32.



**Gambar 4. 35** Beban Angin

Penentuan pembebanan angin diatur pada SNI 1727:2013 Pasal 27, dengan langkah seperti berikut :

1. Menentukan kategori risiko bangunan, dimana bangunan apartemen memiliki kategori resiko bangunan I
2. Menentukan kecepatan angin dasar



**Gambar 4. 36** Kecepatan Angin Dasar

Berdasarkan data dari [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id) yang diambil pada tanggal 12 Februari 2017, kecepatan angin yang terjadi, di Surabaya adalah 25 knot setara dengan 28,8 mil/h

3. Menentukan parameter beban angin

a. Faktor arah angin ( $K_d$ )

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 26.6 faktor arah angin ditentukan dari tabel 26.6.-1 SNI 1727:2013. Nilai faktor arah angin ( $K_d$ ) yang diambil adalah 0,85.

**Tabel 4. 7** Faktor Arah Angin,  $K_d$

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin $K_d^*$
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

\* Faktor arah  $K_d$  telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal 2. Faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan Pasal 2.4.

## b. Faktor Eksposur

Untuk setiap arah angin yang diperhitungkan, eksposur lawan angin didasarkan pada kekasaran tanah yang telah ditentukan dari topografi alam, vegetasi dan fasilitas bangunan. Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasak 26.7. Gedung direncanakan untuk kategori eksposur B karena merupakan daerah perkotaan

c. Faktor Topografi ( $K_{zt}$ )

Faktor topografi diperlukan untuk memperhitungkan peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memanjang dan tebing yang curang, dimana nilai dari faktor topografi:

$$K_{zt} = (1 + K_1 + K_2 + K_3)^2$$

Keterangan :

$K_1$  = Faktor untuk memperhitungkan bentuk fitur topografis dan pengaruh peningkatan kecepatan maksimum

$K_2$  = Faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan jarak kesisi angin datang atau kesisi angin pergi dari puncak

$K_3$  = Faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan ketinggian diatas elevasi kawasan setempat

Gedung apartemen didesain tidak berada pada bukit ataupun tebing, berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 26.8.2  $K_{ZT} = 1$ .

d. Faktor Tiupan Angin (G)

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 26.2 gedung dianggap kaku bila frekuensinya lebih dari 1Hz. Berdasarkan analisis program bantu SAP 2000 didapatkan frekuensi ( $n_1$ ) dari gedung yang ditinjau adalah 0,885 Hz. Untuk itu perhitungan faktor tiupan angin mengikuti SNI 1727:2013 Pasal 26.9.5 dimana nilai G adalah:

$$G_t = 0,925 \times \left( \frac{1+1,7I_z \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1+1,7g_v I_{\bar{z}}} \right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} I_{\bar{z}} &= C \left( \frac{10}{\bar{z}} \right)^{1/6} \\ &= 0,3 \times \left( \frac{10}{9,4} \right)^{1/6} \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 8** Konstanta Eksposur Daratan

<i>Dalam metrik</i>										
Eksposur	$\alpha$	$Z_a$ (ft)	$\hat{a}$	$\hat{b}$	$\bar{a}$	$\bar{b}$	c	$\ell$ (ft)	$\bar{e}$	$Z_{\min}$ (m)*
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

\*  $Z_{\min}$  = tinggi minimum yang dapat menjamin tinggi ekuivalen  $Z$  yang lebih besar dari 0,6h atau  $Z_{\min}$ .  
 Untuk bangunan gedung dengan  $h \leq Z_{\min}$ ,  $Z$  harus diambil sebesar  $Z_{\min}$ .

$$g_Q = 3,4$$

$$g_V = 3,4$$

$$\begin{aligned} g_R &= \sqrt{2 \ln(3600n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600n_1)}} \\ &= \sqrt{2 \ln(3600 \times 0,885)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600 \times 0,885)}} \\ &= 4,16 \end{aligned}$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0,53 + 0,47 R_L)}$$

$$R_n = \frac{7,47 N_1}{(1 + 10,3 N_1)^{5/3}}$$

$$N_1 = \frac{n_1 L_{\bar{z}}}{V_{\bar{z}}}$$

$$\begin{aligned} L_{\bar{z}} &= l \left( \frac{\bar{z}}{33} \right)^{\bar{e}} \\ &= 97,5 \left( \frac{30}{33} \right)^{1/3} \\ &= 94,5 \text{ ft} \approx 28,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\bar{z}} &= \bar{b} \left( \frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{\alpha}} V \\ &= 0,45 \times \left( \frac{9,14}{10} \right)^{1/4} \times 28,78 \\ &= 12,7 \text{ mil/h} \end{aligned}$$

$$N_1 = \frac{n_1 \times L_{\bar{z}}}{V_{\bar{z}}}$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{0,885 \times 94,49}{12,661} \\
&= 6,6 \text{ Hz} \\
R_n &= \frac{7,47N_1}{(1+10,3N_1)^{5/3}} \\
&= \frac{7,47 \times 6,605}{(1+10,3 \times 6,605)^{5/3}} \\
&= 0,04 \\
R_h &= \eta = 4,6n_1 \frac{h}{V_z} \\
&= 4,6 \times 0,885 \times \frac{25}{12,66} \\
&= 8,04 > 0, \text{ maka} \\
R_h &= \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \\
&= \frac{1}{8,04} - \frac{1}{2 \times 8,04^2} (1 - e^{-2 \times 8,04}) \\
&= 0,12 \\
R_B &= \eta = 4,6n_1 \frac{B}{V_z} \\
&= 4,6 \times 0,885 \times \frac{60,2}{12,66} \\
&= 19,4 > 0, \text{ maka} \\
R_B &= \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \\
&= \frac{1}{19,4} - \frac{1}{2 \times 19,4^2} (1 - e^{-2 \times 19,4}) \\
&= 0,05 \\
R_L &= \eta = 4,6n_1 \frac{L}{V_z} \\
&= 4,6 \times 0,885 \times \frac{20,4}{12,66} \\
&= 6,56 > 0, \text{ maka} \\
R_L &= \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \\
&= \frac{1}{6,56} - \frac{1}{2 \times 6,56^2} (1 - e^{-2 \times 6,56}) \\
&= 0,14
\end{aligned}$$

Maka nilai faktor respons resonan adalah

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0,53 + 0,47 R_L)} \\ &= \sqrt{\frac{1}{\beta} \times 0,042 \times 0,117 \times 0,05 \times (0,53 + 0,47 \times 0,14)} \\ &= 0,09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \frac{B+h}{L_z}}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \frac{60,2+25}{28,8}}} \\ &= 0,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_t &= 0,925 \times \left( \frac{1 + 1,7 \times 0,3 \times \sqrt{3,4^2 0,79^2 + 4,16^2 0,09^2}}{1 + 1,7 \times 3,4 \times 0,3} \right) \\ &= 0,87 \end{aligned}$$

- e. Klasifikasi ketertutupan  
Bangunan dikasifikasikan sebagai bangunan tertutup
- f. Koefisien tekanan internal (GCpi)  
Berdasarkan SNI 1727:2013 Tabel 26.11-1

**Tabel 4. 9** Klasifikasi Ketertutupan

Klasifikasi Ketertutupan	(GC <sub>p</sub> )
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

Bangunan tertutup : ±0,18

Dimana tanda negatif dan positif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.

4. Menentukan Koefisien eksposur tekanan velositas,  $K_z$  atau  $K_h$

**Tabel 4. 10** Koefisein Eksposur

Sistem Penahan Beban Angin Utama – Bagian 1		Seluruh ketinggian		
Koefisien eksposur tekanan velositas, $K_z$ dan $K_e$				
Tabel 27.3-1				
Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

**Catatan:**

- Koefisien eksposur tekanan velositas  $K_z$  dapat ditentukan dari formula berikut:  
 Untuk  $15 \text{ ft.} \leq z \leq z_g$  Untuk  $z < 15 \text{ ft.}$   
 $K_z = 2,01 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2/\alpha}$   $K_z = 2,01 \left( 15/z_g \right)^{2/\alpha}$
- $\alpha$  dan  $z_g$  ditabulasi dalam Tabel 26.9.1.
- Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai.
- Kategori eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.3, nilai koefisien eksposur tekanan velositas adalah :

$$K_z = 2,01 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2/\alpha}$$

$$= 2,01 \left( \frac{25}{366} \right)^{0,286}$$

$$= 0,93$$

5. Menentukan tekanan velositas,  $q$  atau  $q_h$

Nilai tekanan velositas berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.3.2.

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2$$

$$= 0,613 \times 0,934 \times 1 \times 0,85 \times 12,9^2$$

$$= 80,5 \text{ N/m}^2$$

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.1.5 beban angin pada dinding tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari  $0,77 \text{ kN/m}^2$  dikalikan luas dinding bangunan gedung dan  $0,38 \text{ kN/m}^2$  dikalikan luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan.

$$q = 0,081 \text{ kN/m}^2$$

Pada dinding :

$$q > 0,77 \text{ kN/m}^2$$

$$0,081 \text{ kN/m}^2 > 0,77 \text{ kN/m}^2$$

Pada dinding digunakan beban  $0,77 \text{ kN/m}^2$

6. Menentukan koefisien tekanan eksternal ( $C_p$ )

Gedung diklasifikasikan sebagai gedung tertutup dan atap datar. Maka nilai koefisien tekanan eksternal diambil berdasar SNI 1727:2013 Gambar 27.4.1 dan tabel berikut :

**Tabel 4. 11** Koefisien Tekan Dinding

Koefisien tekanan dinding, $C_p$			
Permukaan	L/B	$C_p$	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	$q_z$
Dinding di sisi angin pergi	0 - 1	-0,5	$q_h$
	2	-0,3	
	$\geq 4$	-0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7	$q_h$

$$L = 33 \text{ m}$$

$$B = 54,3 \text{ m}$$

$$L/B = 0,61$$

Maka untuk dinding sisi angin datang,  $C_p = 0,8$

Dinding sisi angin pergi  $C_p = -0,5$

Dinding tepi  $C_p = -0,7$

7. Tekanan angin (P) pada permukaan gedung

Untuk tekanan angin dihitung berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 27.4.2 yaitu :

$$p = q \times G \times C_p - q_i \times G C_{pi}$$

Pada dinding, diambil satu kasus dimana angin mendekati dinding (sisi angin datang) dengan nilai  $C_p = 0,8$  dan  $G C_{pi} = -0,18$

$$\begin{aligned} \text{Angin datang} &= 0,77 \times 0,87 \times 0,8 - 0,77 \times (-0,18) \\ &= 0,675 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angin pergi} &= 0,77 \times 0,87 \times (-0,5) - 0,77 \times (-0,18) \\ &= -0,2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angin tepi} &= 0,77 \times 0,87 \times (-0,7) - 0,77 \times (-0,18) \\ &= -0,33 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 1727:2013 pasal 27.1.5 beban angin untuk bangunan gedung tertutup tidak boleh melebihi  $0,77 \text{ kN/m}^2$  dikalikan luas dinding bangunan gedung, karena pada perhitungan kurang dari  $0,77 \text{ kN/m}^2$  maka dipakai  $0,77 \text{ kN/m}^2$ .

#### 4.3.1.4 Beban Gempa

Beban gempa yang bekerja pada struktur gedung apartemen ini sesuai dengan data tanah SPT kota Surabaya. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode respons spektrum sesuai SNI 1726:2013 :

**Tabel 4. 12** Data Tanah

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (di) (m)	Nilai N-SPT	di/Ni
1	2	2,00	1,000
2	2	0,00	0,000
3	2	0,00	0,000
4	2	0,00	0,000
5	2	0,00	0,000
6	2	3,00	0,667
7	2	5,00	0,400
8	2	15,00	0,133
9	2	13,00	0,154
10	2	15,00	0,133
11	2	17,00	0,118
12	2	17,00	0,118
13	2	31,00	0,065

Nilai tahanan penetrasi standart rata-rata pada lapisan tanah tebal 26 m adalah

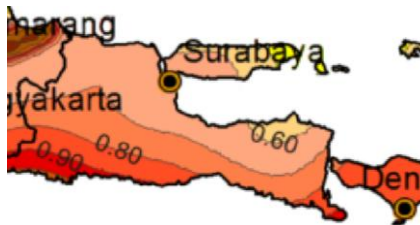
$$\bar{N} = \frac{\sum \text{tebal lapisan tanah}}{t_{/N-SPT}} = \frac{26}{2,787} = 9,3$$

**Tabel 4. 13** Klasifikasi Kelas Situs

SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

**CATATAN:** N/A = tidak dapat dipakai

Dari tabel diatas dapat diketahui kategori kelas situs dari data tanah diatas adalah **kategori SE (Tanah Lunak)** dikarenakan nilai  $N < 15$  (SNI 1726:2012 Tabel 3). Pada SNI 1726:2012 pasal 4.1.1 mengenai gempa rencana yang ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 %.



**Gambar 4. 37** Peta  $S_s$  (Percepatan batuan dasar pada periode pendek) = 0,6 g untuk daerah Surabaya



**Gambar 4. 38** Peta  $S_1$  (Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) = 0,2g untuk daerah Surabaya

Nilai  $F_a$  berdasarkan SNI 1726-2013, Tabel 4:

**Tabel 4. 14** Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_z$				
	$S_z \leq 0,25$	$S_z = 0,5$	$S_z = 0,75$	$S_z = 1,0$	$S_z \geq 1,25$
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 <sup>b</sup>				

Maka nilai  $F_a$  dari interpolasi linier :

$$F_a = 1,7 - \left( \frac{0,6-0,5}{0,75-0,6} \right) \times (1,7 - 1,2) = 1,37$$

**Tabel 4. 15** Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

$$F_v = 3,2$$

Nilai parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek dan pada periode 1 detik (SMS dan SM1), berdasarkan pasal 6.2 :



$$\begin{aligned} S_{ms} &= F_a \times S_S \\ &= 1,37 \times 0,6 = 0,82 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{ms} &= F_v \times S_1 \\ &= 3,2 \times 0,2 = 0,64 \text{ g} \end{aligned}$$

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek  $S_{DS}$  dan pada perioda 1 detik  $S_{D1}$ .

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,826 = 0,55 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,64 = 0,43 \text{ g} \end{aligned}$$

Penentuan perioda

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \times \frac{0,43}{0,55} = 0,16 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= \frac{0,43}{0,55} = 0,78 \text{ s} \end{aligned}$$

Untuk penentuan kurva respon spektrum didasari atas SNI 1726:2012 Pasal 6.4 dengan ketentuan dibawah ini :

1. Untuk  $T < T_0$ , nilai  $S_a$ -nya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \times \left( 0,4 + 0,6 \times \frac{T}{T_0} \right) \\ &= 0,55 \times \left( 0,4 + 0,6 \times \frac{0}{0,156} \right) \\ &= 0,22 \text{ g} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \\ &= 0,55 \text{ g} \end{aligned}$$

3. Untuk nilai  $T > T_s$ , nilai  $S_a$  nya sebagai berikut :

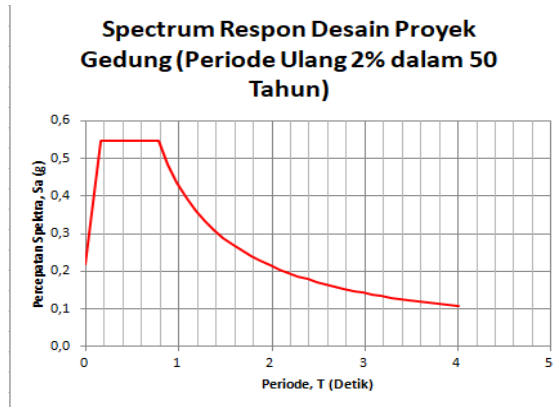
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

$$= \frac{0,43}{0,92}$$

$$= 0,46 \text{ g}$$

**Tabel 4. 16** Hasil Spektrum Respon Desain

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0,218666667
T0	0,156	0,546666667
Ts	0,780	0,546666667
Ts+0.1	0,880	0,484579871
Ts+0.2	0,980	0,435157546
Ts+0.3	1,080	0,394883371
Ts+0.4	1,180	0,361432507
Ts+0.5	1,280	0,333206349
Ts+0.6	1,380	0,309069494
Ts+0.7	1,480	0,2881933
Ts+0.8	1,580	0,269958848
Ts+0.9	1,680	0,253894533
Ts+1.0	1,780	0,239634703
Ts+1.1	1,880	0,226891483
Ts+1.2	1,980	0,21543514
Ts+1.3	2,080	0,205080109
Ts+1.4	2,180	0,19567487
Ts+1.5	2,280	0,187094474
Ts+1.6	2,380	0,179234973
Ts+1.7	2,480	0,172009177
Ts+1.8	2,580	0,165343415
Ts+1.9	2,680	0,159175008
Ts+2.0	2,780	0,153450292
Ts+2.1	2,880	0,14812306
Ts+2.2	2,980	0,143153301
Ts+2.3	3,080	0,138506202
Ts+2.4	3,180	0,134151329
Ts+2.5	3,280	0,130061958
Ts+2.6	3,380	0,126214526
Ts+2.7	3,480	0,12258818
4	4,000	0,106666667



**Gambar 4. 39** Grafik Respons Spektrum

#### 4.3.1.5 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan dibawah ini berdasarkan SNI 1726:2012 :

a. Ultimate

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5Lr
3. 1,2D + 1,6L + 0,5W
4. 1,2D + 1,0L + 1,0W + 0,5Lr
5. 0,9D + 1,0W
6. 1,2D + 1,0L + 1,0Ex + 0,3Ey
7. 1,2D + 1,0L + 0,3Ex + 1,0Ey
8. 0,9D + 1,0Ex + 0,3Ey
9. 0,9D + 0,3Ey + 1,0Ex

b. Layan

1. 1D + 1L
2. 1D+0,75L+0,525Ex+0,1575Ey
3. 1D+0,75L+0,1575Ex+0,525Ey

Keterangan :

- D : Beban Mati  
 L : Beban Hidup  
 Lr : Beban Hidup Atap  
 W : Beban Angin  
 E : Beban Gempa

#### 4.3.2 Kontrol Analisa Struktur

Kontrol analisa struktur pada model bangunan yang dibantu oleh program bantu SAP 2000, didasarkan pada suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Berikut pengontrolan yang harus dilakukan :

- a. Kontrol partisipasi massa
- b. Kontrol periode getar struktur
- c. Kontrol gaya geser dasar (*base shear*)
- d. Kontrol batas simpangan (*drift*)

##### 4.3.2.1 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.

**Tabel 4. 17** Partisipasi Massa

	StepType	StepNumber	Period	UX	UY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,130	0,001	0,418
MODAL	Mode	2	1,095	0,393	0,418
MODAL	Mode	3	1,086	0,842	0,419
MODAL	Mode	4	0,969	0,843	0,747
MODAL	Mode	5	0,967	0,844	0,778
MODAL	Mode	6	0,917	0,846	0,848
MODAL	Mode	7	0,365	0,846	0,897

MODAL	Mode	8	0,354	0,893	0,897
MODAL	Mode	9	0,351	0,945	0,898
MODAL	Mode	10	0,315	0,945	0,937
MODAL	Mode	11	0,314	0,945	0,941
MODAL	Mode	12	0,298	0,945	0,948

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X 94,5% pada moda 9 dan partisipasi massa arah Y 93,7% pada moda 10. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan memenuhi syarat partisipasi massa ragam paling sedikit 90%.

#### 4.3.2.2 Kontrol Periode Geser Struktur

Untuk mendapatkan struktur bangunan yang kaku, nilai waktu getar alami ( $T$ ) dari struktur harus dibatasi sesuai SNI 1726:2012. Berdasarkan SNI 1726:2012 persamaan 26 didapatkan perioda minimum sebagai berikut :

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Keterangan :

$T_a$  = perioda fundamental struktur (sekon)

$h_n$  = ketinggian total struktur (meter)

**Tabel 4. 18** Nilai parameter perioda pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak diingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa.		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

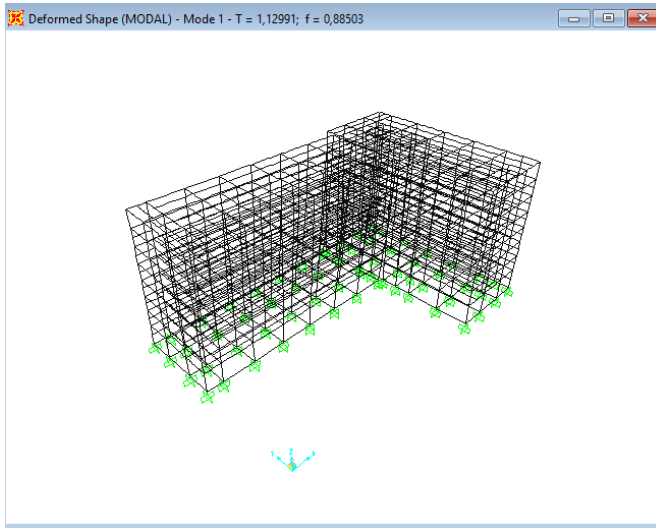
$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \times h_n^x \\
 &= 0,0466 \times 25^{0,9} \\
 &= 0,84 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Untuk perioda maksimum nilai perioda tersebut dikali faktor  $C_u$ .

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

Dengan  $S_{D1} = 0,427$ , maka didapatkan  $C_u = 1,4$

$$\begin{aligned}
 T &= T_a \times C_u \\
 &= 0,84 \times 1,4 \\
 &= 1,18 \text{ s}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 40** Periode dan frekuensi struktur bangunan  
Periode yang didapatkan dari Sap 2000  $T_{sap} = 1,12991$ .

$$T_a < T_{sap} < T$$

$$0,84 \text{ s} < 1,12991 \text{ s} < 1,18 \text{ s} \dots\dots\dots \text{OK}$$

### 4.3.2.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum (*Base Shear*)

Nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respon statik. Nilai gaya geser statik dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 persamaan 21 sebagai berikut:

$$V = C_s \times W$$

Keterangan :

$V$  = Gaya geser seismik

$C_s$  = Koefisien respon seismik

$W$  = Berat seismik

Koefisien respon seismik diperoleh dari perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{DS}}{R/I_e} \\ &= \frac{0,547}{8/1} \\ &= 0,0683 \end{aligned}$$

Nilai  $C_s$  tidak lebih dari :

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{D1}}{T \times (R/I_e)} \\ &= \frac{0,427}{1,13 \times (8/1)} \\ &= 0,0472 \end{aligned}$$

Nilai  $C_s$  tidak kurang dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,547 \times 1 \\ &= 0,0241 \end{aligned}$$

Maka diambil nilai  $C_s = 0,0472$

Dari hasil analisis, diperoleh berat total struktur gedung apartemen sebagai berikut :

**Tabel 4. 19** Berat Struktur

OutputCase	CaseType	GlobalFZ
Text	Text	Kgf

DEAD	LinStatic	7191749,76
LIVE	LinStatic	1467603,7
DINDING	LinStatic	389205
BEBAN TAMBAHAN	LinStatic	1025466,99
LIVE ROOF	LinStatic	102312
W		10176337,45

$$\begin{aligned}
 V_{statik} &= C_S \times W \\
 &= 0,0472 \times 10176337,45 \\
 &= 480337,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

**Tabel 4. 20** Geser Dasar Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
Ex	677392,78	13190,1
Ey	13190,1	565833,04

Kontrol :

- Gempa arah X

$$V_{dinamik} \geq 85\%V_{statik}$$

$$677392,78 \geq 85\% \times 480337,37$$

$$677392,78 \geq 408286,76 \dots\dots\dots \text{OK}$$

- Gempa arah Y

$$565833,04 \geq 85\% \times 480337,37$$

$$565833,04 \geq 408286,76 \dots\dots\dots \text{OK}$$

#### 4.3.2.4 Kontrol Batas Simpangan (*Drift*)

Simpangan antar tingkat adalah selisih pergoyangan pada suatu tingkat dengan tingkat dibawahnya. Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan



non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan yang terjadi dari hasil dinamis harus lebih kecil dari simpangan hasil analisis. Berikut perhitungan simpangan secara analisis :

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1 :

$$\Delta_i = \frac{C_d \times \delta_{xe1}}{I_e}$$

$$\Delta_i = (\delta_{xe2} - \delta_{xe1}) \times \frac{C_d}{I_e}$$

Keterangan :

$\delta_{xe1}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta_{xe2}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi (5,5) (Tabel 9 SNI 1726:2012)

$I_e$  = Faktor keutamaan gedung (1,0) (Tabel 1 SNI 1726:2012)

**Tabel 4. 21** Simpangan antar lantai,  $\Delta_{ijin}$

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 $h_{2x}$ <sup>c</sup>	0,020 $h_{2x}$	0,015 $h_{2x}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>a</sup>	0,010 $h_{2x}$	0,010 $h_{2x}$	0,010 $h_{2x}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 $h_{2x}$	0,007 $h_{2x}$	0,007 $h_{2x}$
Semua struktur lainnya	0,020 $h_{2x}$	0,015 $h_{2x}$	0,010 $h_{2x}$

<sup>a</sup>  $h_{2x}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.

Jadi  $\Delta_{ijin} = 0,01 \times h_{ax}$

**Tabel 4. 22** Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y Gedung 1

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta_e$ (mm)	$\delta_{xe}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ (mm)	Ket
ATAP	25	3,00	24,56	1,04	5,72	30,00	OK
8	22	3,00	23,52	1,75	9,63	30,00	OK
7	19	3,00	21,77	2,43	13,37	30,00	OK
6	16	3,00	19,34	3,03	16,67	30,00	OK

5	13	3,00	16,31	3,54	19,47	30,00	OK
4	10	3,00	12,77	3,93	21,62	30,00	OK
3	7	3,00	8,84	4,19	23,05	30,00	OK
2	4	3,00	4,65	4,65	25,58	30,00	OK
1	0	4,00	0,00	0,00	0,00	40,00	OK

**Tabel 4. 23** Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y Gedung 2

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta e$ (mm)	$\delta xe$ (mm)	$\delta x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Ket
ATAP	25	3,00	16,98	0,83	4,57	30,00	OK
8	22	3,00	16,15	1,27	6,98	30,00	OK
7	19	3,00	14,88	1,71	9,41	30,00	OK
6	16	3,00	13,17	2,11	11,61	30,00	OK
5	13	3,00	11,06	2,42	13,29	30,00	OK
4	10	3,00	8,64	2,67	14,71	30,00	OK
3	7	3,00	5,97	2,84	15,59	30,00	OK
2	4	3,00	3,14	3,14	17,24	30,00	OK
1	0	4,00	0,00	0,00	0,00	40,00	OK

**Tabel 4. 24** Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X Gedung 1

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta e$ (mm)	$\delta xe$ (mm)	$\delta x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Ket
ATAP	25	3,00	18,29	0,84	4,62	30,00	OK
8	22	3,00	17,45	1,30	7,15	30,00	OK
7	19	3,00	16,15	1,83	10,07	30,00	OK

6	16	3,00	14,32	2,23	12,27	30,00	OK
5	13	3,00	12,09	2,62	14,41	30,00	OK
4	10	3,00	9,47	2,90	15,95	30,00	OK
3	7	3,00	6,57	3,06	16,83	30,00	OK
2	4	3,00	3,51	3,51	19,31	30,00	OK
1	0	4,00	0,00	0,00	0,00	40,00	OK

**Tabel 4. 25** Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X Gedung 2

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta e$ (mm)	$\delta xe$ (mm)	$\delta x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Ket
ATAP	25	3,00	20,46	1,00	5,50	30,00	OK
8	22	3,00	19,46	1,54	8,47	30,00	OK
7	19	3,00	17,92	2,09	11,50	30,00	OK
6	16	3,00	15,83	2,59	14,25	30,00	OK
5	13	3,00	13,24	2,99	16,45	30,00	OK
4	10	3,00	10,25	3,30	18,15	30,00	OK
3	7	3,00	6,95	3,42	18,81	30,00	OK
2	4	3,00	3,53	3,53	19,42	30,00	OK
1	0	4,00	0,00	0,00	0,00	40,00	OK

#### 4.3.2.5 Kontrol Pemisah Struktur

Semua bagian struktur harus didesain dan dibangun untuk bekerja satu kesatuan yang terintegrasi dalam menahan gaya-gaya gempa kecuali jika dipisahkan secara struktural dengan jarak yang cukup memadai untuk menghindari benturan yang merusak. Pemisahan harus dapat mengakomodasi terjadinya perpindahan

respons inelastik maksimum ( $\delta_M$ ). Perpindahan elastik maksimum dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.12.3 sebagai berikut:

$$\delta_M = \frac{C_d \times \delta_{max}}{I_e}$$

Keterangan :

$\delta_{max}$  = Perpindahan elastik maksimum pada lokasi kritis

Struktur-struktur bangunan yang bersebelahan harus dipisahkan minimal sebesar :

$$\delta_{MT} = \sqrt{\delta_{M1}^2 + \delta_{M2}^2}$$

$\delta_{M1}$  dan  $\delta_{M2}$  adalah perpindahan respons inelastik maksimum pada struktur-struktur bangunan yang bersebelahan di tepi-tepi yang berdekatan. Berikut perhitungan pemisahan struktur antara gedung 1 dan 2.

$$\begin{aligned} \delta_{M1} &= \frac{5,5 \times 24,56}{1} \\ &= 135 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{M2} &= \frac{5,5 \times 20,46}{1} \\ &= 113 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{MT} &= \sqrt{\delta_{M1}^2 + \delta_{M2}^2} \\ &= \sqrt{135^2 + 113^2} \\ &= 176 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan dilakukan pemisahan antara gedung 1 dan gedung 2 sejarak 200 mm. Jadi pemisahan jarak tersebut memenuhi SNI 1726:2012 pasal 7.12.3.

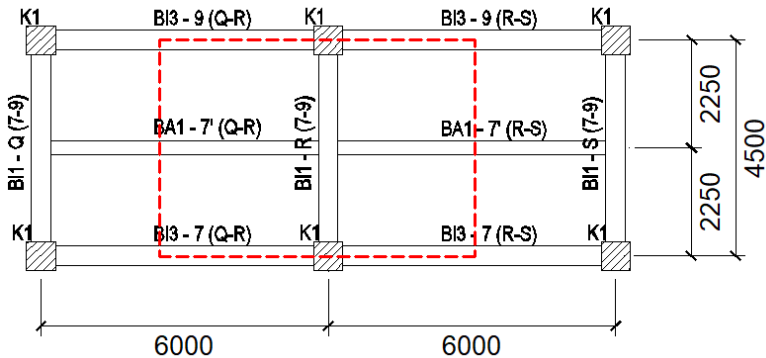
## 4.4 Perencanaan Struktur Utama

### 4.4.1 Perencanaan Balok Induk

Pada perencanaan balok induk pracetak, penulangan lentur dihitung dalam tiga kondisi yaitu, saat pengangkatan, sebelum

komposit dan sesudah komposit. Dari ketiga kondisi akan digunakan jumlah tulangan yang terbesar untuk penulangan lentu balok induk. Pada contoh perhitungan ini digunakan balok induk memanjang BI1, berikut data perencanaannya :

- $L$  = 4500 mm
- $b_w$  = 400 mm
- $h$  = 600 mm
- decking = 50 mm
- $f'_c$  = 35 MPa
- $f_{yl}$  = 390 MPa
- $D_{tul\ lentur}$  = 19 mm ( $A_s = 284,5\text{ mm}^2$ )
- $D_{tul\ sengkang}$  = 13 mm ( $A_s = 132,7\text{ mm}^2$ )



**Gambar 4. 41** Luas Tributary Balok Induk BI1

$$L_x = \frac{600}{2} + \frac{600}{2} = 600\text{ cm}$$

$$L_y = 450 - \frac{60}{2} + \frac{60}{2} = 390\text{ cm}$$

Dimensi Pracetak = 40 cm / 47 cm

Panjang Pracetak = 390 cm

Berdasarkan atas SNI 7833:2012 Gambar R4.6.2, untuk panjang landasan sebagai berikut :

Panjang Landasan :

$$S_{landasan} \geq 75 \text{ mm}$$

$$\frac{ln}{180} \geq 75 \text{ mm}$$

$$\frac{5600}{180} \geq 75 \text{ mm}$$

$$31,1 \text{ mm} < 75 \text{ mm}$$

Jadi digunakan  $S_{landasan} = 75 \text{ mm}$

#### 4.4.1.1 Pembebanan Balok Induk

##### 1. Saat Pengangkatan

###### Beban Mati (DL)

$$\text{Beban balok induk pracetak} = 0,4 \times 0,47 \times 2400 = 451,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban kejut pengangkatan} = 451,2 \times 0,5 = 225,6 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma = 676,8 \text{ kg/m}$$

###### Kombinasi

$$1,4DL = 1,4 \times 676,8 = 947,5 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 947,5 \text{ kg/m}$$

##### 2. Sebelum Komposit

###### Beban Mati (DL)

$$\text{Beban pelat pracetak} = \left(\frac{1}{2} \times 0,08 \times 2400 \times 4,5\right)$$

$$= 432 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban topping} = \left(\frac{1}{2} \times 0,05 \times 2400 \times 4,5\right)$$

$$= 270 \text{ kg/m}$$

###### Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pelat} = \left(\frac{1}{2} \times 192 \times 4,5\right)$$

$$= 432 \text{ kg/m}$$

Beban pada balok anak

$$\text{Panjang balok anak} = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi balok anak pracetak} &= 0,3 \times 0,27 \times 2400 \\ &= 194,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\Sigma DL = 896,4 \text{ kg/m}$$

Kombinasi

$$1,2DL + 1,6LL = (1,2 \times 896,4) + (1,6 \times 432) = 1766,9 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 1766,9 \text{ kg/m}$$

Kemudian berat total dari balok anak dijadikan sebagai beban terpusat  $P_U$  pada saat pembebanan balok induk.

$$\begin{aligned} P_U &= 1766,9 \times \frac{6}{2} \\ &= 5301 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban balok induk pracetak} &= 0,4 \times 0,47 \times 2400 \\ &= 451,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban overtopping} &= 0,13 \times 0,4 \times 2400 \\ &= 124,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Kombinasi

$$1,2DL = (1,2 \times 576) = 691,2 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 691,2 \text{ kg/m}$$

### 3. Setelah Komposit

#### Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{Beban pelat pracetak} &= 2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0,013 \times 2400 \times 4,5 \right) \\ &= 702 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plafond dan penggantung} &= 6,5 \times 2,25 \\ &= 14,625 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keramik dan spesi} &= 110 \times 2,25 \\ &= 247,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ME} &= 19 \times 2,25 \\ &= 42,75 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\Sigma = 1006,9 \text{ kg/m}$$

**Beban Hidup (LL)**

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup apartemen} &= \left(\frac{1}{2} \times 192 \times 4,5\right) \\ &= 432 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban pada balok anak} = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi balok anak pracetak} &= 0,3 \times 0,4 \times 2400 \\ &= 288 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\Sigma DL = 1295 \text{ kg/m}$$

Kombinasi

$$1,2DL + 1,6LL = (1,2 \times 1295) + (1,6 \times 432) = 2245,1 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 2245,1 \text{ kg/m}$$

Kemudian berat total dari balok anak dijadikan sebagai beban terpusat  $P_U$  pada saat pembebanan balok induk.

$$\begin{aligned} P_U &= 2245,1 \times \frac{6}{2} \\ &= 6735 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban balok induk pracetak} &= 0,4 \times 0,6 \times 2400 \\ &= 576 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Kombinasi

$$1,2DL = (1,2 \times 576) = 691,2 \text{ kg/m}$$

$$q_U = 691,2 \text{ kg/m}$$

Input beban pada pada program bantu SAP 2000, seperti yang pada bab 4.3.1.1.

**4.4.1.2 Penulangan Balok Induk saat Pengangkatan**

dMenurut SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3, untuk nilai  $\beta_1$  yang memiliki nilai  $f'_c > 28 \text{ MPa}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{7} \times 0,05\right) \\ &= 0,85 - \left(\frac{35 - 28}{7} \times 0,05\right) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\ &= 0,037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75\rho_b \\ &= 0,0277\end{aligned}$$

Pada pada 10.5.1 SNI 2847:2013 untuk setiap penampang komponen struktur lentur tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{390} \\ &= 0,00379\end{aligned}$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036\end{aligned}$$

Maka  $\rho_{min}$  yang digunakan yaitu 0,00379

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c} \\ &= \frac{390}{0,85 \times 35} \\ &= 13,11\end{aligned}$$

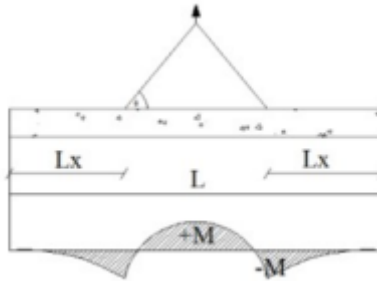
Tinggi efektif balok anak

- Sebelum Komposit

$$d = 470 - 50 - 13 - 19/2 = 397,5 \text{ mm}$$

#### a. Perhitungan Momen

Momen yang terjadi saat pengangkatan sebagai berikut :

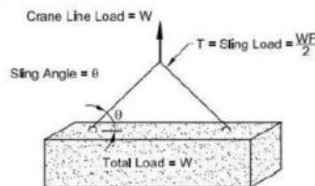


**Gambar 4. 42** Momen pengangkatan balok induk

$$M_{lap}^+ = \frac{q_u \times L^2}{8} \left[ 1 - 4x + \frac{4y_c}{L \times \tan \theta} \right]$$

$$M_{tum}^- = \frac{q_u \times (x \times L)^2}{2}$$

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



Multiplication Factor "F" for the Total Load on Sling With a Sling Angle of $\theta$					
$\theta$	90°	75°	60°	45°	30° <sup>a</sup>
F	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00

NOTE:  $\theta$  is usually not less than 60°.  
check bi-directional sling angle.  
<sup>a</sup> A 30° sling angle is not recommended.

**Gambar 4. 43** Sudut Pengangkatan balok induk

Digunakan sudut pengangkatan ( $\theta$ ) 45<sup>0</sup>, jadi F = 1,41

Perhitungan :

$$Y_t = Y_b = \frac{h_{pracetak}}{2} = \frac{470}{2} = 235 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_t + 50 \text{ mm} = 235 + 50 = 285 \text{ mm}$$

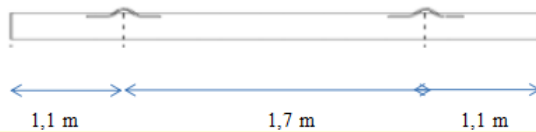
$$\begin{aligned}
 x &= \frac{1 + \frac{4y_c}{L \times \tan \theta}}{2 \times \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left( 1 + \frac{4y_c}{L \times \tan \theta} \right)} \right]} \\
 &= \frac{1 + \frac{4 \times 285}{3900 \times \tan 45^\circ}}{2 \times \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{235}{235} \left( 1 + \frac{4 \times 235}{3900 \times \tan 45^\circ} \right)} \right]} \\
 &= 0,26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lap}^+ &= \frac{q_u \times L^2}{8} \left[ 1 - 4x + \frac{4y_c}{L \times \tan \theta} \right] \\
 &= \frac{947,5 \times 3,9^2}{8} \left[ 1 - (4 \times 0,26) + \frac{4 \times 0,285}{3,9 \times \tan 45^\circ} \right] \\
 &= 476,01 \text{ kg.m} \approx 4760101,144 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tum}^- &= \frac{q_u \times (x \times L)^2}{2} \\
 &= \frac{947,5 \times (0,26 \times 3,9)^2}{2} \\
 &= 476,01 \text{ kg.m} \approx 4760101,144 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Untuk jarak titik angkat :

$$x \times L = 0,23 \times 3,9 = 1,1 \text{ m} \approx 1,1 \text{ m}$$



## b. Penulangan Lentur

### - Lapangan

$$M_{lap}^+ = 4760101,144 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{lap}^+}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{4760101,144}{\phi \times 400 \times 397,5^2} \\
 &= 0,08
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,08}{390}} \right)$$

$$= 0,00021$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00021 < 0,0277 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00021 = 0,00027$$

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

$$= 0,00027 \times 400 \times 397,5$$

$$= 45 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n_{pasang} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{45}{283,53} = 0,1587 \approx 3 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan}$$

$$= 3 \times 283,53$$

$$= 851 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 3D19

Kontrol jarak tulangan :

$$S = \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{sengkang} - n \times D_{lentur}}{n - 1}$$

$$= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2 - 1}$$

$$= 246 \text{ mm}$$

25 mm < 246 mm < 450 mm ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ pasang} \\ &= 0,5 \times 567,06 \\ &= 283,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

### **Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} \\ &= \frac{851 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\ &= 27,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 851 \times 390 \times \left( 397,5 - \frac{27,9}{2} \right) \\ &= 114514591 \text{ N.mm} \geq M_{\text{lap}}^+ = 4760101,14 \text{ N.mm (OK)} \end{aligned}$$

Jadi pada lapangan digunakan tulangan lentur tarik **3D19** dan tekan **2D19**.

### - **Tumpuan**

$$M_{\text{tump}}^- = 4760101,144 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{\text{tump}}^-}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{4760101,144}{\phi \times 400 \times 397,5^2} \\ &= 0,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,08}{390}}\right) \\ &= 0,00021\end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00021 < 0,0277 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00021 = 0,00027$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00027 \times 400 \times 397,5 \\ &= 45 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}n_{pasang} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{45}{283,53} = 0,1587 \approx 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pasang}} &= n_{pasang} \times A_{s \text{ tulangan}} \\ &= 3 \times 283,53 \\ &= 851 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}}\end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 3D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{sengkang} - n \times D_{lentur}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2-1}\end{aligned}$$

$$= 246 \text{ mm}$$

$25 \text{ mm} < 246 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$  ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ pasang} \\ &= 0,5 \times 567,06 \\ &= 283,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

### **Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} \\ &= \frac{851 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\ &= 27,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= \emptyset \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 851 \times 390 \times \left( 397,5 - \frac{27,9}{2} \right) \\ &= 114514591 \text{ N.mm} \geq M_{\text{tum}}^- = 4760101,14 \text{ N.mm (OK)} \end{aligned}$$

Jadi pada tumpuan digunakan tulangan lentur tarik **3D19** dan tekan **2D19**.

### **c. Penulangan Geser**

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 947,5 \times 3,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1847,6 \text{ kg} \approx 18476,64 \text{ N} \\
 \emptyset V_C &= \emptyset(0,17 \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 0,75 \times (0,17 \times \sqrt{35} \times 400 \times 397,5 \\
 &= 119933,727 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.1.  $V_u$  pada jarak  $d$  dari tumpuan adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \emptyset V_C &\geq V_u \\
 59966,86 \text{ N} &\geq 18476,64 \text{ N} \dots\dots \text{Tidak Perlu Tul.Geser}
 \end{aligned}$$

#### d. Tulangan Angkat dan Strand

Pembebanan

Beban Mati (DL)

Berat balok anak pracetak =  $451,2 \text{ kg/m} \times 3,9 \text{ m}$

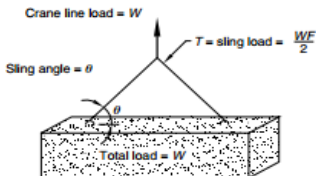
$\Sigma$  =  $1827,4 \text{ kg}$

Beban Hidup (LL)

Pekerja =  $100 \text{ kg}$

$P_u(1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) = (1,2 \times 1827,4) + (1,6 \times 100)$

=  $2353 \text{ kg}$



Multiplication factor $F$ for the total load on sling with a sling angle of $\theta$					
$\theta$	90°	75°	60°	45°	30°
$F$	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00

Note:  $\theta$  is usually not less than 60°. Check bi-directional sling angle. A 30° sling angle is not recommended.

**Gambar 4. 44** Koefisien Sudut Pengangkatan

Beban yang diterima tiap 1 titik angkat :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{2353}{2} \times 1,41 \\
 &= 1659 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

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

$$f_s = \frac{2}{3} f_y$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{2}{3} \times 390 \\
 &= 260 \text{ MPa} \approx 2600 \text{ kg/cm}^2 \\
 A_s &= \frac{P}{f_s} \\
 &= \frac{1659}{2600} \\
 &= 0,638 \text{ cm}^2 \approx 63,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan angkat  $\phi 13$  mm

$$A_{s \text{ pakai}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 132,7 \text{ mm}^2 > 63,8 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipakai tulangan angkat  $\phi 13$  mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik,  $k_c = 10$  (angkur cor dalam),  $\lambda_a = 1$ , maka kedalamannya :

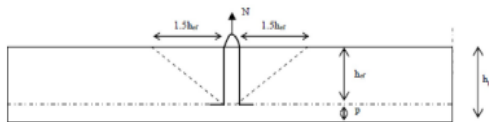
$N_n$  (Gaya tarik pada angkur (N)) = 23528 N

$N_b$  (Kekuatan pecah beton dari angkur tunggal (N)) =

$N_n = 23528$  N

$$\begin{aligned}
 h_{ef} &= \sqrt[3]{\left(\frac{N_b}{k_c \times \lambda_a \times \sqrt{f'c}}\right)^2} \\
 &= \sqrt[3]{\left(\frac{23528}{10 \times 1 \times \sqrt{16,1}}\right)^2} \\
 &= 54,08 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dipasang sedalam 70 mm dari permukaan pelat pracetak.



**Gambar 4. 45** Kedalaman Angkur Pelat Pracetak

Berdasarkan PCI Precast and prestressed 7th fig 6.5.1, panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari :

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35}$$

$$= \frac{70}{0,7} = 100 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5h_{ef}$$

$$= 1,5 \times 70 = 105 \text{ mm} \approx 110 \text{ mm}$$

Maka digunakan  $d_e$  110 mm

- Kebutuhan Strand

$$P = 2174,1 \text{ kg (beban tiap 1 titik angkat)}$$

Berdasarkan PCI Precast and prestressed 7th section 15.3.1, maka digunakan seven wire strand dengan spesifikasi berikut :

Diameter	= 0,31 in	$\cong 7,938 \text{ mm}$
Fpu	= 250 ksi	$\cong 1723,7 \text{ MPa}$
A	= 0,058 in <sup>2</sup>	$\cong 37,419 \text{ mm}^2$

$$F_{strand} = F_{PU} \times A$$

$$= 1723,7 \times 37,419$$

$$= 64499 \text{ N} \approx 6449,9 \text{ kg}$$

$$\text{Maka gaya yang dipikul 1 strand} \frac{6449,9 \text{ kg}}{2} = 3224,96 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol P} \leq F_{strand}$$

$$1659 \text{ kg} \leq 3224,96 \text{ kg} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Jadi dipakai seven wire strand diameter 0,3125 in (Fpu = 250 ksi)

#### e. Kontrol Lentutan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 lentutan dihitung pada beton usia 3 hari sebagaimana berikut :

$$f'c = 0,46 \times 35$$

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

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 400 \times 470^3 \\
 &= 3460766667 \text{ mm}^4 \\
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{16,1} \\
 &= 18858,66 \text{ MPa} \\
 q &= DL \\
 &= 676,8 \text{ kg/m} \approx 6,768 \text{ N/mm} \\
 \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\
 &= \frac{5 \times 6,768 \times 3900^4}{384 \times 18858,66 \times 3460766667} \\
 &= 0,312 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

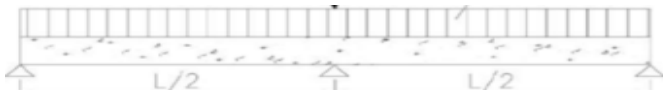
Berdasarkan SNI 2847:2013 tabel 9.5 b batasan lendutan untuk adalah  $\frac{l}{240}$ .

$$\begin{aligned}
 \frac{l}{240} &= \frac{3900}{240} \\
 &= 16,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$\Delta_i = 0,312 \text{ mm} < 16,3 \text{ mm}$  ..... (OK, Lendutan memenuhi)

#### 4.4.1.3 Penulangan Balok Induk Sebelum Komposit

Pada perencanaan tulangan balok induk kondisi sebelum komposit, direncanakan terdapat support reprofing yang menahan balok untuk melendut.



**Gambar 4. 46** Perletakan Sebelum Komposit

$$L = 3,9 \text{ m}$$

$$\frac{L}{2} = 1,95 \text{ m}$$

##### a. Perhitungan Momen

$$q_u = 691,2 \text{ kg/m}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{8} \times 691,2 \times 1,95^2 \\
 &= 329 \text{ kg.m} \approx 3285360 \text{ N.mm} \\
 M_{tump}^- &= \frac{1}{10} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{10} \times 691,2 \times 1,95^2 \\
 &= 262,83 \text{ kg.m} \approx 2628288 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

### b. Penulangan Lentur

#### - Lapangan

$$M_{lap}^+ = 3285360 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{lap}^+}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{3285360}{\phi \times 400 \times 397,5^2} \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,06}{390}} \right) \\
 &= 0,00015
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,00379 > 0,00015 < 0,0277 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00015 = 0,00019$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00019 \times 400 \times 397,5 \\
 &= 30,64 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{30,64}{283,53} = 0,108 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan} \\ &= 3 \times 283,53 \\ &= 851 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 3D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{senggang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2 - 1} \\ &= 246 \text{ mm} \end{aligned}$$

25 mm < 246 mm < 450 mm ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ pasang} \\ &= 0,5 \times 567,06 \\ &= 283,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

**Kontrol Kapasitas Lentur**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{851 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\
 &= 27,9 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 851 \times 390 \times \left( 397,5 - \frac{27,9}{2} \right) \\
 &= 114514591 \text{ N.mm} \geq M_{lap}^+ = 3285360 \text{ N.mm} \dots \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi pada lapangan digunakan tulangan lentur tarik **3D19** dan tekan **2D19**.

#### - Tumpuan

$$M_{tum}^- = 2628288 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{tum}^-}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{2628288}{\phi \times 400 \times 397,5^2} \\
 &= 0,05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,05}{390}} \right) \\
 &= 0,00012
 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00012 < 0,0277 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00012 = 0,00015$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00015 \times 400 \times 397,5 \\
 &= 25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{pasang} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{25}{283,53} = 0,088 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan} \\ &= 3 \times 283,53 \\ &= 851 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 3D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{sengkan} - n \times D_{lentur}}{n - 1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2 - 1} \\ &= 246 \text{ mm} \end{aligned}$$

$25 \text{ mm} < 246 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$  ..... **OK**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2.

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ pasang} \\ &= 0,5 \times 567,06 \\ &= 283,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{pasang} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\ &= \frac{283,53}{283,53} = 1 \approx 2 \text{ buah (Tulangan min)} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan digunakan tulangan 2D19

**Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \\
 &= \frac{851 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\
 &= 27,9mm
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times As \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 851 \times 390 \times \left( 397,5 - \frac{27,9}{2} \right) \\
 &= 114514591N.mm \geq M_{tum}^- = 2628288N.mm.... \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi pada tumpuan digunakan tulangan lentur tarik **3D19** dan tekan **2D19**.

### c. Penulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 691,2 \times 2,7 \\
 &= 674 kg \approx 6739,2 N
 \end{aligned}$$

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.1.  $V_u$  pada jarak  $d$  dari tumpuan adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi(0,17 \times \sqrt{f'c} \times b \times d) \\
 &= 0,75 \times (0,17 \times \sqrt{35} \times 400 \times 397,2) \\
 &= 119933,727 N
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \phi V_c &\leq V_u \leq \phi V_c \\
 59966,86N &\geq 6739,2 N \leq 119933,727 N
 \end{aligned}$$

**Tidak Perlu Tulangan Geser Min**

### d. Lendutan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 lendutan dihitung pada beton usia 3 hari sebagaimana berikut :

$$\begin{aligned}
 f'c &= 0,46 \times 35 \\
 &= 16,1 MPa \\
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{12} \times 400 \times 470^3 \\
 &= 3460766667 \text{ mm}^4 \\
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{16,1} \\
 &= 18858,66 \text{ MPa} \\
 q &= DL \\
 &= 576 \text{ kg/m} \approx 5,76 \text{ N/mm} \\
 \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\
 &= \frac{5 \times 5,76 \times 1950^4}{384 \times 18858,66 \times 3460766667} \\
 &= 0,0166 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \frac{l}{240} &= \frac{19500}{240} \\
 &= 8,13 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$\Delta_i = 0,0166 \text{ mm} < 8,13 \text{ mm} \dots$  (OK, Lendutan memenuhi)

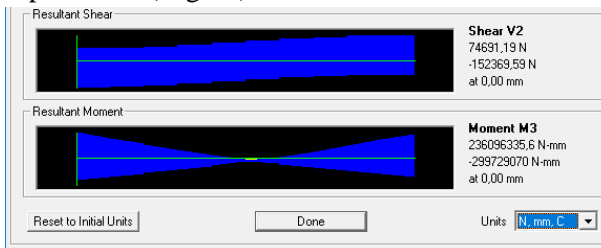
#### 4.4.1.4 Penulangan Balok Induk Sesudah Komposit

##### a. Gaya Dalam Balok Induk (SAP 2000)

Analisa gaya dalam pada balok induk BI3 diambil dari gaya dalam kritis akibat dari beberapa kombinasi pembebanan yang telah direncanakan. Berikut output gaya dalam kritis yang terjadi pada balok BI1 :

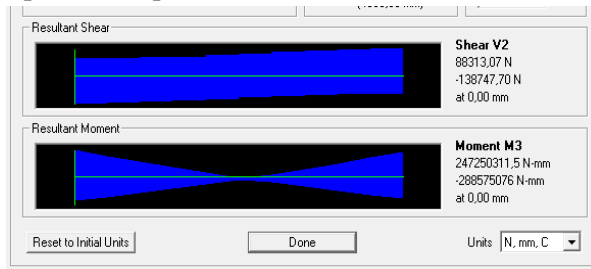
##### Momen (Mu)

- Tumpuan Kiri (negatif)



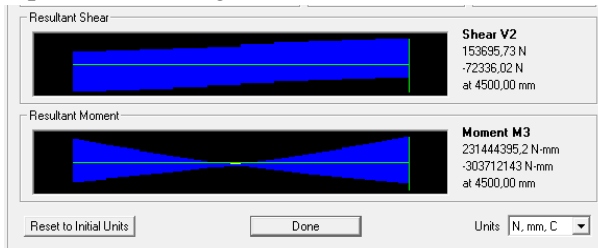
Kombinasi  $1,2D+1L+0,3Ex+1Ey = 299729070 \text{ N.mm}$

- Tumpuan Kiri (positif)



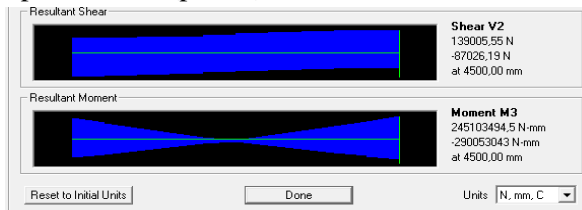
Kombinasi  $0,9D+0,3Ex+1Ey = 247250311,5 \text{ N.mm}$

- Tumpuan Kanan (negatif)



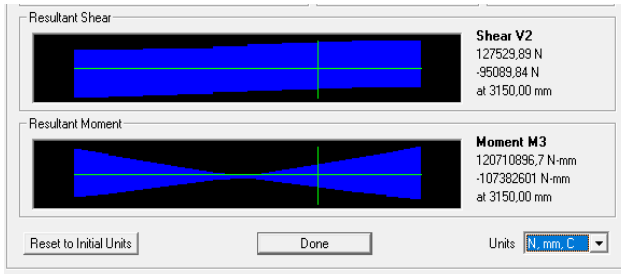
Kombinasi  $1,2D+1L+0,3Ex+1Ey = 303712143 \text{ N.mm}$

- Tumpuan Kanan (positif)



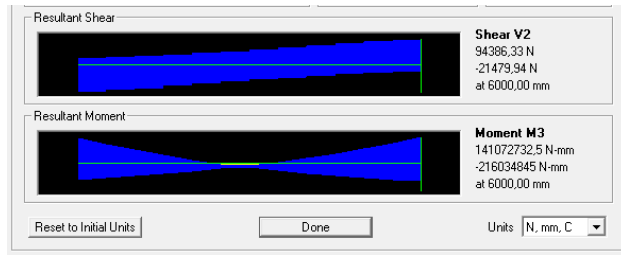
Kombinasi  $0,9D+0,3Ex+1Ey = 245103495 \text{ N.mm}$

- Lapangan (negatif)



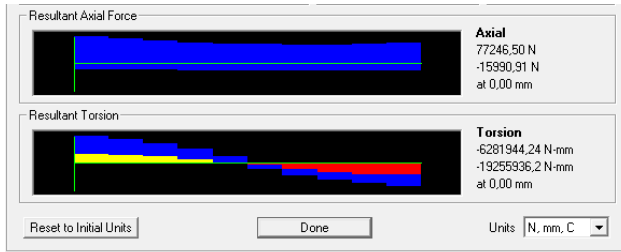
Kombinasi  $0,9D+0,3Ex+1Ey = 107382601\text{N.mm}$

- Lapangan (positif)



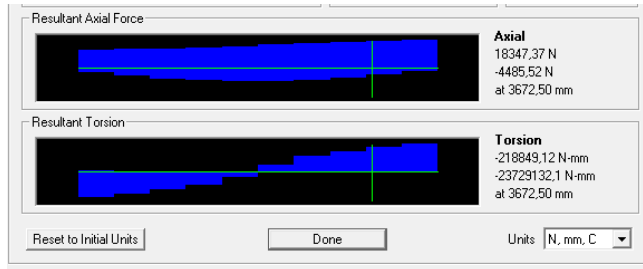
Kombinasi  $0,9D+0,3Ex+1Ey = 125707688,4\text{N.mm}$

### Gaya Aksial



Kombinasi  $1,2D+1L+0,3Ex+1Ey = 77246,5\text{ N}$

## Torsi



Kombinasi  $1,2D+1L+1Ex+0,3Ey = 23729132,1 \text{ N.mm}$

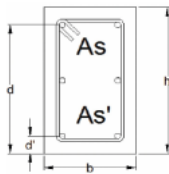
### b. Cek Persyaratan Komponen SRPMK (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1)

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur harus kurang dari  $0,1 A_g f'_c$ .

$$0,1 \times A_g \times f'_c = 0,1 \times 400 \times 600 \times 35$$

$$= 840000 \text{ N} \geq P_u = 77246,5 \text{ N} \text{ . OK}$$

2. Bentang bersih tidak boleh kurang dari  $4d$



$$d = 600 - 50 - 13 - 19/2 = 527,5 \text{ mm}$$

$$\frac{Ln}{d} = \frac{5400}{527,5} = 10,237 \geq 4 \text{ ..... OK}$$

3. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari  $0,3$

$$\frac{b}{h} = \frac{40}{60} = 0,667 \geq 0,3 \text{ ..... OK}$$

4.  $250 \text{ mm} < b \leq c + 2 \left( \frac{3}{4} \times h \right)$

$$250 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \leq 600 + 2 \left( \frac{3}{4} \times 600 \right)$$

$$250 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \leq 1500 \text{ mm} \text{ ..... OK}$$

### c. Perencanaan Tulangan Lentur

#### Tumpuan Kiri (Negatif)

$$M_{tum}^- = 299729070 \text{ N. mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{tum}^-}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{299729070}{\phi \times 400 \times 527,5^2} \\ &= 2,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 2,99}{390}} \right) \\ &= 0,0081 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,00379 < 0,0081 < 0,0277 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0081 \times 400 \times 527,5 \\ &= 1709,62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{pasang} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{1709,62}{283,53} = 6,03 \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n_{pasang} \times A_{s \text{ tulangan}} \\ &= 7 \times 283,53 \\ &= 1985 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 7D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{senggang} - n \times D_{lentur}}{n - 1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 7 \times 19}{7 - 1} \end{aligned}$$

$$= 23,5 \text{ mm}$$

$25 \text{ mm} > 23,5 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$  ..... **N.OK**

Jarak minimum antar tulangan yang diperbolehkan adalah 25 mm untuk beton normal. Direncanakan tulangan 2 lapis, dengan lapis atas 2D19 dan 5 lapis bawah

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{senggang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 5 \times 19}{5 - 1} \\ &= 44,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$25 \text{ mm} < 44,75 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$  ..... **OK**

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{1985 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\ &= 65 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 1985 \times 390 \times \left( 527,5 - \frac{65}{2} \right) \\ &= 344816289 \text{ N.mm} \geq M_{\text{tum}}^- = 299729070 \text{ N.mm} . \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### Tumpuan Kiri (Positif)

$$M_{\text{tum}}^+ = 247250312 \text{ N.mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2. kekuatan momen positif yang disediakan pada muka joint tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.

$$M_u^+ > \frac{1}{2} M_u^-$$

$$247250312 \text{ N.mm} > \frac{1}{2} \times 299729070 \text{ N.mm}$$

$$247250312 \text{ N.mm} > 149864535 \text{ N.mm} \text{ ..... OK}$$

$$R_n = \frac{M_{\text{tum}}^-}{\phi \times b \times d^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{247250312}{\emptyset \times 400 \times 527,5^2} \\
 &= 2,468 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 2,468}{390}} \right) \\
 &= 0,00662
 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 < 0,00662 < 0,0277$  (Memenuhi)

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00662 \times 400 \times 527,5 \\
 &= 1395,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{pasang} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{1395,92}{283,53} = 4,92 \approx 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pasang} &= n_{pasang} \times A_s \text{ tulangan} \\
 &= 5 \times 283,53 \\
 &= 1418 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 5D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{senggang} - n \times D_{lentur}}{n - 1} \\
 &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 5 \times 19}{5 - 1} \\
 &= 44,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$25 \text{ mm} < 44,75 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$  ..... **OK**

**Kontrol Kapasitas Lentur**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{1418 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400}$$

$$= 46,5 \text{ mm}$$

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

$$= 0,9 \times 1418 \times 390 \times \left( 527,5 - \frac{46,5}{2} \right)$$

$$= 250921041 \text{ N.mm} \geq M_{tum}^+ = 247250311,5 \text{ N.mm (OK)}$$

### Tumpuan Kanan (Negatif)

$$M_{tum}^- = 303712143 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_{tum}^-}{\phi \times b \times d^2}$$

$$= \frac{303712143}{\phi \times 400 \times 527,5^2}$$

$$= 3,031$$

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

$$= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 3,031}{390}} \right)$$

$$= 0,00822$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 < 0,00822 < 0,0277$  (Memenuhi)

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00822 \times 400 \times 527,5$$

$$= 1733,71 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n_{pasang} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{1733,71}{283,53} = 6,115 \approx 7 \text{ buah}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = n_{pasang} \times A_{s \text{ tulangan}}$$

$$= 7 \times 283,53$$



$$= 1985 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 7D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{senggang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 7 \times 19}{7-1} \\ &= 23,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

25 mm > 23,5 mm < 450 mm ..... **N.OK**

Jarak minimum antar tulangan yang diperbolehkan adalah 25 mm untuk beton normal. Direncanakan tulangan 2 lapis, dengan lapis atas 2D19 dan 5 lapis bawah

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{senggang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n-1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 5 \times 19}{5-1} \\ &= 44,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

25 mm < 44,75 mm < 450 mm ..... **OK**

**Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{1985 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\ &= 65 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 1985 \times 390 \times \left( 527,5 - \frac{65}{2} \right) \\ &= 344816289 \text{ N.mm} \geq M_{\text{tum}}^- = 30712143 \text{ N.mm... (OK)} \end{aligned}$$

**Tumpuan Kanan (Positif)**

$$M_{\text{tum}}^+ = 245103495 \text{ N.mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2. kekuatan momen positif yang disediakan pada muka joint tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen positif.

$$M_u^+ > \frac{1}{2} M_u^-$$

$$245103495 \text{ N.mm} > \frac{1}{2} \times 30712143 \text{ N.mm}$$

$$245103495 \text{ N.mm} > 151856072 \text{ N.mm} \dots\dots\dots\text{OK}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{t\bar{u}m}}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{245103495}{\phi \times 400 \times 527,5^2} \\ &= 2,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 2,44}{390}} \right) \\ &= 0,00656 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 > 0,00656 < 0,0277$  (Memenuhi)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00656 \times 400 \times 527,5 \\ &= 1383,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{pasang} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{1383,23}{283,53} = 4,879 \approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n_{pasang} \times A_{s \text{ tulangan}} \\ &= 5 \times 283,53 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 5D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{sengkang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n-1} \\
 &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 5 \times 19}{5-1} \\
 &= 44,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

25 mm < 44,75 mm < 450 mm ..... **OK**

**Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{1418 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\
 &= 46,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 1418 \times 390 \times \left( 527,5 - \frac{46,5}{2} \right) \\
 &= 250921041 \text{ N.mm} \geq M_{\text{tum}}^+ = 245103494,5 \text{ N.mm} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

**Lapangan (Positif)**

$$M_{\text{lap}}^+ = 127076688 \text{ N.mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2. kekuatan momen positif / negatif sepanjang komponen struktur tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen maksimum yang disediakan salah satu joint.

$$M_u^- > \frac{1}{4} M_{\text{joint max}}$$

$$127076688 \text{ N.mm} > \frac{1}{4} \times 303712143 \text{ N.mm}$$

$$127076688 \text{ N.mm} > 75928035,8 \text{ N.mm} \text{ .....OK}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{\text{lap}}^-}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{96157305,1}{\phi \times 400 \times 527,5^2} \\
 &= 1,255
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 1,255}{390}} \right) \\ &= 0,00329\end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00329 < 0,0277 \quad (\text{Memenuhi})$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00329 = 0,00427$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00427 \times 400 \times 527,5 \\ &= 902,07 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}n_{\text{pasang}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{902,07}{283,53} = 3,18 \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times A_{s \text{ tulangan}} \\ &= 4 \times 283,53 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}}\end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 4D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{senggang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 4 \times 19}{4 - 1} \\ &= 66 \text{ mm}\end{aligned}$$

25 mm < 66 mm < 450 mm ..... **OK**

**Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{1134 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\
 &= 37,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 1134 \times 390 \times \left( 527,5 - \frac{37,2}{2} \right) \\
 &= 202586310 \text{ N.mm} \geq M_{lap}^+ = 125707688,4 \text{ N.mm (OK)}
 \end{aligned}$$

**Lapangan (Negatif)**

$$M_{lap}^- = 107382601 \text{ N.mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2. kekuatan momen positif / negatif sepanjang komponen struktur tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen maksimum yang disediakan salah satu joint.

$$M_u^- > \frac{1}{4} M_{joint \text{ max}}$$

$$107382601 \text{ N.mm} > \frac{1}{4} \times 303712143 \text{ N.mm}$$

$$107382601 \text{ N.mm} > 75928035,8 \text{ N.mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_{lap}^-}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{107382601}{\phi \times 400 \times 527,5^2} \\
 &= 1,07
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 1,07}{390}} \right) \\
 &= 0,0028
 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,0028 < 0,0277 \text{ (Memenuhi)}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,0028 = 0,00364$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00364 \times 400 \times 527,5 \\ &= 768,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} n_{pasang} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{768,06}{283,53} = 2,7 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n_{pasang} \times A_{s \text{ tulangan}} \\ &= 3 \times 283,53 \\ &= 851 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tarik digunakan tulangan 3D19

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{sengkang} - n \times D_{lentur}}{n - 1} \\ &= \frac{400 - 2 \times 50 - 2 \times 13 - 3 \times 19}{3 - 1} \\ &= 236 \text{ mm} \end{aligned}$$

25 mm < 109 mm < 450 mm ..... **OK**

**Kontrol Kapasitas Lentur**

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{851 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\ &= 27,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

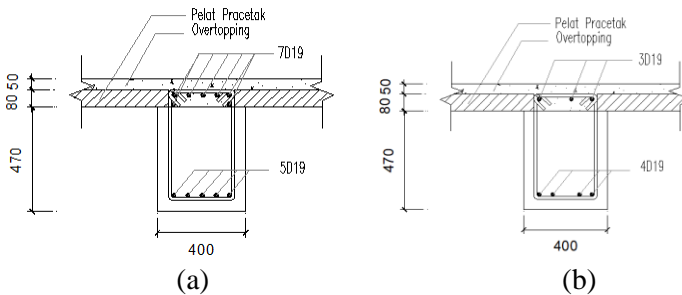
$$= 0,9 \times 851 \times 390 \times \left( 527,5 - \frac{27,9}{2} \right)$$

$$= 15332684 N \cdot mm \geq M_{lap}^- = 107382601 N \cdot mm \dots \text{(OK)}$$

Sehingga didapatkan tulangan lentur BII sebagai berikut :

**Tabel 4. 26** Kapasitas Momen Nominal Balok BII

	Lokasi	Tulangan	As pakai (mm <sup>2</sup> )	φMn (N.mm)
1	Tumpuan Kanan (negatif)	7D19	1985	344816289
2	Tumpuan Kanan (positif)	5D19	1418	250921041
3	Tumpuan Kiri (negatif)	7D19	1985	344816289
4	Tumpuan Kiri (positif)	5D19	1418	250921041
5	Lapangan (positif)	4D19	1134	202586310
6	Lapangan (negatif)	3D19	851	15332684



**Gambar 4. 47** (a) Tul Tumpuan (b) Tul Lapangan

#### d. Perencanaan Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.1 menyatakan bahwa geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis yang terbentuk diujung-ujung

balok dengan tegangan tulangan lentur mencapai 1,25 Fy.  
 Nilai Mpr dihitung sebagai berikut :

- **Tumpuan Kanan (Negatif)**

$$\begin{aligned} a_{pr-1} &= \frac{As \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \\ &= \frac{1985 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\ &= 81,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^- &= As \times 1,25 \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1985 \times 1,25 \times 390 \times \left( 527,5 - \frac{81,3}{2} \right) \\ &= 471044813 \text{ N. mm (searah jarum jam)} \end{aligned}$$

- **Tumpuan Kanan (Positif)**

$$\begin{aligned} a_{pr-2} &= \frac{As \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \\ &= \frac{1418 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\ &= 58,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^+ &= As \times 1,25 \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1418 \times 1,25 \times 390 \times \left( 527,5 - \frac{58,1}{2} \right) \\ &= 344487825 \text{ N. mm (berlawanan jarum jam)} \end{aligned}$$

- **Tumpuan Kiri (Negatif)**

$$\begin{aligned} a_{pr-3} &= \frac{As \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \\ &= \frac{1985 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} \\ &= 81,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^- &= As \times 1,25 \times fy \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1985 \times 1,25 \times 390 \times \left( 527,5 - \frac{81,3}{2} \right) \\ &= 471044813 \text{ N. mm (searah jarum jam)} \end{aligned}$$

- **Tumpuan Kiri (Positif)**

$$a_{pr-4} = \frac{As \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$



$$= \frac{1418 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400}$$

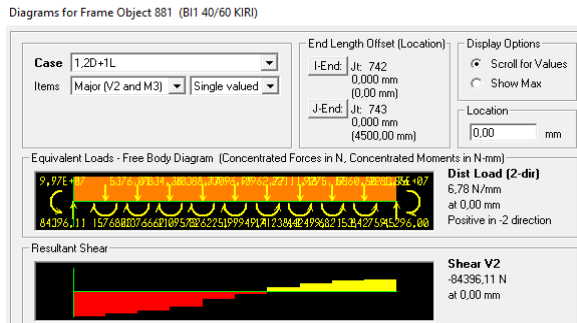
$$= 58,1 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^+ = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 1418 \times 1,25 \times 390 \times \left(527,5 - \frac{58,1}{2}\right)$$

$$= 344487825 \text{ N.mm (berlawanan jarum jam)}$$

Reaksi geser diujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari hasil kombinasi 1,2D+1L dari SAP 2000.



$$V_u = 84396,11 \text{ N}$$

**Struktur bergoyang ke kanan**

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-2}}{ln} = \frac{471044813 + 344487825}{3900} = 209110,93 \text{ N}$$

Total reaksi diujung kanan balok :

$$V_{sway} + V_U = 209110,93 + 84396,11 \\ = 293507,043 \text{ N (Arah gaya geser ke atas balok)}$$

Total reaksi diujung kiri balok :

$$V_{sway} - V_U = 209110,93 - 84396,11 \\ = 124714,82 \text{ N (Arah gaya geser ke bawah balok)}$$

**Struktur bergoyang ke kiri**

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-3} + M_{pr-4}}{ln} = \frac{471044813 + 344487825}{3900} = 209110,93 \text{ N}$$

Total reaksi diujung kanan balok :

$$V_{sway} + V_U = 209110,93 + 84396,11$$

$$= 293507,043N \text{ (Arah gaya geser ke atas balok)}$$

Total reaksi diujung kiri balok :

$$V_{sway} - V_U = 209110,93 - 84396,11$$

$$= 124714,82N \text{ (Arah gaya geser ke bawah balok)}$$

Sehingga gaya geser yang menentukan  $V_u = 293507,043N$

Berdasarkan pasal 11.1.3.1 SNI 2847:2013, penampang yang lokasinya kurang dari  $d$ , boleh di desain untuk  $V_u$  sejajar d.

$$Gaya \text{ geser kritis } (V_u) = \frac{Ln/2-d}{Ln/2} \times V_u$$

$$= \frac{3900/2-527,5}{3900/2} \times 293507,043$$

$$= 185561,67 N$$

Berdasarkan pasal 21.5.4.2 SNI 2847:2013, perencanaan tulangan geser pada sendi plastis, harus diproporsikan untuk menahan geser dengan asumsi  $V_c = 0$ , sesuai persyaratan berikut:

1. Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat beban gempa kurang dari  $A_g \times f'_c / 20$ .

$$P_u = 77246,5 \text{ N (Output SAP 2000, Kombinasi } 1,2D+1L+0,3Ex+1Ey)$$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20}$$

$$77246,5N < \frac{240000 \times 35}{20}$$

$$77246,5 N < 420000 N \dots\dots\dots \text{OK}$$

2. Gaya geser  $V_{sway}$ , akibat sendi plastis diujung balok melebihi  $1/2$  kuat geser maksimum,  $V_u$  disepanjang bentang.

$$V_{sway} > \frac{1}{2} V_u$$

$$209110,93 N > \frac{1}{2} \times 293507,043 N$$

$$127290,78 N > 146753,52 N \dots\dots\dots \text{OK}$$

Berdasarkan Pasal 11.1 SNI 2847:2013, desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada :

$$V_n = V_c + V_s$$

Sesuai dengan persyaratan 21.5.4.2 SNI 2847:2013,  $V_c = 0$ , maka :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{185561,67}{0,75} \\ &= 247415,56 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai  $V_s$  tidak boleh diambil lebih besar dari berikut (SNI 2857:2013 Pasal 11.4.7.9) :

$$\begin{aligned} V_{s \max} &= 0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= 0,66 \times \sqrt{35} \times 400 \times 527,5 \\ &= 823873,27 \text{ N} > V_s = 247415,56 \text{ N} \dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Dipakai sengkang tertutup 2 kaki  $\phi 13$ , maka jarak antar sengkang (s) adalah :

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_s \times f_y \times d}{V_s} \\ &= \frac{265 \times 390 \times 527,5}{247415,56} \\ &= 221 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan Pasal 21.5.3 SNI 2847:2013, Jarak minimum sengkang tertutup dipasang sepanjang  $2h = 1200 \text{ mm}$ , tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

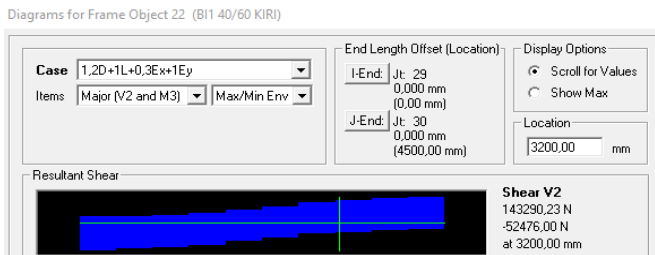
$$\begin{aligned} - \frac{d}{4} &= \frac{527,5}{4} = 131,9 \text{ mm} \\ - 6db &= 6 \times 13 = 114 \text{ mm} \\ - 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga pada sendi plastis dipasang sengkang tertutup 2 kaki  $\phi 13$ -100 mm, dengan jarak minimal sepanjang 1200 mm dan

sengkang tertutup pertama dipasang 50 mm dari muka tumpuan.

### Tulangan Geser pada Lapangan

Gaya geser pada lapangan di ambil dari SAP 2000 pada jarak 2h mm dari tumpuan ke bagian lapangan, bekerja gaya geser sebesar :



$$V_U = 143290,23 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 527,5 \\ &= 212209,78 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{143290,23}{0,75} - 212209,78 \\ &= -21156,14 \text{ N} \dots\dots\dots(\text{Tidak perlu tulangan geser}) \end{aligned}$$

Cek keperluan tulangan geser min

$$\begin{aligned} 0,5\phi V_c &= 0,5 \times 0,75 \times 212209,78 \\ &= 79578,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$0,5\phi V_c < V_u$$

79578,67 N < 143290,23 N .....(Perlu Tul Geser Min)

Batas spasi tulangan geser (SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5.1)

$$-\frac{d}{2} = \frac{527,5}{2} = 263,8 \text{ mm}$$

$$- 600 \text{ mm}$$

Maka dipasang sengkang tertutup 2 kaki  $\phi$ 13-150 mm

**e. Perencanaan Tulangan Akibat Geser Torsi**

- $A_{CP} = b \times h$   
 $= 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$
- $P_{CP} = 2 \times (b + h)$   
 $= 2 \times (400 + 600) = 2000 \text{ mm}$
- Luasan penampang dibatasi as tul sengkang  
 $A_{oh} = (b - 2t - D_{sengkang}) \times (h - 2t - D_{sengkang})$   
 $= (400 - 100 - 13) \times (600 - 100 - 13)$   
 $= 139769 \text{ mm}^2$
- Keliling penampang dibatasi as tul sengkang  
 $P_h = 2 \times (b - 2t - D_{sengkang}) \times (h - 2t - D_{sengkang})$   
 $= 2 \times ((400 - 100 - 13) + (600 - 100 - 13))$   
 $= 1548 \text{ mm}^2$

Berdasarkan hasil output dari SAP 2000 diperoleh nilai momen puntir :

$$T_u = 23729132,1 \text{ N.mm}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$= \frac{23729132,1}{0,75}$$

$$= 31638842,8 \text{ N.mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1 pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari :

$$T_{u \text{ min}} = \phi \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \times \left( \frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$= 10606347,8 \text{ N.mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2 momen puntir terfaktor maksimum  $T_u$  dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u \max} &= \emptyset \times 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{35} \times \left( \frac{240000^2}{2000} \right) \\
 &= 42169816,7 N.mm
 \end{aligned}$$

Cek pengaruh momen puntir

$$\begin{aligned}
 T_{u \min} &< T_u < T_{u \max} \\
 10606347,8 &< 23729132,1 < 42169816,7
 \end{aligned}$$

### Perlu Tulangan Puntir

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1 cek kecukupan penampang menahan momen puntir :

$$V_U = 185561,67 N \quad (V_u \text{ kritis})$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times bw \times d \\
 &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 527,5 \\
 &= 212209,78 N
 \end{aligned}$$

$$\sqrt{\left( \frac{V_U}{b_w \times d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \times P_h}{1,7 \times A_{oh}^2} \right)^2} \leq \emptyset \left( \frac{V_c}{b_w \times d} + 0,66 \times \sqrt{f'c} \right)$$

$$\sqrt{\left( \frac{185561,67}{400 \times 600} \right)^2 + \left( \frac{23729132,1 \times 1548}{1,7 \times 139769^2} \right)^2} \leq 0,75 \times \left( \frac{212209,78}{400 \times 600} + 0,66 \times \sqrt{35} \right)$$

$$1,413 \leq 3,683 \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

Penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir

- Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir didasarkan atas SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.7:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \frac{F_{yt}}{F_y} \times \cot^2 \emptyset$$

Dengan  $A_t/s$  dihitung sesuai SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6 :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \times \cot \emptyset$$

Untuk beton non prategang  $\emptyset = 45^\circ$

$$\begin{aligned}
 A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\
 &= 0,85 \times 139769 = 118803,7 mm
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{At}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi} \\ &= \frac{31638842,8}{2 \times 118803,7 \times 240 \times 1} \\ &= 0,555 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tetapi  $At/s$  tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}\frac{At}{s} &= \frac{0,175 \times b_w}{F_{yt}} \\ &= \frac{0,175 \times 400}{240} \\ &= 0,292 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}\end{aligned}$$

- Tulangan geser

$$V_c = 0 \text{ N (Persyaratan pada sendi plastis)}$$

$$\begin{aligned}V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{185561,67}{0,75} \\ &= 247415,56 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{Av}{s} &= \frac{V_s}{F_{yv} \times d} \\ &= \frac{247415,56}{240 \times 527,5} \\ &= 1,954 \text{ mm}^2 / \text{mm} / \text{dua kaki}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{Av_t}{s} &= \frac{2 \times At}{s} + \frac{Av}{s} \\ &= 2 \times 0,55 + 1,954 \\ &= 3,06 \text{ mm}^2 / \text{mm} / \text{dua kaki}\end{aligned}$$

Dicoba sengkang tertutup 2 kaki  $\phi 13$  ( $Av = 265,5 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned}s &= \frac{Av}{\frac{Av_t}{s}} \\ &= \frac{265,5}{3,06} \\ &= 86,64 \text{ mm}\end{aligned}$$

Spasi diperbolehkan maksimum, lebih kecil dari

$$- \frac{P_h}{8} = \frac{1548}{8} = 194 \text{ mm}$$

- 300 mm

Maka digunakan sengkang spasi = **80 mm** pada daerah sendi plastis

$$\begin{aligned} Avt &= Av + 2At = \frac{\sqrt{f'rc}}{16} \times \frac{b_w \times s}{f_{yv}} \\ &= \frac{\sqrt{35}}{16} \times \frac{400 \times 80}{240} \\ &= 49,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kurang dari  $Av = 265,5 \text{ mm}^2$ , tidak mengontrol

Maka digunakan tulangan puntir lentur :

$$\begin{aligned} Al &= \frac{At}{s} \times P_h \times \frac{F_{yt}}{F_y} \times \cot^2 \phi \\ &= 0,55 \times 1548 \times \frac{240}{390} \times 1 \\ &= 528,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi Al tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} Al_{min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{f'rc} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{At}{s} \times P_h \times \frac{F_{yt}}{F_y} \\ &= \frac{0,42 \times \sqrt{35} \times 240000}{390} - 0,55 \times 1548 \times \frac{240}{390} \\ &= 1000,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan  $Al = 1000,6 \text{ mm}^2 > Al = 528,5 \text{ mm}^2$ , dibagi merata keempat sisi.

$$\frac{Al}{4} = \frac{1000,6}{4} = 250,14 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah).

Digunakan tulangan puntir  $\phi 13$  ( $A_s = 132,7 \text{ mm}^2$ )

$$n = \frac{2 \times 250,14}{132,7} = 3,8 \approx 4 \text{ buah}$$

#### f. Panjang penyaluran

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12, panjang penyaluran tulangan diatur sebagai berikut :

- Penyaluran tulangan tarik



Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.2, maka :

$$\Psi_t = 1,3$$

$$\Psi_e = 1$$

$$\begin{aligned} l_d &= \frac{f_y}{2,1 \times \lambda} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e}{\sqrt{f'rc}} \times db \\ &= \frac{390}{2,1 \times \lambda} \times \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{35}} \times 19 \\ &= 775 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_d > 300 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan tarik  $l_d = 800 \text{ mm}$

- Penyaluran kait standart kondisi tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5

$$l_{dh} > 8db = 152 \text{ mm}$$

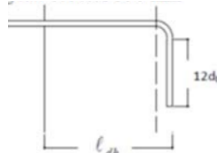
$$l_{dh} > \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f'rc}} \times db = 300,6 \text{ mm}$$

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

Berdasarkan pasal 21.7.5.1 penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik dengan kait  $90^\circ$

$$l_{dh} > \frac{f_y \times db}{5,4 \times \sqrt{f'rc}} = 231,9 \text{ mm}$$

Jadi dipakai panjang  $l_{dh} = 310 \text{ mm}$



**Gambar 4. 48** Penyaluran Kait Standart

- Penyaluran tulangan tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2

$$l_{dc} > 200 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f'rc}} \times db = 300,6 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > 0,043 \times f_y \times db = 318,63 \text{ mm}$$

### g. Lap Splice untuk bentang menerus

Pada pasal 21.5.2.1 menjelaskan bahwa sedikitnya harus ada 2 buah tulangan yang dibuat kontinu dibagian dan bawah penampang. Pasal 7.10.4.5 mengizinkan sambungan lewatan kelas A untuk penyambungan, dengan panjang penyaluran  $l_d$  seperti pada point f.

$$L_d = 800 \text{ mm}$$

Berdasarkan Pasal 21.7.5.2, nilai panjang penyaluran ini tidak boleh kurang dari 3,25 kali panjang tulangan berkait  $L_{dh}$  yang dihitung berdasarkan persamaan 21-6 (Pasal 21.7.5.1)

$$\begin{aligned} L_{d \min} &= 3,25 \times L_{dh} \\ &= 3,25 \times 231,9 = 753,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada pasal 21.5.2.3 tulangan yang disalurkan harus diikat dengan hoops yang dipasang dengan spasi maksimum, yaitu yang terkecil diantara  $d/4 = 132 \text{ mm}$  dan  $100 \text{ mm}$ . Maka dipasang spasi hoops didaerah penyambungan  $100 \text{ mm}$

### h. Kontrol Lendutan

Momen yang terjadi

$$q_u = 691,2 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 13470 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{qu} &= \frac{1}{12} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 691,2 \times 3,9^2 \\ &= 876,1 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pu} &= \frac{1}{8} \times P_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 13470 \times 3,9^2 \\ &= 6566,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.10.4 dimana akibat retak lentur pada struktur momen inersia penampang struktur lentur balok dapat direduksi sebesar 0,35I<sub>g</sub>

$$\begin{aligned}
 I_g &= 0,35 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= 0,35 \times \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 \\
 &= 252 \times 10^7 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{35} = 27806 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned}
 \Delta &= \frac{5}{384} \times \frac{M_{uq} \times Ln^2}{EI} + \frac{1}{12} \times \frac{M_{pu} \times Ln^2}{EI} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{876,1 \times 3,9^2}{27806 \times 252 \times 10^7} + \frac{1}{12} \times \frac{6566,8 \times 3,9^2}{27806 \times 252 \times 10^7} \\
 &= 1,2002 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lendutan jangka panjang akibat rangkakan dan susut  
Faktor rangkakan dan susut beton

$$\lambda_{\Delta} = \frac{\zeta}{1+50 p'}$$

Dimana :

$\zeta = 2$  (faktor waktu pada gedung lebih dari 5 tahun)

$$\begin{aligned}
 p' &= \frac{As \text{ tekan}}{b \times d} \\
 &= \frac{1417,64}{400 \times 528} \\
 &= 0,0067
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\Delta} &= \frac{2}{1+50 \times 0,0067} \\
 &= 1,5
 \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi akibat rangkakan susut :

$$\begin{aligned}
 \Delta' &= \Delta \times \lambda_{\Delta} \\
 &= 1,2002 \times 1,5 = 1,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi tidak boleh melebihi lendutan izin yang diisyaratkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5 (b).

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ijin} &= \frac{Ln}{360} = \frac{3900}{360} = 10,83 \text{ mm} \\
 \Delta' &< \Delta_{ijin}
 \end{aligned}$$

$$1,8 \text{ mm} < 10,83 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

#### 4.4.1.5 Kontrol Tegangan saat Penumpukan

Penumpukan balok induk pracetak dilakukan dengan 2 tumpukan pada saat umur beton 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

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

$$\begin{aligned} f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\ &= 0,7 \times \sqrt{16,1} \\ &= 2,809 \text{ MPa} \\ &= 28,09 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Beban saat penumpukan :

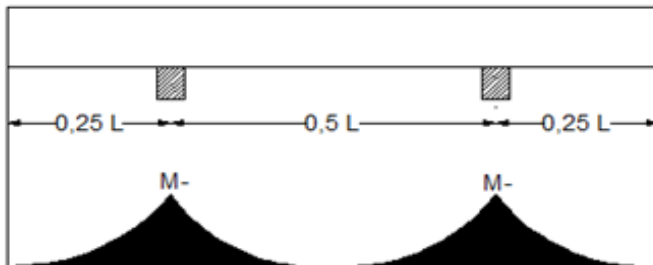
$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \times 0,47 \times 2400 = 451,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Qd} = 1,2 \times 451,2 = 541,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pekerja} = 100 = 100 \text{ kg}$$

$$\text{PL} = 1,6 \times 100 = 160 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Tahanan (W)} &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 40 \times 47^2 \\ &= 14726,67 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 49** Penumpukan balok induk

$$L = 3,9 \text{ m}$$

$$0,5L = 1,95 \text{ m}$$

$$0,25L = 0,975 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{Lap} &= \left( \frac{1}{10} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_L \times (0,5L) \right) \\ &= \left( \frac{1}{10} \times 541,4 \times (1,95)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 160 \times (1,95) \right) \\ &= 283,88 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 283,88 \times 1,5 = 425,82 \text{ kg.m} \approx 42582,38 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} M_{Tum} &= \left( \frac{1}{8} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{8} \times 541,4 \times (1,95)^2 \right) \\ &= 257,35 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 257,35 \times 1,5 = 386,03 \text{ kg.m} \approx 38602,98 \text{ kg.cm}$$

### **Kontrol Tegangan**

$$\begin{aligned} \sigma_{Lap} &= \frac{M_{Lap}}{W} \\ &= \frac{42582,38}{14726,67} = 2,89 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28,09 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Tum} &= \frac{M_{Tum}}{W} \\ &= \frac{38602,98}{14726,67} = 2,62 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28,09 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

### **Kontrol Jumlah Penumpukan**

Pada penumpukan balok induk pracetak digunakan balok kayu dengan ukuran 5/10.

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

$$\begin{aligned} \text{Beban (P}_u\text{)} &= (1,2 \times 451,2 \times 3,9) + (1,6 \times 100) \\ &= 2271,6 \text{ kg} \approx 22716,16 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f = \frac{P_U}{A} = \frac{22716,16}{150000} = 0,1514 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Penumpukan} &= \frac{f_r}{f \times SF} \\ &= \frac{2,809}{0,1514 \times 3} = 7 \text{ Tumpukan} \end{aligned}$$

#### 4.4.1.6 Kontrol Tegangan saat Pemasangan

Pemasangan balok induk pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari.

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

$$\begin{aligned} f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\ &= 0,7 \times \sqrt{24,5} \\ &= 3,465 \text{ MPa} \\ &= 34,65 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Beban saat pemasangan :

$$\text{Berat balok pracetak} = 0,4 \times 0,47 \times 2400 = 451,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Qd} = 1,2 \times 451,2 = 541,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat pracetak} = 432 \text{ kg/m}$$

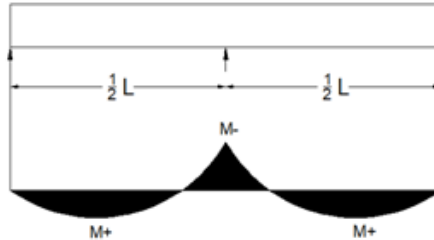
$$\text{Berat balok anak pracetak} = 194 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Pd} &= 1,2 \times ((432 + 294) \times \frac{6}{2} \times 2) \\ &= 4510 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Berat pekerja} = 100 \times 1 = 100 \text{ kg}$$

$$\text{PL} = 1,6 \times 100 = 160 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Tahanan (W)} &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 40 \times 47^2 \\ &= 1426,67 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 50** Pemasangan balok induk

$$L = 3,9 \text{ m}$$

$$0,5L = 1,95 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{Lap} &= \left( \frac{1}{10} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_L \times (0,5L) \right) \\ &= \left( \frac{1}{10} \times 541,4 \times (1,95)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 4670 \times (1,95) \right) \\ &= 2482,55 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 2482,55 \times 1,5 = 3724 \text{ kg.m} \approx 372381,98 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} M_{Tum} &= \left( \frac{1}{8} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{8} \times 541,1 \times (1,95)^2 \right) \\ &= 257,35 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{tum} = 257,35 \times 1,5 = 386,02 \text{ kg.m} \approx 38602,98 \text{ kg.cm}$$

### **Kontrol Tegangan**

$$\begin{aligned} \sigma_{Lap} &= \frac{M_{Lap}}{W} \\ &= \frac{372381,98}{14726,67} = 25,3 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,65 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Tum} &= \frac{M_{Tum}}{W} \\ &= \frac{38602,98}{14726,67} = 2,6 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,65 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

#### 4.4.1.7 Kontrol Tegangan saat Pengecoran

Pengecoran overtopping balok induk dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari

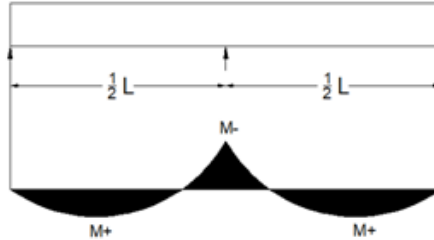
$$\begin{aligned} f'c &= 0,7 \times f'c \\ &= 0,7 \times 35 \\ &= 24,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\ &= 0,7 \times \sqrt{24,5} \\ &= 3,465 \text{ MPa} \\ &= 34,65 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Beban saat pengecoran :

Berat sendiri balok	= $0,4 \times 0,6 \times 2400$	= 576 kg/m
Qd	= $1,2 \times 576$	= 691,2 kg/m
Berat pelat pracetak		= 702 kg/m
Berat balok anak pracetak		= 288 kg/m
Pd	= $1,2 \times ((702 + 288) \times \frac{6}{2} \times 2$	
	= 7128kg	
Berat pekerja	= $100 \times 1$	= 100 kg
PL	= $1,6 \times 100$	= 160 kg
Momen Tahanan (W)	= $\frac{1}{6} \times b \times h^2$	
	= $\frac{1}{6} \times 40 \times 60^2$	
	= 24000 cm <sup>3</sup>	





**Gambar 4. 51** Pengecoran balok induk

$$L = 3,9 \text{ m}$$

$$0,5L = 1,95 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{Lap} &= \left( \frac{1}{10} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_L \times (0,5L) \right) \\ &= \left( \frac{1}{10} \times 691,2 \times (1,95)^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 7288 \times (1,95) \right) \\ &= 3815,729 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 3815,729 \times 1,5 = 5724 \text{ kg.m} \approx 572359,32 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} M_{Tum} &= \left( \frac{1}{8} \times q_D \times (0,5L)^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{8} \times 691,2 \times (1,95)^2 \right) \\ &= 328,536 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_{Lap} = 328,536 \times 1,5 = 492,8 \text{ kg.m} \approx 49280,4 \text{ kg.cm}$$

### **Kontrol Tegangan**

$$\begin{aligned} \sigma_{Lap} &= \frac{M_{Lap}}{W} \\ &= \frac{572359,32}{24000} = 23,8 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,65 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Tum} &= \frac{M_{Tum}}{W} \\ &= \frac{49280,4}{24000} = 2,1 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 34,65 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

**Tabel 4. 27** Rekapitulas Tulangan Balok Induk

Tipe Balok	Dimensi (cm)				Bentang (m)	Tumpuan Kiri				Lapangan				Tumpuan Kanan				Tulangan Geser						Torsi	Tulangan Angkat				
	Sebelum Komposit		Sesudah Komposit			Atas		Bawah		Atas		Bawah		Atas		Bawah		Sendi Plastis			Luar Sendi Plastis								
BI1	40	x60	40	x 47	4,5	7	D19	5	D19	3	D19	4	D19	7	D19	5	D19	2	kaki	φ13	- 80	2	kaki	φ13	- 150	4	D13	2	φ13
BI2	40	x 60	40	x 47	5,5	7	D19	5	D19	3	D19	4	D19	7	D19	5	D19	2	kaki	φ13	- 80	2	kaki	φ13	- 150	4	D13	2	φ13
BI3	40	x 60	40	x 47	6	6	D19	5	D19	3	D19	4	D19	6	D19	5	D19	2	kaki	φ13	- 90	2	kaki	φ13	- 150	4	D13	2	φ13
BI4	40	x 60	40	x 47	3	6	D19	5	D19	3	D19	3	D19	6	D19	5	D19	2	kaki	φ13	- 100	0	kaki	φ13	- 150	4	D13	2	φ13

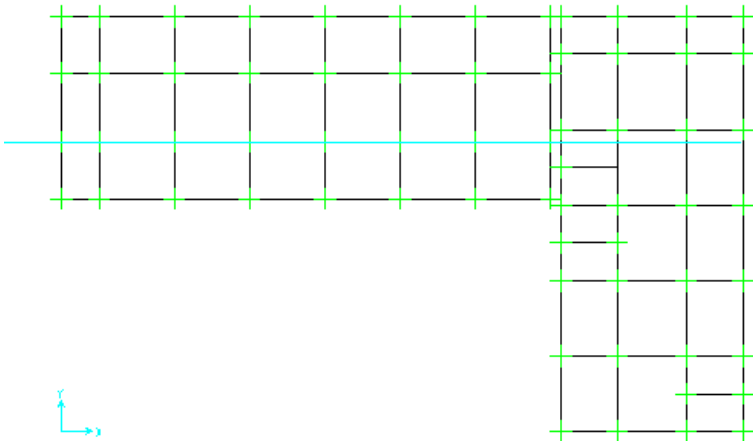
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

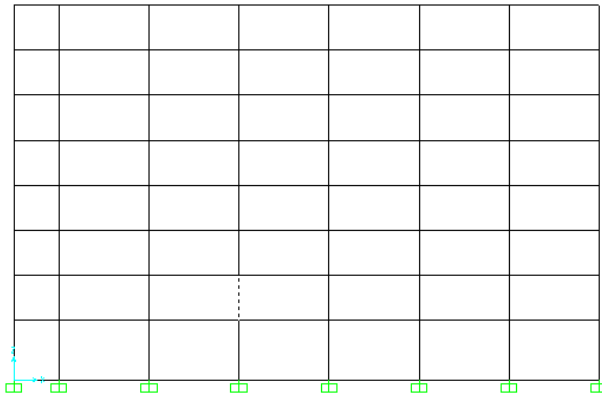
#### 4.4.2 Perencanaan Kolom

Perencanaan perhitungan penulangan kolom diambil dari  $P_u$  ultimate terbesar hasil output pemodelan struktur dari SAP 2000, kolom dengan dimensi 60 cm x 60 cm pada as Q – 5 lantai

2. Berikut data perencanaan yang akan digunakan :

- Tipe kolom : K1 (60/60)
- As kolom : Q – 5
- Bentang kolom : 3000 mm
- Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) : 35 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 390 MPa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ ) : 390 MPa
- D lentur : 22 mm
- D geser : 13 mm
- Decking : 40 mm
- Tinggi efektif ( $d$ ) =  $b - \text{decking} - D \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ lentur}$   
=  $600 - 40 - 13 - \frac{1}{2} \times 22$   
= 536 mm





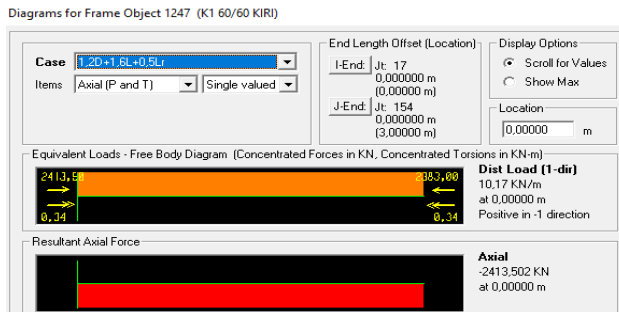
**Gambar 4. 52** Gambar Kolom yang di tinjau

**4.4.2.1 Hasil output SAP 2000**

Berdasarkan hasil analisa gaya dalam struktur dengan program bantu SAP 2000, didapatkan gaya dalam kolom K1 (60cm /60 cm) as Q – 5 sebagai berikut :

- Kolom K1 as Q – 5, lantai 2 (kolom yang ditinjau)

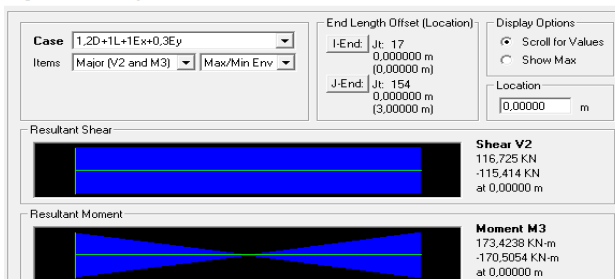
**Aksial**



Kombinasi :  $1,2D + 1,6L + 0,5Lr = 2413,502 \text{ kN}$

**Momen akibat gempa arah X**

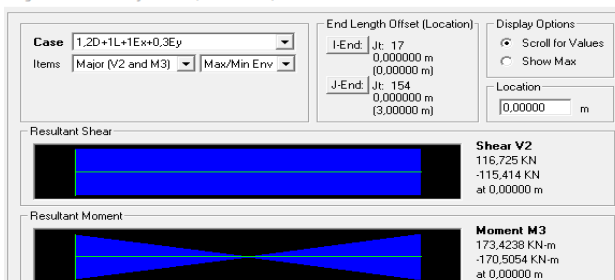
Diagrams for Frame Object 1247 (K1 60/60 KIRI)



Kombinasi :  $1,2D + 1L + 1Ex + 0,3Ey = 173,424 \text{ kN}$

**Momen akibat gempa arah Y**

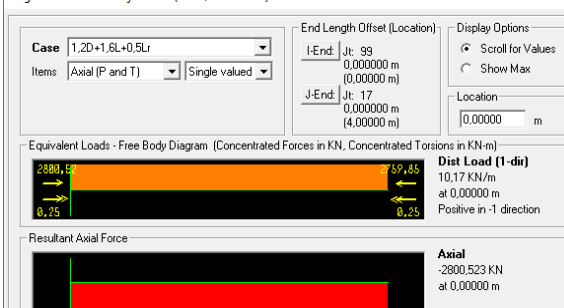
Diagrams for Frame Object 1247 (K1 60/60 KIRI)



Kombinasi :  $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey = 64,441 \text{ kN}$

- Kolom K1 as Q – 5, Lantai 1 (kolom lantai bawah)  
**Aksial**

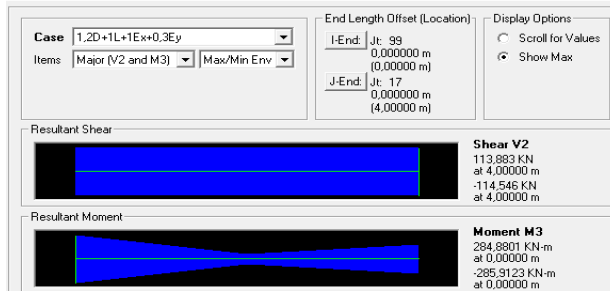
Diagrams for Frame Object 651 (K1 60/60 LT1 KIRI)



Kombinasi :  $1,2D + 1,6L + 0,5Lr = 2800,523 \text{ kN}$

### Momen akibat gempa arah X

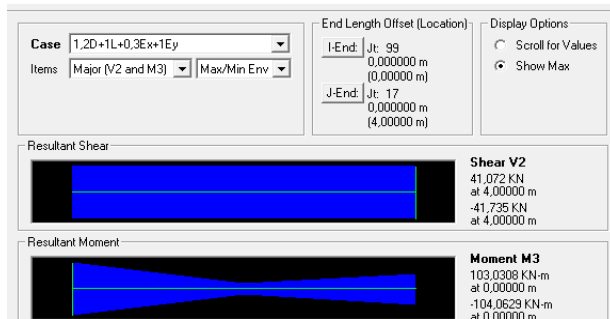
Diagrams for Frame Object 651 (K1 60/60 LT1 KIRI)



Kombinasi :  $1,2D + 1L + 1Ex + 0,3Ey = 285,912 \text{ kN}$

### Momen akibat gempa arah Y

Diagrams for Frame Object 651 (K1 60/60 LT1 KIRI)

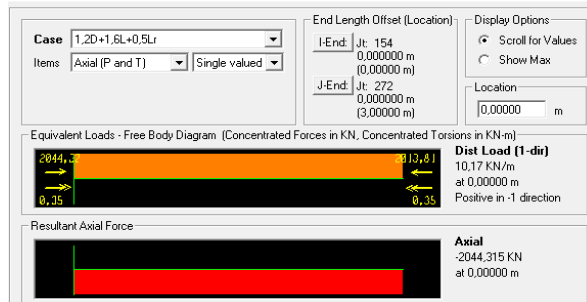


Kombinasi :  $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey = 104,063 \text{ kN}$

- Kolom K1 as Q – 5, lantai 3 (kolom lantai atas)

### Aksial

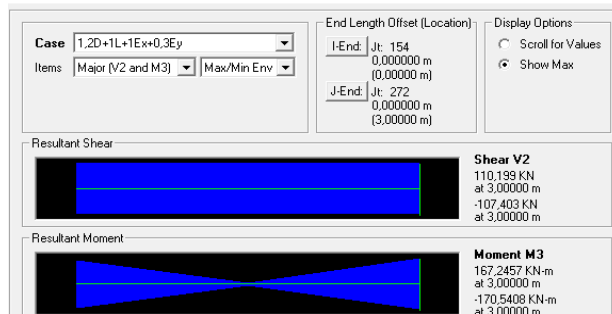
Diagrams for Frame Object 1248 (K1 60/60 KIRI)



Kombinasi :  $1,2D + 1,6L + 0,5Lr = 2044,315 \text{ kN}$

### Momen akibat gempa arah X

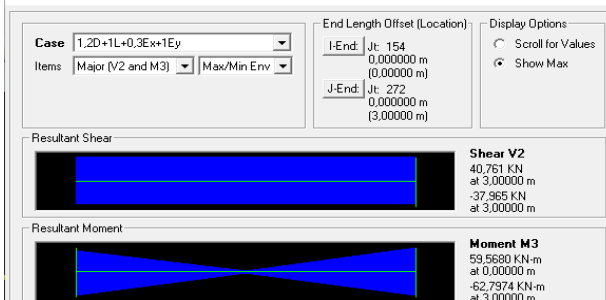
Diagrams for Frame Object 1248 (K1 60/60 KIRI)



Kombinasi :  $1,2D + 1L + 1Ex + 0,3Ey = 170,541 \text{ kN}$

### Momen akibat gempa arah Y

Diagrams for Frame Object 1248 (K1 60/60 KIRI)



Kombinasi :  $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey = 62,797 \text{ kN}$



#### 4.4.2.2 Cek Persyaratan Kolom SRPMK

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 persyaratan yang harus dipenuhi :

- a. Gaya aksial terfaktor maksimum  $> \frac{Ag \times f'c}{10}$   
 Kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5Lr = 2413,502 kN.  

$$\frac{Ag \times f'c}{10} = \frac{360000 \times 35}{10}$$

$$= 1260000 \text{ N} < 2413502,34 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$
- b. Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm  
 $600 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$
- c. Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4  

$$\frac{b}{h} = \frac{600}{600}$$

$$= 1 > 0,4 \dots\dots\dots \text{OK}$$

#### 4.4.2.3 Penulangan Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1 luas tulangan longitudinal tidak kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag. Digunakan tulangan D22 sejumlah 12 buah (As = 4562 mm<sup>2</sup>) dengan  $\rho = 1,29 \%$ .

$$1 \% < 1,29\% < 6\% \dots\dots\dots \text{OK}$$

Jumlah tulangan setiap sisi 4 D22

$$S = \frac{b - \text{decking} - 2 \times D_{\text{senggang}} - n \times D_{\text{lentur}}}{n - 1}$$

$$= \frac{600 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 4 \times 22}{4 - 1}$$

$$= 135,33 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 135,33 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

#### 4.4.2.4 Cek Persyaratan Strong Coloum Weak Beam

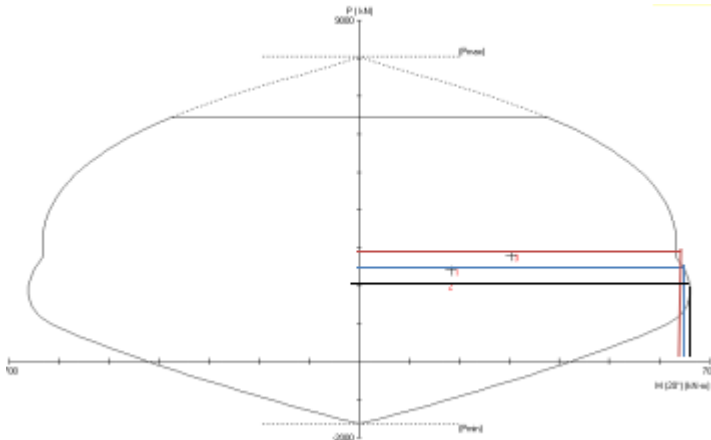
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2.2, kuat kolom harus memenuhi :

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

Keterangan :

$\sum M_{nc}$  : Jumlah  $M_n$  dua kolom yang bertemu dijoin

$\sum M_{nb}$  : Jumlah  $M_n$  dua balok yang bertemu dijoin



**Gambar 4. 53** Diagram Interaksi Kolom (PCAc)

Keterangan :

- : Kolom lantai 1 (bawah)
- : Kolom lantai 2 (yang ditinjau)
- : Kolom lantai 3 (atas)

Berdasarkan gambar diatas didapatkan :

- Kolom lantai 1

$$P_n \text{ (Gaya aksial terfaktor kolom)} = 2802 \text{ kN}$$

$$M_n = 629 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 698,9 \text{ kN.m}$$

- Kolom lantai 2 (yang ditinjau)

$$P_n \text{ (Gaya aksial terfaktor kolom)} = 2412 \text{ kN}$$

$$M_n = 646 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 717,8 \text{ kN.m}$$

- Kolom lantai 3

$$P_n \text{ (Gaya aksial terfaktor kolom)} = 2047 \text{ kN}$$

$$M_n = 664 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 737,8 \text{ kN.m}$$

Tulangan balok pada joint kolom yang ditinjau

Lokasi	As (mm <sup>2</sup> )	$\phi M_n$ (N-mm)	Mpr (N-mm)
Ujung melintang BI2	1984,70	344816288,6	408569043,2
Ujung melintang BI1	1417,64	250921041,4	344487824,5

$$\begin{aligned} 1,2 \sum M_{nb} &= 1,2 \times (M_n^+ + M_n^-) \\ &= 1,2 \times (250921041,4 + 344816288,6) \\ &= 714884796 \text{ N.mm} \approx 714,9 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &\geq 1,2 \sum M_{nb} \\ \phi M_{n_{atas}} + \phi M_{n_{desain}} &\geq 1,2 \sum M_{nb} \\ 737,8 + 717,8 &\geq 714,9 \\ 1455,6 \text{ kN.m} &\geq 714,9 \text{ kN.m} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &\geq 1,2 \sum M_{nb} \\ \phi M_{n_{bawah}} + \phi M_{n_{desain}} &\geq 1,2 \sum M_{nb} \\ 698,9 + 717,8 &\geq 714,9 \\ 1416,7 \text{ kN.m} &\geq 714,9 \text{ kN.m} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

#### 4.4.2.5 Desain Tulangan Confinement

Tulangan dipasang sepanjang sendi plastis, dengan ketentuan panjang sendi plastis menurut SNI 2847 :2013 Pasal 21.6.4.1 :

a. H kolom = 600 mm

b. 0,17 L<sub>n</sub> = 400 mm

c. 450 mm

Maka diambil  $l_o = 600$  mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4 total luas penampang hoops tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara :

$$A_{sh} = 0,3 \times \left( \frac{s \times bc \times f_{rc}}{f_{yt}} \right) \times \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \times s \times bc \times f_{rc}}{f_{yt}}$$

Untuk :

$bc$  = lebar penampang inti beton (yang terkekang)

$$= 600 - (2 \times 40) - 13$$

$$= 507 \text{ mm}$$

$A_{ch}$  = luas penampang inti beton, diukur dari serat terluar hoop ke serat terluar hoop disisi lainnya

$$= (600 - 80)^2$$

$$= 270400 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \times \left( \frac{bc \times f_{rc}}{f_{yt}} \right) \times \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$= 0,3 \times \left( \frac{487 \times 35}{390} \right) \times \left( \frac{360000}{270400} - 1 \right)$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,09 \times bc \times f_{rc}}{f_{yt}}$$

$$= \frac{0,09 \times 507 \times 35}{390}$$

$$= 4,1 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Nilai diambil yang terbesar  $4,52 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Spasi Maksimum tulangan transversal sepanjang  $l_o$  menurut SNI 2847 : 2013 Pasal 21.6.4.3.

$$- \frac{b}{4} = \frac{600}{4} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad 6db &= 6 \times 22 = 132 \text{ mm} \\
 - \quad S_o &= 100 + \frac{350-h_x}{3} \\
 h_x &= \frac{1}{3} b_c \\
 &= \frac{1}{3} \times 507 = 169 \text{ mm} \\
 S_o &= 100 + \frac{350-h_x}{3} \\
 &= 100 + \frac{350-169}{3} = 160
 \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan spasi 100mm

$$A_s h = 4,52 \times 100 = 452 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan 4 kaki D13-100 mm ( $A_s = 530,9 \text{ mm}^2$ )

SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.1 Di luar daerah sendi plastis dipasang tulangan confinement dengan spasi tidak boleh melebihi:

$$\begin{aligned}
 - \quad 6db &= 6 \times 22 = 132 \text{ mm} \\
 - \quad 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan 4 kaki D13-130 mm

#### 4.4.2.6 Desain Tulangan Geser

$V_e$  tidak perlu lebih besar dari  $V_{sway}$  yang dihitung berdasarkan  $M_{pr}$  balok :

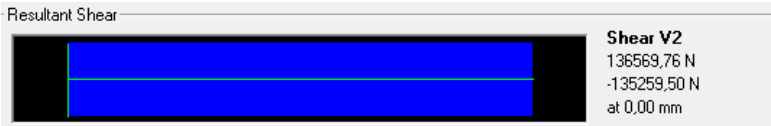
$$V_e = \frac{M_{pr.atas} \times DF_{atas} + M_{pr.bawah} \times DF_{bawah}}{L_n}$$

Keterangan :

DF = faktor distribusi momen dibagian atas dan bawah = 0,5

$$\begin{aligned}
 V_e &= \frac{408569043,2 \times 0,5 + 344487824,5 \times 0,5}{2400} \\
 &= 156886,847 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tetapi  $V_e$  tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis :



$$V_u = 136569,76 \text{ N} < V_e = 156886,847 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Berdasarkan Pasal 21.6.5.2 SNI 2847:2013 Nilai  $V_c = 0$  apabila  $V_e$  akibat gempa lebih besar  $1/2 V_u$  dan gaya aksial  $P_u$  kurang dari  $Ag f'_c/10$ .

$$0,5V_u = 68285 \text{ N} < V_e = 156886,847 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$P_u = 243502,34 \text{ N} > \frac{Ag \times f'_c}{10} = 1260000 \text{ N} \dots\dots\dots \text{N.OK}$$

Maka nilai  $V_c$  diperhitungkan

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left(1 + \frac{N_u}{14Ag}\right) \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 0,17 \times \left(1 + \frac{243502,34}{14 \times 600 \times 600}\right) \times \sqrt{35} \times 600 \times 526 \\ &= 469407,251 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 352055,438 \text{ N}$$

$$0,5 \times \phi V_c = 176027,719 \text{ N}$$

$$0,5 \times \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$176027,719 \text{ N} > 156886,847 \text{ N} < 352055,438 \text{ N}$$

Dicoba tulangan geser D13-100 mm

$$\begin{aligned} A_{v \min} &= 0,062 \times \sqrt{f'_c} \times \frac{b_w \times s}{f_{yt}} \\ &= 0,062 \times \sqrt{35} \times \frac{600 \times 100}{390} \\ &= 56,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\frac{0,35 \times b_w \times s}{f_{yt}} = \frac{0,35 \times 600 \times 100}{390} = 53,85 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan geser D13-100 mm ( $A_s = 530,9 \text{ mm}^2$ )

#### 4.4.2.7 Lap Splices

Lap splices hanya boleh dipasang di tengah tinggi kolom, dan harus diikat dengan tulangan sengkang (confinement). Pada pasal 12.17.2.2 kelas B Lap Splice, jika semua tulangan disalurkan dilokasi yang sama. Panjang lewatan kelas B = 1,3 Ld

$$\begin{aligned} Ld &= \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \Psi_s \times \sqrt{f'_c}} \times db \\ &= \frac{390 \times 1,3 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{35}} \times 22 \\ &= 1109 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada pasal 12.17.2.4 , untuk 1,3 Ld dapat dikurangi dengan cara dikalikan 0,83, jika confinement sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari 0,0015 h x s.

$$S = 100 \text{ mm}$$

$$Area \text{ eff} = 0,0015 \times 600 \times 100 = 90 \text{ mm}^2$$

$$Area \text{ hoops} = 452 \text{ mm}^2$$

Dengan demikian lap splices menjadi =  $0,83 \times 1109 = 921 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$ . Syarat perpanjangan bengkokan pada tulangan confinement menurut SNI - 2847 - 2013 gambar S21.6.4.2 adalah 6db atau 75 mm, dengan db adalah diameter tulangan confinement :

$$6db = 78 \text{ mm atau } 75 \text{ mm}$$

Untuk keperluan praktis maka dipakai : 80 mm.

#### 4.4.3 Desain Hubungan Balok Kolom

Berikut data perencanaan hubungan balok induk dengan kolom :

Data balok induk

- Dimensi balok = 40/60 cm
- F'c = 35 MPa
- Fy = 390 MPa

- $F_{yv}$  = 240 MPa
- D lentur = 19 mm
- D geser = 13 mm
- Decking = 50 mm

Tulangan balok pada joint kolom yang ditinjau

Lokasi	As (mm <sup>2</sup> )	$\phi M_n$ (N-mm)	Mpr (N-mm)
Ujung melintang BI2	1984,70	344816288,6	408569043,2
Ujung melintang BI1	1417,64	250921041,4	344487824,5

Data kolom

- Dimensi kolom = 60/60 cm
- $L_n$  = 2400 mm
- D lentur = 22 mm
- D geser = 13 mm

Dimensi Join

Pada pasal 21.7.4.1, luas efektif hubungan kolom dan balok, dinyatakan dalam  $A_j$  (lebar kolom dan lebar balok yang menyatu). Lebar joint efektif :

$$b + h = 400 + 600 = 1000 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 400 + \left(2 \times \frac{600+400}{2}\right) = 600 \text{ mm}$$

Maka,  $b_e$  yang digunakan = 600 mm

$$\text{Luas } A_j = h \times b_e$$

$$= 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

#### 4.4.3.1 Persyaratan Joint Kolom-Balok untuk SRPMK

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.7.2.1 Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal di muka joint harus ditentukan



dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah  $1,25 f_y$ . Pasal 21.7.2.3 menyatakan tulangan longitudinal menerus melalui joint balok kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar untuk beton normal (normalweight).

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok :

$$h = 600 \text{ mm} > 20d_b$$

$$600 \text{ mm} > 380 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

#### 4.4.3.2 Penulangan Transversal pada Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal Menyatakan bahwa tulangan transversal pada kolom untuk desain ini sama dengan jumlah tulangan transversal pada kolom. Kecuali desain memenuhi pasal 21.7.3.2. menyatakan jumlah tulangan transversal boleh direduksi apabila memenuhi :

- a. Joint terkekang pada empat sisi
- b. Setiap lebar komponen struktur paling sedikit  $3/4$  lebar kolom:  
 Lebar joint = lebar balok = 400 mm  
 $0,75 \times b \text{ kolom} = 450 \text{ mm}$

Desain tidak memenuhi persyaratan pada pasal ini, maka tulangan transversal pada joint sama dengan tulangan transversal pada kolom.

Pada perhitungan kolom di dapatkan nilai Ash :

$$\frac{A_{sh}}{s} = 4,52 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi yang di pakai sama dengan pada kolom = 100 mm

Area tulangan hoops yang dibutuhkan =  $4,52 \times 100 = 452 \text{ mm}^2$

Dipakai baja tulangan 4 kaki D13 ( $A_s = 530,9 \text{ mm}^2$ )

#### 4.4.3.3 Kontrol Gaya Geser dan Kekuatan Geser pada Joint

Pada joint kekakuan kolom atas dan bawah adalah sama maka nilai,  $DF = 0,5$ .

Gaya geser pada kolom atas :

$$V_{sway} = \frac{408569043,2 \times 0,5 + 344487824,5 \times 0,5}{2400}$$

$$= 156886,847 \text{ N}$$

Pada lapis bagian atas balok tulangan lentur terpasang :

- Gaya tarik yang bekerja pada balok di bagian kiri

$$T_1 = 1,25 \times A_s \times f_y$$

$$= 1,25 \times 1985 \times 390$$

$$= 967541,81 \text{ N}$$

- Gaya tekan yang bekerja pada balok kearah kiri

$$C_1 = T_1 = 967541,81 \text{ N}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok di bagian kanan

$$T_2 = 1,25 \times A_s \times f_y$$

$$= 1,25 \times 1418 \times 390$$

$$= 691101,3 \text{ N}$$

- Gaya tekan yang bekerja pada balok kearah kiri

$$C_2 = T_2 = 691101,3 \text{ N}$$

$$V_u = V_j = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$= 156886,847 - 967541,81 - 691101,3$$

$$= 1778196,8 \text{ N (Searah dengan T1)}$$

Pada SNI 2847:2013 Pasal 21.7.4.1 , untuk kuat geser nominal joint yang dikekang keempat sisinya :

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{f'_c} \times A_j$$

$$= 1,7 \times \sqrt{35} \times 360000$$

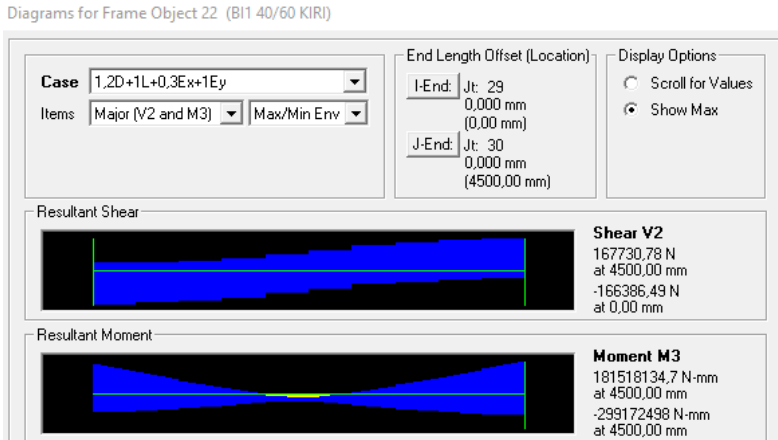
$$= 3620640,8 \text{ N} > V_u = 1778196,8 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

## 4.5 Perencanaan Sambungan

### 4.5.1 Sambungan Kolom-Balok Induk

#### 4.5.1.1 Perencanaan Konsol pada Kolom

Perencanaan konsol pada kolom didasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Berikut data perencanaan :



**Gambar 4. 54** Gaya Geser Balok Induk

- Vu balok induk = 167730,78 N
- Dimensi balok induk = 40/60 cm
- bw konsol = 400 mm
- h konsol = 400 mm
- decking = 40 mm
- D lentur = 22 mm
- D geser = 13 mm
- $F^2c$  = 35 MPa
- $F_y$  = 390 MPa
- $a_v$  = 150 mm
- $d = 400 - 40 - \frac{1}{2} \times 22 = 349$  mm

Geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi harus sesuai dengan persyaratan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1.

1.  $\frac{av}{d} = \frac{150}{349} = 0,43 \leq 1$  ..... **OK**
2.  $N_{uc} > 0,2 V_u$   
 $N_{uc} = 0,2 \times 167730,78 \text{ N} = 33546,156 \text{ N}$

### Cek Kecukupan Penampang

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2.1, untuk beton normal, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar dari pada :

1.  $0,2 \times f'c \times bw \times d \geq V_n$   
 $0,2 \times 35 \times 400 \times 349 \geq 223641,04 \text{ N}$   
 $977200 \text{ N} \geq 223641,04 \text{ N}$  ..... **OK**
2.  $(3,3 + 0,1f'c) \times bw \times d \geq V_n$   
 $(3,3 + 0,1 \times 35) \times 400 \times 349 \geq 223641,04 \text{ N}$   
 $851560 \text{ N} \geq 223641,04 \text{ N}$  ..... **OK**
3.  $11 \times bw \times d \geq V_n$   
 $11 \times 400 \times 349 \geq 223641,04 \text{ N}$   
 $1535600 \text{ N} \geq 223641,04 \text{ N}$  ..... **OK**

### Perhitungan Tulangan Konsol

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.6.4.1 dan 11.8.3.2.

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

Dicoba tulangan 3D22 ( $A_v = 1521 \text{ mm}^2$ )

$$\mu = 1,4 \text{ (koefisien friksi)}$$

$$V_n = 1140 \times 390 \times 1,4$$

$$= 622657,381 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.8.2 untuk sambungan pada pracetak sebagai penahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut dan semua persyaratan pada cor setempat.

$$V_n > 2 \times V_e$$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan  $V_e$  balok dan  $V_e$  Kolom sebagai berikut :

Balok :

$$\begin{aligned} V_e(+) &= 2 \times V_e = 2 \times 293507,04 < V_n \\ &= 587014,085 N < 622657,381 N \text{.. OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e(-) &= 2 \times V_e = 2 \times 124714,823 < V_n \\ &= 249429,645 N < 622657,381 N \text{.. OK} \end{aligned}$$

Kolom:

$$\begin{aligned} V_e &= 2 \times V_e = 2 \times 156886,847 < V_n \\ &= 313773,695 N < 622657,381 N \text{.. OK} \end{aligned}$$

### Luasan Tulangan Lentur

Asumsi perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek adalah sendi-rol yang mengijinkan deformarsi arah lateral maupun horizontal. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3 akan digunakan  $N_{uc}$  minimum ( $N_{uc}$  = gaya tarik horizontal terfaktor yang diterapkan diatas korbel yang bekerja dengan  $V_u$ )

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times av + N_{uc} \times (h - d) \\ &= 167730,78 \times 150 + 33546,156 \times (400 - 349) \\ &= 26870471 N \cdot mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{26870471}{\phi \times 400 \times 349^2} \\ &= 0,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,65}{390}} \right) \\ &= 0,00168 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00168 < 0,0277 \text{ (Memenuhi)}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00168 = 0,00219$$

Tulangan untuk menahan momen

$$\begin{aligned} A_{f1} &= \frac{M_u}{0,85 \times \phi \times f_y \times d} \\ &= \frac{26870471}{0,85 \times 0,75 \times 390 \times 349} \\ &= 309,674 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{f2} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00219 \times 400 \times 349 \\ &= 305,298 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil  $305,298 \text{ mm}^2$

Tulangan untuk menahan Nuc :

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} \\ &= \frac{33546,156}{0,75 \times 390} \\ &= 114,687 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan yang digunakan, Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.5

$$\begin{aligned} A_{sc} &= A_f + A_n \\ &= 305,298 + 114,687 \\ &= 419,986 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{2}{3} A_{vf} + A_n \\ &= \frac{2}{3} \times 1140 + 14,687 \\ &= 875 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Asc diambil yang terbesar  $875 \text{ mm}^2$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.5

$$\frac{A_{sc \text{ min}}}{b \times d} > 0,04 \times \frac{f'c}{f_y}$$

$$\frac{874,953}{400 \times 349} > 0,04 \times \frac{35}{390}$$

$$0,00627 > 0,00359 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

### **Kebutuhan Tulangan Lentur**

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{sc}}{A_{s \text{ tul}}} \\ &= \frac{380}{132,73} \\ &= 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$A_s = 1140,4 \text{ mm}^2 > A_{sc} = 875 \text{ mm}^2$$

Sehingga dipakai 3 D13 ( $A_s = 1140,4 \text{ mm}^2$ )

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.4 luas total sengkang tertutup tidak boleh kurang dari :

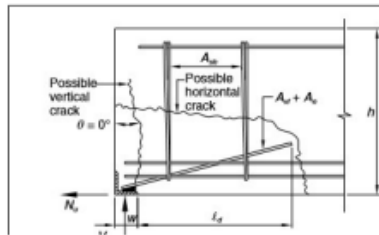
$$\begin{aligned} A_h &= 0,5 \times (A_{sc} - A_n) \\ &= 0,5 \times (875 - 115) \\ &= 380 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### **Kebutuhan Tulangan geser**

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_h}{A_{s \text{ tul}}} \\ &= \frac{380}{132,73} \\ &= 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai 3 D13 ( $A_{vf} = 398,2 \text{ mm}^2$ ), dan di pasang sepanjang  $\frac{2}{3} d = 233 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$

#### 4.5.1.2 Perencanaan Reinforced Concrete Bearing



**Gambar 4. 55** Tulangan Reinforced Concrete Bearing

Perencanaan penulangan ujung balok induk didasarkan atas PCI Design Handbook (7th Edition) section 5.6.2 tentang concrete brackets atau corbel. Penulangan end bearing berdasarkan analisa geser friksi, berikut prosedurnya :

- Diasumsikan sudut retak vertikal  $\phi = 0^0$
- Hitungan tulangan horizontal  $A_t = A_{vf} + A_n = \frac{V_u}{\phi \times f_y \times \mu_e} + \frac{N_u}{\phi \times f_y}$
- Sudut Penanaman adalah  $15^0$
- Nilai  $\mu = 1,4\lambda ; (\lambda = 1)$
- Hitungan tulangan sengkang

$$A_{sh} = \frac{A_{vf} + A_n \times f_y}{\mu_e \times f_{yv}}$$

Dimana :

$$\mu_e = \frac{\phi \times 1000 \times \lambda \times A_{cr} \times \lambda}{V_u}$$

$$A_{cr} = ld \times b$$

$ld$  = panjang penyaluran

$b$  = lebar balok

$f_{yv}$  = mutu baja sengkang



**Tabel 4. 28** Tabel Panjang Penyaluran

Penentuan  $l_d$  dari *design aids 15.4.4 PCI DESIGN HANDBOOK (7<sup>th</sup> Edition)* seperti pada tabel berikut :

**Tabel 42** Required Development Lengths

Bar size, #	$f_c = 3000$ psi				$f_c = 4000$ psi				$f_c = 5000$ psi				$f_c = 6000$ psi				Min. comp. splice
	Tension		Compression		Tension		Compression		Tension		Compression		Tension		Compression		
	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	
3	16	21	25	8	14	18	21	8	13	17	19	8	12	15	17	8	12
4	22	28	33	11	19	25	28	9	17	22	25	9	15	20	23	9	15
5	27	36	41	14	24	31	36	12	21	28	32	11	19	25	29	11	19
6	33	43	49	16	28	37	43	14	25	33	38	14	23	30	35	14	23
7	48	62	72	19	42	54	62	17	37	48	56	16	34	44	51	16	26
8	55	71	82	22	47	62	71	19	42	55	64	18	39	50	58	18	30
9	62	80	93	25	54	70	80	21	48	62	72	20	44	57	66	20	34
10	70	90	104	28	60	78	90	24	54	70	81	23	49	64	74	23	38
11	77	100	116	31	67	87	100	27	60	78	90	25	55	71	82	25	42

Digunakan tulanga D13 (#4)

$$f_c = 5000 \text{ psi} = 35 \text{ MPa}$$

$$l_d = 17 \text{ in} = 432 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm} = 15,7 \text{ in}$$

$$A_{cr} = l_d \times b$$

$$= 17 \times 15,7 = 267,717 \text{ in}^2$$

$$f_{yv} = 390 \text{ MPa} = 56564,718 \text{ lb/in}$$

$$V_u = 167,730 \text{ kN} = 37,71 \text{ kips}$$

$$\mu_e = \frac{\phi \times 1000 \times \lambda \times A_{cr} \times \lambda}{V_u}$$

$$= \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 267,717 \times 1,4}{37707}$$

$$= 7,45 > 3,4, \text{ maka dipakai } \mu_e = 3,4 \text{ (tabel 5.3.1 PCI 7th Edition)}$$

Perhitungan tulangan Horizontal ( $A_t$ )

$$A_t = A_{vf} + A_n$$

$$= \frac{V_u}{\phi \times f_y \times \mu_e} + \frac{N_u}{\phi \times f_y}$$

$$= \frac{167730,78}{0,75 \times 390 \times 3,4} + \frac{33546,156}{0,75 \times 390} = 283 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 3 D13 (Ash = 398,2 mm<sup>2</sup>)

#### 4.5.1.3 Panjang Penyaluran Tulangan Kait

Penyaluran kait standart kondisi tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5

$$l_{dh} > 8db = 152 \text{ mm}$$

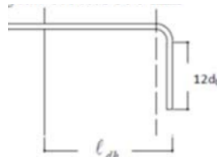
$$l_{dh} > \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e}{\lambda \times \sqrt{f'c}} \times db = 300,6 \text{ mm}$$

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

Berdasarkan pasal 21.7.5.1 penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik dengan kait 90°

$$l_{dh} > \frac{f_y \times db}{5,4 \times \sqrt{f'c}} = 231,9 \text{ mm}$$

Jadi dipakai panjang  $l_{dh} = 310 \text{ mm}$



**Gambar 4. 56** Penyaluran Kait Standart

## 4.5.2 Sambungan Balok Induk – Balok Anak

### 4.5.2.1 Perencanaan Konsol pada Balok Anak

Perencanaan konsol pada kolom didasarkan SNI 2847:2013

Pasal 11.8. Berikut data perencanaan :

- $V_u$  balok anak = 66407,04 N
- Dimensi balok anak = 30/40 cm
- bw konsol = 200 mm
- h konsol = 200 mm
- decking = 40 mm
- D lentur = 13 mm
- D geser = 13 mm
- $F'c$  = 35 MPa
- $F_y$  = 390 MPa
- av = 100 mm
- $d = 200 - 40 - \frac{1}{2} \times 13 = 153,5 \text{ mm}$

Geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi harus sesuai dengan persyaratan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1.

1.  $\frac{av}{d} = \frac{100}{153,5} = 0,651 \leq 1$  ..... **OK**
2.  $N_{uc} > 0,2 V_u$   
 $N_{uc} = 0,2 \times 66407,04 \text{ N} = 13281,408 \text{ N}$

### Cek Kecukupan Penampang

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2.1, untuk beton normal, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar dari pada :

1.  $0,2 \times f'c \times bw \times d \geq V_n$   
 $0,2 \times 35 \times 200 \times 153,5 \geq 88542,72 \text{ N}$   
 $214900 \text{ N} \geq 88542,72 \text{ N}$  ..... **OK**
2.  $(3,3 + 0,1f'c) \times bw \times d \geq V_n$   
 $(3,3 + 0,1 \times 35) \times 200 \times 153,5 \geq 88542,72 \text{ N}$   
 $187270 \text{ N} \geq 88542,72 \text{ N}$  ..... **OK**
3.  $11 \times bw \times d \geq V_n$   
 $11 \times 200 \times 153,5 \geq 88542,72 \text{ N}$   
 $337700 \text{ N} \geq 88542,72 \text{ N}$  ..... **OK**

### Perhitungan Tulangan Konsol

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.6.4.1 dan 11.8.3.2.

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

Dicoba tulangan 2D13 ( $A_v = 265,5 \text{ mm}^2$ )

$$\mu = 1,4 \text{ (koefisien friksi)}$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{88542,72}{390 \times 1,4} \\ &= 162,166 \text{ mm}^2 < A_v = 265,5 \text{ mm}^2 \text{ ..... } \mathbf{OK} \end{aligned}$$

### Luasan Tulangan Lentur

Asumsi perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek adalah sendi-rol yang mengijinkan deformarsi arah lateral maupun horizontal. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3 akan digunakan Nuc minimum (Nuc = gaya tarik horizontal terfaktor yang diterapkan diatas korbel yang bekerja dengan Vu)

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times av + N_{uc} \times (h - d) \\ &= 66407,04 \times 100 + 13281,408 \times (200 - 153,5) \\ &= 7258289,47 \text{ N. mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{7258289,47}{\phi \times 200 \times 153,5^2} \\ &= 1,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 1,81}{390}} \right) \\ &= 0,00479 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 < 0,00479 < 0,0277$  (Memenuhi)

Tulangan untuk menahan momen

$$\begin{aligned} A_{f1} &= \frac{M_u}{0,85 \times \phi \times f_y \times d} \\ &= \frac{7258289,47}{0,85 \times 0,75 \times 390 \times 153,5} \\ &= 190,187 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{f2} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00479 \times 200 \times 153,5 \\ &= 147,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil  $147,27 \text{ mm}^2$

Tulangan untuk menahan Nuc :

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} \\ &= \frac{13281,408}{0,75 \times 390} \\ &= 45,41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan yang digunakan, Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.5

$$\begin{aligned} Asc &= A_f + A_n \\ &= 147,27 + 45,41 \\ &= 192,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Asc &= \frac{2}{3} A_{vf} + A_n \\ &= \frac{2}{3} \times 265,5 + 45,41 \\ &= 222,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Asc diambil yang terbesar 222,4 mm<sup>2</sup>

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.5

$$\begin{aligned} \frac{A_{sc \text{ min}}}{b \times d} &> 0,04 \times \frac{f'c}{f_y} \\ \frac{222,4}{200 \times 153,5} &> 0,04 \times \frac{35}{390} \\ 0,007244 &> 0,00359 \quad \dots\dots\dots\text{OK} \end{aligned}$$

### Kebutuhan Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{sc}}{A_s \text{ tul}} \\ &= \frac{222}{132,73} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$A_s = 265,5 \text{ mm}^2 > A_{sc} = 222,4 \text{ mm}^2$$

Sehingga dipakai 2 D13 (As = 265,5 mm<sup>2</sup>)

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.4 luas total sengkang tertutup tidak boleh kurang dari :

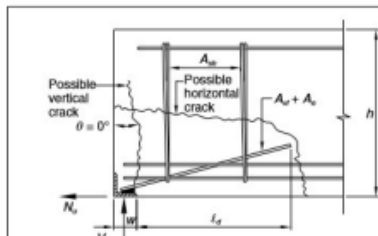
$$\begin{aligned}
 A_h &= 0,5 \times (A_{sc} - A_n) \\
 &= 0,5 \times (222,39 - 45,41) \\
 &= 88,48 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### Kebutuhan Tulangan geser

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_h}{A_{s \text{ tul}}} \\
 &= \frac{88,5}{132,73} \\
 &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai 2 D13 ( $A_{vf} = 265,5 \text{ mm}^2$ ), dan di pasang sepanjang  $\frac{2}{3} d = 102 \text{ mm} \approx 110 \text{ mm}$

### 4.5.2.2 Perencanaan Reinforced Concrete Bearing



**Gambar 4. 57** Tulangan Reinforced Concrete Bearing

Perencanaan penulangan ujung balok induk didasarkan atas PCI Design Handbook (7th Edition) section 5.6.2 tentang concrete brackets atau corbel. Penulangan end bearing berdasarkan analisa geser friksi, berikut prosedurnya :

- Diasumsikan sudut retak vertikal  $\phi = 0^0$
- Hitungan tulangan horizontal  $A_t = A_{vf} + A_n = \frac{V_u}{\phi \times f_y \times \mu_e} + \frac{N_u}{\phi \times f_y}$
- Sudut Penanaman adalah  $15^0$
- Nilai  $\mu = 1,4\lambda$ ; ( $\lambda = 1$ )
- Hitungan tulangan sengkang

$$A_{sh} = \frac{A_{vf} + A_n \times f_y}{\mu_e \times f_{yv}}$$

Dimana :

$$\mu_e = \frac{\phi \times 1000 \times \lambda \times A_{cr} \times \lambda}{V_u}$$

$$A_{cr} = ld \times b$$

$ld$  = panjang penyaluran

$b$  = lebar balok

$f_{yv}$  = mutu baja sengkang

**Tabel 4. 29** Tabel Panjang Penyaluran

Penentuan  $L_d$  dari *design aids 15.4.4 PCI DESIGN HANDBOOK (7<sup>th</sup> Edition)* seperti pada tabel berikut :

**Tabel 42** Required Development Lengths

Bar size, #	$\zeta = 3000$ psi			$\zeta = 4000$ psi			$\zeta = 5000$ psi			$\zeta = 6000$ psi			Min. comp. splice				
	Tension			Compression			Tension			Compression							
	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$					
3	16	21	25	8	14	18	21	8	13	17	19	8	12	15	17	8	12
4	22	28	33	11	19	25	28	9	17	22	25	9	15	20	23	9	15
5	27	36	41	14	24	31	36	12	21	28	32	11	19	25	29	11	19
6	33	43	49	16	28	37	43	14	25	33	38	14	23	30	35	14	23
7	48	62	72	19	42	54	62	17	37	48	56	16	34	44	51	16	26
8	55	71	82	22	47	62	71	19	42	55	64	18	39	50	58	18	30
9	62	80	93	25	54	70	80	21	48	62	72	20	44	57	66	20	34
10	70	90	104	28	60	78	90	24	54	70	81	23	49	64	74	23	38
11	77	100	116	31	67	87	100	27	60	78	90	25	55	71	82	25	42

Digunakan tulanga D13 (#4)

$$f'c = 5000 \text{ psi} = 35 \text{ MPa}$$

$$ld = 17 \text{ in} = 432 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm} = 15,7 \text{ in}$$

$$A_{cr} = ld \times b$$

$$= 17 \times 15,7 = 267,717 \text{ in}^2$$

$$f_{yv} = 390 \text{ MPa} = 56564,718 \text{ lb/in}$$

$$V_u = 66,407 \text{ kN} = 37,71 \text{ kips}$$

$$\mu_e = \frac{\phi \times 1000 \times \lambda \times A_{cr} \times \lambda}{V_u}$$

$$= \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 267,717 \times 1,4}{14929}$$

$$= 18,8 > 3,4, \text{ maka dipakai } \mu_e = 3,4 \text{ (tabel 5.3.1 PCI 7th}$$

Edition)

Perhitungan tulangan Horizontal ( $A_t$ )

$$\begin{aligned} A_t &= A_{vf} + A_n \\ &= \frac{V_u}{\phi \times f_y \times \mu_e} + \frac{N_u}{\phi \times f_y} \\ &= \frac{66407}{0,75 \times 390 \times 3,4} + \frac{13281,408}{0,75 \times 390} = 112 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

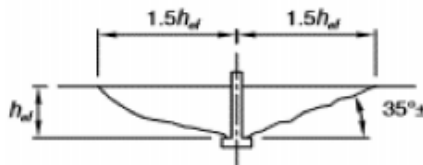
Dipakai tulangan 3 D13 (Ash = 398,2 mm<sup>2</sup>)

#### 4.5.2.3 Perencanaan Angkur Baut

Pada konsol balok induk dipasang ankur baut untuk menghindari hal yang tidak diinginkan saat pemasangan balok anak. Angkur didesain untuk menahan gaya geser yang terjadi pada balok anak.

Dari pembahasan struktur balok sebelumnya didapatkan gaya geser yang terjadi pada balok anak sebesar  $V_u = 66407,04$  N. Berikut data perencanaan :

db	= 20	mm
A	= 314	mm <sup>2</sup>
Fub	= 620	MPa
Fyb	= 372	MPa
f'c	= 35	MPa
h <sub>ef</sub>	= 120	mm



$$C_{a1} = 1,5 \times 120 = 180 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 200 \text{ mm}$$

##### a. Kuat baut ankur dalam kondisi geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal D.6.1.2, untuk pasca pasang dimana selongsong (sleeves) menerus melalui bidang :

$$V_{sa} = 0,6 \times A_{se} \times f_{uta}$$



Dimana :

$$\begin{aligned} f_{uta} &= 1,9 \times f_{ya} \\ &= 1,9 \times 372 = 706,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{sa} &= 0,6 \times A_{se} \times f_{uta} \\ &= 0,6 \times 314 \times 706,8 \end{aligned}$$

$$= 133228,66 \text{ N} \geq 66407 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

**b. Kuat jebol (*breakout*) beton angkur dalam kondisi geser**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal D.6.1.2, kekuatan jebol (*breakout*) beton nominal dalam kondisi geser pada angkur tunggal:

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \Psi_{ed,v} \times \Psi_{c,v} \times \Psi_{ec,v} \times V_b$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A_{vco} &= 4,5 \times (C_{a1})^2 \\ &= 4,5 \times (180)^2 = 145800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vc} &= n \times A_{vco} \\ &= 1 \times 145800 = 145800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\Psi_{ec,v} = 1$$

$$\Psi_{c,v} = 1,4$$

$$\begin{aligned} \Psi_{ed,v} &= 0,7 + 0,3 \frac{C_{a2}}{1,5 \times C_{a1}} \\ &= 0,7 + 0,3 \frac{200}{1,5 \times 180} \\ &= 0,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_o &= h_{ef} \\ &= 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda_a = \lambda = 1$$

$$\begin{aligned} V_b &= 3,7 \times \lambda_a \times \sqrt{f'c} \times (C_{a1})^{1,5} \\ &= 3,7 \times 1 \times \sqrt{35} \times (180)^{1,5} \\ &= 54857,92 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \Psi_{ed,v} \times \Psi_{c,v} \times \Psi_{ec,v} \times V_b$$

$$= \frac{145800}{145800} \times 0,92 \times 1,4 \times 1 \times 54857,92$$

$$= 70827,66 \text{ N} \geq 66407 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

**c. Kekuatan rompal (*pryout*) beton angkur kondisi geser**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal D.6.3.1, kekuatan rompal (*pryout*) nominal, dalam kondisi geser pada angkur tunggal:

$$V_{cp} = k_{cp} \times N_{cp}$$

Dimana :

$$k_{cp} = 2 \text{ (Untuk } h_{ef} \geq 65 \text{ mm)}$$

$$\Psi_{ed,N} = 1 \text{ (Untuk } C_{a1} \geq 1,5 h_{ef})$$

$$\Psi_{c,N} = 1,25 \text{ (Untuk angkur cor didalam)}$$

$$\Psi_{cp,N} = 1$$

$$k_c = 10 \text{ (Untuk angkur cor didalam)}$$

$$A_{nco} = 9 \times h_{ef}^2 \\ = 9 \times 120^2 = 129600$$

$$A_{nc} = n \times A_{nco} \\ = 1 \times 129600 = 129600$$

$$N_b = k_c \times \lambda_a \times \sqrt{f'_c} \times h_{ef}^2 \\ = 10 \times 1 \times \sqrt{35} \times 120^2 \\ = 77768,89 \text{ N}$$

$$N_{cb} = \frac{A_{nc}}{A_{nco}} \times \Psi_{ed,N} \times \Psi_{c,N} \times \Psi_{\square p,N} \times N_b \\ = \frac{129600}{129600} \times 1 \times 1,25 \times 1 \times 77768,89 \\ = 97211,11 \text{ N}$$

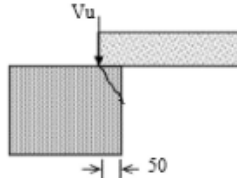
$$V_{cp} = k_{cp} \times N_{cp} \\ = 2 \times 97211,11$$

$$= 194422,22 \text{ N} \geq 66407 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Jadi digunakan baut tunggal M20 mutu A325

### 4.5.3 Sambungan Balok dan Pelat

Pelat tertumpu pada balok sebesar 50 mm sesuai dengan persyaratan SNI 2847:2013 Pasal 4.6.2.2. Berikut data perencanaan untuk perhitungan kekuatan tumpu dan kontrol tumpuan pada pelat - balok anak



**Gambar 4. 58** Tumpuan Pelat ke Balok

$$\begin{aligned}
 f_{ci} \text{ (7hari)} &= 0,7 \times 35 = 24,5 \text{ Mpa} \\
 A &= 50 \times 1000 = 50000 \text{ mm}^2 \\
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times (0,13 \times 2,5 \times 2400) \times 1,2 \\
 &= 546 \text{ kg} = 5460 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kekuatan tumpu beton pracetak tidak boleh melebihi (SNI 2847:2013 Pasal 22.5.5).

$$\begin{aligned}
 B_n &= \phi \times 0,85 \times f'_c \times A \\
 &= 0,75 \times 0,85 \times 35 \times 50000 \\
 &= 676812,5 \text{ N} > V_u = 5460 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan beton pada tumpuan

$$\begin{aligned}
 F_r &= 0,6 \times 4,95 = 2,97 \text{ MPa} \\
 \sigma &= \frac{V_u}{A} = \frac{5460}{50000} = 0,109 > 2,97 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.4 Sambungan antar Pelat

##### 4.5.4.1 Penjang Lewatan Pelat dan Tulangan Geser

Panjang lewatan pada pelat didasarkan atas SNI 2847:2013 Pasal 12.15 digunakan tulangan  $\phi 10$  ( $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$ ), panjang lewatan tidak boleh kurang dari yang terbesar :

1. 300 mm

$$2. l_d = \frac{f_y}{1,7 \times \lambda} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e}{\sqrt{f'c}}$$

Bila :

$$\Psi_t = 1,3$$

$$\Psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$\begin{aligned} l_d &= \frac{f_y}{1,7 \times \lambda} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e}{\sqrt{f'c}} \\ &= \frac{390}{1,7 \times 1} \times \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{35}} \\ &= 504,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi panjang sambungan lewatan yang digunakan adalah 550 mm dengan tulangan  $\phi 10$  mm.

Pada metode pracetak harus memperhatikan distribusi gaya dalam pada komponen pracetak dengan lapisan toppingnya. Sehingga, penyaluran gaya geser horizontal harus dipastikan pada permukaan kontak elemen yang dihubungkan.

$$V_u(1,2D + 1L + 1Ex) = 13503,5 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 17.5.3 desain penampang pracetak yang dikenai geser horizontal harus dapat menahan geser.

$$\begin{aligned} V_{nh} &= 0,55 \times bv \times d_x \\ &= 0,55 \times 2500 \times 55 \\ &= 75625 \text{ N} < V_u = 13503,5 \text{ N} \dots \dots \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

#### 4.5.4.2 Cek Pelat Sebagai Diafragma

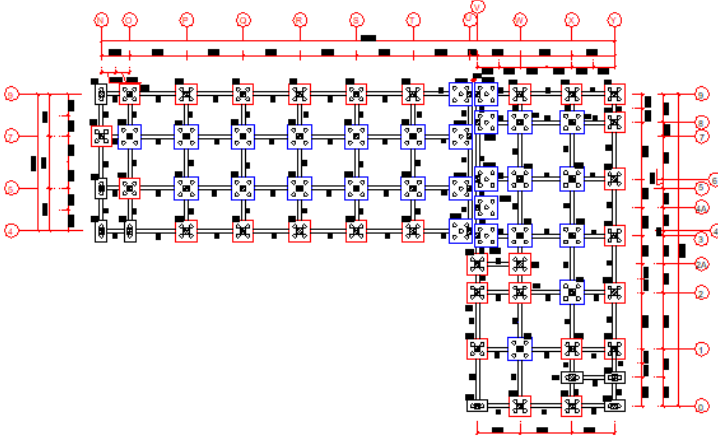
Untuk perencanaan yang diberi topping cor di atasnya, berdasarkan SNI 2847: 2013 Pasal 21.11.4 dan Pasal 21.11.6 dengan menggunakan tebal overtopping yang digunakan untuk menyalurkan gaya gempa tidak boleh kurang dari tebal 50 mm.

Kuat geser nominal ( $V_n$ ) diafragma struktur tidak boleh melebihi :

1.  $V_n = A_{cv} (0,17\lambda\sqrt{f'c} + \rho_t f_y) \geq V_u$   
 $= 1000 \times 50 (0,17 \times 1 \times \sqrt{35} + 0,0025 \times 390)$   
 $= 99036,68 \text{ N} \geq V_u = 13503,5 \text{ N (OK)}$
2.  $V_n = \frac{2}{3} \times A_{cv} \times \sqrt{f'c} \geq V_u$   
 $= \frac{2}{3} \times 1000 \times 50 \times \sqrt{35}$   
 $= 197202,66 \text{ N} \geq V_u = 13503,5 \text{ N (OK)}$
3.  $V_n = A_{vf} \times f_y \times \mu \geq V_u$   
 $= (4 \times 78,54) \times 390 \times 1$   
 $= 122522,113 \text{ N} \geq V_u = 13503,5 \text{ N (OK)}$

#### 4.6 Perencanaan Pondasi

Perencanaan dimensi dari poer dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan besarnya gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau, sehingga akan menghasilkan pondasi yang efisien.



**Gambar 4. 59** Denah Rencana Pondasi

#### 4.6.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Untuk struktur bangunan ini digunakan pondasi dalam driven pile dari Concrete Spun Pile (JBI Piles) JIS A 5335 sebagai berikut :

- Diameter tiang pancang = 400 mm
- Wall tickness = 75 mm
- Kelas = B
- Cross Section = 765,8 cm<sup>2</sup>
- Berat = 198,6 kg/m
- Bending moment crack = 7,5 T.m
- Bending moment ultimate = 13,5 T.m
- Allowable axial load = 118 T
- Fc' = 50 MPa
- Kedalaman rencana = 24 m
- Luas tiang =  $\frac{1}{4} \times \pi \times 0,4^2 = 0,1257 \text{ m}^2$

Daya dukung tanah didapatkan dari hasil tes tanah SPT yang sudah menurut Luciano Decourt :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Keterangan :

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung ultimate tiang

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung ultimate ujung tiang

$Q_s$  = Kapasitas daya dukung ultimate selimut tiang

$$Q_p = q_p \times A_p = (N_p \times K) \times A_p$$

Keterangan :

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang

$N_p$  = Harga rata-rata SPT 4D diatas pondasi dan 4D dibawah pondasi

$K$  = 12 T/m<sup>2</sup> untuk lempung berlanau (LEL)

= 20 T/m<sup>2</sup> untuk lanau berlempung (LLE)

= 25 T/m<sup>2</sup> untuk lanau berpasir (LP)

= 40 T/m<sup>2</sup> untuk pasir (P)

$$Q_s = q_s \times A_p = \left(\frac{N_s}{3} + 1\right) \times A_s$$

Keterangan :

$q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral

$N_s$  = Harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan ;  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = keliling penampang tiang

Harga N dibawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N' berdasarkan perumusan Terzaghi & Peck

$$N' = 15 + 0,5(N - 15)$$

Keterangan :

$N$  = Jumlah pukulan

Dari data tanah didapatkan hasil perhitungan untuk kedalaman 24 m dengan diameter tiang pancang 400 mm (lihat Tabel 4.27). Dari data tanah tersebut kemudian dihitung menggunakan persamaan Luciano Decourt:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q_p &= (N_p \times K) \times A_p \\ &= (38,5 \times 25) \times 0,126 = 120,951 T \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s \\ &= \left( \frac{11,021}{3} + 1 \right) \times 30,159 = 140,953 T \end{aligned}$$

$$Q_u = 120,951 T + 140,953 T = 261,953 T$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{261,953}{3} = 87,301 T$$



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**Tabel 4. 30** Tabel Daya Dukung Tanah

Kedalaman (m)	Nilai N-SPT	N'	N' Komulatif	Np	Jenis Tanah	K	Qp	Ns	As	Qs	Qu	Qall	Pijin bahan (t)	CEK
							(ton)		m2	(ton)	(ton)	(ton)		
1	2	8,50	8,50	12,250	LEL	12	18,473	8,500	1,257	4,817	23,290	7,763	118	OK
2	0	7,50	16,00	11,250	LEL	12	16,965	8,000	2,513	9,215	26,180	8,727	118	OK
3	0	7,5	23,50	11,250	LEL	12	16,965	7,833	3,770	13,614	30,578	10,193	118	OK
4	0	7,5	31,00	11,250	LEL	12	16,965	7,750	5,027	18,012	34,976	11,659	118	OK
5	0	7,5	38,50	11,250	LEL	12	16,965	7,700	6,283	22,410	39,375	13,125	118	OK
6	0	7,5	46,00	11,250	LEL	12	16,965	7,667	7,540	26,808	43,773	14,591	118	OK
7	0	7,5	53,50	11,250	LEL	12	16,965	7,643	8,796	31,206	48,171	16,057	118	OK
8	0	7,5	61,00	11,250	LEL	12	16,965	7,625	10,053	35,605	52,569	17,523	118	OK
9	0	7,5	68,50	11,750	LEL	12	17,719	7,611	11,310	40,003	57,722	19,241	118	OK
10	2	8,5	77,00	12,750	LEL	12	19,227	7,700	12,566	44,820	64,047	21,349	118	OK
11	2	8,5	85,50	10,500	LEL	12	15,834	7,773	13,823	49,637	65,471	21,824	118	OK
12	4	4,00	89,50	6,500	LEL	12	9,802	7,458	15,080	52,569	62,371	20,790	118	OK

13	5	5,00	94,50	9,500	LEL	12	14,326	7,269	16,336	55,920	70,246	23,415	118	OK
14	9	9,00	103,50	16,000	LEL	12	24,127	7,393	17,593	60,947	85,074	28,358	118	OK
15	14	14,00	117,50	21,500	LLE	20	54,035	7,833	18,850	68,068	122,103	40,701	118	OK
16	15	15,00	132,50	21,500	LLE	20	54,035	8,281	20,106	75,608	129,643	43,214	118	OK
17	13	13,00	145,50	20,000	LEL	12	30,159	8,559	21,363	82,310	112,469	37,490	118	OK
18	14	14,00	159,50	21,500	LEL	12	32,421	8,861	22,619	89,431	121,852	40,617	118	OK
19	15	15,00	174,50	23,000	LEL	12	34,683	9,184	23,876	96,970	131,654	43,885	118	OK
20	16	16,00	190,50	24,500	LEL	12	36,945	9,525	25,133	104,929	141,874	47,291	118	OK
21	17	17,00	207,50	25,500	LEL	12	38,453	9,881	26,389	113,307	151,760	50,587	118	OK
22	17	17,00	224,50	25,500	LP	25	80,111	10,205	27,646	121,684	201,795	67,265	118	OK
23	17	17,00	241,50	28,500	LP	25	89,535	10,500	28,903	130,062	219,597	73,199	118	OK
24	24	23,00	264,50	38,500	LP	25	120,951	11,021	30,159	140,953	261,904	87,301	118	OK
25	31	31,00	295,50	46,750	P	40	234,991	11,820	31,416	155,195	390,186	130,062	118	N.OK
26	32	31,50	327,00	48,000	P	40	241,274	12,577	32,673	169,646	410,920	136,973	118	N.OK
27	33	33,00	360,00	47,000	P	40	236,248	13,333	33,929	184,726	420,973	140,324	118	N.OK
28	28	28,00	388,00	38,500	P	40	193,522	13,857	35,186	197,711	391,233	130,411	118	N.OK

Berdasarkan perhitungsn diatas, *Safety Factor* yang digunakan 3, dengan Pijin tekan = 87,301 T. Dikarenakan Pijin tanah < Pijin tiang, dipakai Pijin bahan = 118 T, maka digunakan Pijin = 87,301 T.

SF untuk beban layan = 3, P<sub>ijin</sub> tekan = 87,301 T

SF untuk beban gempa = 2, P<sub>ijin</sub> tekan = 130,95 T

#### 4.6.2 Perhitungan Pondasi PC 1

##### a. Perencanaan Dimensi Pilecap

Perhitungan jarak antara tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 0,4 m$$

$$S \geq 1 m$$

Maka dipakai S = 1 m

Perhitungan jarak tiang ke tepi pilecap (S')

$$S \geq 1,5 D$$

$$S \geq 1,5 \times 0,4 m$$

$$S \geq 0,6 m$$

Maka dipakai S' = 0,6 m

Sehingga total lebar pile cap :

$$\text{Lebar pile cap (b)} = 1m + 0,6m + 0,6 m = 2,2 m$$

$$\text{Lebar pile cap (b)} = \text{panjang pile cap (h)} = 2,2 m$$

$$\text{Tebal pile cap} = 0,7 m$$

$$\text{Berat pile cap} = 2,2 \times 2,2 \times 0,7 \times 2,4 = 8,131 T$$

##### b. Gaya Dalam pada Pondasi dan Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Dari program bantu SAP 2000 V.14 pada joint 91 didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

- Akibat kombinasi 1D+1L

$$P = 174,6 T$$

$$M_x = 0,977 T.m$$

$$M_y = -0,607 \text{ T.m}$$

- Akibat kombinasi  $1D+0,75L+0,525Ex+0,1575Ey$

$$P = 186,486 \text{ T}$$

$$M_x = 5,467 \text{ T.m}$$

$$M_y = 15,83 \text{ T.m}$$

- Akibat kombinasi  $1D+0,75L+0,1575Ex+0,525Ey$

$$P = 177,17 \text{ T}$$

$$M_x = 13,131 \text{ T.m}$$

$$M_y = 5,712 \text{ T.m}$$

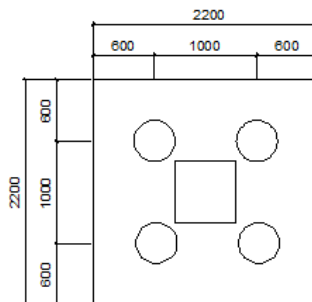
Maka rencana jumlah tiang pancang tunggal adalah :

$$n = \frac{P_u}{P_{ijin}} = \frac{186,486 + 8,131}{87,301} = 2,23 \text{ buah} = 4 \text{ buah}$$

- c. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok berdasarkan Efisiensi

Dengan menggunakan metode Converse-Labarre :

$$Efisiensi (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right]$$



**Gambar 4. 60** Pondasi dengan 1 Kolom

Dimana :

$$m = \text{banyaknya tiang dalam kolom} = 2 \text{ buah}$$

$$n = \text{banyaknya tiang dalam baris} = 2 \text{ buah}$$

$$D = \text{diameter tiang pancang} = 0,4 \text{ buah}$$

$S$  = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1 m

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,4}{1} \left[ \frac{(2-1)^2 + (2-1)^2}{90 \times 2 \times 2} \right]$$

$$= 0,758$$

$$P_{ijin\ kel} = \eta \times P_{ijin\ layan}$$

$$= 0,758 \times 87,301$$

$$= 66,2\ T$$

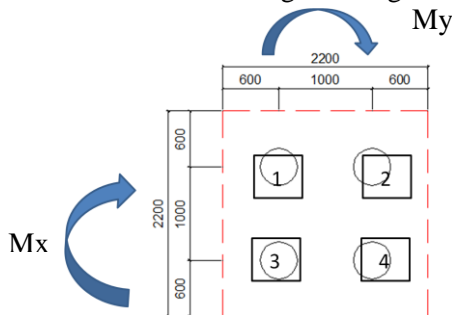
$$P_{ijin\ gempa} = \eta \times P_{ijin\ gempa}$$

$$= 0,758 \times 130,95$$

$$= 99,2\ T$$

, dikarenakan Pijin bahan = 87,301 T ,  
akibat gempa digunakan Pijin = 87,301 T

d. Kontrol beban Maksimum 1 Tiang Pancang



**Gambar 4. 61** Gaya yang Terjadi pada Pilecap dan Tiang Pancang

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

**Tabel 4. 31** Jarak tiang pancang dari titik pusat

Tiang	x	y	$x^2$	$y^2$
1	-0,5	0,5	0,25	0,25
2	0,5	0,5	0,25	0,25
3	-0,5	-0,5	0,25	0,25

4	0,5	-0,5	0,25	0,25
		$\Sigma$	1	1

- Akibat kombinasi 1D+1L

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \times y_1}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \times x_1}{\Sigma x^2} \\
 &= \frac{174,6 + 8,131}{4} - \frac{0,977 \times 0,5}{0,25^2} + \frac{(-0,607) \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 46,044 T < P_{ijin} = 66,2 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \times y_2}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \times x_2}{\Sigma x^2} \\
 &= \frac{174,6 + 8,131}{4} + \frac{0,977 \times 0,5}{0,25^2} + \frac{(-0,607) \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 46,076 T < P_{ijin} = 66,2 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \times y_3}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \times x_3}{\Sigma x^2} \\
 &= \frac{174,6 + 8,131}{4} - \frac{0,977 \times 0,5}{0,25^2} - \frac{(-0,607) \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 45,289 T < P_{ijin} = 66,2 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \times y_4}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \times x_4}{\Sigma x^2} \\
 &= \frac{174,6 + 8,131}{4} + \frac{0,977 \times 0,5}{0,25^2} - \frac{(-0,607) \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 45,321 T < P_{ijin} = 66,2 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Akibat kombinasi 1D+0,75L+0,525Ex+0,1575Ey

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \times y_1}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \times x_1}{\Sigma x^2} \\
 &= \frac{186,486 + 8,131}{4} - \frac{5,467 \times 0,5}{0,25^2} + \frac{15,83 \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 43,474 T < P_{ijin} = 87,301 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \times y_2}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \times x_2}{\Sigma x^2} \\
 &= \frac{186,486 + 8,131}{4} + \frac{5,467 \times 0,5}{0,25^2} + \frac{15,83 \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 59,302 T < P_{ijin} = 87,301 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_3}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_3}{\sum x^2} \\
 &= \frac{186,486 + 8,131}{4} - \frac{5,467 \times 0,5}{0,25^2} - \frac{15,83 \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 38,007 T < P_{ijin} = 87,301 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_4}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_4}{\sum x^2} \\
 &= \frac{186,486 + 8,131}{4} + \frac{5,467 \times 0,5}{0,25^2} - \frac{15,83 \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 53,834 T < P_{ijin} = 87,301 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Akibat kombinasi 1D+0,75L+0,15750Ex+,525Ey

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_1}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_1}{\sum x^2} \\
 &= \frac{177,17 + 8,131}{4} - \frac{13,131 \times 0,5}{0,25^2} + \frac{5,712 \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 50,35 T < P_{ijin} = 87,301 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

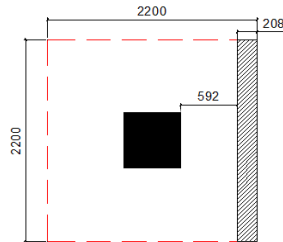
$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_2}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_2}{\sum x^2} \\
 &= \frac{177,17 + 8,131}{4} + \frac{13,131 \times 0,5}{0,25^2} + \frac{5,712 \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 55,746 T < P_{ijin} = 87,301 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_3}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_3}{\sum x^2} \\
 &= \frac{177,17 + 8,131}{4} - \frac{13,131 \times 0,5}{0,25^2} - \frac{5,712 \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 36,904 T < P_{ijin} = 87,301 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_4}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_4}{\sum x^2} \\
 &= \frac{177,17 + 8,131}{4} + \frac{13,131 \times 0,5}{0,25^2} - \frac{5,712 \times 0,5}{0,25^2} \\
 &= 42,615 T < P_{ijin} = 87,301 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

e. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Pilecap akibat Kolom





**Gambar 4. 62** Bidang Kritis Geser Satu Arah

Data perencanaan :

$$D_{\text{pilecap}} = D22 \text{ mm}$$

$$t_{\text{selimut}} = 75 \text{ mm}$$

$$d = h - t - D_{\text{pilecap}} - D_{\text{pilecap}}/2$$

$$= 700 - 75 - 22 - 11$$

$$= 592 \text{ mm}$$

$$L' = 208 \text{ mm}$$

Area kritis berada sejarak  $d$  dari muka kolom, seperti terlihat pada gambar 4.61 . Gaya geser pons pada daerah arsiran :

$$P_u = 186,5 \text{ T (Kombinasi 1D+0,75L+0,1575E}_x\text{+0,525E}_y\text{)}$$

$$Q_U = \frac{P_U}{b \times h} = \frac{186,5}{2,2 \times 2,2} = 38,53 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} \approx 0,3853 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,  $V_u$  :

$$V_u = Q_U \times b \times L'$$

$$= 0,3853 \times 2200 \times 208$$

$$= 176313,85 \text{ N} \approx 176,3 \text{ kN}$$

Kapasitas geser beton,  $V_c$ :

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

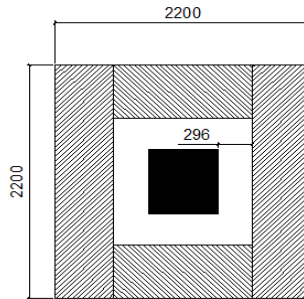
$$= 0,17 \times \sqrt{35} \times 2200 \times 592$$

$$= 1309867,39 \text{ N} \approx 1310 \text{ kN} > V_u = 176,3 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

f. Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Pilecap akibat Kolom

Penampang kritis untuk geser dua arah adalah seperti tergambar berikut :

- Akibat Kolom



**Gambar 4. 63** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom

Daerah kritis berada pada jarak  $d/2$  dari muka kolom

$$\frac{d}{2} = 246 \text{ mm}$$

Sehingga dimensi area kritis :

$$a_1 = c_1 + d = 600 + 592 = 1192 \text{ mm}$$

$$b_1 = c_2 + d = 600 + 592 = 1192 \text{ mm}$$

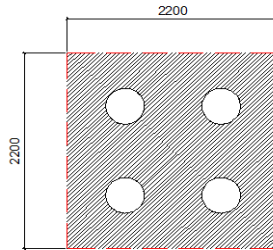
$$b_0 = 2 \times (a_1 + b_1) = 2 \times (1192 + 1192) = 4768 \text{ mm}$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada pile cap beban gaya geser,  $V_u$  :

$$\begin{aligned} At &= b \times h - a_1 \times b_1 \\ &= 2200 \times 2200 - 1192 \times 1192 \\ &= 3419136 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_U \times At \\ &= 0,3853 \times 3419136 \\ &= 1317397 \text{ N} \approx 1317,397 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Akibat Tiang Pancang



**Gambar 4. 64** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang

$$A_{tiang} = 125663,706 \text{ mm}^2$$

$$P_u = 59,30 \text{ T}$$

$$Q_U = \frac{P_u}{b \times h} = \frac{59,30}{2,2 \times 2,2} = 12,252 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} \approx 0,125 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_t &= b \times h - n \times A_{tiang} \\ &= 2200 \times 2200 - 4 \times 125663,706 \\ &= 4337345 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_U \times A_t \\ &= 0,125 \times 4337345 \\ &= 531430 \text{ N} \approx 531,43 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser yang dipikul,  $V_c$  :

Berdasarkan pasal 11.12.2.1 SNI 2847:2013 untuk perencanaan pelat atau pondasi telapak aksi dua arah nilai  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil :

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

Keterangan :

$\beta$  = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$b_o$  = keliling penampang kritis

maka :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 4768 \times 592 \\ &= 8516519,629 \text{ N} \end{aligned}$$

$$- V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_S \times d}{b_o}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

Keterangan :

$$\alpha_S = 40 \text{ (untuk kolom tengah)}$$

$$\alpha_S = 30 \text{ (untuk kolom tepi)}$$

$$\alpha_S = 20 \text{ (untuk kolom sudut)}$$

maka :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083 \times \left(\frac{40 \times 692}{5168}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 4768 \times 592 \\ &= 9655641,955 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_c &= 0,33 \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{35} \times 4768 \times 592 \\ &= 55106892,172 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka digunakan terkecil untuk  $V_c = 5510689,172 \text{ N} \approx 5510,689 \text{ kN}$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 5510,69 = 4133,02 \text{ kN} > V_u = 1317,40 \text{ kN}$$

#### g. Perencanaan Tulangan Lentur Pilecap

Pada perencanaan tulangan lentur pile cap, diasumsikan sebagai balok kantilever yang diberi jepit pada ujung kolom. Beban yang terjadi berupa berat sendiri dan tiang pancang.

Berikut data perencanaan :

$$\text{Dtulangan} = \text{D22 mm}$$

$$t \text{ selimut} = 75 \text{ mm}$$

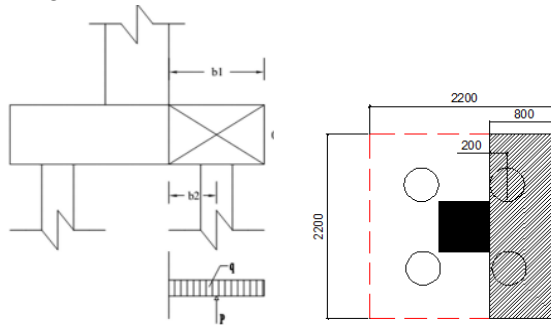
$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$d_x = 700 - 75 - 11 = 614 \text{ mm}$$

$$d_y = 700 - 75 - 22 - 11 = 592 \text{ mm}$$

- Penulangan Arah X



**Gambar 4. 65** Gaya yang terjadi pada pilecap arah X

Diketahui :

$$b_1 = 0,8 \text{ m}$$

$$b_2 = 0,2 \text{ m}$$

$$Q_u = 2,2 \times 0,8 \times 0,7 \times 2400 = 2956,8 \text{ kg}$$

$$P_u = \text{Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang} \\ = 59,3 \text{ T} = 59302 \text{ kg}$$

$$M_u = M_p - M_q$$

$$= P \times b_2 - 0,5 \times Q_u \times b_1^2$$

$$= 59302 \times 0,2 - 0,5 \times 2956,8 \times 0,8^2$$

$$= 10914,17 \text{ kgm} \approx 109141650 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2 \times x} \\ = \frac{109141650}{\phi \times 1000 \times 614^2} \\ = 0,36$$

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

$$= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,36}{390}} \right)$$

$$= 0,00093$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$0,00379 > 0,00093 < 0,0277 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00093 = 0,00121$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,00121 \times 1000 \times 614$$

$$= 745,21 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D22

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 380 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{1000 \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{1000 \times 745,21}{380}$$

$$= 510 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan utama **D22-200 mm**

$$n_{\text{pasang}} = \frac{1000}{S}$$

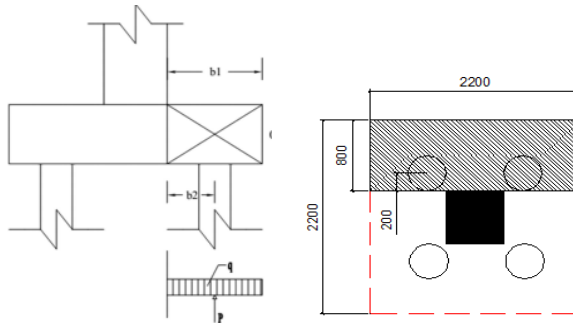
$$= \frac{1000}{200} = 5 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan}$$

$$= 5 \times 380$$

$$= 1901 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots\dots\dots \text{OK}$$

- Penulangan Arah Y



**Gambar 4. 66** Gaya yang terjadi pada pilecap arah Y  
Diketahui :

$$b1 = 0,8 \text{ m}$$

$$b2 = 0,2 \text{ m}$$

$$Q_u = 2,2 \times 0,8 \times 0,7 \times 2400 = 2956,8 \text{ kg}$$

$$P_u = \text{Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang} \\ = 59,3 \text{ T} = 59302 \text{ kg}$$

$$M_u = M_p - M_q \\ = P \times b2 - 0,5 \times Q_u \times b1^2 \\ = 59302 \times 0,2 - 0,5 \times 2956,8 \times 0,8^2 \\ = 10914,17 \text{ kgm} \approx 109141650 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2 \times x} \\ = \frac{109141650}{\phi \times 1000 \times 614^2} \\ = 0,36$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,36}{390}} \right) \\ = 0,00093$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,00379 > 0,00093 < 0,0277 \text{ (Tidak memenuhi)}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00093 = 0,00121$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,00121 \times 1000 \times 614 \\ &= 745,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D22

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 380 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000 \times A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ perlu}}} \\ &= \frac{1000 \times 380}{745,21} \\ &= 510 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan utama **D22-200 mm**

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{1000}{S} \\ &= \frac{1000}{200} = 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times A_{s \text{ tulangan}} \\ &= 5 \times 380 \\ &= 1901 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

h. Panjang Penyaluran Tulangan Kolom ke Pilecap

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f'_c}} \times db = \frac{390 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{35}} \times 22 = 853,11 \text{ mm}$$

Dipakai  $l_d = 900 \text{ mm}$



Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara :

$$l_{dc1} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f'_c}} \times db = \frac{0,24 \times 390}{1 \times \sqrt{35}} \times 22 = 348,07 \text{ mm}$$

$$l_{dc1} = 0,043 \times f_y \times db = 0,043 \times 390 \times 22 = 368,94 \text{ mm}$$

Dipakai  $l_{dc} = 400 \text{ mm}$

i. Penulangan Tusuk Konde

Diambil rasio tulangan minimum yaitu  $= \frac{1,4}{f_y}$  dari inner diameter

tiang pancang

$$\text{Cross section tiang} = 765,8 \text{ cm}^2 \approx 76580 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,004 \times 76580 = 274,9 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16,  $A_s = 201,06 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{274,9}{201,06} = 1,3672 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah setiap sisi}$$

#### 4.6.3 Perhitungan Pondasi PC2-A

a. Perencanaan Dimensi Pilecap

Perhitungan jarak antara tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 0,4 \text{ m}$$

$$S \geq 1 \text{ m}$$

Maka dipakai  $S = 1,3 \text{ m}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi pilecap (S')

$$S \geq 1,5 D$$

$$S \geq 1,5 \times 0,4 \text{ m}$$

$$S \geq 0,6 \text{ m}$$

Maka dipakai  $S' = 0,6 \text{ m}$

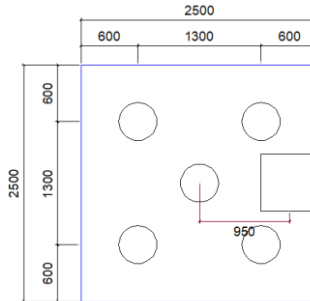
Sehingga total lebar pile cap :

$$\text{Lebar pile cap (b)} = 1,3 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,6 \text{ m} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pile cap (b)} = \text{panjang pile cap (h)} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pile cap} = 0,7 \text{ m}$$

- Berat pile cap =  $2,5 \times 2,5 \times 0,7 \times 2,4 = 10,5 T$
- b. Gaya Dalam pada Pondasi dan Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal



**Gambar 4. 67** Pilecap PC2-A

Dari program bantu SAP 2000 V.14 pada joint 973 didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

- Akibat kombinasi 1D+1L

$$P = 98,679T$$

$$M_x = -0,493 T.m$$

$$M_y = 1,3971 T.m$$

Eksentrisitas :

$$e = 0,8 m$$

$$M_x = (-0,419) + (98,164 \times 0,8) = 92,836 T.m$$

- Akibat kombinasi 1D+0,75L+0,525Ex+0,1575Ey

$$P = 119,573 T$$

$$M_x = 6,921 T.m$$

$$M_y = 15,559 T.m$$

Eksentrisitas :

$$e = 0,8 m$$

$$M_x = 6,921 + (119,573 \times 0,8) = 119,915 T.m$$

- Akibat kombinasi 1D+0,75L+0,1575Ex+0,525Ey

$$P = 128,763 T$$

$$M_x = 18,002 T.m$$

$$M_y = 7,641 T.m$$

Eksentrisitas arah y:

$$e = 0,8 m$$

$$M_x = 18,002 + (128,763 \times 0,8) = 119,915 T.m$$

Maka rencana jumlah tiang pancang tunggal adalah :

$$n = \frac{Pu}{P_{ijin}} = \frac{128,763 + 10,5}{87,301} = 1,6 \text{ buah} = 4 \text{ buah}$$

- c. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok berdasarkan Efisiensi

Dengan menggunakan metode Converse-Labarre :

$$Efisiensi (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right]$$

Dimana :

$$m = \text{banyaknya tiang dalam kolom} = 2 \text{ buah}$$

$$n = \text{banyaknya tiang dalam baris} = 2 \text{ buah}$$

$$D = \text{diameter tiang pancang} = 0,4 \text{ buah}$$

$$S = \text{jarak antar sumbu as tiang pancang} = 1,3 m$$

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,4}{1} \left[ \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \times 2 \times 2} \right]$$

$$= 0,81$$

$$P_{ijin \text{ kel}} = \eta \times P_{ijin}$$

$$= 0,81 \times 87,301$$

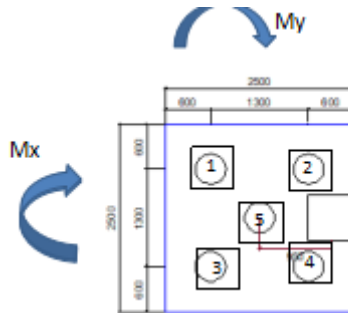
$$= 70,7 T$$

$$P_{ijin \text{ gempa}} = \eta \times P_{ijingempa}$$

$$= 0,81 \times 130,95$$

$$= 106,1 T$$

- d. Kontrol beban Maksimum 1 Tiang Pancang



**Gambar 4. 68** Gaya yang Terjadi pada Pilecap dan Tiang Pancang

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

**Tabel 4. 32** Jarak tiang pancang dari titik pusat

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
		∑	1,69	1,69

- Akibat kombinasi 1D+1L

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_1}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_1}{\sum x^2} \\
 &= \frac{98,679 + 10,5}{4} - \frac{92,836 \times 0,65}{1,69^2} + \frac{15,559 \times 0,65}{1,69^2} \\
 &= 57,335 T < P_{ijin} = 66,2 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_2}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_2}{\sum x^2} \\
 &= \frac{98,679 + 10,5}{4} + \frac{92,836 \times 0,65}{1,69^2} + \frac{15,559 \times 0,65}{1,69^2} \\
 &= 58,409 T < P_{ijin} = 66,2 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_3}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_3}{\sum x^2} \\
 &= \frac{98,679+10,5}{4} - \frac{92,836 \times 0,65}{1,69^2} - \frac{15,559 \times 0,65}{1,69^2} \\
 &= -14,365 T < P_{ijin} = 66,2 T \dots\dots\dots \text{OK} \\
 P_4 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_4}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_4}{\sum x^2} \\
 &= \frac{98,679+10,5}{4} + \frac{92,836 \times 0,65}{1,69^2} - \frac{15,559 \times 0,65}{1,69^2} \\
 &= -13,5815 T < P_{ijin} = 66,2 T \dots\dots\dots \text{OK} \\
 P_5 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_4}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_4}{\sum x^2} \\
 &= \frac{98,679+10,5}{4} + \frac{92,836 \times 0}{1,69^2} + \frac{15,559 \times 0}{1,69^2} \\
 &= 2,09 T < P_{ijin} = 66,2 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Akibat kombinasi 1D+0,75L+0,525Ex+0,1575Ey

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_1}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_1}{\sum x^2} \\
 &= \frac{119,573+10,5}{4} - \frac{119,915 \times 0,65}{1,69^2} + \frac{15,559 \times 0,65}{1,69^2} \\
 &= 66,151 T < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK} \\
 P_2 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_2}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_2}{\sum x^2} \\
 &= \frac{119,573+10,5}{4} + \frac{119,915 \times 0,65}{1,69^2} + \frac{15,559 \times 0,65}{1,69^2} \\
 &= 78,12 T < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK} \\
 P_3 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_3}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_3}{\sum x^2} \\
 &= \frac{119,573+10,5}{4} - \frac{119,915 \times 0,65}{1,69^2} - \frac{15,559 \times 0,65}{1,69^2} \\
 &= -26,091 < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK} \\
 P_4 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_4}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_4}{\sum x^2} \\
 &= \frac{119,573+10,5}{4} + \frac{119,915 \times 0,65}{1,69^2} - \frac{15,559 \times 0,65}{1,69^2} \\
 &= -14,122 T < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_5 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_4}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_4}{\sum x^2} \\
 &= \frac{119,573+10,5}{4} + \frac{119,915 \times 0,65}{1,69^2} - \frac{15,559 \times 0,65}{1,69^2} \\
 &= 3,364 T < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Akibat kombinasi 1D+0,75L+0,15750Ex+,525Ey

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_1}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_1}{\sum x^2} \\
 &= \frac{128,763+10,5}{4} - \frac{119,915 \times 0,65}{0,25^2} + \frac{4,914 \times 0,65}{0,25^2} \\
 &= 56,721 T < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

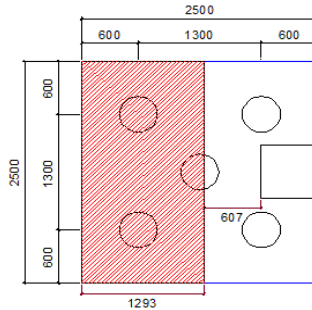
$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_2}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_2}{\sum x^2} \\
 &= \frac{128,763+10,5}{4} + \frac{119,915 \times 0,65}{0,25^2} + \frac{4,914 \times 0,65}{0,25^2} \\
 &= 61,635 T < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_3}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_3}{\sum x^2} \\
 &= \frac{128,763+10,5}{4} - \frac{119,915 \times 0,65}{0,25^2} - \frac{4,914 \times 0,65}{0,25^2} \\
 &= 17,139 T < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_4}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_4}{\sum x^2} \\
 &= \frac{128,763+10,5}{4} - \frac{119,915 \times 0,65}{0,25^2} + \frac{4,914 \times 0,65}{0,25^2} \\
 &= 22,054 T < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_5 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_4}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times x_4}{\sum x^2} \\
 &= \frac{128,763+10,5}{4} + \frac{119,915 \times 0}{0,25^2} + \frac{4,914 \times 0}{0,25^2} \\
 &= 5,7 T < P_{ijin} = 87,3 T \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

e. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Pilecap akibat Kolom



**Gambar 4. 69** Bidang Kritis Geser Satu Arah

Data perencanaan :

$$D_{\text{pilecap}} = D22 \text{ mm}$$

$$t \text{ selimut} = 60 \text{ mm}$$

$$d = h - t - D_{\text{pilecap}} - D_{\text{pilecap}}/2$$

$$= 700 - 60 - 22 - 11$$

$$= 607 \text{ mm}$$

$$L' = 1293 \text{ mm}$$

Area kritis berada sejarak  $d$  dari muka kolom, seperti terlihat pada gambar 4.61 . Gaya geser pons pada daerah arsiran :

$$P_u = 149,42T \text{ (Kombinasi } 1D+0,75L+0,1575E_x+0,525E_y \text{ )}$$

$$q_u = \frac{P_u}{b \times h}$$

$$= \frac{128,8}{2,5 \times 2,5} = 20,602 \frac{T}{m^2} \approx 0,206 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer,  $V_u$  :

$$V_u = Q_U \times b \times L'$$

$$= 0,206 \times 2200 \times 1293$$

$$= 665962,75 \text{ N} \approx 666,9 \text{ kN}$$

Kapasitas geser beton,  $V_c$ :

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

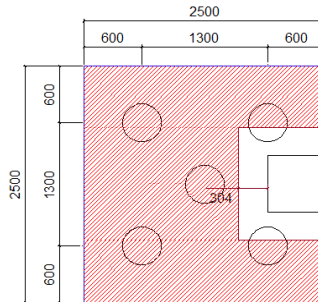
$$= 0,17 \times \sqrt{35} \times 2500 \times 607$$

$$= 1526200,68 \text{ N} \approx 1526 \text{ kN} > V_u = 666,9 \text{ kN} \dots \text{ OK}$$

f. Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Pilecap akibat Kolom

Penampang kritis untuk geser dua arah adalah seperti tergambar berikut :

- Akibat Kolom



**Gambar 4. 70** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom

Daerah kritis berada pada jarak  $d/2$  dari muka kolom

$$\frac{d}{2} = 304 \text{ mm}$$

Sehingga dimensi area kritis :

$$a_1 = c_1 + d = 600 + 607 = 1207 \text{ mm}$$

$$b_1 = c_2 + d = 600 + 303,5 = 903,5 \text{ mm}$$

$$b_0 = 2 \times (a_1 + b_1) = 2 \times (1207 + 903,5) = 4221 \text{ mm}$$

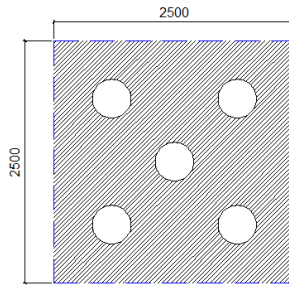
Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada pile cap beban gaya geser,  $V_u$  :

$$\begin{aligned} A_t &= b \times h - a_1 \times b_1 \\ &= 2500 \times 2500 - 1207 \times 903,5 \\ &= 5159476 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_U \times A_t \\ &= 0,206 \times 5159476 \\ &= 1062960 \text{ N} \approx 1062,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Akibat Tiang Pancang





**Gambar 4. 71** Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang

$$A_{tiang} = 125663,706 \text{ mm}^2$$

$$P_u = 84,76 \text{ T}$$

$$q_u = \frac{P_u}{b \times h} = \frac{84,76}{2,5 \times 2,5} = 13,562 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} \approx 0,1356 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_t &= b \times h - n \times A_{tiang} \\ &= 2500 \times 2500 - 4 \times 125663,706 \\ &= 5621681 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_U \times A_t \\ &= 0,1356 \times 5621681 \\ &= 762419 \text{ N} \approx 762,42 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser yang dipikul,  $V_c$  :

Berdasarkan pasal 11.12.2.1 SNI 2847:2013 untuk perencanaan pelat atau pondasi telapak aksi dua arah nilai  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil :

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

Keterangan :

$\beta$  = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$b_o$  = keliling penampang kritis

maka :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 4221 \times 607 \\ &= 7730511,695 \text{ N} \end{aligned}$$

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

Keterangan :

$\alpha_s = 40$  (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$  (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$  (untuk kolom sudut)

maka :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083 \times \left(\frac{40 \times 607}{4221}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 4221 \times 607 \\ &= 9753054,385 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_c &= 0,33 \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= 0,33 \times \sqrt{35} \times 4221 \times 607 \\ &= 5002095,8 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka digunakan terkecil untuk  $V_c = 5002095,8 \text{ N} \approx$

$5002,1 \text{ kN}$

$\phi V_c = 0,75 \times 5002,1 = 3751,57 \text{ kN} > V_u = 1062,96 \text{ kN}$

g. Perencanaan Tulangan Lentur Pilecap

Pada perencanaan tulangan lentur pile cap, diasumsikan sebagai balok kantilever yang diberi jepit pada ujung kolom.

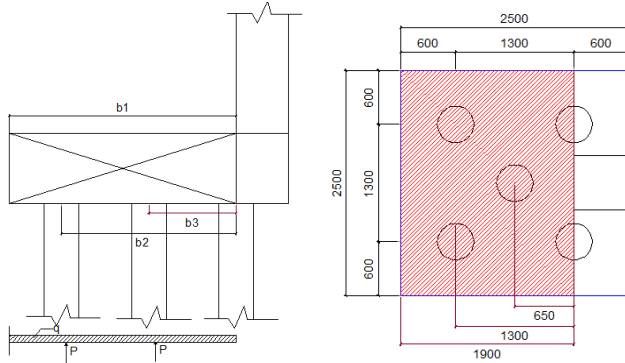
Beban yang terjadi berupa berat sendiri dan tiang pancang.

Berikut data perencanaan :

Dtulangan = D22 mm

t selimut = 60 mm

$$\begin{aligned}
 f'c &= 35 \text{ MPa} \\
 f_y &= 390 \text{ MPa} \\
 dx &= 700 - 60 - 11 = 629 \text{ mm} \\
 dy &= 700 - 60 - 22 - 11 = 607 \text{ mm} \\
 - \text{ Penulangan Arah X}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 72** Gaya yang terjadi pada pilecap arah X  
Diketahui :

$$\begin{aligned}
 b1 &= 1,9 \text{ m} \\
 b2 &= 1,3 \text{ m} \\
 b3 &= 0,65 \text{ m} \\
 Qu &= 2,5 \times 1,9 \times 0,7 \times 2400 = 7980 \text{ kg} \\
 P1 &= 78,9 \text{ T} = 78886 \text{ kg} \\
 P5 &= 5,7 \text{ T} = 5700 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_{p1} + M_{p3} - M_q \\
 &= P1 \times b2 + P1 \times b3 - 0,5 \times Qu \times b1^2 \\
 &= 78886 \times 1,3 + 5700 \times 0,65 - 0,5 \times 7980 \times 1,9^2 \\
 &= 91853 \text{ kgm} \approx 918529991 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2 \times x} \\
 &= \frac{918529991}{\phi \times 1000 \times 629^2} \\
 &= 1,7082
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{13,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 1,7082}{390}}\right) \\ &= 0,00784\end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$   
 $0,00379 < 0,00784 < 0,0277$  (Memenuhi)

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,00784 \times 1000 \times 629 \\ &= 4934,16 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D22

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 380 \text{ mm}^2$$

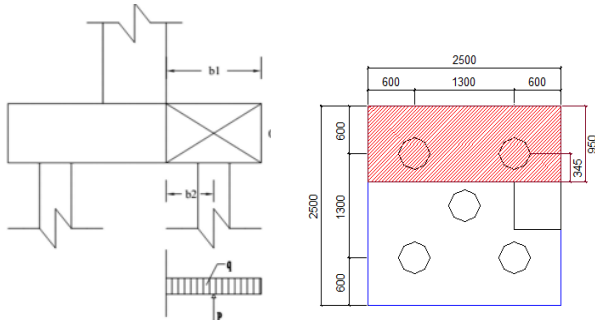
$$\begin{aligned}S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000 \times A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{1000 \times 380}{4934,16} \\ &= 76,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan utama **D22-75 mm**

$$\begin{aligned}n_{\text{pasang}} &= \frac{1000}{S} \\ &= \frac{1000}{75} = 13,3 \text{ buah} \approx 14 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ pasang} &= n_{\text{pasang}} \times A_s \text{ tulangan} \\ &= 14 \times 380 \\ &= 5321,9 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots\dots\dots \text{OK}\end{aligned}$$

- Penulangan Arah Y



**Gambar 4. 73** Gaya yang terjadi pada pilecap arah Y  
Diketahui :

$$b_1 = 0,95 \text{ m}$$

$$b_2 = 0,345 \text{ m}$$

$$Q_u = 2,5 \times 0,95 \times 0,7 \times 2400 = 3990 \text{ kg}$$

$$P_2 = 84,8 \text{ T} = 84763 \text{ kg}$$

$$M_u = M_p - M_q$$

$$= P \times b_2 - 0,5 \times Q_u \times b_1^2$$

$$= 84763 \times 0,345 - 0,5 \times 3990 \times 0,95^2$$

$$= 27442,84 \text{ kgm} \approx 274428413 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2 \times x}$$

$$= \frac{274428413}{\phi \times 1000 \times 607^2}$$

$$= 0,93$$

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

$$= \frac{1}{13,11} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,93}{390}} \right)$$

$$= 0,00243$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,00379 > 0,00243 < 0,0277 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.3, tulangan dengan  $\rho_{min}$  tidak perlu diterapkan jika, pada setiap penampang  $A_s$  yang disediakan paling tidak sepertiga lebih besar dari yang diisyaratkan oleh analisis. Maka  $\rho$  diperbesar 30%.

$$30\% \rho = 1,3 \times 0,00243 = 0,00315$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,00315 \times 1000 \times 607 \\ &= 1914,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D22

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times \phi^2 = 380 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000 \times A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ perlu}}} \\ &= \frac{1000 \times 380}{1914,21} \\ &= 167 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan utama **D22-150 mm**

$$\begin{aligned} n_{\text{pasang}} &= \frac{1000}{S} \\ &= \frac{1000}{150} = 6,7 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times A_{s \text{ tulangan}} \\ &= 7 \times 380 \\ &= 2660,9 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

h. Panjang Penyaluran Tulangan Kolom ke Pilecap

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$l_d = \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f'_c}} \times db = \frac{390 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{35}} \times 22 = 853,11 \text{ mm}$$

Dipakai  $l_d = 900 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari  $y_g$  terbesar diantara :

$$l_{dc1} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f'_c}} \times db = \frac{0,24 \times 390}{1 \times \sqrt{35}} \times 22 = 348,07 \text{ mm}$$

$$l_{dc1} = 0,043 \times f_y \times db = 0,043 \times 390 \times 22 = 368,94 \text{ mm}$$

Dipakai  $l_{dc} = 400 \text{ mm}$

i. Penulangan Tusuk Konde

Diambil rasio tulangan minimum yaitu  $= \frac{1,4}{f_y}$  dari inner diameter

tiang pancang

$$\text{Cross section tiang} = 765,8 \text{ cm}^2 \approx 76580 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,004 \times 76580 = 274,9 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16,  $A_s = 201,06 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{274,9}{201,06} = 1,3672 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah setiap sisi}$$

#### 4.6.4 Perencanaan Balok Sloof Interior

Balok sloof bertujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan serta digunakan sebagai pengaku pondasi. Beban yang diterima sloof meliputi: berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom. Berikut data perencanaan balok sloof:

- P kolom = 285,574 T (Kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr)
  - Lsloof = 3,5 m
  - $f'_c$  = 35 MPa
  - $f_y$  = 390 MPa
  - Decking = 75 mm
  - Dlentur = D19 mm
  - Dsengkang = D13 mm
  - Dimensi = 40/60 cm
  - Tinggi eff(d) =  $600 - 75 - 13 - 19/2 = 502,5$
- a. Dimensi Sloof

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin beton (modulus keruntuhan) yaitu sebesar:

Tegangan tarik ijin :

$$\begin{aligned} f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 0,7 \times \sqrt{35} = 4,14 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$\begin{aligned} P_u &= 10\% P_{ukolom} \\ &= 10\% \times 285,574 = 28,557 \text{ T} \approx 285573,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P_u}{0,8 \times b \times h} \\ &= \frac{285573,9}{0,8 \times 400 \times 600} = 1,487 < f_{r_{ijin}} = 4,14 \text{ MPa} \dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

b. Penulangan Sloof

- Penulangan Lentur

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangannya pada kolom. Berikut beban sloof :

$$\begin{aligned} \text{Berat aksial } N_u &= 10\% \times P_u \\ &= 28,557 \text{ T} \approx 285,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat yang diterima sloof

$$\text{Berat sendiri} = 0,4 \times 0,6 \times 2,4 = 0,576 \text{ T/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 4 \times 0,09 = 0,36 \text{ T/m}$$

$$\Sigma = 0,936 \text{ T/m}$$

$$M_u = 23,7242 \text{ kN.m (SAP 2000, Kombinasi 1,4D)}$$

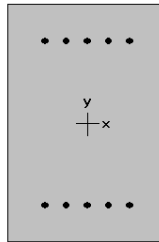
Gaya yang dimasukkan kedalam program PCACol :

$$M_u = 23,7242 \text{ kN.m}$$

$$P_u = 285,57 \text{ kN.m}$$

Direncanakan tulangan lentur 5D19 ( $A_s = 1417,64 \text{ mm}^2$ )





400 x 600 mm  
1.18% reinf.

**MATERIAL:**

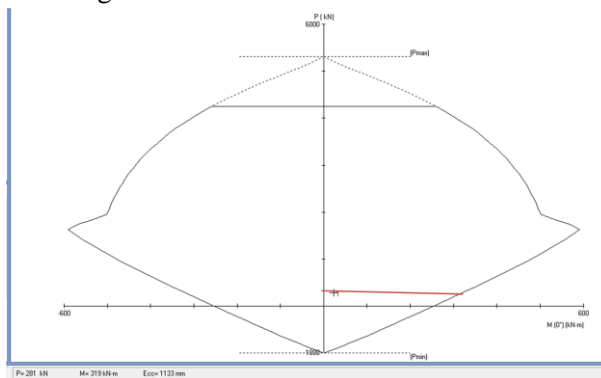
=====  
 $f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $E_c = 27805.6 \text{ MPa}$   
 $f_c = 29.75 \text{ MPa}$   
 $\text{Beta}1 = 0.796192$   
 $f_y = 390 \text{ MPa}$   
 $E_s = 199955 \text{ MPa}$

**Gambar 4. 74** Penulangan Lentur Sloof

Didapatkan rasio tulangan ( $\rho$ ) = 1,18%

Jadi dipakai tulangan 5D19 untuk tekan maupun tarik

- Penulangan Geser Sloof



**Gambar 4. 75** Diagram Interaksi Balok Sloof

Dari diagram interaksi didapatkan momen balance  $M_{pr}$  sebesar = 319 kN

$$V_u = \frac{M_{pr} + M_{pr}}{l_n} = \frac{319 + 319}{3,5} = 182 \text{ kN} \approx 182286 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_C &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times bw \times dx \times \left[ 1 + \frac{Nu}{14Ag} \right] \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 400 \times 502,5 \times \left[ 1 + \frac{285,57}{14 \times 400 \times 600} \right] \\ &= 215033,17 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_C = 0,75 \times 225731,338 = 161274,878 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_C = 0,5 \times 169298,504 = 80637,439 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_C < V_u < \phi V_C$$

$$80637,439 \text{ N} < 182286 \text{ N} > 161274,878 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{smin} &= \frac{1}{3} \times bw \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \times 502,5 = 67000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(V_C + V_{smin}) &= 0,75(225731,338 + 67000) \\ &= 211524,878 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_C < V_u < \phi(V_C + V_{smin})$$

$$161274,878 \text{ N} < 182286 \text{ N} < 211524,878 \text{ N}$$

### Kondisi 3

Direncanakan tulangan sengkang 2kaki D13 ( $A_v = 265,5 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\ &= \frac{265,5 \times 390 \times 527,5}{67000} = 776 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol jarak sengkang

$$S < \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \times 527,5 = 264 \text{ mm}$$

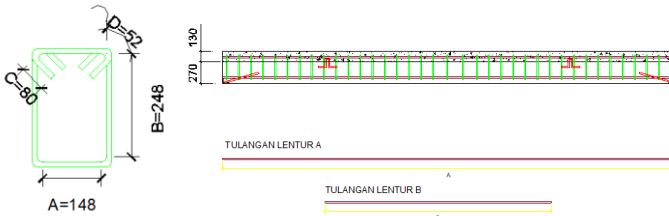
$$S < 600 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan sengkang 2kaki D13-250 mm

### 4.7 Metode Pelaksanaan

Perencanaan metode pelaksanaan pada tugas akhir kali ini, akan membahas tentang detail pembengkokan penulangan balok yang meliputi berikut :

- a. Pembengkokan tulangan balok anak



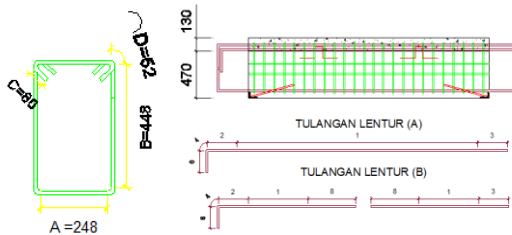
**Gambar 4. 76** Pembengkokan Tulangan Balok Anak

Detail pembengkokan balok anak dapat dilihat pada lampiran gambar STR-49 sampai SRT-51. Untuk ratio tulangan balok anak sebagai berikut :

**Tabel 4. 33** Ratio Tulangan Balok Anak

	Ln (m)	PRACETAK (kg)	OVERTOPPING (kg)	SENGKANG (kg)	TOTAL (kg)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	RATIO (kg/m <sup>3</sup> )
BA1	5,6	56,0196	24,8976	59,2384	140,1556	0,672	208,564
BA2	5,1	34,0119	22,6746	53,31456	110,00106	0,612	179,74
BA3	4,1	27,3429	18,2286	41,46688	87,03838	0,492	176,91

- b. Pembengkokan tulangan balok induk



**Gambar 4. 77** Pembengkokan Tulangan Balok Induk

Detail pembengkokan balok induk dapat dilihat pada lampiran gambar STR-49 dan SRT-52 sampai STR-56.

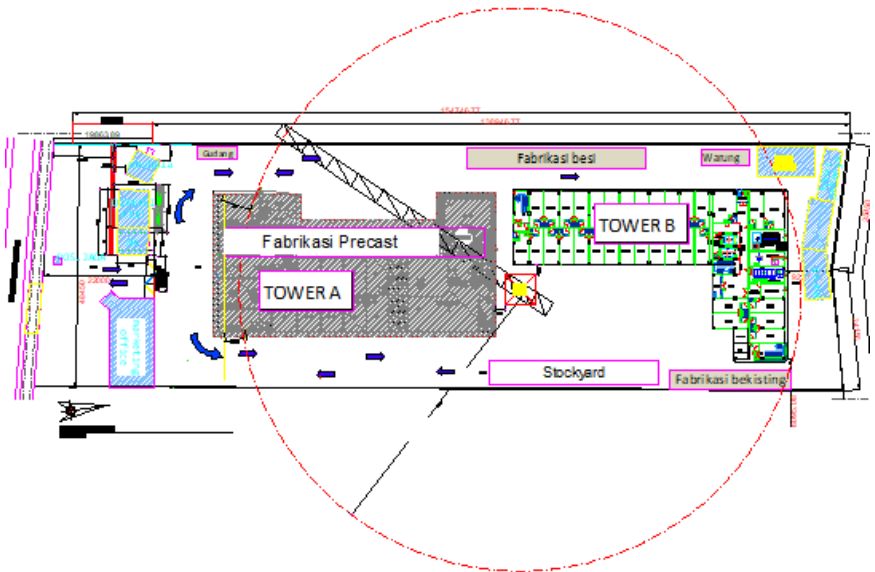
Untuk ratio tulangan balok induk sebagai berikut :

**Tabel 4. 34** Ratio Tulangan Balok Induk

	L (m)	PRACE TAK	OVERTOP PING	TORSI	SENGK ANG	TOTAL TULANGAN (kg)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	RATIO (kg/m <sup>3</sup> )
BI1	4,5	54,063	67,943	16,224	84,198	222,429	1,08	205,953
BI2	5,5	65,067	78,561	20,384	103,143	267,1550	1,32	202,39
BI3	6	70,068	82,856	22,464	101,038	276,427	1,44	191,963
BI4	3	40,369	25,342	9,984	50,519	126,215	0,72	175,298

Adapun metode pelaksanaan balok pracetak dan pelat pracetak meliputi beberapa tahapan pekerjaan sebagai berikut :

- a. Produksi atau Fabrikasi
- b. Pengangkatan
- c. Pemasangan
- d. Overtopping

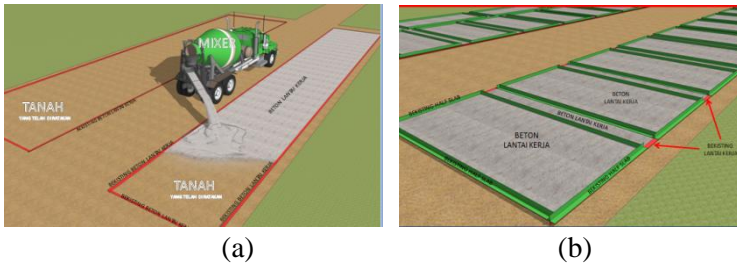


**Gambar 4. 78** Site Management

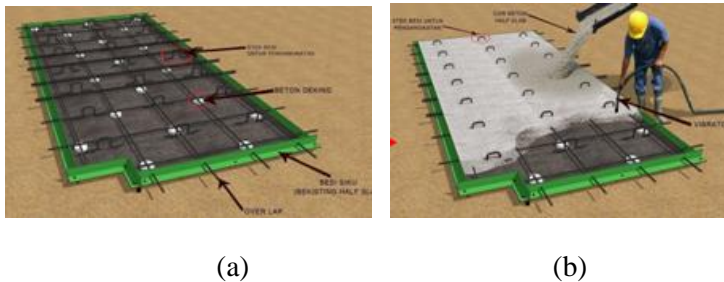
#### 4.7.1 Produksi

Proses produksi pelat dan balok pracetak di lakukan di area proyek. Pada lahan yang diperuntukkan fabrikasi precast harus di persiapkan cetakan bekisting untuk balok dan pelat precast. Berikut tahapan pelaksanaan produksi elemen pracetak balok dan pelat pada lokasi proyek :

1. Mempersiapkan lantai kerja, bekisting dan tulangan elemen pracetak
2. Perakitan bekisting elemen pracetak balok dan pelat
3. Pemasangan tulangan elemen pracetak balok dan pelat
4. Pengecoran elemen pracetak



**Gambar 4. 79** (a) Persiapan lantai kerja , (b) Perakitan bekisting elemen pracetak  
Sumber : google.co.id



**Gambar 4. 80** (a) Pemasangan tulangan, (b) Pengecoran elemen pracetak  
Sumber : google.co.id

Berikut merupakan dimensi dari elemen pracetak balok dan pelat yang akan dibuat dilapangan:

**Tabel 4. 35** Dimensi Elemen Balok Pracetak

	Lebar balok pracetak(b)	Tinggi balok pracetak (h)	Panjang balok pracetak (Ln)
BI1	400 mm	470 mm	3900 mm
BI2	400 mm	470 mm	4900 mm
BI3	400 mm	470 mm	5400 mm
BI4	400 mm	470 mm	2400 mm

BA1	300 mm	270 mm	5600 mm
BA2	300 mm	270 mm	5100 mm
BA3	300 mm	270 mm	4100 mm

**Tabel 4. 36** Tabel Dimensi Pelat Pracetak

	Lx Pracetak	Ly Pracetak	Tebal Pracetak
S1	2000 mm	1120 mm	80 mm
S2	2500 mm	1120 mm	80 mm
S3	1250 mm	1020 mm	80 mm
S4	1250 mm	820 mm	80 mm

#### 4.7.2 Pengangkatan

Pada saat pengangkatan elemen pracetak, perlu diperhatikan kemampuan angkat tower crane yang digunakan untuk mengangkat elemen pracetak dan kapasitas jangkauan tower crane. Pada perencanaan kali ini digunakan tower crane Peiner SK 315, dengan kapasitas jangkauan 60 m dengan kapasitas angkat diujung 4600kg. Untuk rencana jangkauan terjauh diproyek 56 m, masih memenuhi jangkauan maksimum tower crane. Berikut kontrol kapasitas berat sendiri elemen pracetak :

**Tabel 4. 37** Kontrol Berat Sendiri Balok Pracetak

	b	h	Ln	Berat	Kontrol Kapasitas
BI1	400 mm	470 mm	3900 mm	1760 kg	<b>OK</b>
BI2	400 mm	470 mm	4900 mm	2211 kg	<b>OK</b>
BI3	400 mm	470 mm	5400 mm	2436 kg	<b>OK</b>
BI4	400 mm	470 mm	2400 mm	1083 kg	<b>OK</b>
BA1	300 mm	270 mm	5600 mm	1089 kg	<b>OK</b>

BA2	300 mm	270 mm	5100 mm	991 kg	<b>OK</b>
BA3	300 mm	270 mm	4100 mm	797 kg	<b>OK</b>

**Tabel 4. 38** Kontrol Berat Sendiri Pelat Pracetak

	Lx Pracetak	Ly Pracetak	Tebal Pracetak	Berat	Kontrol Kapasitas
S1	2000 mm	1120 mm	80 mm	430 kg	<b>OK</b>
S2	2500 mm	1120 mm	80 mm	538 kg	<b>OK</b>
S3	1250 mm	1020 mm	80 mm	245 kg	<b>OK</b>
S4	1250 mm	820 mm	80 mm	197 kg	<b>OK</b>

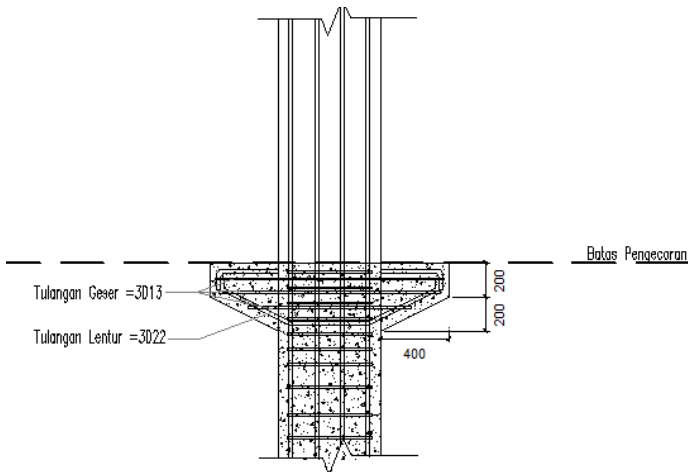
### 4.7.3 Pemasangan

Pemasangan balok pracetak dan pelat pracetak dilakukan minimal pada hari ke tiga setelah beton pracetak di cor pada bekisting, hal ini karena cek kontrol tegangan dari elemen pracetak telah memenuhi. Berikut tahapan pemasangan balok dan pelat pracetak :

#### 1. Pekerjaan elemen kolom

Setelah melakukan pemancangan, pembuatan bekisting pile cap dan sloof, kemudian tulangan pile cap, sloof dan kolom dipasang kolom, pengecoran tahap pertama sampai elevasi lantai, kemudian pemasangan tulangan konsol pendek dan bekisting kolom serta konsol, pengecoran selanjutnya dilakukan sampai ketinggian permukaan bawah balok induk yang menumpang pada kolom.

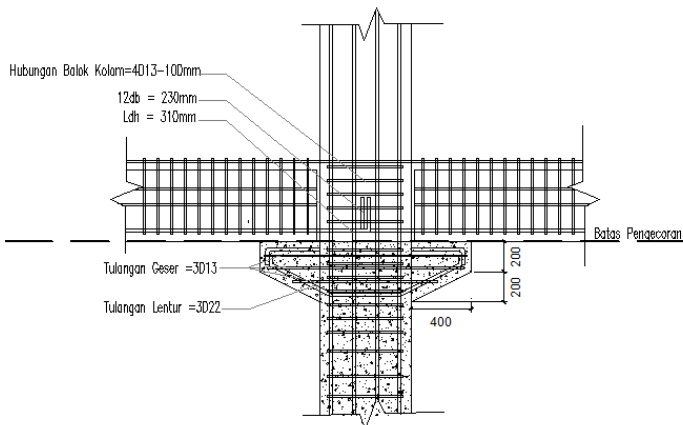




**Gambar 4. 81** Pekerjaan Kolom

## 2. Pemasangan balok induk pracetak

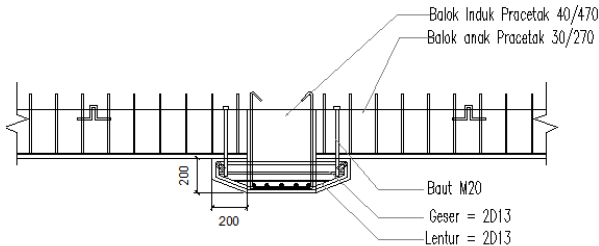
Balok induk dipasang terlebih dahulu diatas konsol, kemudian sambungan tulangan bawah pada join disambung menggunakan coupler, setelah itu pemasangan HBK join, kemudian dipasang tulangan atas balok pracetak



**Gambar 4. 82** Pemasangan Balok Induk dan Sambungan

### 3. Pemasangan balok anak pracetak

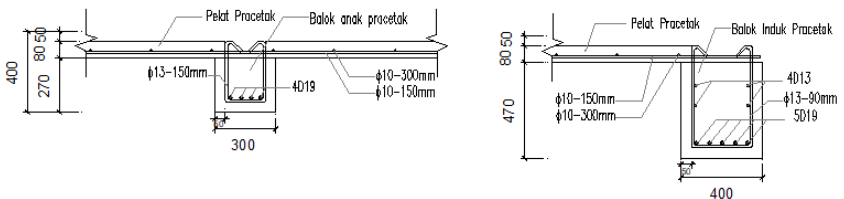
Sebelum melakukan pemasangan balok anak, dipasang terlebih dahulu, scaffolding pada tengah bentang balok induk untuk meminimalisir momen yang terjadi akibat dari beban terpusat balok anak. Kemudian balok anak pracetak dipasang.



**Gambar 4. 83** Pemasangan Balok Anak Pracetak

### 4. Pemasangan elemen pelat pracetak

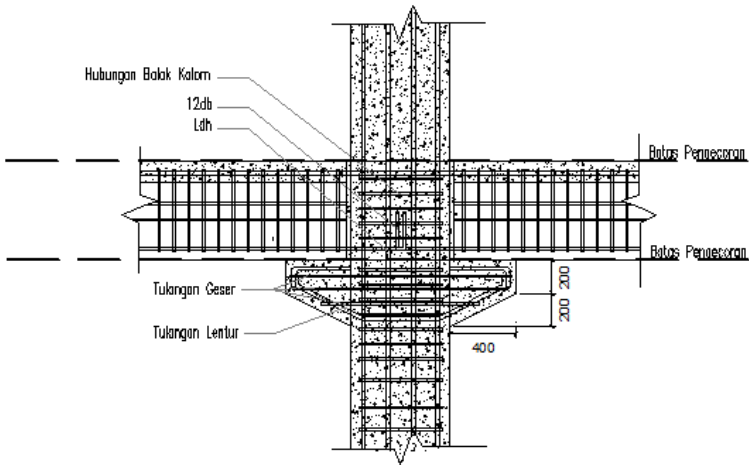
Pemasangan pelat pracetak diatas balok, sesuai dengan denah rencana pelat yang telah dibuat, kemudian pemasangan tulangan atas pelat



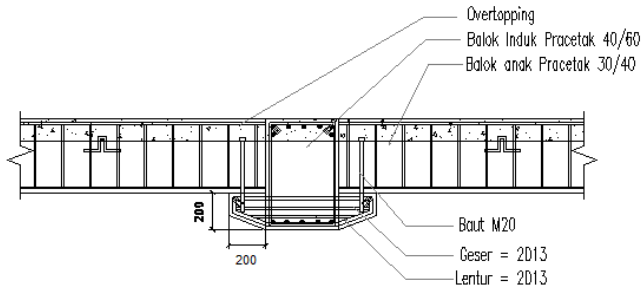
**Gambar 4. 84** Pemasangan Pelat Pracetak

#### 4.7.4 Overtopping

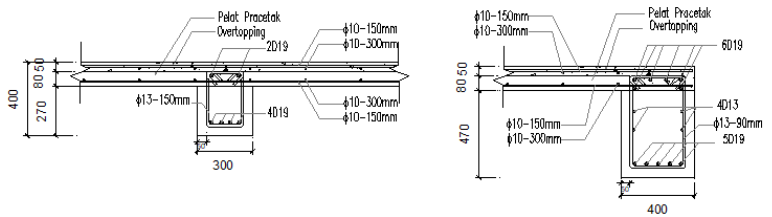
Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas pelat dan balok, pengecoran dilakukan setinggi 50 mm dari elevasi pelat pracetak.



**Gambar 4. 85** Overtopping pada joint



**Gambar 4. 86** Overtopping pada Balok



**Gambar 4. 87** Overtopping Pelat

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan perencanaan tugas akhir terapan dengan judul “Modifikasi Struktur Gedung Apartemen 8 Lantai Di Surabaya Dengan Beton Pracetak” terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dasar perancangan struktur secara umum mengacu kepada dua peraturan yaitu SNI 2847:2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Pada Bangunan Gedung dan SNI 7833:2012 mengenai Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Prategang Untuk Bangunan. Adapun hasil modifikasi elemen struktur sebagai berikut :
  - a. Struktur Sekunder
    - Dimensi balok anak = 30/40 cm
    - Dimensi balok bordes = 30/40 cm
    - Dimensi balok lift = 30/40 cm
    - Tebal pelat = 13 cm
  - b. Struktur Primer
    - Dimensi balok induk = 40/60 cm
    - Dimensi kolom = 60/60 cm
    - Tebal pilecap = 70 cm
    - Dimensi sloof = 40/60 cm
2. Sambungan elemen struktur kolom – balok induk menggunakan sambungan basah, dan konsol pendek (40/40 cm) sebagai dukungan balok induk, serta pada tulangan tekan antar tumpuan balok induk disambung menggunakan panjang penyaluran tulangan tarik  $l_{dh} = 310$  mm dengan kait 12db = 230 mm, hal ini digunakan untuk mencegah reaksi bolak balik yang terjadi akibat gempa. Sambungan untuk balok induk –

balok anak menggunakan sambungan basah dan baut M20 mutu A325 untuk mencegah geser yang terjadi pada balok anak. Sedangkan sambungan antara pelat pracetak dan overtopping menggunakan sambungan basah.

3. Metode pelaksanaan pracetak dimulai dari proses produksi elemen pracetak, pada umur 3 hari elemen beton pracetak dapat disimpan di stockyard, pengangkatan elemen pracetak menggunakan tower crane dengan kapasitas jangkauan 60 m dan kapasitas angkatn 4600 kg. Pemasangan elemen balok dan pelat pracetak dilakukan setelah pengecoran kolom hingga elevasi dibawah permukaan balok induk, kemudian dilanjutkan pemasangan tulangan atas dari elemen balok dan pelat, tahapan terakhir yaitu pengecoran overtopping beton.

## **5.2 Saran**

Dari hasil analisa proses pengerjaan tugas akhir ini, terdapat beberapa saran antara lain :

1. Pada proses pengerjaan gedung dengan menggunakan metode pracetak, pengawasan akan pekerjaan sambungan antara elemen harus diperhatikan, dikarenakan rawan terjadi kegagalan sambungan. Hal lain yang perlu diperhatikan ialah kontrol saat pemasangan dan pengecoran overtopping agar tidak terjadi retak dan lendutan.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai berbagai macam sambungan antar elemen pracetak terutama pada hbk, sehingga memudahkan pemilihan sambungan elemen pracetak serta pelaksanaan untuk struktur gedung tinggi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adi, Rudi Yuniarto, dkk. 2014. **Perilaku dan Kekuatan Sambungan Kolom pada Sistem Beton Pracetak**. Semarang. Jurnal MKTS ISSN 0854-1809;Vol 20, No 1, Juli 2014
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 1727:2013 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 7833:2012 Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Prategang Untuk Bangunan**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Ervianto, Wulfram. 2006. **Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi**. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- FIB (International Federation for Structural Concrete). 2008. **Structural Connections for Precast Concrete Buildings**. Switzerland. FIB Bulletin 43

- Imran, Iswandi.dkk. 2014. **Perencanaan Lanjut Struktur Beton Berlutang**. Bandung: Penerbit ITB
- PCI. 2004. **PCI Design Handbook Edition 7th Precast and Prestress Concrete**. Chicago: PCI Industry Handbook Committe.
- Soetjipto, Jajok Widodo. 2014. **Analisa Perbandingan Pelaksanaan Pembangunan Menggunakan Beton Konvensional dengan Elemen Beton Pracetak pada Bangunan Tingkat Tinggi**. Jember. ResearchGate
- Tavio; and Kusuma, B. 2009. **Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa: Sesuai SNI 03-2847-2002 dan SNI 03-1726-2002 Dilengkapi Pemodelan dan Analisis dengan Program Bantu ETABS v.9.07**. Surabaya. ITS Press.

TABLE C3-1  
MINIMUM DESIGN DEAD LOADS\*

Component	Load (kN/m <sup>2</sup> )	Component	Load (kN/m <sup>2</sup> )
<b>CEILING</b>			
Acoustical fiberboard	0.05	Decking, 51 mm wood (Douglas fir)	0.24
Gypsum board (per mm thickness)	0.008	Decking, 76 mm wood (Douglas fir)	0.38
Mechanical duct allowance	0.19	Fiberboard, 13 mm	0.04
Plaster on tile or concrete	0.24	Gypsum sheathing, 13 mm	0.10
Plaster on wood lath	0.38	Insulation, roof boards (per mm thickness)	
Suspended steel channel system	0.10	Cellular glass	0.0013
Suspended metal lath and cement plaster	0.72	Fibrous glass	0.0021
Suspended metal lath and gypsum plaster	0.48	Fiberboard	0.0028
Wood furring suspension system	0.12	Perlite	0.0015
<b>COVERINGS, ROOF, AND WALL</b>		Polystyrene foam	0.0004
Asbestos-cement shingles	0.19	Urethane foam with skin	0.0009
Asphalt shingles	0.10	Plywood (per mm thickness)	0.006
Cement tile	0.77	Rigid insulation, 13 mm	0.04
Clay tile (for mortar add 0.48 kN/m <sup>2</sup> )		Skylight, metal frame, 10 mm wire glass	0.38
Book tile, 51 mm	0.57	Slate, 5 mm	0.34
Book tile, 76 mm	0.96	Slate, 6 mm	0.48
Ladowici	0.48	Waterproofing membranes:	
Roman	0.57	Bituminous, gravel-covered	0.26
Spanish	0.91	Bituminous, smooth surface	0.07
Composition:		Liquid applied	0.05
Three-ply ready roofing	0.05	Single-ply, sheet	0.03
Four-ply felt and gravel	0.26	Wood sheathing (per mm thickness)	0.0057
Five-ply felt and gravel	0.29	Wood shingles	0.14
Copper or tin	0.05	<b>FLOOR FILL</b>	
Corrugated asbestos-cement roofing	0.19	Cinder concrete, per mm	0.017
Deck, metal, 20 gage	0.12	Lightweight concrete, per mm	0.015
Deck, metal, 18 gage	0.14	Sand, per mm	0.015
		Stone concrete, per mm	0.023

(continued)



TABLE C3-1 – continued  
MINIMUM DESIGN DEAD LOADS\*

Component	Load (kN/m <sup>2</sup> )	Component	Load (kN/m <sup>2</sup> )					
<b>FLOORS AND FLOOR FINISHES</b>		<b>Clay brick wythes:</b>						
Asphalt block (51 mm), 13 mm mortar	1.44	102 mm	1.87					
Cement finish (25 mm) on stone-concrete fill	1.53	203 mm	3.78					
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 13 mm mortar bed	0.77	305 mm	5.51					
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 25 mm mortar bed	1.10	406 mm	7.42					
Concrete fill finish (per mm thickness)	0.023							
Hardwood flooring, 22 mm	0.19	<b>Hollow concrete masonry unit wythes:</b>						
Linoleum or asphalt tile, 6 mm	0.05	<b>Wythe thickness (in mm)</b>						
Marble and mortar on stone-concrete fill	1.58	102	152	203	254	305		
Slate (per mm thickness)	0.028	<b>Density of unit (16.49 kN/m<sup>3</sup>)</b>						
Solid flat tile on 25 mm mortar base	1.10	No grout	1.05	1.29	1.68	2.01	2.35	
Subflooring, 19 mm	0.14	1219 mm	1.48	1.92	2.35	2.78		
Terrazzo (38 mm) directly on slab	0.91	1016 mm	grout	1.58	2.06	2.54	3.02	
Terrazzo (25 mm) on stone-concrete fill	1.53	813 mm	spacing	1.63	2.15	2.68	3.16	
Terrazzo (25 mm), 51 mm stone concrete	1.53	610 mm		1.77	2.35	2.92	3.45	
Wood block (76 mm) on mastic, no fill	0.48	406 mm		2.01	2.68	3.35	4.02	
Wood block (76 mm) on 13 mm mortar base	0.77	Full grout		2.73	3.69	4.69	5.70	
<b>FLOORS, WOOD-JOIST (NO PLASTER)</b>		<b>Density of unit (125 pcf):</b>						
<b>DOUBLE WOOD FLOOR</b>		No grout	1.25	1.34	1.72	2.11	2.39	
305 mm	406 mm	1219 mm		1.58	2.11	2.59	2.97	
610 mm		1016 mm	grout	1.63	2.15	2.68	3.11	
Joist sizes	spacing	spacing	spacing	813 mm	spacing	1.72	2.25	2.78
(mm):	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	610 mm		1.87	2.44	3.02
51 × 152	0.29	0.24	0.24	406 mm		2.11	2.78	3.50
51 × 203	0.29	0.29	0.24	Full grout		2.82	3.88	4.88
51 × 254	0.34	0.29	0.29	<b>Density of unit (21.21 kN/m<sup>3</sup>)</b>				
51 × 305	0.38	0.34	0.29	No grout	1.39	1.68	2.15	2.59
<b>FRAME PARTITIONS</b>		1219 mm		1.58	2.39	2.92	3.45	
Movable steel partitions	0.19	1016 mm	grout	1.72	2.54	3.11	3.69	
Wood or steel studs, 13 mm gypsum board each side	0.38	813 mm	spacing	1.82	2.63	3.26	3.83	
Wood studs, 51 × 102, unplastered	0.19	610 mm		1.96	2.82	3.50	4.12	
Wood studs, 51 × 102, plastered one side	0.57	406 mm		2.25	3.16	3.93	4.69	
Wood studs, 51 × 102, plastered two sides	0.96	Full grout		3.06	4.17	5.27	6.37	
<b>FRAME WALLS</b>		<b>Solid concrete masonry unit wythes (incl. concrete brick):</b>						
Exterior stud walls:		<b>Wythe thickness (in mm)</b>						
51 mm × 102 mm @ 406 mm, 16 mm gypsum, insulated, 10 mm siding	0.53	102	152	203	254	305		
51 mm × 152 mm @ 406 mm, 16 mm gypsum, insulated, 10 mm siding	0.57	1.53	2.35	3.21	4.02	4.88		
Exterior stud walls with brick veneer	2.30	<b>Density of unit (16.49 kN/m<sup>3</sup>):</b>						
Windows, glass, frame and sash	0.38	<b>Density of unit (19.64 kN/m<sup>3</sup>):</b>						
		<b>Density of unit (21.21 kN/m<sup>3</sup>):</b>						
		1.82	2.82	3.78	4.79	5.79		
		1.96	3.02	4.12	5.17	6.27		

\* Weights of masonry include mortar but not plaster. For plaster, add 0.24 kN/m<sup>2</sup> for each face plastered. Values given represent averages. In some cases, there is a considerable range of weight for the same construction.



**CITICON**  
BATA RINGAN

**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, ( $\rho$ )	: 530 kg/m <sup>3</sup>
Berat jenis normal, ( $\rho$ )	: 600 kg/m <sup>3</sup>
Kuat tekan, ( $\sigma$ )	: $\geq$ 4,0 N/m <sup>2</sup>
Konduktivitas termis, ( $\lambda$ )	: 0,14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m <sup>2</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, ( $\rho$ )	: 530 kg/m <sup>3</sup>
Field Density, ( $\rho$ )	: 600 kg/m <sup>3</sup>
Compressive Strength, ( $\sigma$ )	: $\geq$ 4,0 N/m <sup>2</sup>
Thermal Conductivity, ( $\lambda$ )	: 0,14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m <sup>2</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

## CS-21

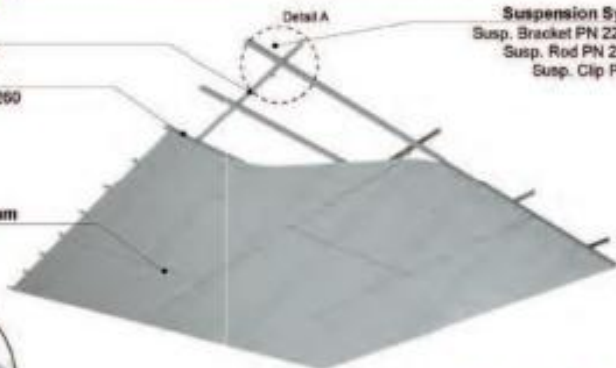
## Sistem Plafon CJaya

**Primary Frame**  
CJaya Primary PN 260  
**Secondary Frame**  
CJaya Secondary PN 260

**1 Lapis Papan Gypsum**  
Jayaboard Sheetrock  
9mm (Staggered)

**Suspension System**  
Susp. Bracket PN 220 /221  
Susp. Rod PN 227 M4  
Susp. Clip PN 262

Detail A



### KOMPONEN SISTEM

Detail A



PN 260 CJaya C-Channel



PN 261 CJaya Connector Clip



PN 262 CJaya Hanger Clip



**Suspension Bracket**  
PN 220 Susp. Bracket to Concrete  
PN 221 Susp. Rod to Transverse Bar



**Suspension Rods & Nuts**  
PN 227M4 3.5mm Rod threaded bot end (1500mm)  
PN 227M4 3.5mm Rod threaded bot end (2000mm)

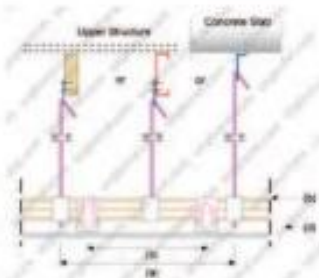


**Perimeter Sections (3000mm)**  
PN 262 16mm EP 4041 Anger 020mm (TCT)



### DETAIL & DATA FISIK

1 Lapis papan gypsum Jayaboard Sheetrock 9mm diaplikasikan Staggered



Material (mm)	Volume	Weight (kg)	Max. Span (mm)
Jayaboard Sheetrock 9mm	Suspension Rod PN 227M4	a	1000
	Suspension Clip PN 262	a	1000
	CJayaPrimary PN 260	b	1000
	CJayaSecondary PN 260	c	600

Catatan:

- Pemasangan papan gypsum saling silang
- Deflection  $\Delta$ pan L/240
- Dapat diaplikasikan dengan luas area hingga 50 m<sup>2</sup> atau bentang bebas hingga 7m
- Untuk detail produk, lihat produk brosur Jayaboard



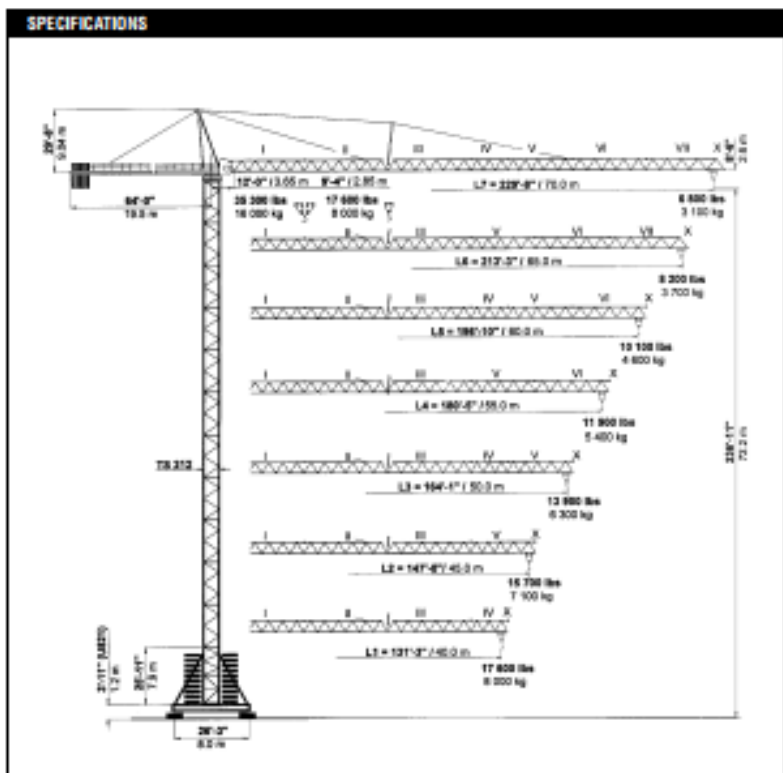
**BERAT SISTEM**  
 $\pm 6.5 \text{ Kg/m}^2$



# PEINER SK 315

Hammerhead Tower Crane  
 17,600-35,300 lbs. (8-16 mt)  
 Lifting Capacity

## SPECIFICATIONS



simple, available and  
 cost effective™

Options shown may require special equipment.





PROJECT : Apartment Mahala Punguh/011 level 1

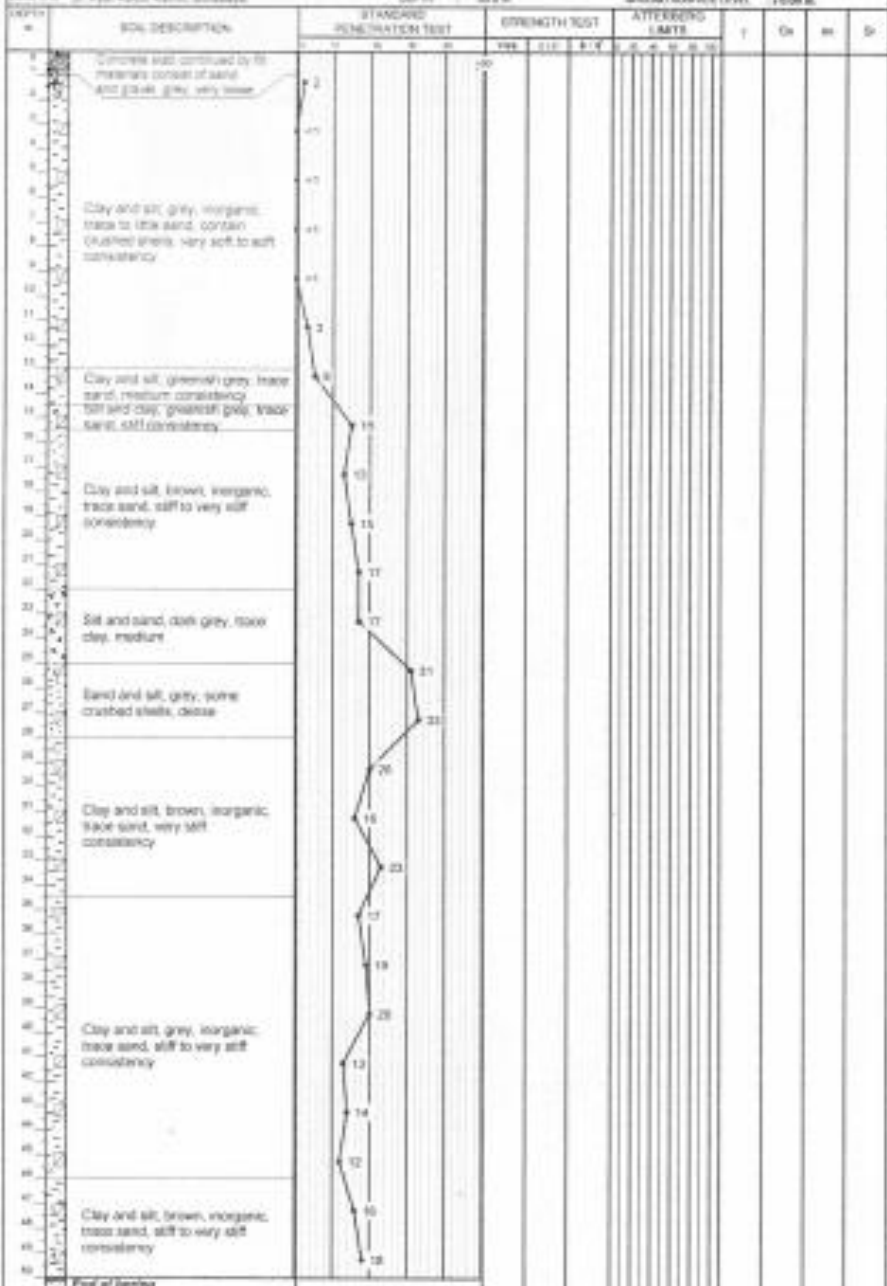
DATE OF TEST : 19 - 24 Feb 2014

GROUND WATER LEVEL : + 1.28 m

LOCATION : Kyal Khatu North, Surabaya

DEPTH : 50.2 m

GROUND SURFACE LEVEL : + 0.00 m



NOTES:

0 to 10 % = Trace

10 to 20 % = Little

20 to 30 % = Some

30 to 50 % = Mid

 cohesion cutter  
 gravel  
 fine sand  
 cohesion strength report  
 penetration angle flag

SPT = Standard penetration test (blows / ft)

LS = Thin, unconsolidated soil bed

ML = Medium, unconsolidated soil bed

PV = Partly loose sand soil

UCI = unconfined compression strength report

QT = Direct shear test

C = % = Moisture content, %

L = % = Plastic limit, %

P = % = Liquid limit, %

- = Unit weight, kN/m<sup>3</sup>

Ca = Specific gravity

w<sub>L</sub> = Liquid limit, %w<sub>p</sub> = Plasticity, %



**Novin Agustina Nur Putri**, lahir di Jombang, 15 Agustus 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al-hidayah 2002, SDN 2 Peterongan tahun 2008, SMPN 1 Peterongan tahun 2011, dan SMAN Mojoagung tahun 2014. Setelah lulus dari SMAN Mojoagung, penulis diterima di program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000068. Total 8 semester dan 144 sks telah dijalani penulis hingga lulus dari program studi Diploma IV Teknik Sipil (Bangunan Gedung) ini. Penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil sebagai sekertaris departemen Riset dan Teknologi (Restech) pada periode 2015-2016. Penulis juga pernah mendapatkan penghargaan 3<sup>rd</sup> Winner dalam lomba Bridge Design Competition 2016 di UNDIP, penulis juga mengikuti Kerja Praktek di PT. WIKA GEDUNG pada Proyek Pembangunan Gresik Icon Apartemen.

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
	C O V E R	-	-
	DAFTAR GAMBAR	-	-
	DAFTAR GAMBAR	-	-
ARS	TAMPAK UTARA	1 : 250	01
ARS	TAMPAK SELATAN	1 : 250	02
ARS	TAMPAK BARAT	1 : 250	03
ARS	TAMPAK TIMUR	1 : 250	04
ARS	DENAH LANTAI 1	1 : 250	05
ARS	DENAH LANTAI 2, 4 & 7	1 : 250	06
ARS	DENAH LANTAI 3,5 & 6	1 : 250	07
ARS	DENAH LANTAI 8	1 : 250	08
ARS	DENAH ATAP	1 : 250	09
ARS	POTONGAN MEMANJANG	1 : 250	10
ARS	POTONGAN MELINTANG	1 : 250	11
STR	DENAH PEMASANGAN BALOK PRECAST LT. 2-8	1 : 250	12
STR	DENAH PEMASANGAN BALOK PRECAST LT. ATAP	1 : 250	13
STR	DENAH PEMASANGAN BALOK PRECAST R. LIFT	1 : 250	14
STR	DENAH PEMASANGAN PELAT PRACETAK LT. 2-8	1 : 250	15
STR	DENAH PEMASANGAN PELAT PRACETAK LT. ATAP	1 : 250	16
STR	DENAH PEMASANGAN PELAT PRACETAK R. LIFT	1 : 250	17
STR	TIPE PELAT PRACETAK S1	1 : 25	18
STR	TIPE PELAT PRACETAK S2	1 : 25	19
STR	TIPE PELAT PRACETAK S3	1 : 25	20
STR	TIPE PELAT PRACETAK S4	1 : 25	21
STR	PENULANGAN PELAT SETELAH KOMPOSIT LT 2-9	1 : 25	22

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	PENULANGAN PELAT SETELAH KOMPOSIT LT ATAP	1 : 25	23
STR	DETAIL TULANGAN PELAT TIPE S1 SETELAH KOMPOSIT	1 : 80	24
STR	DETAIL TULANGAN PELAT TIPE S2 SETELAH KOMPOSIT	1 : 80	25
STR	DETAIL TULANGAN PELAT TIPE S3 SETELAH KOMPOSIT	1 : 80	26
STR	DETAIL TULANGAN PELAT TIPE S4 SETELAH KOMPOSIT	1 : 80	27
STR	DENAH TANGGA	1 : 50	28
STR	DETAIL PENULANGAN DAN POTONGAN TANGGA	1 : 50	29
STR	BALOK ANAK PRACETAK	1 : 100	30
STR	PENULANGAN SEBELUM DAN SESUDAH BALOK KOMPOSIT ANAK BA1	1 : 25	31
STR	PENULANGAN SEBELUM DAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK ANAK BA2	1 : 25	32
STR	PENULANGAN SEBELUM DAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK ANAK BA3	1 : 25	33
STR	BALOK INDUK PRACETAK	1 : 25	34
STR	PENULANGAN SEBELUM DAN SESUDAH BALOK INDUK BI1	1 : 25	35
STR	PENULANGAN SEBELUM DAN SESUDAH BALOK INDUK BI2	1 : 25	36
STR	PENULANGAN SEBELUM DAN SESUDAH BALOK INDUK BI3	1 : 25	37
STR	PENULANGAN SEBELUM DAN SESUDAH BALOK INDUK BI4	1 : 25	38
STR	PENULANGAN KOLOM INTERIOR	1 : 25	39
STR	PENULANGAN KOLOM EKSTERIOR	1 : 25	40
STR	SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM INTERIOR	1 : 20	41
STR	SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM EKSTERIOR	1 : 20	42
STR	SAMBUNGAN BALOK INDUK - BALOK ANAK	1 : 25	43
STR	SAMBUNGAN BALOK - PELAT	1 : 20	44
STR	PORTAL MEMANJANG	1 : 200	45
STR	PORTAL MELINTANG	1 : 150	46
STR	DETAIL PORTAL A	1 : 60	47

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DETAIL PORTAL B	1 : 60	48
STR	BESTAT TULANGAN SENKANG BALOK	1 : 20	49
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK	1 : 25	50
STR	BESTAT BALOK ANAK	1 : 100	51
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK	1 : 25	52
STR	BESTAT BALOK INDUK PRACETAK	1 : 50	53
STR	BESTAT TULANGAN OVERTOPPING BALOK INDUK (AS 5)	1 : 50	54
STR	BESTAT TULANGAN OVERTOPPING BALOK INDUK (AS V)	1 : 50	55
STR	BESTAT TULANGAN OVERTOPPING BALOK INDUK (AS N)	1 : 50	56
STR	DENAH RENCANA PONDASI DAN SLOOF	1 : 250	57
STR	PENULANGAN PC1	1 : 25	58
STR	PENULANGAN PC2	1 : 25	59
STR	PENULANGAN PC3	1 : 25	60
STR	PENULANGAN PC2-A	1 : 25	61
STR	PENULANGAN SLOOF S1	1 : 25	62
STR	PENULANGAN SLOOF S1	1 : 25	63
STR	PENEMPATAN TOWER CRANE	1 : 500	64
STR	PELAKSANAAN PEMASANGAN ELEMEN PRACETAK	1 : 20	65
STR	PEMBENGGOKAN TULANGAN TUMPUAN BALOK PRACETAK	1 : 20	66





FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
 Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
 SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK UTARA

1:250

KODE GBR

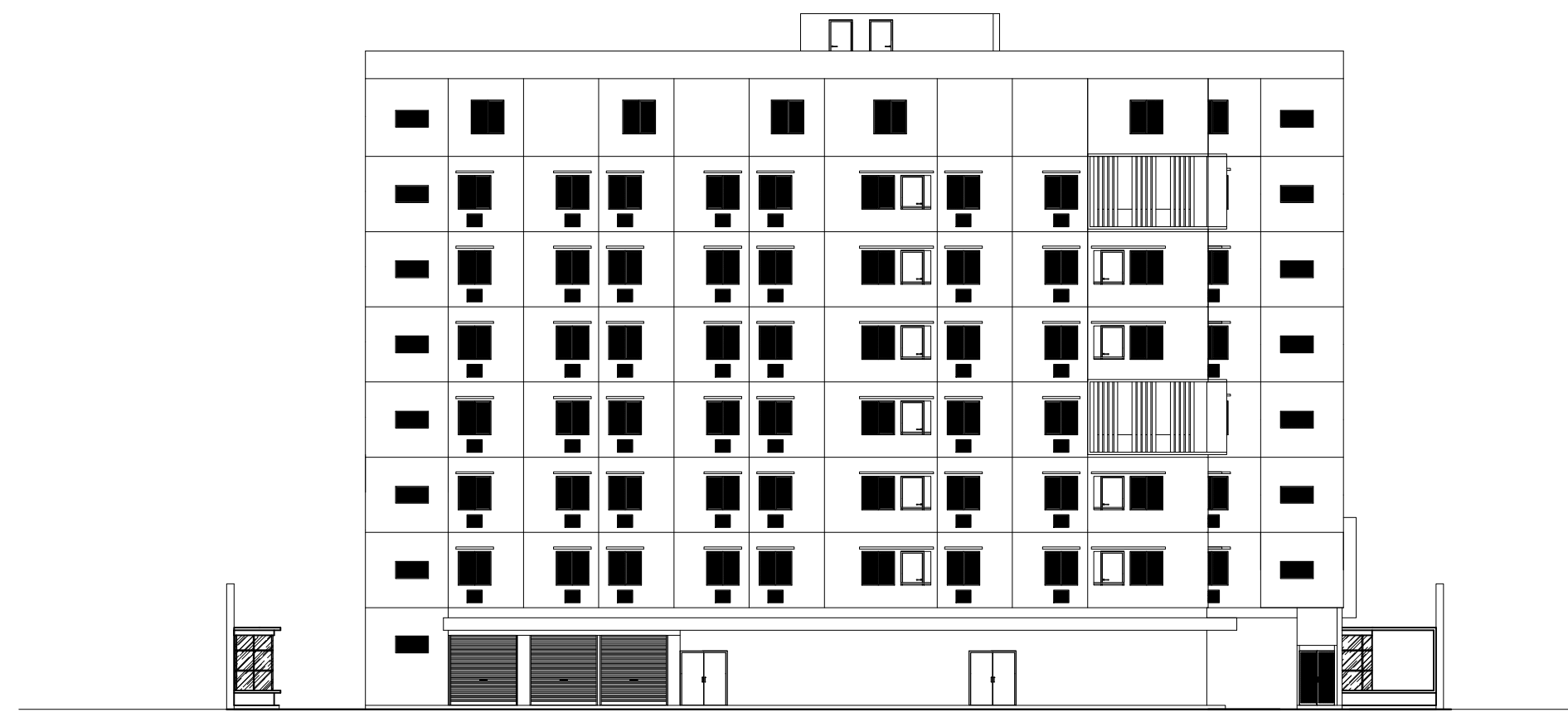
NO GBR

JML GBR

**ARS**

**01**

**66**



**TAMPAK UTARA**

SKALA 1 : 250



FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK SELATAN

1:250

KODE GBR

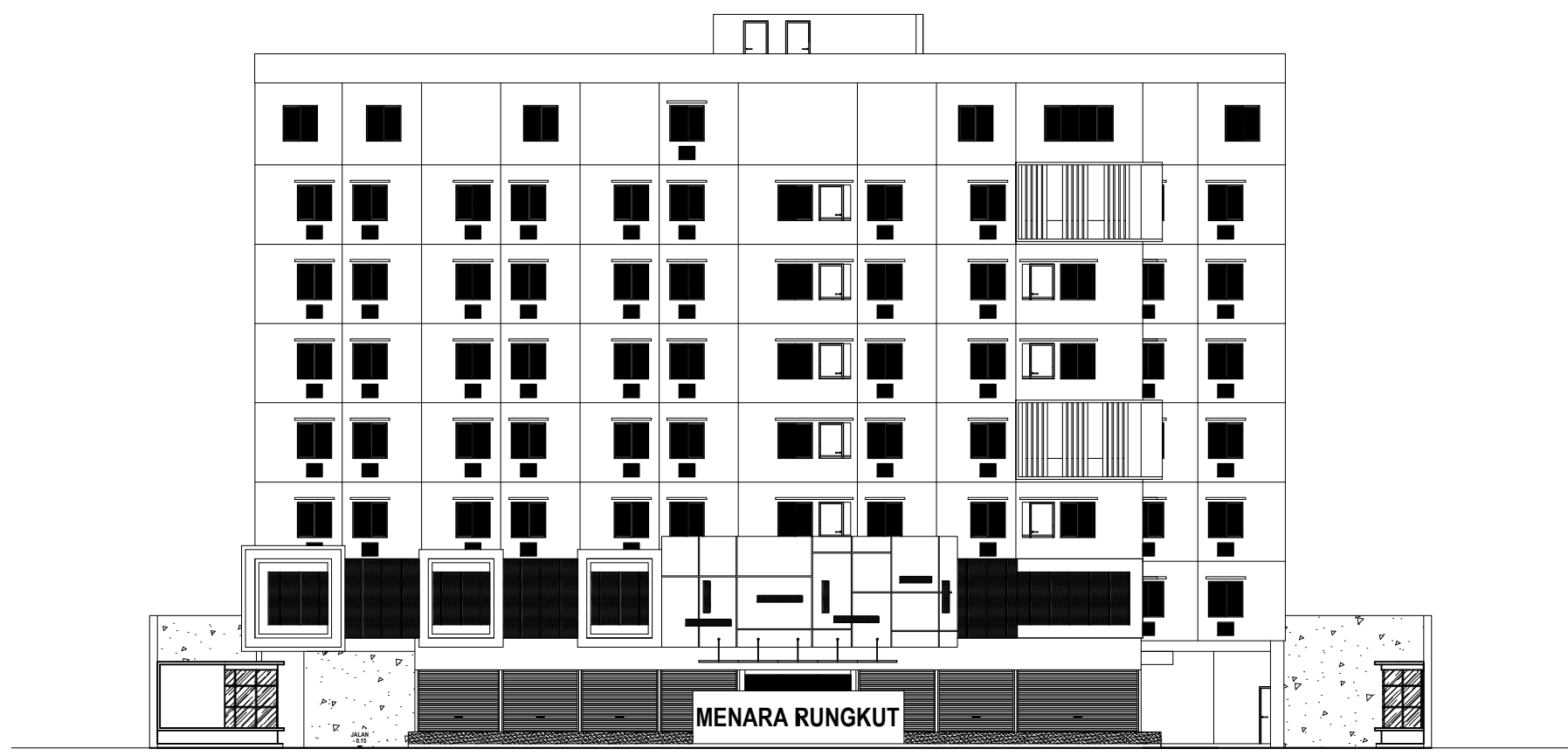
NO GBR

JML GBR

**ARS**

**02**

**66**



**TAMPAK SELATAN**

SKALA 1 : 250



FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
 Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
 SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK BARAT

1:250

KODE GBR

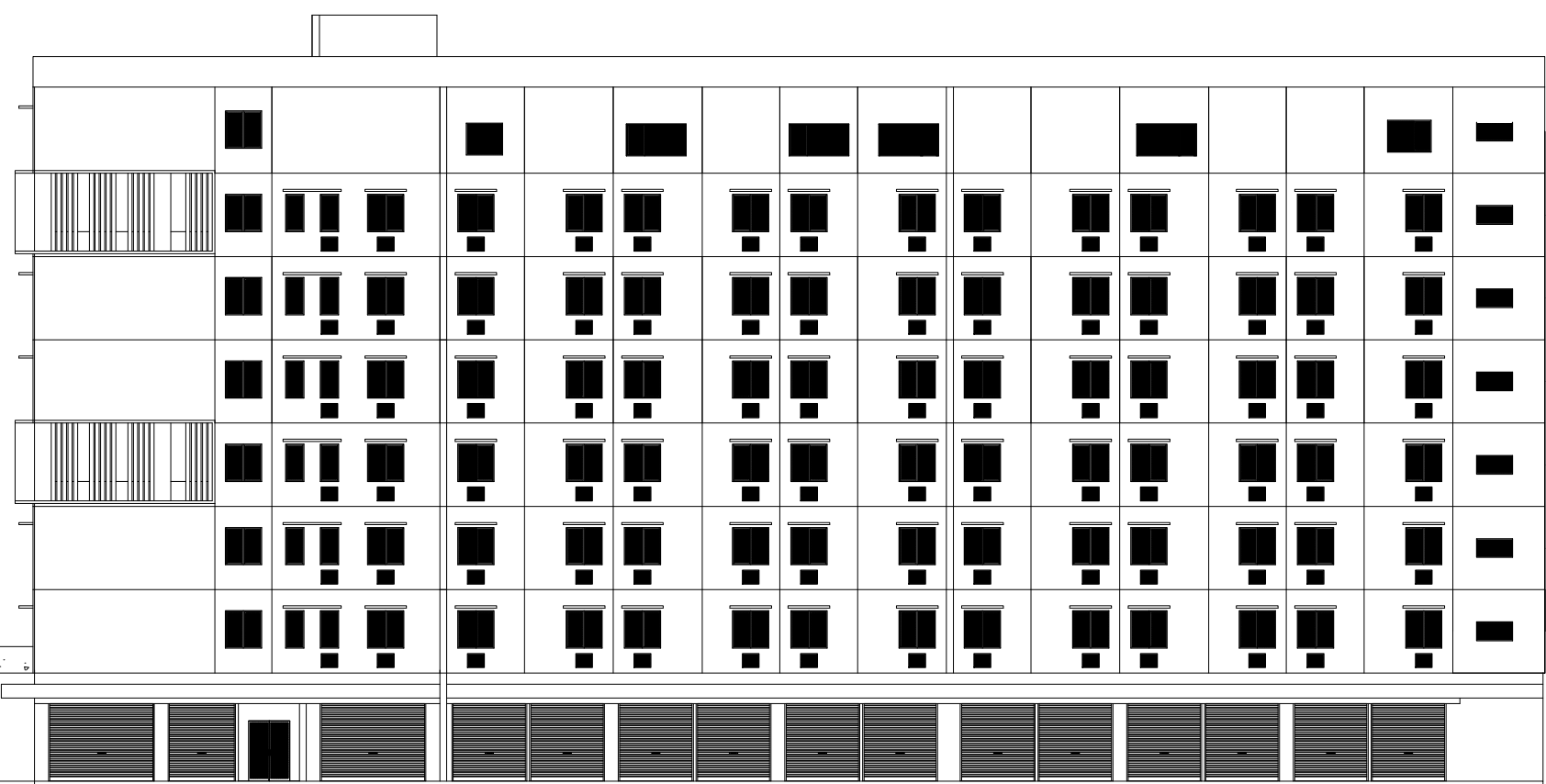
NO GBR

JML GBR

**ARS**

**03**

**66**



**TAMPAK BARAT**

SKALA 1 : 250



FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
 Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
 SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK TIMUR

1:250

KODE GBR

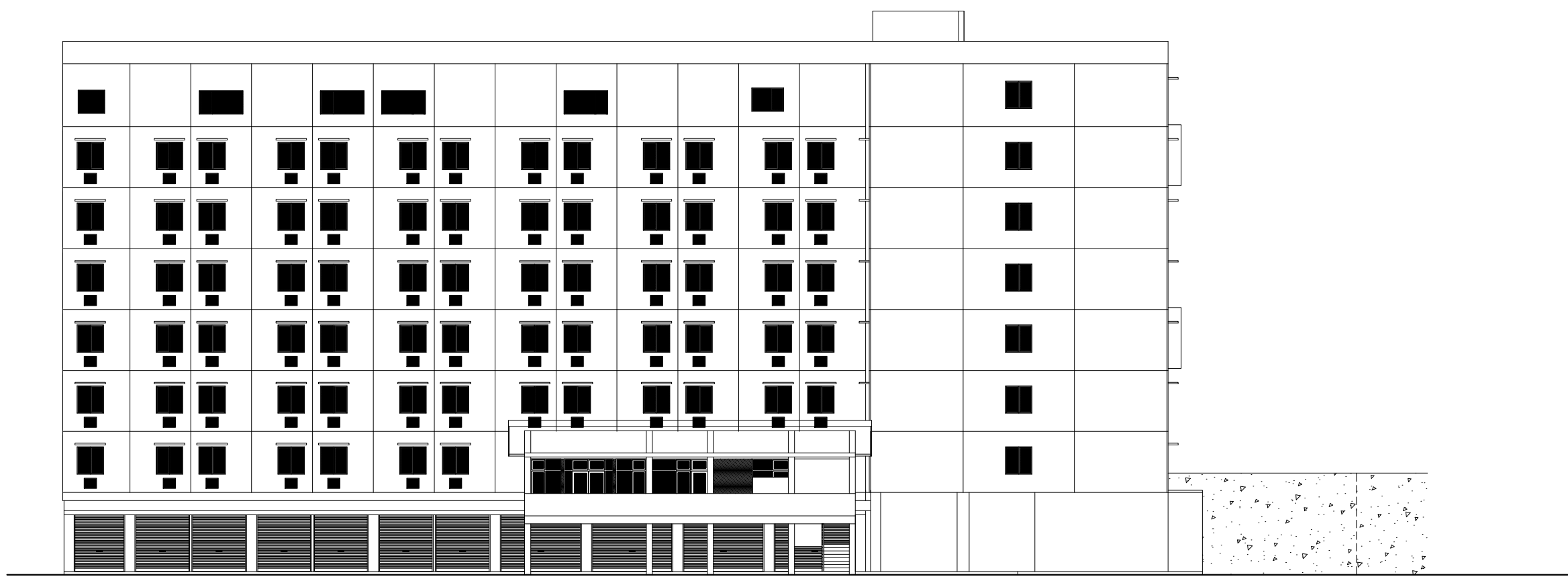
NO GBR

JML GBR

**ARS**

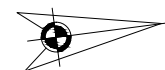
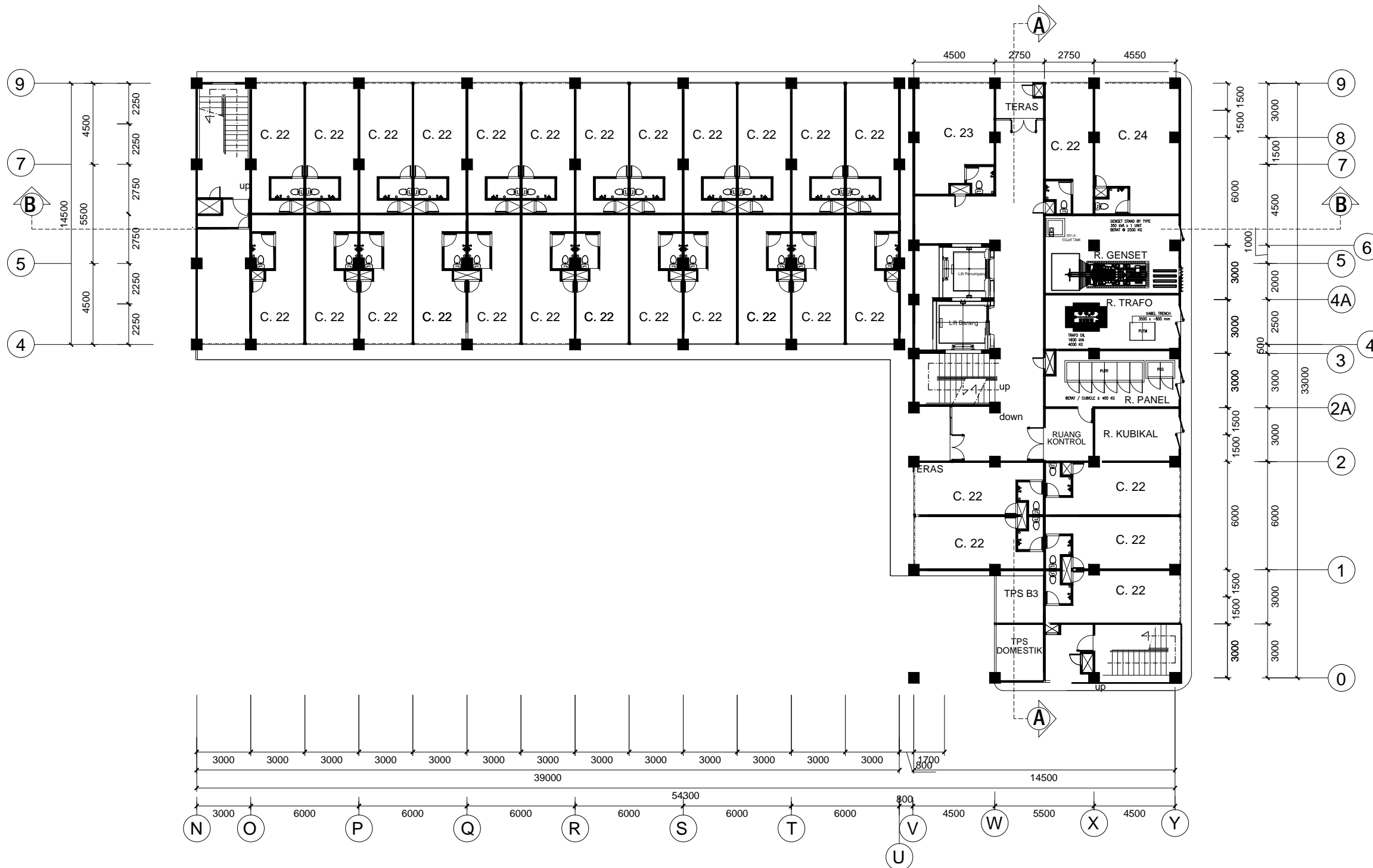
**04**

**66**



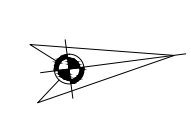
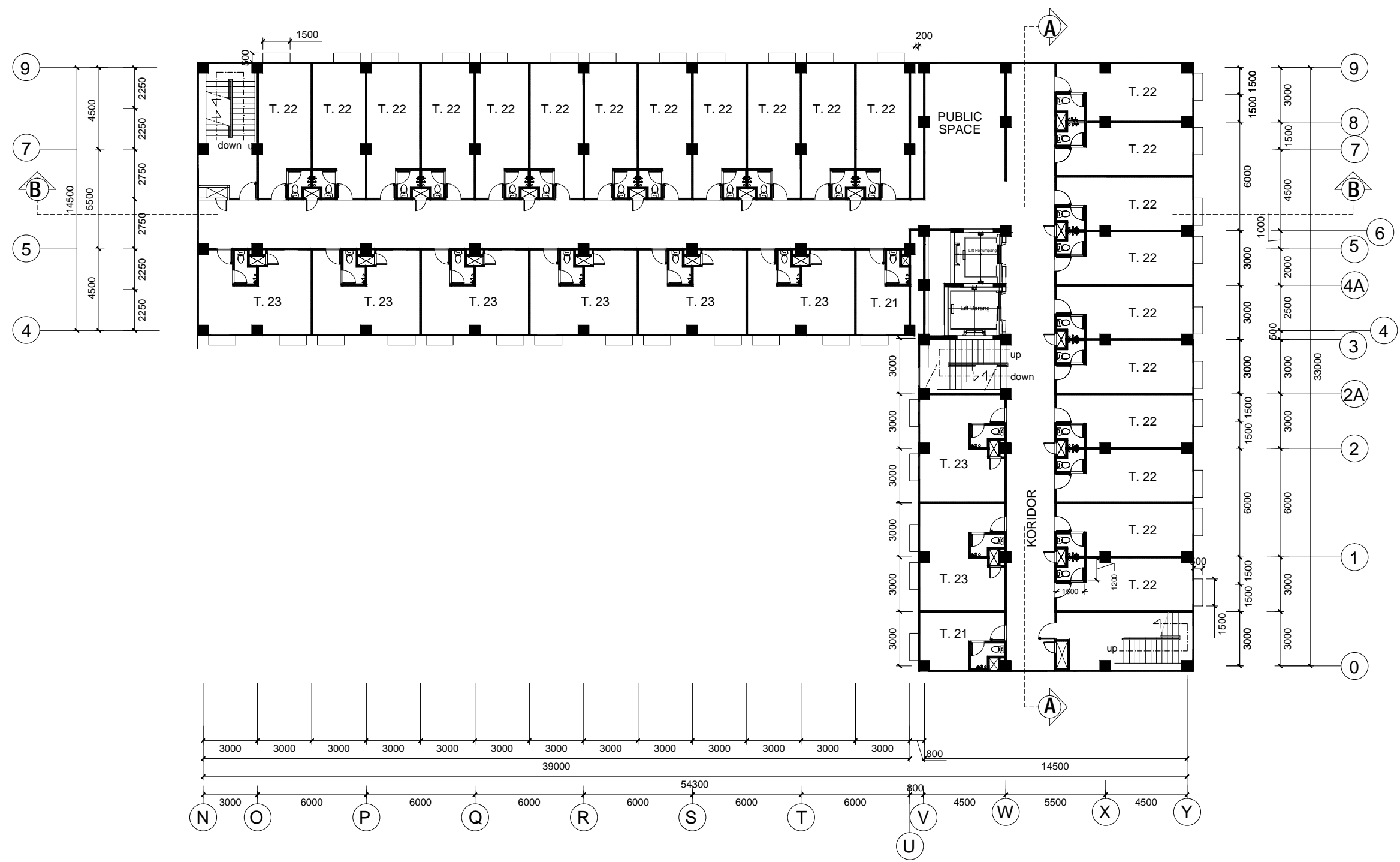
**TAMPAK TIMUR**

SKALA 1 : 250

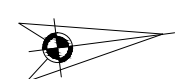
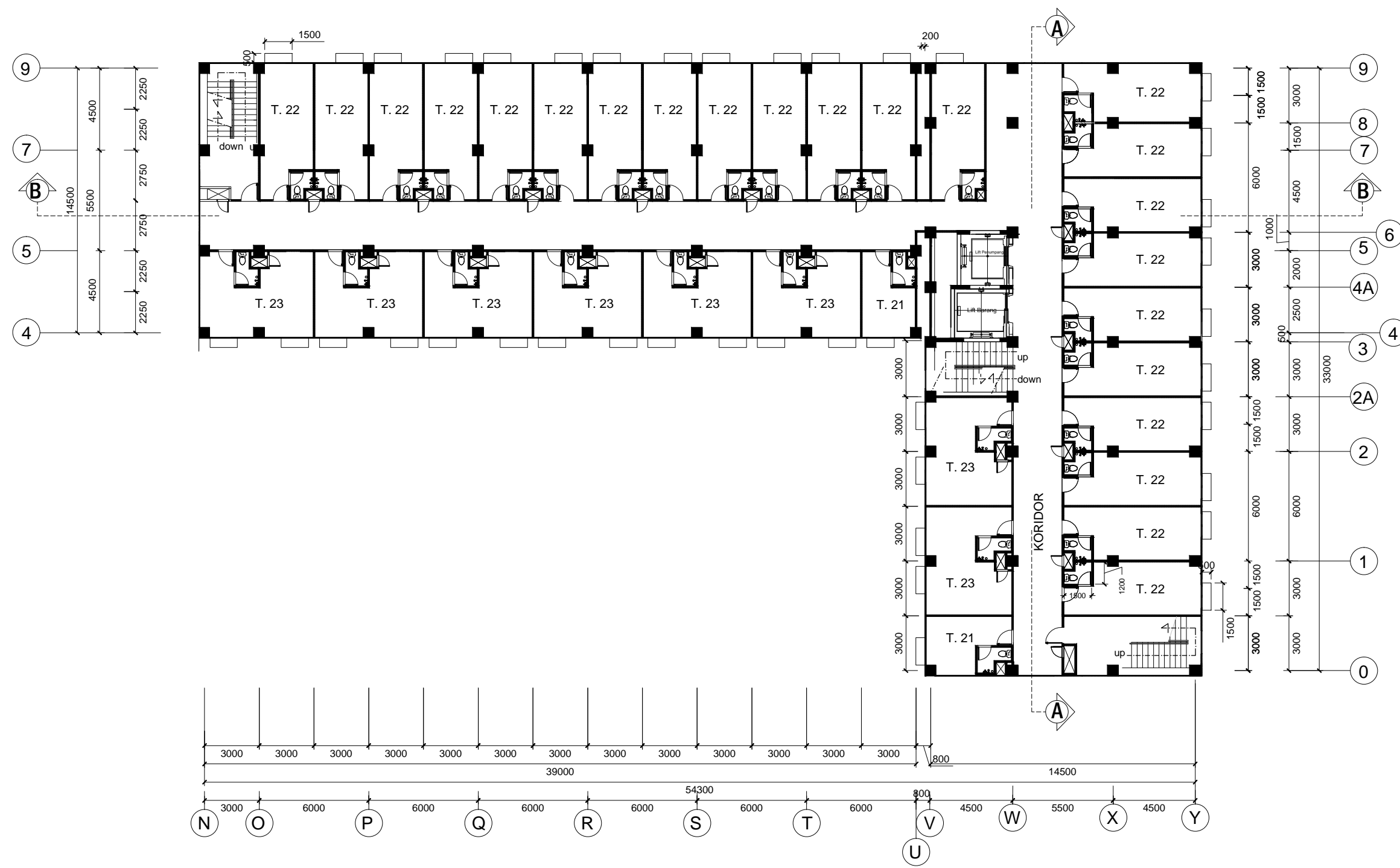


**DENAH LANTAI 1**

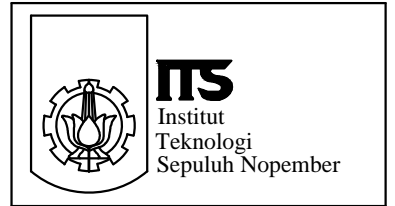
Scale 1:250



**DENAH LANTAI 2,4 & 7**  
Scale 1:250



**DENAH LANTAI 3, 5 & 6**  
Scale 1:250



FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
 Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
 SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

**DENAH LANTAI 8**

**1:250**

KODE GBR

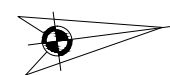
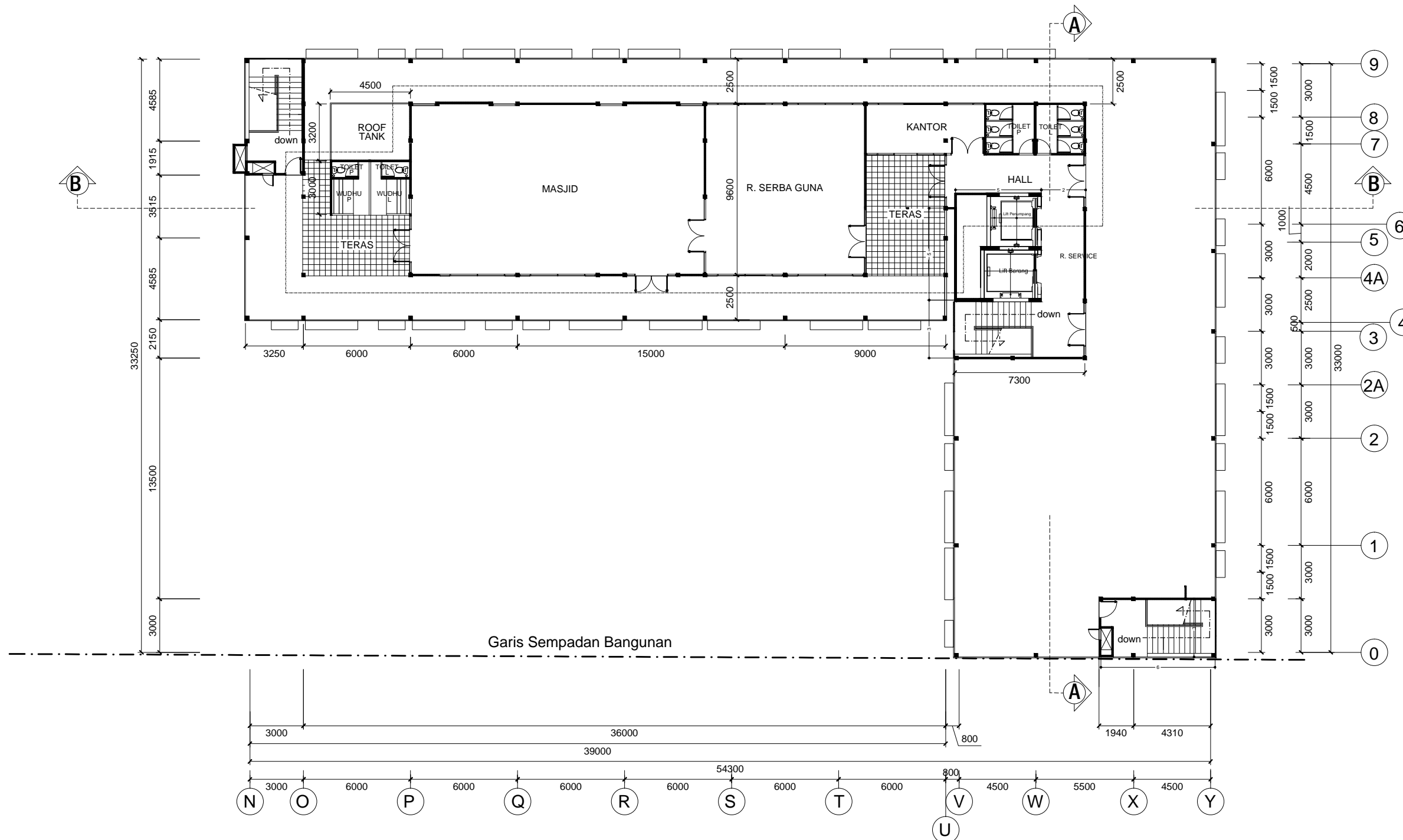
NO GBR

JML GBR

**ARS**

**08**

**66**



**DENAH 8**  
 Scale 1:250





**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN  
MEMANJANG

1:250

KODE GBR

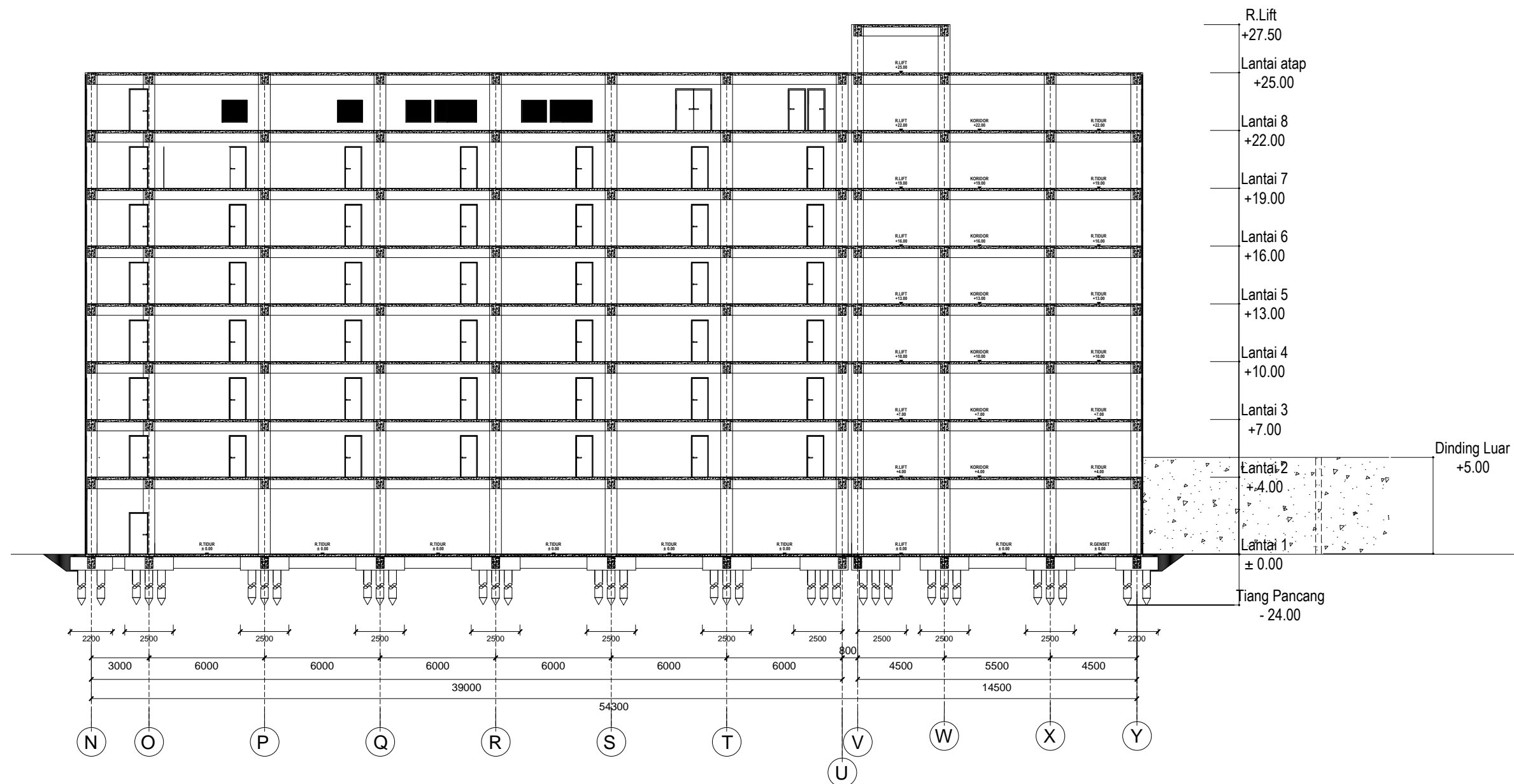
NO GBR

JML GBR

**ARS**

**10**

**66**



**POTONGAN MEMANJANG**  
SKALA 1 : 250

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN  
MELINTANG

1:250

KODE GBR

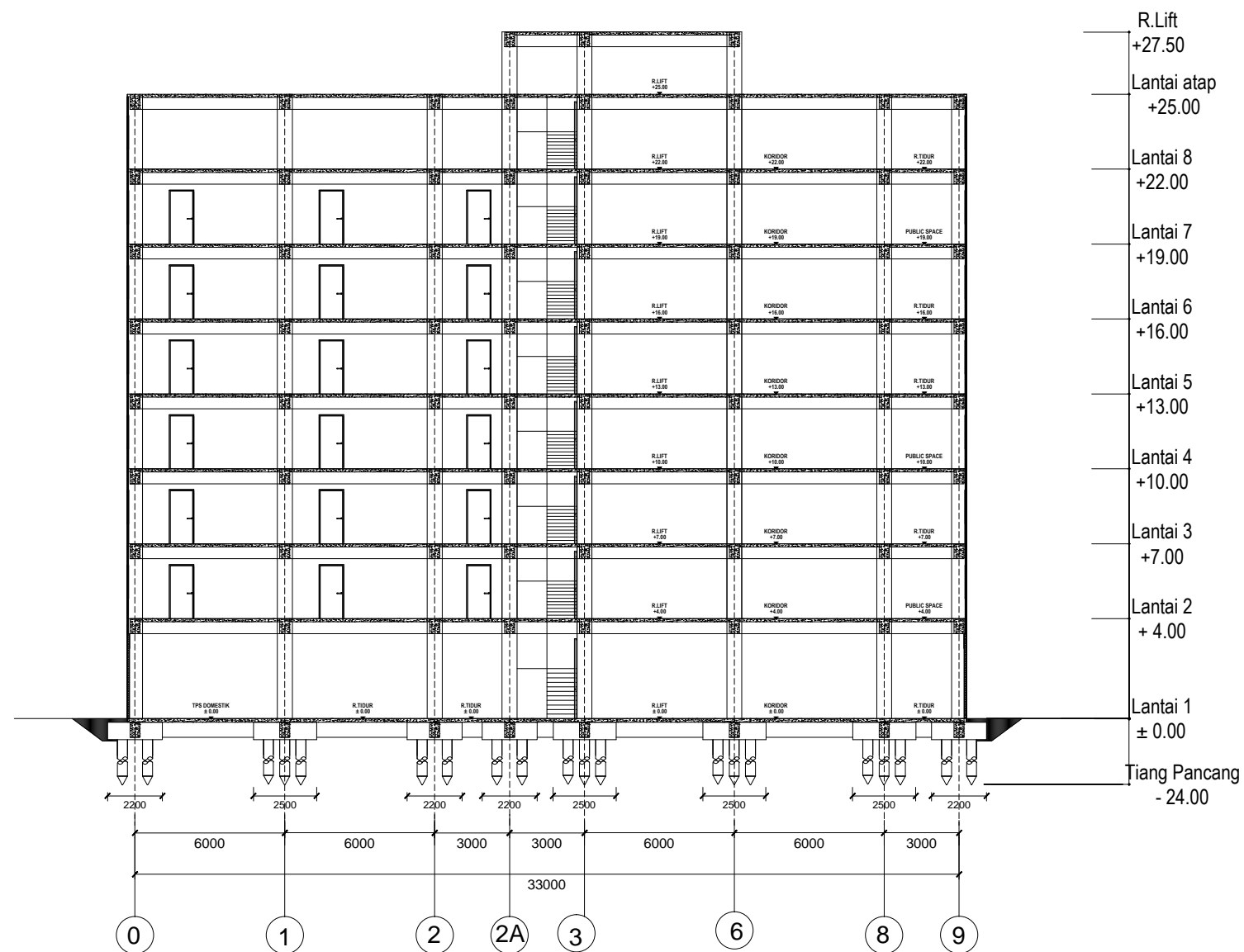
NO GBR

JML GBR

**ARS**

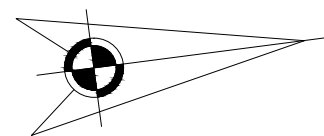
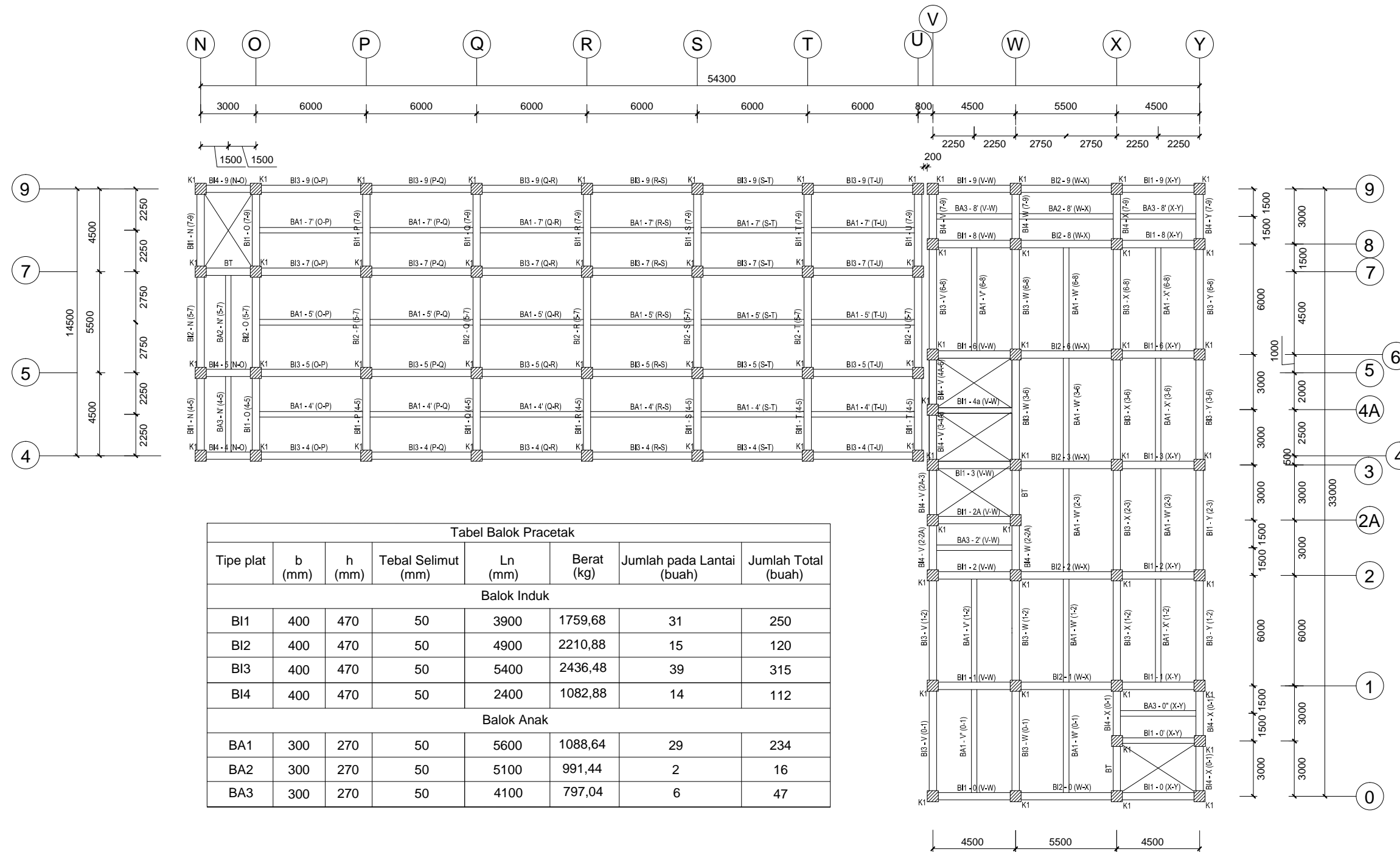
**11**

**66**



**POTONGAN MELINTANG**  
SKALA 1 : 250

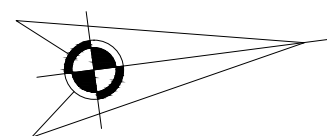
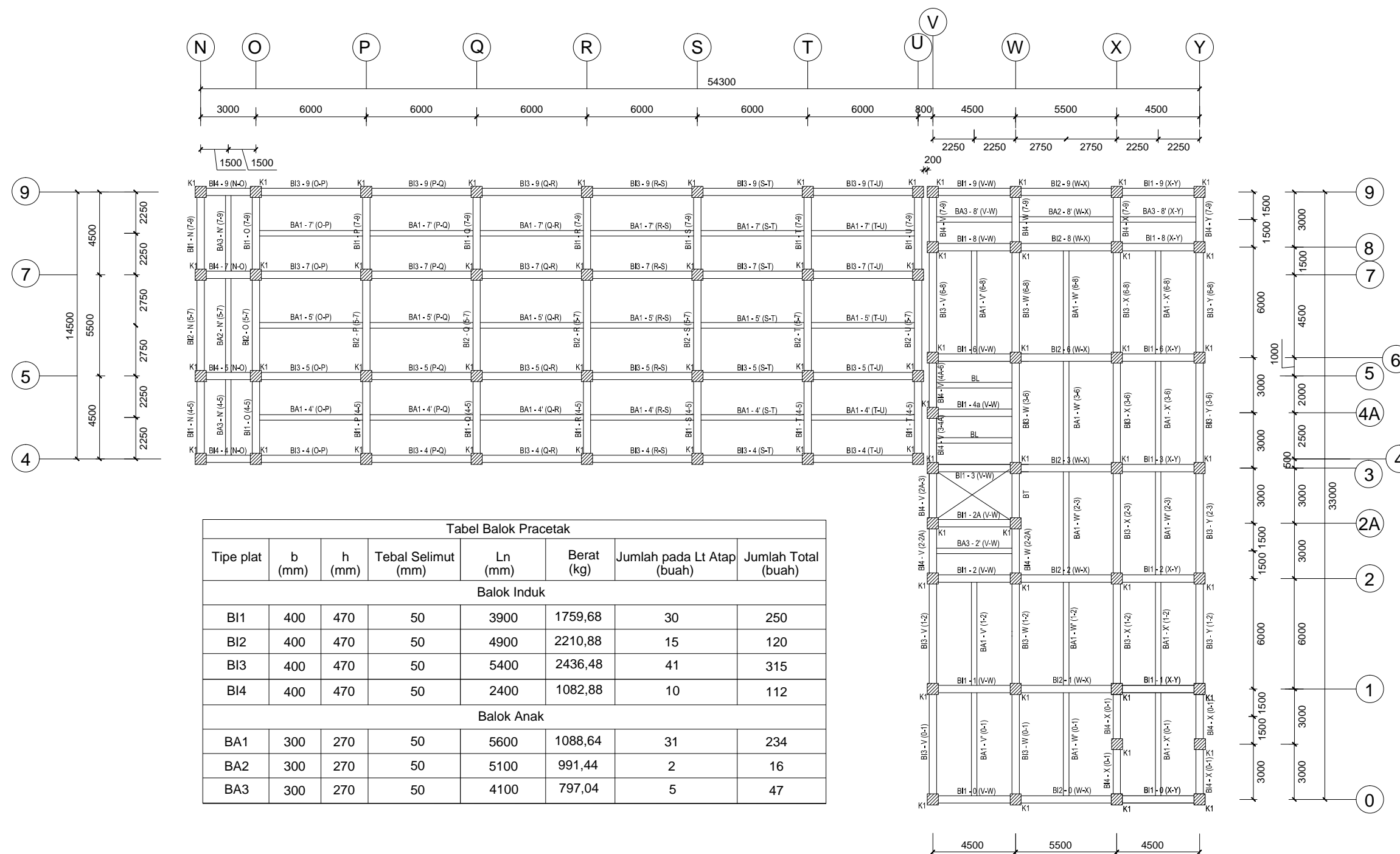
$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa  
Dimensi BI = 40/60 cm  
Dimensi BA = 30/40 cm  
Dimensi K = 60/60 cm



**DENAH PEMASANGAN BALOK PRACETAK LT. 2 - 8**

Scale 1:250

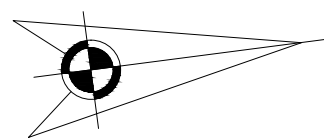
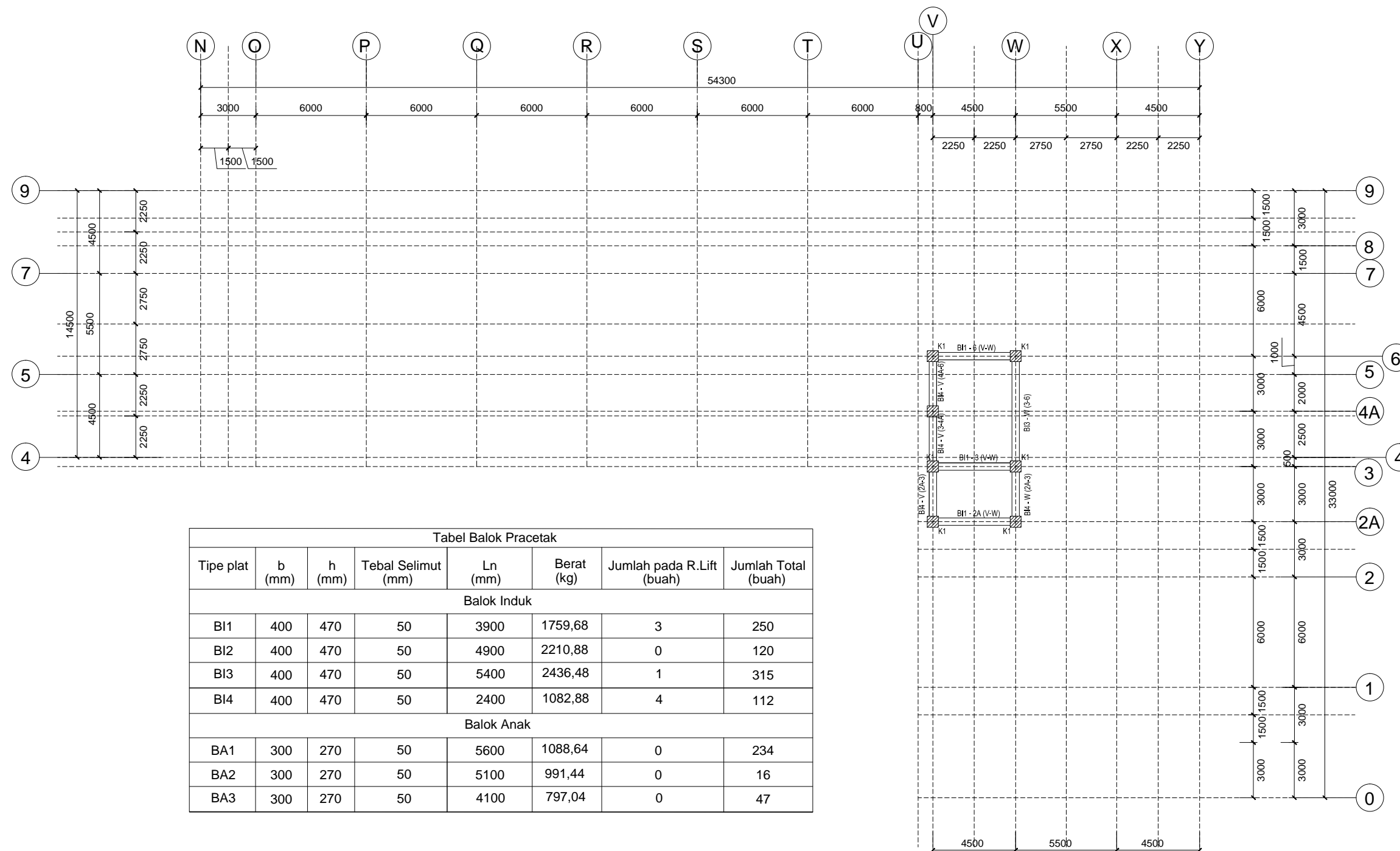
$f'c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa  
Dimensi BI = 40/60 cm  
Dimensi BA = 30/40 cm  
Dimensi K = 60/60 cm



**DENAH PEMBALOKAN PRACETAK LT. ATAP**

Scale 1:250

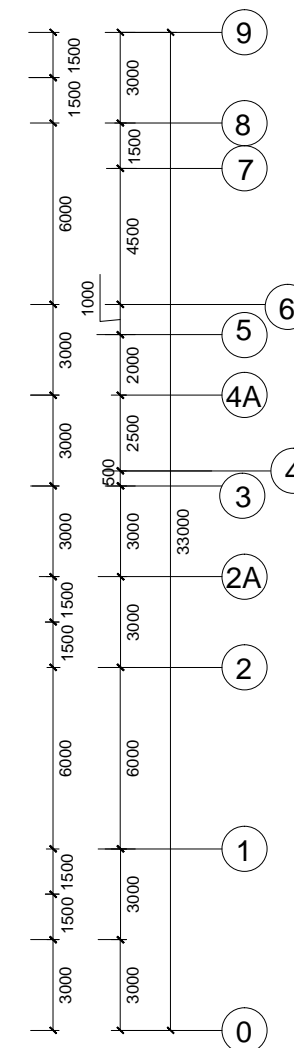
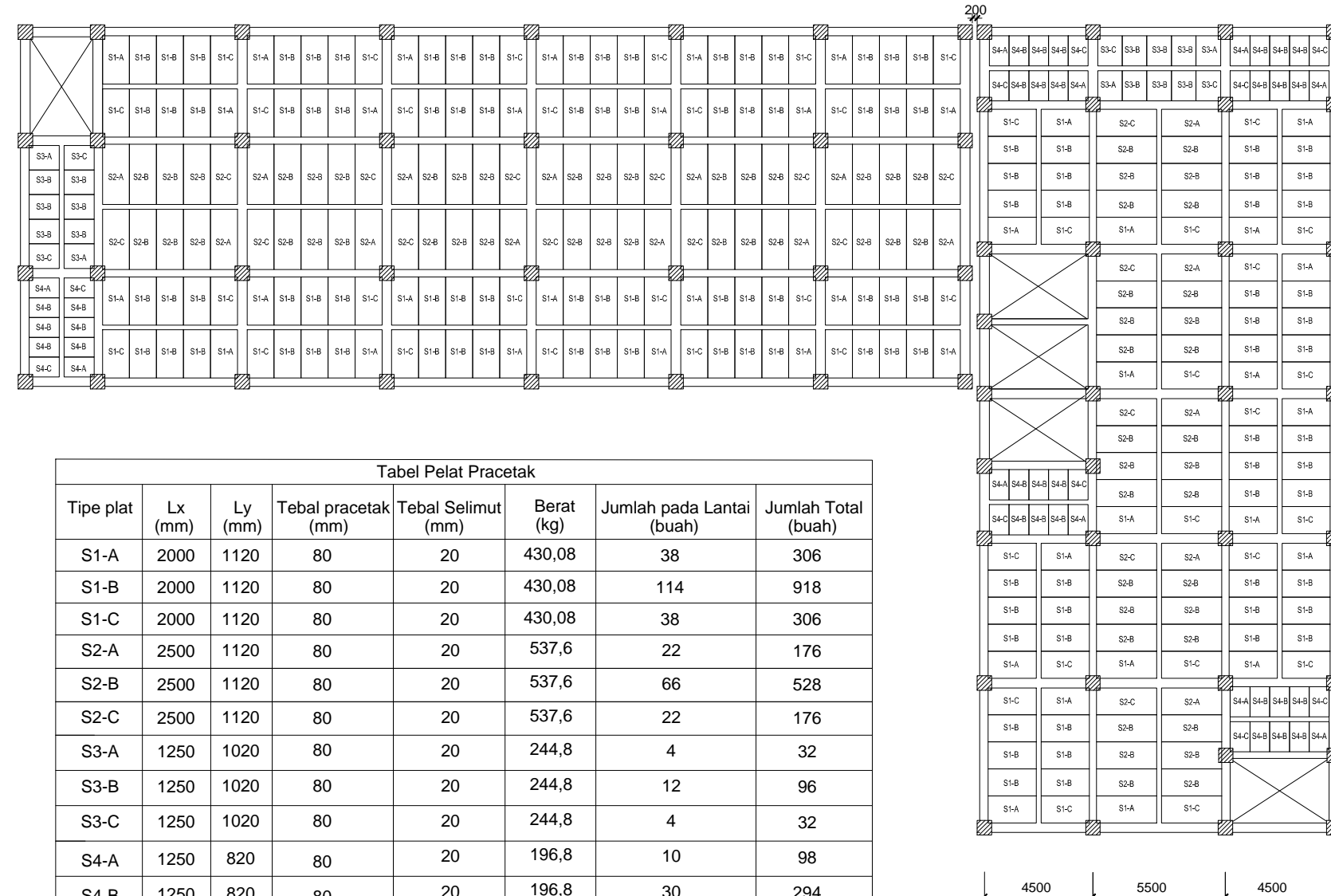
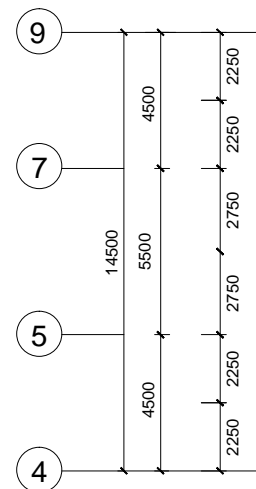
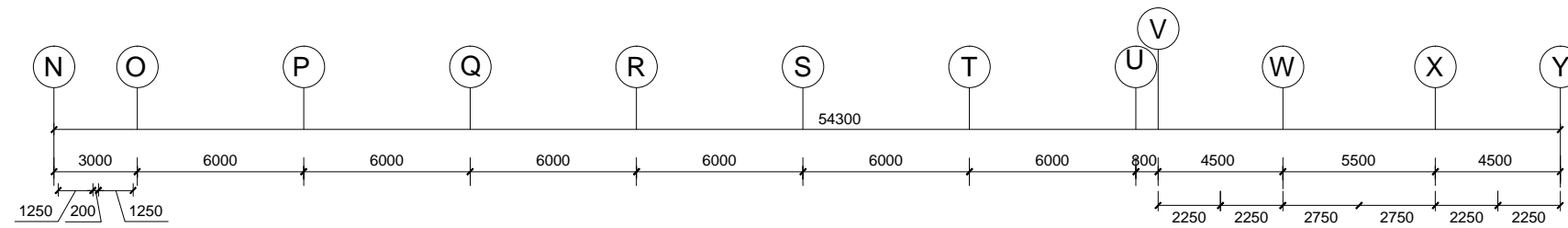
$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa  
Dimensi BI = 40/60 cm  
Dimensi BA = 30/40 cm  
Dimensi K = 60/60 cm



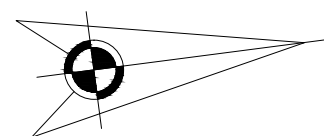
**DENAH PEMBALOKAN PRACETAK R.LIFT**

Scale 1:250

$f'c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



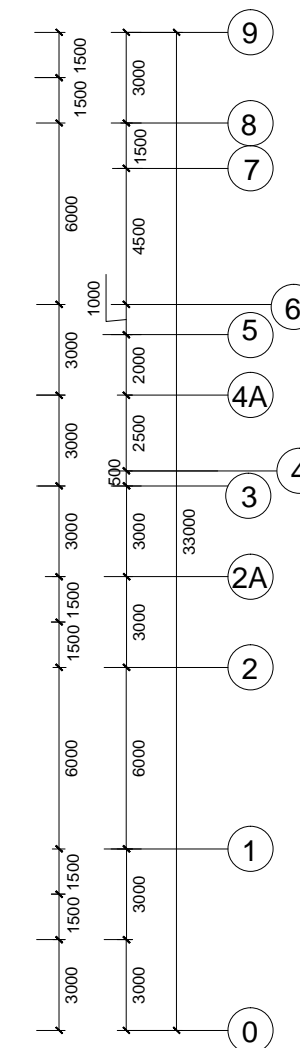
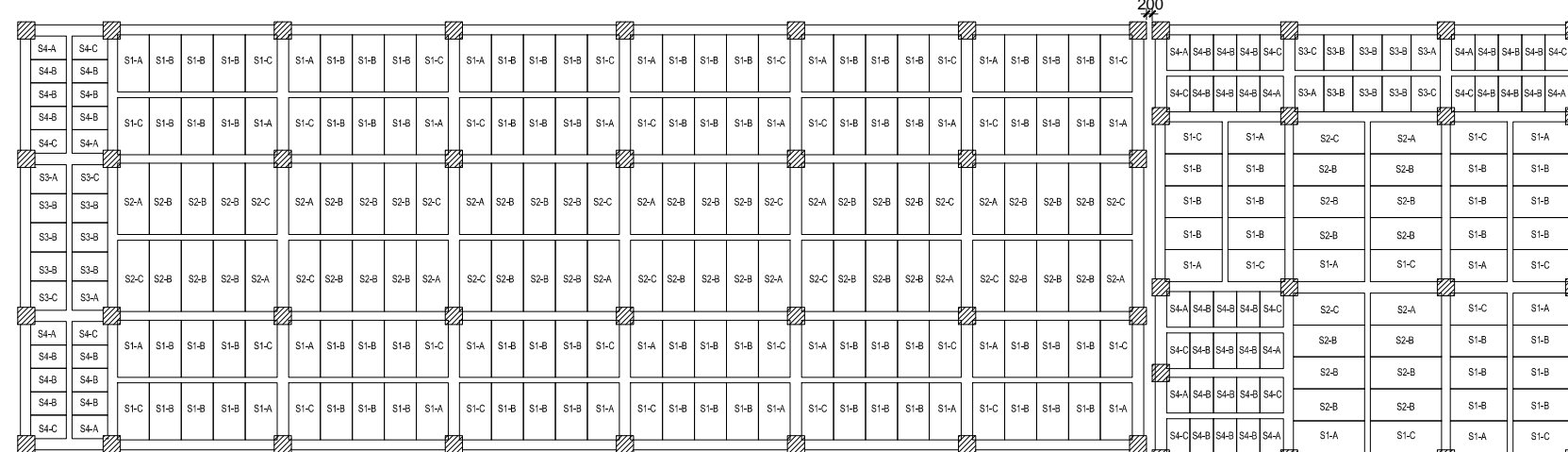
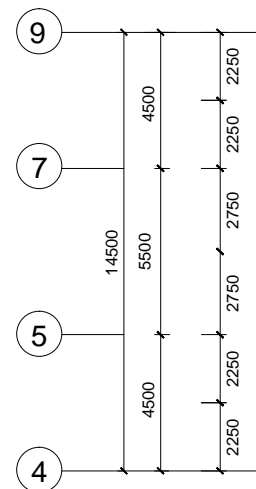
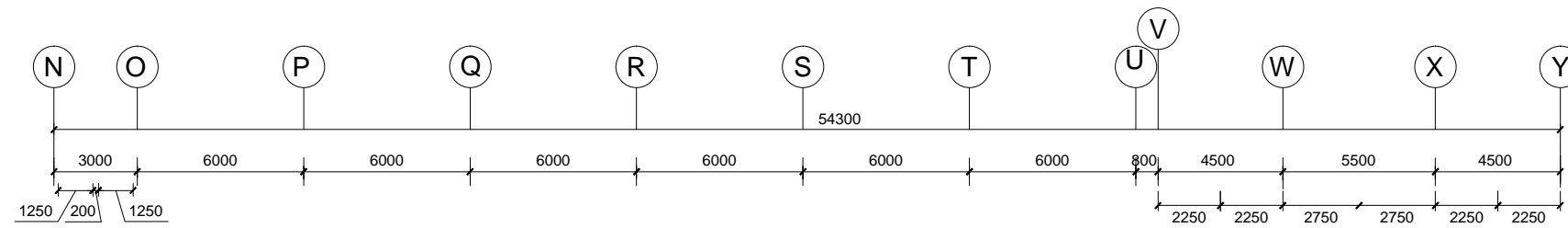
Tabel Pelat Pracetak							
Tipe plat	Lx (mm)	Ly (mm)	Tebal pracetak (mm)	Tebal Selimut (mm)	Berat (kg)	Jumlah pada Lantai (buah)	Jumlah Total (buah)
S1-A	2000	1120	80	20	430,08	38	306
S1-B	2000	1120	80	20	430,08	114	918
S1-C	2000	1120	80	20	430,08	38	306
S2-A	2500	1120	80	20	537,6	22	176
S2-B	2500	1120	80	20	537,6	66	528
S2-C	2500	1120	80	20	537,6	22	176
S3-A	1250	1020	80	20	244,8	4	32
S3-B	1250	1020	80	20	244,8	12	96
S3-C	1250	1020	80	20	244,8	4	32
S4-A	1250	820	80	20	196,8	10	98
S4-B	1250	820	80	20	196,8	30	294
S4-C	1250	820	80	20	196,8	10	98



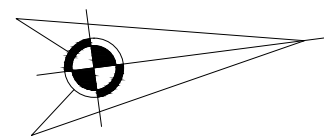
**DENAH PEMASANGAN PELAT PRACETAK LT. 2 - 8**

Scale 1:250

$f'c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



Tabel Pelat Pracetak							
Tipe plat	Lx (mm)	Ly (mm)	Tebal pracetak (mm)	Tebal Selimut (mm)	Berat (kg)	Jumlah pada Lt Atap (buah)	Jumlah Total (buah)
S1-A	2000	1120	80	20	430,08	40	306
S1-B	2000	1120	80	20	430,08	120	918
S1-C	2000	1120	80	20	430,08	40	306
S2-A	2500	1120	80	20	537,6	22	176
S2-B	2500	1120	80	20	537,6	66	528
S2-C	2500	1120	80	20	537,6	22	176
S3-A	1250	1020	80	20	244,8	4	32
S3-B	1250	1020	80	20	244,8	12	96
S3-C	1250	1020	80	20	244,8	4	32
S4-A	1250	820	80	20	196,8	14	98
S4-B	1250	820	80	20	196,8	42	294
S4-C	1250	820	80	20	196,8	14	98

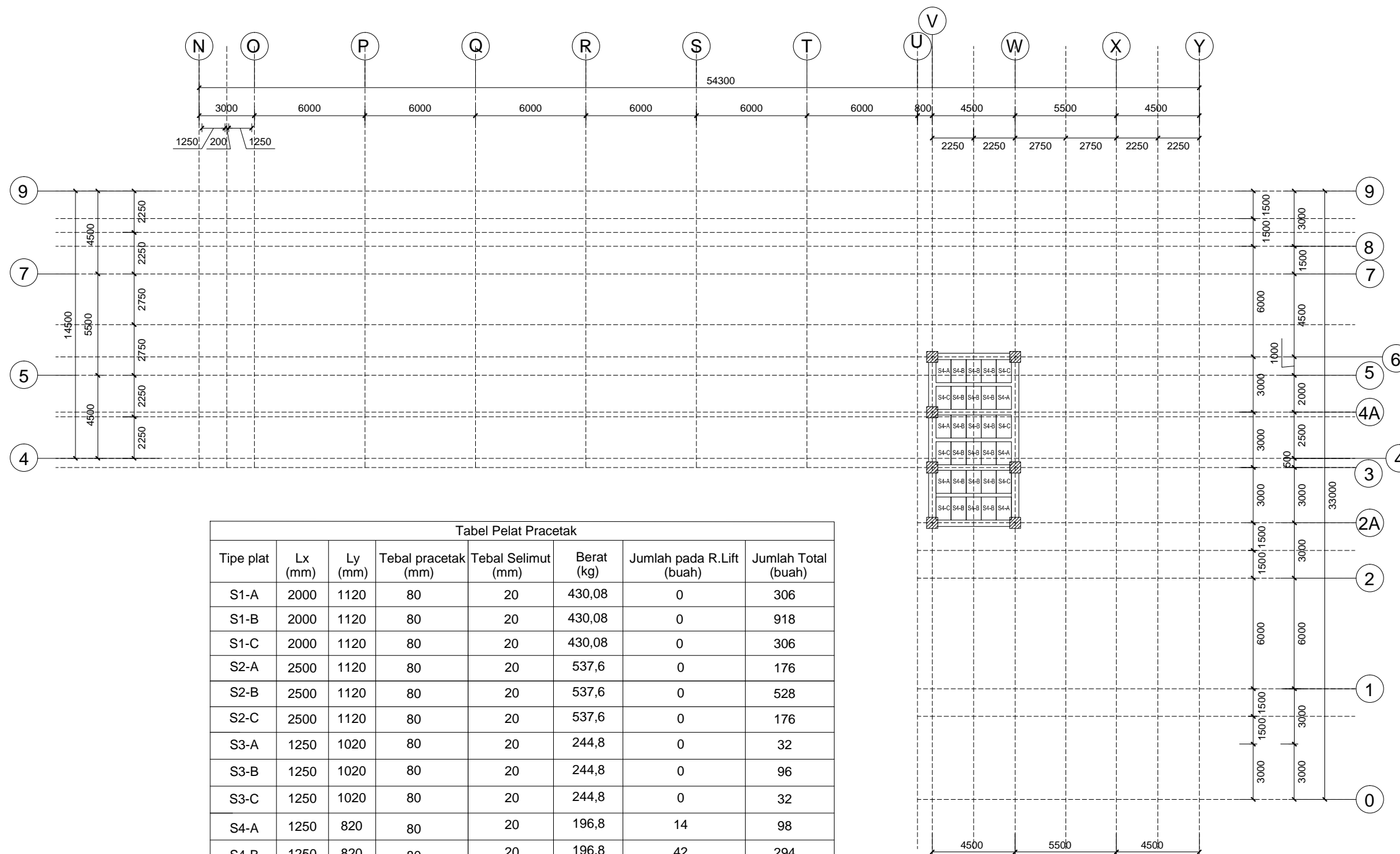


**DENAH PEMASANGAN PELAT PRACETAK LT. ATAP**

Scale 1:250

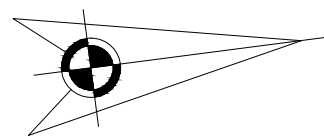


$f'c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



Tabel Pelat Pracetak

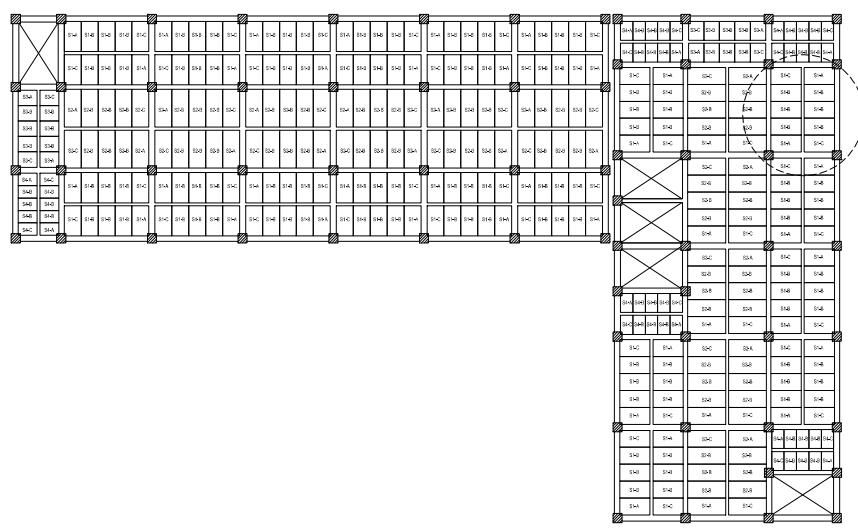
Tipe plat	Lx (mm)	Ly (mm)	Tebal pracetak (mm)	Tebal Selimut (mm)	Berat (kg)	Jumlah pada R.Lift (buah)	Jumlah Total (buah)
S1-A	2000	1120	80	20	430,08	0	306
S1-B	2000	1120	80	20	430,08	0	918
S1-C	2000	1120	80	20	430,08	0	306
S2-A	2500	1120	80	20	537,6	0	176
S2-B	2500	1120	80	20	537,6	0	528
S2-C	2500	1120	80	20	537,6	0	176
S3-A	1250	1020	80	20	244,8	0	32
S3-B	1250	1020	80	20	244,8	0	96
S3-C	1250	1020	80	20	244,8	0	32
S4-A	1250	820	80	20	196,8	14	98
S4-B	1250	820	80	20	196,8	42	294
S4-C	1250	820	80	20	196,8	14	98



**DENAH PEMASANGAN PELAT PRACETAK R.LIFT**

Scale 1:250

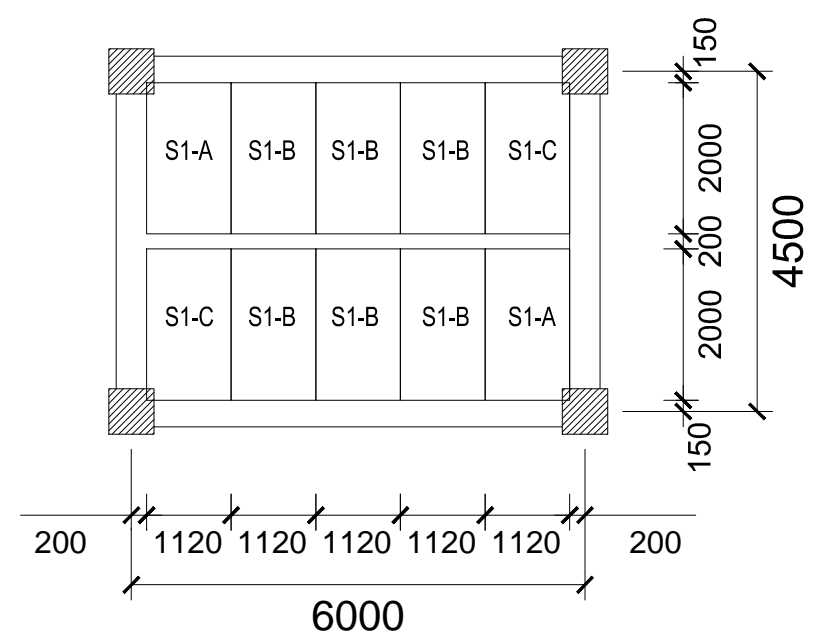
$f'c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



**Pelat Pracetak  
Tipe S1**

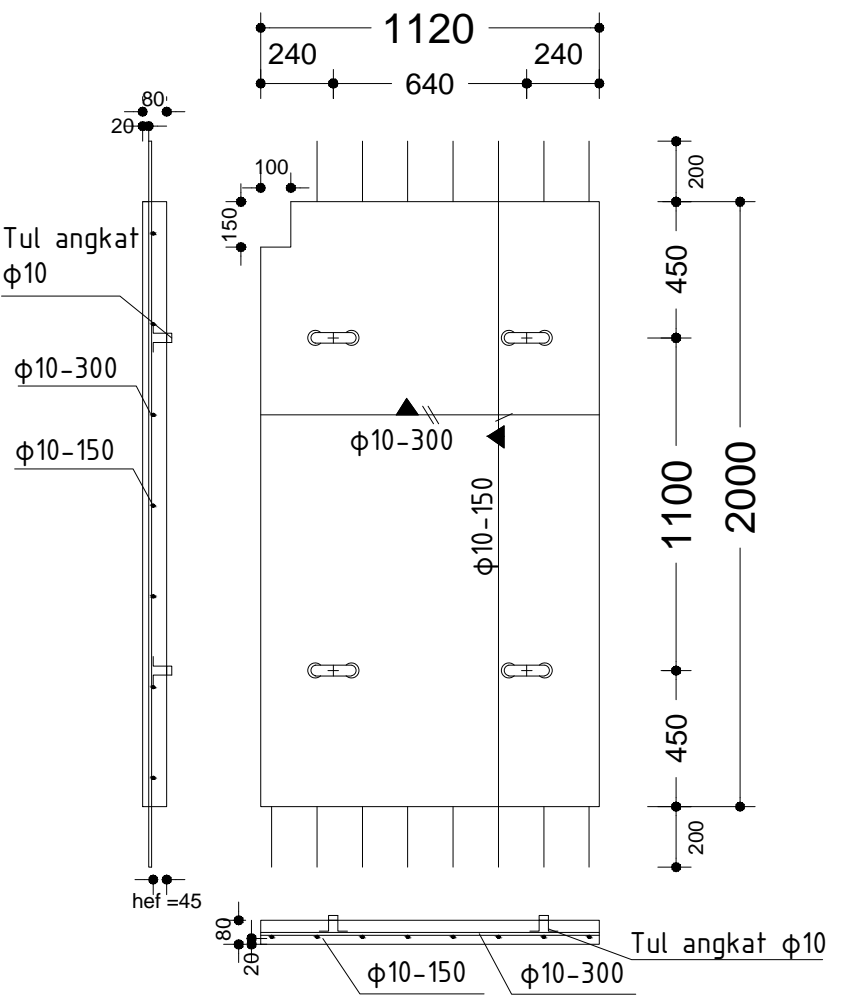
**LAYOUT PELAT PRACETAK LT 2-9**

Scale 1:500



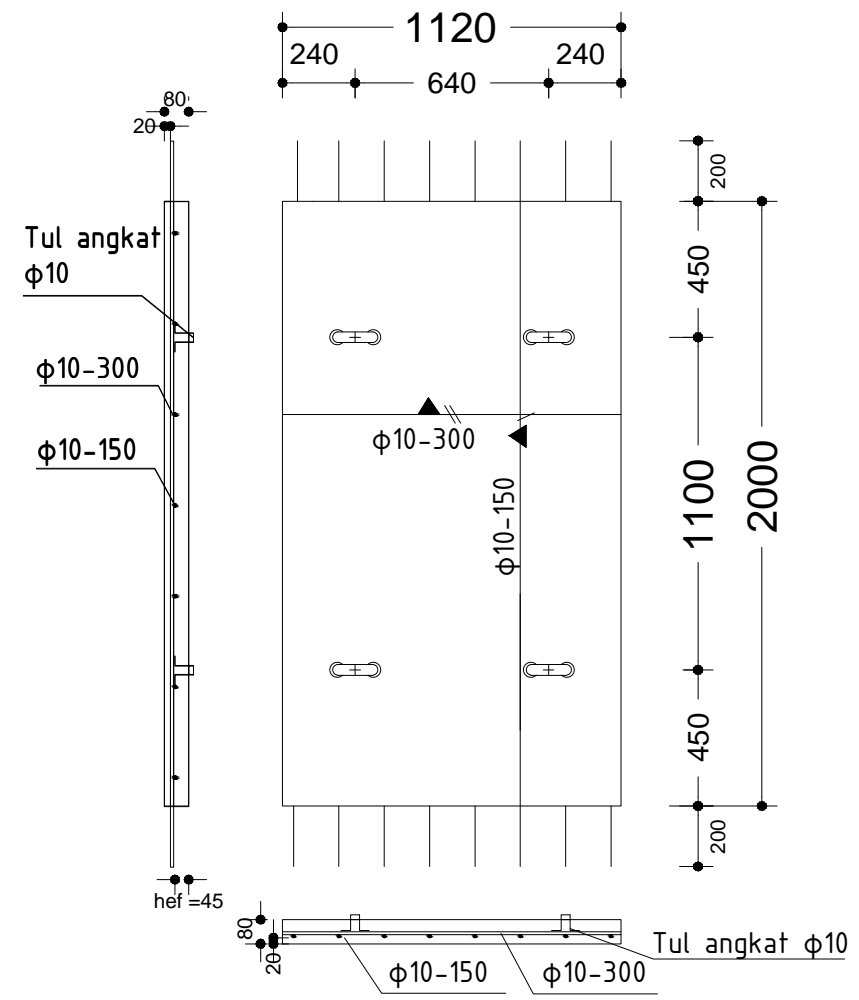
**PELAT PRACETAK TIPE S1**

Scale 1:100



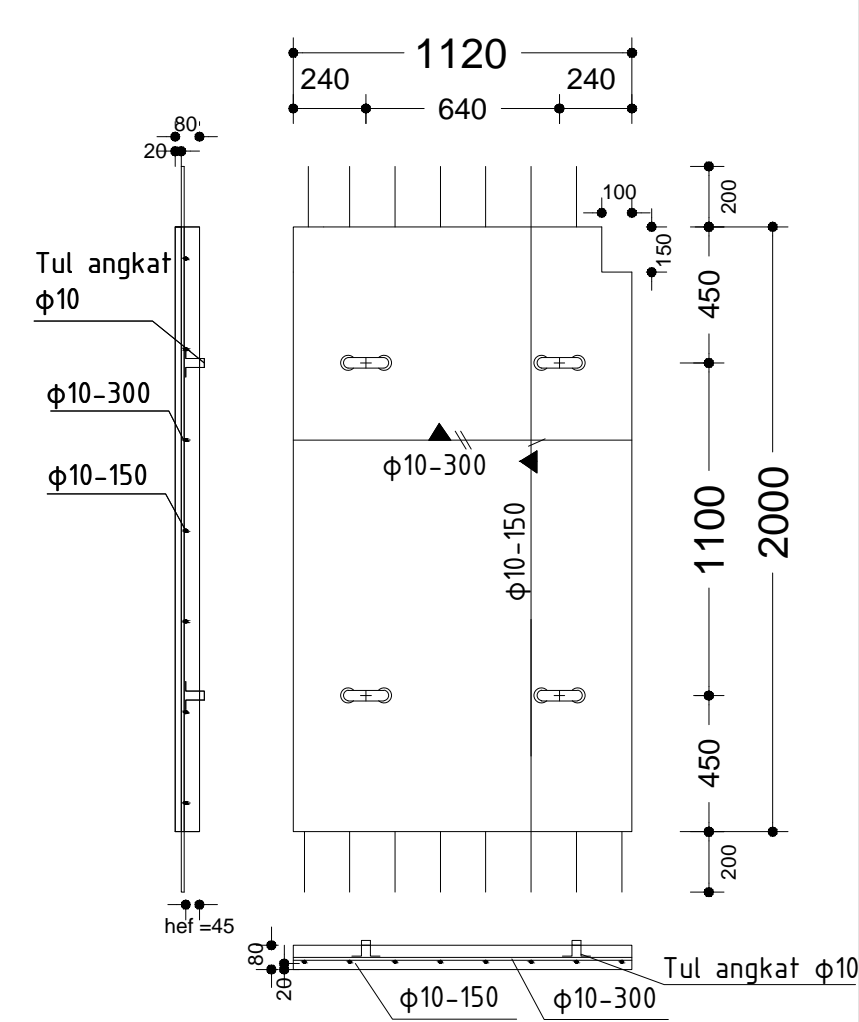
**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S1A**

Scale 1:25



**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S1B**

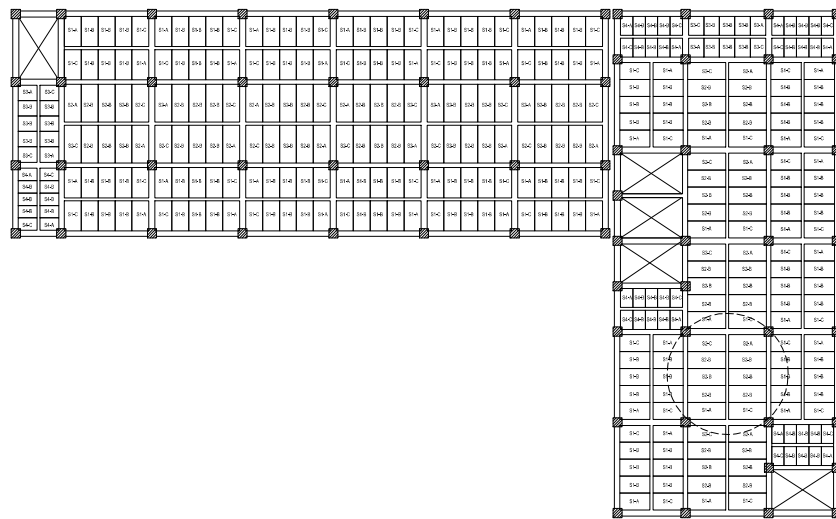
Scale 1:25



**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S1C**

Scale 1:25

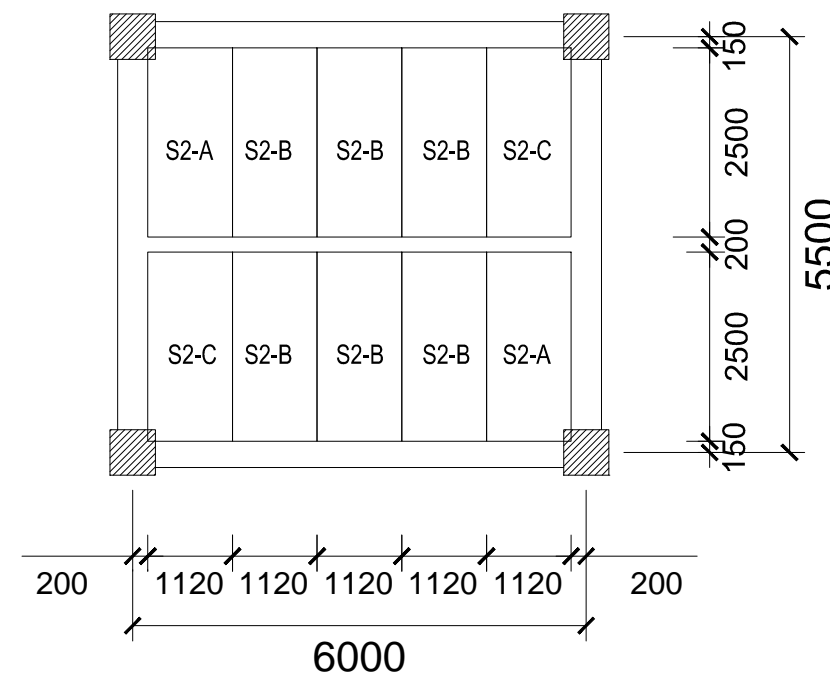
$f'c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



**Pelat Pracetak  
Tipe S2**

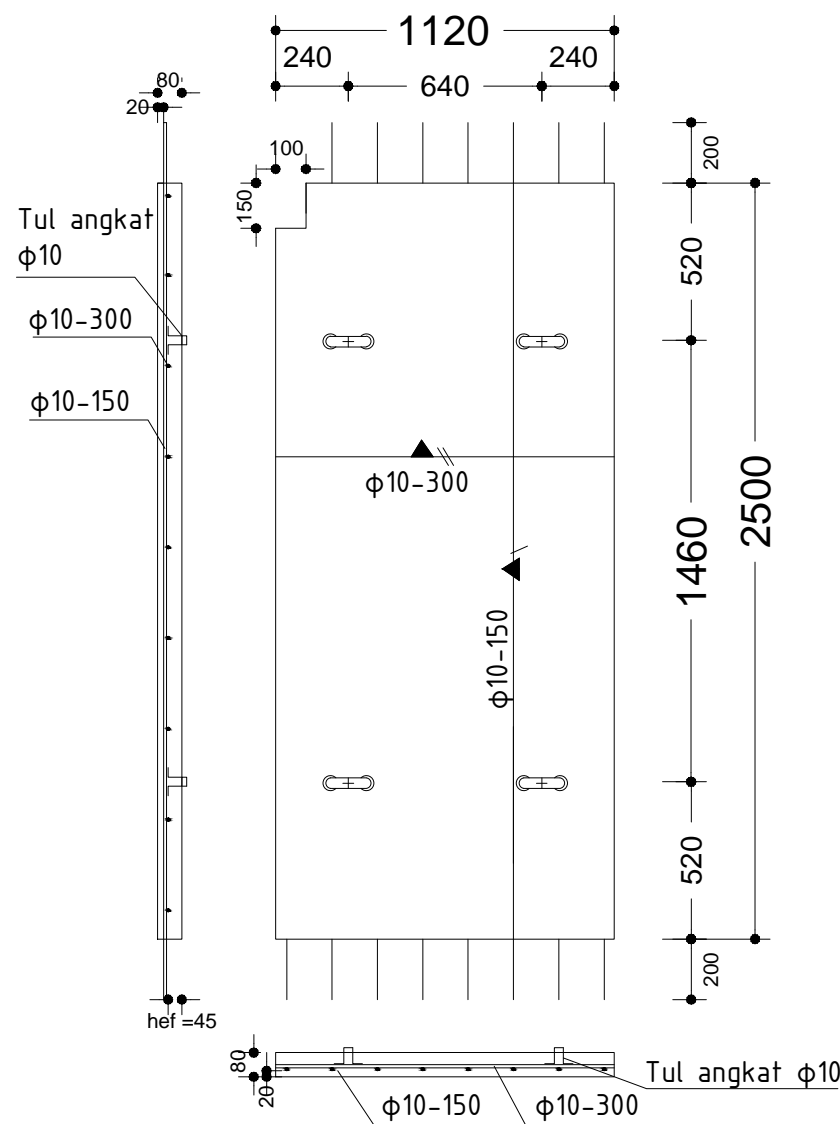
**LAYOUT PELAT PRACETAK LT 2-9**

Scale 1:500



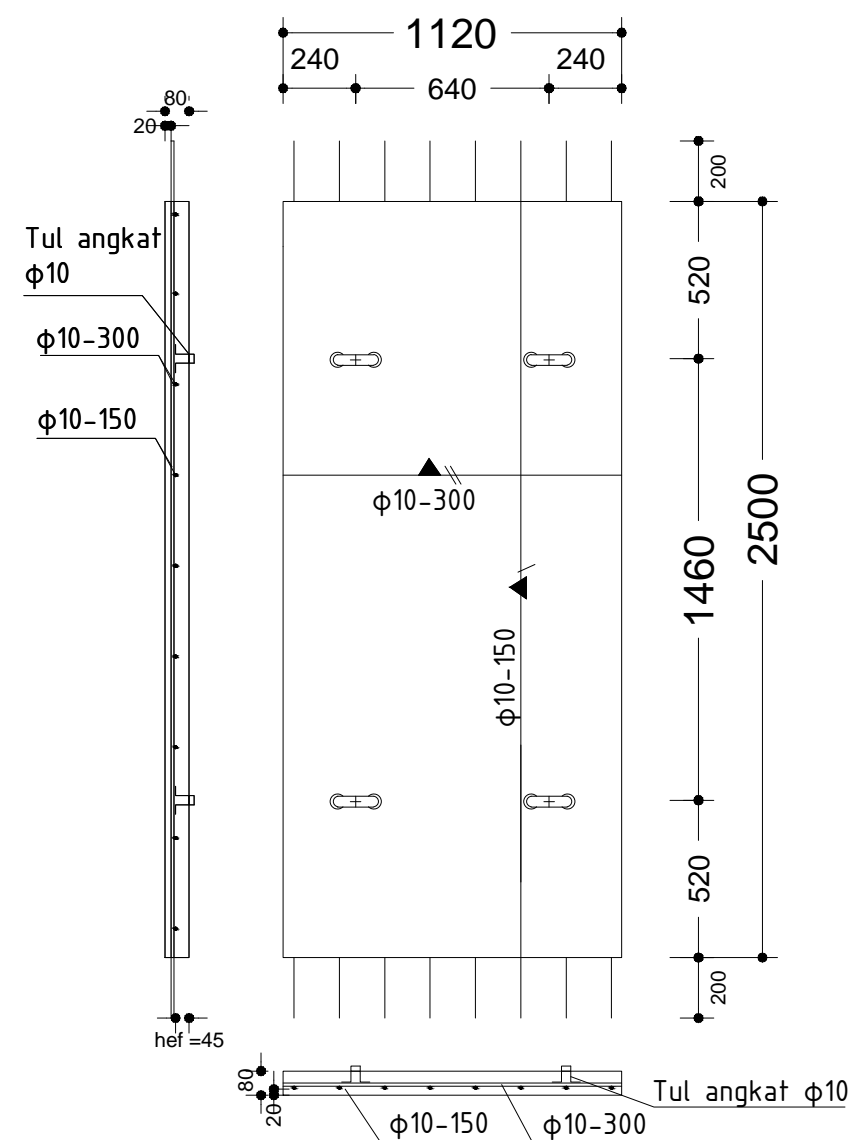
**PELAT PRACETAK TIPE S2**

Scale 1:100



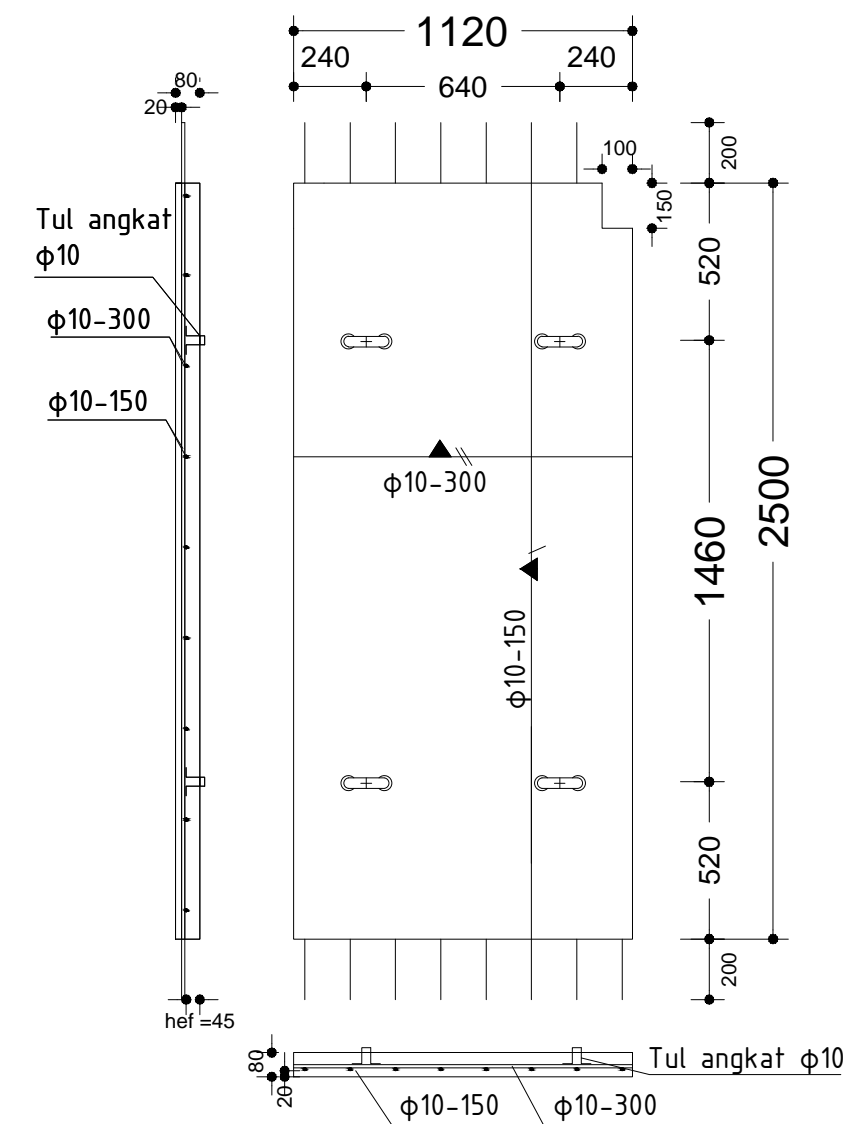
**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S2A**

Scale 1:25



**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S2B**

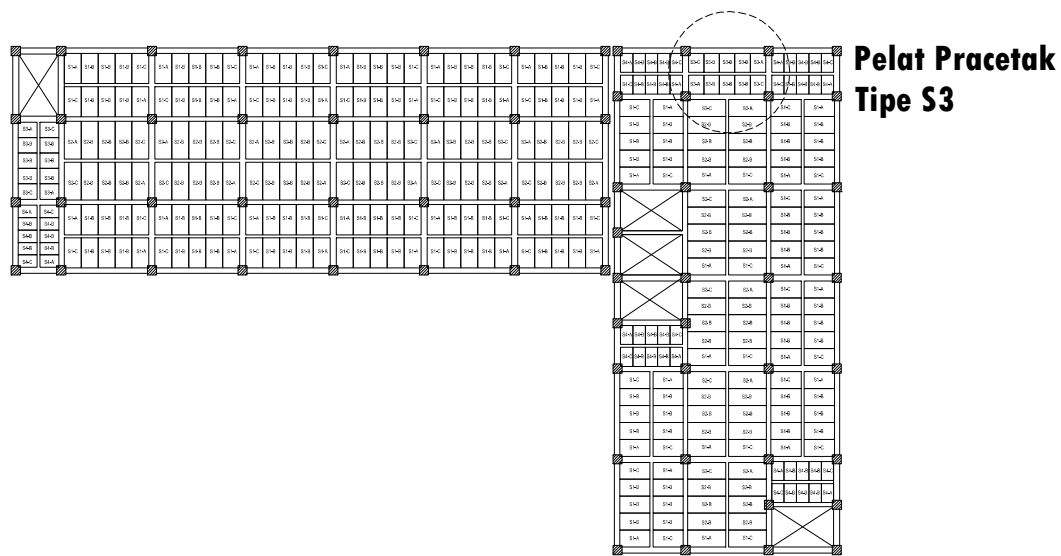
Scale 1:25



**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S2C**

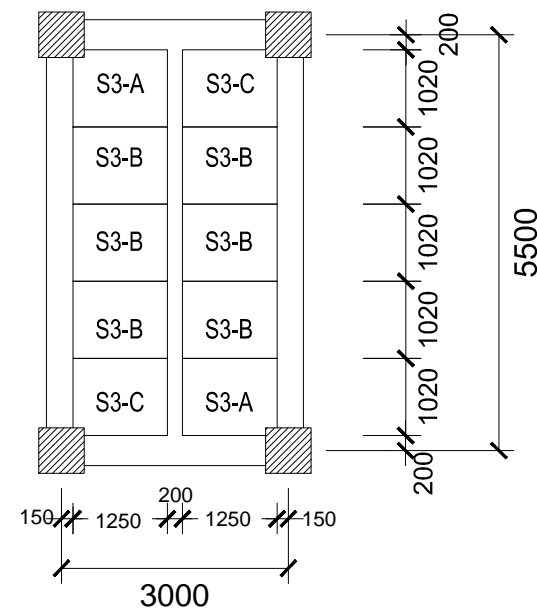
Scale 1:25

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



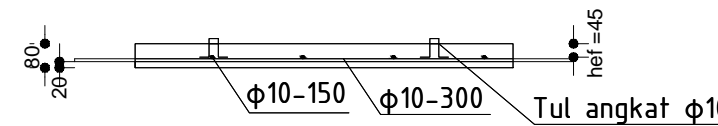
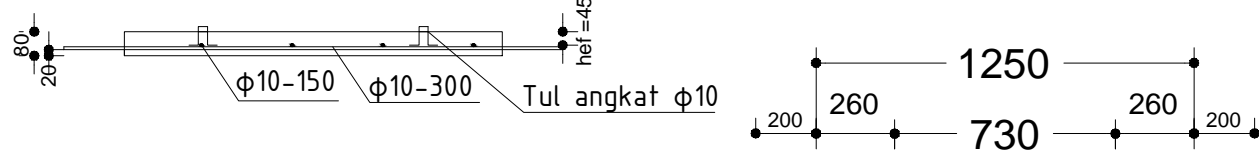
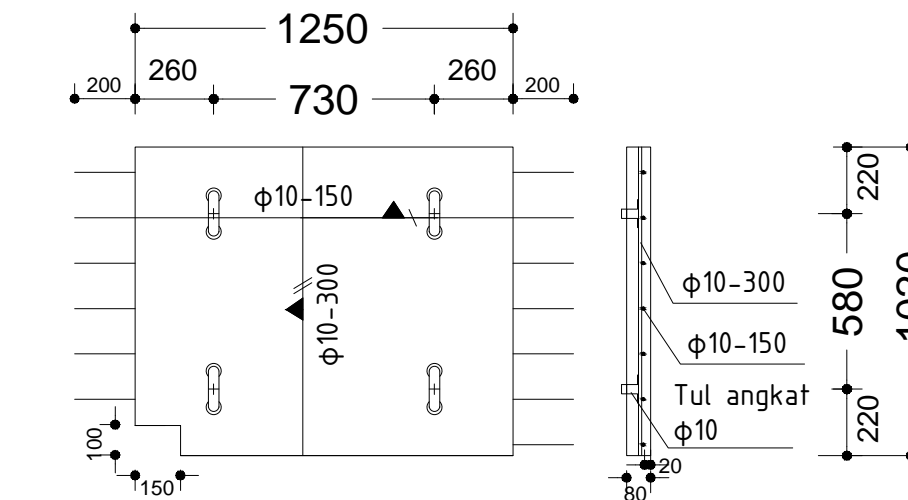
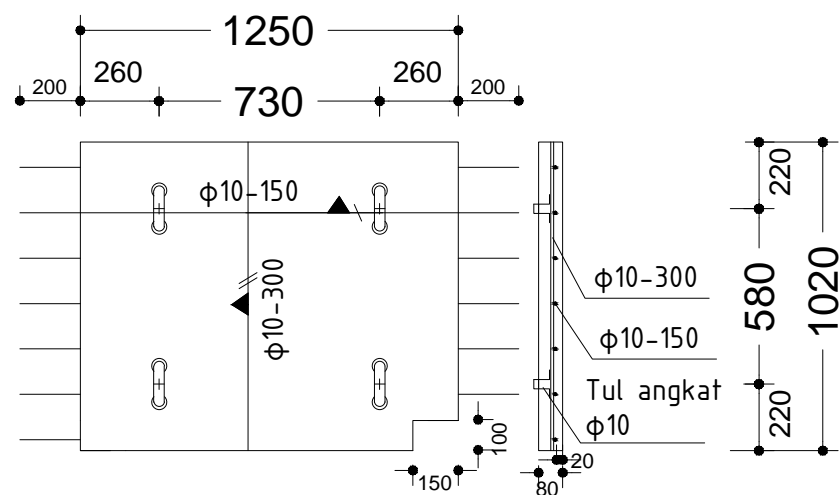
**LAYOUT PELAT PRACETAK LT 2-9**

Scale 1:500



**PELAT PRACETAK TIPE S3**

Scale 1:100

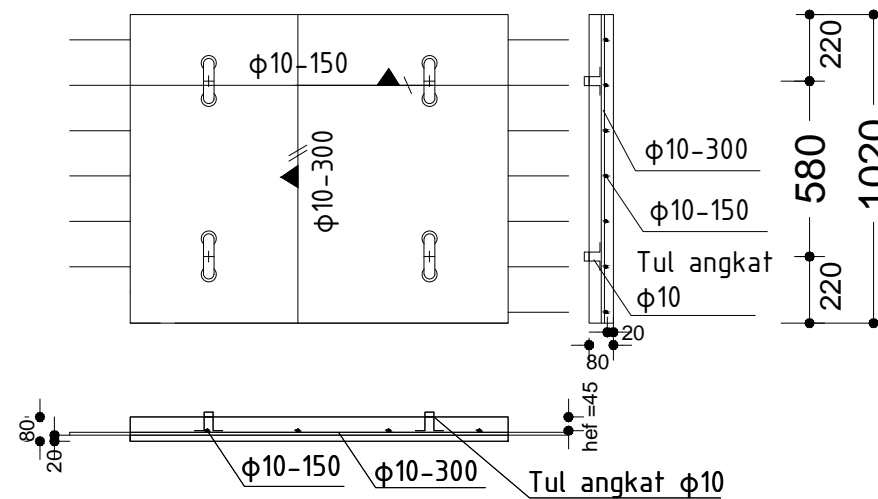


**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S3A**

Scale 1:25

**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S3C**

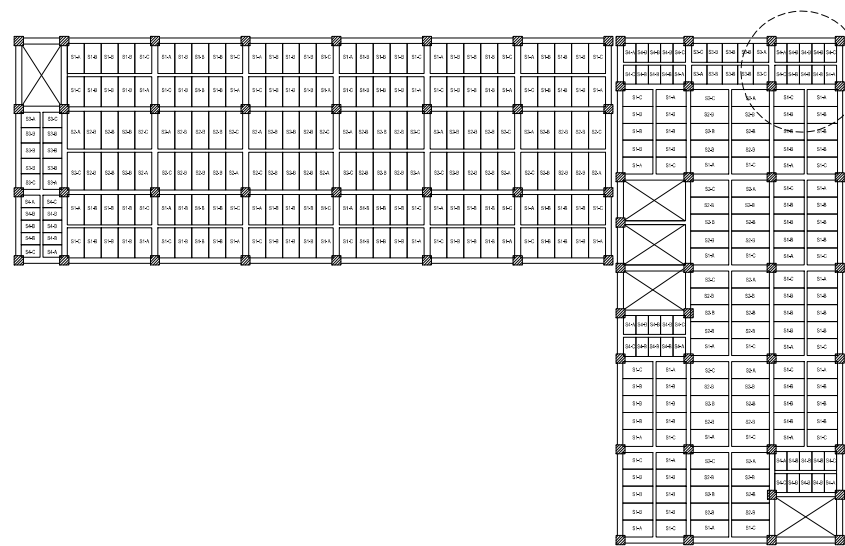
Scale 1:25



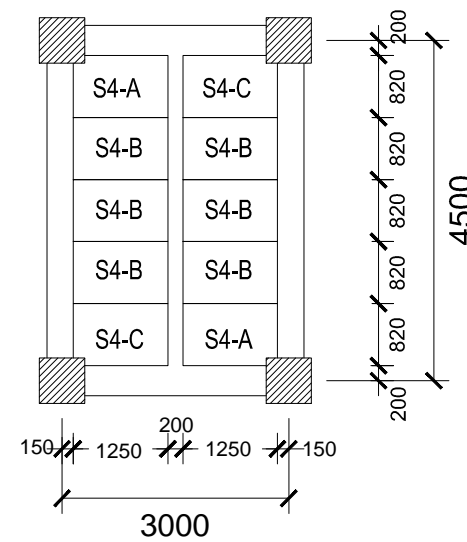
**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S3B**

Scale 1:25

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



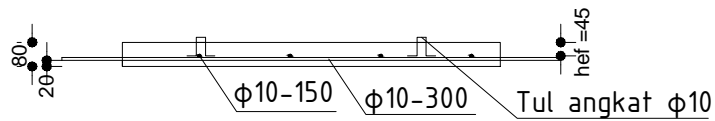
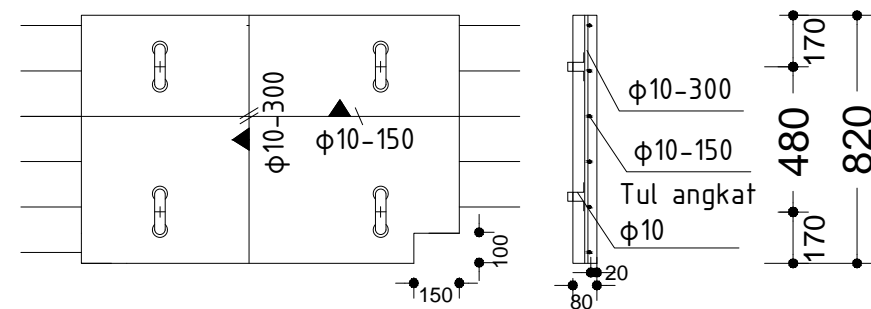
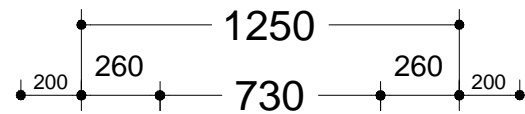
**Pelat Pracetak  
Tipe S4**



**PELAT PRACETAK TIPE S4**  
Scale 1:100

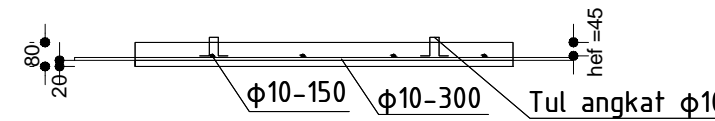
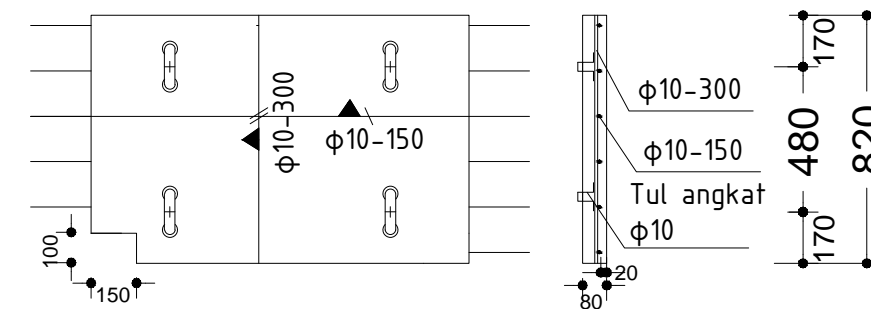
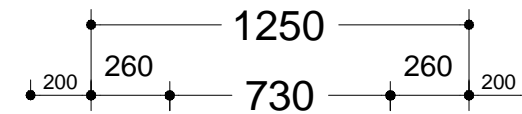
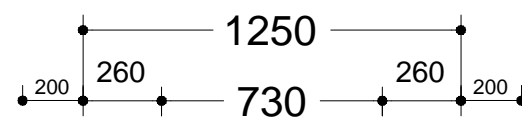
**LAYOUT PELAT PRACETAK LT 2-9**

Scale 1:500



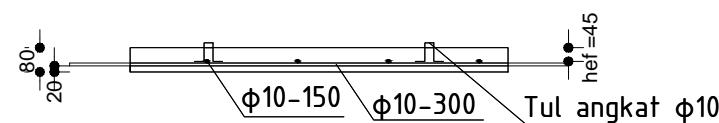
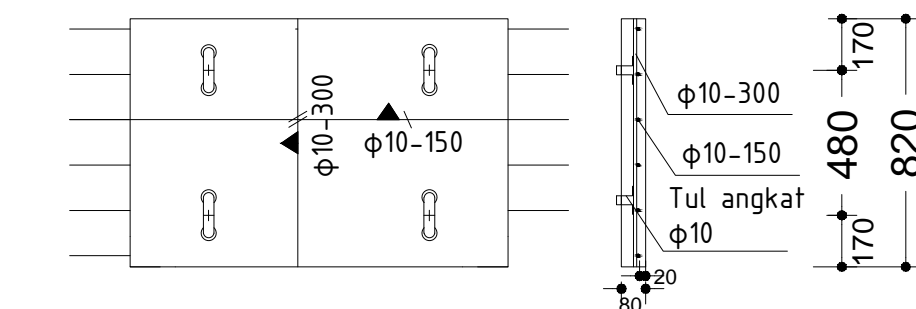
**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S4A**

Scale 1:25



**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S4C**

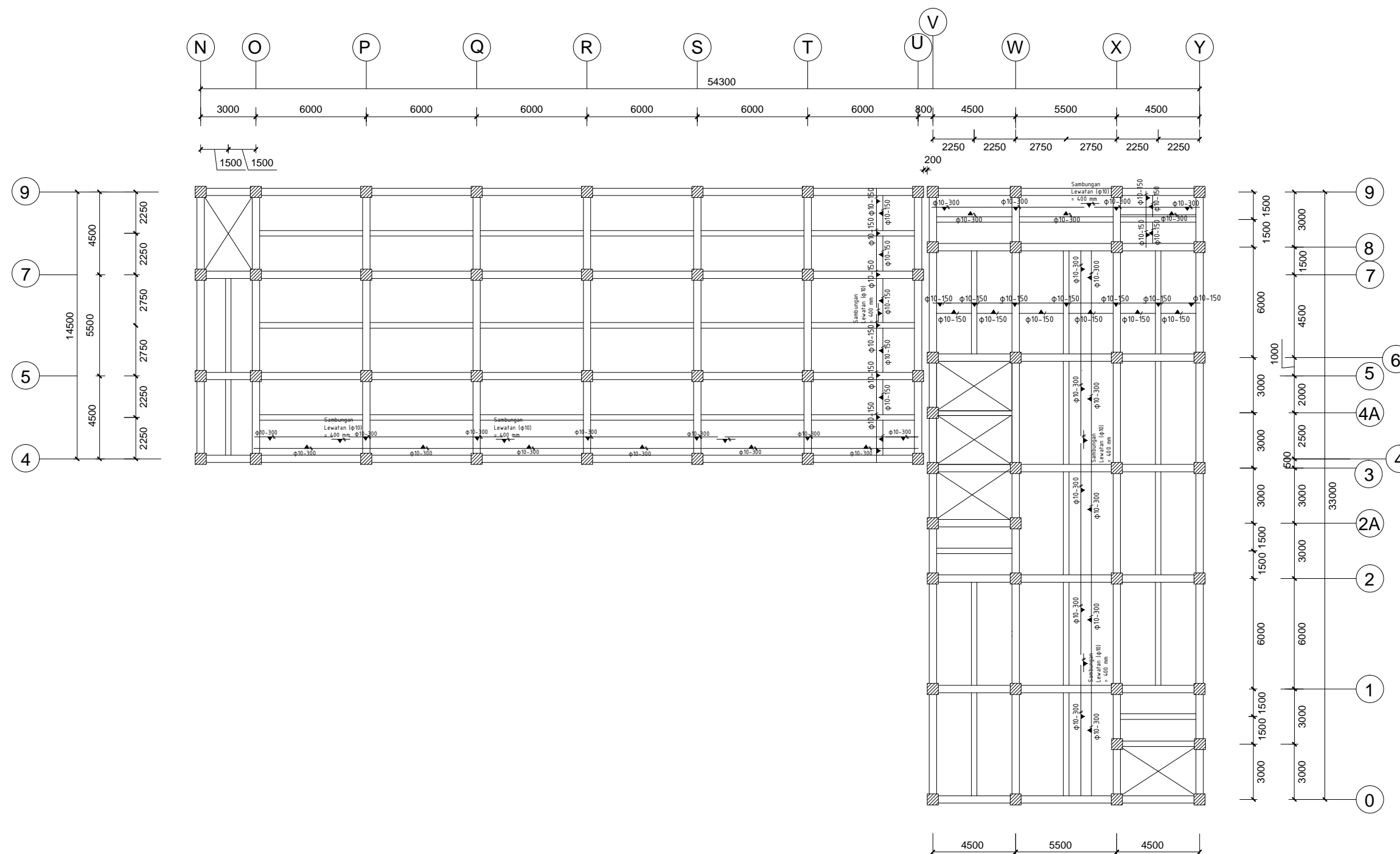
Scale 1:25



**PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE S4B**

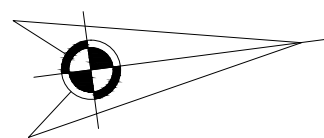
Scale 1:25

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



**PENULANGAN PELAT SETELAH KOMPOSIT LT. 2 - 8**

Scale 1:250



$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

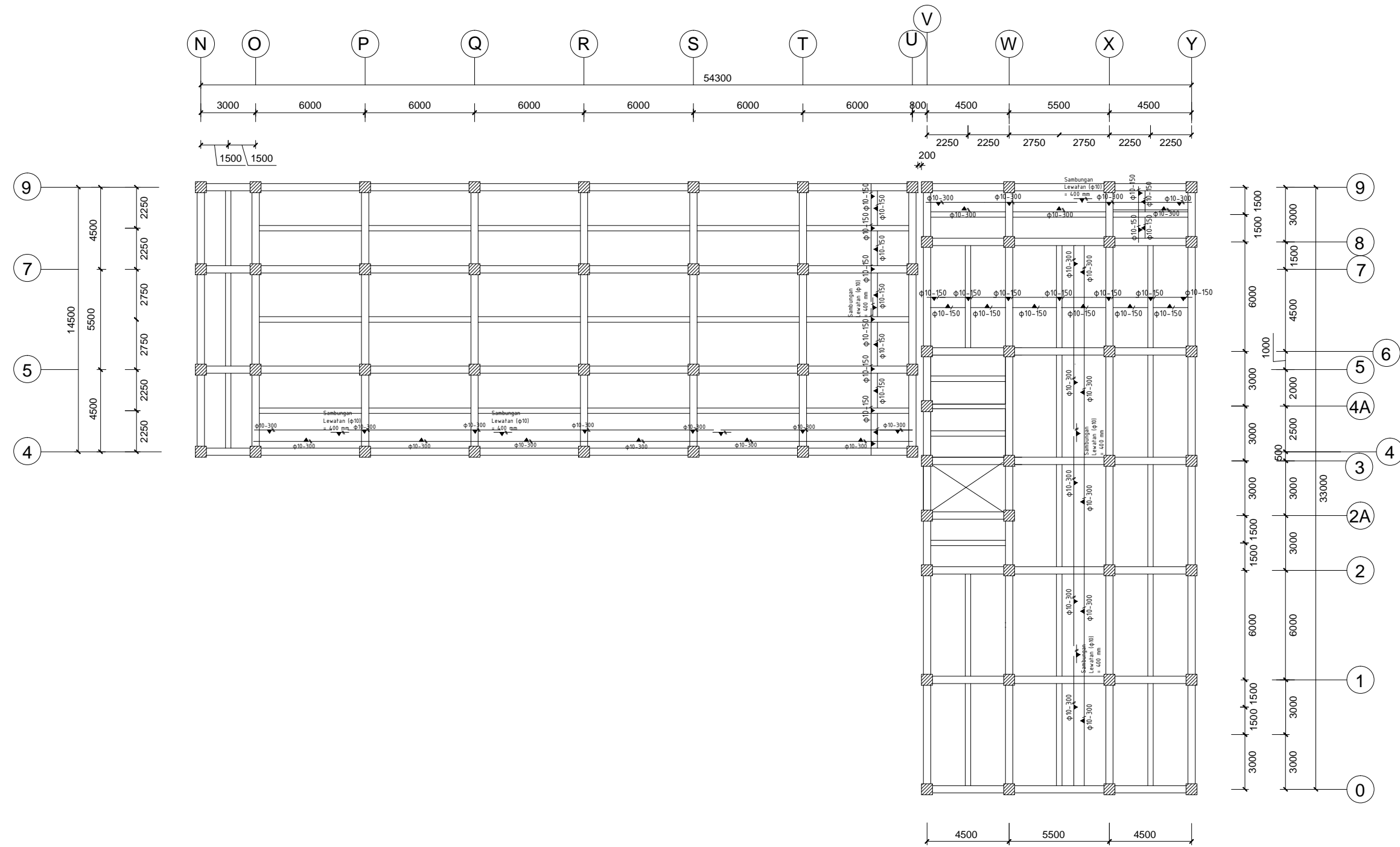
**DENAH PEMASANGAN  
PELAT PRACETAK  
LT 2- 8**

1:250

**STR**

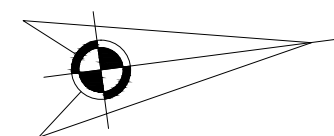
**23**

**66**

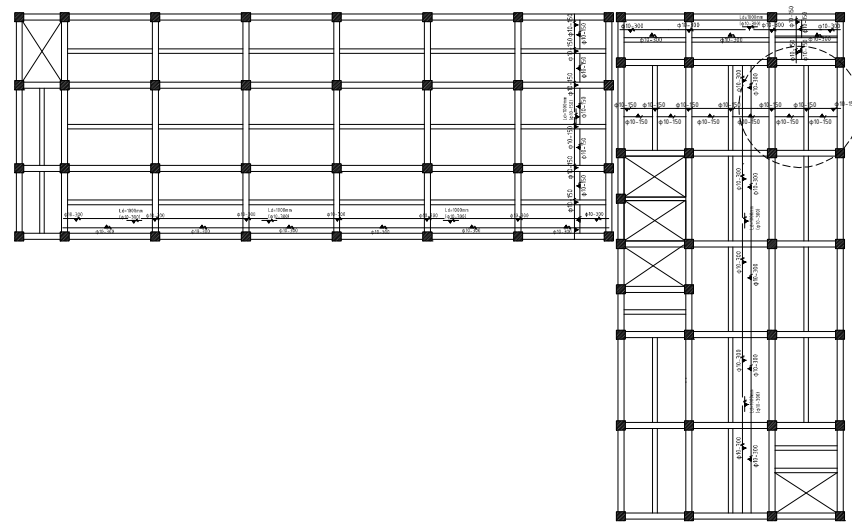


**PENULANGAN PELAT SETELAH KOMPOSIT LT. ATAP**

Scale 1:250



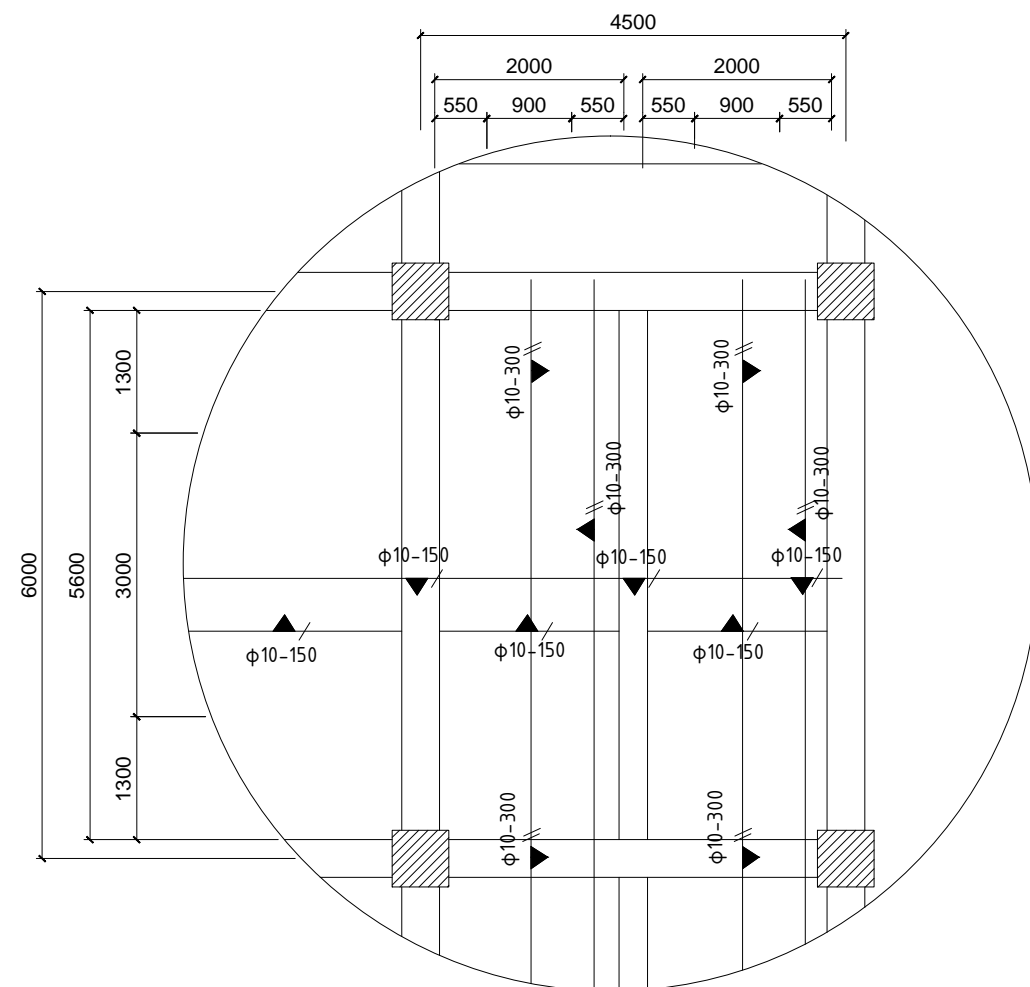
$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa



**Pelat Tipe S1**

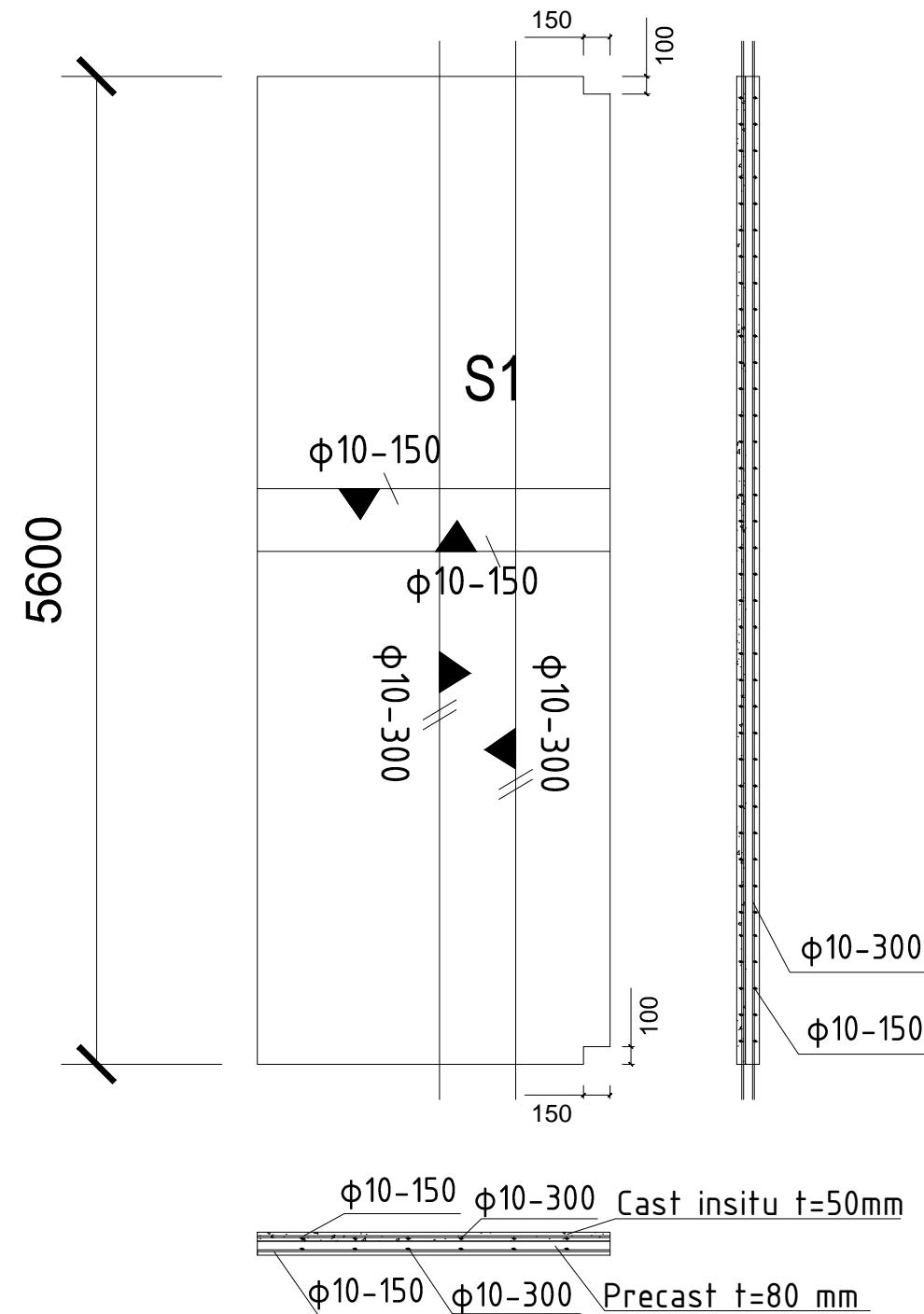
**LAYOUT PENULANGAN PELAT SETELAH KOMPOSIT LT 2-9**

Scale 1:500



**PENULANGAN PELAT TIPE S1**

Scale 1:80

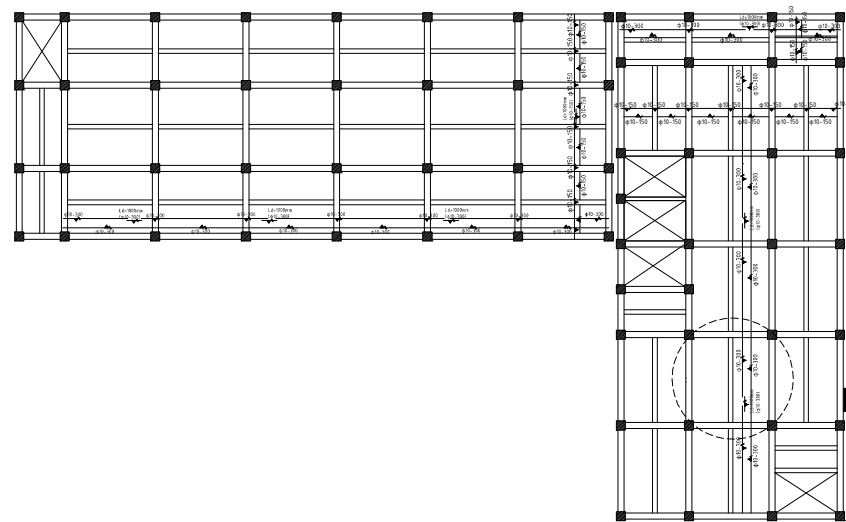


**DETAIL PELAT TIPE S1**

Scale 1:40



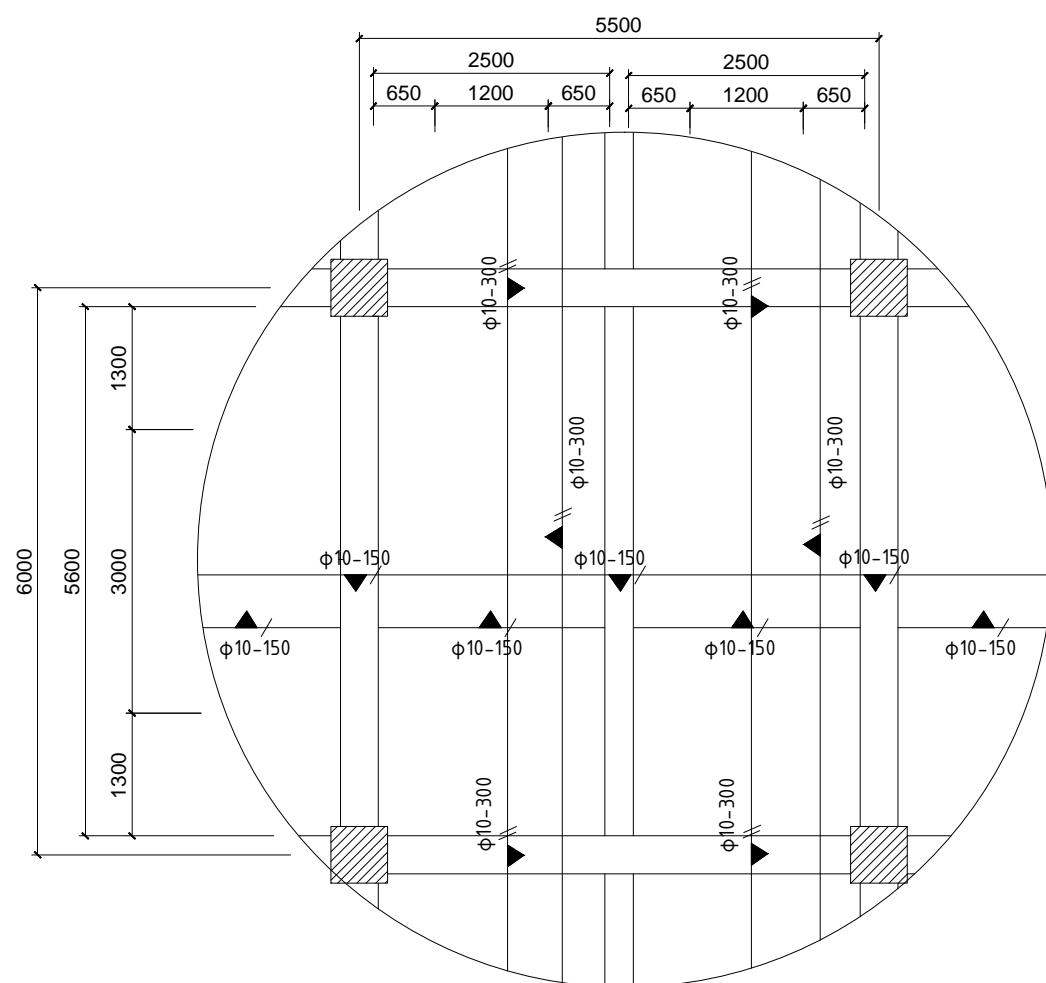
$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa



**Pelat Tipe S2**

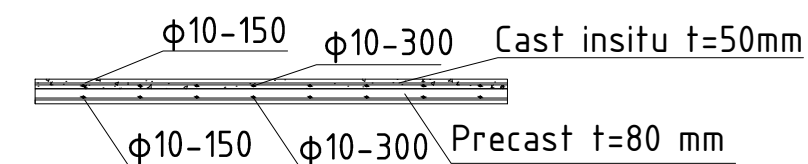
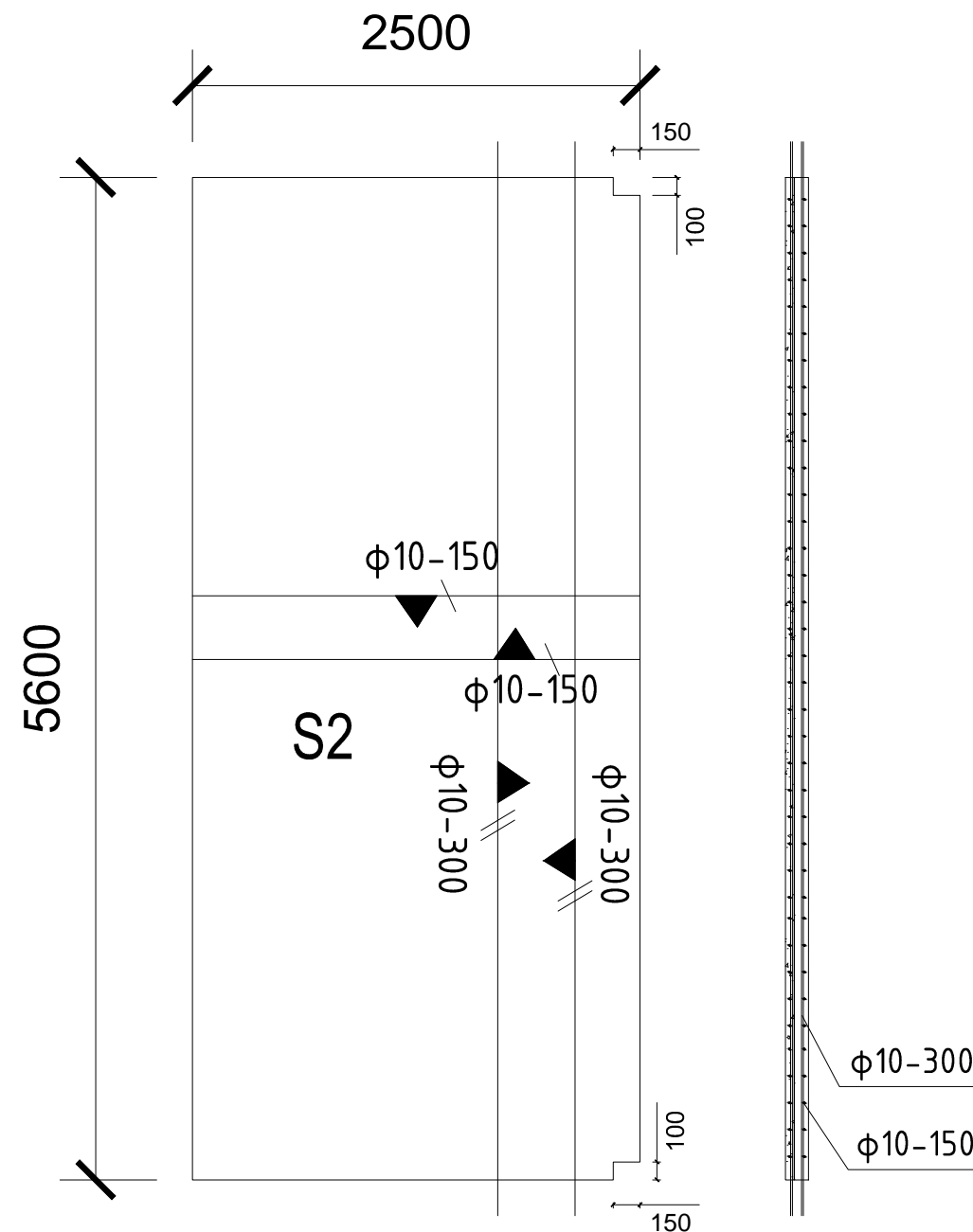
**LAYOUT PENULANGAN PELAT SETELAH KOMPOSIT LT 2-9**

Scale 1:500



**PENULANGAN PELAT TIPE S2**

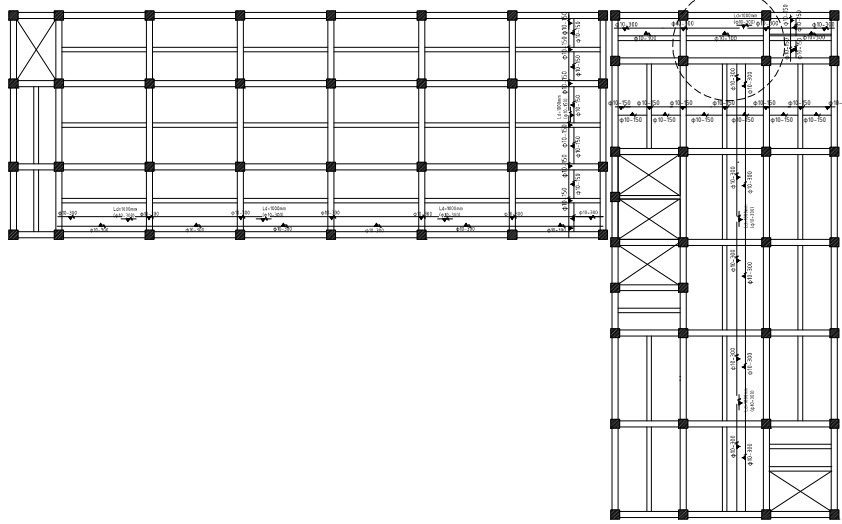
Scale 1:80



**DETAIL PELAT TIPE S2**

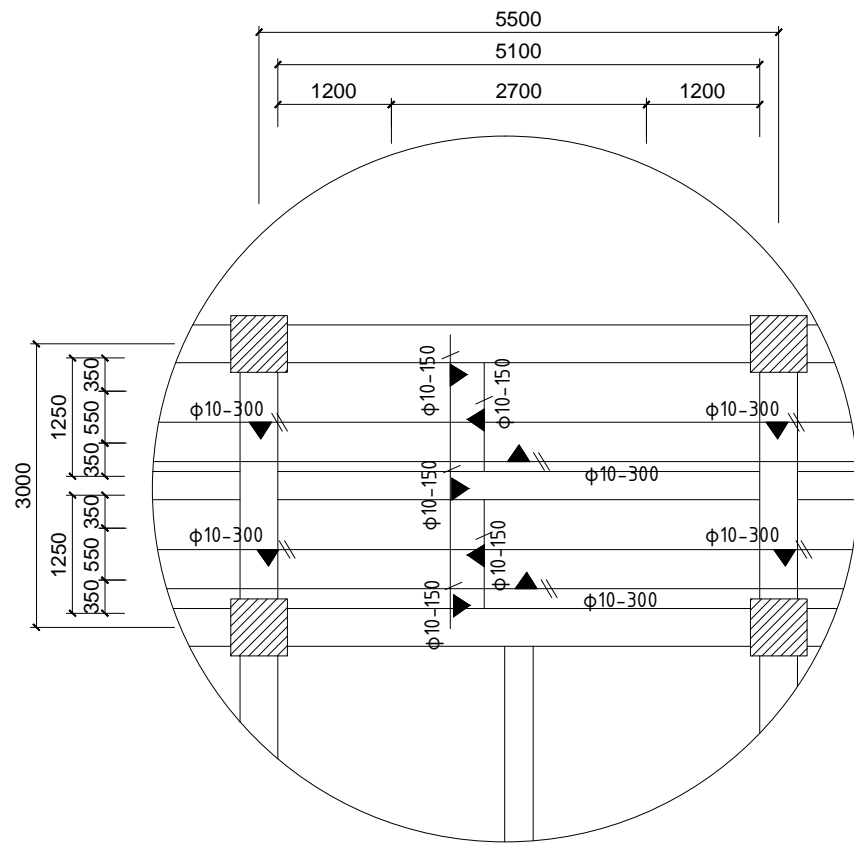
Scale 1:40

**Pelat Tipe S3**



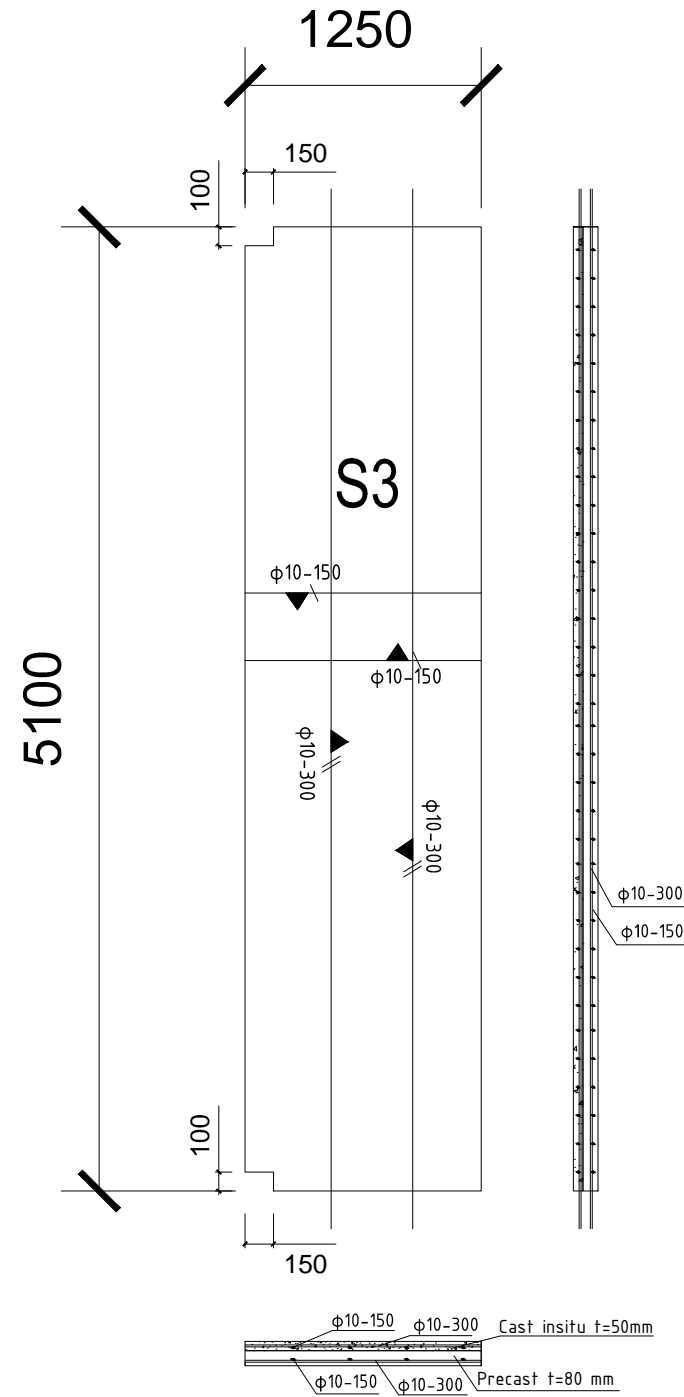
**LAYOUT PENULANGAN PELAT SETELAH KOMPOSIT LT 2-9**

Scale 1:500



**PENULANGAN PELAT TIPE S3**

Scale 1:80



**DETAIL PELAT TIPE S3**

Scale 1:40



FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa

JUDUL GAMBAR

SKALA

**PENULANGAN PELAT  
S3 SESUDAH  
KOMPOSIT**

**1:80**

KODE GBR

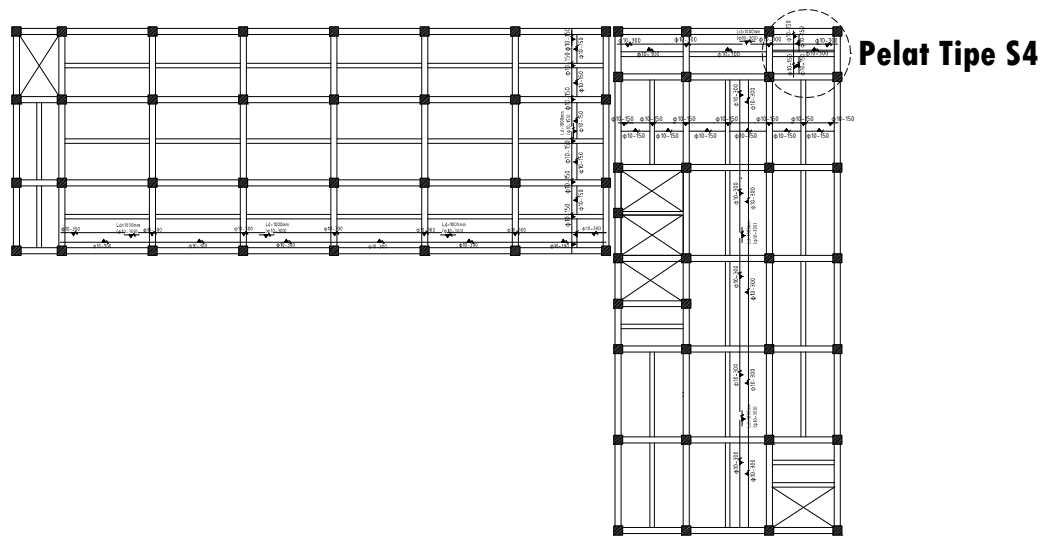
NO GBR

JML GBR

**STR**

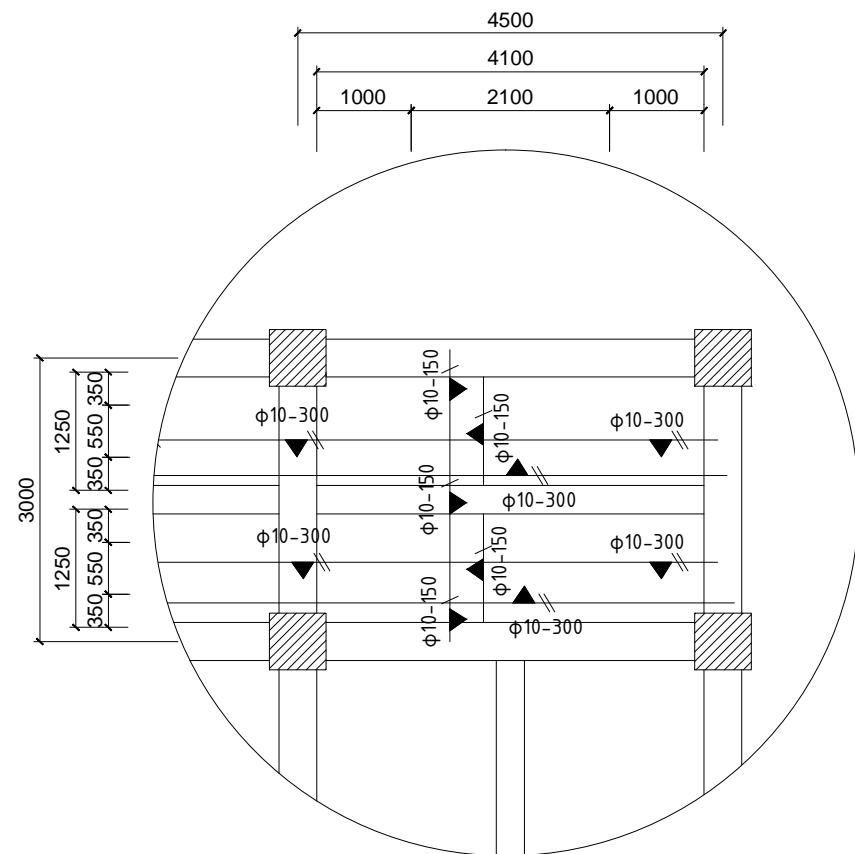
**26**

**66**



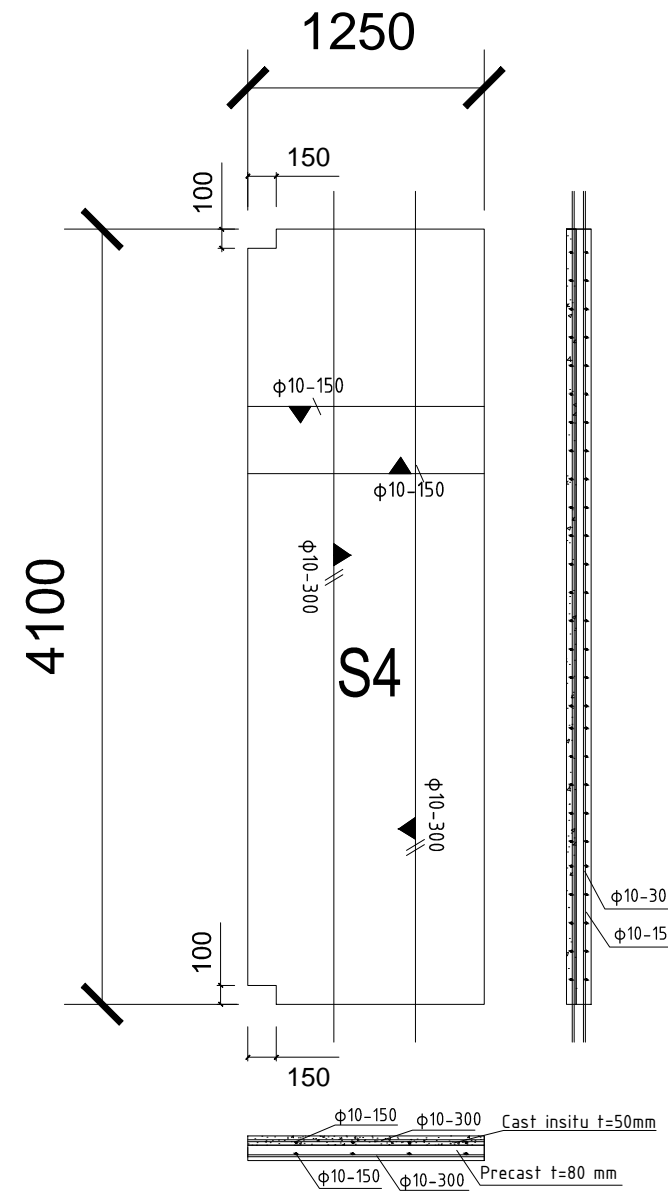
LAYOUT PENULANGAN PELAT SETELAH KOMPOSIT LT 2-9

Scale 1:500



PENULANGAN PELAT TIPE S4

Scale 1:80



DETAIL PELAT TIPE S4

Scale 1:40



FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

$f'c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

JUDUL GAMBAR

SKALA

**PENULANGAN PELAT  
S4 SESUDAH  
KOMPOSIT**

**1:80**

KODE GBR

NO GBR

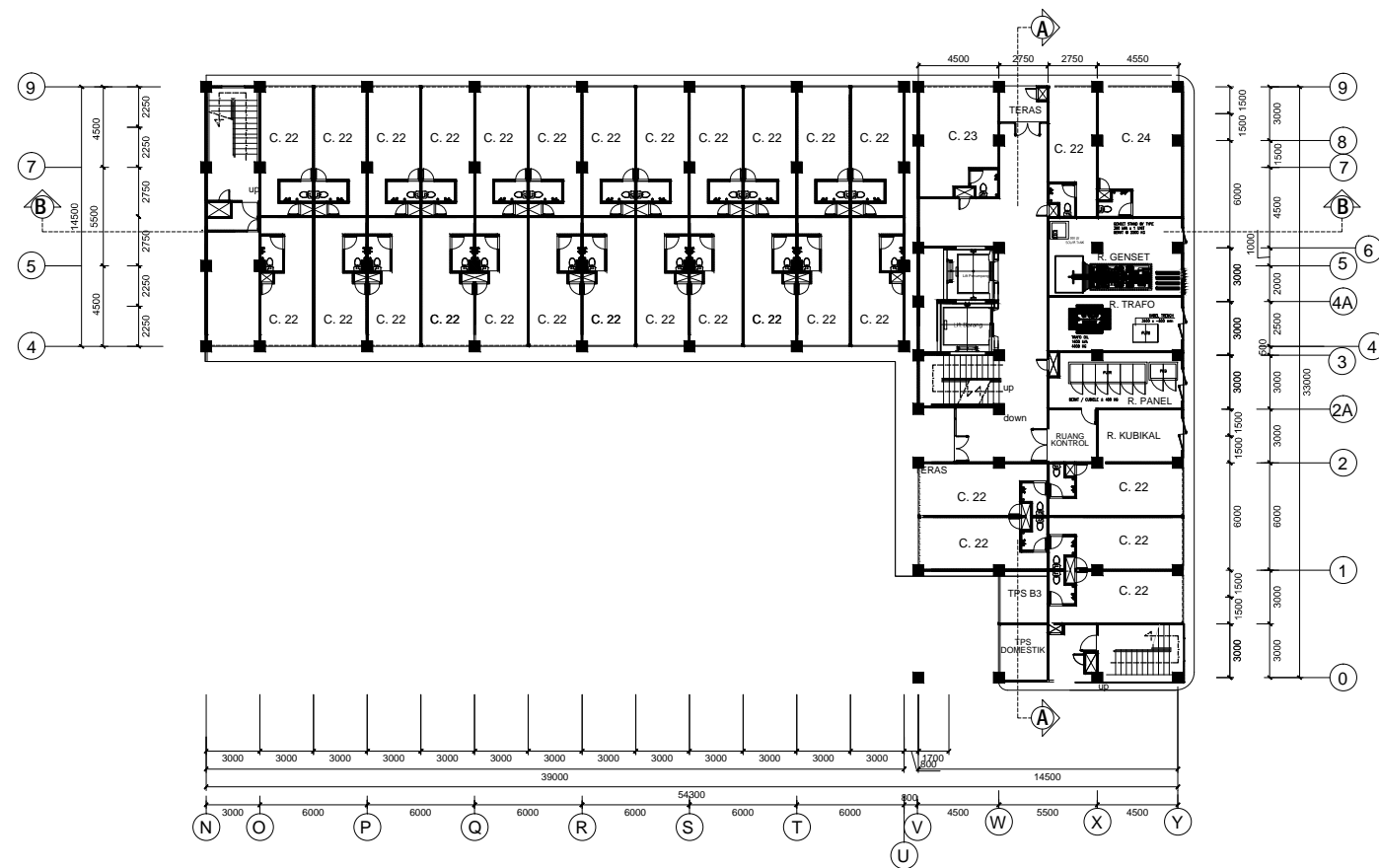
JML GBR

**STR**

**27**

**66**

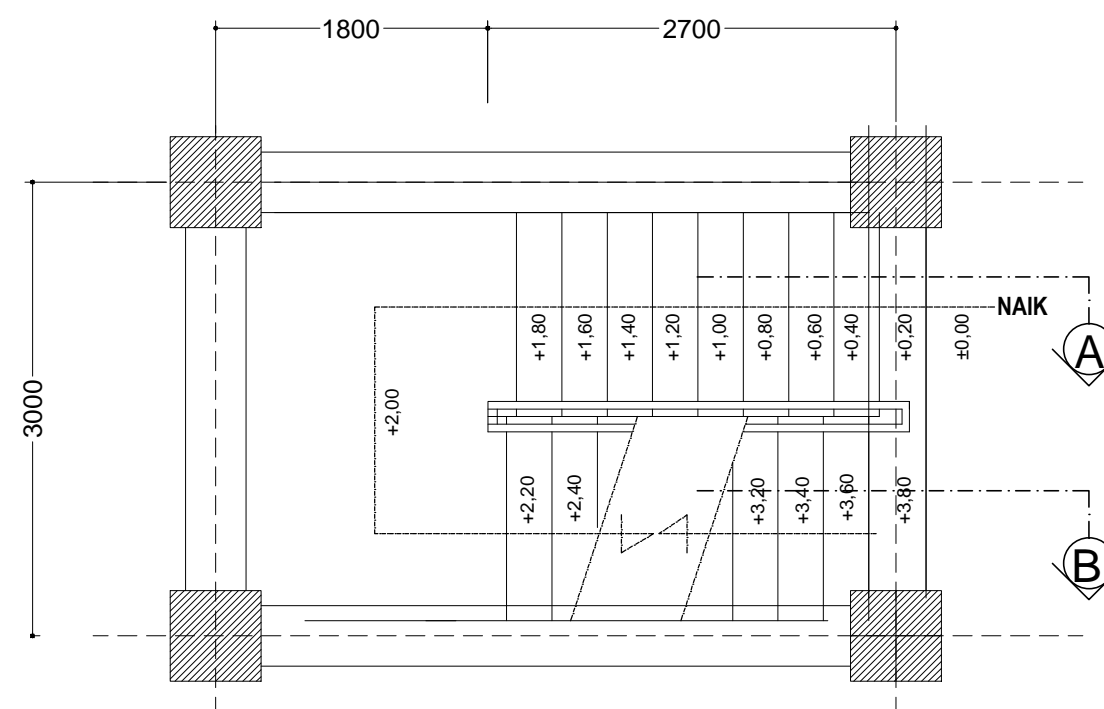
$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa



**LAYOUT TANGGA**

**LT. 1**

SKALA 1 : 300

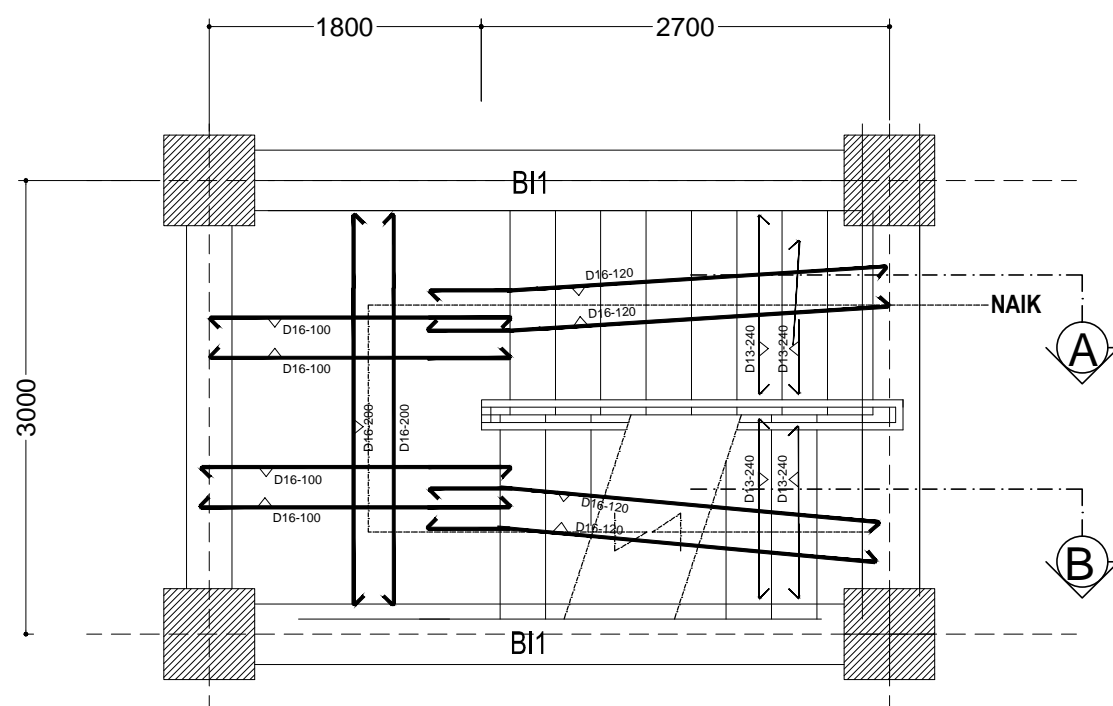


**DENAH TANGGA**

**LT. 1**

SKALA 1 : 50

$f_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



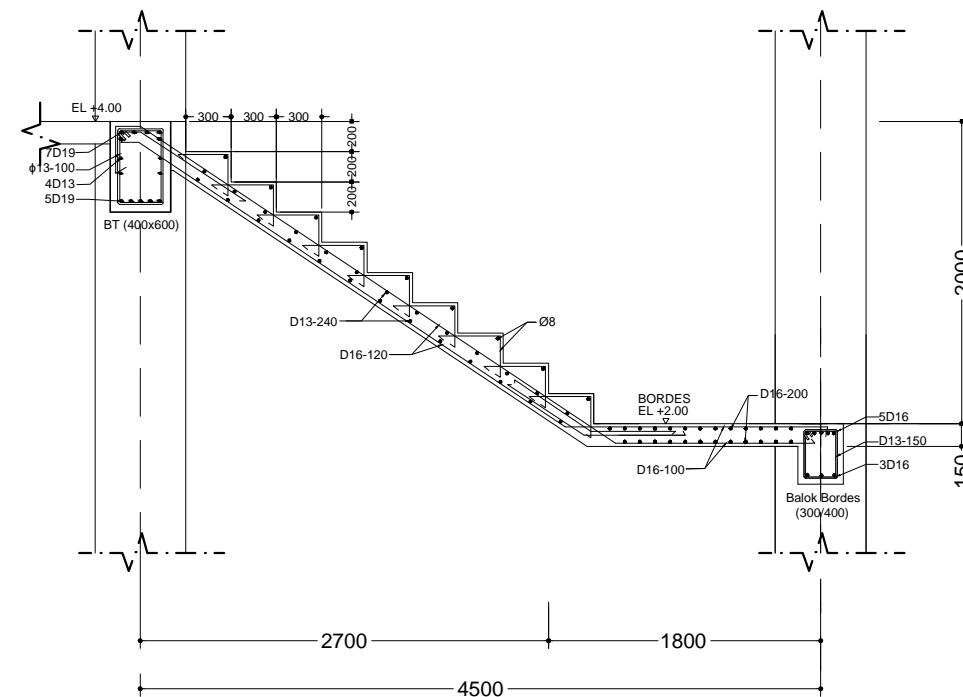
**PENULANGAN TANGGA**

**LT. 1**

SKALA 1 : 50

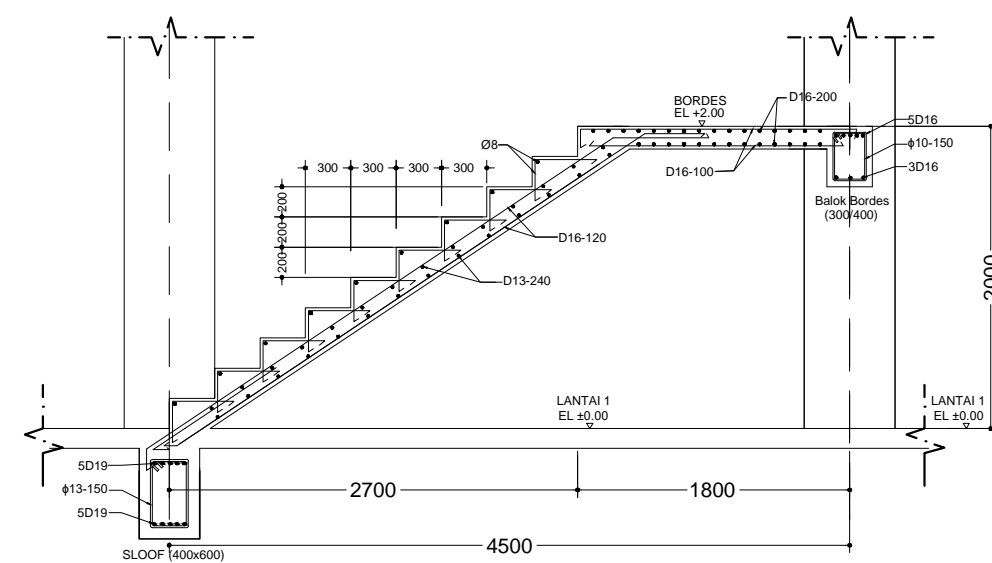
**KETERANGAN :**

BT (Balok tangga), Balok Bordes, Sloof, Pelat  
Tangga & Bordes, pelaksanaannya menggunakan  
*Cast in situ*



**POTONGAN TANGGA B-B**

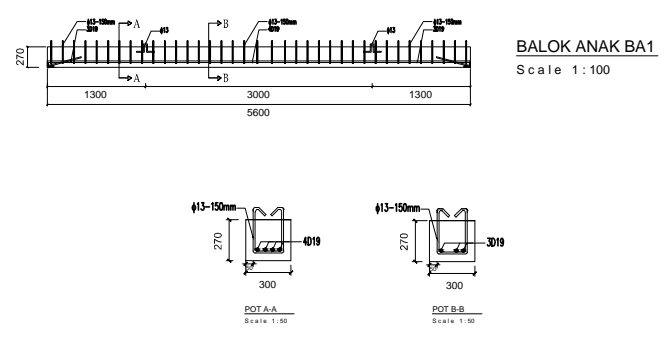
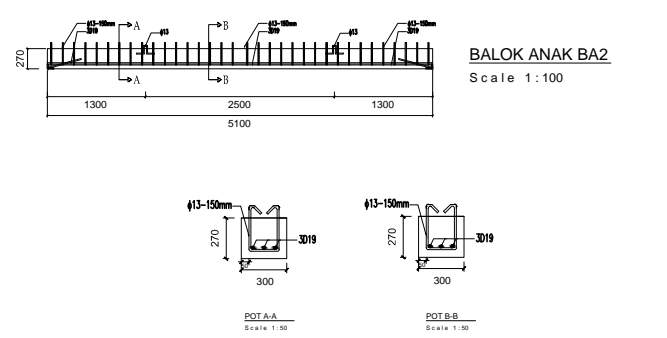
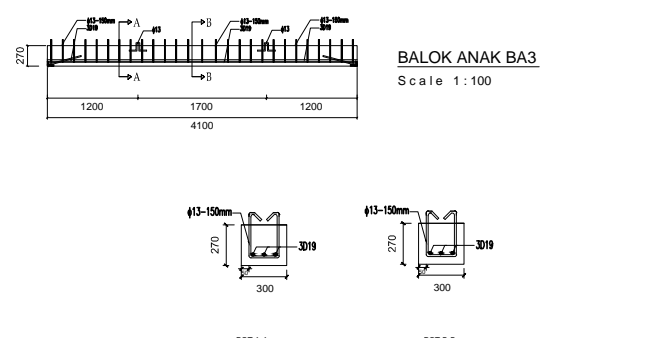
SKALA 1 : 50



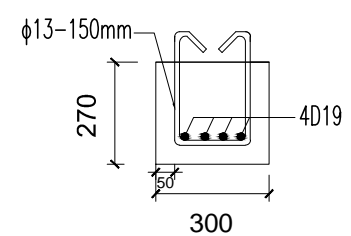
**POTONGAN TANGGA A-A**

SKALA 1 : 50

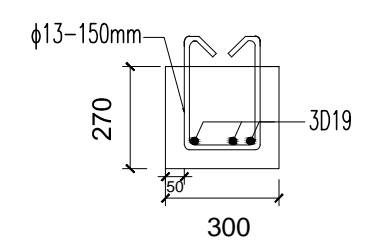
$f'c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

BALOK ANAK	Ln (mm)	Berat (Kg)	Jumlah pada Lt 2-8 (buah)	Jumlah pada Lt Atap (buah)	Jumlah pada R.Lift (buah)	Total (buah)
 <p><b>BALOK ANAK BA1</b> Scale 1:100</p>	5600	1088,64	30	31	0	241
 <p><b>BALOK ANAK BA2</b> Scale 1:100</p>	5100	991,44	2	2	0	16
 <p><b>BALOK ANAK BA3</b> Scale 1:100</p>	4100	797,04	6	5	0	47

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

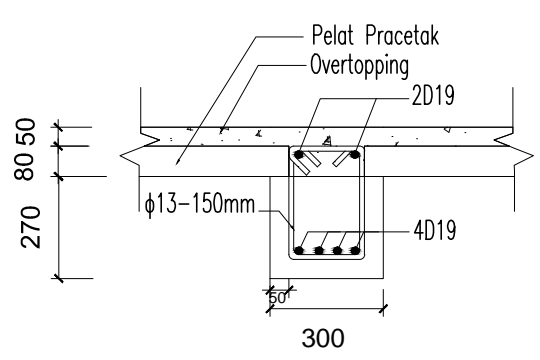


**POT A-A SEBELUM KOMPOSIT**



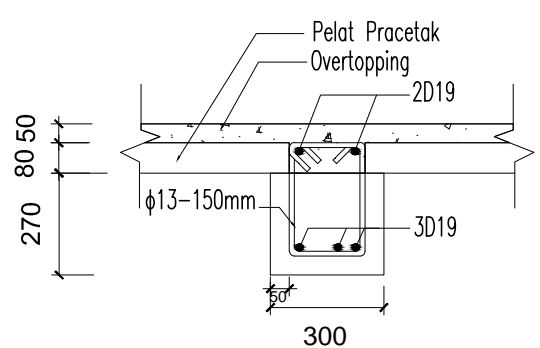
**POT B-B SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



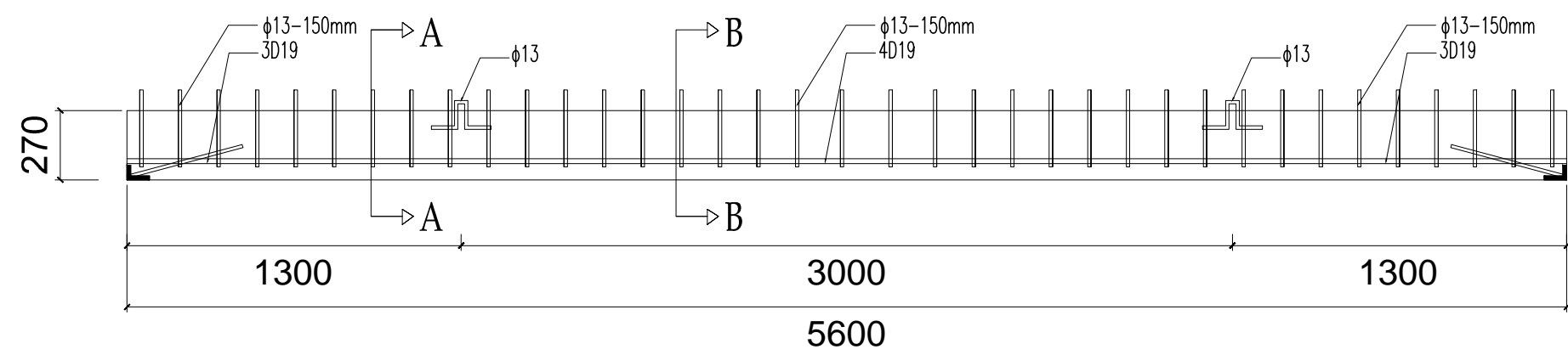
**POT A-A SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



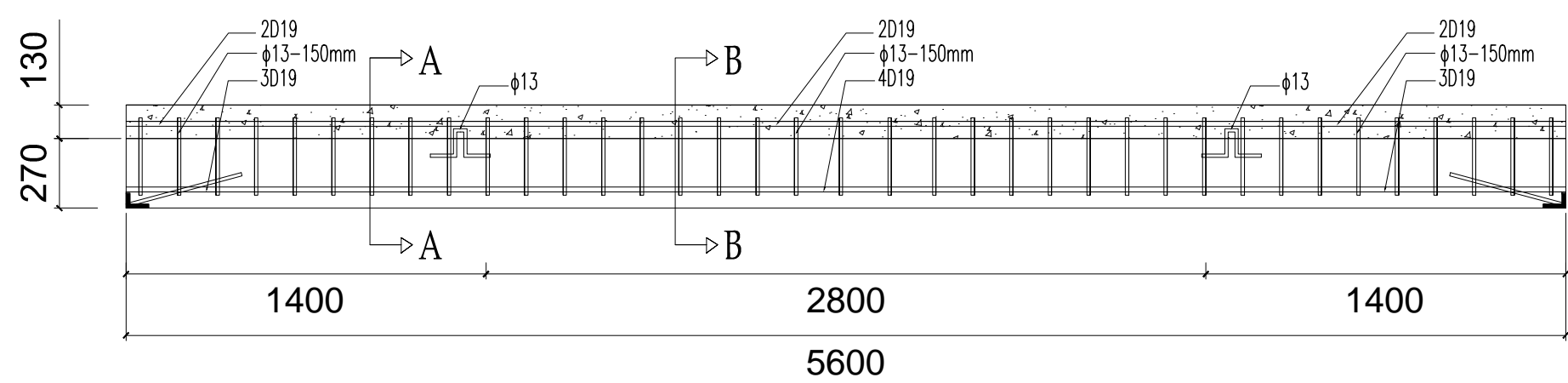
**POT B-B SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



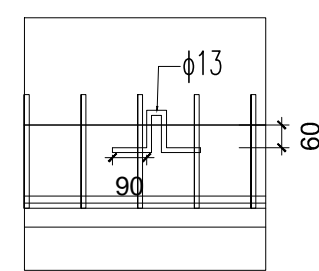
**PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK ANAK BA1**

Scale 1:25



**PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK ANAK BA1**

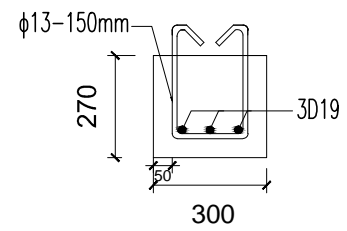
Scale 1:25



**KEDALAMAN TULANGAN ANGKAT**

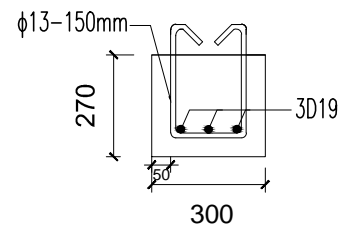
Scale 1:20

$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa



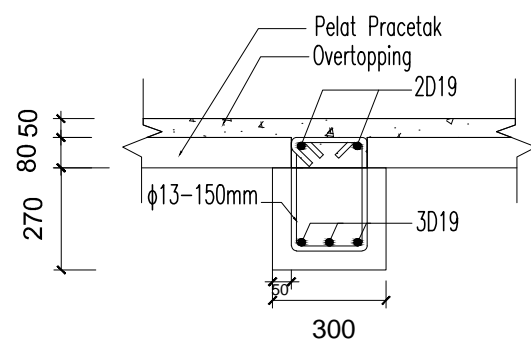
**POT A-A SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



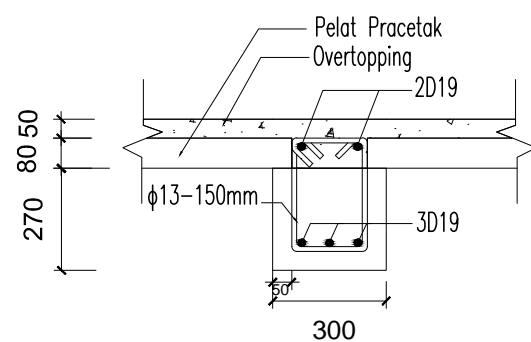
**POT B-B SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



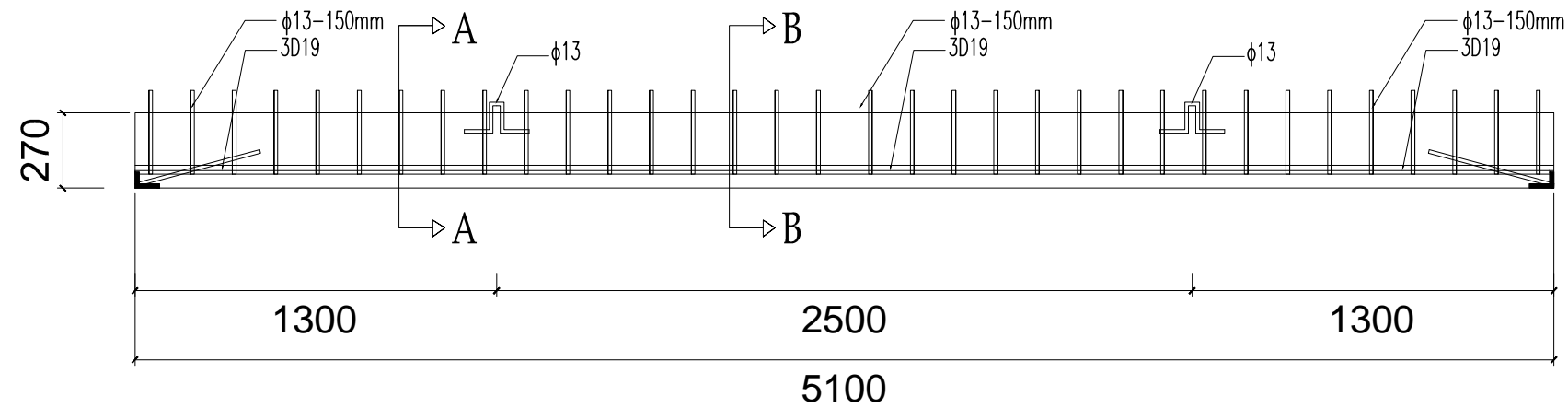
**POT A-A SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



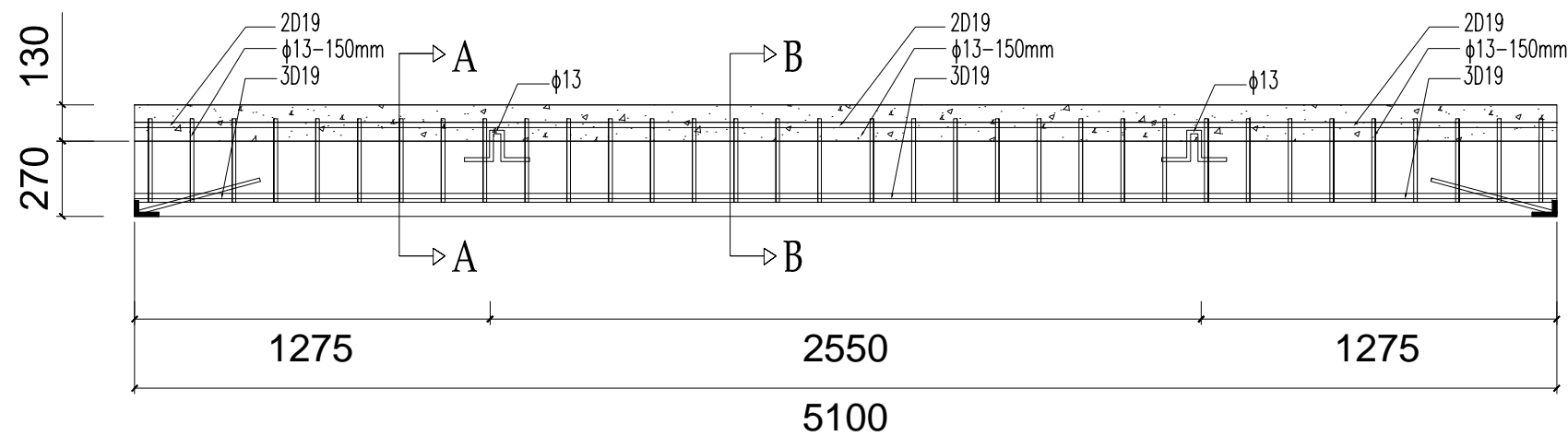
**POT B-B SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



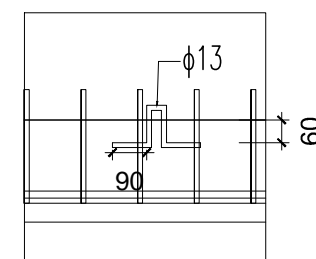
**PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK ANAK BA2**

Scale 1:25



**PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK ANAK BA2**

Scale 1:25

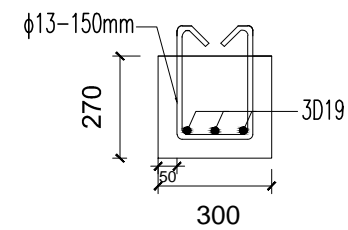


**KEDALAMAN TULANGAN ANGKAT**

Scale 1:20

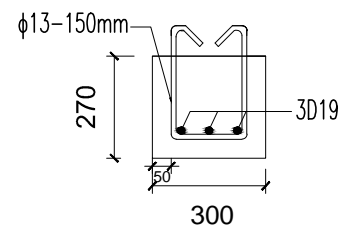


$f'c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



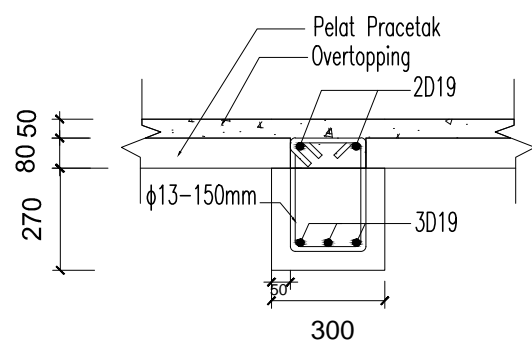
**POT A-A SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



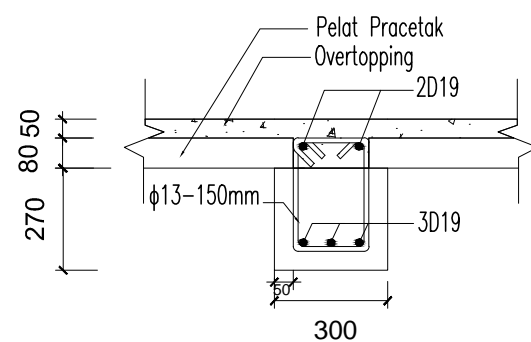
**POT B-B SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



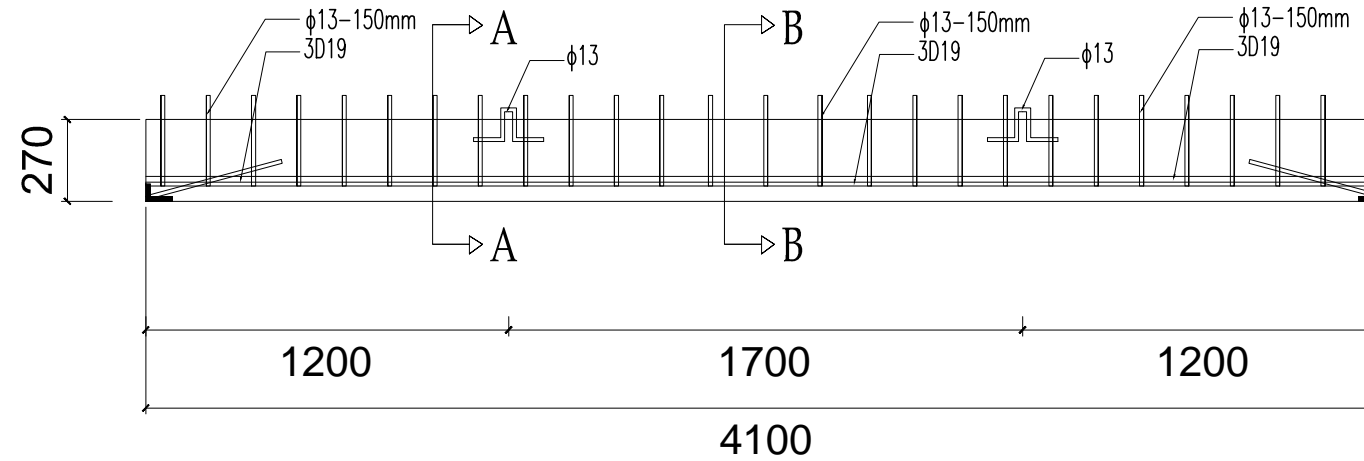
**POT A-A SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



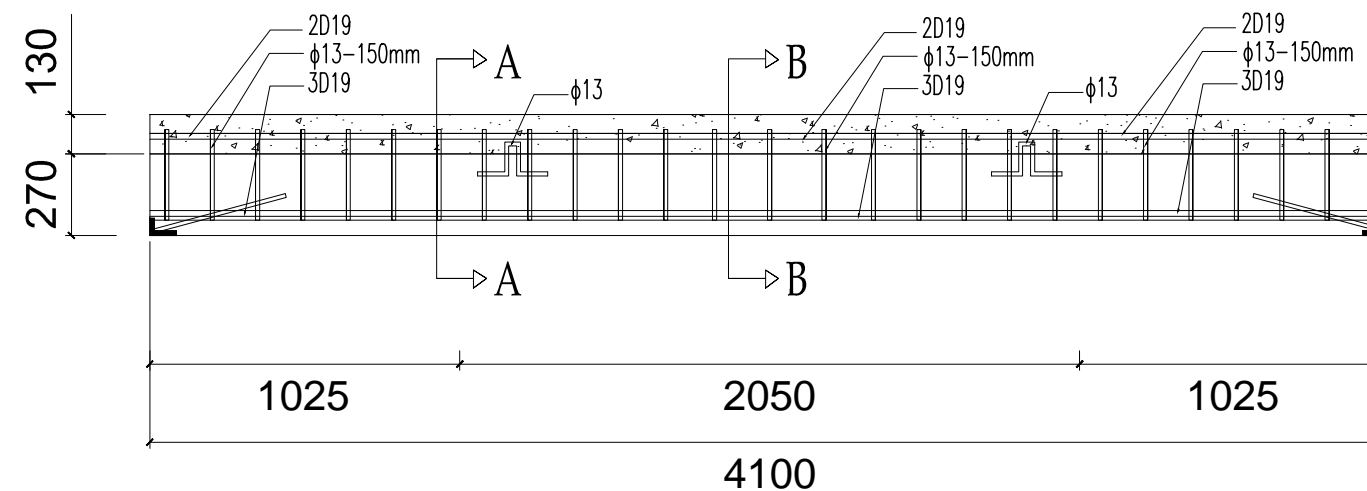
**POT B-B SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



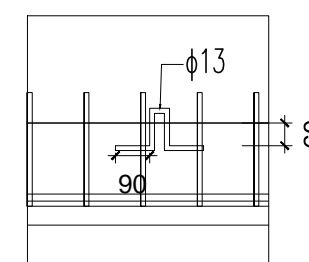
**PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK ANAK BA3**

Scale 1:25



**PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK ANAK BA3**

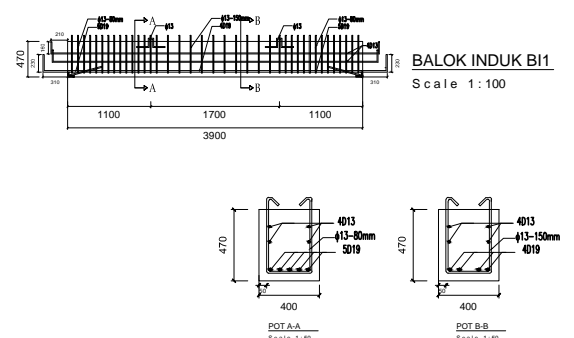
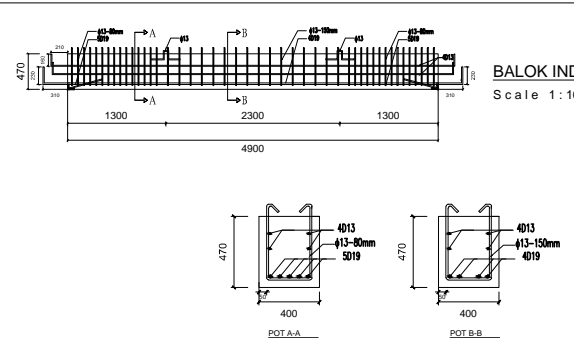
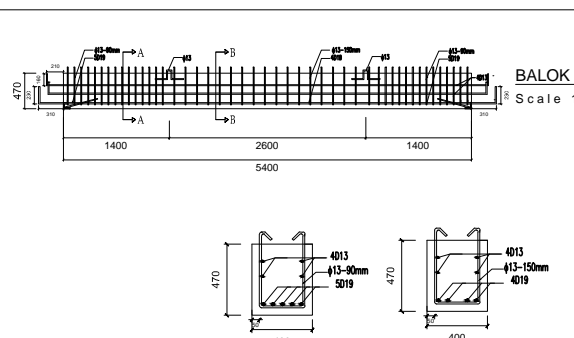
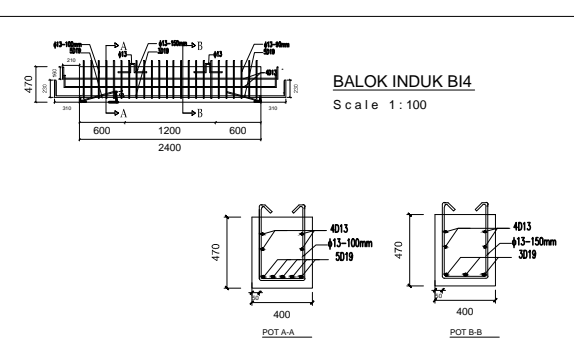
Scale 1:25



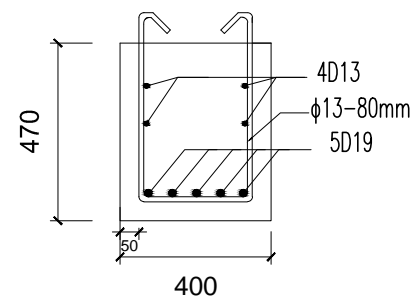
**KEDALAMAN TULANGAN ANGKAT**

Scale 1:20

$f'c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

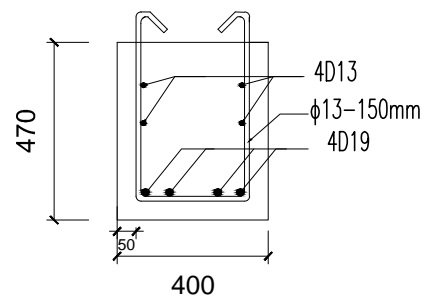
BALOK INDUK	Ln (mm)	Berat (Kg)	Jumlah pada Lt 2-8 (buah)	Jumlah pada Lt Atap (buah)	Jumlah pada R.Lift (buah)	Total (buah)
 <p><b>BALOK INDUK B1</b> Scale 1:100</p>	3900	1759,68	30	30	3	243
 <p><b>BALOK INDUK B2</b> Scale 1:100</p>	4900	2210,88	15	15	0	120
 <p><b>BALOK INDUK B3</b> Scale 1:100</p>	5400	2436,48	39	41	1	315
 <p><b>BALOK INDUK B4</b> Scale 1:100</p>	2400	1082,88	14	10	4	112

f'c = 35 MPa  
f<sub>yl</sub> = 390 MPa  
f<sub>yv</sub> = 240 MPa



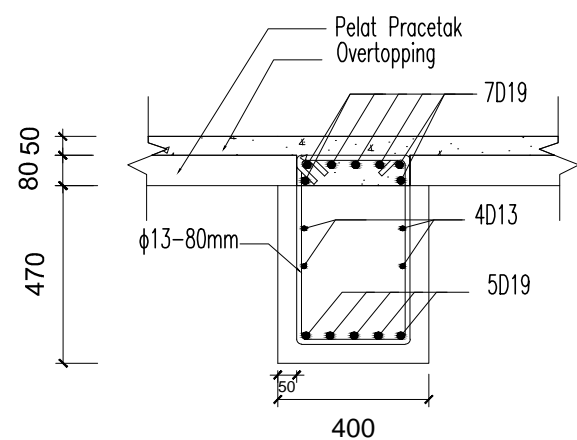
**POT A-A SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



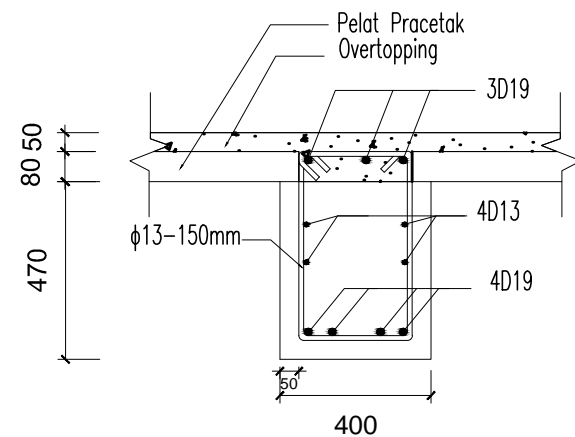
**POT B-B SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



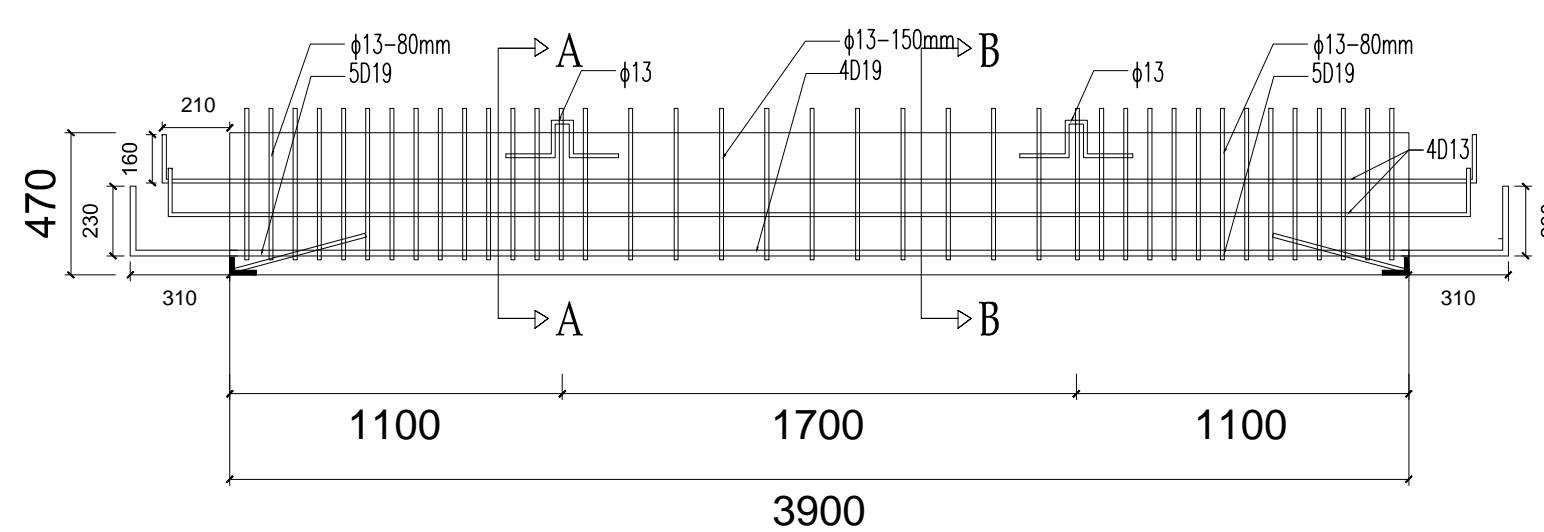
**POT A-A SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



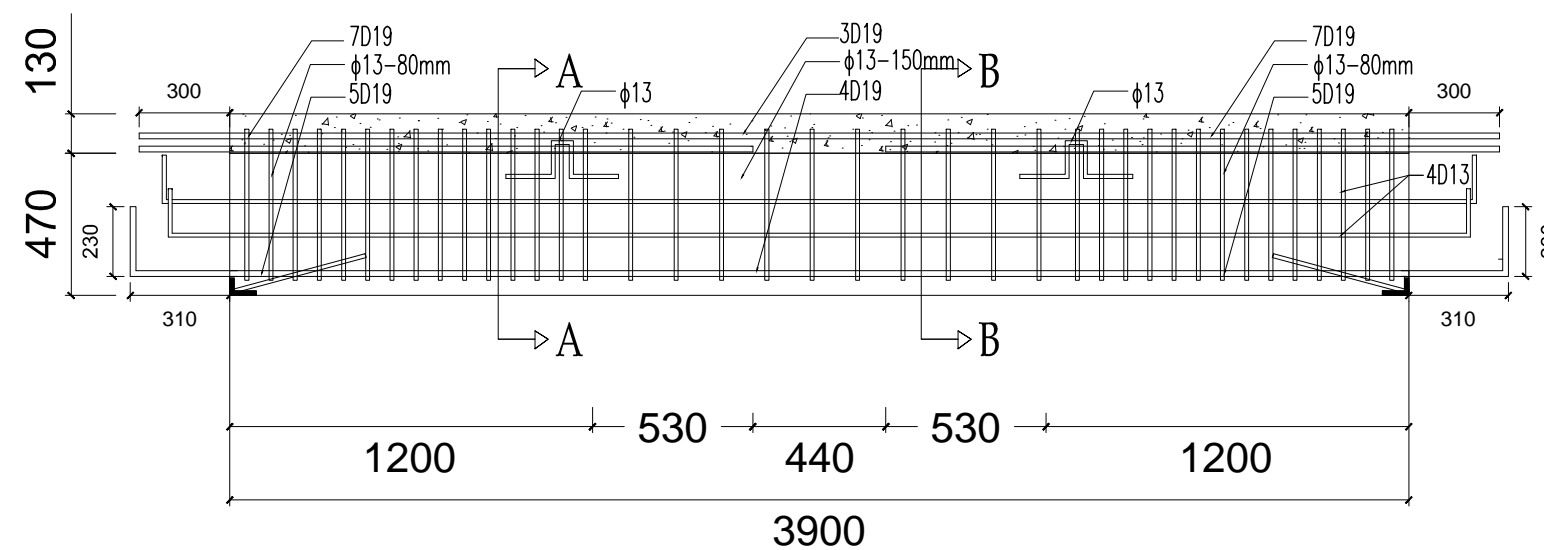
**POT B-B SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



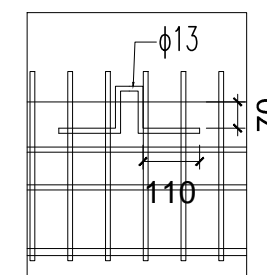
**PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK INDUK BI1**

Scale 1:25



**PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK INDUK BI1**

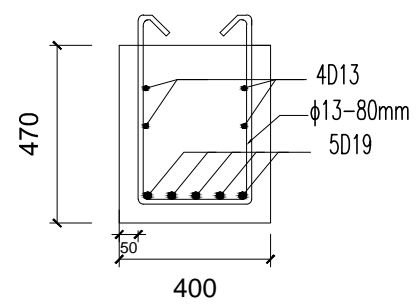
Scale 1:25



**KEDALAMAN TULANGAN ANGKAT**

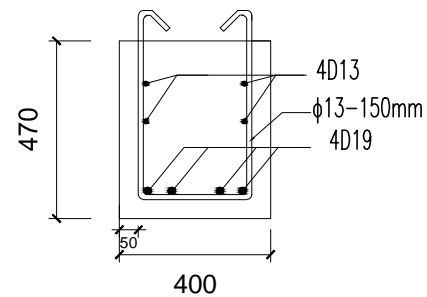
Scale 1:20

$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa



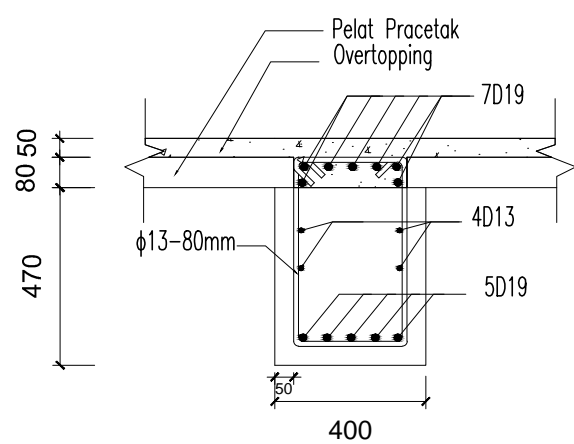
**POT A-A SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



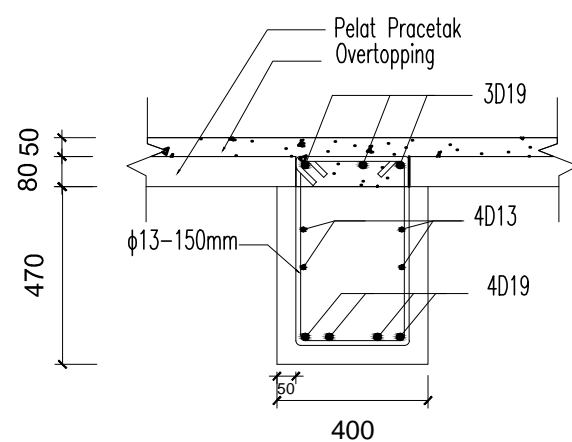
**POT B-B SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



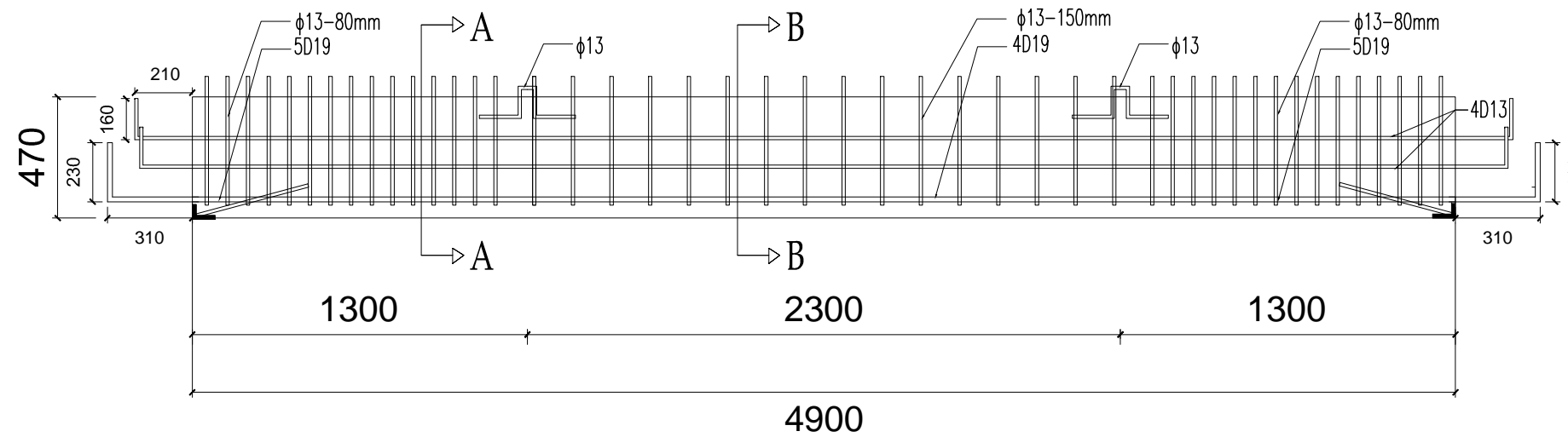
**POT A-A SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



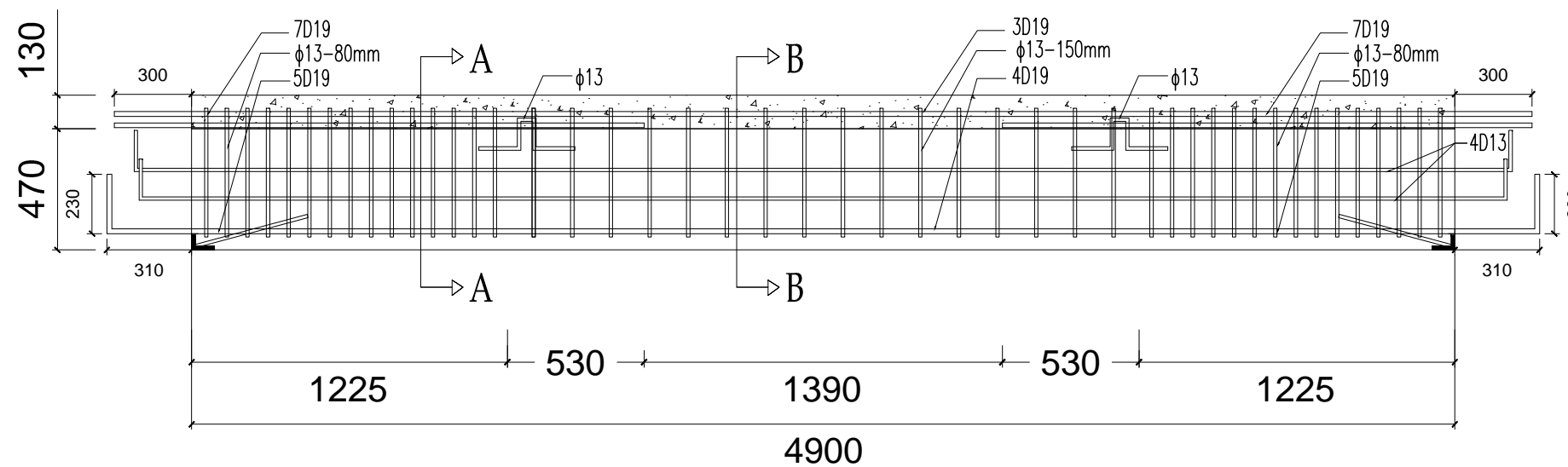
**POT B-B SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



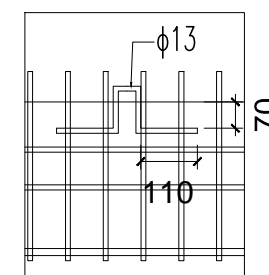
**PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK INDUK BI2**

Scale 1:25



**PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK INDUK BI2**

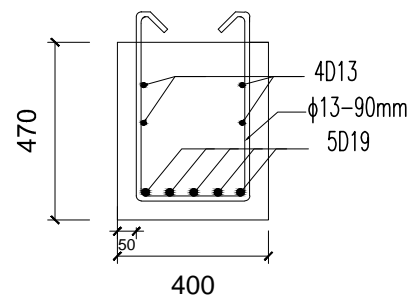
Scale 1:25



**KEDALAMAN TULANGAN ANGKAT**

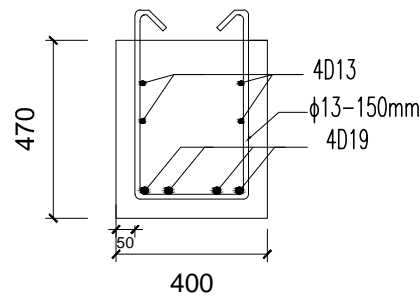
Scale 1:20

$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa



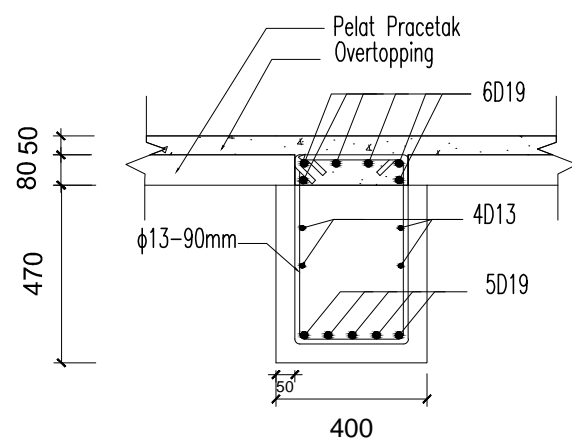
**POT A-A SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



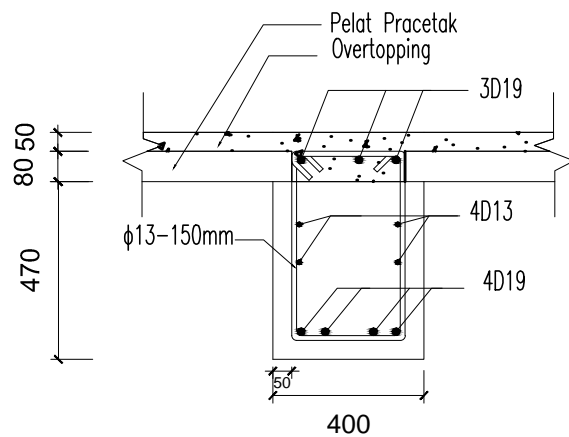
**POT B-B SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



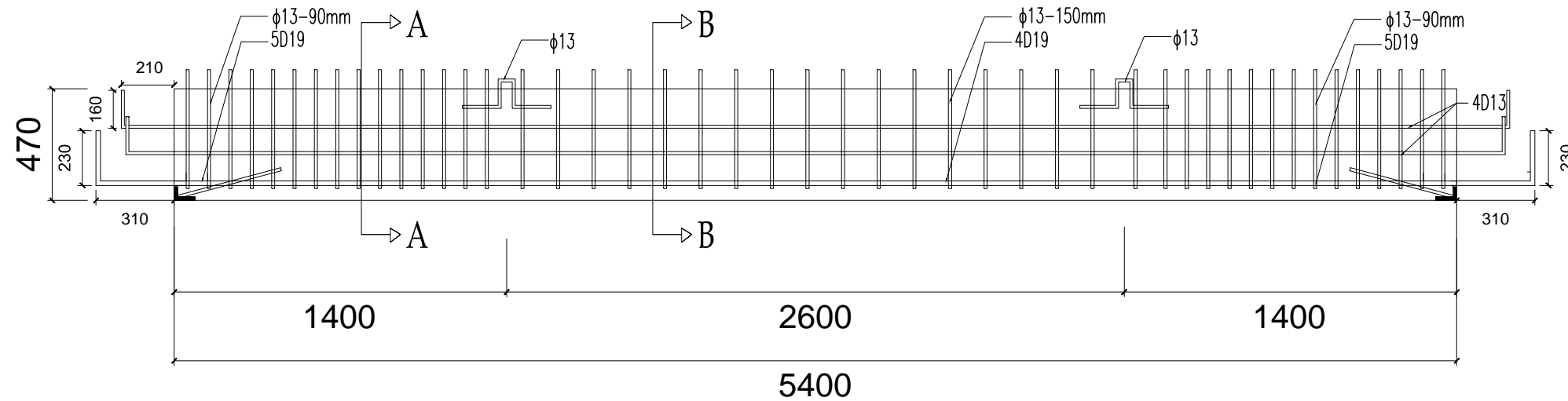
**POT A-A SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



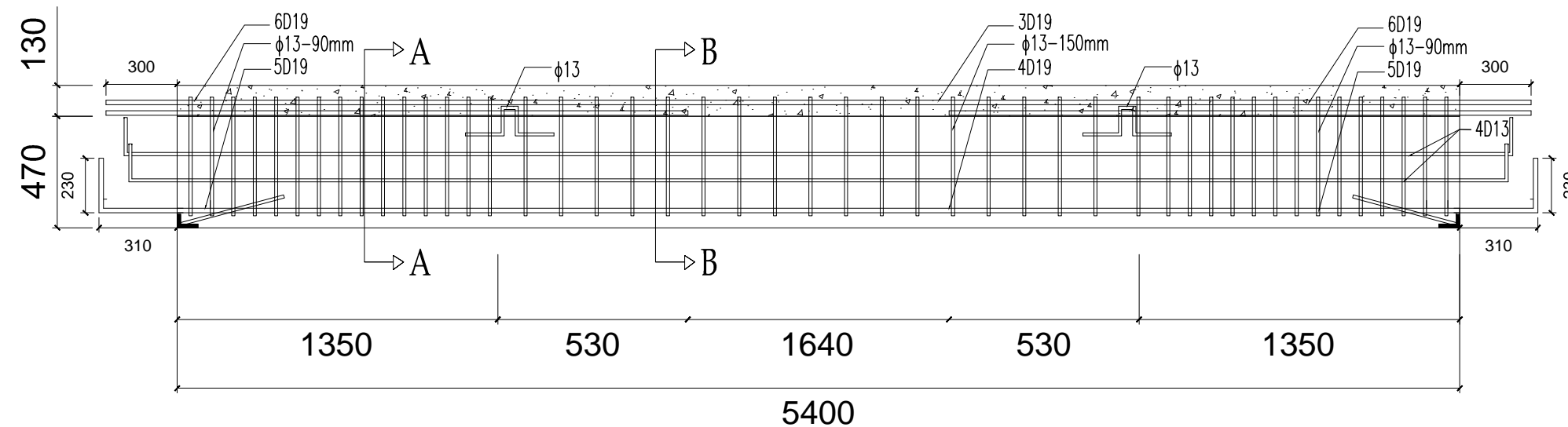
**POT B-B SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



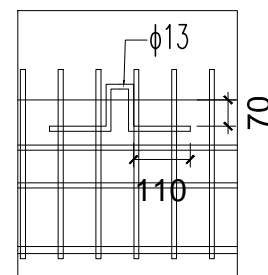
**PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK INDUK BI3**

Scale 1:25



**PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK INDUK BI3**

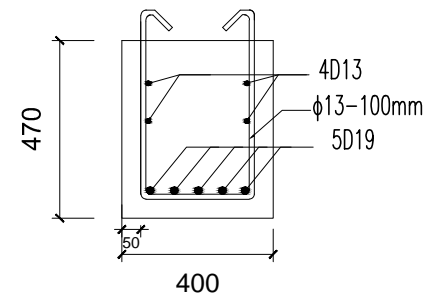
Scale 1:25



**KEDALAMAN TULANGAN ANGKAT**

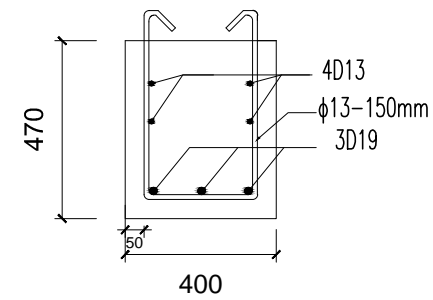
Scale 1:20

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



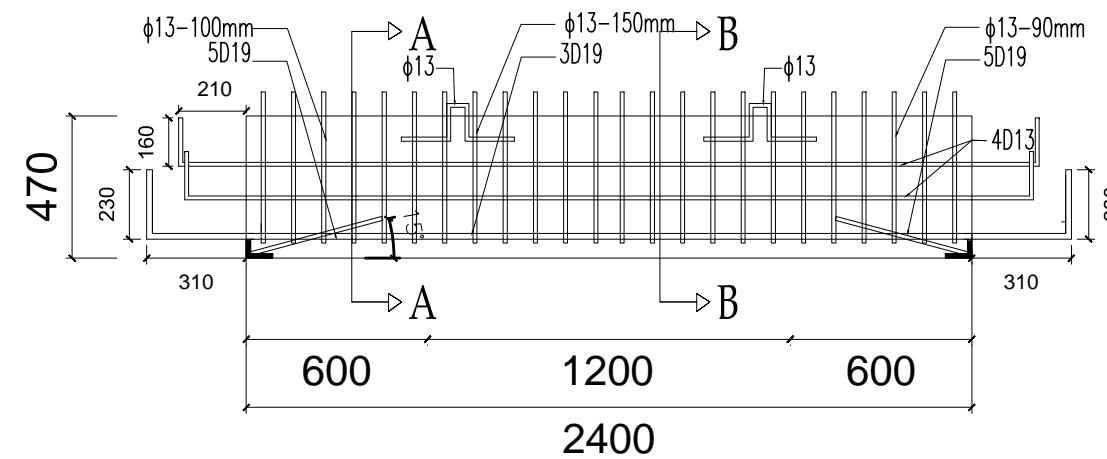
**POT A-A SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



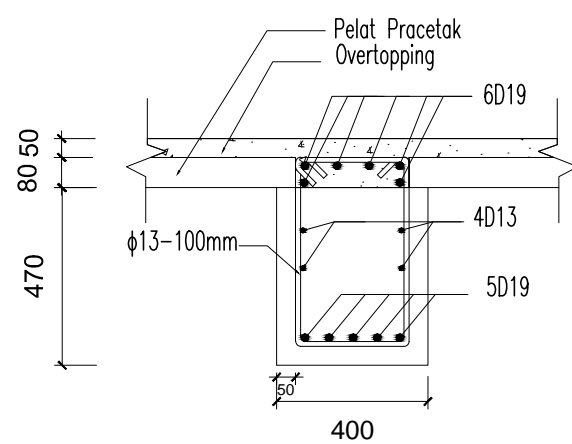
**POT B-B SEBELUM KOMPOSIT**

Scale 1:20



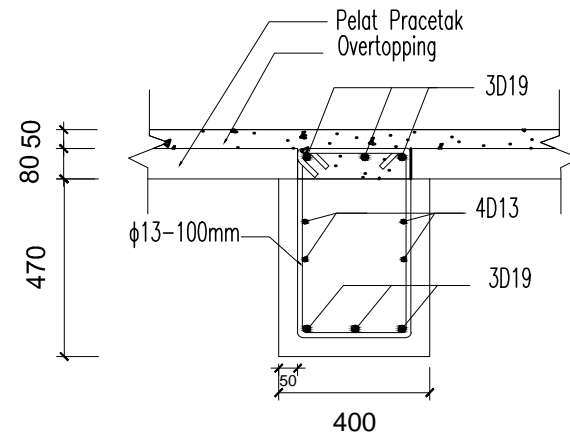
**PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK INDUK BI4**

Scale 1:25



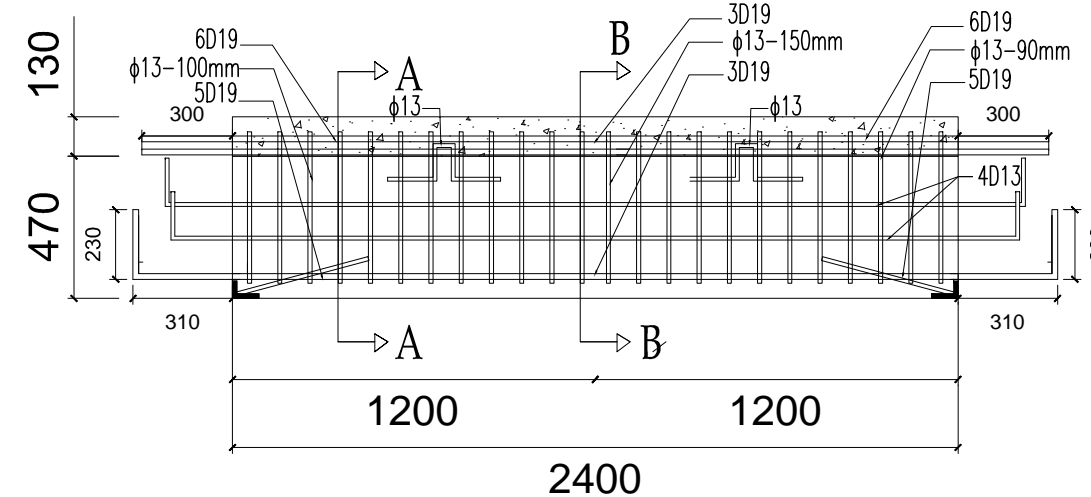
**POT A-A SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



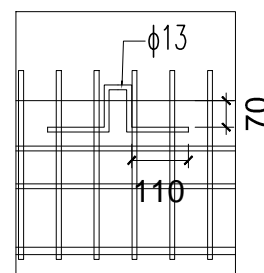
**POT B-B SESUDAH KOMPOSIT**

Scale 1:20



**PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK INDUK BI4**

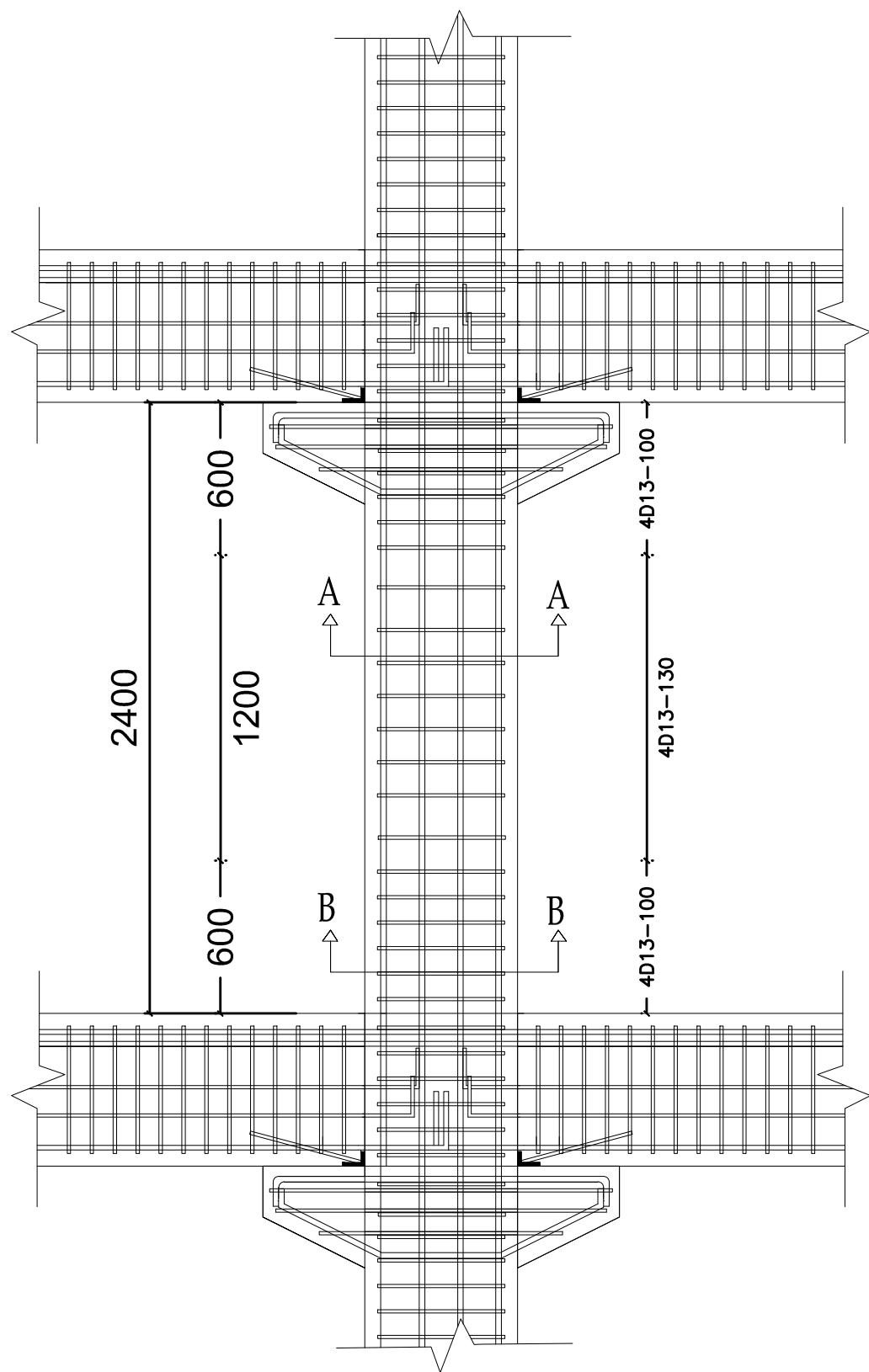
Scale 1:25



**KEDALAMAN TULANGAN ANGKAT**

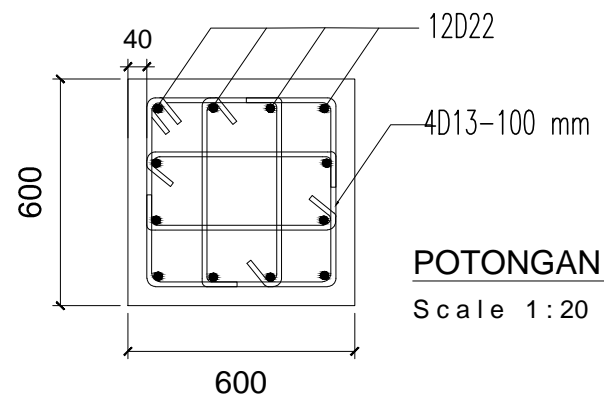
Scale 1:20

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



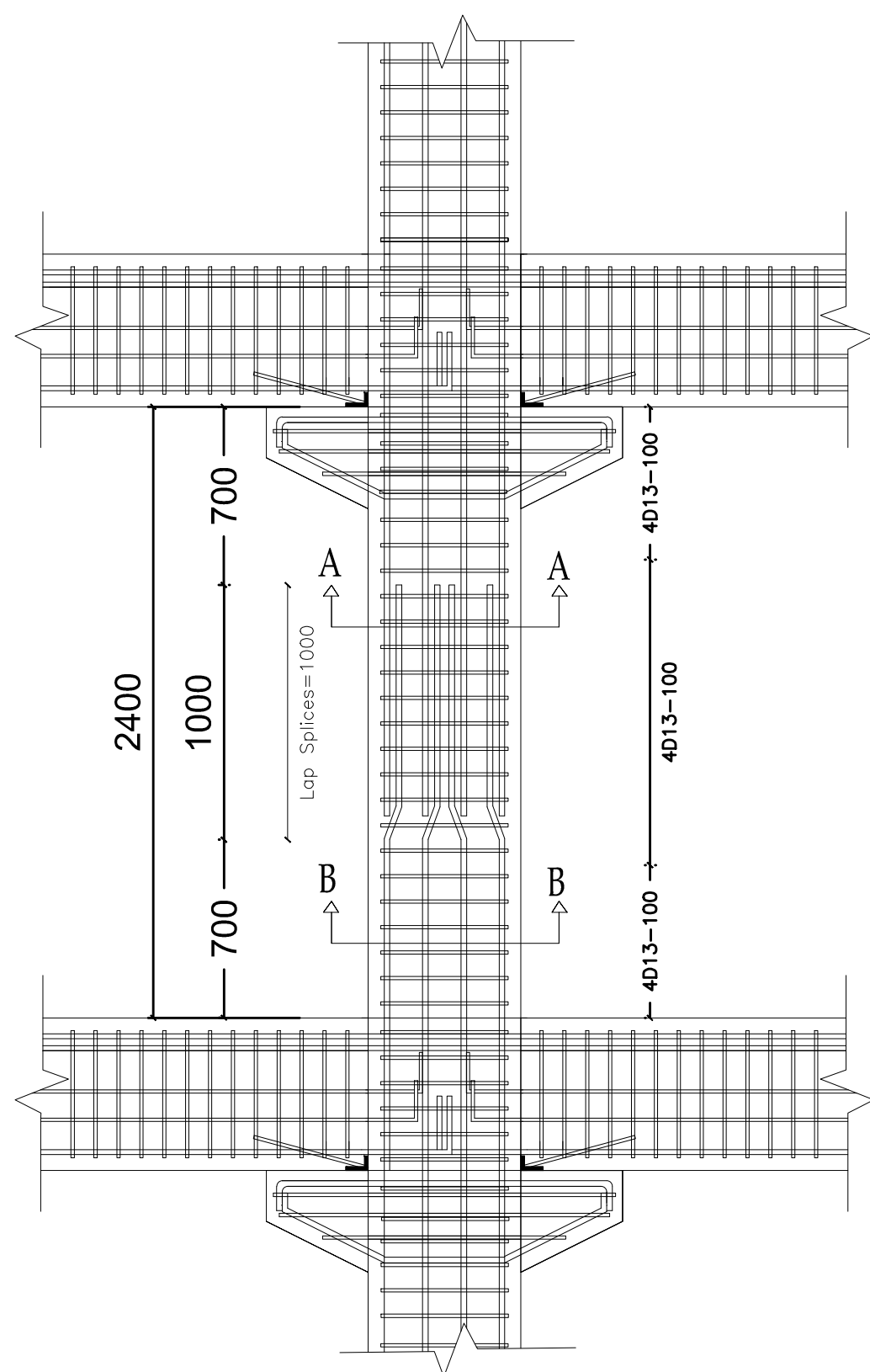
**PENULANGAN KOLOM INTERIOR**

Scale 1:25



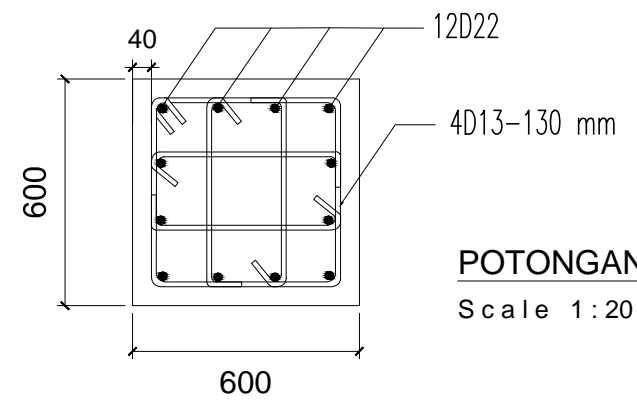
**POTONGAN A-A**

Scale 1:20



**DETAIL PANJANG PENYALURAN KOLOM INTERIOR**

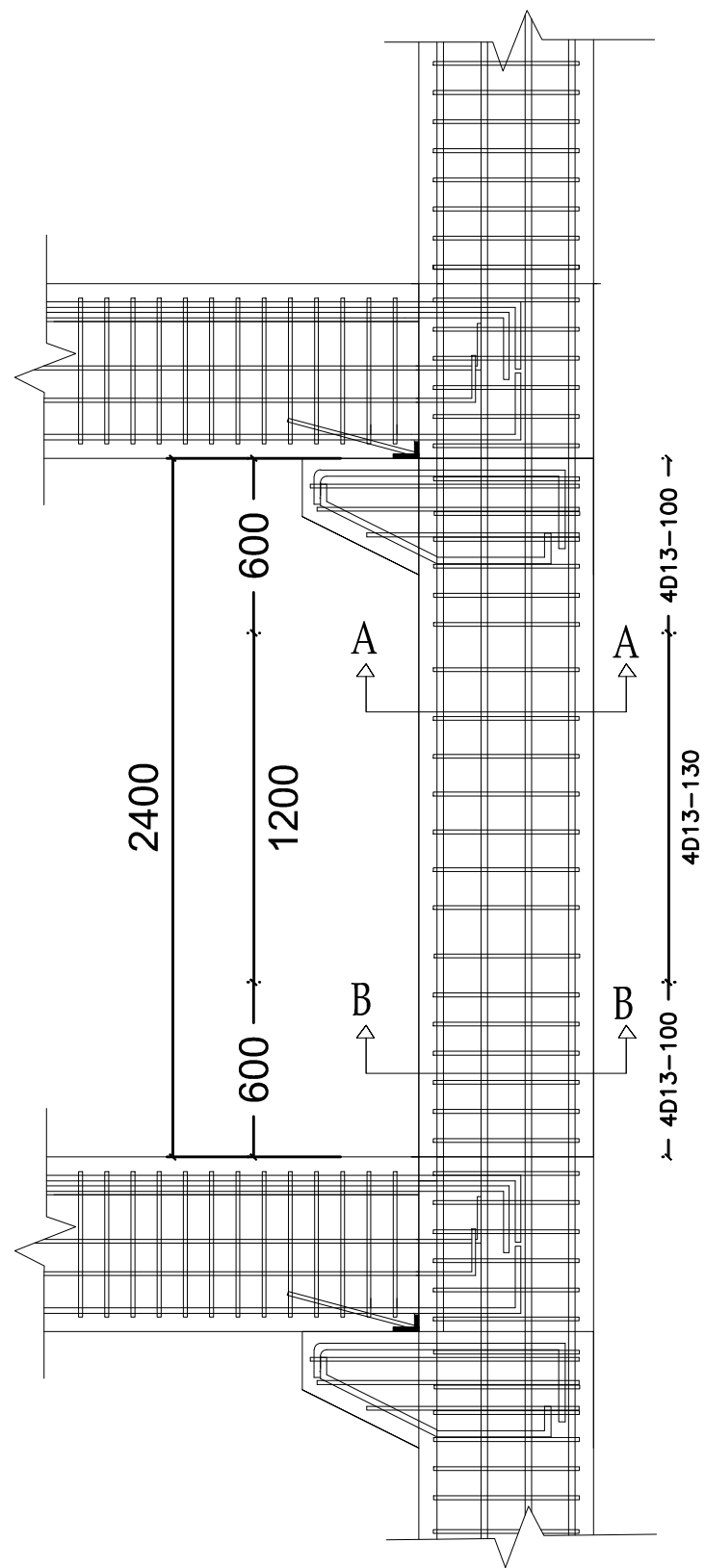
Scale 1:25



**POTONGAN B-B**

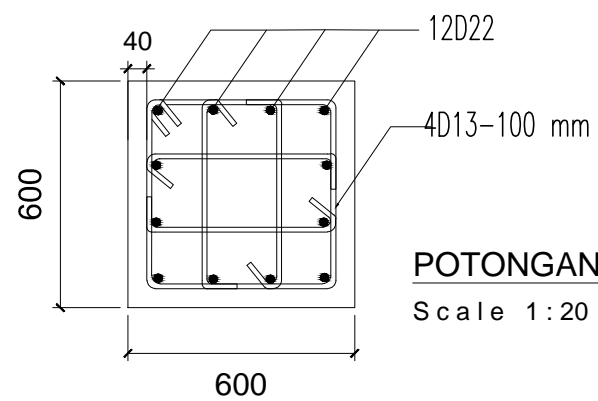
Scale 1:20

$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa



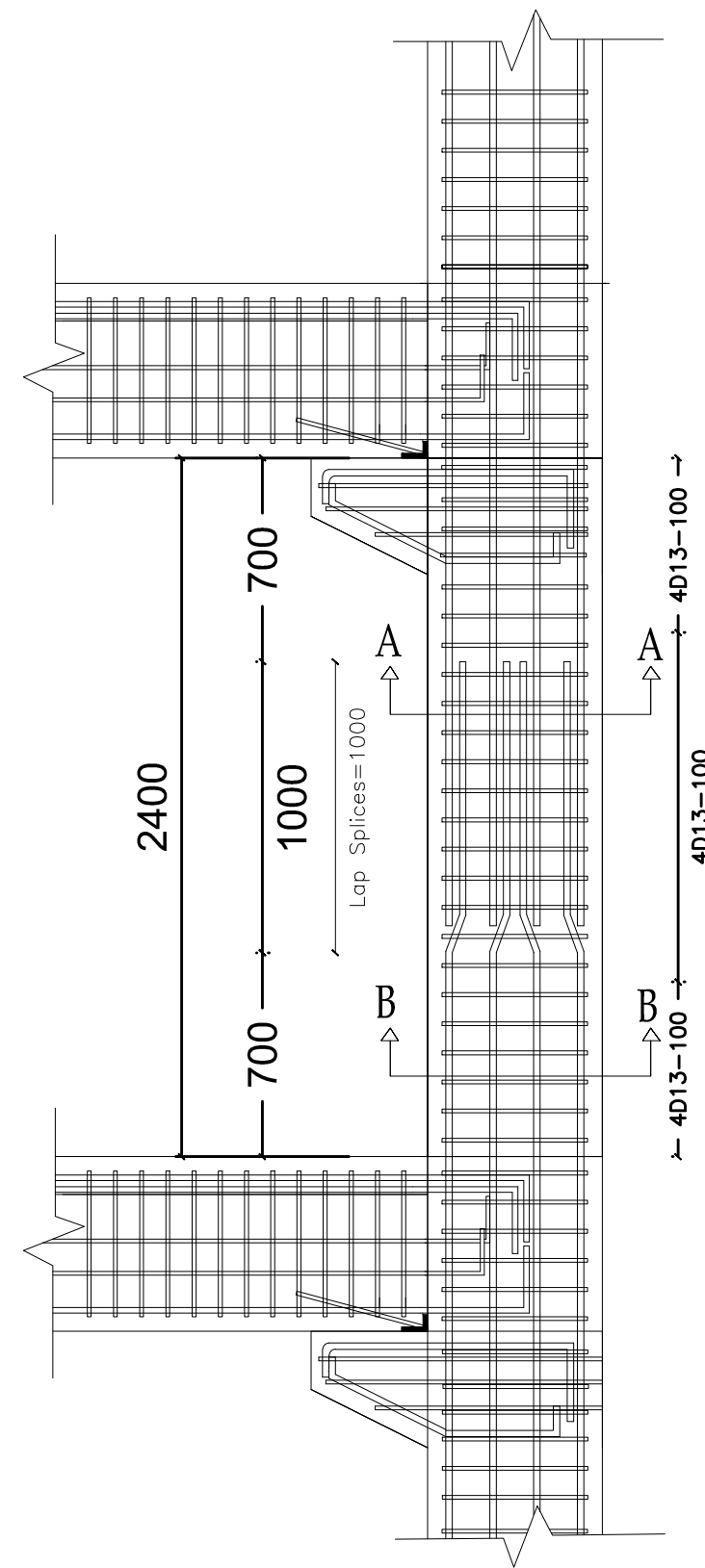
**PENULANGAN KOLOM EKSTERIOR**

Scale 1:25



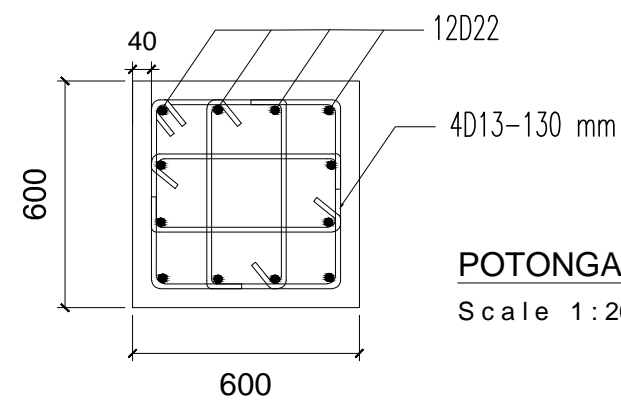
**POTONGAN A-A**

Scale 1:20



**DETAIL PANJANG PENYALURAN KOLOM EKSTERIOR**

Scale 1:25

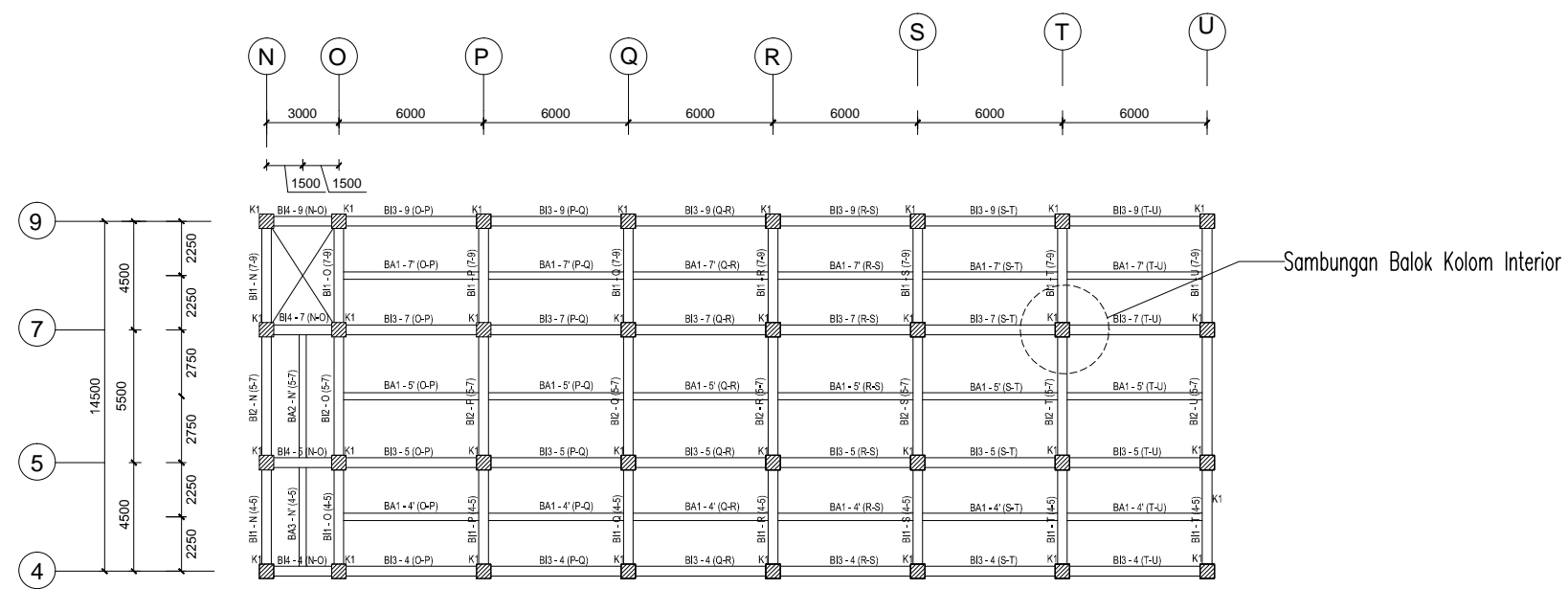


**POTONGAN B-B**

Scale 1:20

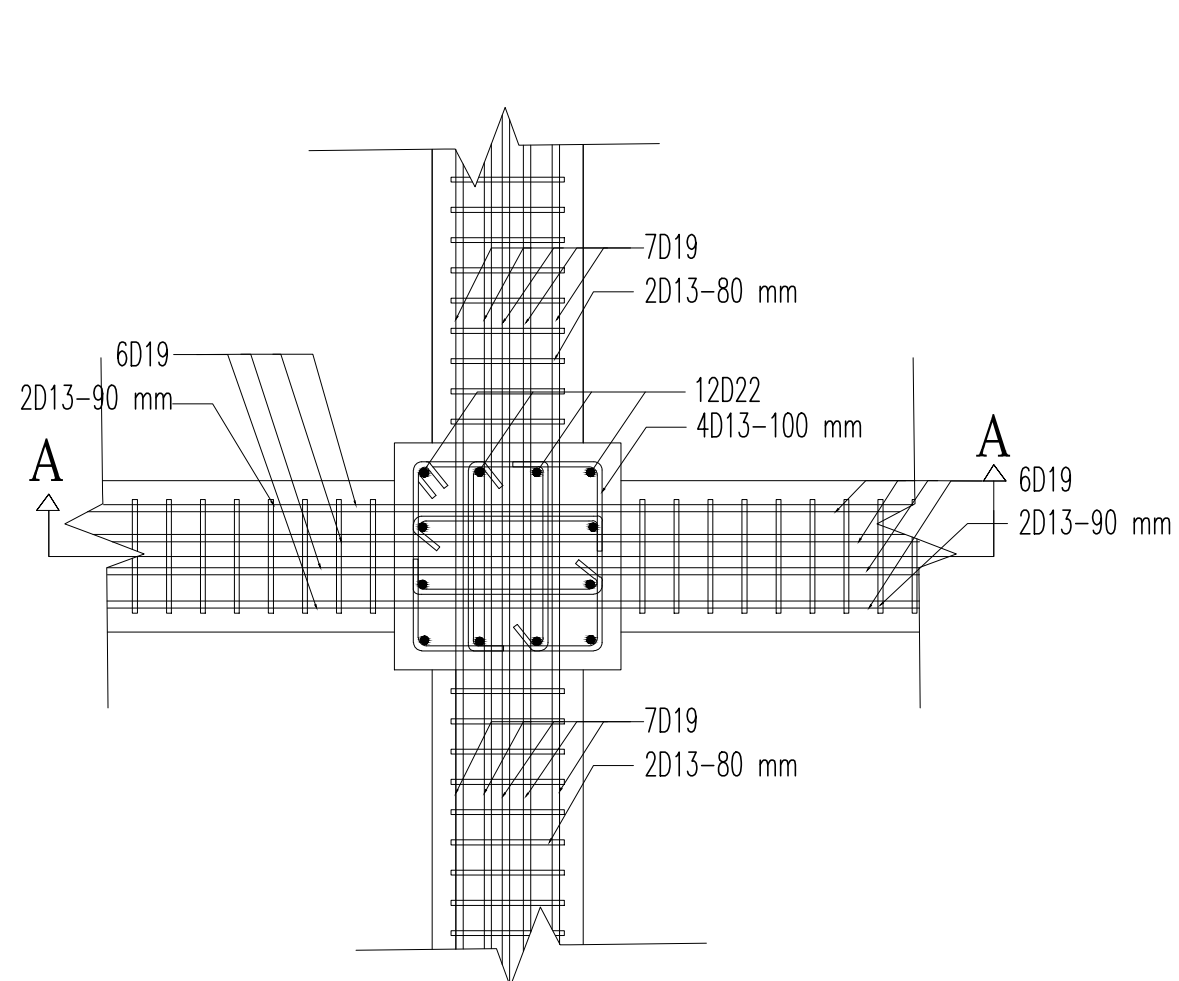


$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



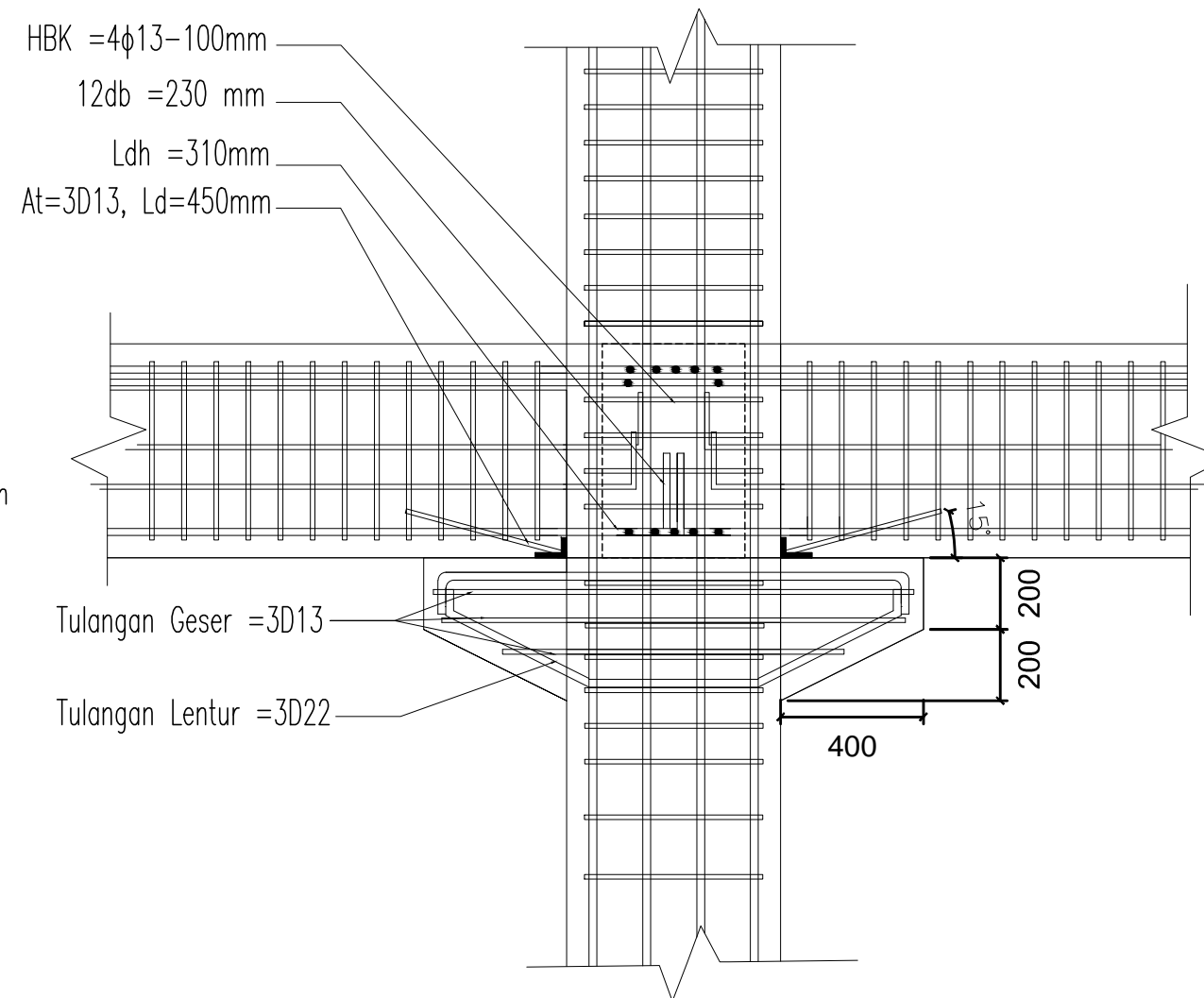
**LAYOUT DENAH PEMBALOKAN**

Scale 1 : 300



**SAMBUNGAN BALOK KOLOM INTERIOR**

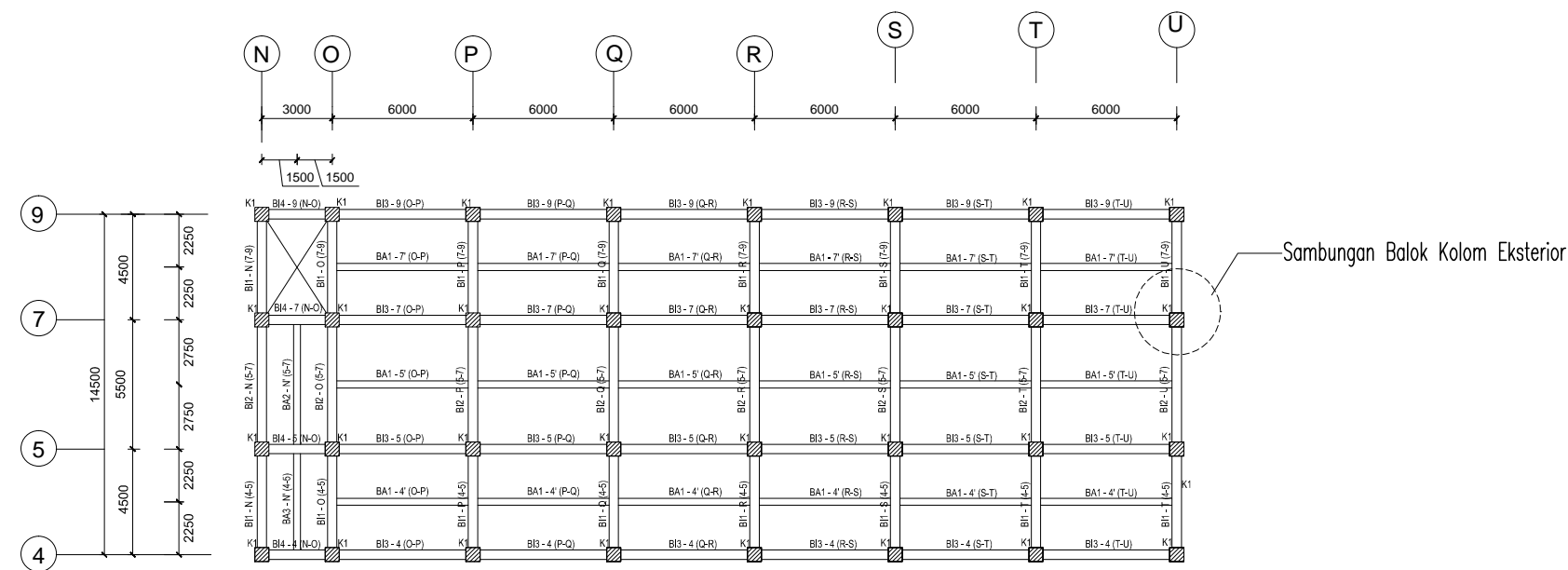
Scale 1 : 20



**POTONGAN A - A**

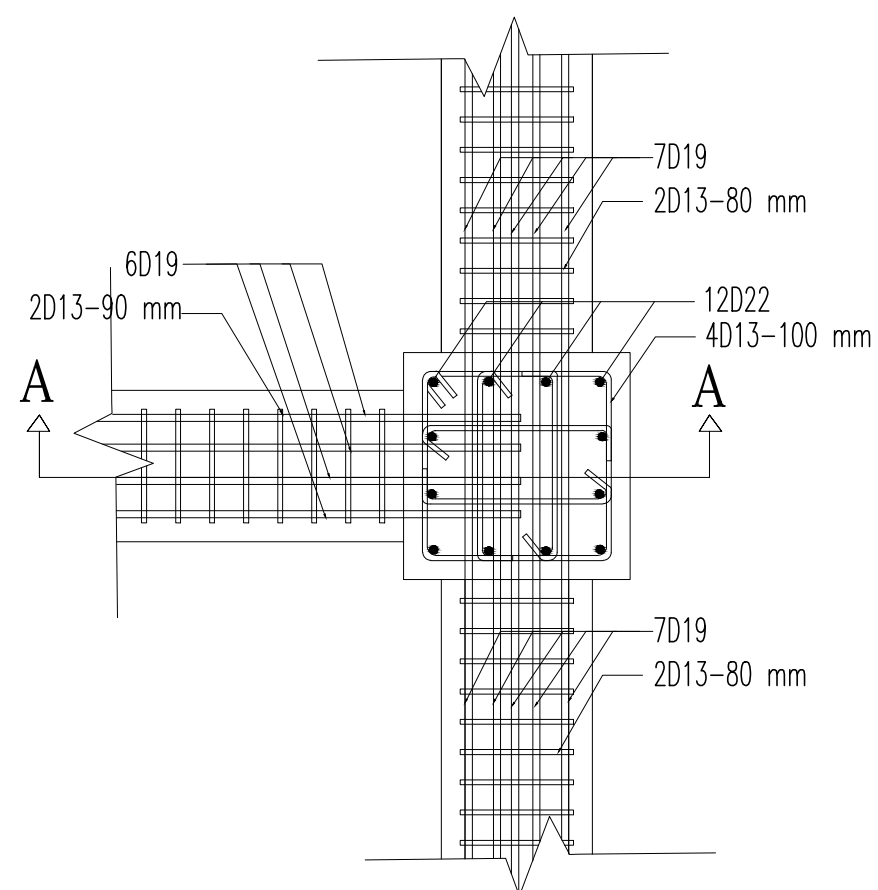
Scale 1 : 20

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



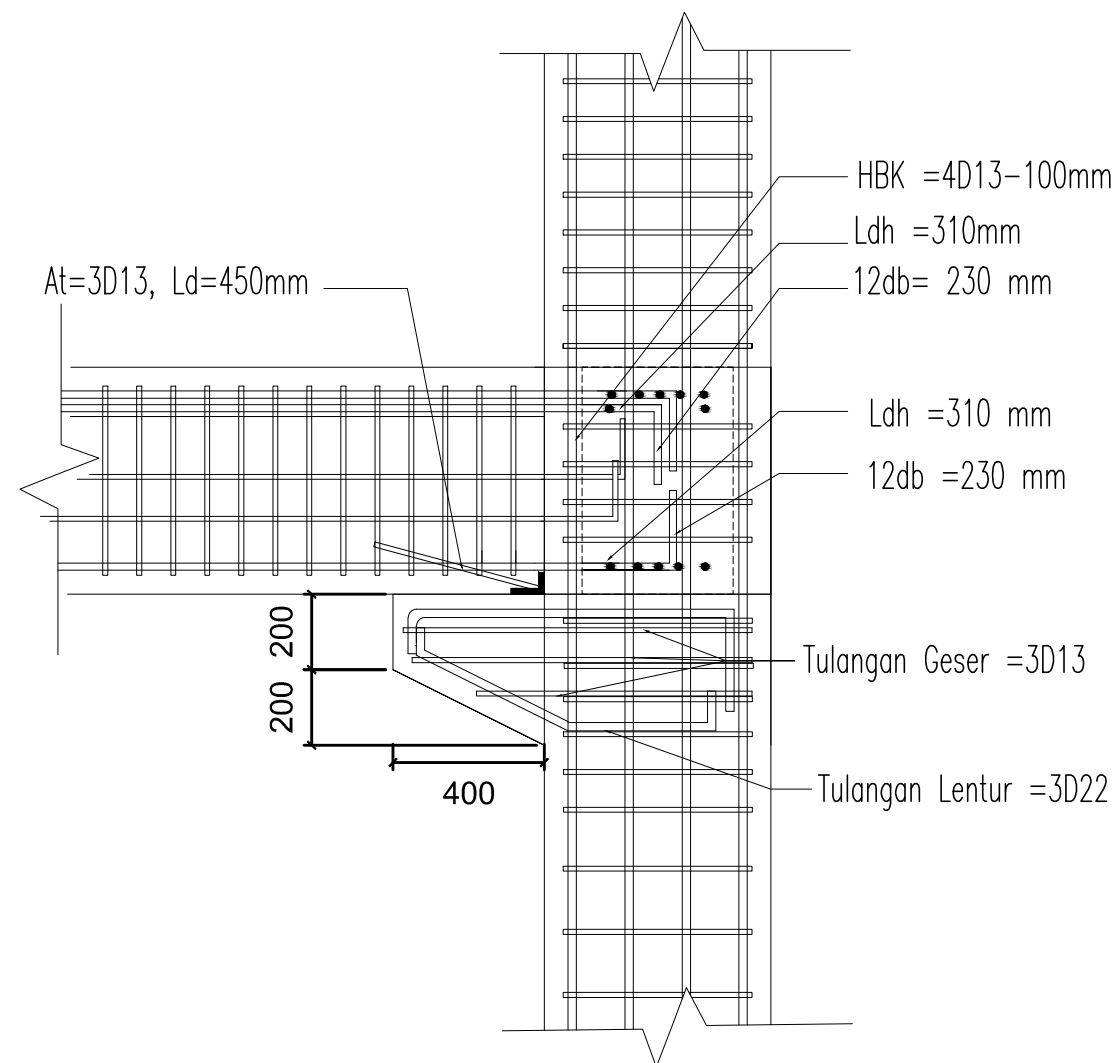
**LAYOUT DENAH PEMBALOKAN**

Scale 1:300



**SAMBUNGAN BALOK KOLOM EKSTERIOR**

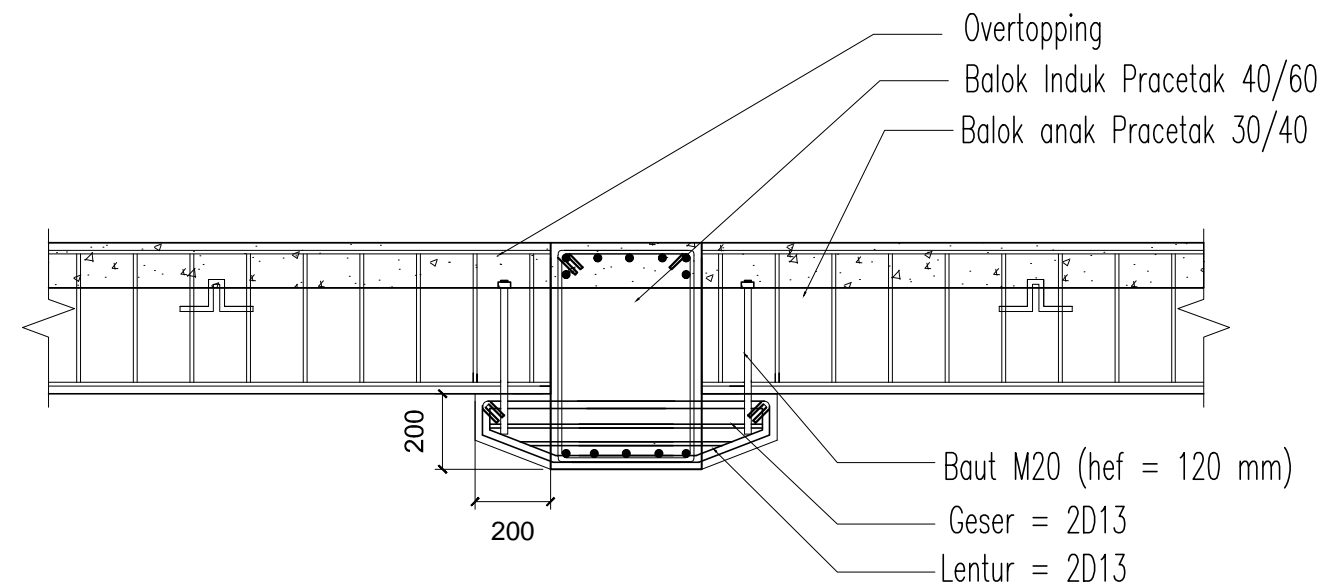
Scale 1:20



**POTONGAN A - A**

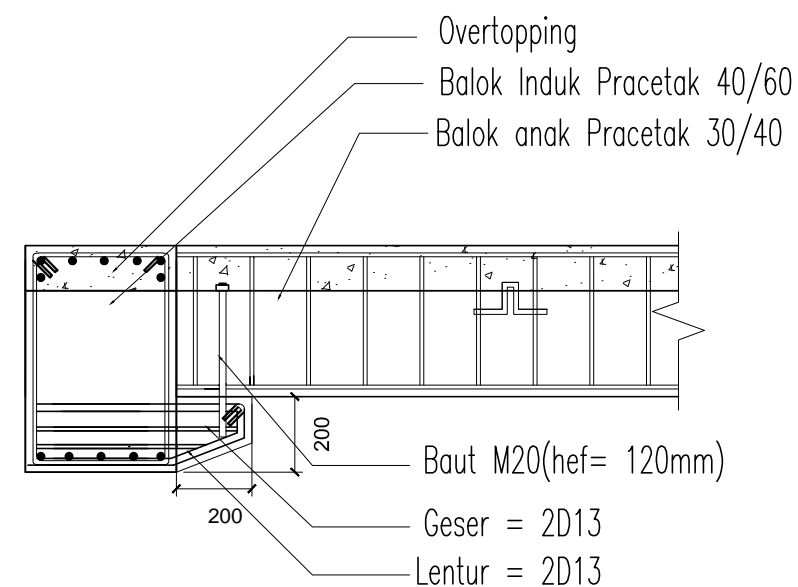
Scale 1:20

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



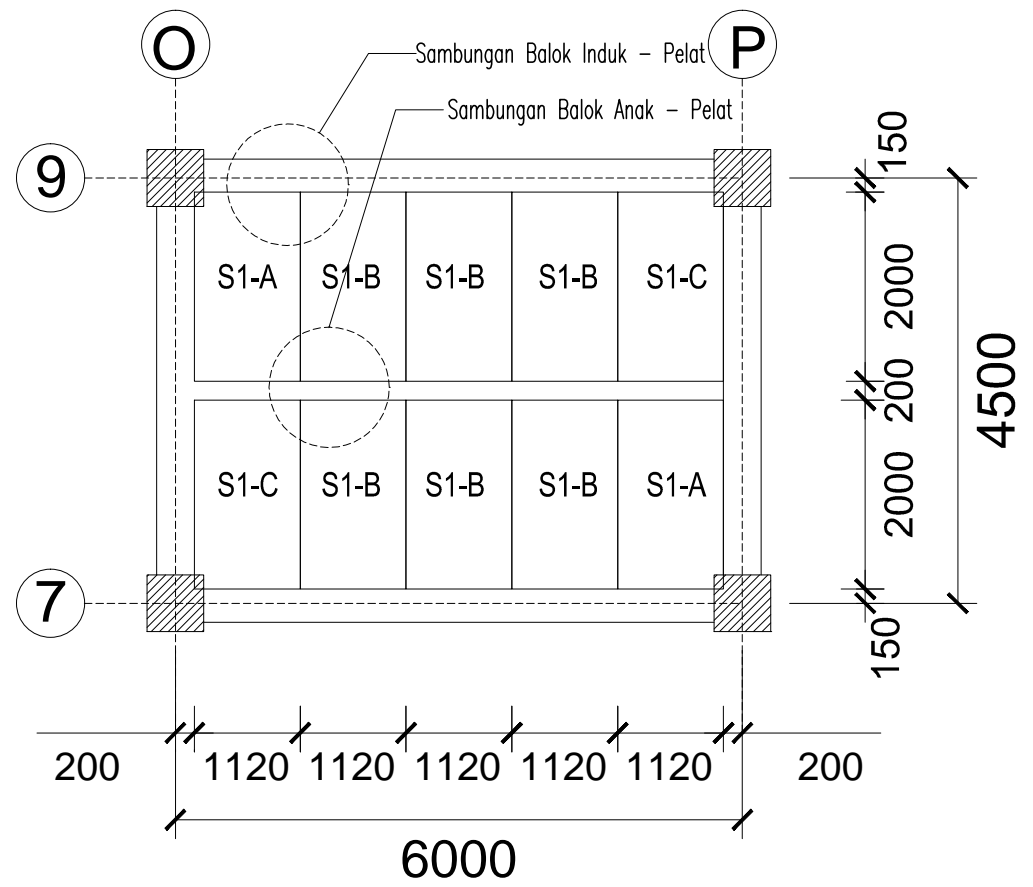
**SAMBUNGAN BALOK INDUK - BALOK ANAK INTERIOR**

Scale 1:20

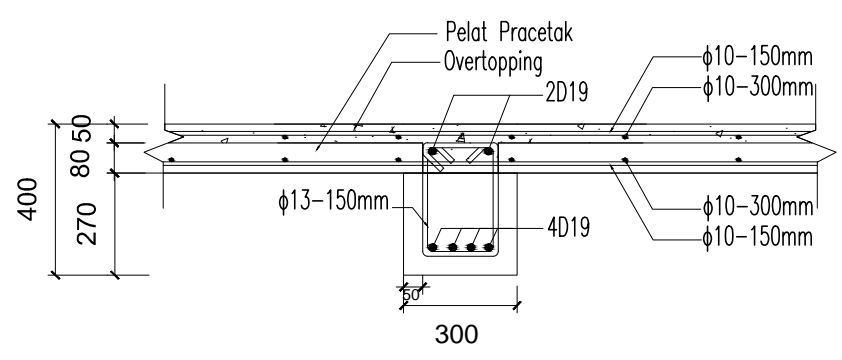


**SAMBUNGAN BALOK INDUK - BALOK ANAK EKSTERIOR**

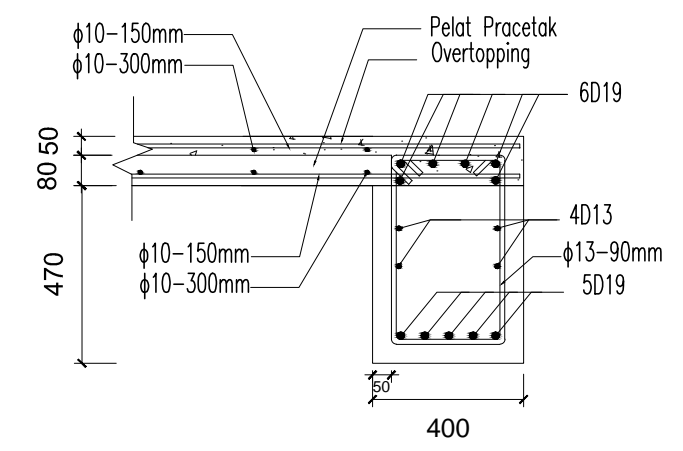
Scale 1:20



**LAYOUT PELAT S1**  
Scale 1:80

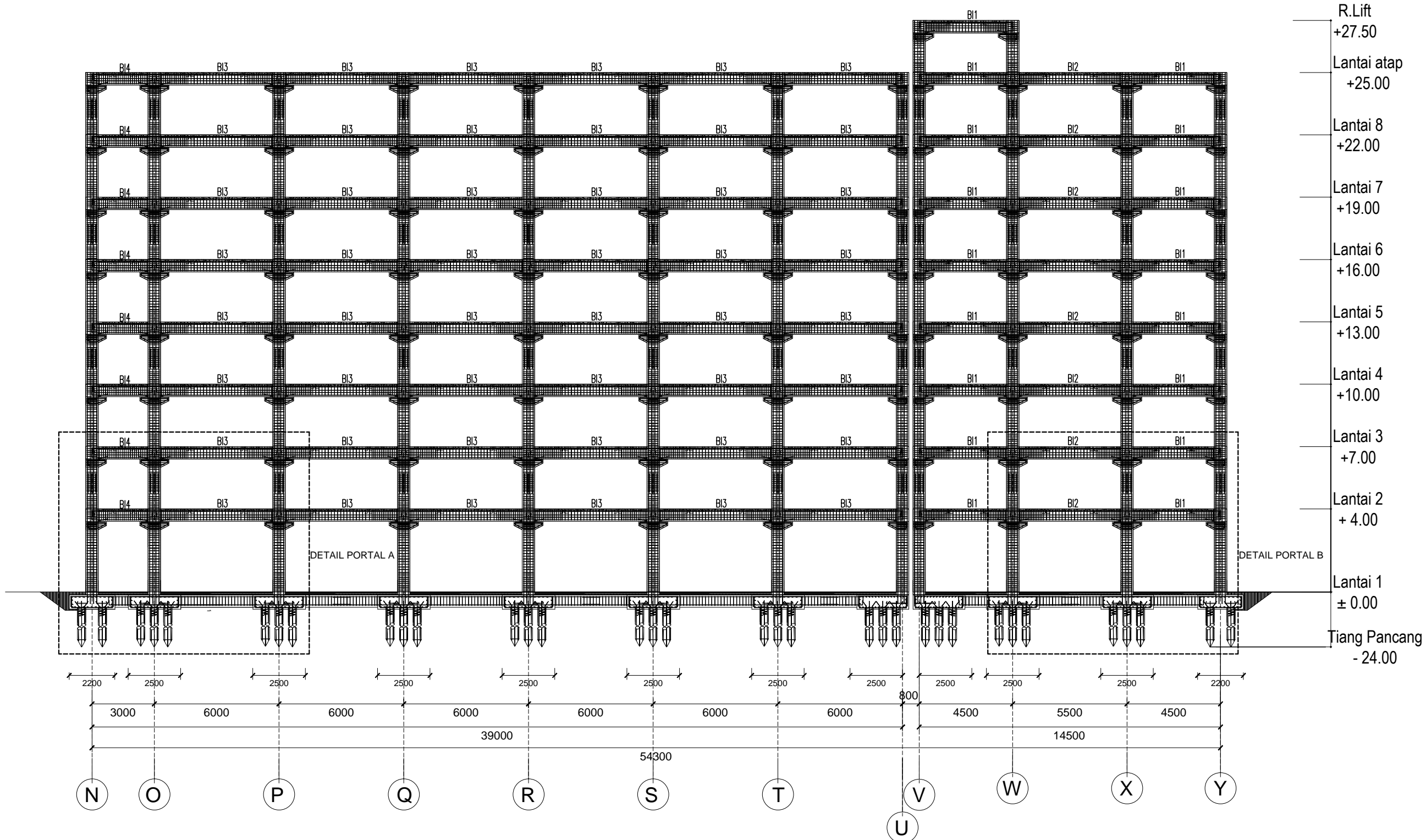


**SAMBUNGAN BALOK ANAK - PELAT**  
Scale 1:20



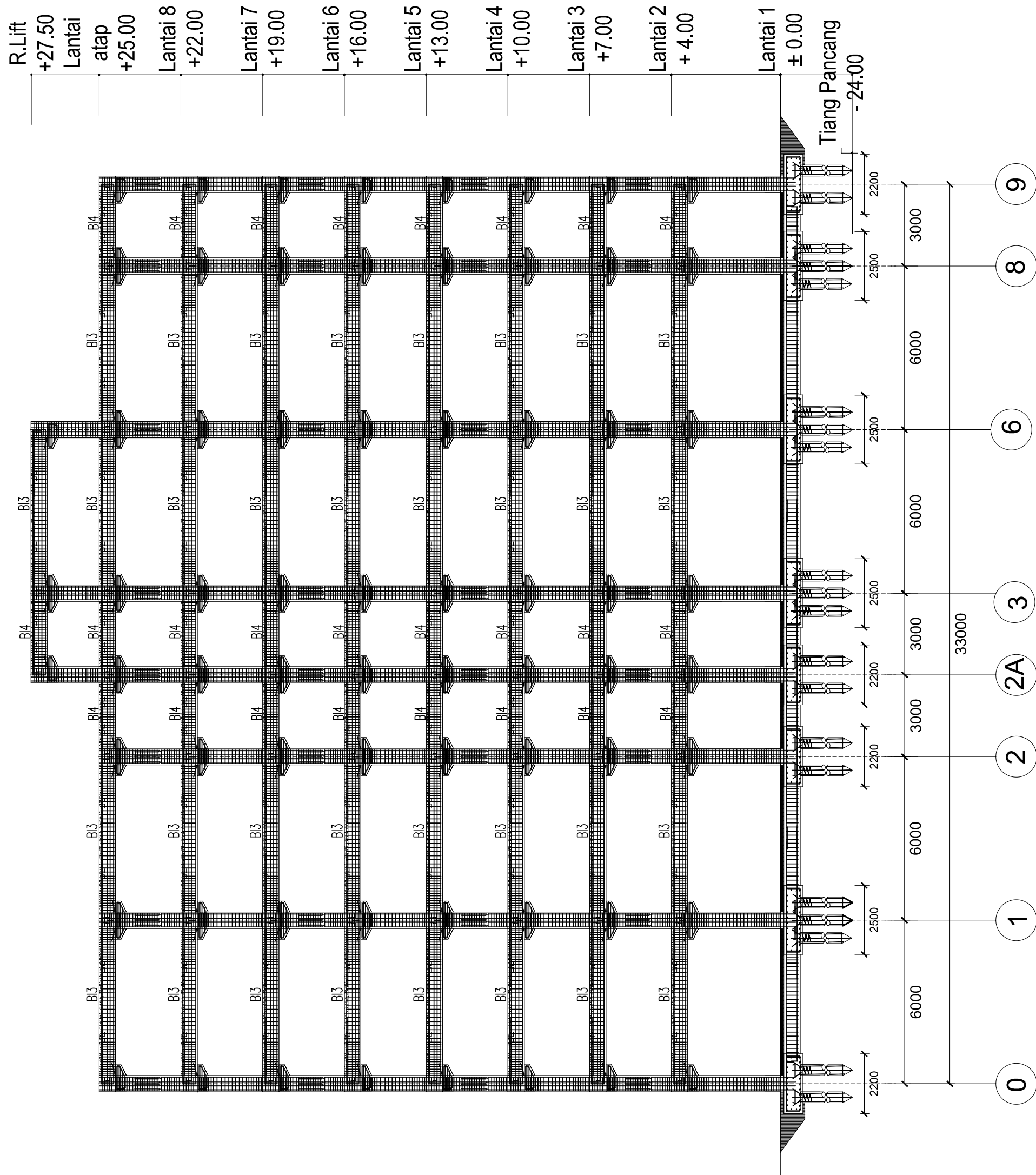
**SAMBUNGAN BALOK INDUK - PELAT**  
Scale 1:20

f'c = 35 MPa  
f<sub>yl</sub> = 390 MPa  
f<sub>yv</sub> = 240 MPa



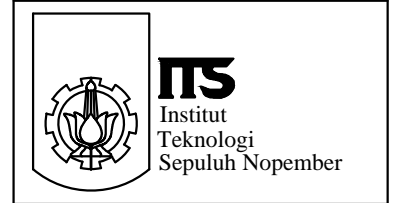
**PORTAL MEMANJANG**

SKALA 1 : 200



**POTONGAN MELINTANG**

SKALA 1 : 150



FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**  
JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**  
**10111410000068**

KETERANGAN

f'c = 35 MPa  
f<sub>yl</sub> = 390 MPa  
f<sub>yv</sub> = 240 MPa

JUDUL GAMBAR

SKALA

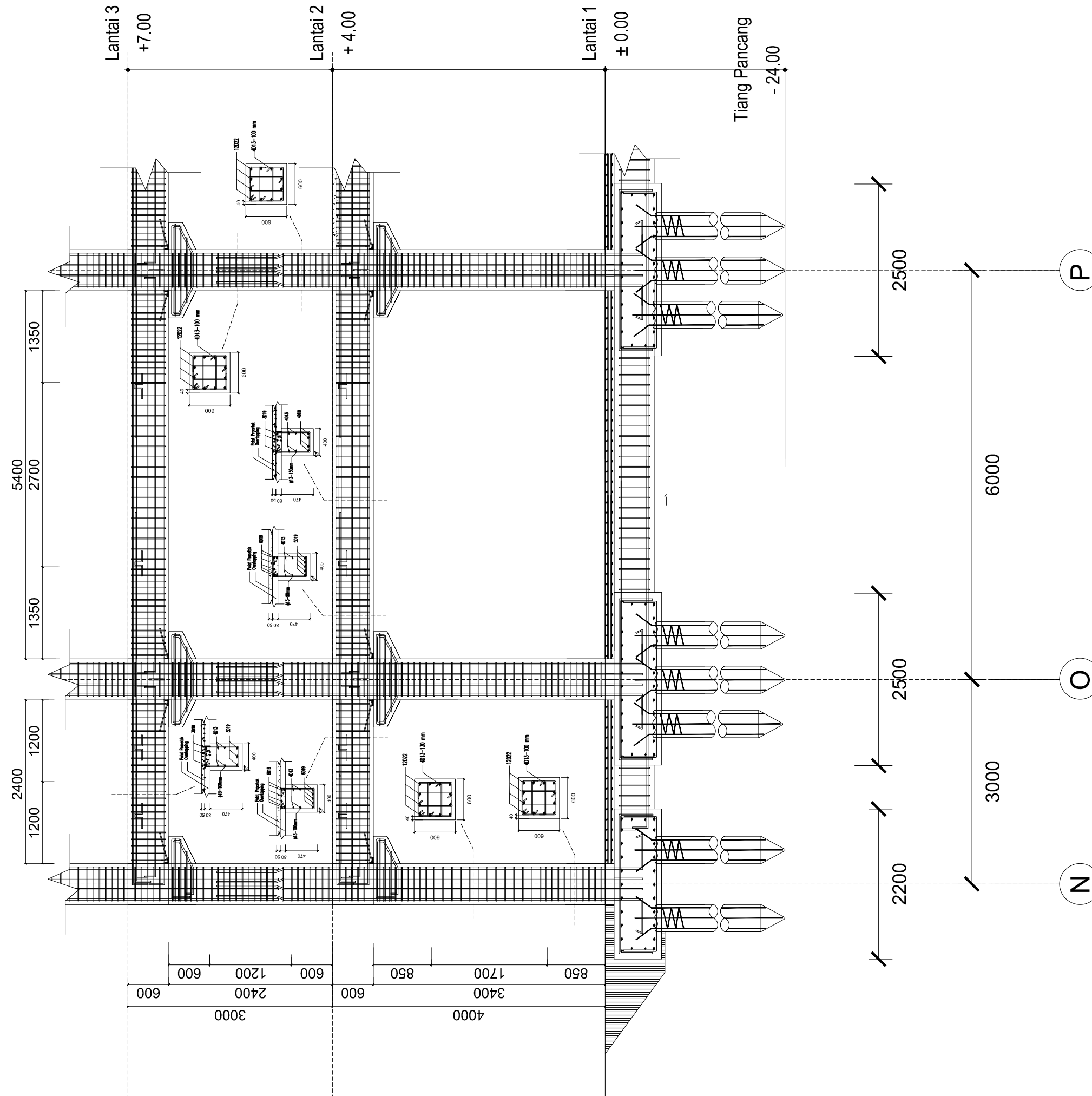
PORTAL MELINTANG

1:150

KODE GBR NO GBR JML GBR

**STR 46 66**

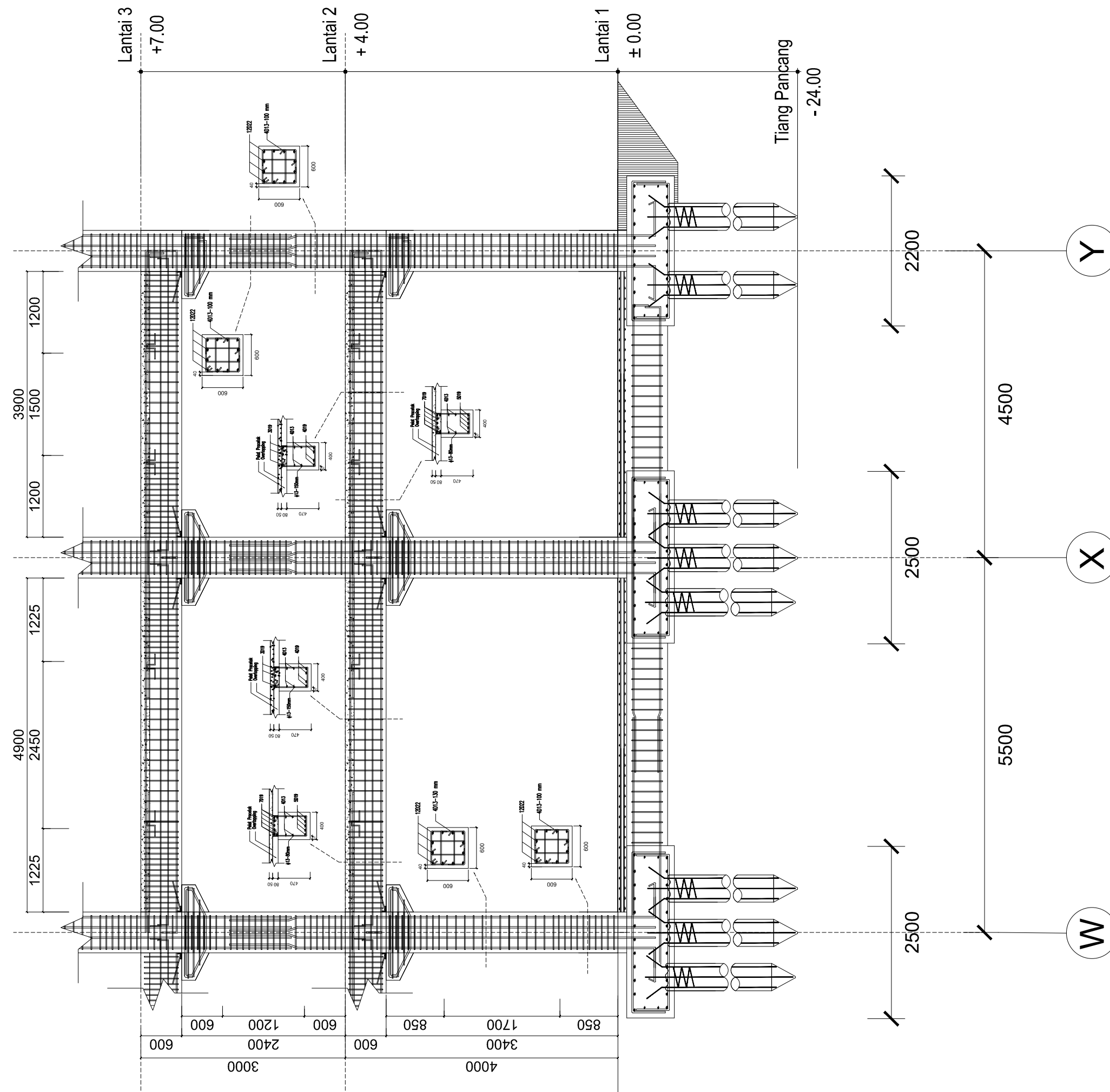
f'c = 35 MPa  
f<sub>yl</sub> = 390 MPa  
f<sub>yv</sub> = 240 MPa



**DETAIL PORTAL A**

SKALA 1 : 60

$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa

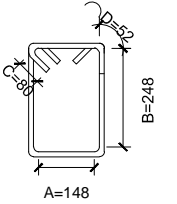




## BESTAT TULANGAN SENGGANG BALOK INDUK

	DETAIL SENGGANG	DIAMETER TULANGAN	DIMENSI					JARAK SENGGANG		JUMLAH SENGGANG			TOTAL	PANJANG TOTAL	TOTAL BERAT
			A	B	C	D	TOTAL	TUMPUAN KANAN	LAPANGAN	TUMPUAN KIRI	TOTAL				
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	buah	buah	buah			
BI1		φ13	248	448	80	52	2040	80	150	15	10	15	40	80960	84,198
BI2		φ13	248	448	80	52	2040	80	150	16	17	16	49	99176	103,143
BI3		φ13	248	448	80	52	2040	90	150	15	18	15	48	97152	101,038
BI4		φ13	248	448	80	52	2040	100	150	12	0	12	24	48576	50,519

## BESTAT TULANGAN SENGGANG BALOK ANAK

	DETAIL SENGGANG	DIAMETER TULANGAN	DIMENSI					JARAK SENGGANG	JUMLAH SENGGANG	PANJANG TOTAL	TOTAL BERAT
			A	B	C	D	TOTAL				
			mm	mm	mm	mm	mm				
BA1		φ13	148	248	80	52	1952	150	40	56960	59,238
BA2		φ13	148	248	80	52	1952	150	36	51264	53,315
BA3		φ13	148	248	80	52	1952	150	28	39872	41,467

Keterangan :

- A = Lebar
- B = Tinggi
- C = 4db (bengkokan tulangan)
- D = 6db (panjang bengkokan)



FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

f'c = 35 MPa  
f<sub>yl</sub> = 390 MPa  
f<sub>yv</sub> = 240 MPa

JUDUL GAMBAR

SKALA

**BESTAT TULANGAN  
SENGKANG BALOK**

1:20

KODE GBR

NO GBR

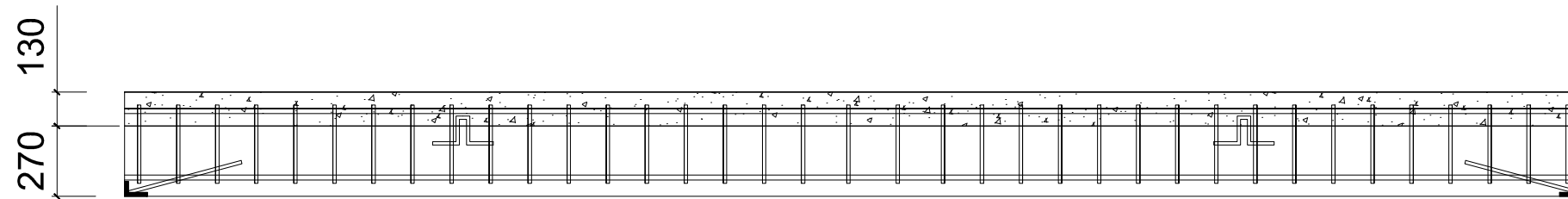
JML GBR

**STR**

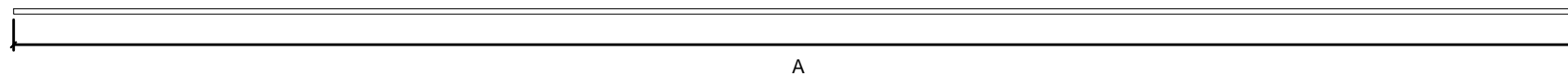
**49**

**66**

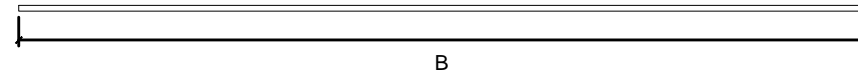
# DETAIL TULANGAN BALOK ANAK



TULANGAN LENTUR A



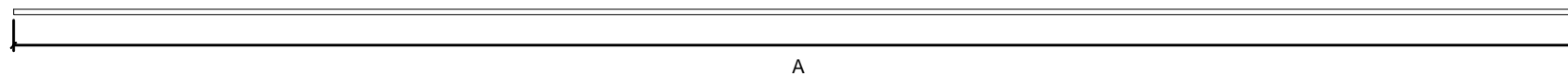
TULANGAN LENTUR B



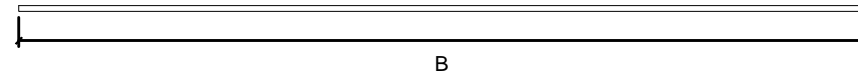
PANJANG TULANGAN OVERTOPPING

Scale 1:25

TULANGAN LENTUR A



TULANGAN LENTUR B



PANJANG TULANGAN PRACETAK

Scale 1:25

Keterangan :

- A = Tulangan Lentur Menerus
- B = Tulangan Lentur Pemutusan (Lapangan)



FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**

**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN  
BALOK ANAK

1:25

KODE GBR

NO GBR

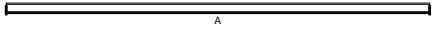
JML GBR

**STR**

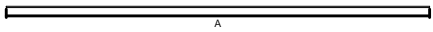
**50**

**66**

## BESTAT TULANGAN OVERTOPPING BALOK ANAK

	DETAIL TULANGAN	DIAMETER TULANGAN		DIMENSI		JUMLAH TULANGAN		PANJANG TOTAL	TOTAL BERAT
		TUMP	LAP	A	B	A	B		
		mm	mm	mm	mm	buah	buah		
BA1		2D19	2D19	5600	2800	2	0	11200	24,898
BA2		2D19	2D19	5100	2550	2	0	10200	22,675
BA3		2D10	2D19	4100	2050	2	0	8200	18,229

## BESTAT TULANGAN PRACETAK BALOK ANAK

	DETAIL TULANGAN	DIAMETER TULANGAN		DIMENSI		JUMLAH TULANGAN		PANJANG TOTAL	TOTAL BERAT
		TUMP	LAP	A	B	A	B		
		mm	mm	mm	mm	buah	buah		
BA1		3D19	4D19	5600	2800	4	1	25200	56,02
BA2		3D19	3D19	5100	2550	3	0	15300	34,012
BA3		3D10	3D19	4100	2050	3	0	12300	27,343

Keterangan :

- A = Tulangan Lentur Menerus
- B = Tulangan Lentur Pemutusan (Lapangan)

Contoh Perhitungan :

Panjang Total = Dimensi x Jumlah tulangan  
 Total Berat = Panjang Total x Berat Tulangan (D19 = 2,223 kg/m)



FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
 Tower B**  
**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
 SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

f'c = 35 MPa  
 fyl = 390 MPa  
 fyv = 240 MPa

JUDUL GAMBAR

SKALA

**BESTAT TULANGAN  
 BALOK ANAK**

**1:100**

KODE GBR

NO GBR

JML GBR

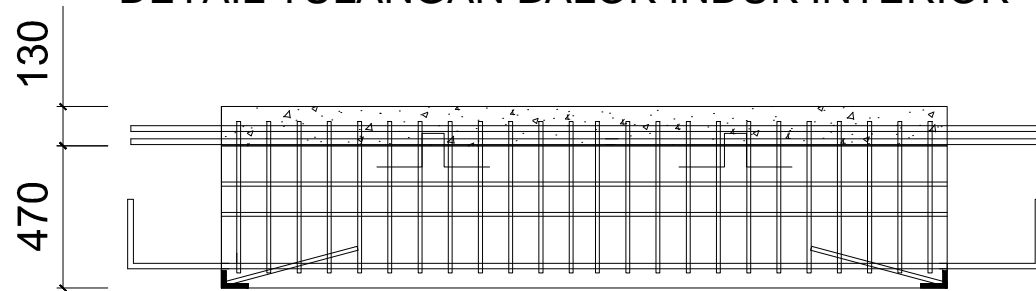
**STR**

**51**

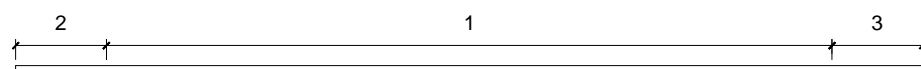
**66**

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

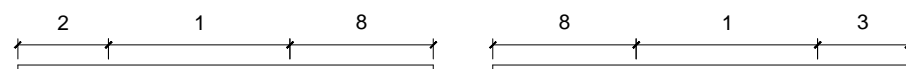
**DETAIL TULANGAN BALOK INDUK INTERIOR**



**TULANGAN LENTUR (A)**



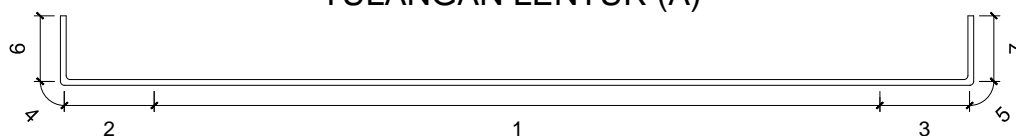
**TULANGAN LENTUR (B)**



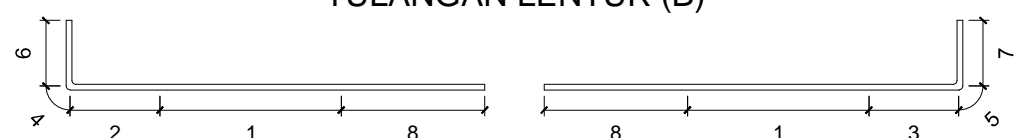
**PANJANG TULANGAN OVERTOPPING**

Scale 1:25

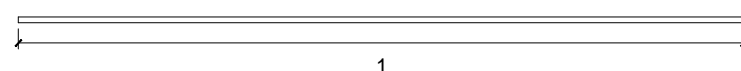
**TULANGAN LENTUR (A)**



**TULANGAN LENTUR (B)**



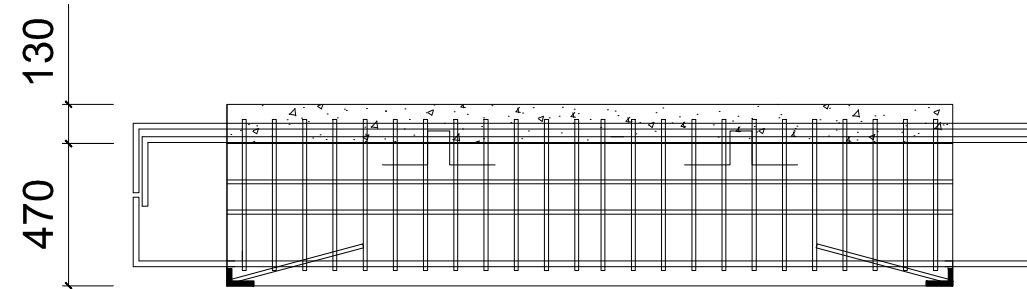
**TULANGAN TORSI (C)**



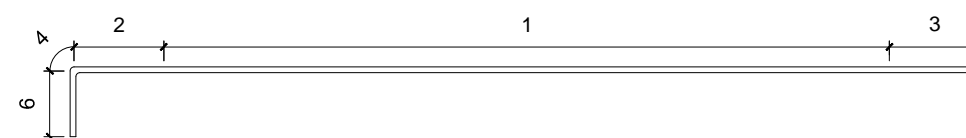
**PANJANG TULANGAN PRACETAK**

Scale 1:25

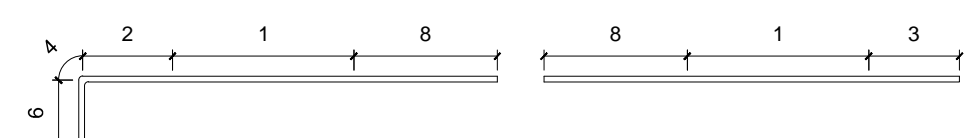
**DETAIL TULANGAN BALOK INDUK EKSTERIOR**



**TULANGAN LENTUR (A)**



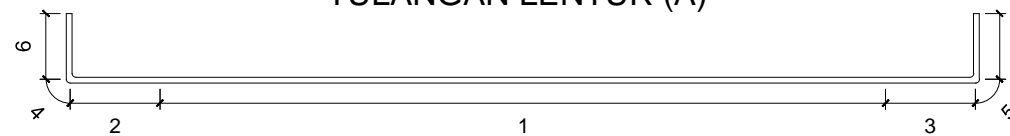
**TULANGAN LENTUR (B)**



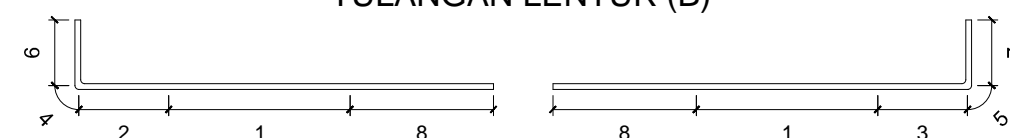
**PANJANG TULANGAN OVERTOPPING**

Scale 1:25

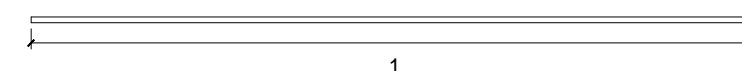
**TULANGAN LENTUR (A)**



**TULANGAN LENTUR (B)**



**TULANGAN TORSI (C)**



**PANJANG TULANGAN PRACETAK**

Scale 1:25

Keterangan :

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| A = Tulangan Lentur Menerus              | 3 = Ldh Kanan                      |
| B = Tulangan Lentur Pemutusan (Lapangan) | 4 = 4db (Bengkokan Tulangan) Kiri  |
| C = Tulangan Torsi                       | 5 = 4db (Bengkokan Tulangan) Kanan |
| 1 = Tulangan Lentur                      | 6 = 12db (Tulangan Kait) Kiri      |
| 2 = Ldh Kiri                             | 7 = 12db (Tulangan Kait) Kanan     |
|  | 8 = d (Pemutusan)                  |

# BESTAT TULANGAN PRACETAK BALOK INDUK



FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**  
**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

$f'c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa

JUDUL GAMBAR

SKALA

**BESTAT TULANGAN  
BALOK INDUK  
PRACETAK**

1:50

KODE GBR

NO GBR

JML GBR

**STR**

**53**

**66**

	DETAIL TULANGAN		DIAMETER TULANGAN		DIMENSI								JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	TOTAL BERAT	
			TUMP	LAP	1	2	3	4	5	6	7	8					Total
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm					mm
BI1		A	5D19	4D19	3900	310	310	76	76	230	228	0	5128	4	20528	24320	54,063
		B			1500	310	310	76	76	230	228	530	3728	1	3792		
		C	4D13		3900	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15600	15600	16,224
BI2		A	5D19	4D19	4900	310	310	76	76	230	228	0	6128	4	24528	29270	65,067
		B			2450	310	310	76	76	230	228	530	4738	1	4742		
		C	4D13		3900	0	0	0	0	0	0	0	0	4	19600	19600	20,384
BI3		A	5D19	4D19	5400	310	310	76	76	230	228	0	6628	4	26528	31520	70,069
		B			2700	310	310	76	76	230	228	530	4928	1	4992		
		C	4D13		3900	0	0	0	0	0	0	0	0	4	21600	21600	22,464
BI4		A	5D19	3D19	3900	310	310	76	76	230	228	0	3628	5	18160	18160	40,370
		B			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		C	4D13		3900	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9600	9600	9,984

Keterangan :

- A = Tulangan Lentur Menerus
- B = Tulangan Lentur Pemutusan (Lapangan)
- C = Tulangan Torsi
- 1 = Tulangan Lentur
- 2 = Ldh Kiri
- 3 = Ldh Kanan
- 4 = 4db (Bengkakan Tulangan) Kiri
- 5 = 4db (Bengkakan Tulangan) Kanan
- 6 = 12db (Tulangan Kait) Kiri
- 7 = 12db (Tulangan Kait) Kanan
- 8 = d (Pemutusan)

Contoh Perhitungan :

- Panjang = Dimensi Total x Jumlah Tulangan
- Panjang Total = Panjang Tulangan A + B
- Total Berat = Panjang Total x Berat Tulangan (D19 = 2,223 kg/m; D13=1,040kg/m)

# BESTAT TULANGAN OVERTOPPING BALOK INDUK (AS 5, LANTAI 2-ATAP)



FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**  
**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

f'c = 35 MPa  
f<sub>yl</sub> = 390 MPa  
f<sub>yv</sub> = 240 MPa

JUDUL GAMBAR

SKALA

**BESTAT TULANGAN  
OVERTOPPING BALOK  
INDUK (AS 5)**

1:50

KODE GBR

NO GBR

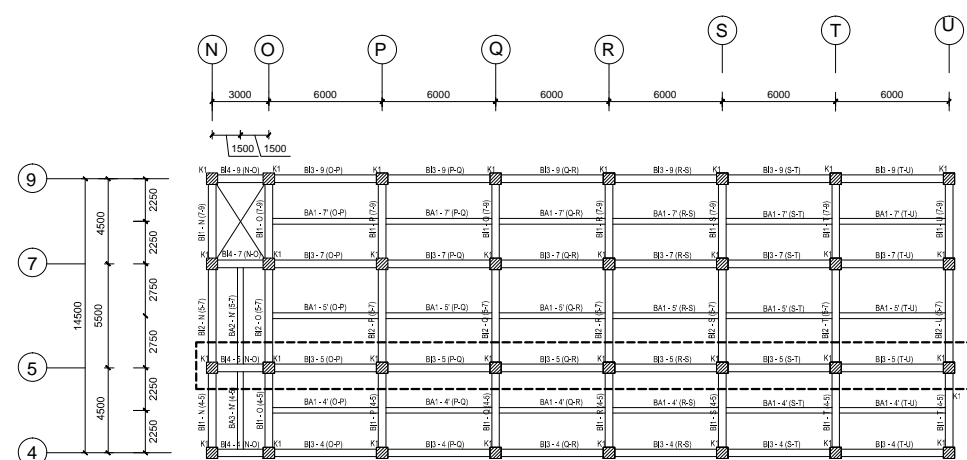
JML GBR

**STR**

**54**

**66**

	DETAIL TULANGAN		DIAMETER TULANGAN		DIMENSI									JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	TOTAL BERAT	
			TUMP	LAP	1	2	3	4	5	6	7	8	Sambungan /12m					Total
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm					mm
BI4 AS N-O		A	6D19	3D19	2400	310	310	76	76	230	230	0	0	3632	3	10896	10896	24,222
		B			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BI3 AS O-P		A	6D19	3D19	5400	300	300	0	0	0	0	0	0	6000	3	18000	31080	69,091
		B			2700	300	300	0	0	0	0	530	0	4360	3	13080		
BI3 AS P-Q		A	6D19	3D19	5400	300	300	0	0	0	0	0	800	6800	3	20400	33480	74,426
		B			2700	300	300	0	0	0	0	530	0	4360	3	13080		
BI3 AS O-P		A	6D19	3D19	5400	300	300	0	0	0	0	0	0	6000	3	18000	31080	69,091
		B			2700	300	300	0	0	0	0	530	0	4360	3	13080		
BI3 AS O-P		A	6D19	3D19	5400	300	300	0	0	0	0	0	800	6000	3	18000	33480	74,426
		B			2700	300	300	0	0	0	0	530	0	4360	3	13080		
BI3 AS O-P		A	6D19	3D19	5400	300	300	0	0	0	0	0	0	6000	3	18000	31080	69,091
		B			2700	300	300	0	0	0	0	530	0	4360	3	13080		
BI3 AS O-P		A	6D19	3D19	5400	300	300	76	76	230	230	0	800	7432	3	22296	31080	82,856
		B			2700	300	300	76	76	230	230	530	0	4992	3	14976		



**LAY OUT DENAH RENCANA BALOK INDUK**

Scale 1 : 400

Keterangan :

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| A = Tulangan Lentur Menerus              | 3 = Ldh Kanan                      |
| B = Tulangan Lentur Pemutusan (Lapangan) | 4 = 4db (Bengkokan Tulangan) Kiri  |
| C = Tulangan Torsi                       | 5 = 4db (Bengkokan Tulangan) Kanan |
| 1 = Tulangan Lentur                      | 6 = 12db (Tulangan Kait) Kiri      |
| 2 = Ldh Kiri                             | 7 = 12db (Tulangan Kait) Kanan     |
|  | 8 = d (Pemutusan)                  |

Contoh Perhitungan :

- |               |   |
|---------------|---|
| Panjang       | = Dimensi Total x Jumlah Tulangan                   |
| Panjang Total | = Panjang Tulangan A + B                            |
| Total Berat   | = Panjang Total x Berat Tulangan (D19 = 2,223 kg/m) |

# BESTAT TULANGAN OVERTOPPING BALOK INDUK (AS V, LANTAI 2-ATAP)



FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK GEDUNG

**Apartemen Menara Rungkut  
Tower B**  
**JL. K. ABDUL KARIM 37-39  
SURABAYA**

DOSEN PEMBIMBING

**RIDHO BAYU AJI, ST., MT.,PH.D**

NAMA & NRP MAHASISWA

**NOVIN AGUSTINA NUR PUTRI**

**10111410000068**

KETERANGAN

f'c = 35 MPa  
f<sub>yl</sub> = 390 MPa  
f<sub>yv</sub> = 240 MPa

JUDUL GAMBAR

SKALA

**BESTAT TULANGAN  
OVERTOPPING BALOK  
INDUK (AS V)**

1:50

KODE GBR

NO GBR

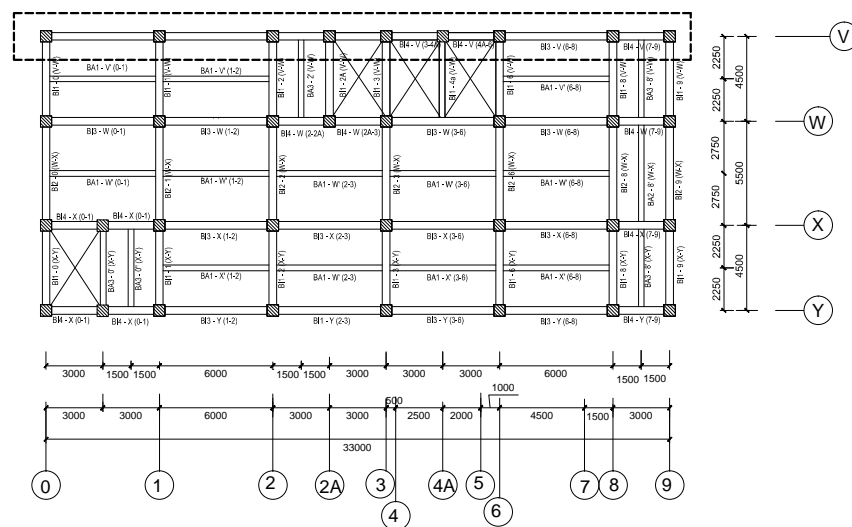
JML GBR

**STR**

**55**

**66**

	DETAIL TULANGAN		DIAMETER TULANGAN		DIMENSI									JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	TOTAL BERAT	
			TUMP	LAP	1	2	3	4	5	6	7	8	Sambungan /12m					Total
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm					mm
BI4 AS 9-7		A	6D19	3D19	2400	310	310	76	76	230	230	0	0	3632	3	10896	10896	24,222
		B			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BI3 AS 8-6		A	6D19	3D19	5400	300	300	0	0	0	0	0	0	6000	3	18000	31080	69,091
		B			2700	300	300	0	0	0	0	530	0	4360	3	13080		
BI4 AS 6-4A		A	6D19	3D19	2400	300	300	0	0	0	0	0	0	3000	3	9000	9000	20,007
		B			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BI4 AS 4A-3		A	6D19	3D19	2400	300	300	0	0	0	0	0	800	3000	3	11400	11400	25,342
		B			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BI4 AS 3-2A		A	6D19	3D19	2400	300	300	0	0	0	0	0	0	3000	3	9000	9000	20,007
		B			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BI4 AS 2A-2		A	6D19	3D19	2400	300	300	0	0	0	0	0	0	3000	3	9000	9000	20,007
		B			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BI3 AS 2-1		A	6D19	3D19	5400	300	300	0	0	0	0	0	800	6800	3	20400	33480	74,426
		B			2700	300	300	0	0	0	0	530	0	4360	3	13080		
BI3 AS 1-0		A	6D19	3D19	5400	300	300	76	76	230	230	0	0	6632	3	19896	34872	77,520
		B			2700	300	300	76	76	230	230	530	0	4992	3	14976		



**LAY OUT DENAH RENCANA BALOK INDUK**

Scale 1:400

Keterangan :

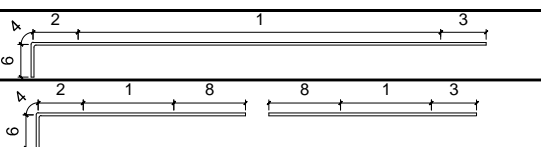
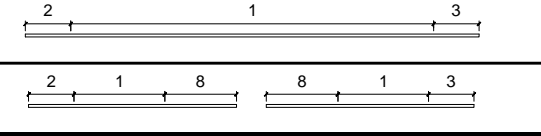
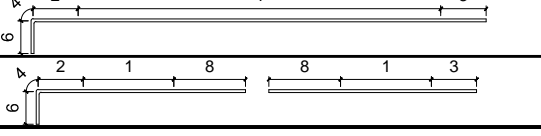
- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| A = Tulangan Lentur Menerus              | 3 = Ldh Kanan                      |
| B = Tulangan Lentur Pemutusan (Lapangan) | 4 = 4db (Bengkokan Tulangan) Kiri  |
| C = Tulangan Torsi                       | 5 = 4db (Bengkokan Tulangan) Kanan |
| 1 = Tulangan Lentur                      | 6 = 12db (Tulangan Kait) Kiri      |
| 2 = Ldh Kiri                             | 7 = 12db (Tulangan Kait) Kanan     |
|  | 8 = d (Pemutusan)                  |

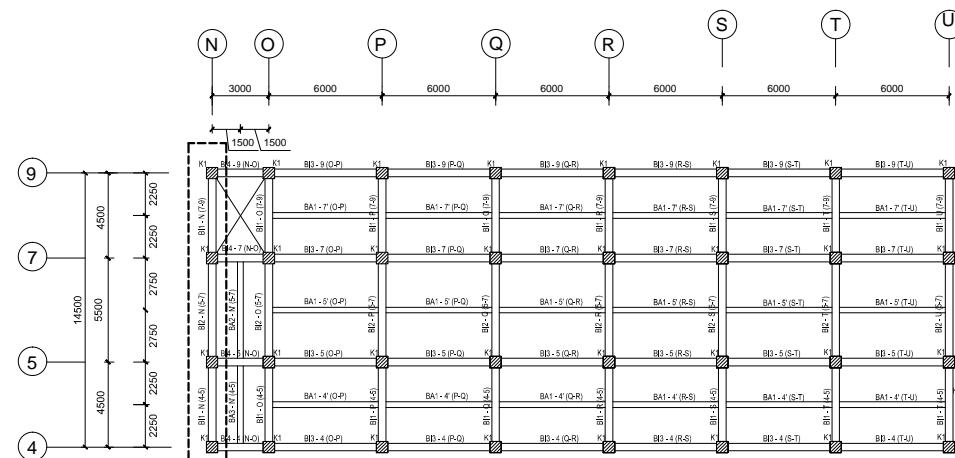
Contoh Perhitungan :

- |               |   |
|---------------|---|
| Panjang       | = Dimensi Total x Jumlah Tulangan                   |
| Panjang Total | = Panjang Tulangan A + B                            |
| Total Berat   | = Panjang Total x Berat Tulangan (D19 = 2,223 kg/m) |

$f'_c$  = 35 MPa  
 $f_{yl}$  = 390 MPa  
 $f_{yv}$  = 240 MPa

## BESTAT TULANGAN OVERTOPPING BALOK INDUK (AS N, LANTAI 2-ATAP)

DETAIL TULANGAN	DIAMETER TULANGAN	DIMENSI	JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	TOTAL BERAT												
							TUMP	LAP	1	2	3	4	5	6	7	8	Sambungan /12m	Total
							mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
 <p>BI1 AS 9-7</p>	7D19	3D19	3	15396	30564	67,944												
							A	3900	310	310	76	76	230	230	0	0	5132	
 <p>BI3 AS O-P</p>	7D19	3D19	3	18900	35340	78,561												
							A	4900	300	300	0	0	0	0	0	0	6300	
 <p>BI1 AS 9-7</p>	7D19	3D19	4	15168	30564	67,944												
							B	1500	310	310	76	76	230	230	530	0	3792	



**LAY OUT DENAH RENCANA BALOK INDUK**

Scale 1 : 400

### Keterangan :

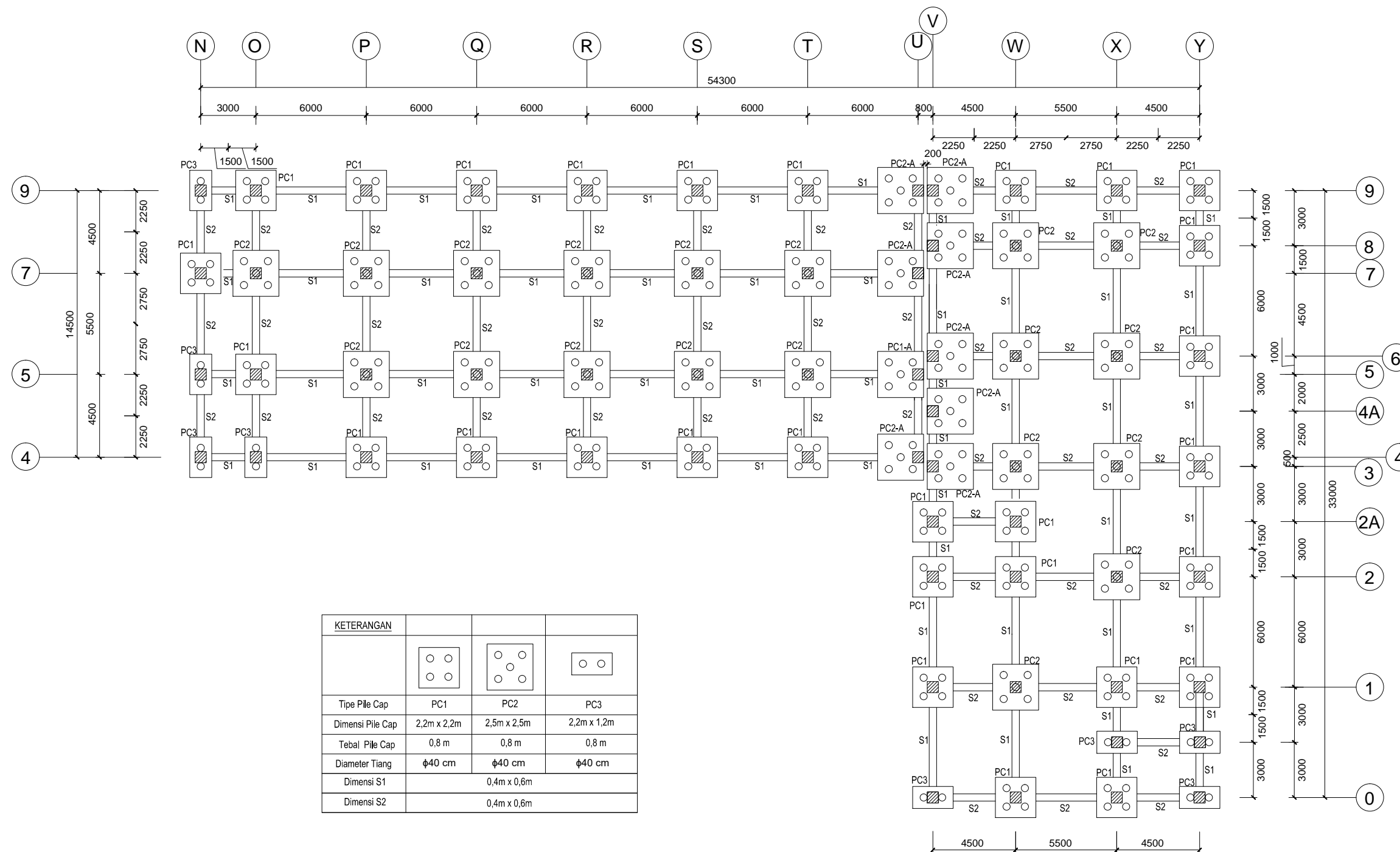
- |   |  |   |                                 |
|---|--|---|---------------------------------|
| A | = Tulangan Lentur Menerus              | 3 | = Ldh Kanan                     |
| B | = Tulangan Lentur Pemutusan (Lapangan) | 4 | =4db (Bengkokan Tulangan) Kiri  |
| C | = Tulangan Torsi                       | 5 | =4db (Bengkokan Tulangan) Kanan |
| 1 | = Tulangan Lentur                      | 6 | =12db (Tulangan Kait) Kiri      |
| 2 | = Ldh Kiri                             | 7 | =12db (Tulangan Kait) Kanan     |
|   |  | 8 | = d (Pemutusan)                 |

### Contoh Perhitungan :

- Panjang = Dimensi Total x Jumlah Tulangan  
 Panjang Total = Panjang Tulangan A + B  
 Total Berat = Panjang Total x Berat Tulangan (D19 = 2,223 kg/m)



$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

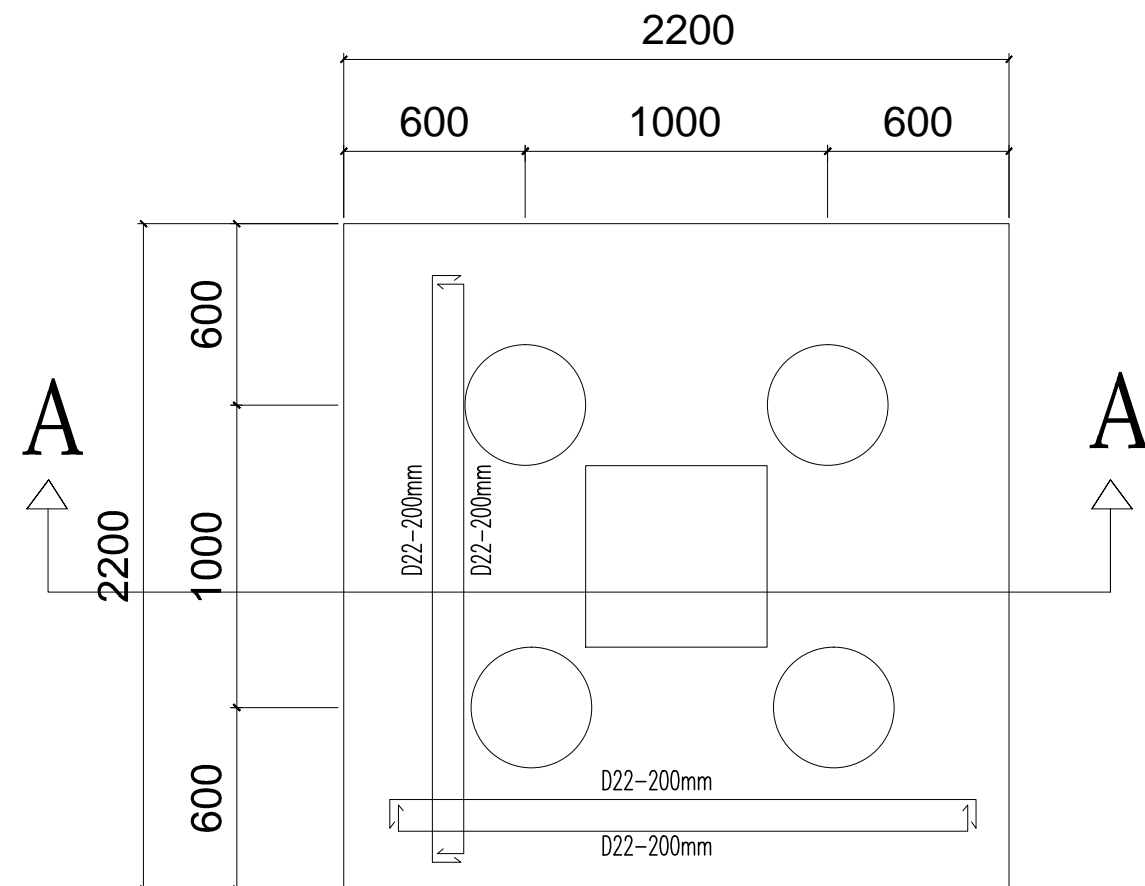


KETERANGAN			
Type Pile Cap	PC1	PC2	PC3
Dimensi Pile Cap	2,2m x 2,2m	2,5m x 2,5m	2,2m x 1,2m
Tebal Pile Cap	0,8 m	0,8 m	0,8 m
Diameter Tiang	φ40 cm	φ40 cm	φ40 cm
Dimensi S1	0,4m x 0,6m		
Dimensi S2	0,4m x 0,6m		

**DENAH RENCANA PONDASI DAN SLOOF**

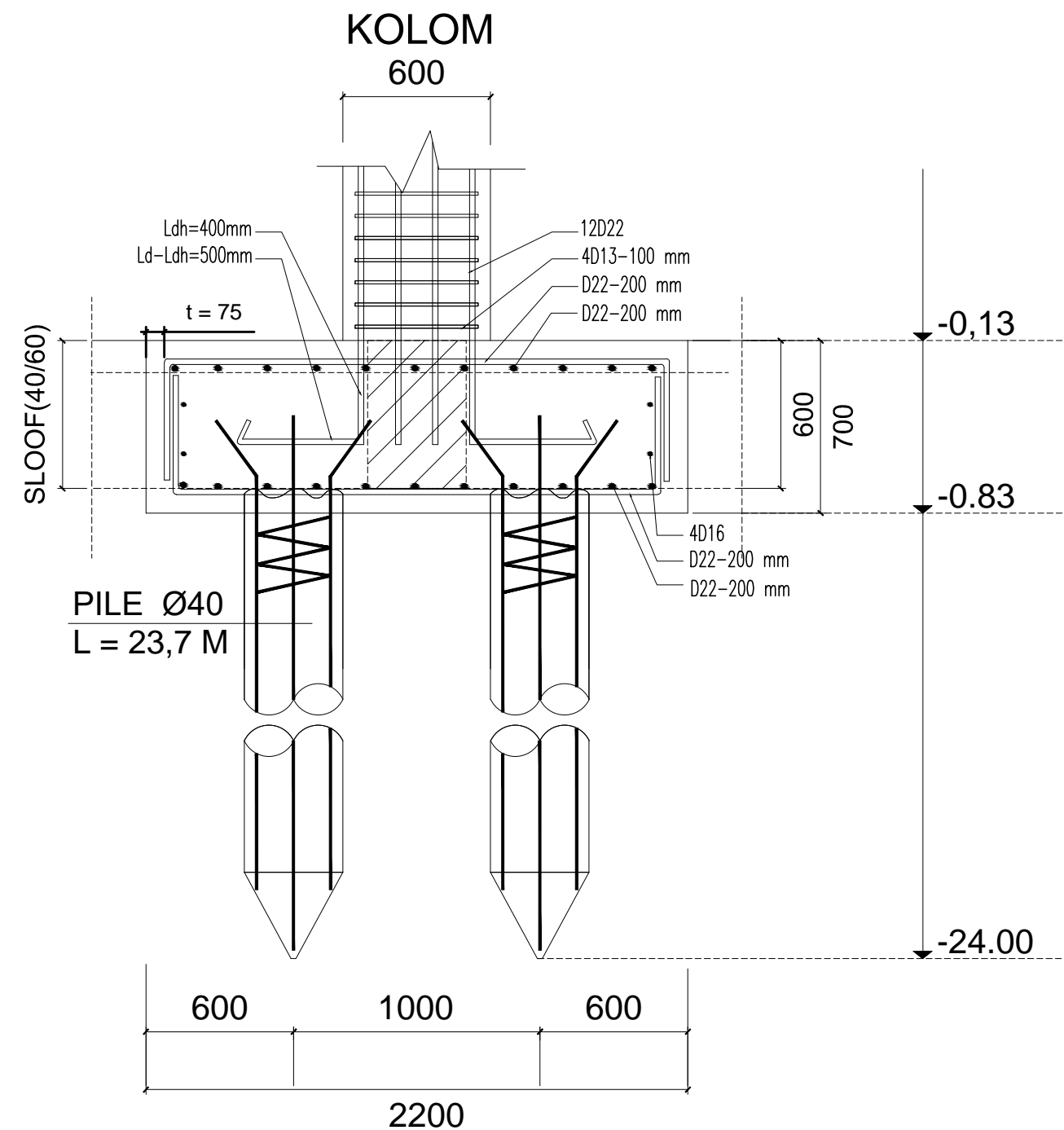
Scale 1:250

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



**PENULANGAN PC1**

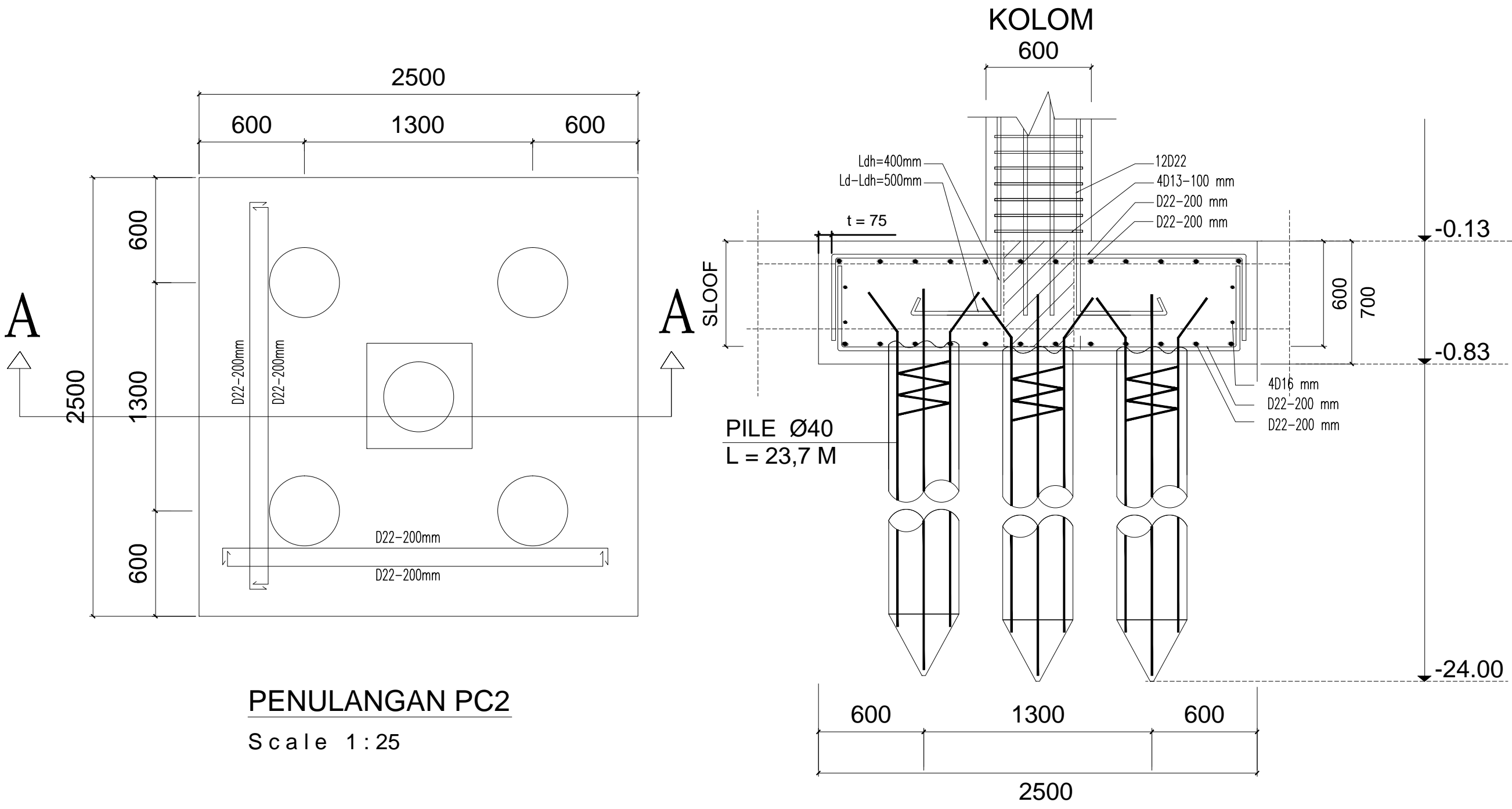
Scale 1:25



**POTONGAN A-A**

Scale 1:25

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



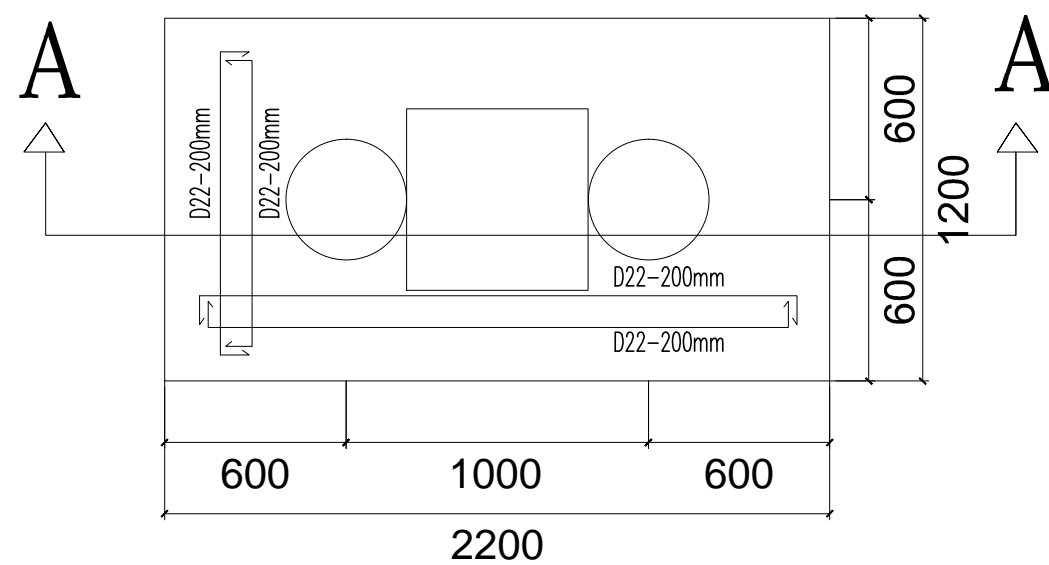
**PENULANGAN PC2**

Scale 1:25

**POTONGAN A-A**

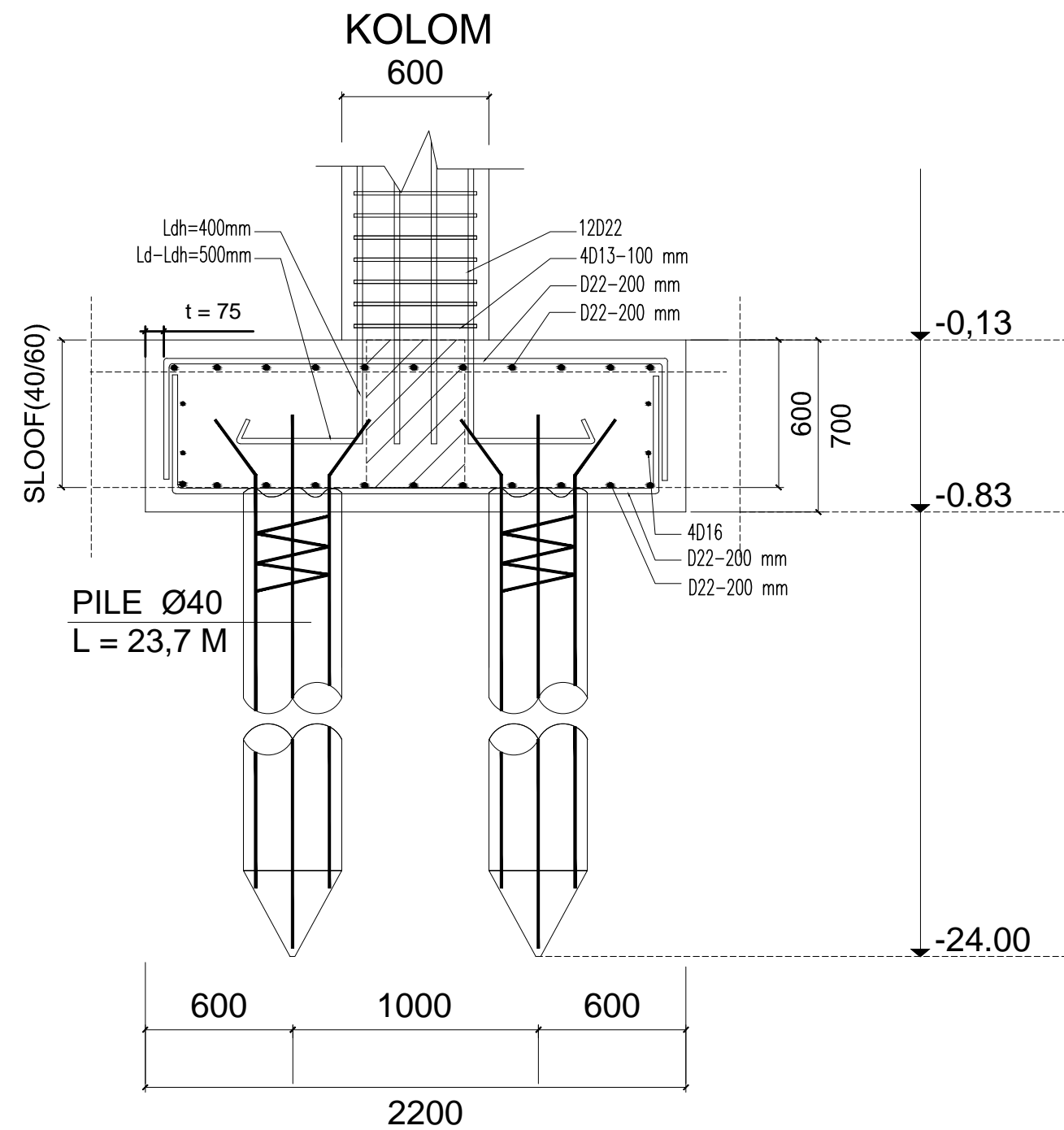
Scale 1:25

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



**PENULANGAN PC3**

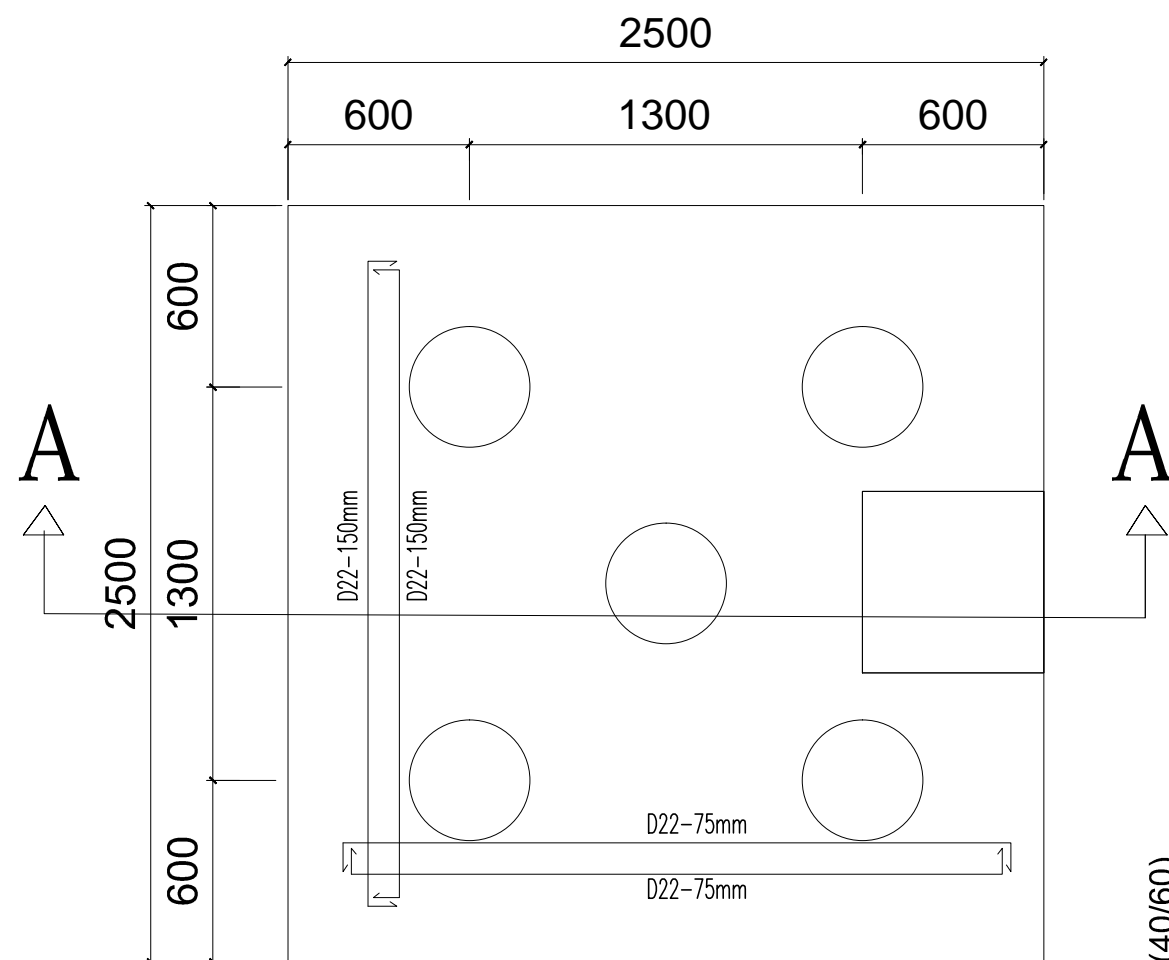
Scale 1:25



**POTONGAN A-A**

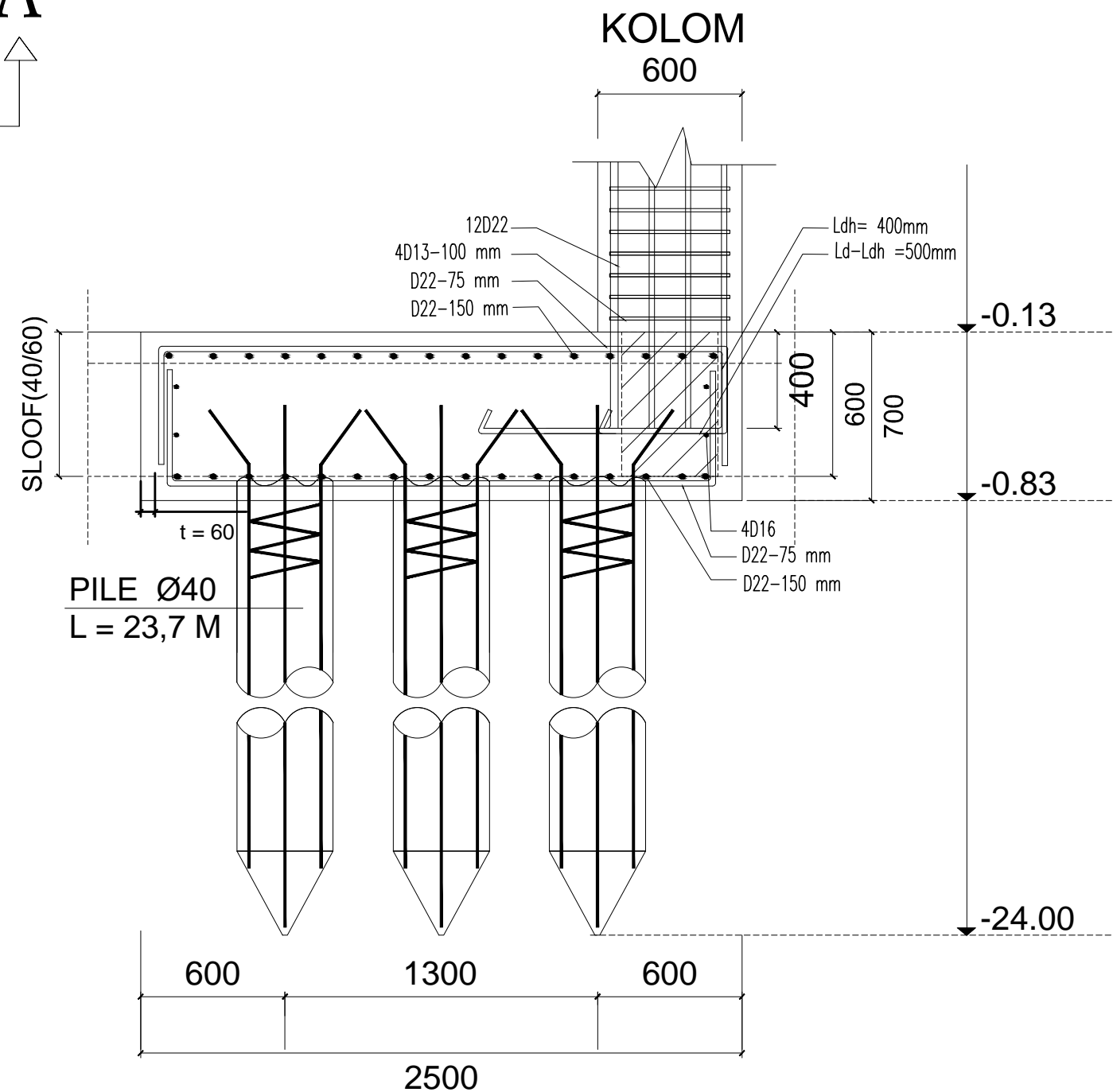
Scale 1:25

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$



**PENULANGAN PC2-A**

Scale 1:25



**POTONGAN A-A**

Scale 1:25

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

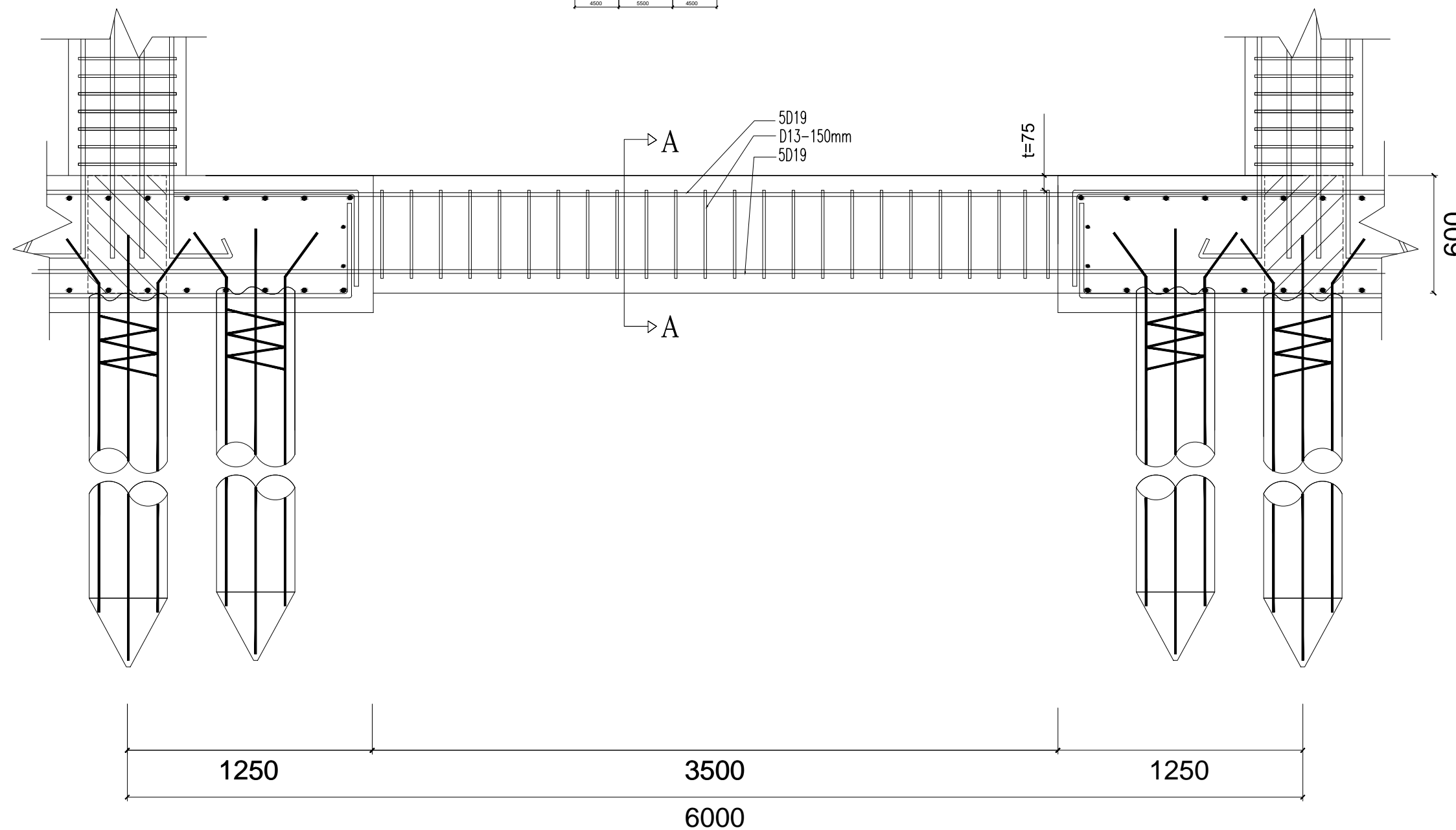
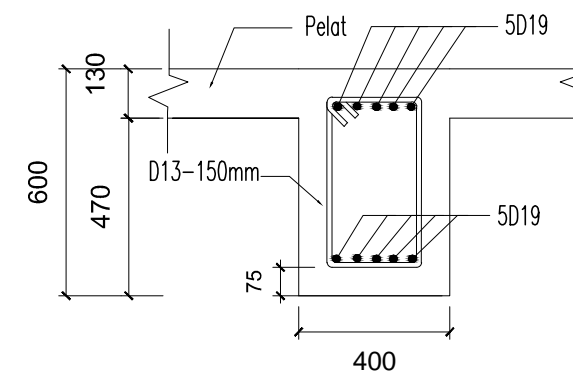
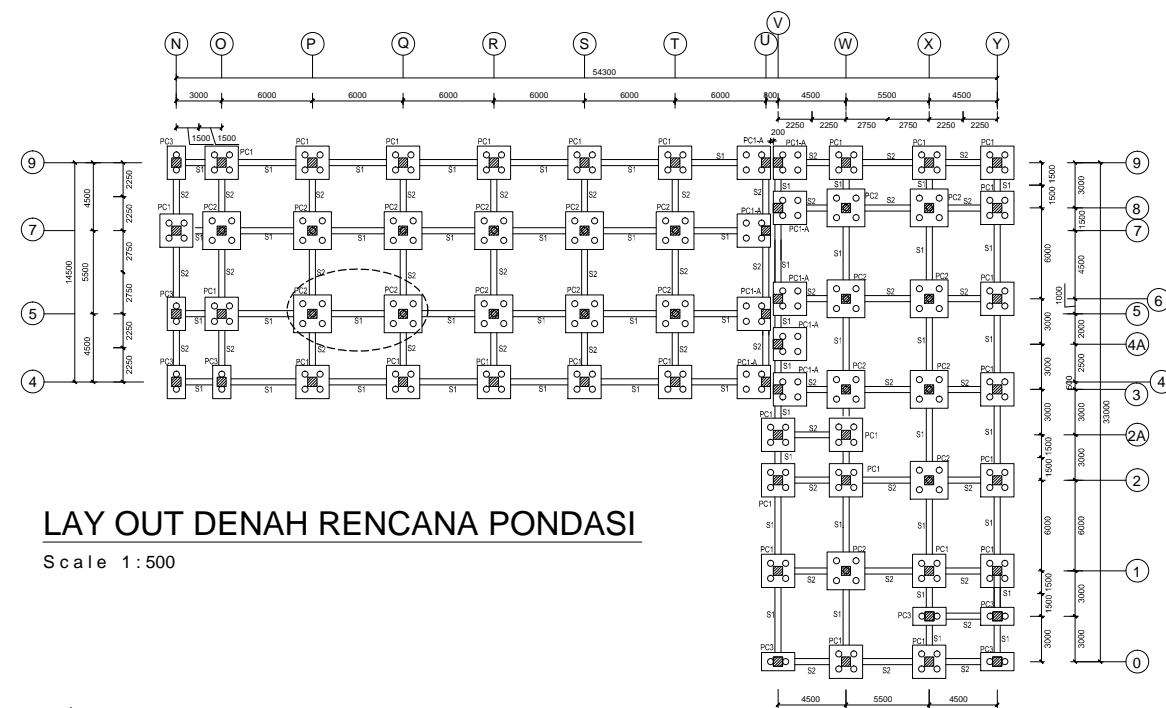
**PENULANGAN  
SLOOF S1**

**1:25**

**STR**

**62**

**66**



**SLOOF S1**

Scale 1:25

$f'_c = 35 \text{ MPa}$   
 $f_{yl} = 390 \text{ MPa}$   
 $f_{yv} = 240 \text{ MPa}$

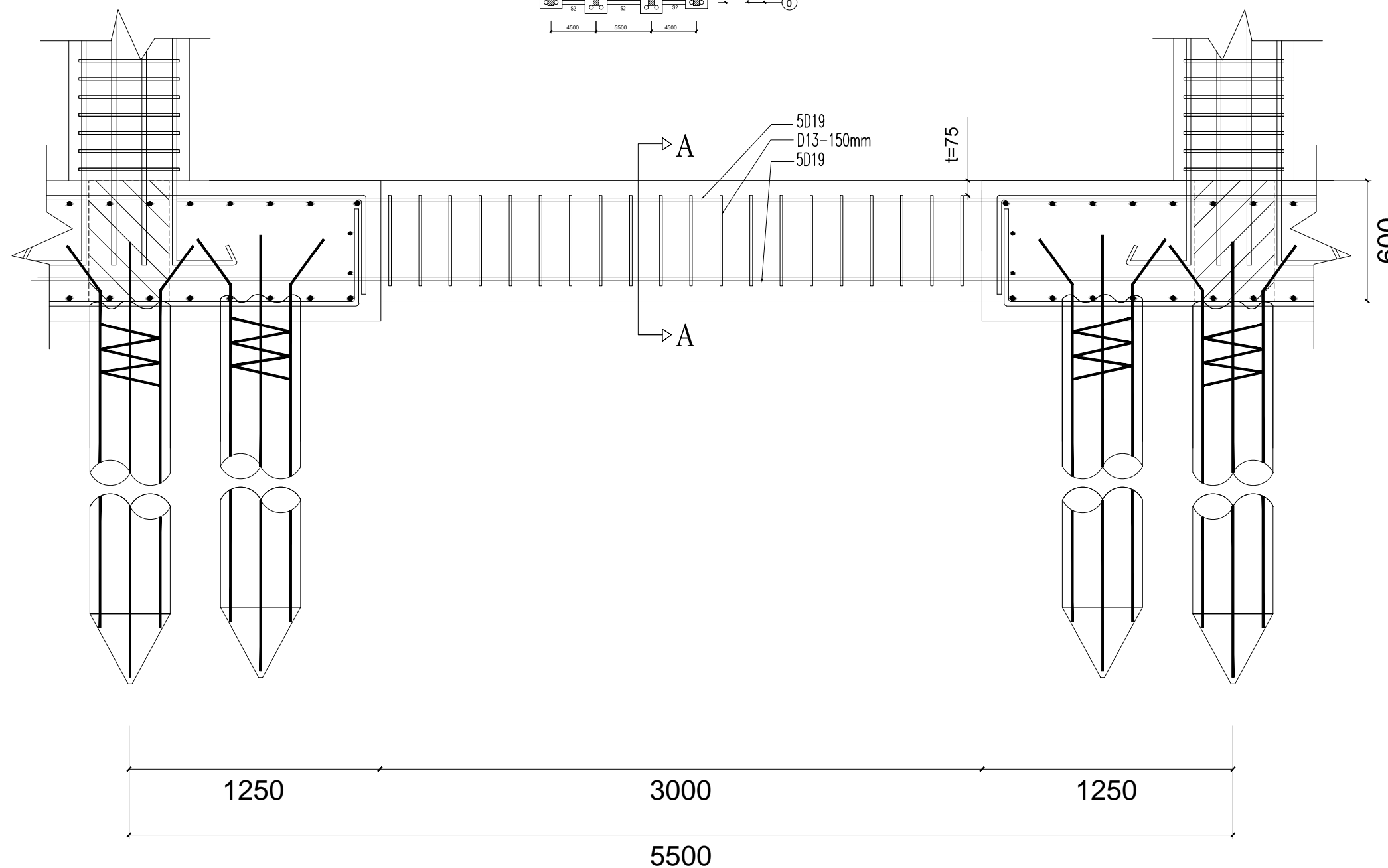
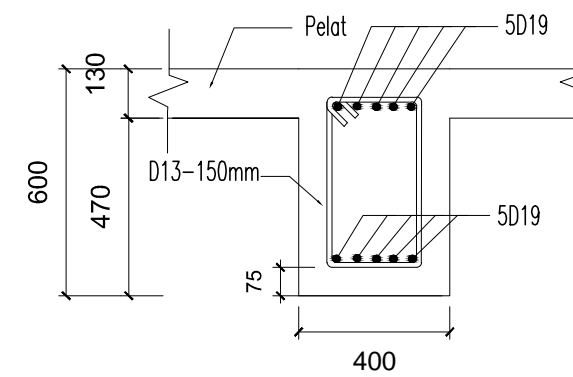
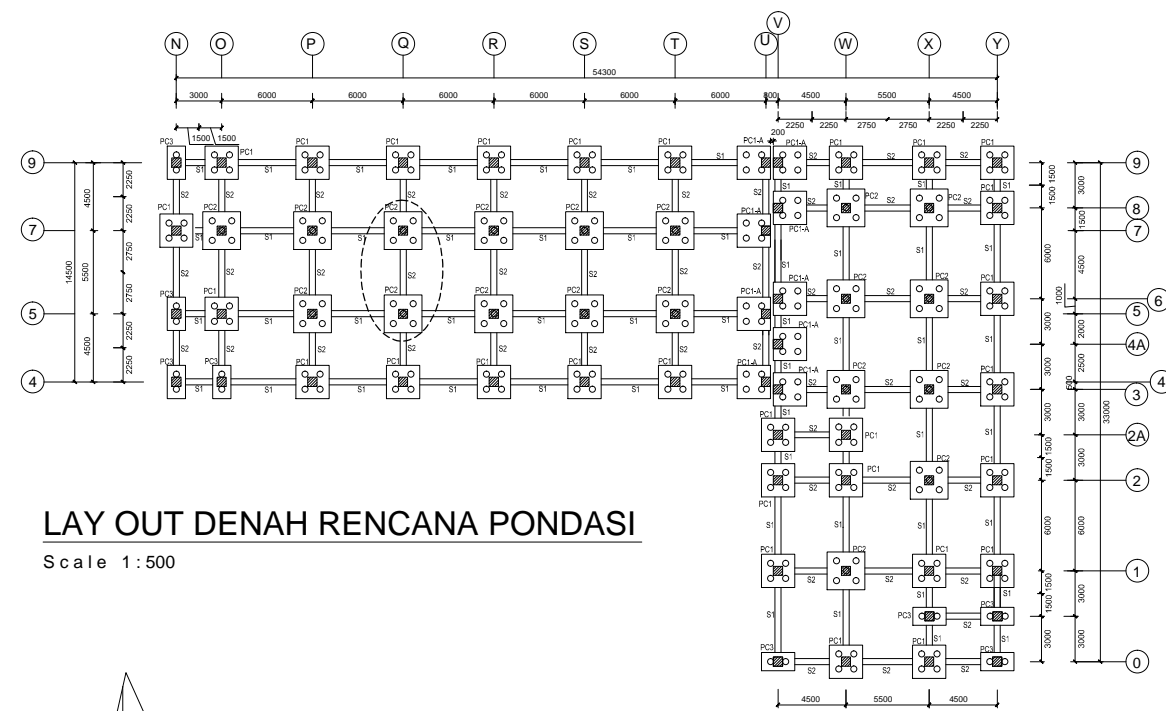
**PENULANGAN  
SLOOF S2**

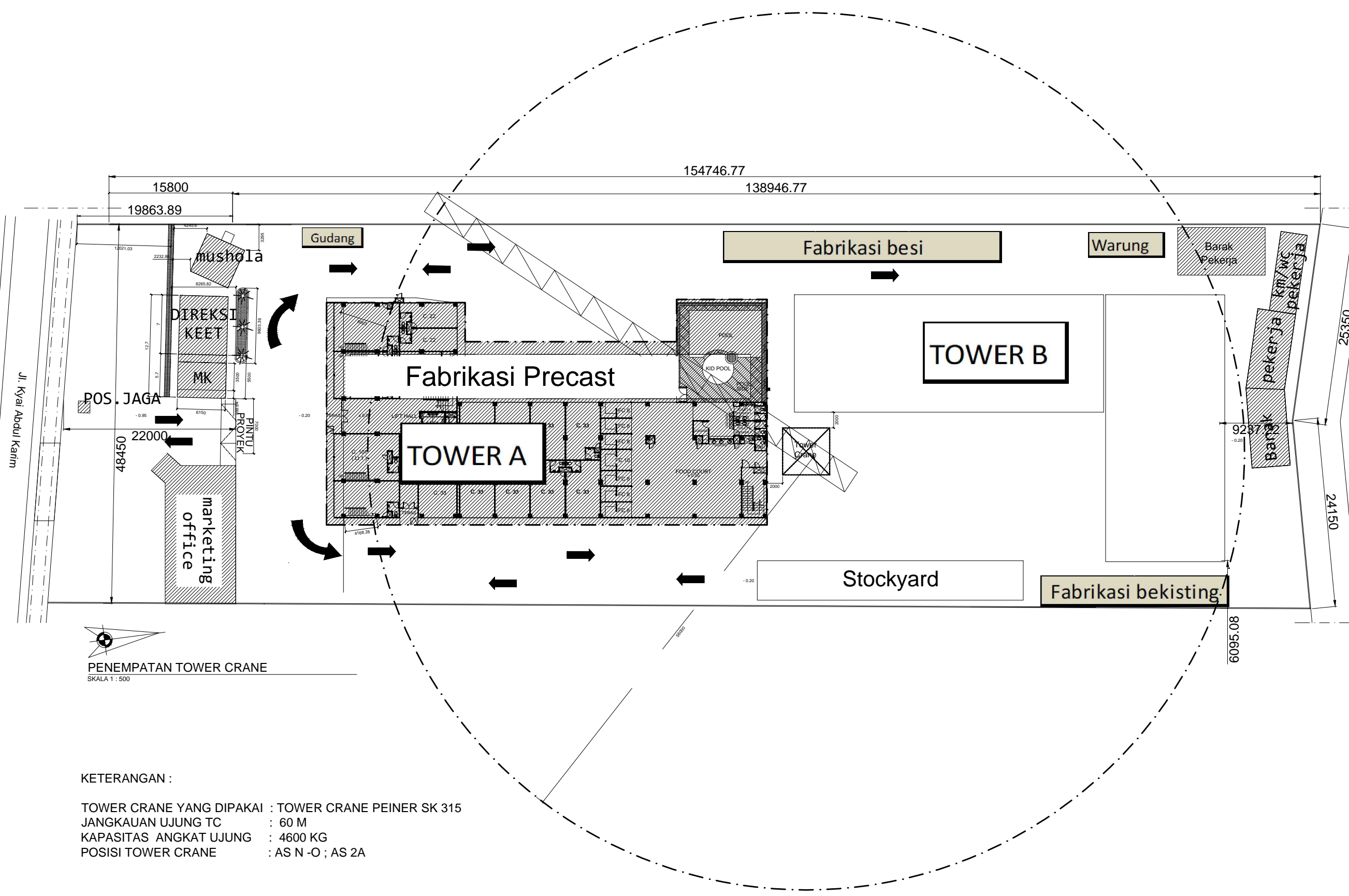
**1:25**

**STR**

**63**

**66**





**PENEMPATAN TOWER CRANE**  
SKALA 1 : 500

**KETERANGAN :**

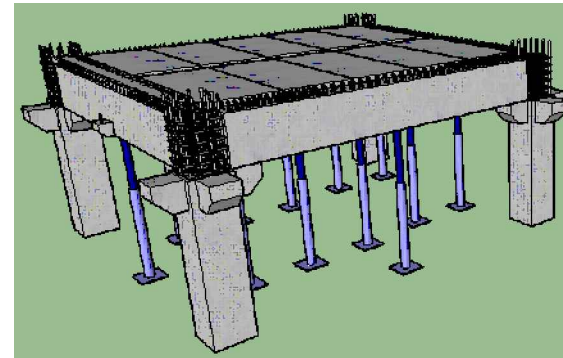
TOWER CRANE YANG DIPAKAI : TOWER CRANE PEINER SK 315  
 JANGKAUAN UJUNG TC : 60 M  
 KAPASITAS ANGKAT UJUNG : 4600 KG  
 POSISI TOWER CRANE : AS N -O ; AS 2A



# PELAKSANAAN PEMASANGAN ELEMEN PRACETAK

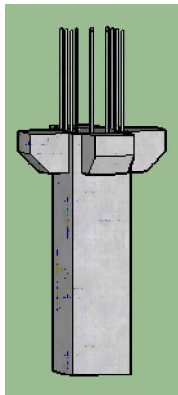


1. PEMASANGAN PEMBESIAN DAN BEKISTING KOLOM SERTA KONSOL

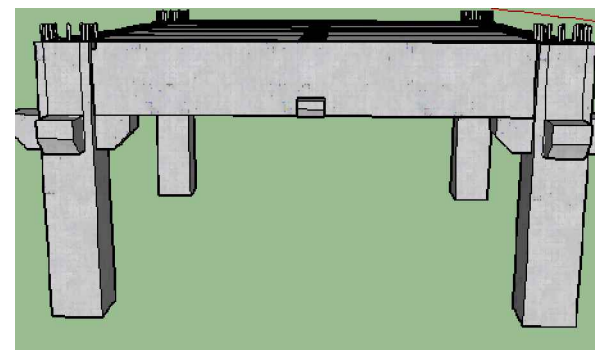


4. PEMASANGAN ELEMEN PELAT PRACETAK DAN SUPPORT RE-PROPPING PADA SEPANJANG TENGAH BENTANG PELAT

5. PEMASANGAN TULANGAN OVERTOPPING, DAN HUBUNGAN BALOK KOLOM

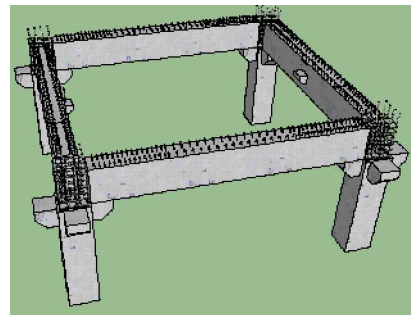


2. PENGECORAN KOLOM DAN KONSOL



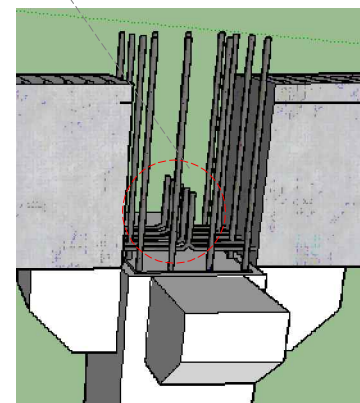
6. PEMASANGAN BEKISTING KEPALA KOLOM DAN TEPI BALOK UNTUK PENAHAN PENGECORAN OVERTOPPING

7. PENGECORAN OVERTOPPING

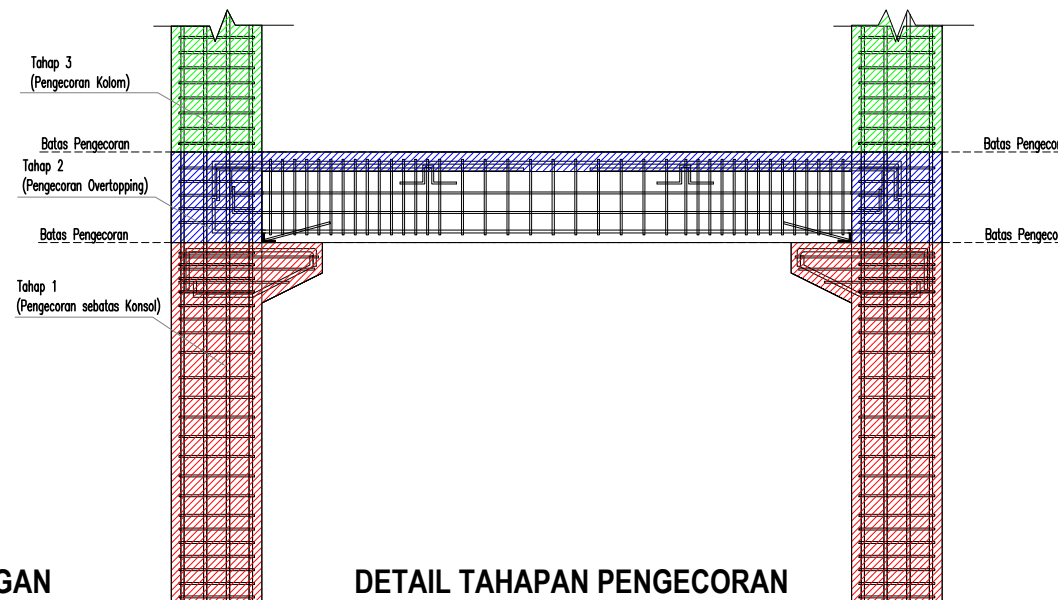


3. PEMASANGAN ELEMEN BALOK INDUK PRACETAK DAN PENGIKATAN TULANGAN LONGITUDINAL

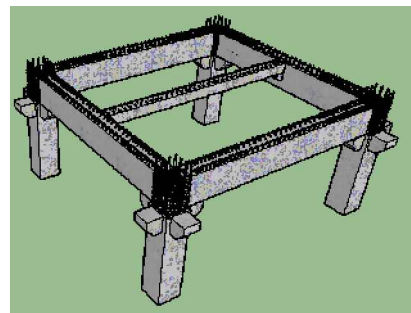
Tulangan Longitudinal diikat untuk mencegah bergesernya balok induk akibat pemasangan balok anak



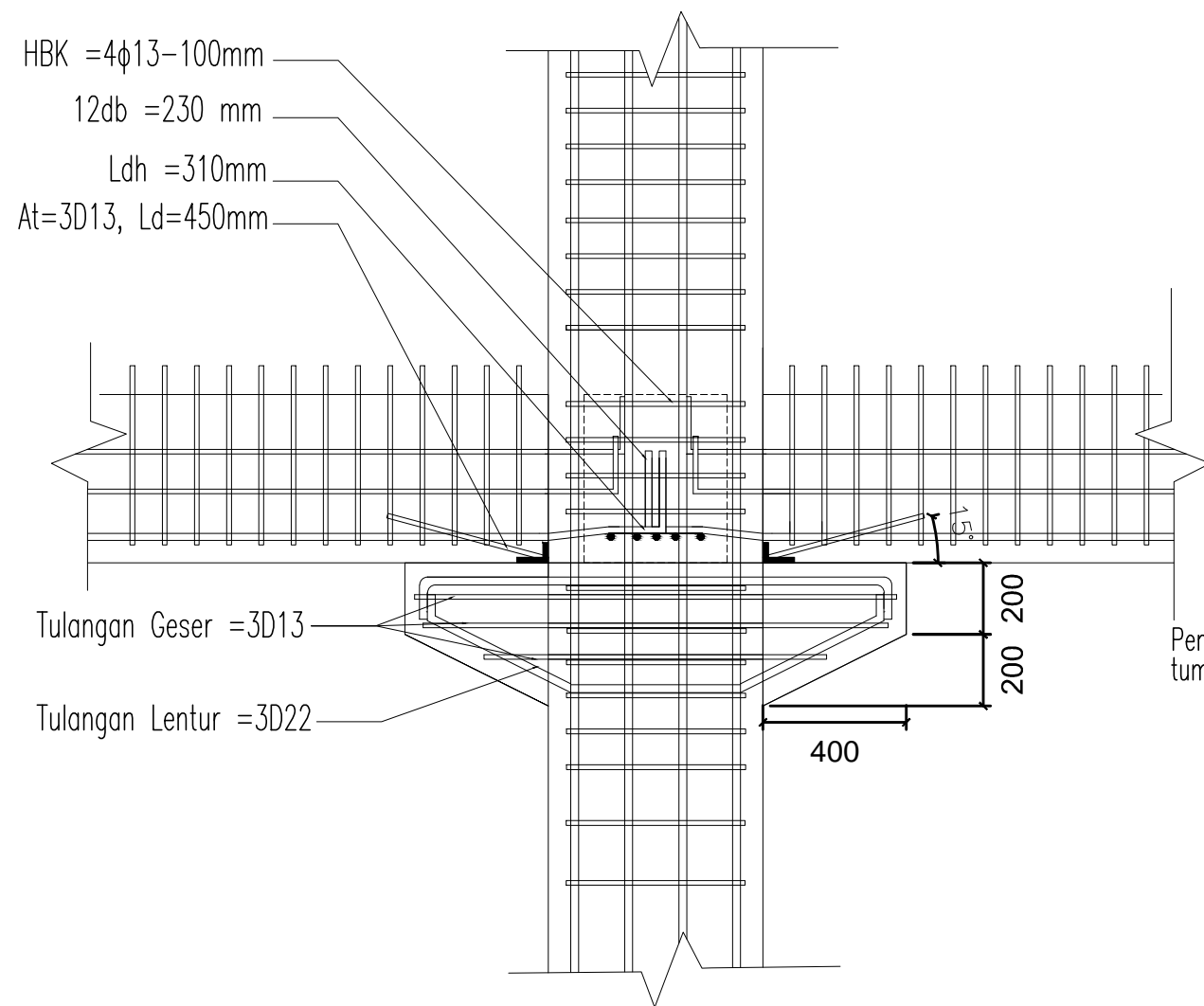
DETAIL POSISI PENGIKAT TULANGAN



DETAIL TAHAPAN PENGECORAN

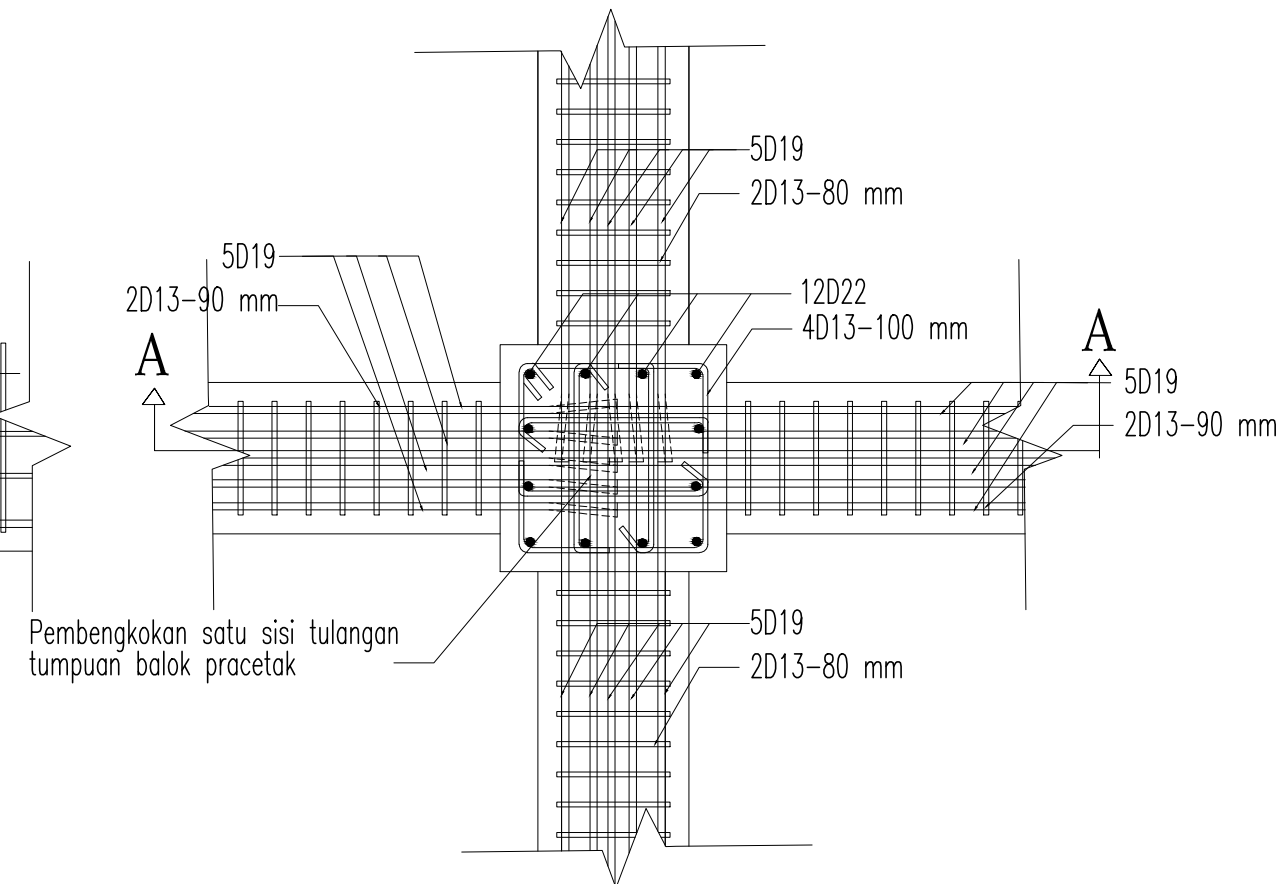


4. PEMASANGAN ELEMEN BALOK ANAK PRACETAK DAN PEMASANGAN SUPPORT RE-PROPPING PADA TENGAH BENTANG BALOK INDUK DAN BALOK ANAK,



**POTONGAN A - A**

Scale 1:20



**PEMBENGKOKAN TULANGAN TUMPUAN BALOK PRACETAK**

Scale 1:20