



PROYEK AKHIR TERAPAN (RC146599)

# PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA ELEMEN BALOK DAN PELAT

MUHAMMAD KAFA BILLAH  
NRP. 1011141000089

Dosen Pembimbing I  
Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dosen Pembimbing II  
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**PROYEK AKHIR TERAPAN (RC146599)**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL  
PREMIER INN SURABAYA DENGAN  
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK  
(*PRECAST*) PADA ELEMEN BALOK DAN PELAT**

MUHAMMAD KAFA BILLAH  
NRP. 1011141000089

Dosen Pembimbing I  
Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dosen Pembimbing II  
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**APPLIED FINAL PROJECT (RC146599)**

# **STRUCTURAL DESIGN OF PREMIER INN SURABAYA HOTEL WITH PRECAST METHOD ON BEAM AND SLAB ELEMENTS**

**MUHAMMAD KAFA BILLAH**  
NRP. 10111410000089

Supervisor I  
Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Supervisor II  
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING  
Faculty of Vocational  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018

**LEMBAR PENGESAHAN**

**“PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL  
PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT”**

**TUGAS AKHIR TERAPAN**

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

Surabaya, 27 Juli 2018

Disusun oleh:

**MAHASISWA**



**Muhammad Kafa Billah**  
**NRP. 1011141000089**

Disetujui oleh:

30 JUL 2018

**DOSEN PEMBIMBING I DOSEN PEMBIMBING II**



**Nur Achmad Husin, ST., MT. Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.**  
**NIP. 19720115 199802 1001 DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL NIP. 19780201 200604 2 002**





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

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

Tanggal : 10/07/2018

<b>Judul Tugas Akhir Terapan</b>	Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Surabaya Dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak (Precast)		
<b>Nama Mahasiswa</b>	Muhammad Kafa Billah	<b>NRP</b>	10111410000089
<b>Dosen Pembimbing 1</b>	Nur Achmad Husin, ST.MT. NIP 19720115 199802 1 001	<b>Tanda tangan</b>	
<b>Dosen Pembimbing 2</b>	Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT. NIP 19780201 200604 2 002	<b>Tanda tangan</b>	

<b>P. Ibnu :</b>	<b>URAIAN REVISI</b>	<b>Dosen Penguji</b>
1. Penulangan Pelat		
2. Hal 33 6 br		
3. 6 br 50	Hitungan ? 190 mm → faktor kejut = 1,5 → beban, gaya tekukan tul tdk boleh. jelaskan fungsi pelat jika dibalok ; tul torsi di kerudkan	
4. Pertemuan balok kolom	pot A-4 → 3 D10 girah 3 Ø10	
5. Pondasi (SAP)		
6. Ex & Ey tdk perlu (SAP).		
<b>B. Sri :</b>		<b>Dosen Penguji</b>
1. Judul direvisi		Ir. Sri Subekti, MT. NIP 19560520 198903 2 001
		NIP -
		NIP -

**Persetujuan Hasil Revisi**

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Sri Subekti, MT. NIP 19560520 198903 2 001	NIP -	YUYUN TAJUNNISA NIP -

<b>Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan</b>	<b>Dosen Pembimbing 1</b>	<b>Dosen Pembimbing 2</b>
	Nur Achmad Husin, ST.MT. NIP 19720115 199802 1 001	Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT. NIP 19780201 200604 2 002



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

FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 MUHAMMAD KABA BILLAH 2  
**NRP** : 1 10111410000089 2  
**Judul Tugas Akhir** : PERENCANAAN STRUKTUR BUDUNGS HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK (PRECAST)  
**Dosen Pembimbing** : 1. NUR ACHMAD HUSIN, ST., MT.  
 2. DR. ENG. YUYUN TAJUMNICA, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	20 Feb 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ Prelim Beads dicoba <math>Y/2</math></li> <li>▷ pembegangan di Mengacu sni terbaru dahulu.</li> <li>▷ Cari tau dead &amp; superload di sap</li> </ul>	<i>Junab-</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	22 Feb 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ Pelat atap coba dicek dibedakan</li> <li>▷ Berat pracetak dicek</li> <li>▷ Kolom tepi dicek.</li> <li>▷ Perletakan tangga diperhatikan</li> </ul>	<i>J</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	6 Maret 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ Mau pakai apa saja harus ada Referensinya</li> <li>▷ Referensi harus jelas</li> </ul>	<i>Junab-</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	22 Maret 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ P ygng dipakai dicek</li> <li>▷ Kontrol retak karu lentur</li> <li>▷ Kontrol lendutan dicek</li> </ul>	<i>Junab</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	27 Maret 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ Diperhatikan perbedaan antar tulangan.</li> <li>▷ Notifikasi gambar diperjelas</li> <li>▷ Mcr pakai yt atau c dicari tau</li> </ul>	<i>J</i>	<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 MUHAMMAD Kafa BILAH 2  
**NRP** : 1 10111410000089 2  
**Judul Tugas Akhir** : PERENCANAAN STRUKTUR BEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENEGUKAN METODE BETON PRACEK (PRECAST)  
**Dosen Pembimbing** : 1. NUR AGIMAD Husin, ST., MT.  
 2. DR. ENG. YUYUN TAJUNNISA, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
6	5 April 2018	▷ Pembebanan pelat tangga pakai beban gempa	<i>Mu-As -</i>	
				B C K
7	12 April 2018	▷ Balok anak setelah komposit menggunakan beban mati beban hidup pada sap ▷ Cek balok anak (momen)	<i>Mu-As -</i>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	2 Mei 2018	▷ Penulisan gempa pada sap diperjelas. ▷ Dicek kombinasi gempa (-) ▷ Momen tarik-tekan dihitung keduanya ▷ Kombinasi geser Torsi diperhatikan.	<i>Mu-As -</i>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9	16 Mei 2018	▷ Diameter & mutu baja pada kolom diperhatikan. ▷ Geser kolom & tiang disamakan ▷ Sendi plastis antara 1/4 ln atau 2h.	<i>Mu-As -</i>	<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



**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 MUHAMMAD KAFIA BILAH 2  
**NRP** : 1 01141000089 2  
**Judul Tugas Akhir** : PERENCANAAN STRUKTUR BEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK (PRECAST)  
**Dosen Pembimbing** : 1. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.  
 2. DR. ENG. YUVIN TAJUNNISA, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
10	28 Mei 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ Sambungan ikuti PCI Connection</li> <li>▷ Pelat landas tidak harus dipakai sesuai sidang proposal</li> <li>▷ Metode pelaksanaan volume harus jelas</li> </ul>	<i>Murah</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	4 Juni 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ Mekanisme pelaksanaan harus sangat diperhatikan</li> <li>▷ ikuti aturan perencanaan terlebih dahulu</li> <li>▷ Rendetilan gambar harus jelas, termasuk daftar gambar</li> </ul>	<i>Murah</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	5 Juni 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ Gambar struktur menyikuti gambar arsitektur</li> <li>▷ Denah pracetak tiap lantai dan struktur berapa kebutuhannya</li> <li>▷ Notasi saat pemasangan</li> </ul>	<i>Murah</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	5 Juni 2018	▷ Rumus & Referensi diperhatikan	<i>S</i>	<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 MUHAMMAD KAPA BILLAH 2  
**NRP** : 1 10111010000089 2  
**Judul Tugas Akhir** : PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE BETON PRACEDAK (PRECAST)  
**Dosen Pembimbing** : 1. NUR ACHMAD HUSIN, ST., MT.  
 2. DR. ENG. YUYUN TAJUNINGS, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
14	6 Juni 2018	▷ Balok induk dan tumpuan, Baru Balok anak (gambar) ▷ Notasi pada detail pelat 1/2 Sambungan As apa? Bukan Interior eksterior ▷ elevasi diperhatikan. (korbel pada kolom)	<i>Hurab</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
15	6 Juni 2018	▷ Metode pelaksanaan.	<i>S</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
16	3 Juli 2018	▷ Gambar Bestat diberi tabel ▷ Gambar jangkauan tower Crane ditulis kapasitasnya. ▷ Portal posisi gambar dibenarkan dan nama tipe Balok. ▷ Notasi pada Bestat kebalik. ▷ proses erection tower crane	<i>Hurab</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
17	9 Juli 2018	▷ Notasi gambar diperjelas ▷ Detail tabel Basis diperlihatkan	<i>S</i>	<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

**“PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL  
PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT”**

Nama Mahasiswa : Muhammad Kafa Billah  
NRP : 10111410000089  
Jurusan : Diploma IV Departemen Teknik  
Infrastruktur Sipil FV - ITS  
Dosen Pembimbing I : Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP : 19720115 199802 1 001  
Dosen Pembimbing II : Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP : 19780201 200604 2 002

**ABSTRAK**

*Metode beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (fabrication) dan selanjutnya dipasang di lokasi proyek (installation). Pemakaian metode beton pracetak memiliki beberapa kelebihan meliputi tidak memerlukan bekisting dan penopang bekisting yang terlalu banyak, mutu beton lebih terjamin, serta kemudahan dalam proses pelaksanaannya.*

*Bangunan Gedung Hotel Premier Inn merupakan salah satu gedung bertingkat 10 lantai yang terletak di Jl. Biliton No. 24-26 Surabaya dengan menggunakan metode pembangunan cast in situ. Pada proyek akhir terapan ini akan dibuat dengan menggunakan metode beton pracetak khusus pada elemen balok dan pelat. Gedung ini dirancang menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).*

*Hasil perencanaan meliputi ukuran pelat dengan tebal 14 cm, dimensi balok induk 40/60 cm, dimensi balok anak 30/40 cm, dan dimensi kolom 60x60 cm. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek.*

**Kata kunci:** *SRPMK, Pracetak, Sambungan*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **“SRUCTURAL DESIGN OF PREMIER INN SURABAYA HOTEL WITH PRECAST METHOD ON BEAM AND SLAB ELEMENTS”**

Student Name : Muhammad Kafa Billah  
NRP : 10111410000089  
Department : Diploma IV Department of Civil  
Infrastructure Engineering FV - ITS  
Supervisor I : Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP : 19720115 199802 1 001  
Supervisor II : Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP : 19780201 200604 2 002

## **ABSTRACT**

*Precast method is concrete construction technology using components which casted first at fabrication and then casted in project location (installation). This method has several advantages such as unnecessary too much formwork and supporting formwork, concrete quality guaranteed, and ease of implementation.*

*Premier Inn Hotel is one of the 10 storey building located on St. Biliton No. 24-26 Surabaya using the method of cast in situ development. In the applied final project will be made by using a precast method on the elements of the beams and slabs. The building was designed using a special moment frame system (SRPMK).*

*The results include slab size with 14 cm thick, 40/60 cm premier beam dimension, 30/40 sekunder beam dimension, and 75x75 cm column dimension. Connection between precast elements using wet connection and short console.*

**Key words:** *SRPMK, Precast, Connection*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir terapan dengan judul **“Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Surabaya Dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak (*Precast*) Pada Elemen Balok Dan Pelat”** sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan. Pada program Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan proyek akhir terapan ini, penulis mendapatkan banyak doa, bantuan, dan dukungan moral serta materiil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua serta keluarga yang tiada henti memberikan doa dan semangat serta dukungan kepada penulis.
2. Bapak Nur Achmad Husin, ST., MT. dan Ibu Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT. Selaku dosen pembimbing.
3. Teman-teman yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tak lepas dari banyak kesalahan. Oleh karenanya penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan selanjutnya.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan.....	2
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Umum.....	5
2.2    Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus .....	5
2.3    Pembebanan.....	11
2.3.1    Beban Mati .....	11
2.3.2    Beban Hidup.....	12
2.3.3    Beban Gempa .....	12
2.3.4    Kombinasi Pembebanan .....	22
2.4    Preliminary Design.....	22
2.4.1    Dimensi Pelat .....	23
2.4.2    Dimensi Balok.....	24
2.4.3    Dimensi Kolom .....	25
2.4.4    Dimensi Tangga .....	25
2.5    Tinjauan Elemen Pracetak.....	26
2.5.1    Pelat .....	26
2.5.2    Balok .....	27
2.6    Sambungan Beton Pracetak.....	29
2.6.1    Sambungan Balok dan Kolom.....	32
2.6.2    Sambungan Balok Induk dan Balok Anak .....	34
2.6.3    Sambungan Balok dan Pelat.....	34

2.6.4	Sambungan Pelat dan Pelat.....	35
2.7	Titik Angkat Elemen Pracetak.....	36
2.7.1	Pengangkatan Pelat Pracetak.....	36
2.7.2	Pengangkatan Balok Pracetak .....	38
2.8	Metode Konstruksi ( <i>Erection</i> ).....	39
2.8.1	Metode Vertikal.....	39
2.8.2	Metode Horizontal.....	40
2.9	Transportasi.....	40
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>43</b>
3.1	Umum.....	43
3.2	Diagram Alir Perencanaan.....	43
3.3	Pengumpulan Data.....	44
3.4	Pemilihan Kriteria Desain .....	46
3.5	Preliminary Design.....	46
3.6	Analisa Pembebanan.....	46
3.6.1	Beban Mati .....	47
3.6.2	Beban Hidup.....	47
3.6.3	Beban Gempa .....	47
3.7	Permodelan dan Analisa Struktur .....	47
3.8	Perencanaan Penulangan .....	50
3.8.1	Penulangan Pelat.....	50
3.8.2	Penulangan Balok.....	52
3.8.3	Penulangan Kolom .....	54
3.9	Kontrol Elemen Pracetak.....	54
3.9.1	Kontrol Pengangkatan .....	56
3.9.2	Kontrol Penumpukan.....	58
3.9.3	Kontrol Pemasangan.....	59
3.9.4	Kontrol Saat Komposit.....	59
3.10	Perencanaan Sambungan .....	60
3.10.1	Sambungan Balok-Kolom .....	60
3.10.2	Sambungan Balok Induk-Balok Anak .....	62
3.10.3	Sambungan Balok-Pelat .....	62
3.10.4	Sambungan Pelat-Pelat.....	63
3.11	Metode Pelaksanaan .....	63
3.12	Gambar Teknik.....	63

BAB IV PEMBAHASAN .....	65
4.1 Preliminary Design.....	65
4.1.1 Umum.....	65
4.1.2 Data Perencanaan .....	65
4.1.3 Pembebanan.....	65
4.1.4 Perencanaan Dimensi Balok.....	66
4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat.....	69
4.1.6 Perencanaan Dimensi Kolom .....	71
4.1.7 Perencanaan Dimensi Tangga .....	75
4.2 Perencanaan Pelat.....	77
4.2.1 Data Perencanaan .....	78
4.2.2 Pembebanan Pelat.....	78
4.2.3 Perhitungan Tulangan Pelat.....	80
4.2.4 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan.....	97
4.2.5 Penulangan Stud Pelat Lantai .....	100
4.2.6 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand.....	101
4.2.7 Panjang Penyaluran Pelat .....	103
4.2.8 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan .....	104
4.2.9 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan .....	105
4.2.10 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran .....	106
4.2.11 Penulangan Pelat Terpasang.....	107
4.3 Perencanaan Tangga.....	108
4.3.1 Data Perencanaan .....	108
4.3.2 Pembebanan Tangga.....	108
4.3.3 Penulangan Tangga .....	109
4.3.4 Penulangan Balok Bordes.....	114
4.4 Perencanaan Balok Anak.....	118
4.4.1 Data Perencanaan .....	118
4.4.2 Pembebanan Balok Anak .....	119
4.4.3 Perhitungan Momen dan Geser .....	121
4.4.4 Perhitungan Tulangan Balok Anak .....	123
4.4.5 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan.....	141
4.4.6 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand.....	142
4.4.7 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan .....	143
4.4.8 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan .....	145

4.4.9	Kontrol Tegangan Saat Pengecoran.....	146
4.4.10	Penulangan Balok Anak Terpasang.....	147
4.5	Perencanaan Balok Lift .....	148
4.5.1	Pembebanan Balok Lift .....	149
4.5.2	Penulangan Balok Lift .....	151
4.6	Permodelan Struktur .....	154
4.6.1	Data Perencanaan .....	154
4.6.2	Pembebanan Struktur.....	155
4.6.3	Kombinasi Pembebanan .....	156
4.6.4	Analisa Beban Gempa .....	156
4.6.5	Pembebanan Gempa Dinamis.....	161
4.6.6	Kontrol Desain.....	161
4.7	Perencanaan Balok Induk .....	168
4.7.1	Data Perencanaan .....	169
4.7.2	Penulangan Balok Induk Saat Pengangkatan ....	169
4.7.3	Penulangan Balok Induk Sebelum Komposit ....	177
4.7.4	Penulangan Balok Induk Sesudah Komposit.....	185
4.7.5	Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan.....	206
4.7.6	Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand.....	207
4.7.7	Kontrol Tegangan Saat Penumpukan .....	208
4.7.8	Kontrol Tegangan Saat Pemasangan .....	210
4.7.9	Kontrol Tegangan Saat Pengecoran.....	211
4.7.10	Penulangan Balok Induk Terpasang .....	212
4.8	Perencanaan Kolom.....	213
4.8.1	Data Perencanaan .....	213
4.8.2	Cek Persyaratan Kolom SRPMK .....	215
4.8.3	Penulangan Lentur.....	216
4.8.4	Cek Syarat <i>Strong Column Weak Beam</i> .....	216
4.8.5	Tulangan Transversal Sebagai Confinement ....	218
4.8.6	Gaya Geser Design .....	220
4.8.7	Detail Tulangan Kolom .....	222
4.9	Desain Hubungan Balok Kolom.....	223
4.10	Perencanaan Sambungan .....	226
4.10.1	Sambungan Balok Induk dan Kolom.....	227
4.10.2	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk.....	233

4.10.3	Sambungan Balok dan Pelat.....	241
4.11	Metode Pelaksanaan.....	242
4.11.1	Bestat Tulangan Sengkang .....	242
4.11.2	Bestat Tulangan Lentur Balok Induk .....	244
4.11.3	Bestat Tulangan Lentur Balok Anak .....	250
BAB V	PENUTUP.....	253
5.1	Kesimpulan.....	253
5.2	Saran.....	254
DAFTAR	PUSTAKA.....	257
LAMPIRAN	.....	259



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Geser Desain Untuk Balok.....	8
<b>Gambar 2.2</b>	Geser Desain Untuk Kolom .....	9
<b>Gambar 2.3</b>	Tulangan Transversal pada Kolom .....	10
<b>Gambar 2.4</b>	Peta untuk $S_s$ .....	16
<b>Gambar 2.5</b>	Peta untuk $S_1$ .....	16
<b>Gambar 2.6</b>	Spektrum Respon Desain .....	18
<b>Gambar 2.7</b>	<i>Hollow Core Slab</i> .....	26
<b>Gambar 2.8</b>	<i>Solid Slab</i> .....	27
<b>Gambar 2.9</b>	<i>Double Tee Slab</i> .....	27
<b>Gambar 2.10</b>	<i>Rectangular Beam</i> .....	28
<b>Gambar 2.11</b>	<i>Ledger Beam</i> .....	28
<b>Gambar 2.12</b>	<i>Inverted Tee Beam</i> .....	28
<b>Gambar 2.13</b>	Sambungan Cor Setempat.....	30
<b>Gambar 2.14</b>	Sambungan Las.....	31
<b>Gambar 2.15</b>	Sambungan Baut .....	32
<b>Gambar 2.16</b>	Sambungan Pelat.....	32
<b>Gambar 2.17</b>	Sambungan <i>Billet</i> .....	33
<b>Gambar 2.18</b>	Sambungan Corbel.....	33
<b>Gambar 2.19</b>	Sambungan Balok Induk dan Balok Anak .....	34
<b>Gambar 2.20</b>	Sambungan Balok dan Pelat Pracetak.....	35
<b>Gambar 2.21</b>	Sambungan Menerus.....	35
<b>Gambar 2.22</b>	Sambungan Loop .....	36
<b>Gambar 2.23</b>	Posisi Titik Angkat Pelat (4 buah titik angkat) ....	37
<b>Gambar 2.24</b>	Posisi Titik Angkat Pelat (8 buah titik angkat) ....	38
<b>Gambar 2.25</b>	Posisi Titik Angkat Balok Pracetak .....	38
<b>Gambar 2.26</b>	Metode Konstruksi Arah Vertikal.....	40
<b>Gambar 2.27</b>	Metode Konstruksi Arah Horizontal.....	40
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir Terapan ....	44
<b>Gambar 3.2</b>	Permodelan Struktur Kondisi Eksisting Bangunan	48
<b>Gambar 3.3</b>	Diagram Alir Penulangan Lentur Pelat.....	51
<b>Gambar 3.4</b>	Diagram Alir Perhitungan Tulangan Balok .....	52
<b>Gambar 3.5</b>	Geser Desain Untuk Balok.....	53
<b>Gambar 3.6</b>	Diagram Alur Kontrol Elemen Pracetak.....	55

<b>Gambar 3.7</b>	Ilustrasi Pengangkatan Elemen Pelat Pracetak.....	56
<b>Gambar 3.8</b>	Ilustrasi Pengangkatan Elemen Balok Pracetak .....	57
<b>Gambar 3.9</b>	Ilustrasi Penumpukan dengan 2 Titik Tumpu .....	58
<b>Gambar 3.10</b>	Ilustrasi Penumpukan dengan 3 Titik Tumpu .....	58
<b>Gambar 3.11</b>	Ilustrasi Pemasangan Elemen Pracetak .....	59
<b>Gambar 3.12</b>	Ilustrasi Saat Komposit .....	60
<b>Gambar 3.13</b>	Sambungan Balok dengan Kolom.....	61
<b>Gambar 3.14</b>	Sambungan Konsol .....	61
<b>Gambar 3.15</b>	Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak .....	62
<b>Gambar 3.16</b>	Sambungan Balok dengan Pelat.....	63
<b>Gambar 4.1</b>	Denah Pembalokan.....	67
<b>Gambar 4.2</b>	Denah Pelat .....	69
<b>Gambar 4.3</b>	Luas Tributary Kolom.....	71
<b>Gambar 4.4</b>	Mekanika Perencanaan Tangga.....	75
<b>Gambar 4.5</b>	Pelat Tipe P2 .....	80
<b>Gambar 4.6</b>	Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat) ...	83
<b>Gambar 4.7</b>	Diagram Gaya Geser Horizontal Penampang Komposit .....	100
<b>Gambar 4.8</b>	Tebal Manfaat Pelat Tangga .....	109
<b>Gambar 4.9</b>	Distribusi Beban pada Balok Anak .....	119
<b>Gambar 4.10</b>	Momen Saat Pengangkatan Balok Anak.....	121
<b>Gambar 4.11</b>	Letak Titik Pengangkatan Balok Anak .....	122
<b>Gambar 4.12</b>	Asumsi Saat Pemasangan Balok Anak Pracetak	122
<b>Gambar 4.13</b>	Detail Lift.....	149
<b>Gambar 4.14</b>	Denah Pembalokan Lift.....	150
<b>Gambar 4.15</b>	Denah Pracetak Hotel Premier Inn Surabaya .....	154
<b>Gambar 4.16</b>	Permodelan Struktur 3D Hotel Premier Inn Surabaya .....	155
<b>Gambar 4.17</b>	Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek ( $S_s$ ).....	157
<b>Gambar 4.18</b>	Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik ( $S_1$ ).....	157
<b>Gambar 4.19</b>	Grafik Percepatan Respon Spektra.....	159
<b>Gambar 4.20</b>	Periode Fundamental Struktur.....	164
<b>Gambar 4.21</b>	Momen Saat Pengangkatan Balok Induk .....	169

<b>Gambar 4.22</b>	Letak Titik Pengangkatan Balok Induk .....	170
<b>Gambar 4.23</b>	Asumsi Pada Saat Pemasangan Balok Induk Pracetak .....	177
<b>Gambar 4.24</b>	Diagram Aksial Maksimum pada Balok Induk..	186
<b>Gambar 4. 25</b>	Tinggi Efektif Balok .....	187
<b>Gambar 4.26</b>	Diagram Geser Maksimum pada Balok Induk...	197
<b>Gambar 4.27</b>	Diagram Aksial Maksimum Balok Induk .....	198
<b>Gambar 4.28</b>	Luasan Penampang Balok Induk.....	201
<b>Gambar 4.29</b>	Diagram Torsi Maksimum Balok Induk .....	202
<b>Gambar 4.30</b>	Panjang Penyaluran Balok .....	206
<b>Gambar 4.31</b>	Denah Posisi Kolom pada As E-4.....	214
<b>Gambar 4.32</b>	Lokasi Kolom yang Ditinjau.....	214
<b>Gambar 4.33</b>	Diagram Aksial Maksimum pada Kolom .....	215
<b>Gambar 4.34</b>	Diagram Interaksi PCA-Col.....	216
<b>Gambar 4.35</b>	Diagram Aksial pada Kolom Lantai Atas .....	218
<b>Gambar 4.36</b>	Diagram Interaksi PCA-Col pada Kolom Lantai Atas.....	218
<b>Gambar 4.37</b>	Distribusi Geser pada Kolom.....	221
<b>Gambar 4.38</b>	Distribusi Geser Maksimum pada Kolom yang Ditinjau.....	221
<b>Gambar 4.39</b>	Luas Joint Efektif.....	226
<b>Gambar 4.40</b>	Konsol pada Kolom .....	228
<b>Gambar 4.41</b>	Reinforced Concrete Bearing.....	230
<b>Gambar 4.42</b>	Konsol pada Balok Induk.....	233
<b>Gambar 4.43</b>	<i>Reinforced Concrete Bearing</i> .....	236
<b>Gambar 4.44</b>	Sketsa Angkur Baut .....	238
<b>Gambar 4.45</b>	Tumpuan Pelat pada Balok .....	241
<b>Gambar 4.46</b>	Bestat Tulangan Sengking Balok Induk.....	242
<b>Gambar 4.47</b>	Bestat Tulangan Sengking Balok Anak.....	243
<b>Gambar 4.48</b>	Tulangan Lentur Pracetak Balok Induk .....	244
<b>Gambar 4.49</b>	Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk .....	245
<b>Gambar 4.50</b>	Tulangan Lentur Pracetak Balok Anak .....	250
<b>Gambar 4.51</b>	Tulangan Lentur Overtopping Balok Anak .....	250
<b>Gambar 5.1</b>	Permodelan Struktur Dengan Kolom Pendek .....	255
<b>Gambar 5.2</b>	Mass Source .....	255

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Faktor Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....	6
<b>Tabel 2.2</b> Klasifikasi Situs Tanah .....	13
<b>Tabel 2.3</b> Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa .....	14
<b>Tabel 2.4</b> Faktor Keutamaan Gempa .....	15
<b>Tabel 2.5</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	15
<b>Tabel 2.6</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik .....	15
<b>Tabel 2.7</b> Koefisien Situs, $F_a$ .....	17
<b>Tabel 2.8</b> Koefisien Situs, $F_v$ .....	17
<b>Tabel 2.9</b> Prosedur Analisis yang Boleh Diijinkan.....	19
<b>Tabel 2.10</b> Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	21
<b>Tabel 2.11</b> Tebal Minimum Pelat dan Balok .....	24
<b>Tabel 2.12</b> Perbedaan Metode Penyambungan.....	29
<b>Tabel 3.1</b> Perhitungan N-SPT Data Tanah .....	45
<b>Tabel 3.2</b> Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung.....	49
<b>Tabel 3.3</b> Simpangan Antar Lantai Izin ( $\Delta_a$ ).....	50
<b>Tabel 3.4</b> Perbandingan Kuat Tekan Beton (MPa) pada Berbagai Umur.....	55
<b>Tabel 4.1</b> Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	68
<b>Tabel 4.2</b> Rekapitulasi Dimensi Balok Anak.....	68
<b>Tabel 4.3</b> Rekapitulasi Tebal Pelat .....	70
<b>Tabel 4.4</b> Pembebanan Kolom.....	72
<b>Tabel 4.5</b> Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Pelat .....	107
<b>Tabel 4.6</b> Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Balok Anak .....	147
<b>Tabel 4.7</b> Spesifikasi Hyundai Elevator .....	148
<b>Tabel 4.8</b> Koefisien Situs, $F_a$ .....	158
<b>Tabel 4.9</b> Koefisien Situs, $F_v$ .....	158
<b>Tabel 4.10</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	160

<b>Tabel 4.11</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik .....	160
<b>Tabel 4.12</b> Partisipasi Massa Output SAP2000 .....	162
<b>Tabel 4.13</b> Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	163
<b>Tabel 4.14</b> Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung .....	164
<b>Tabel 4.15</b> Berat Total Bangunan .....	165
<b>Tabel 4.16</b> Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa .....	166
<b>Tabel 4.17</b> Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada Sumbu X ..	167
<b>Tabel 4.18</b> Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada Sumbu Y ..	168
<b>Tabel 4.19</b> Momen Terbesar pada Balok Induk.....	187
<b>Tabel 4.20</b> Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Balok Induk .....	212
<b>Tabel 4.21</b> Kuat Lentur Nominal Balok yang Dihasilkan .....	217
<b>Tabel 4.22</b> Required Development Lengths .....	231
<b>Tabel 4.23</b> Required Development Lengths .....	237
<b>Tabel 4.24</b> Bestat Tulangan Sengkang Balok Induk.....	243
<b>Tabel 4.25</b> Bestat Tulangan Sengkang Balok Anak .....	243
<b>Tabel 4.26</b> Tulangan Lentur Pracetak Balok Induk .....	244
<b>Tabel 4.27</b> Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Memanjang Lantai 2.....	245
<b>Tabel 4.28</b> Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Memanjang Lantai 3 - Atap.....	247
<b>Tabel 4.29</b> Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Memanjang Lantai Rumah Lift .....	248
<b>Tabel 4.30</b> Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Melintang Lantai 2 .....	248
<b>Tabel 4.31</b> Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Melintang Lantai 3 - Atap .....	249
<b>Tabel 4.32</b> Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Melintang Lantai Rumah Lift .....	249
<b>Tabel 4.33</b> Tulangan Lentur Pracetak Balok Anak.....	250
<b>Tabel 4.34</b> Tulangan Lentur Overtopping Balok Anak .....	251

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Terdapat beberapa metode pembangunan suatu gedung, diantaranya adalah dengan menggunakan metode beton pracetak. Metode beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*fabrication*) dan selanjutnya dipasang di lokasi proyek (*installation*).

Penggunaan beton pracetak memiliki keunggulan dibandingkan beton dengan sistem pengecoran di tempat (*cast in site*), diantaranya tidak memerlukan bekisting dan penopang bekisting yang terlalu banyak, mutu beton lebih terjamin dikarenakan proses pembuatan beton pracetak dilakukan di pabrik. Namun pemilihan pemakaian metode beton pracetak lebih tepat dan efisien apabila diterapkan pada kondisi tertentu, yaitu pada bangunan gedung yang memiliki banyak elemen struktur tipikal, sehingga lebih mudah dalam pengerjaan dan pelaksanaannya. Selain itu sambungan struktur yang menggunakan beton pracetak belum dapat benar-benar menjamin menahan gaya gempa dengan intensitas tinggi.

Metode beton pracetak akan lebih efektif digunakan jika volume pekerjaan komponen pracetak lebih besar  $\pm 2200 \text{ m}^3$  atau termasuk bangunan bertingkat tinggi. Sedangkan apabila volume pekerjaan komponen pracetak kurang dari  $\pm 2200 \text{ m}^3$  maka disarankan menggunakan beton konvensional/pengecoran di tempat. (Soetjipto, 2004). Hansson B. pada tahun 1996 melakukan perbandingan bangunan hotel dengan tipe denah identik menggunakan metode beton pracetak dan metode cor di tempat hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi waktu dengan beton pracetak mencapai  $\pm 40\%$  dibandingkan dengan metode cor di tempat.

Berdasarkan kutipan di atas, maka dalam Tugas Akhir Terapan ini penulis akan melakukan modifikasi Gedung Hotel



Premier Inn di Jalan Biliton No. 24-26 Surabaya yang semula menggunakan metode cor di tempat menjadi menggunakan metode beton pracetak dikarenakan selain bentuk struktur gedung tersebut yang tipikal, pekerjaan komponen pracetak gedung tersebut mencapai lebih dari 2200 m<sup>3</sup>.

Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem ini digunakan berdasarkan data tanah yang didapatkan dan melakukan perhitungan kategori desain seismik sesuai dengan SNI 1726:2012. Dari perhitungan kategori desain seismik diperoleh kategori desain seismik D. Dimana berdasarkan dengan SNI 1726:2012 tabel 9 bahwa kriteria desain yang sesuai dengan kategori desain seismik yang ada adalah sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam perencanaan struktur Gedung Hotel Premier Inn Surabaya dengan menggunakan metode pracetak (*precast*) terdapat beberapa permasalahan yang timbul, antara lain:

1. Bagaimana mendesain tipe pelat dan balok pracetak pada Gedung Hotel Premier Inn Surabaya?
2. Bagaimana merancang sambungan pracetak sesuai peraturan yang berlaku?
3. Bagaimana metode pelaksanaan untuk pekerjaan penulangan balok pracetak?

## **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan yang diharapkan, antara lain:

1. Dapat menghasilkan tipe pelat dan balok pracetak pada Gedung Hotel Premier Inn Surabaya.
2. Dapat menghasilkan sambungan antar elemen pracetak sesuai peraturan yang berlaku.
3. Dapat menghasilkan metode pelaksanaan untuk pekerjaan penulangan balok pracetak.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Permasalahan untuk penyederhanaan perhitungan sehingga tujuan dari penulisan Tugas Akhir Terapan ini dapat dicapai, antara lain:

1. Dalam merencanakan struktur elemen hotel ini direncanakan penggunaan teknologi beton pracetak pada elemen balok dan pelat, sedangkan untuk kolom dan tangga direncanakan menggunakan sistem cor di tempat (*cast in site*).
2. Tidak merencanakan pondasi bangunan, manajemen konstruksi, sistem utilitas, dan arsitektural.
3. Tidak membandingkan lama pengerjaan dan rencana anggaran biaya proyek konstruksi gedung antara metode beton pracetak (*precast*) dengan metode cor di tempat (*cast in site*).
4. Metode pelaksanaan yang ditinjau hanya untuk pekerjaan penulangan elemen balok pracetak.

#### **1.5 Manfaat**

1. Memberikan perancangan struktur baru Gedung Hotel Premier Inn Surabaya dengan menggunakan metode beton pracetak (*precast*).
2. Dapat merancang detail sambungan pracetak.
3. Menambah wawasan khususnya bagi penulis tentang metode beton pracetak (*precast*).

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Dalam dunia konstruksi beton saat ini umumnya dikenal dua cara metode konstruksi yaitu cara konvensional (*concrete in situ*) atau *cast in site* dan cara metode pracetak (*precast*). Menurut SNI 2847:2013, beton pracetak adalah elemen struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur.

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

Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 9 suatu bangunan gedung diharuskan memiliki sistem struktur yang sesuai dengan faktor daya tahan terhadap gempa. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dapat digunakan pada bangunan yang memiliki kategori desain seismik B, C, D, E, dan F. Akan tetapi pada umumnya SRPMK digunakan pada bangunan yang memiliki kategori desain seismik D, E, dan F dikarenakan kategori desain seismik C dapat didesain dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan kategori desain seismik B dapat didesain dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

**Tabel 2.1** Faktor Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (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</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</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>g</sup>	3½	10	10	10	10	10

(SNI 1726:2012 Tabel 9)

Adapun persyaratan khusus lain yang membedakan antara SRPMK dengan sistem struktur yang lainnya, adalah sebagai berikut:

1. Analisis Spektrum Respons Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.2 besarnya gaya gempa pada struktur merupakan pembagian nilai spektrum respon dengan  $(R/I_e)$ . Dimana koefisien modifikasi respon ( $R$ ) berbeda tiap sistem struktur. Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 9 nilai  $R$  pada SRPMK adalah sebesar 8.

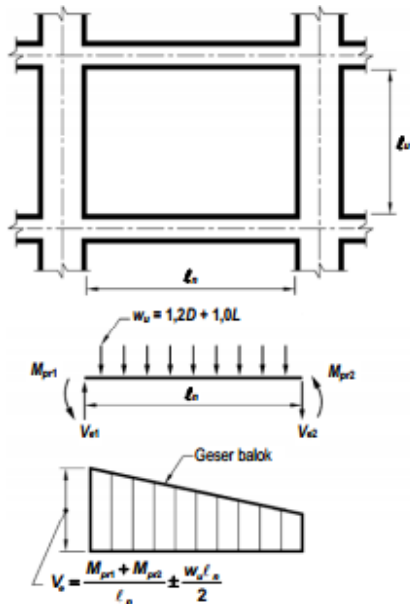
2. Pendetailan elemen struktur pada SRPMK didasarkan atas SNI 2847:2013 pasal 21.5 – 21.8, berikut ketentuan detail tulangan sistem penahan gaya seismik SRPMK:

## A. Balok

- Pembatasan dimensi balok (SNI 2847:2013 pasal 21.5.1.2 – 21.5.1.4)
  - Bentang bersih untuk komponen struktur ( $l_n$ )  $< 4 \times$  tinggi efektif ( $d$ )
  - Lebar komponen ( $b_w$ )  $> 0,3$  tinggi balok ( $h$ )  
 $b_w > 250 \text{ mm}$
- Tulangan longitudinal (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2)
  - Luasan tulangan atas maupun bawah tidak boleh kurang dari berikut:  

$$A_{s,min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \times b_w \times d$$
 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
  - $M_{muka\ joint}^+ > \frac{1}{2} M_{muka\ joint}^-$
  - $M_{sebarang\ penampang}^{+/-} > \frac{1}{4} M_{maks}$
- Tulangan transversal (SNI 2847:2013 pasal 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 ( $D$ )  
 $S \leq 150 \text{ mm}$

- Kekuatan geser (SNI 2847:2013 pasal 21.5.4)

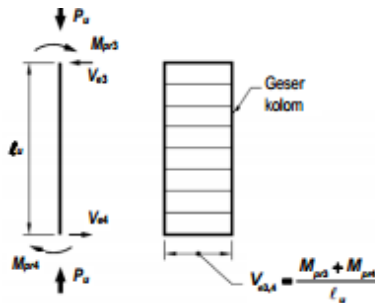


**Gambar 2.1** Geser Desain Untuk Balok  
(SNI 2847:2013 gambar S21.5.4)

- 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)  $P_u < \frac{Ag \times f'_c}{20}$

## B. Kolom

- Pembatasan dimensi kolom (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1)
  - Dimensi terpendek  $\geq 300mm$
  - Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus  $\geq 0,4$
- Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur (Pu) tidak boleh melebihi  $\frac{Ag \times F_{cl}}{10}$  (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1)
- Kekuatan lentur minimum kolom (SNI 2847:2013 pasal 21.6.2)



**Gambar 2.2** Geser Desain Untuk Kolom  
(SNI 2847:2013 gambar S21.5.4)

- $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$   
 $\sum M_{nc}$  = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint  
 $\sum M_{nb}$  = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint
- Tulangan memanjang (SNI 2847:2013 pasal 21.6.3)
  - Luas tulangan memanjang ( $A_{st}$ )  $\geq 0,01$  luas penampang ( $A_g$ )  

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



- Tulangan transversal (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4)

- Tulangan transversal dipasang sepanjang

$$l_0 \geq \text{tinggi komponen pada muka joint}$$

$$l_0 \geq \frac{1}{6} l_{n\text{kolom}}$$

$$l_0 \geq 450 \text{ mm}$$

- Spasi tulangan tranversal sepanjang  $l_0$  ( $S$ )  $\leq$

$$\frac{1}{4} \text{ dimensi komponen struktur}$$

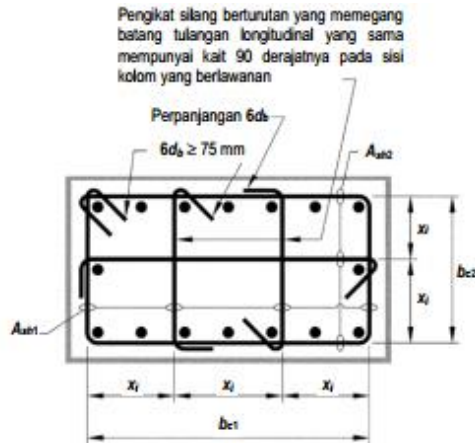
$$S \leq 6 \times$$

Diameter kolom longitudinal

$$S \leq S_0$$

$$\text{Untuk } S_0 = 100 + \frac{350 - h_x}{3} d$$

Nilai  $S_0$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm. Untuk nilai  $h_x$  yang digunakan diambil dari nilai terbesar dari xi.



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 2.3** Tulangan Transversal pada Kolom  
(SNI 2847:2013 gambar S21.6.4.2)

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

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

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s \times b_c \times f'_c}{f_{yt}}$$

### C. Joint Rangka Momen Khusus

- Panjang penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik (SNI 2847:2013 pasal 21.7.5)
  - Panjang penyaluran dengan kait 90°
    - $(l_{ah}) > 8 \times d_b$
    - $l_{ah} > 150 \text{ mm}$
    - $l_{ah} > \frac{f_y \times d_b}{5,4 \times \sqrt{f'_c}}$
  - Panjang penyaluran batang tulangan lurus
    - $l_d > 2,5 l_{ah}$  (tinggi balok < 300 mm)
    - $l_d > 3,25 l_{ah}$  (tinggi balok > 300 mm)
- Kekuatan geser
  - Pada SRPMK beton pracetak berdasarkan Pasal 21.8.2 nilai  $V_n$  seperti berikut
    - $V_n = A_{vf} \times f_y \times \mu$
    - Tidak kurang dari 2  $V_e$
  - Sambungan mekanis tulangan beton harus ditempatkan tidak lebih dekat dari  $\frac{h}{2}$  dari muka joint.

## 2.3 Pembebanan

### 2.3.1 Beban Mati

Definisi beban mati menurut SNI 1727:2013 pasal 3.1.1 yaitu berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, kladding gedung dan komponen arsitektural

dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

Beban mati yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir Terapan ini menggunakan Peraturan SNI 1727:2013 pasal 3.1 dimana dalam pasal tersebut dijelaskan bahwa dalam perancangan harus digunakan berat bahan yang sebenarnya. Namun, apabila tidak ada informasi maka dipergunakan nilai yang disetujui berbagai pihak yang berwenang.

### 2.3.2 Beban Hidup

Definisi beban hidup menurut SNI 1727:2013 pasal 4.1 yaitu beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir Terapan ini menggunakan SNI 1727:2013.

### 2.3.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui klasifikasi situs tanah dan percepatan yang terjadi pada batuan dasar.

#### a. Klasifikasi Situs Tanah

SNI 1726:2012 pasal 5 mengklasifikasikan situs tanah ke dalam 6 kelompok. Pengelompokan berdasarkan:

**Tabel 2.2** Klasifikasi Situs Tanah

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

(SNI 1726:2012 Tabel 3)

b. Kategori Risiko Bangunan Gedung

Kategori risiko bangunan gedung dibedakan sesuai dengan fungsi dari bangunan tersebut. Banyak faktor yang mempengaruhi dari tingkat kategori risiko bangunan seperti: tingkat risiko terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, potensi menyebabkan dampak ekonomi dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat apabila terjadi kegagalan, serta keharusan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan sesuai SNI 1726:2012 tabel 1.

**Tabel 2.3** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <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
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki 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
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

(SNI 1726:2012 Tabel 1)

**Tabel 2.4** Faktor Keutamaan Gempa

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

(SNI 1726:2012 Tabel 2)

- c. Kategori Desain Seismik (KDS)  
Semua struktur harus ditetapkan KDS berdasarkan kategori risiko dan parameter percepatan respon spektra desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode satu detik ( $S_{D1}$ ).

**Tabel 2.5** 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

(SNI 1726:2012 Tabel 6)

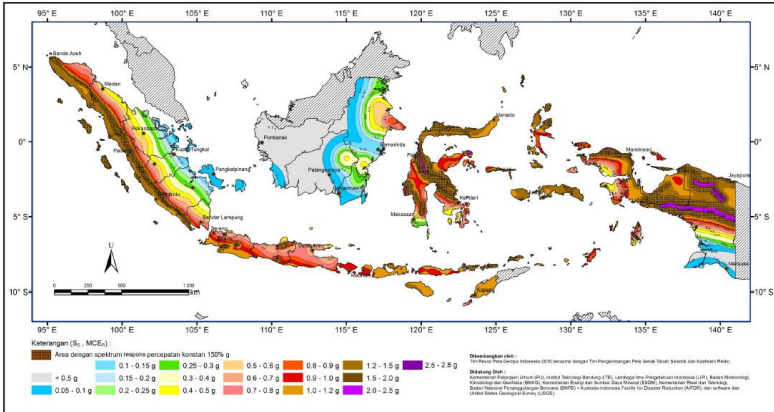
**Tabel 2.6** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

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

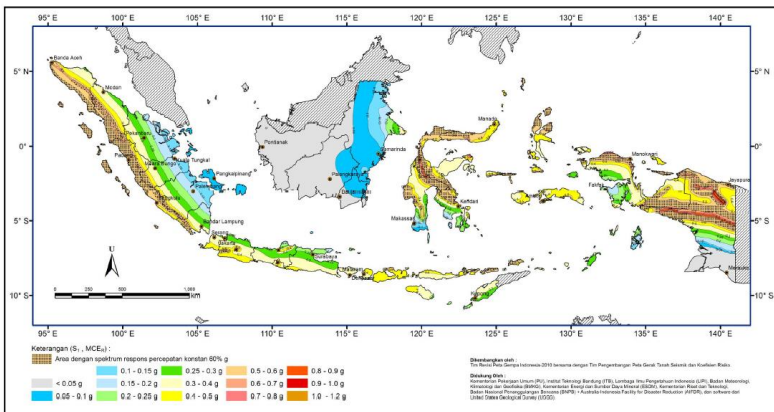
(SNI 1726:2012 Tabel 7)

Untuk menentukan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  dapat diperoleh dari parameter percepatan batuan dasar periode pendek ( $S_s$ )

dan parameter percepatan batuan dasar periode 1 detik ( $S_1$ ) yang ada pada gambar peta gempa Indonesia di bawah ini:



**Gambar 2.4** Peta untuk  $S_s$  (SNI 1726:2012 Gambar 9)



**Gambar 2.5** Peta untuk  $S_1$  (SNI 1726:2012 Gambar 10)

Dalam SNI 1726:2012 Pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai  $N$  rata-rata berdasarkan data hasil uji tanah SPT.

Klasifikasi situs berdasarkan  $S_s$

**Tabel 2.7** 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	$SS^b$				

(SNI 1726:2012 Tabel 4)

Klasifikasi situs berdasarkan  $S_1$

**Tabel 2.8** 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	$SS^b$				

(SNI 1726:2012 Tabel 5)

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.2 untuk menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode satu detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

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

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

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.3 untuk menentukan parameter percepatan respon spektra desain untuk periode

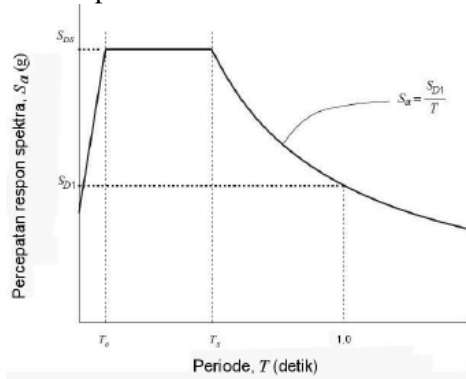


pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode satu detik ( $S_{D1}$ ) harus ditentukan melalui rumus sebagai berikut:

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS}$$

$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1}$$

d. Spektrum Respon Desain



**Gambar 2.6** Spektrum Respon Desain

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.4 untuk membuat kurva spectrum respon desain:

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

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

- Untuk periode ( $T$ ) yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ) harus diambil dari persamaan:

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

- Untuk periode ( $T$ ) yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_S$ , spektrum respons percepatan desain:

$$S_a = S_{DS}$$

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

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

e. Analisis Gaya Lateral

**Tabel 2.9** Prosedur Analisis yang Boleh Diijinkan

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, C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan	I	I	I
	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	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

CATATAN: Diijinkan, TI: Tidak Diijinkan

(SNI 1726:2012 Tabel 13)

Perhitungan prosedur gaya lateral ekuivalen didasarkan pada SNI 1726:2012 pasal 7.8, berikut tahapannya:

1. Gaya Dasar Seismic

$$V = C_s \times W$$

Keterangan:

$C_s$  = Koefisien respons seismic

$W$  = Berat seismik menurut pasal 7.7.2 (SNI 1726:2012)

Untuk nilai  $C_s$  sebagai berikut:

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

Keterangan:

$S_{DS}$  = Percepatan spektrum respon desain dalam periode pendek

$R$  = Faktor modifikasi respon dalam (Tabel 9 SNI 1726:2012)

$Ie$  = Faktor keutamaan hunian

Nilai  $C_s$  diatas tidak perlu melebihi:

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

Dan di Nilai  $C_s$  tidak kurang dari:

$$C_s = 0,44 \times S_{DS} \times Ie \geq 0,01$$

Untuk struktur berlokasi dimana  $S_1 > 0,6$  g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari:

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

Keterangan:

$S_{D1}$  = Percepatan spektrum respon desain dalam periode 1,0 detik

$T$  = Periode struktur dasar (detik)

$S_1$  = Percepatan spektrum respon maksimum

## 2. Periode Alami Fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 penentuan perkiraan perioda alami fundamental  $T_a$  harus ditentukan sebagai berikut:

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Keterangan:

$h_n$  = Ketinggian total struktur (m)

$C_t$  = Diambil dari tabel 2.10

$x$  = Diambil dari tabel 2.10

**Tabel 2.10** Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$ 

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi 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

(SNI 1726:2012 Tabel 15)

### 3. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

$$F_x = C_{vX} \times V$$

$$C_{vX} = \frac{w_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n (w_i \times h_i^k)}$$

Keterangan:

$C_{vx}$  = Faktor distribusi vertikal

$V$  = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

$w_i$  dan  $w_x$  = Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$h_i$  dan  $h_x$  = Tinggi (m) dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$

$k$  = Eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut:

untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang,  $k = 1$  untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 2,5 detik atau lebih,  $k = 2$  untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 detik,  $k$  harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

### 4. Geser tingkat desain gempa di semua tingkat ( $V_x$ ) (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i$$

Keterangan:

$F_i$  = Bagian dari geser dasar seismic ( $V$ ) (kN) yang timbul di tingkat  $i$ .

#### 2.3.4 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1727:2013 pasal 2.3.2 kombinasi untuk kekuatan perlu harus paling tidak sama dengan kekuatan terfaktor.

##### a. Kombinasi Ultimate

1. 1,4 D
2. 1,0 D + 1,0 L
3. 1,2 D + 1,0 L
4. 1,2 D + 1,6 L
5. 1,2 D + 1,6 L + 1,5 Lr
6. 1,2 D + 1,0 L + 1,0 Ex + 0,3 Ey
7. 1,2 D + 1,0 L + 1,0 Ey + 0,3 Ex
8. 0,9 D + 1,0 Ex + 0,3 Ey
9. 0,9 D + 1,0 Ey + 0,3 Ex

Menurut SNI 1727:2013 pasal 2.4.1 kombinasi beban nominal untuk menggunakan desain tegangan izin.

##### b. Kombinasi Layan

1. D
2. D + L
3. D + Lr
4. D + 0,75 L + 0,75 Lr

Keterangan:

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

## 2.4 Preliminary Design

Preliminary Design merupakan tahapan pradesain dimensi elemen struktural yang mencakup pelat, balok, kolom, dan tangga.

Tahapan ini diperlukan dalam panduan perhitungan struktur dan analisa pada perencanaan dari gedung ini.

#### 2.4.1 Dimensi Pelat

Berikut ini langkah-langkah perhitungan dalam menentukan dimensi pada elemen pelat, yaitu :

1. Menentukan terlebih dahulu apakah pelat tergolong pelat satu arah (*one way slab*) atau pelat dua arah (*two way slab*). Penentuan sistem perencanaan plat di dasarkan pada pembagian  $\frac{L_y}{L_x}$ .

Apabila  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$ , maka plat termasuk satu arah, begitu pun sebaliknya.

2. Tebal minimum pelat satu arah (*one way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 (tabel 9.5 (a)). Sedangkan untuk pelat dua arah (*two way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.
3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3:

1. Untuk  $\alpha_m \leq 2$

Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm

Tebal pelat dengan penebalan 100 mm

2. Untuk  $0,2 < \alpha_m \leq 2$

Ketebalan pelat minimum harus memenuhi:

$$h_{\min} = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \geq 125\text{mm}$$

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$$

3. Untuk  $\alpha_m < 2$

Ketebalan pelat minimum harus memenuhi:

$$h_{\min} = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \geq 90\text{mm}$$

$$\beta = \frac{l_n}{s_n}$$

Keterangan :

$l_n$  = Bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm)

$h$  = Tebal pelat (mm)

$\beta$  = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah pendek pelat.

$f_y$  = Tegangan leleh baja (MPa)

$\alpha_f$  = Rasio kekuatan lentur

$\alpha_{fm}$  = Nilai rata-rata  $\alpha_f$  untuk keempat sisi pelat

Setelah penentuan tipe pelat dan tebal pelat total yang digunakan, kemudian menentukan tebal elemen pelat pracetak dimana penentuan tersebut dibatasi oleh kemampuan angkat tower crane. Lebar dari elemen pelat pracetak tidak lebih dari 3,7 m (SNI 2847:2013 pasal 16.4.1). Tumpuan untuk elemen pelat pracetak dalam arah bentang paling sedikit  $\frac{l_n}{180}$  akan tetapi tidak kurang dari 50 mm (SNI 2847:2013 pasal 16.6.2.2)

#### 2.4.2 Dimensi Balok

**Tabel 2.11** Tebal Minimum Pelat dan Balok

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak mendukung atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat berusuk satu-arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$
CATATAN:				
Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut.				
a) Untuk struktur beton ringan dengan densitas $w_c$ antara 1 440 kg/m <sup>3</sup> dan 1 840 kg/m <sup>3</sup> , nilai harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ , tapi tidak kurang dari 1,09.				
b) Untuk $f_y$ selain 420 MPa, nilai harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$				

(SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a))

#### 1. Menentukan tinggi minimum balok

- Apabila digunakan  $f_y = 420$  Mpa

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

- Selain  $f_y = 420 \text{ Mpa}$

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

Keterangan :

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

$L$  = Panjang balok (mm)

$f_y$  = Tegangan leleh baja (MPa)

## 2. Menentukan lebar minimum balok

- Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.1.3 dimana,  
 $b_w \geq 250 \text{ mm}$  dan  $b_w \geq 0,3h$

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

### 2.4.3 Dimensi Kolom

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

$$A = \frac{W}{\theta \times f_c'}$$

Keterangan:

$A$  = Luas penampang kolom

$W$  = Beban aksial yang diterima kolom

$\theta$  = Faktor reduksi

$f_c'$  = Kuat tekan beton

### 2.4.4 Dimensi Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi  
 $60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$

Keterangan:

$t$  = Tinggi injakan

$i$  = Lebar injakan

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



## 2.5 Tinjauan Elemen Pracetak

Agar elemen pracetak yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan dan tidak mengalami kesulitan dalam proses fabrikasi, transportasi, dan instalasi, hendaknya perencana mengetahui mengenai elemen-elemen struktur beton pracetak yang umum digunakan dan diproduksi saat ini.

### 2.5.1 Pelat

Pelat adalah elemen datar horizontal yang terletak pada lantai dan atap sebuah bangunan yang berfungsi menahan gaya gravitasi atau gaya lateral. Ketebalan plat sangat kecil apabila dibandingkan dengan panjang atau lebarnya. (M. Nadhimm Hasoun, Akhtem Al manaseer in *structural theory-concrete and design*). Dalam *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete*, ada tiga macam pelat pracetak yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

#### 1. Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan pratekan. Pelat pracetak berlubang ini telah menjadi salah satu jenis elemen pelat pracetak yang sering digunakan di negara-negara Eropa. Hal ini dikarenakan keuntungan dari pelat jenis ini antara lain lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi.



**Gambar 2.7** *Hollow Core Slab*  
(*PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010*)

#### 2. Pelat Pracetak Tanpa Lubang (*Solid Slab*)

Pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang.

Keuntungan dari penggunaan pelat pracetak ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang.

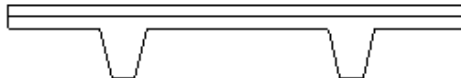


**Gambar 2.8** *Solid Slab*

(*PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010*)

### 3. Pelat Pracetak T Ganda (*Double Tee Slab*)

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



**Gambar 2.9** *Double Tee Slab*

(*PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010*)

## 2.5.2 Balok

Dalam *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete*, ada tiga macam balok pracetak yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

### 1. Balok Berpenampang Persegi (*Rectangular Beam*)

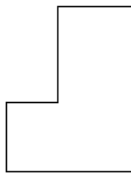
Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



**Gambar 2.10** *Rectangular Beam*  
 (PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed  
 Concrete, 2010)

2. Balok Berpenampang L (Ledger Beam)

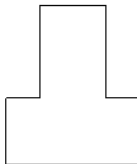
Balok ini biasanya digunakan untuk perletakan pelat yang berada di tepi bangunan.



**Gambar 2.11** *Ledger Beam*  
 (PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed  
 Concrete, 2010)

3. Balok Berpenampang T Terbalik (*Inverted Tee Beam*)

Bentuk balok ini biasanya digunakan untuk perletakan antar dua pelat yang berada di tengah bangunan.



**Gambar 2.12** *Inverted Tee Beam*  
 (PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed  
 Concrete, 2010)

## 2.6 Sambungan Beton Pracetak

Dalam sebuah struktur bangunan, sambungan akan menjadi salah satu unsur yang penting dalam sistem struktur. Oleh karena itu, perencanaan sambungan harus diperhatikan dengan seksama sehingga tidak menyulitkan pada saat pelaksanaan. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, perencana harus mengetahui bagaimana sebuah sambungan dapat mempengaruhi aliran gaya melalui struktur yang terkena gaya horizontal ataupun vertikal.

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat 3 macam sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut antara lain, sambungan dengan cor setempat (*in situ concrete joint*), sambungan dengan menggunakan las, dan sambungan dengan menggunakan baut. Masing-masing dari jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan sendiri-sendiri yang disajikan dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 2.12** Perbedaan Metode Penyambungan

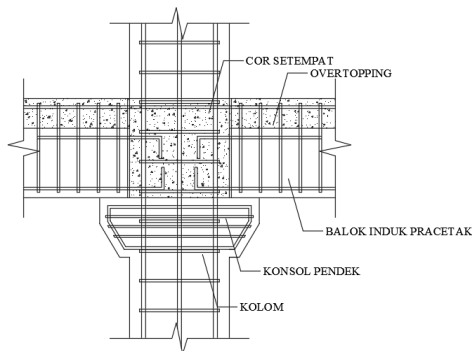
Deskripsi	Sambungan dengan Cor Setempat	Sambungan dengan Las Baut
Keutuhan struktur	Monolit	Tidak monolit
Jenis sambungan	Basah	Kering
Toleransi dimensi	Lebih tinggi	Tergolong rendah, sehingga dibutuhkan akurasi yang tinggi selama produksi dan pemasangan
Kebutuhan waktu agar berfungsi secara efektif	Perlu setting time	Segera dapat berfungsi
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter

Metode pemasangan yang sesuai	<i>Horizontal method</i>	<i>Vertical method</i>
Bentang dari struktur yang mampu didukung	Terbatas	Terbatas

(Ervianto, 2006)

### 1. Sambungan Cor Setempat

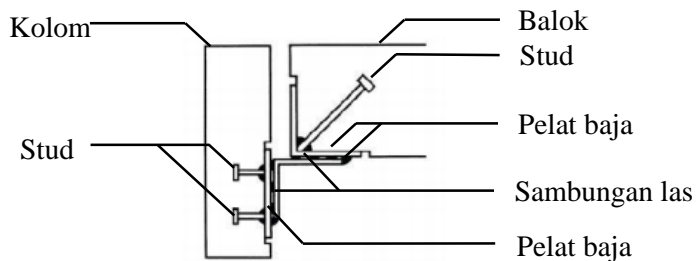
Sambungan cor setempat yaitu sambungan dimana elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan cor setempat sering digunakan dalam dunia konstruksi dikarenakan kemudahan dalam pelaksanaannya. Selain itu sambungan ini dapat membuat bangunan menjadi lebih kaku dibandingkan menggunakan sambungan jenis lain. Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung/penghubung antar elemen beton. Dalam perencanaan ini akan direncanakan menggunakan sambungan cor setempat.



**Gambar 2.13** Sambungan Cor Setempat

## 2. Sambungan Las

Sambungan las yaitu sambungan dimana alat sambung yang digunakan adalah pelat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung/disatukan dengan bantuan las. Melalui pelat baja inilah gaya-gaya yang akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutup pelat sambungan tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi.



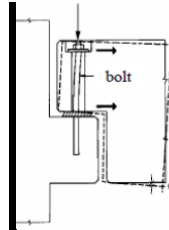
**Gambar 2.14** Sambungan Las

Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok didukung oleh corbels atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu dengan kolom. Penyatuan antara dua komponen tersebut menggunakan las yang dilaksanakan pada pelat baja tertanam dengan balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom.

## 3. Sambungan Baut

Sambungan baut menjadi salah satu tipe sambungan yang paling mudah dan aman dalam penggunaannya, namun dengan syarat dan toleransi yang tinggi. Sambungan dengan cara ini diperlukan pelat baja di kedua elemen beton pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi.

Selanjutnya pelat sambung tersebut dicor dengan adukan beton guna melindungi dari korosi.

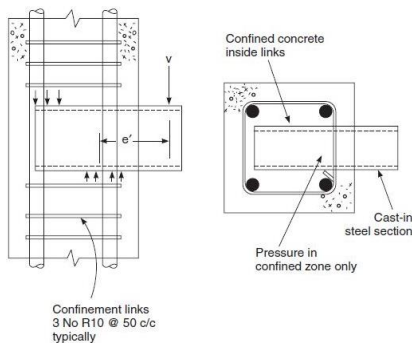


**Gambar 2.15** Sambungan Baut

## 2.6.1 Sambungan Balok dan Kolom

### 1. Sambungan Pelat

Sambungan pelat adalah sambungan dengan cara memasukkan pelat tipis ke dalam kolom untuk mentransfer gaya geser dan aksial, terkadang gaya lendutan dan torsi yang terjadi pada kolom.

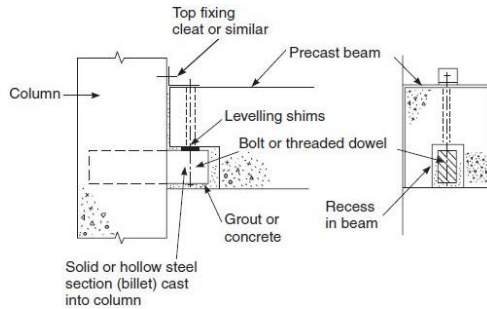


**Gambar 2.16** Sambungan Pelat

### 2. Sambungan *Billet*

Sambungan *billet* adalah sambungan yang menggunakan besi ulir atau baut yang dimasukkan melewati lubang yang telah dibuat antara balok dan *billet*. Bagian yang kosong di sekitar *billet* akan ditutup dengan

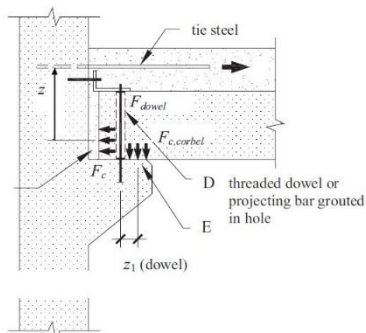
*grouting*. Sambungan ini termasuk sambungan tersembunyi, sehingga baik untuk bangunan yang membutuhkan estetika tinggi dikarenakan letaknya yang tidak kasat mata.



**Gambar 2.17** Sambungan *Billet*

### 3. Sambungan Beton Corbel

Sambungan beton corbel merupakan salah satu proyeksi dari kantilever dengan bentang pendek, terletak pada muka kolom dan menjadi pendukung elemen pracetak horizontal di atasnya. Berbeda dengan sambungan billet, sambungan ini biasa digunakan ketika estetika sambungan tidak diutamakan.

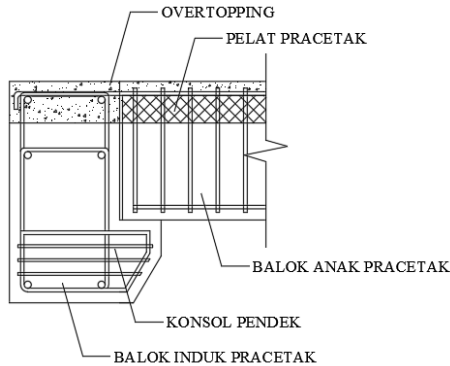


**Gambar 2.18** Sambungan Corbel



### 2.6.2 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Sambungan antar balok pracetak harus bersifat kaku atau monolit. Oleh sebab itu, pada sambungan elemen pracetak ini harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki kekuatan yang sama dengan beton cor di tempat. Sambungan antar balok pracetak disambung oleh tulangan tarik pokok atas yang memanjang menghubungkan antar balok.

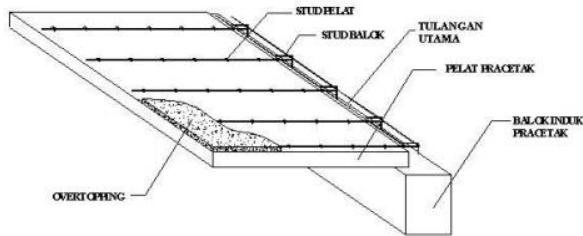


**Gambar 2.19** Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

### 2.6.3 Sambungan Balok dan Pelat

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi maka gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak harus tersalurkan pada elemen balok, dengan cara:

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (*topping*), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan.
- *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara pelat pracetak dengan balok pracetak.

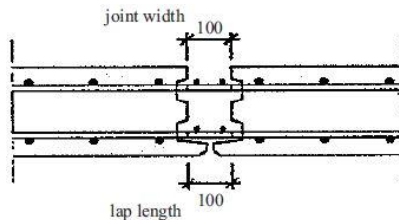


**Gambar 2.20** Sambungan Balok dan Pelat Pracetak

## 2.6.4 Sambungan Pelat dan Pelat

### 1. Sambungan Menerus

Sambungan menerus adalah sambungan dimana dua tulangan saling meneruskan untuk membuat tulangan menjadi satu garis. Panjang dari tulangan yang diteruskan tergantung dari ukuran, kuat beton, dan spasinya. Desain sambungan berdasarkan prinsip kesetimbangan daktilitas. Joint pada sambungan diasumsikan sebagai komponen yang mudah rapuh sehingga harus diberikan kapasitas yang cukup untuk memastikan bahwa lentur atau tarik yang menyebabkan keretakan tidak terjadi di joint melainkan di elemen sambungan betonnya.

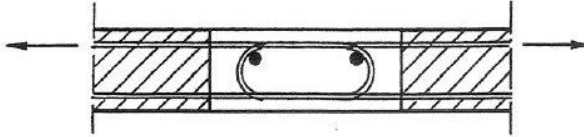


**Gambar 2.21** Sambungan Menerus

### 2. Sambungan Loop

Sambungan loop dapat digunakan untuk menyalurkan gaya tarik, lendutan, dan momen. Sambungan ini biasanya digunakan pada pelat solid yang membutuhkan penerusan.

Akan tetapi, pada praktiknya tipe sambungan ini sulit dalam hal pengerjaannya.



**Gambar 2.22** Sambungan Loop

## 2.7 Titik Angkat Elemen Pracetak

Titik angkat harus direncanakan untuk menjaga elemen pracetak agar tegangan yang dipikulnya tidak melebihi batas dan untuk membuat elemen pracetak dapat diangkat. Komponen pracetak yang tidak simetris memerlukan penanganan yang lebih dalam perencanaan titik angkat. Hal-hal yang harus diperhatikan selama pengangkatan:

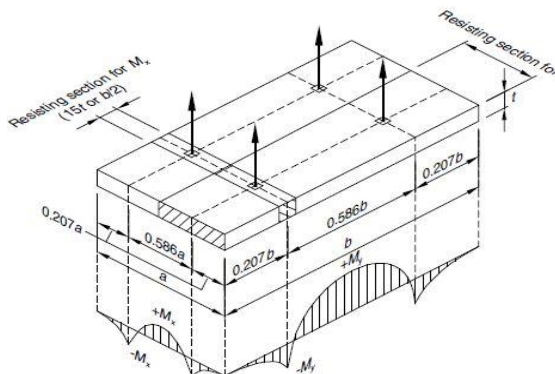
- a. Stabilitas dan kontrol tegangan pada elemen pada saat diangkat.
- b. Ukuran dan berat elemen yang dapat dikirim dan sesuai dengan alat berat yang diperlukan.
- c. Kapasitas alat (*mobile crane* atau *tower crane*) di pabrik atau di *site* serta posisi dan jangkauan alat angkat.
- d. Jarak penumpukan,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

### 2.7.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Ada beberapa titik angkat yang disyaratkan untuk mengangkat elemen dari cetakan maupun saat akan melakukan pemasangan.

### 1. Empat Titik Angkat

- Momen Maksimum (pendekatan):  
 $+M_x = -M_x = 0,0107 w a^2 b$   
 $+M_y = -M_y = 0,0107 w a b^2$
- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dari  $15t$  atau  $b/2$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$

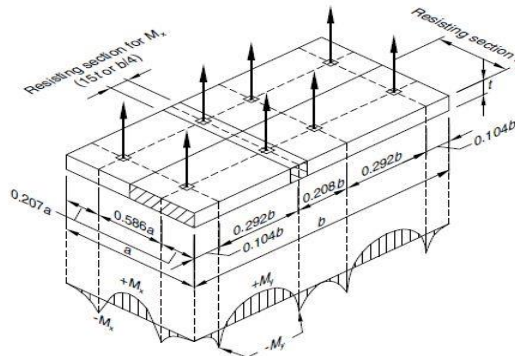


**Gambar 2.23** Posisi Titik Angkat Pelat (4 buah titik angkat)

(*PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010*)

### 2. Delapan Titik Angkat

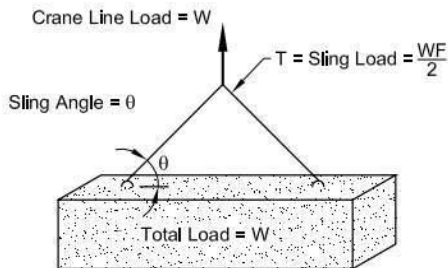
- Momen Maksimum (pendekatan):  
 $+M_x = -M_x = 0,0054 w a^2 b$   
 $+M_y = -M_y = 0,0054 w a b^2$
- $M_x$  ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dari  $15t$  atau  $b/4$
- $M_y$  ditahan oleh penampang dengan lebar  $a/2$



**Gambar 2.24** Posisi Titik Angkat Pelat (8 buah titik angkat)  
(*PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010*)

### 2.7.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan ankur pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



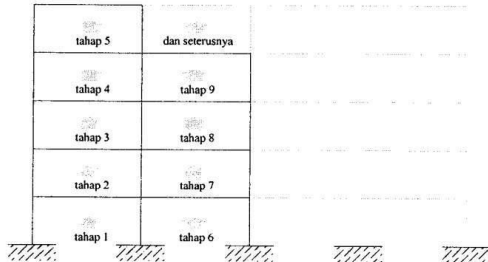
**Gambar 2.25** Posisi Titik Angkat Balok Pracetak  
(*PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010*)

## 2.8 Metode Konstruksi (*Erection*)

Proses pemasangan beton pracetak yang telah diproduksi dan layak untuk disatukan menjadi bagian bangunan disebut dengan *erection* (Ervianto, 2006). Peralatan yang dibutuhkan pada tahap *erection* adalah *tower crane* atau *mobile crane*. Faktor yang mempengaruhi metode *erection* adalah sistem struktur bangunan, jenis alat sambung yang akan digunakan, kapasitas alat berat (*crane*) yang tersedia, dan kondisi lapangan. Metode yang dapat digunakan dibedakan menjadi 2, yaitu metode vertikal (*vertical method*) dan metode horizontal (*horizontal method*).

### 2.8.1 Metode Vertikal

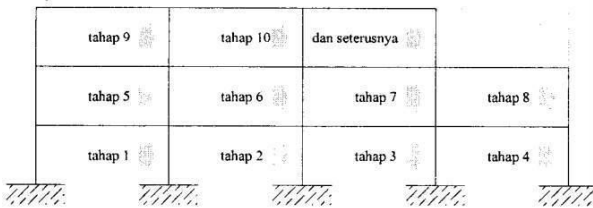
Metode vertikal adalah kegiatan penyatuan komponen beton pracetak yang dilaksanakan pada arah vertikal struktur bangunan yang mempunyai kolom menerus dari lantai dasar hingga lantai paling atas. Dengan demikian maka sambungan pada lantai di atasnya harus dapat segera bekerja secara efisien. Pada bangunan yang mempunyai ketinggian tertentu, selama proses *erection* harus ditambah/ditopang oleh struktur sementara (*bracing*) yang berfungsi menahan gaya-gaya yang timbul selama *erection*. Pemasangan *bracing* ini pada umumnya tidak mengalami kesulitan. Namun, hal ini membutuhkan waktu untuk pelaksanaannya sehingga akan menambah siklus waktu *erection*. Komponen beton pracetak yang berbentuk panel/dinding *tilt-up construction*. Komponen ini dipasang dengan memiringkannya dan kemudian menegakkannya dengan ditopang oleh *steel support*. Pemasangan komponen ini termasuk *vertical method* karena sambungan-sambungannya harus segera dapat berfungsi secara efektif.



**Gambar 2.26** Metode Konstruksi Arah Vertikal

### 2.8.2 Metode Horizontal

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses *erection* yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom *precast* dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk pengerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah *in-situ concrete joint*.



**Gambar 2.27** Metode Konstruksi Arah Horizontal

## 2.9 Transportasi

Sistem transportasi berpengaruh terhadap waktu, efisiensi konstruksi, dan biaya transport. Dalam pengiriman beton pracetak ke lokasi proyek diperhatikan beban yang akan diangkut oleh *flatbed truck*. Beban tersebut harus memenuhi syarat beban maksimum yang diizinkan. Di Indonesia ukuran maksimum

*flatbed truck* yaitu ukuran 40, dengan kapasitas sebesar 1200 cm x 240 cm x 150 cm, dan beban maksimum sebesar 30 ton.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam pengangkutan elemen pracetak, antara lain:

1. Berapa lama waktu yang diperlukan untuk mencapai lokasi.
2. Jadwal pemasangan elemen pracetak sesuai dengan jadwal rencana.
3. Alternatif jalan lain yang dilewati seandainya ada satu jalan yang terjadi hambatan.
4. Daya tampung lokasi proyek dalam menerima pengiriman elemen pracetak.
5. Kemampuan *crane* dalam mengangkat elemen pracetak.
6. Perijinan.



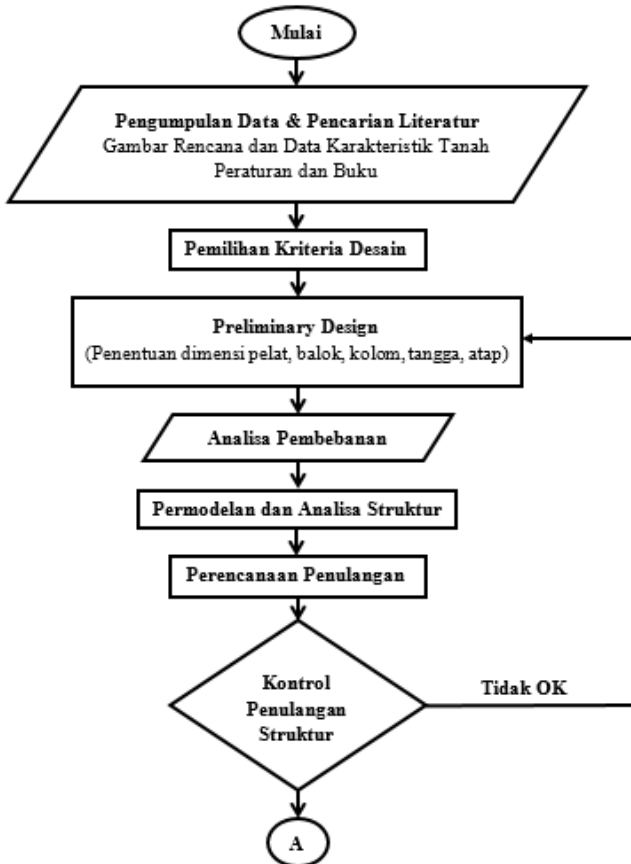
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

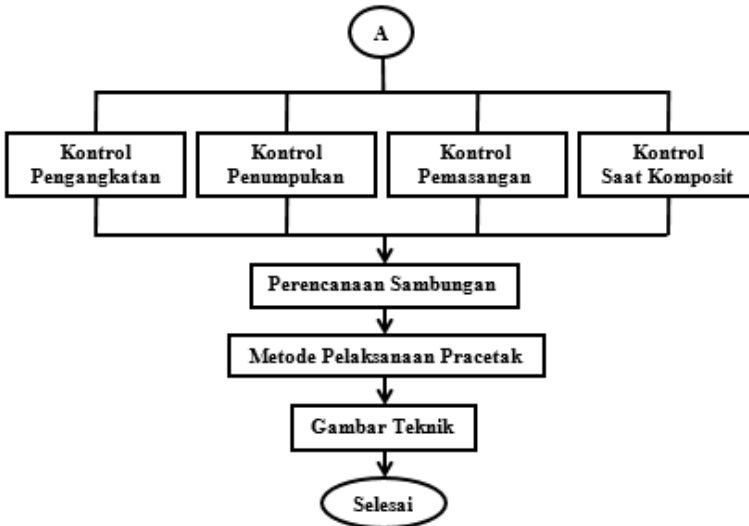
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Umum

Perencanaan sebuah gedung harus memiliki langkah-langkah yang sistematis, sehingga perlu dibuat sebuah diagram yang memperlihatkan secara umum mengenai tahapan-tahapan pengerjaan perencanaan dari awal mulai sampai dengan akhir.

### 3.2 Diagram Alir Perencanaan





**Gambar 3.1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir Terapan

### 3.3 Pengumpulan Data

Data-data perencanaan secara keseluruhan mencakup data tanah, dan data gambar dari objek desain Tugas Akhir Terapan ini adalah sebagai berikut:

1. Data Gambar
  - a. Gambar struktur : Terlampir
  - b. Gambar arsitektur : Terlampir
2. Data Tanah (Terlampir)
 

Berdasarkan data tanah yang diperoleh, kedalaman maksimum mencapai  $\pm 43$  m, yang mana dari hasil perhitungan data tanah tersebut diperoleh nilai N-SPT sebesar 4,5.

**Tabel 3.1** Perhitungan N-SPT Data Tanah

<b>Kedalaman (m)</b>	<b>Deskripsi Tanah</b>	<b>Tebal (m)</b>	<b>Nilai N-SPT</b>	<b>di/Ni</b>
1	pasir dan kerikil, sedikit lumpur coklat, sangat longgar	1	3	0.333
3	tanah liat dan lumpur, abu-abu, anorganik, sedikit jejak pasir, sangat lembut	2	1	2.000
5		2	1	2.000
7		2	1	2.000
9		2	1	2.000
11	pasir dan lumpur, abu-abu, padat	2	31	0.065
13	lumpur dan tanah liat, coklat, anorganik, sedikit pasir, sangat kaku	2	16	0.125
15		2	15	0.133
17	pasir, coklat, beberapa lumpur, sedang sampai padat	2	16	0.125
19		2	34	0.059
21	pasir dan lumpur, coklat, sedikit tanah liat, sedang sampai padat	2	35	0.057
23		2	35	0.057
25		2	27	0.074
27	lumpur dan pasir, coklat, sedikit tanah liat mengandung kapur, sedang	2	28	0.071
29		2	23	0.087
31	tanah liat dan lumpur, coklat, anorganik, mengandung kapur, sangat kaku	2	26	0.077
33		2	25	0.080
35		2	25	0.080
37		2	32	0.063
39	pasir, abu-abu, sangat padat	2	50	0.040
41		2	50	0.040
43	pasir, abu-abu gelap, sangat padat	2	50	0.040
<b>Total</b>		<b>43</b>		<b>9.61</b>
<b>N-SPT</b>	<b>4.5</b>			

### 3.4 Pemilihan Kriteria Desain

Dalam pemilihan kriteria desain, suatu bangunan harus direncanakan supaya kuat dan layak. Untuk perencanaan struktur gedung Hotel Premier Inn Surabaya direncanakan menggunakan metode beton pracetak. Metode beton pracetak dipilih karena konfigurasi struktur gedung yang tipikal pada setiap lantainya. Bangunan ini direncanakan dibangun di Surabaya dengan kelas situs SE (tanah lunak). Berdasarkan Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010, Surabaya mempunyai percepatan batuan dasar periode pendek ( $S_s$ ) sebesar 0,6 dan percepatan batuan dasar periode 1 detik ( $S_1$ ) sebesar 0,25 sehingga diperoleh parameter percepatan respon spektra desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) sebesar 0,6 dan parameter percepatan respon spektra desain untuk periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) sebesar 0,5. Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 6 dan 7, maka ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik D.

Sedangkan dalam pemilihan sistem struktur sesuai dengan SNI 1726:2012 tabel 9 didapatkan bahwa kriteria desain yang sesuai dengan kategori desain seismik yang ada adalah sebagai sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

### 3.5 Preliminary Design

Preliminary Design ini dilakukan dengan memperkirakan dimensi awal dari struktur sesuai dengan ketentuan SNI 2847:013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

- Pelat : Menentukan tebal pelat pracetak,  $t$
- Balok : Menentukan dimensi  $b \times h$  balok pracetak
- Kolom : Menentukan dimensi  $b \times h$  kolom
- Tangga : Menentukan tebal pelat tangga,  $t$

### 3.6 Analisa Pembebanan

Dalam melakukan analisa dan pernacangan desain sebuah struktur perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan pembebanan struktur tersebut. Perilaku sebuah struktur dapat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain perlakuan pembebanan

dan kombinasinya. Beban-beban yang diinput tersebut meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin.

### 3.6.1 Beban Mati

Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat sendiri beton bertulang
- Berat sendiri baja tulangan
- Beban dinding
- Beban keramik + spesi
- Beban penggantung plafond
- Beban plafond
- Beban gypsum
- Beban *mechanikal electrical*
- Beban lapisan *waterproofing*
- Beban lift

### 3.6.2 Beban Hidup

Beban hidup yang dihitung sudah termasuk perlengkapan ruangan dan rincian pembebanan gedung hotel sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 4.

### 3.6.3 Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamis menggunakan respon spektrum. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamis sesuai SNI 1726:2012. Lokasi gempa yang ditinjau pada daerah Surabaya.

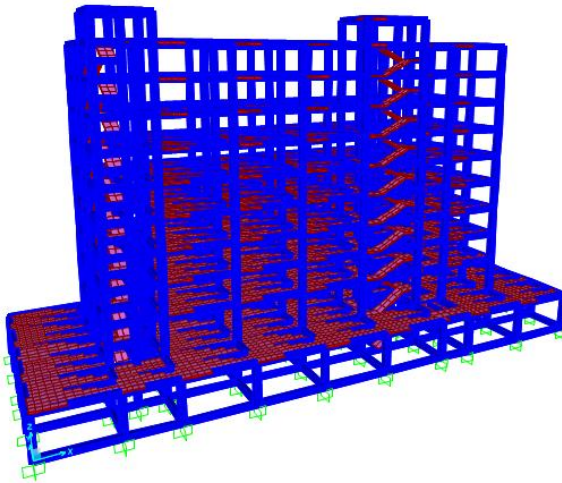
## 3.7 Permodelan dan Analisa Struktur

Dalam Tugas Akhir Terapan ini elemen struktur gedung Hotel Premier Inn Surabaya ini memiliki beberapa komponen pracetak yang akan dimodelkan sebagai berikut:

Permodelan pada elemen beton pracetak secara utuh dilakukan pada saat kondisi sesudah komposit. Elemen pelat pracetak dimodelkan sebagai pelat satu arah yang mana beban akan

didistribusikan setengah ke kanan dan setengah ke kiri, nantinya antar pelat pracetak akan disambung dengan sambungan basah (*overtopping*). Sedangkan pada elemen balok pracetak, balok anak dilakukan *release* terhadap balok induk, dikarenakan sambungan tidak menggunakan sambungan momen.

Output dari permodelan ini yaitu untuk mengetahui gaya dalam yang terjadi pada balok, pelat, dan kolom, serta untuk melakukan kontrol perilaku struktur.



**Gambar 3.2** Permodelan Struktur Kondisi Eksisting Bangunan

Kontrol Persyaratan:

Hasil dari analisis struktur gedung dikontrol menggunakan SNI 1726:2012, meliputi persyaratan:

1. Periode Fundamental Struktur

Kontrol periode fundamental struktur ini ditentukan dengan perkiraan perioda alami fundamental  $T_a$  berdasarkan pendekatan seperti persamaan  $T_a = C_t \times h_n^x$  dengan batas atas perioda fundamental struktur sebesar :

$$T_{a(atas)} = C_u \times T_a$$

**Tabel 3.2** Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode 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

(SNI 1726:2012 Tabel 14)

Sehingga periode fundamental struktur hasil *output* dari program bantu SAP2000 tidak boleh kurang dari hasil perkiraan periode alami fundamental persamaan  $T_a = C_t \times h_n^x$  dan tidak boleh lebih dari perkiraan periode alami fundamental persamaan  $T_{a(atas)} = C_u \times T_a$

## 2. Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1 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. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar  $V_t$ , oleh karena itu gaya geser tingkat nominal akibat pengaruh gempa rencana sepanjang tinggi struktur gedung hasil analisis respons ragam dalam suatu arah tertentu harus dikalikan nilainya dengan suatu faktor skala, yaitu:

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,85 \times V_1}{V_t} \geq 1$$

Keterangan :

$V_1$  = Geser dasar prosedur gaya lateral ekuivalen

$V_t$  = Geser dasar dari kombinasi ragam yang disyaratkan



### 3. Simpangan Antar Lantai (*tory Drift*)

Nilai perpindahan elastis masing-masing lantai ( $\delta_e$ ) didapatkan dari program bantu SAP 2000. Nilai perpindahan antarlantai yang diperbesar ditentukan berdasarkan rumus:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{\text{lantai atas}} - \delta_{\text{lantai bawah}}}{I_e}$$

Keterangan :

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi (SNI 1726:2012 tabel 9)

$I_e$  = Faktor keutamaan bangunan

Mengontrol nilai simpangan antar lantai yang diperbesar terhadap nilai batas untuk simpangan antar lantai  $\Delta a$  yang terdapat pada tabel berikut:

**Tabel 3.3** Simpangan Antar Lantai 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 $h_{xx}$ <sup>c</sup>	0,020 $h_{xx}$	0,015 $h_{xx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	0,010 $h_{xx}$	0,010 $h_{xx}$	0,010 $h_{xx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 $h_{xx}$	0,007 $h_{xx}$	0,007 $h_{xx}$
Semua struktur lainnya	0,020 $h_{xx}$	0,015 $h_{xx}$	0,010 $h_{xx}$

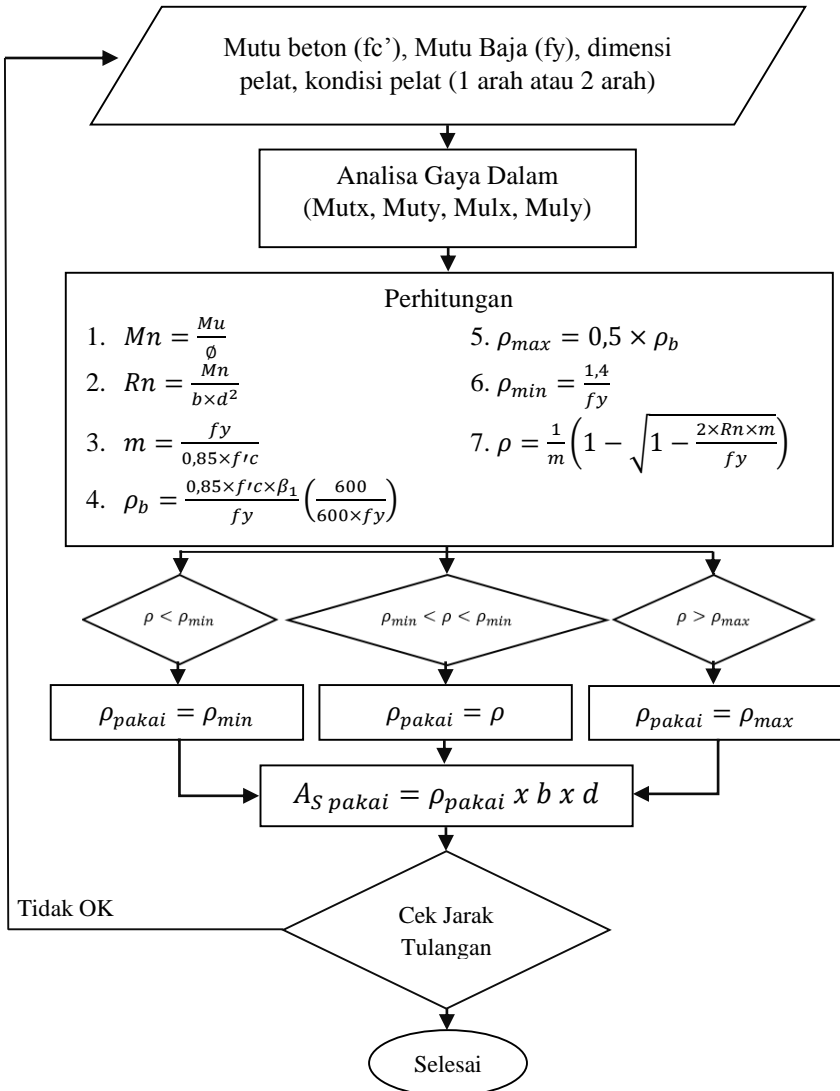
(SNI 1726:2012 Tabel 14)

## 3.8 Perencanaan Penulangan

Analisa permodelan struktur menggunakan program bantu SAP2000 diperoleh gaya dalam meliputi gaya geser (D), momen lentur (M), momen torsi (T), dan gaya aksial (P). Selanjutnya dilakukan perhitungan struktur beserta gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisa struktur. Perencanaan struktur ini meliputi perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

### 3.8.1 Penulangan Pelat

#### 1. Penulangan Lentur Pelat



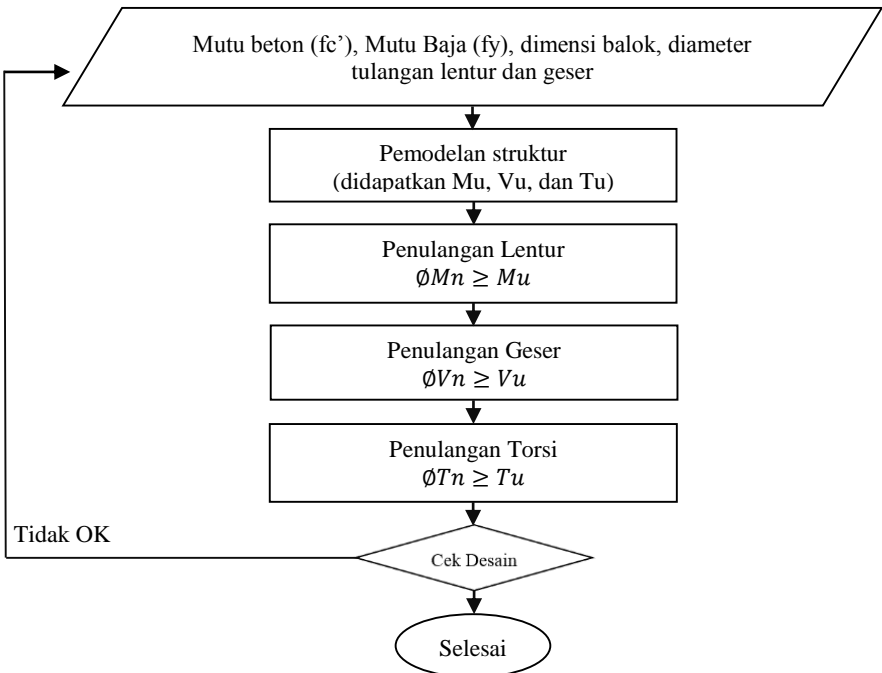
**Gambar 3.3** Diagram Alir Penulangan Lentur Pelat

## 2. Perhitungan Tulangan Susut Pelat

Kebutuhan tulangan susut diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1 dimana tulangan susut harus disediakan minimum memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton, dan tidak kurang dari 0,0014.

- $f_y = 280 \text{ MPa}$  atau  $f_y = 350 \text{ MPa}$  adalah 0,0020
- $f_y = 420 \text{ MPa}$  adalah 0,0018
- $f_y > 420 \text{ MPa}$  yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen adalah  $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

### 3.8.2 Penulangan Balok



**Gambar 3.4** Diagram Alir Perhitungan Tulangan Balok

### 1. Penulangan Lentur Balok

Perhitungan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur balok berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.8 mengenai rangka momen khusus yang dibangun menggunakan beton pracetak. Tahapan mencari tulangan lentur balok sama seperti mencari tulangan lentur pelat, akan tetapi pada  $\rho_{max}$  tidak boleh melebihi 0,025 untuk sistem struktur rangka momen khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1). Untuk luasan tulangan lentur yang direncanakan tidak boleh kurang dari  $A_{s\ min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \times b_w \times d$

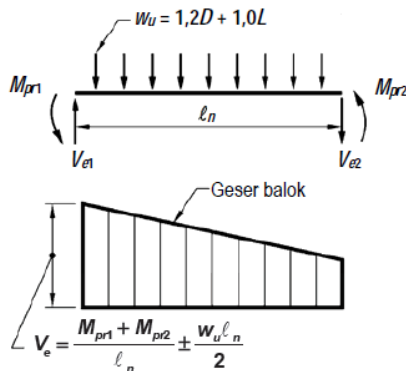
Dan tidak lebih kecil dari  $\frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$

### 2. Penulangan Geser Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.8.2 sambungan daktail yang dibangun menggunakan beton pracetak harus memenuhi:

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

Tidak kurang dari  $2 V_e$ , dimana  $V_e$  seperti pada gambar



**Gambar 3.5** Geser Desain Untuk Balok  
(SNI 2847:2013 gambar S21.5.4)

### 3. Kontrol Torsi Balok

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

$$\phi T_n \geq T_u$$

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

Keterangan:

$$\phi = 0.75$$

$T_n$  = Kekuatan torsi nominal

$T_u$  = Kekuatan torsi terfaktor

$A_{cp}$  = Luas penampang beton

$P_{cp}$  = Keliling penampang beton

#### 3.8.3 Penulangan Kolom

Detail penulangan kolom menggunakan program bantu PCACOL dan peraturan SNI 2847:2013 pasal 21.3.5.1.

Menurut SNI 2847:2013 penulangan lentur kolom harus memenuhi

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

Keterangan:

$\Sigma M_{nc}$  = Momen kapasitas kolom

$\Sigma M_{nb}$  = Momen kapasitas balok

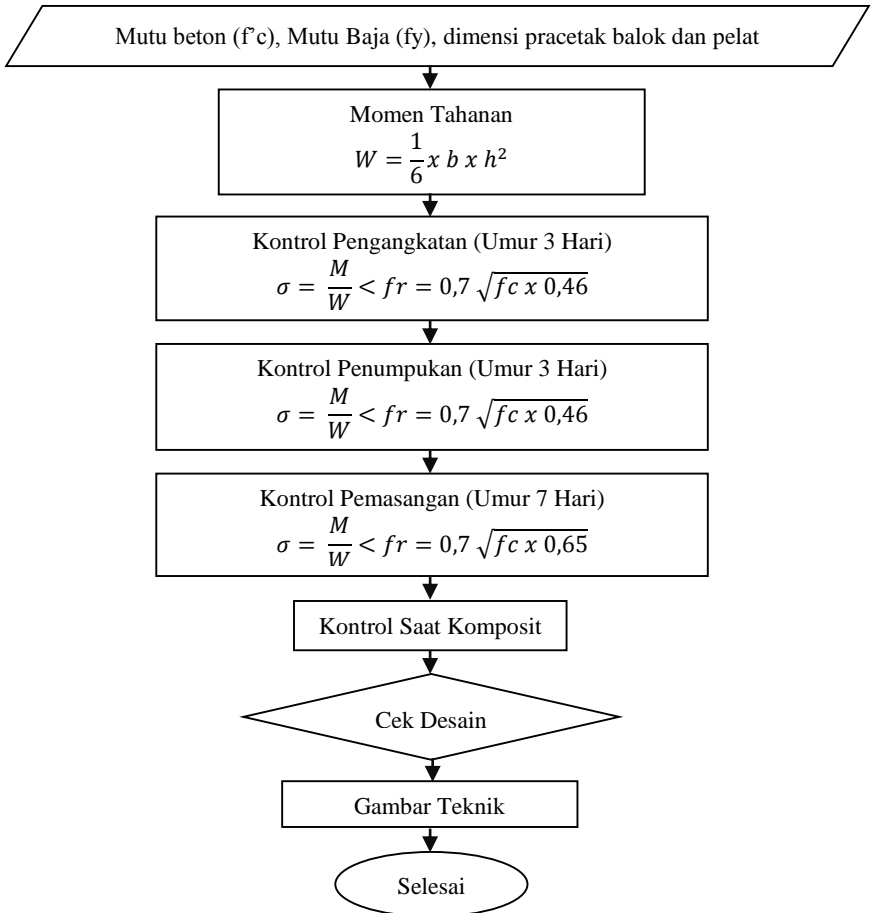
### 3.9 Kontrol Elemen Pracetak

Pada umumnya proses pembuatan elemen pracetak berada di tempat fabrikasi dimana perlu sebuah pengawasan dan ketelitian yang tinggi. Sehingga dalam prosesnya dari awal fabrikasi perlu dikontrol saat fase-fase tertentu, seperti pada saat pengangkatan beton dari cetakan, penumpukan ke *storage area*, pemasangan beton pracetak di lokasi proyek, dan kontrol pada saat komposit.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, salah satunya yaitu penetapan umur kekuatan beton

**Tabel 3.4** Perbandingan Kuat Tekan Beton (MPa) pada Berbagai Umur

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan Kekuatan Awal Tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

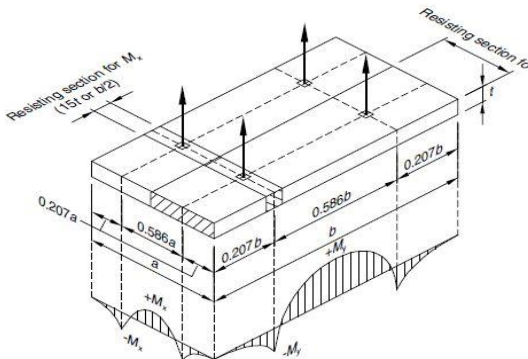
**Gambar 3.6** Diagram Alur Kontrol Elemen Pracetak

Keterangan:

- $\sigma$  = Tegangan terjadi  
 $M$  = Momen terjadi  
 $W$  = Momen tahanan  
 $fr$  = Kuat tekan beton pada umur tertentu  
 $fc'$  = Kuat tekan beton rencana

### 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, sedangkan elemen balok pracetak menggunakan 2 titik angkat.



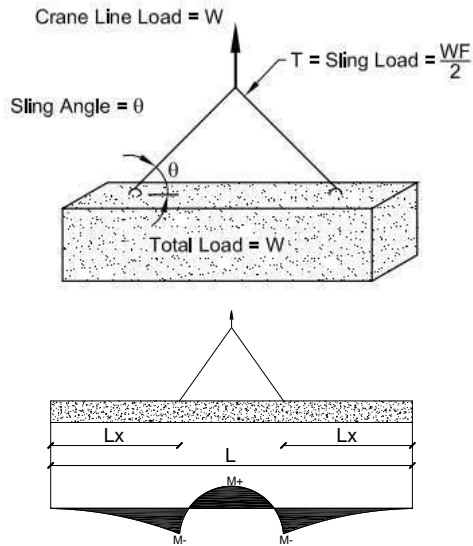
**Gambar 3.7** Ilustrasi Pengangkatan Elemen Pelat Pracetak  
(*PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010*)

$$+M_x = -M_x = 0,0107 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_y = 0,0107 w a b^2$$

Keterangan:

- $M_x$  = Momen sumbu x  
 $M_y$  = Momen sumbu y  
 $w$  = Momen tahanan  
 $a$  = Lebar elemen pracetak  
 $b$  = Panjang elemen pracetak



**Gambar 3.8** Ilustrasi Pengangkatan Elemen Balok Pracetak  
(*PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010*)

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

$$M^- = \frac{qu (x^2 \times L^2)}{2}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4 x Yc}{L x \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left( 1 + \frac{4 x Yc}{L x \tan \theta} \right)} \right)}$$

Keterangan :

$qu$  = Beban ultimate yang bekerja saat pengangkatan

$L$  = Panjang elemen balok pracetak

$\theta$  = Sudut yang di

$Yb = Yt = \frac{h_{pracetak}}{2}$

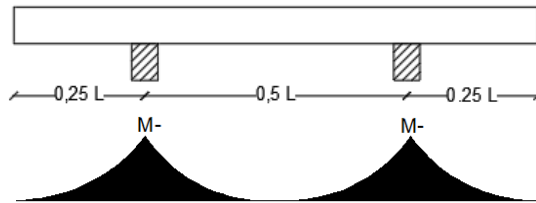
$Yc = Yt + decking$



### 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 dan beban pekerja.

- Penumpukan dengan 2 titik tumpu

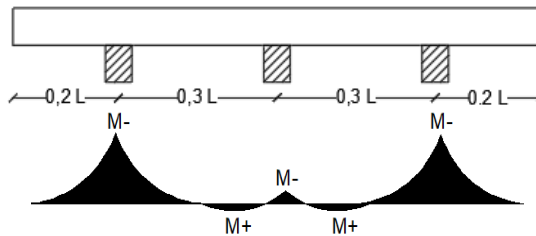


**Gambar 3.9** Ilustrasi Penumpukan dengan 2 Titik Tumpu

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

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

- Penumpukan dengan 3 titik tumpu



**Gambar 3.10** Ilustrasi Penumpukan dengan 3 Titik Tumpu

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

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times qu \times (0,6L)^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times (0,6L)$$

Keterangan :

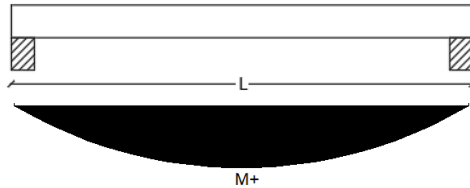
$q_u$  = beban ultimate yang bekerja

$P_u$  = Beban pekerja

$L$  = Panjang elemen balok pracetak

### 3.9.3 Kontrol Pemasangan

Pemasangan elemen pracetak pada posisi sebenarnya dilakukan saat umur beton 7 hari. Beban yang bekerja adalah berat sendiri precast dan pekerja. Pada saat elemen pracetak dipasang dapat diilustrasikan seperti gambar berikut:



**Gambar 3.11** Ilustrasi Pemasangan Elemen Precetak

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

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

Keterangan :

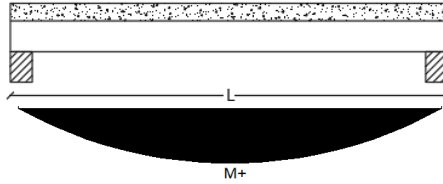
$q_u$  = beban ultimate yang bekerja

$P_u$  = Beban pekerja

$L$  = Panjang elemen balok pracetak

### 3.9.4 Kontrol Saat Komposit

Setelah pengecoran *overtopping* maka beton menjadi komposit, dimana beban yang bekerja adalah beban mati struktur dan beban hidup keseluruhan yang direncanakan.



**Gambar 3.12** Ilustrasi Saat Komposit

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

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times qu \times (L)^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times (L)$$

Keterangan :

qu = beban ultimate yang bekerja

Pu = Beban pekerja

L = Panjang elemen balok pracetak

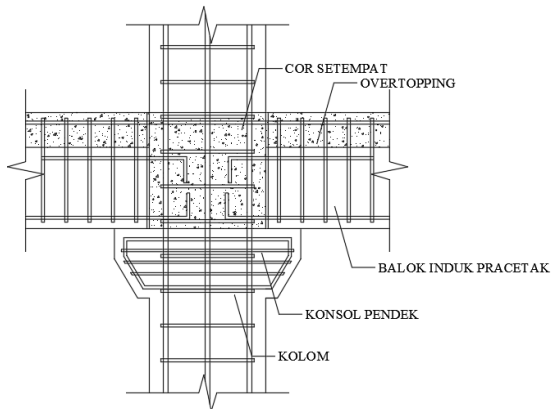
### 3.10 Perencanaan Sambungan

Kelemahan konstruksi pracetak adalah terletak pada sambungan yang relatif kurang kaku atau monolit, sehingga lemah terhadap beban lateral khususnya dalam menahan beban gempa, mengingat Indonesia merupakan daerah dengan intensitas gempa yang cukup tinggi.

Dengan menggunakan metode konstruksi semi pracetak, yaitu elemen pracetak dengan tuangan beton *cast in place* di atasnya, maka diharapkan sambungan elemen-elemen tersebut memiliki perilaku yang mendekati sama dengan struktur monolit.

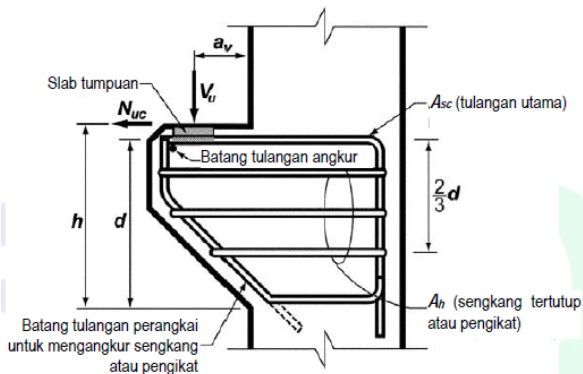
#### 3.10.1 Sambungan Balok-Kolom

Sambungan antara balok pracetak dengan kolom harus bersifat kaku atau monolit. Oleh sebab itu pada sambungan elemen pracetak ini harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan yang sama dengan beton cor di tempat.



**Gambar 3.13** Sambungan Balok dengan Kolom

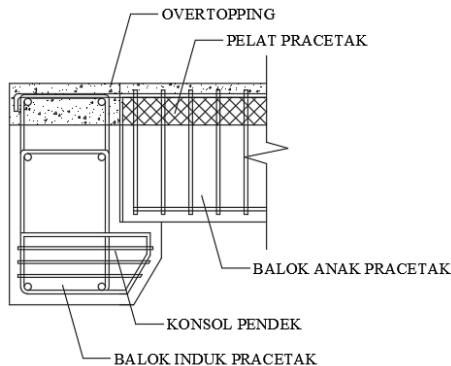
Pada perencanaan sambungan balok dan kolom ini memanfaatkan konsol pendek, balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol ini berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



**Gambar 3.14** Sambungan Konsol  
(SNI 2847:2013 Gambar S11.8.2)

### 3.10.2 Sambungan Balok Induk-Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya  $1/180$  kali bentang bersih komponen pelat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun tulangan bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:2013. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak akan diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.



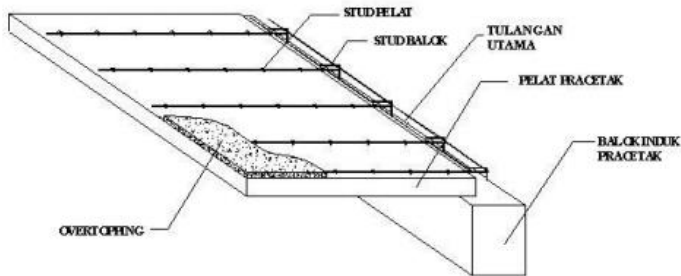
**Gambar 3.15** Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

### 3.10.3 Sambungan Balok-Pelat

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

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

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



**Gambar 3.16** Sambungan Balok dengan Pelat

#### 3.10.4 Sambungan Pelat-Pelat

Pada perencanaan elemen pelat pracetak direncanakan menggunakan pelat satu arah dengan sambungan antar pelatnya menggunakan sambungan menerus pada tulangan atas pelat pracetak.

### 3.11 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan akan menjelaskan langkah-langkah proses pengerjaan metode penulangan beton pracetak secara rinci. *Output* yang akan dihasilkan pada bagian ini berupa rincian dan Standar Operasional Pelaksanaan (SOP) yang dilengkapi gambar detail pada masing-masing tahapan penulangan. Karena keterbatasan waktu maka dalam metode pelaksanaan penulangan yang akan dibahas adalah penulangan pada elemen balok pracetak.

### 3.12 Gambar Teknik

Hasil perhitungan dituangkan dalam bentuk gambar teknik, meliputi:

1. Gambar Arsitektur
  - Gambar denah
  - Gambar tampak
  - Gambar potongan
2. Gambar Struktur
  - Gambar sloof
  - Gambar balok
  - Gambar pelat
  - Gambar kolom
  - Gambar tangga
  - Gambar penulangan sloof
  - Gambar penulangan balok
  - Gambar penulangan pelat
  - Gambar penulangan kolom
  - Gambar penulangan tangga
  - Gambar detail panjang penyaluran
  - Gambar detail sambungan

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Preliminary Design**

##### **4.1.1 Umum**

Perliminary design merupakan tahapan perhitungan dalam perancangan untuk merencanakan dimensi awal dari suatu elemen struktur. Perhitungan preliminary design ini mengacu pada peraturan SNI 2847:2013.

##### **4.1.2 Data Perencanaan**

Sebelum perhitungan preliminary design perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan dan beban-beban yang diterima oleh struktur gedung. Pada perencanaan Hotel Premier Inn Surabaya ini dimodifikasikan dengan menggunakan beton pracetak dengan data perencanaan sebagai berikut:

- a. Nama gedung : Hotel Premier Inn Surabaya
- b. Lokasi : Jl. Biliton No. 24-26 Surabaya
- c. Fungsi : Hotel
- d. Jumlah lantai : 10 Lantai
- e. Tinggi bangunan : +34,5 m
- f. Total luas area : 1245 m<sup>2</sup>
- g. Struktur bangunan : Beton bertulang
- h. Struktur atap : Beton
- i. Mutu beton ( $f_c'$ ) : 35 MPa
- j. Mutu baja ( $f_y$ ) : 390 MPa

##### **4.1.3 Pembebanan**

###### **1. Beban Mati (brosur terlampir)**

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Bata ringan : 90 kg/m<sup>2</sup>
- Penggantung & plafond : 6,5 kg/m<sup>2</sup>
- Keramik & spesi : 21,5 kg/m<sup>2</sup>
- Ducting & plumbing : 19 kg/m<sup>2</sup>



## 2. Beban Hidup (SNI 1727:2013 tabel 4.1)

- Lantai atap : 96 kg/m<sup>2</sup>
- Lantai hunian : 192 kg/m<sup>2</sup>
- Lantai kantor : 240 kg/m<sup>2</sup>
- Lantai lobi : 479 kg/m<sup>2</sup>
- Tangga dan bordes : 479 kg/m<sup>2</sup>
- Beban pekerja : 100 kg/m<sup>2</sup>

## 3. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan sesuai dengan SNI 1726:2012.

## 4.1.4 Perencanaan Dimensi Balok

Dalam tugas akhir terapan ini akan digunakan balok pracetak dengan bentuk persegi. Penentuan dimensi dan persyaratan balok mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 dan 21.5.1.2 yang mana untuk  $f_y$  selain 420 MPa, tebal minimum balok harus dikalikan dengan  $\left(0,4 + \frac{F_y}{700}\right)$ . Maka, untuk tebal minimum balok induk yang tertumpu sederhana digunakan:

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

Sedangkan, untuk balok anak digunakan:

$$h_{\min} = \frac{L}{21} \left(0,4 + \frac{F_y}{700}\right)$$

Untuk lebar balok digunakan:

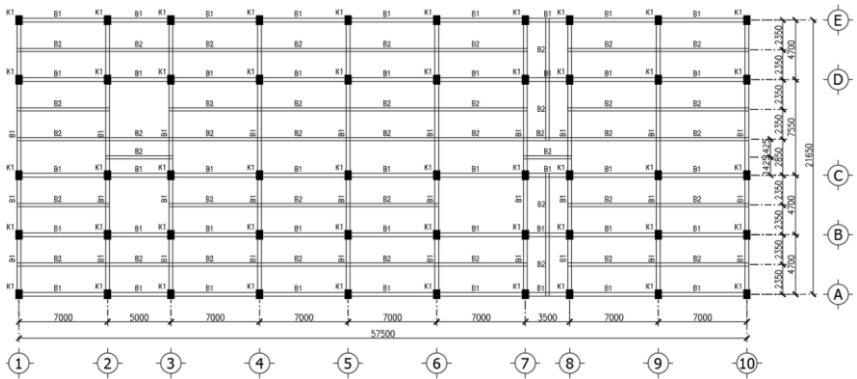
$$b = \frac{2}{3} h$$

Keterangan:

L = Bentang balok

h = Tinggi balok

b = Lebar balok



**Gambar 4.1** Denah Pembalok

#### A. Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 30 MPa dan mutu baja 390 MPa sehingga digunakan:

- Dimensi balok induk  $L = 7$  meter

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

$$h_{\min} = \frac{700}{16} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right)$$

$$= 42 \text{ cm} \Rightarrow \text{digunakan } h = 60 \text{ cm}$$

$$b \geq 250 \text{ mm dan } b \geq 0,3h$$

$$b \text{ diambil } 2/3h$$

$$\Rightarrow \text{digunakan } b = 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan bentang 7 meter yaitu 40/60 cm

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Kode Balok Induk	Bentang (cm)	h <sub>min</sub> (cm)	b (cm)	h pakai (cm)	b pakai (cm)	Dimensi (cm)
B1-A	700	42	28	60	40	40/60
B1-B	500	30	20	60	40	40/60
B1-C	350	21	14	60	40	40/60
B1-D	470	29	20	60	40	40/60
B1-E	285	19	12	60	40	40/60

**B. Dimensi Balok Anak**

Dimensi balok anak direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 30 MPa dan mutu baja 390 MPa sehingga digunakan:

- Dimensi balok anak  $L = 7$  meter

$$h_{\min} = \frac{L}{21} \left( 0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

$$h_{\min} = \frac{700}{21} \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right)$$

$$= 32 \text{ cm} \Rightarrow \text{digunakan } h = 40 \text{ cm}$$

$$b \geq 250 \text{ mm dan } b \geq 0,3h$$

$$\Rightarrow \text{digunakan } b = 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak dengan bentang 7 meter yaitu 30/40 cm

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Kode Balok Anak	Bentang (cm)	h <sub>min</sub> (cm)	b (cm)	h pakai (cm)	b pakai (cm)	Dimensi (cm)
B2-A	700	32	21	40	30	30/40
B2-B	500	23	15	40	30	30/40
B2-C	350	16	11	40	30	30/40
B2-D	470	22	15	40	30	30/40

#### 4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat

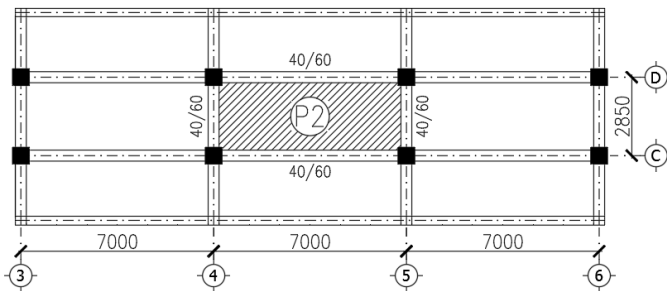
Penentuan tebal pelat minimum satu arah harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a). Pelat direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 390 MPa
- Tebal pelat rencana : 14 cm

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

- Pelat tipe P1 : 700 cm x 235 cm
- Pelat tipe P2 : 700 cm x 285 cm
- Pelat tipe P3 : 175 cm x 470 cm
- Pelat tipe P4 : 500 cm x 142,5 cm
- Pelat tipe P5 : 350 cm x 142,5 cm
- Pelat tipe P6 : 500 cm x 235 cm
- Pelat tipe P7 : 230 cm x 470 cm

Dalam perencanaan ini, tipe pelat P2 dengan dimensi terbesar digunakan sebagai contoh perhitungan. Sehingga nilai  $L_n$  dan  $S_n$  yaitu:



**Gambar 4.2** Denah Pelat

$$L_n = 700 - \left( \frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 660 \text{ cm}$$

$$S_n = 285 - \left( \frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 245 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{660}{245} = 2,69$$

$\beta > 2$ , sehingga tergolong pelat 1 arah

Tebal minimum pelat satu arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a).

$$h_{min} = \frac{L}{20} \times \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h_{min} = \frac{245}{20} \times \left( 0,4 + \frac{390}{700} \right) = 11,725 \text{ cm}$$

Tebal plat yang direncanakan 14 cm. Sehingga telah memenuhi persyaratan tebal minimum.

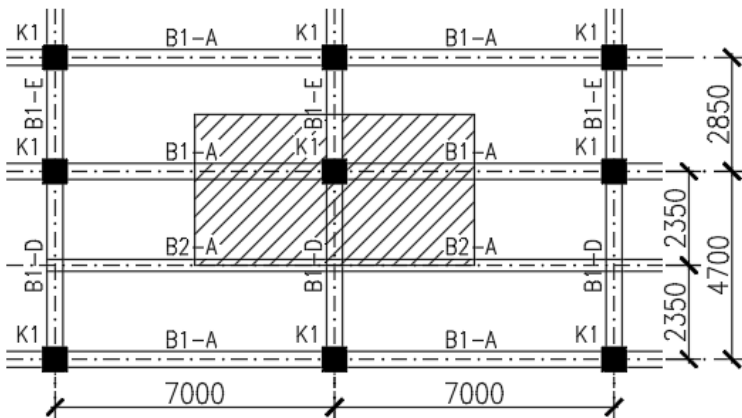
**Tabel 4.3** Rekapitulasi Tebal Pelat

Tipe Pelat	Dimensi (mm)			Tebal Pelat (mm)
		x		
P1	7000	x	2350	100
P2	7000	x	2850	120
P3	1750	x	4700	70
P4	5000	x	1425	60
P5	3500	x	1425	60
P6	5000	x	2350	100
P7	2300	x	4700	100
Tebal pelat terbesar				120
Dipakai Tebal Pelat				140
Dipakai Tebal Pracetak				80
Dipakai Tebal Overtopping				60

#### 4.1.6 Perencanaan Dimensi Kolom

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

- Tebal pelat : 140 mm
- Jumlah lantai : 10 lantai
- Dimensi balok induk : Tabel 4.1
- Dimensi balok anak : Tabel 4.2



**Gambar 4.3** Luas Tributary Kolom

Adapun detail pembebanan yang diterima oleh kolom tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Pembebanan Kolom

Beban Lantai Atap							
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	x lantai	berat (kg)
Pelat	2400	kg/m <sup>3</sup>	7	3,775	0,14	1	8878,80
Penggangtung & Plafond	6,5	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	1	171,76
Ducting Plumbing	19	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	1	502,08
Balok Induk (B1)	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,40	10,78	0,60	1	6206,40
Balok Anak (B2)	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,30	7	0,40	1	2016,00
<b>WD</b>							<b>17775,04</b>
Beban Hidup							
Lantai Atap	96	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775		1	2536,80
Beban Hujan	20	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775		1	528,50
<b>WL</b>							<b>3065,30</b>

Beban Lantai 4-10							
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	x lantai	berat (kg)
Pelat	2400	kg/m <sup>3</sup>	7	3,775	0,14	7	62151,60
Penggangtung & Plafond	6,5	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	7	1202,34
Ducting Plumbing	19	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	7	3514,53
Keramik + Spesi	21,5	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	7	3976,96
Dinding	90	kg/m <sup>2</sup>	-	10	3	7	18900,00
Balok Induk (B1)	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,40	10,78	0,60	7	43444,80
Balok Anak (B2)	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,30	7	0,40	7	14112,00
<b>WD</b>							<b>147302,23</b>

Beban Hidup							
Lantai Hunian	192	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775		7	35515,20
WL							35515,20

Beban Lantai 3							
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	x lantai	berat (kg)
Pelat	2400	kg/m <sup>3</sup>	7	3,775	0,14	1	8878,80
Penggangtung & Plafond	6,5	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	1	171,76
Ducting Plumbing	19	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	1	502,08
Keramik + Spesi	21,5	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	1	568,14
Dinding	90	kg/m <sup>2</sup>	-	10	3	1	2700,00
Balok Induk (B1)	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,40	10,78	0,60	1	6206,40
Balok Anak (B2)	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,30	7	0,40	1	2016,00
WD							21043,18
Beban Hidup							
Lantai Kantor	240	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775		1	6342,00
WL							6342,00

Beban Lantai 2							
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	x lantai	berat (kg)
Pelat	2400	kg/m <sup>3</sup>	7	3,775	0,14	1	8878,80
Penggangtung & Plafond	6,5	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	1	171,76
Ducting Plumbing	19	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	1	502,08
Keramik + Spesi	21,5	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775	-	1	568,14
Dinding	90	kg/m <sup>2</sup>	-	10	4	1	3600,00



Balok Induk (B1)	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,40	10,78	0,60	1	6206,40
Balok Anak (B2)	2400	kg/m <sup>2</sup>	0,30	7	0,40	1	2016,00
WD							21943,18
Beban Hidup							
Lantai Lobi	479	kg/m <sup>2</sup>	7	3,775		1	12657,58
WL							12657,58

Beban mati total (DL) = 208063,61 kg

Beban hidup total (LL) = 57580,08 kg

Menurut SNI 1727:2013 pasal 4.7.2, komponen struktur yang memiliki  $K_{LL} \times A_{TT}$  adalah 37,16 m<sup>2</sup> atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban tereduksi sesuai dengan rumus berikut:

$$L = L_0 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} + A_{TT}}} \right)$$

$K_{LL}$  = 4 (kolom-kolom interior)

$A_{TT}$  = Luas tributary

$$= 3,775 \times 7$$

$$= 26,425 \text{ m}^2$$

$K_{LL} \times A_{TT}$  = 4 x 26,425

$$= 105,7 \text{ m}^2 \quad (\text{perlu direduksi})$$

$$L = L_0 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} + A_{TT}}} \right)$$

$$L = 57580,08 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{4 + 26,425}} \right)$$

$$L = 23043,86 \text{ kg/m}^2$$

$$L \geq 0,5L_0$$

$$L \geq 0,5 \times 57580,08$$

$$L \geq 28790,04 \text{ kg/m}^2$$

Maka, dipakai  $L = 28790,04 \text{ kg/m}^2$

Sehingga, berdasarkan perhitungan di atas berat total yang diterima kolom adalah:

$$\begin{aligned} W &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (208063,61) + 1,6 (28790,04) \\ &= 295740,40 \text{ kg} \end{aligned}$$

Diperkirakan luas dimensi kolom adalah sebagai berikut:

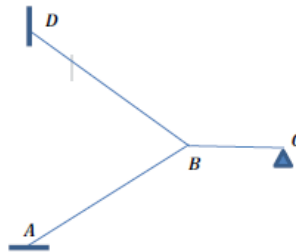
$\emptyset = 0,65$  (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2)

$$A = \frac{W}{\emptyset f'c'} = \frac{295740,40}{0,65 \times 350} = 1299,96 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} b = h, \text{ maka } b^2 &= 1299,96 \text{ cm}^2 \\ &= 36,05 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi digunakan dimensi kolom  $b \times h = 60 \times 60 \text{ cm}$

#### 4.1.7 Perencanaan Dimensi Tangga

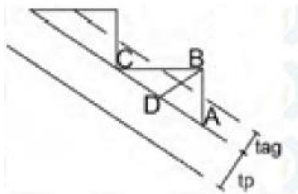


**Gambar 4.4** Mekanika Perencanaan Tangga

- Data Perencanaan:
 

Panjang datar tangga	: 470 cm
Tinggi tangga	: 400 cm
Tinggi pelat bordes	: 200 cm
Tebal pelat tangga	: 14 cm
Tebal pelat bordes	: 14 cm
Lebar injakan (i)	: 30 cm
Tinggi injakan (t)	: 20 cm
Lebar tangga	: 117,5 cm
Panjang tangga-bordes	: 300 cm

## Panjang miring anak tangga



$$\begin{aligned} BC &= 30 \text{ cm} \\ AB &= 20 \text{ cm} \\ AC &= \sqrt{30^2 + 20^2} \\ &= 36,06 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tanjakan (nt)} &= \frac{\text{Tinggi tangga}}{\text{Tinggi tanjakan}} \\ &= \frac{400}{20} \\ &= 20 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sudut kemiringan tangga } (\alpha) &= \text{arc tan } \frac{t}{i} \\ &= \text{arc tan } \frac{20}{30} \\ &= 33,69^\circ \end{aligned}$$

Syarat sudut kemiringan tangga:

$$25^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$$

$$25^\circ \leq 33,69^\circ \leq 45^\circ \quad (\text{Memenuhi})$$

Tebal pelat ekuivalen

$$\begin{aligned} \frac{BD}{AB} &= \frac{BC}{AC} \\ BD &= \frac{BC \times AB}{AC} \\ BD &= \frac{30 \times 20}{36,06} \\ BD &= 16,64 \end{aligned}$$

$$Tag = \frac{2}{3} BD$$

$$Tag = \frac{2}{3} 16,64$$

$$Tag = 11,09 \text{ cm}$$

Maka, tebal efektif pelat tangga = 14 cm (Memenuhi)

#### 4.2 Perencanaan Pelat

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 14 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 8 cm dan pelat cor setempat (*overtopping*) 6 cm. Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah SNI 1727-2013 pasal 3.1.2. Desain pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu:

1. Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Perletakan pelat dapat dianggap sebagai perletakan bebas

2. Sesudah Komposit

Keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakan pelat dianggap sebagai perletakan terjepit elastis. Pada dasarnya, permodelan pelat terutama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan sesudah komposit adalah untuk perhitungan tulangan pelat. Pada saat sebelum komposit yaitu kondisi ketika pemasangan awal pelat, pelat diasumsikan tertumpu pada dua tumpuan. Sedangkan pada saat sesudah komposit pelat diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada dua keadaan diatas. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

#### 4.2.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan preliminary design adalah:

- Dimensi pelat komposit = 700 cm x 285 cm
- Tebal pelat pracetak = 80 mm
- Tebal *overtopping* = 60 mm
- Tebal decking = 20 mm
- Diameter tulangan = 10 mm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 35 MPa
- Mutu baja lentur ( $f_y$ ) = 390 MPa
- Mutu baja geser ( $f_y$ ) = 240 MPa

#### 4.2.2 Pembebanan Pelat

##### A. Saat Pengangkatan

##### 1. Beban Mati (DL)

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

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

$$\text{Total beban mati (DL)} = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban total} &= 1,4 \text{ DL} \\ &= 1,4 \times 288 \\ &= 403,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban 1 m pias lebar pelat} &= 403,2 \times 1 \\ &= 403,2 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Qu} &= 403,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

##### B. Sebelum Komposit Kondisi 1

##### 1. Beban Mati (DL)

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

$$\text{Total beban mati (DL)} = 192 \text{ kg/m}^2$$

##### 2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pekerja} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total beban hidup (LL)} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 192 + 1,6 \times 200 \\
 &= 550,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban 1 m pias lebar pelat} &= 550,4 \times 1 \\
 &= 550,4 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Qu} &= 550,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### C. Sebelum Komposit Kondisi 2

#### 1. Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat pracetak} &= 0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat } \underline{\text{overtopping}} &= 0,06 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total beban mati (DL)} &= 336 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

#### 2. Beban Hidup (LL)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban } \underline{\text{hidup pekerja}} &= 200 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total beban hidup (LL)} &= 200 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 336 + 1,6 \times 200 \\
 &= 723,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban 1 m pias lebar pelat} &= 723,2 \times 1 \\
 &= 723,2 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Qu} &= 723,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### D. Sesudah Komposit

#### 1. Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat penuh} &= 0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Penggantung \& plafond} &= 6,5 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Ducting \& plumbing} &= 19 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Keramik \& spesi} &= 21,5 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total beban mati (DL)} &= 383 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

## 2. Beban Hidup (LL)

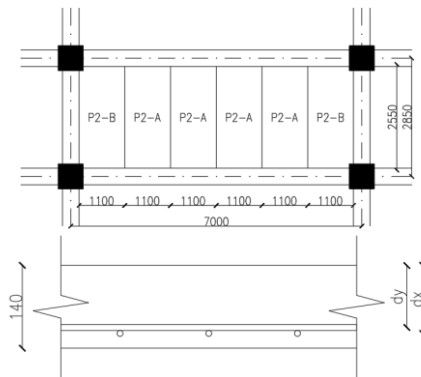
$$\begin{aligned} \text{Beban hidup gedung} &= 479 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Total beban hidup (LL)} &= 479 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 383 + 1,6 \times 479 \\ &= 1226 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban 1 m pias lebar pelat} &= 1226 \times 1 \\ &= 1226 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Qu} &= 1226 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

## 4.2.3 Perhitungan Tulangan Pelat

Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam tiga tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit, penulangan saat pengangkatan, dan penulangan sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara ketiga keadaan tersebut. Semua tipe pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan. Perhitungan pelat tipe P2 dengan dimensi 700 cm x 285 cm yang dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya.



**Gambar 4.5** Pelat Tipe P2

- Kondisi sebelum komposit  
 $dy = 80 - 20 - 10/2 = 55 \text{ mm}$   
 $dx = 80 - 20 - 10 - 10/2 = 45 \text{ mm}$
- Kondisi sesudah komposit  
 $dy = 140 - 20 - 10/2 = 115 \text{ mm}$   
 $dx = 140 - 20 - 10 - 10/2 = 105 \text{ mm}$
- Untuk mutu beton  $f_c' = 35 \text{ MPa}$  berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:  
 $\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 \geq 0,65$   
 $\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 \geq 0,65$   
 $\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan ratio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \left( \frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0370$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0370 = 0,0277$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,109$$

Menghitung dimensi pracetak:

$$Ln = 700 - \left( \frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 660 \text{ cm}$$

$$Sn = 285 - \left( \frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 245 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{660}{245} = 2,694$$

$\beta > 2$ , maka tergolong pelat 1 arah



Berdasarkan SNI 7833:2012 gambar R4.6.2

$$\begin{aligned} \text{Panjang landasan} &= \frac{ln}{180} \geq 50 \text{ mm} \\ &= \frac{2450}{180} = 13,61 \leq 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan panjang landasan 50 mm

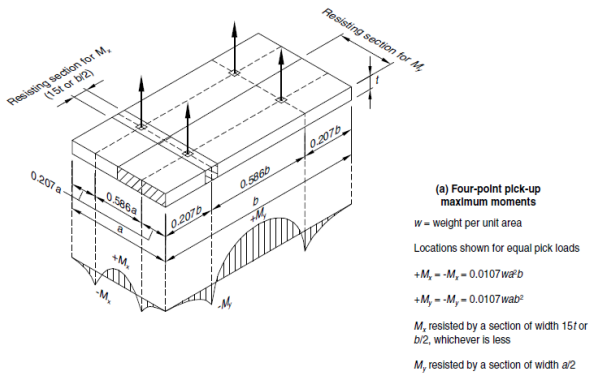
$$\begin{aligned} \text{Jadi, dimensi pracetak} &= 110 \text{ cm} \times (245 \text{ cm} + (5 \times 2)) \\ &= 110 \text{ cm} \times 255 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pada penulangan pelat satu arah hanya terdapat satu tulangan utama yaitu searah melintang pelat. Sedangkan tulangan yang arah memanjang pelat merupakan tulangan pembagi yang berfungsi untuk menahan susut dan suhu.

Penulangan pelat pada tumpuan sama dengan pada lapangan, tetapi letak tulangan tariknya berbeda. Pada daerah tumpuan tulangan tarik berada di atas sedangkan pada daerah lapangan tulangan tarik berada di bawah. Tulangan lapangan dan tulangan tumpuan baik tulangan utama maupun tulangan pembagi direncanakan menggunakan D10 ( $78,54 \text{ mm}^2$ )

#### 1. Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

Dalam pemasangan pelat pracetak, perlu diingat bahwa pelat akan mengalami pengangkatan elemen (*erection*). Besarnya momen dan pengaturan jarak tulangan angkat sesuai dengan buku *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini dimana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan, yaitu:



**Gambar 4.6** Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)  
(PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010)

Pada pelat tipe P2: 110 cm x 255 cm ( $L_x = 1,10$  m,  $L_y = 2,55$  m)  
Sehingga  $a = 1,10$  m dan  $b = 2,55$  m

$$\frac{L_n}{S_n} = \frac{2,55}{1,10} = 2,32 \text{ (Pelat satu arah)}$$

Termasuk pelat satu arah dikarenakan hanya menumpu pada 2 tumpuan.

$$M_x = 0,0107 w a^2 b$$

$$M_y = 0,0107 w a b^2$$

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

Maka:

$$M_x = 0,0107 \times 403,2 \times 1,10^2 \times 2,55 = 13,312 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0,0107 \times 403,2 \times 1,10 \times 2,55^2 = 30,859 \text{ kgm}$$

➤ Penulangan Arah Y

$$M_{uy} = 30,859 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{30,859 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 55^2} = 0,128$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,128}{390}} \right) = 0,00033$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$   
 $0,0038 > 0,00033 < 0,0277$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,00033 = 0,00043 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,00043 \times 1000 \times 55 = 23,428 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba digunakan tulangan D10

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

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{A_s} = \frac{1000 \times 78,54}{23,428} = 3352,376 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$  atau  $s \leq 450 \text{ mm}$   
 $s \leq 3(80)$  atau  $s \leq 450 \text{ mm}$   
 $s \leq 240$  atau  $s \leq 450 \text{ mm}$

dipakai  $s = 200 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{b \times A_{D10}}{s} = \frac{1000 \times 78,54}{200} = 392,699 \text{ mm}^2$$

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

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} 1000 \times 55 = 208,580 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 1000 \times 55 = 197,436 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} = 392,699 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ min}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan lentur Ø10-200

➤ Penulangan Arah X

Penulangan arah X merupakan tulangan susut. Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, untuk tulangan mutu 390 MPa menggunakan rasio tulangan minimum ( $\rho_{min}$ ) = 0,0018

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{susut} b d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 45 = 81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba digunakan tulangan D10

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

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{A_s} = \frac{1000 \times 78,54}{81} = 969,627 \text{ mm}$$

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

$$s \leq 5(80) \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm}$$

dipakai  $s = 300 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{b \times A_{D10}}{s} = \frac{1000 \times 78,54}{300} = 261,799 \text{ mm}^2$$

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

Jadi dipakai tulangan susut Ø10-300

➤ Kontrol Lendutan

$$M_a = 308587 \text{ Nmm}$$

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

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

• Momen inersia

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

• Momen batas retak

$$M_{cr} = \frac{f_r I}{y_t} = \frac{2,488 \times 42666666,67}{40} = 2653587,124 \text{ Nmm}$$

• Momen inersia retak penampang

$$E_s = 200000$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_{ci}} = 4700 \sqrt{16,1} = 18858,658$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{18858,658} = 10,605$$

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

$$\frac{1000x^2}{2} - 10,605 x 392,699 (55 - x) = 0$$

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

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

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-4164,656 \pm \sqrt{4164,656^2 - 4 x 500 x 229056,054}}{2 x 500}$$

$$x_1 = 17,640 \text{ mm} \quad x_2 = -25,970 \text{ mm}$$

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

$$I_{cr} = \frac{1000 x 17,640^3}{3} + 10,605 x 392,699 (55 - 17,640)^2$$

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

- Momen inersia efektif

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

$$I_e = \left(\frac{2653587,124}{308587}\right)^3 x 42666666,67 +$$

$$\left(1 - \left(\frac{2653587,124}{308587}\right)^3\right) x 7642576,827 \leq 42666666,67 \text{ mm}^4$$

$$I_e = 22278393978,724 \text{ mm}^4 \geq 42666666,67 \text{ mm}^4$$

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

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 x 2,88 x 2550^4}{384 x 18858,658 x 42666666,67} = 1,97 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah L/240

$$\frac{L}{240} = \frac{2550}{240} = 10,625 \text{ mm}$$

$$\Delta = 1,97 \text{ mm} \leq 10,625 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Retak

$$M_{cr} = 265,359 \text{ kgm}$$

Momen layan yang bekerja pada saat pengangkatan ditambahkan koefisien beban 1.2 yaitu:

$$\begin{aligned} M_y &= 0,0107 \cdot 1,2 \cdot qDL \cdot a \cdot b^2 \\ &= 0,0107 \times 1,2 \times 403,2 \times 1,10 \times 2,55^2 = 37,030 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_x &= 0,0107 \cdot 1,2 \cdot qDL \cdot a^2 \cdot b \\ &= 0,0107 \times 1,2 \times 403,2 \times 1,10^2 \times 2,55 = 15,974 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{cr} > M_y$$

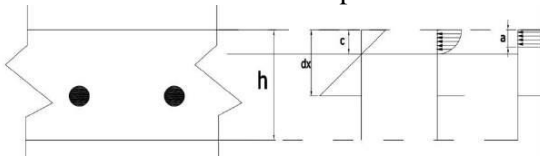
$$265,359 \text{ kgm} > 37,030 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$M_{cr} > M_x$$

$$265,359 \text{ kgm} > 15,974 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{392,699 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} = 5,148 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,148}{0,8} = 6,435 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{55}{6,435} - 1 \right) = 0,02264$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \times 392,699 \times 390 \left( 55 - \frac{1}{2} \times 5,148 \right)$$

$$\emptyset Mn = 7226263,192 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset Mn > Mu$$

$$722,626 \text{ kgm} > 37,030 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

## 2. Penulangan Sebelum Komposit

Menentukan momen ( $M_u$ ) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan SNI 2847:2013 pasal 8.3.3. Pada penulangan lentur pelat precast hanya pada arah Y (arah panjang pelat) sedangkan pada arah X (arah pendek pelat) merupakan tulangan pembagi.

$$\frac{Ln}{Sn} = \frac{2,55}{1,10} = 2,32 \text{ (Pelat satu arah)}$$

Termasuk pelat satu arah dikarenakan hanya menumpu pada 2 tumpuan.

### ➤ Penulangan Arah Y

$$Q_u = 723,2 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{+(lap)} = \frac{1}{8} \times Q_u \times 0,5L_y^2$$

$$M_{+(lap)} = \frac{1}{8} \times 723,2 \times 0,5(2,55)^2 = 146,957 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{146,957 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 55^2} = 0,607$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,607}{390}} \right) = 0,00157$$

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

$$0,0038 > 0,00157 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif unuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned}\rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,00157 = 0,0020\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As &= \rho b d \\ &= 0,0020 \times 1000 \times 55 = 112,491 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dicoba digunakan tulangan D10

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

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{As} = \frac{1000 \times 78,54}{112,491} = 698,189 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat: } s &\leq 3h \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm} \\ &s \leq 3(80) \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm} \\ &s \leq 240 \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm}\end{aligned}$$

dipakai  $s = 200 \text{ mm}$

$$As_{pakai} = \frac{b \times A_{D10}}{s} = \frac{1000 \times 78,54}{200} = 392,699 \text{ mm}^2$$

$As_{pakai} \geq As_{perlu}$  (Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 1000 \times 55 = 208,580 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 1000 \times 55 = 197,436 \text{ mm}^2$$

$As_{pakai} = 392,699 \text{ mm}^2 \geq As_{min}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan lentur Ø10-200

### ➤ Penulangan Arah X

Penulangan arah X merupakan tulangan susut. Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, untuk tulangan mutu 390 MPa menggunakan rasio tulangan minimum ( $\rho_{min}$ ) = 0,0018

$$\begin{aligned}As &= \rho_{susut} b d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 45 = 81 \text{ mm}^2\end{aligned}$$



Dicoba digunakan tulangan D10

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

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{A_s} = \frac{1000 \times 78,54}{81} = 969,627 \text{ mm}$$

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

$$s \leq 5(80) \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm}$$

dipakai  $s = 300 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{b \times A_{D10}}{s} = \frac{1000 \times 78,54}{300} = 261,799 \text{ mm}^2$$

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

Jadi dipakai tulangan susut  $\emptyset 10-300$

➤ Kontrol Lendutan

$$M_a = 1469565 \text{ Nmm}$$

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

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

• Momen inersia

$$I_g = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}1000 \times 80^3 = 42666666,67 \text{ mm}^4$$

• Momen batas retak

$$M_{cr} = \frac{f_r I}{y_t} = \frac{2,488 \times 42666666,67}{40} = 2653587,124 \text{ Nmm}$$

• Momen inersia retak penampang

$$E_s = 200000$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{ci}} = 4700\sqrt{16,1} = 18858,658$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{18858,658} = 10,605$$

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

$$\frac{1000x^2}{2} - 10,605 \times 392,699 (55 - x) = 0$$

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

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

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-4164,656 \pm \sqrt{4164,656^2 - 4 \times 500 \times 229056,054}}{2 \times 500}$$

$$x_1 = 17,640 \text{ mm} \quad x_2 = -25,970 \text{ mm}$$

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

$$I_{cr} = \frac{1000 \times 17,640^3}{3} + 10,605 \times 392,699 (55 - 17,640)^2$$

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

• Momen inersia efektif

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

$$I_e = \left( \frac{2653587,124}{1469565} \right)^3 \times 42666666,67 +$$

$$\left( 1 - \left( \frac{2653587,124}{1469565} \right)^3 \right) \times 7642576,827 \leq 42666666,67 \text{ mm}^4$$

$$I_e = 213848203,473 \text{ mm}^4 \geq 42666666,67 \text{ mm}^4$$

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

$$\Delta = \frac{5 \text{ Qu } 0,5L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 3,92 \times 1275^4}{384 \times 18858,66 \times 42666666,67} = 0,17 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah  $L/240$

$$\frac{0,5L}{240} = \frac{1275}{240} = 5,31 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,17 \leq 5,31 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Retak

$$M_{cr} = 265,359 \text{ kgm}$$

Momen layan yang bekerja pada saat sebelum komposit yaitu:

$$M_y = \frac{1}{8} \times \text{Qu} \times 0,5L^2$$

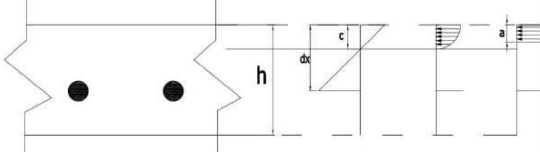
$$M_y = \frac{1}{8} \times 723,2 \times 0,5(2,55)^2 = 146,957 \text{ kgm}$$

$$M_{cr} > M_y$$

$$265,359 \text{ kgm} > 146,957 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{392,699 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} = 5,148 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,148}{0,8} = 6,435 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{55}{6,435} - 1 \right) = 0,02264$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 392,699 \times 390 \left( 55 - \frac{1}{2} \times 5,148 \right)$$

$$\phi M_n = 7226263,192 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$722,626 \text{ kgm} > 146,957 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

### 3. Penulangan Sesudah Komposit

Menentukan momen ( $M_u$ ) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan tabel PBI. Pada penulangan lentur pelat sesudah

komposit hanya pada arah Y (arah pendek pelat) sedangkan pada arah X (arah panjang pelat) merupakan tulangan pembagi.

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{660}{245} = 2,69$$

$\beta > 2$ , maka tergolong pelat 1 arah

➤ Penulangan Arah Y

$$Q_u = 1226 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{lx(+)} &= 0,001 Q_u L_x^2 X \\ &= 0,001 \times 1226 \times 2,45^2 \times 42 = 309,081 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly(+)} &= 0,001 Q_u L_x^2 X \\ &= 0,001 \times 1226 \times 2,45^2 \times 8 = 58,873 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx(-)} &= 0,001 Q_u L_x^2 X \\ &= 0,001 \times 1226 \times 2,45^2 \times 83 = 610,802 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty(-)} &= 0,001 Q_u L_x^2 X \\ &= 0,001 \times 1226 \times 2,45^2 \times 57 = 419,467 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Karena penulangan utama pelat pada tumpuan (-) sama dengan pada lapangan (+), maka diambil yang paling kritis, yaitu:

$$M_u = 610,802 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{610,802 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 115^2} = 0,577$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,577}{390}} \right) = 0,0015$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } \rho_{min} &< \rho_{perlu} < \rho_{max} \\ 0,0038 &> 0,0015 < 0,0277 \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0015 = 0,0019 \end{aligned}$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,0019 \times 1000 \times 115 = 223,495 \text{ mm}^2$$

Dicoba digunakan tulangan D10

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

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times AD10}{A_s} = \frac{1000 \times 78,54}{223,495} = 351,416 \text{ mm}$$

Syarat:

$$s \leq 3h \text{ atau } s \leq 450$$

$$s \leq 3(140) \text{ atau } s \leq 450$$

$$s \leq 420 \text{ atau } s \leq 450$$

$$s \leq 2h \text{ atau } s \leq 450$$

$$s \leq 2(140) \text{ atau } s \leq 450$$

$$s \leq 280 \text{ atau } s \leq 450$$

dipakai  $s = 150 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{b \times AD10}{s} = \frac{1000 \times 78,54}{150} = 523,599 \text{ mm}^2$$

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

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 1000 \times 115 = 436,12 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 1000 \times 115 = 412,82 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} = 523,599 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ min}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan lentur Ø10-150

### ➤ Penulangan Arah X

Penulangan arah X merupakan tulangan susut. Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, untuk tulangan mutu 390 MPa menggunakan rasio tulangan minimum ( $\rho_{min}$ ) = 0,0018

$$A_s = \rho_{susut} b d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 105 = 189 \text{ mm}^2$$

Dicoba digunakan tulangan D10

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

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{A_s} = \frac{1000 \times 78,54}{189} = 415,555 \text{ mm}$$

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

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

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

dipakai  $s = 300 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{b \times A_{D10}}{s} = \frac{1000 \times 78,54}{300} = 261,799 \text{ mm}^2$$

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

Jadi dipakai tulangan susut  $\emptyset 10-300$

➤ Kontrol Lendutan

$$M_a = 6108024 \text{ Nmm}$$

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

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

• Momen inersia

$$I_g = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}1000 \times 140^3 = 228666666,67 \text{ mm}^4$$

• Momen batas retak

$$M_{cr} = \frac{f_r I}{yt} = \frac{3,069 \times 228666666,67}{40} = 17543554,94 \text{ Nmm}$$

• Momen inersia retak penampang

$$E_s = 200000$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{ci}} = 4700\sqrt{24,5} = 23263,813$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{23263,813} = 8,597$$

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

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

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

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

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-4501,401 \pm \sqrt{4501,401^2 - 4 \times 500 \times 517661,133}}{2 \times 500}$$

$$x_1 = 27,988 \text{ mm} \quad x_2 = -36,991 \text{ mm}$$

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

$$I_{cr} = \frac{1000 \times 27,988^3}{3} + 8,597 \times 523,599 (115 - 27,988)^2$$

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

• Momen inersia efektif

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

$$I_e = \left( \frac{17543554,94}{6108024} \right)^3 \times 228666666,67 +$$

$$\left( 1 - \left( \frac{17543554,94}{6108024} \right)^3 \right) \times 41388434,3 \leq 228666666,67 \text{ mm}^4$$

$$I_e = 4478883793,190 \text{ mm}^4 \geq 228666666,67 \text{ mm}^4$$

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

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 3,92 \times 2850^4}{384 \times 23263,81 \times 228666666,67} = 1,39 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah  $L/240$

$$\frac{L}{240} = \frac{2850}{240} = 11,875 \text{ mm}$$

$$\Delta = 1,39 \text{ mm} \leq 11,875 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Retak

$$M_{cr} = 1754,355 \text{ kgm}$$

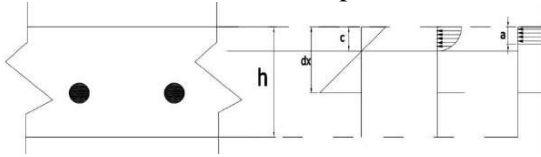
Momen layan yang bekerja pada saat sesudah komposit yaitu:

$$M_y = 610,802 \text{ kgm}$$

$$M_{cr} > M_y$$

$$1754,355 \text{ kgm} > 610,802 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser  
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{523,599 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} = 6,864 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{6,864}{0,8} = 8,580 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{115}{8,580} - 1 \right) = 0,03721$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\varepsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 523,599 \times 390 \left( 115 - \frac{1}{2} \times 6,864 \right)$$

$$\phi M_n = 20504322,21 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$2050,432 \text{ kgm} > 610,802 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

#### 4.2.4 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

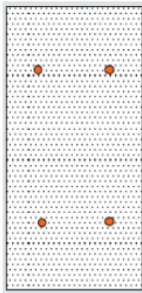
Pengangkatan pelat pracetak dilakukan dengan 4 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

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

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

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





$$b = 2,55 \text{ m}$$

$$a = 1,10 \text{ m}$$

$$P = \frac{a b T_{\text{Precast}} B_{\text{beton}}}{4} = \frac{1,10 \times 2,55 \times 0,08 \times 2400}{4}$$

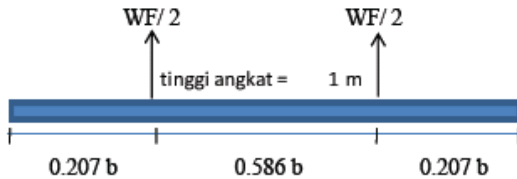
$$P = 134,64 \text{ kg}$$

➤ Tegangan Arah Y (arah panjang)

$$M_y = 0,0107 w a b^2$$

$$= 0,0107 \times 403,2 \times 1,10 \times 2,55^2 = 30,859 \text{ kgm}$$

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



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

$$M_y' = \frac{P \times Y_c}{\tan \theta} = \frac{134,64 \times 0,04}{\tan 45} = 5,386 \text{ kgm}$$

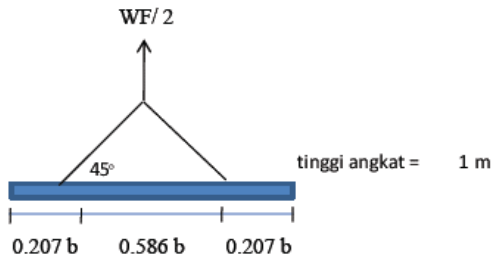
$$M_y \text{ total} = M_y + M_y' = 30,859 + 5,386 = 36,244 \text{ kgm}$$

➤ Tegangan Arah X (arah pendek)

$$M_x = 0,0107 w a^2 b$$

$$= 0,0107 \times 403,2 \times 1,10^2 \times 2,55 = 13,312 \text{ kgm}$$

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



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

$$M_{x'} = \frac{P \times Y_c}{\tan \theta} = \frac{134,64 \times 0,04}{\tan 45} = 5,386 \text{ kgm}$$

$$M_x \text{ total} = M_x + M_{x'} = 13,312 + 5,386 = 18,697 \text{ kgm}$$

➤ Menghitung Momen Tahanan

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

- $M_x$  ditahan oleh penampang selebar  $15t$  atau  $b/2$

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

$$b/2 = 225/2 = 127,5 \text{ cm}$$

$$W_x = \frac{1}{6} \times 15t \times t^2 = \frac{1}{6} \times 120 \times 8^2 = 1280 \text{ cm}^3$$

- $M_y$  ditahan oleh penampang selebar  $a/2$

$$a/2 = 110/2 = 55 \text{ cm}$$

$$W_y = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2 = \frac{1}{6} \times 55 \times 8^2 = 586,67 \text{ cm}^3$$

➤ Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{x_{\text{tot}}}}{W_x} = \frac{1869,7}{1280} = 1,46 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,87 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{y_{\text{tot}}}}{W_y} = \frac{3624,4}{586,67} = 6,18 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,87 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

4.2.5 Penulangan Stud Pelat Lantai

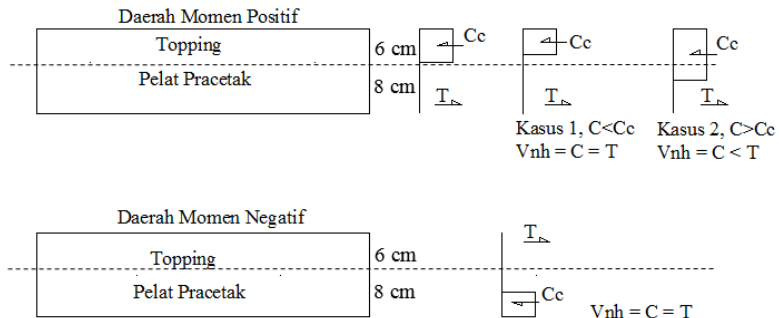
Pada perencanaan yang memakai elemen pracetak dan topping cor di tempat maka transfer gaya regangan horisontal yang terjadi harus dapat dipastikan mampu dipikul oleh seluruh penampang, baik oleh elemen pracetak maupun oleh topping cor di tempat. Untuk mengikat elemen pracetak dan elemen cor di tempat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

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

Dalam SNI disebutkan bahwa gaya geser horisontal bisa diperiksa dengan jalan menghitung perubahan aktual dari gaya tekan dan gaya tarik didalam sembarang segmen dan dengan menentukan bahwa gaya tersebut dipindahkan sebagai gaya geser horisontal elemen-elemen pendukung.

Gaya geser horisontal yang terjadi pada penampang komposit ada dua macam kasus:

- Kasus 1: gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat
- Kasus 2: gaya tekan elemen komposit lebih dari gaya tekan elemen cor setempat



**Gambar 4.7** Diagram Gaya Geser Horizontal Penampang Komposit

Perhitungan stud pelat

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 f_c' A_{\text{topping}} \\ &= 0,85 \times 35 \times 60 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 1785000 \text{ N} = 1785 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dipakai stud Ø8 mm

$$\begin{aligned} A_s &= 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \pi 8^2 = 100,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{nh} = C_c = T$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 100,53 \times 240 = 24127,43 \text{ N} = 24,13 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,55A_c &= 0,55 \times b_v \times d_x \\ &= 0,55 \times 1000 \times 115 \\ &= 63250 \text{ N} = 63,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{nh} < 0,55b_v.d_x$$

$$24,13 \text{ kN} < 63,25 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

$V_{nh}$  diambil terkecil antara  $C_c$  dengan  $T$ , sehingga nilai  $V_{nh}$  yaitu:

$$V_{nh} = 24,13 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_n &= 0.5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c' \times 4700} \sqrt{f_c'} \\ &= 0.5 \times 100,53 \times \sqrt{35 \times 4700} \sqrt{35} \\ &= 49,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_{nh}}{Q_n} \\ &= \frac{24,13 \text{ kN}}{49,58 \text{ kN}} \\ &= 0,49 \approx 1 \text{ buah (dalam 1000 mm)} \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan stud Ø8-500

#### 4.2.6 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

##### ➤ Pembebanan

Beban Mati (DL)

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

$$\text{Stud + tulangan angkat} = 0,10 \times 192 = 19,2 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\begin{aligned} \text{Beban Hidup (LL)} \\ \text{P pekerja} &= 200 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 211,2 + 1,6 \times 200 = 573,44 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= Q_u \times a \times b \\ &= 573,44 \times 1,10 \times 2,55 = 1608,499 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Menghitung tulangan angkat

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

Beban yang diterima satu titik angkat:

$$P = \frac{1608,499}{4} \times 1,41 = 566,996 \text{ kg}$$

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

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

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{566,996}{2600} = 0,218 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat D10 mm

$$A_s \text{ pakai} = 78,54 \text{ mm}^2 = 0,7854 \text{ cm}^2 \geq 0,218 \text{ cm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan angkat Ø10

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

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{N b}{k_c \sqrt{f_c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{16084,99}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 41,969 \text{ mm}$$

Maka tulangan angkur dipasang 50 mm dari permukaan pelat pracetak.

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

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{50}{\tan 35} = 71,407 \text{ mm}$$

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

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

➤ Menghitung kebutuhan strand

$P = 566,996 \text{ kg}$  (beban 1 titik angkat)

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

Diameter = 5/16 in = 0,790 cm

Fpu = 250 ksi = 1725 MPa

A = 0,0058 = 37,4 mm<sup>2</sup>

Fstrand = 1725 x 37,4 = 6451,5 kg

Maka gaya yang dipikul 1 strand =  $6451,5/4 = 1612,88 \text{ kg}$

Kontrol:  $P < F_{strand}$

$$566,996 \text{ kg} < 1612,88 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai seven wire strand diameter 5/16 in ( $F_{pu} = 250 \text{ ksi}$ )

#### 4.2.7 Panjang Penyaluran Pelat

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

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

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

$$l_{dh} = \frac{0,24 f_y \sqrt{f_c'}}{d_b} = \frac{0,24 \times 390 \times \sqrt{35}}{10} = 55,375 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 150 mm

#### 4.2.8 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan

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

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

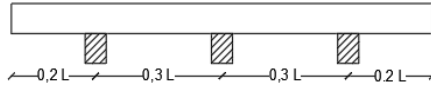
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,08 \times 1,10 \times 2400) = 253,4 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 a t^2 = 1/6 \times 110 \times 8^2 = 1173,33 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,3 b = 0,3 \times 2,55 = 0,765 \text{ m}$$



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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 253,4 \times 0,765^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 0,765 = 76,03 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 114,048 \text{ kgm} = 11404,8 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 253,4 \times 0,765^2 = 18,54 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 27,810 \text{ kgm} = 2781,0 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{11404,8}{1173,33} = 9,72 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{2781,0}{1173,33} = 2,37 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

### Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan balok kayu sebagai penyangga dengan dimensi 5/10

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

$$P = 1,2 (0,08 \times 2400 \times 1,10 \times 2,55) + 1,6 (200) = 966,272 \text{ kg}$$

$$= 9662,72 \text{ N}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{9662,72}{150000} = 0,064 \text{ MPa}$$

Jumlah tumpukan

$$n = \frac{fr}{f \times SF} = \frac{2,48}{0,064 \times 3} = 12 \text{ tumpukan}$$

### 4.2.9 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

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

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

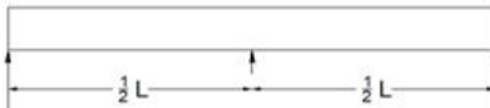
$$fr = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,08 \times 1,10 \times 2400) = 253,4 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 a t^2 = 1/6 \times 110 \times 8^2 = 1173,33 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 2,55 = 1,275 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 253,4 \times 1,275^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 1,275 = 143,2 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 214,80 \text{ kgm} = 21480 \text{ kgcm}$$



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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 253,4 \times 1,275^2 = 51,5 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 77,25 \text{ kgm} = 7725 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{21480}{1173,33} = 18,31 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{7725}{1173,33} = 6,58 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

#### 4.2.10 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran

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

$$f_{ci} \text{ (3 hari)} = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa}$$

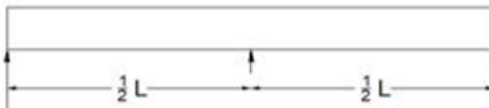
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Qd = 1,2 (0,14 \times 1,10 \times 2400) = 443,5 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 a t^2 = 1/6 \times 110 \times 14^2 = 3593,33 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 2,55 = 1,275 \text{ m}$$



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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 443,5 \times 1,275^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 1,275 = 174,1 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 261,15 \text{ kgm} = 26115 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 443,5 \times 1,275^2 = 90,1 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 135,19 \text{ kgm} = 13519 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{26115}{3593,33} = 7,27 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{13519}{3593,33} = 3,76 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

#### 4.2.11 Penulangan Pelat Terpasang

Penulangan pelat yang terpakai atau yang akan dipasang adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari ketiga keadaan di atas (keadaan akibat pengangkatan, sebelum komposit, sesudah komposit) yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4.5** Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Pelat

Tipe Pelat	Ukuran Pelat		Tulangan Terpasang		Stud	Tulangan Angkat	Panjang Tambahan
	Lx	Ly	Tulangan Utama	Tulangan Pembagi			
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			
P1	7000	2350	Ø10 – 150	Ø10 – 300	Ø8 – 500	Ø10	150
P2	7000	2850	Ø10 – 150	Ø10 – 300	Ø8 – 500	Ø10	150
P3	1750	4700	Ø10 – 150	Ø10 – 300	Ø8 – 500	Ø10	150
P4	5000	1425	Ø10 – 150	Ø10 – 300	Ø8 – 500	Ø10	150
P5	3500	1425	Ø10 – 150	Ø10 – 300	Ø8 – 500	Ø10	150
P6	5000	2350	Ø10 – 150	Ø10 – 300	Ø8 – 500	Ø10	150
P7	2300	4700	Ø10 – 150	Ø10 – 300	Ø8 – 500	Ø10	150

### 4.3 Perencanaan Tangga

Dalam contoh perencanaan tangga ini, tipe tangga yang digunakan adalah tangga penghubung lantai 1 dengan lantai 2. Adapun data-data dan contoh perhitungan tangga adalah sebagai berikut:

#### 4.3.1 Data Perencanaan

Panjang datar tangga	: 470 cm
Tinggi tangga	: 400 cm
Tinggi pelat bordes	: 200 cm
Lebar anak tangga	: 117,5 cm
Lebar bordes	: 170 cm
Tebal pelat tangga	: 14 cm
Tebal pelat bordes	: 14 cm
Tebal pelat ekuivalen	: 11,1 cm
Lebar injakan (i)	: 30 cm
Tinggi tanjakan (t)	: 20 cm

#### 4.3.2 Pembebanan Tangga

##### A. Berat Pelat Anak Tangga

##### 1. Beban Mati (DL)

Berat pelat (14 cm)	= 0,14 x 2400	= 336 kg/m <sup>2</sup>
Berat anak tangga	= 0,111 x 2400	= 266,3 kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik & spesi		= 21,5 kg/m <sup>2</sup>
<u>Berat pegangan</u>	<u>= 2,57 x 1,175</u>	<u>= 3,02 kg/m<sup>2</sup></u>
Total beban mati (DL)		= 626,8 kg/m <sup>2</sup>

##### 2. Beban Hidup (LL)

<u>Beban hidup tangga</u>	<u>= 479 kg/m<sup>2</sup></u>
Total beban hidup (LL)	= 479 kg/m <sup>2</sup>

Beban ultimate	= 1,2 DL + 1,6 LL
	= 1,2 x 626,8 + 1,6 x 479
Qu	= 1518,531 kg/m <sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Beban merata} &= 1518,531 \times \text{lebar tangga} \\
 &= 1518,531 \times 1,175 \\
 Q_{\text{tangga}} &= 1784,274 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

## B. Berat Pelat Bordes

### 1. Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat (14 cm)} &= 0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat keramik \& spesi} &= 21,5 \text{ kg/m}^2 \\
 \underline{\text{Berat pegangan}} &= 2,57 \times 1,175 = 3,02 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total beban mati (DL)} &= 360,52 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### 2. Beban Hidup (LL)

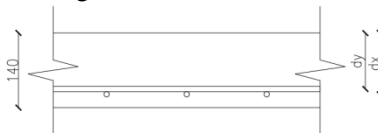
$$\begin{aligned}
 \underline{\text{Beban hidup tangga}} &= 479 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total beban hidup (LL)} &= 479 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban ultimate} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 360,52 + 1,6 \times 479 \\
 Q_u &= 1199,024 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban merata} &= 1199,024 \times \text{lebar tangga} \\
 &= 1199,024 \times 1,7 \\
 Q_{\text{bordes}} &= 2038,34 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

### 4.3.3 Penulangan Tangga

Mutu beton ( $f_c'$ )	: 35 MPa
Mutu baja lentur ( $f_y$ )	: 390 MPa
Mutu baja geser ( $f_y$ )	: 240 MPa
Tebal pelat	: 140 mm
Tebal selimut beton	: 20 mm
Diameter tulangan lentur	: 16 mm
Diameter tulangan susut	: 10 mm



**Gambar 4.8** Tebal Manfaat Pelat Tangga

Untuk mutu beton  $f_c' = 35$  MPa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan ratio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \left( \frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0370$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0370 = 0,0277$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,109$$

### ➤ Penulangan Pelat Tangga

Tebal manfaat pelat:

$$dx = 140 - 20 - 16/2 = 112 \text{ mm}$$

$$dy = 140 - 20 - 16 - 10/2 = 99 \text{ mm}$$

#### A. Tulangan Utama

$M_u = 6673,21$  kgm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{6673,21 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 112^2} = 6,65$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 6,65}{390}} \right) = 0,0196$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$   
 $0,0038 < 0,0196 < 0,0277$

As =  $\rho b d$   
 $= 0,0196 \times 1000 \times 112 = 2190,499 \text{ mm}^2$

Dicoba digunakan tulangan D16

A D16 =  $0,25 \pi d^2 = 201,062 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times AD16}{As} = \frac{1000 \times 201,062}{2190,499} = 91,79 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$

$$s \leq 3(140)$$

$$s \leq 420 \text{ mm}$$

dipakai  $s = 90 \text{ mm}$

$$As \text{ pakai} = \frac{b \times AD16}{s} = \frac{1000 \times 201,062}{90} = 2234,021 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As perlu (Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 1000 \times 112 = 424,74 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 1000 \times 112 = 402,05 \text{ mm}^2$$

As pakai =  $2234,021 \text{ mm}^2 \geq$  As min (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan lentur  $\emptyset 16-90$

## B. Tulangan Susut

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1, untuk tulangan mutu 390

MPa menggunakan rasio tulangan minimum ( $\rho_{min}$ ) = 0,0018

As =  $\rho_{susut} b d$   
 $= 0,0018 \times 1000 \times 99 = 178 \text{ mm}^2$

Dicoba digunakan tulangan D10

A D16 =  $0,25 \pi d^2 = 78,54 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times AD10}{As} = \frac{1000 \times 78,54}{178} = 440,74 \text{ mm}$$

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

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

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

dipakai  $s = 300 \text{ mm}$

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

$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan susut  $\emptyset 10-300$

### ➤ Penulangan Pelat Bordes

Tebal manfaat pelat:

$$dx = 140 - 20 - 16/2 = 112 \text{ mm}$$

$$dy = 140 - 20 - 16 - 16/2 = 96 \text{ mm}$$

A. Tulangan Arah X

$Mu = 6536,76 \text{ kgm}$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset b d^2} = \frac{6536,76 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 112^2} = 6,51$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 6,51}{390}} \right) = 0,0191$$

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

$$0,0038 < 0,0191 < 0,0277$$

$As = \rho b d$

$$= 0,0191 \times 1000 \times 112 = 2138,202 \text{ mm}^2$$

Dicoba digunakan tulangan D16

$$A D16 = 0,25 \pi d^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times AD16}{A_s} = \frac{1000 \times 201,062}{2138,202} = 94,03 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$

$$s \leq 3(140)$$

$$s \leq 420 \text{ mm}$$

dipakai  $s = 90 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{b \times AD16}{s} = \frac{1000 \times 201,062}{90} = 2234,021 \text{ mm}^2$$

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

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 1000 \times 112 = 424,74 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 1000 \times 112 = 402,05 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} = 2234,021 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ min}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan lentur  $\emptyset 16-90$

B. Tulangan Arah Y

$M_u = 2772,89 \text{ kgm}$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{2772,89 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 96^2} = 3,76$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 3,76}{390}} \right) = 0,0105$$

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

$$0,0038 < 0,0105 < 0,0277$$

$A_s = \rho b d$

$$= 0,0105 \times 1000 \times 96 = 1010,945 \text{ mm}^2$$



Dicoba digunakan tulangan D16

$$A_{D16} = 0,25 \pi d^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D16}}{A_s} = \frac{1000 \times 201,062}{1010,945} = 198,89 \text{ mm}$$

Syarat:  $s \leq 3h$

$$s \leq 3(140)$$

$$s \leq 420 \text{ mm}$$

dipakai  $s = 180 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{b \times A_{D16}}{s} = \frac{1000 \times 201,062}{180} = 1117,011 \text{ mm}^2$$

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

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 1000 \times 96 = 364,07 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 1000 \times 96 = 344,62 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} = 1117,011 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ min}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan lentur  $\emptyset 16-180$

#### 4.3.4 Penulangan Balok Bordes

➤ Perencanaan Dimensi Balok Bordes

$$h_{\text{min}} = \frac{L}{16} = \frac{235}{16} = 14,69$$

dipakai  $h = 55 \text{ cm}$

$b \geq 250 \text{ mm}$  dan  $b \geq 0,3h$

$b$  diambil  $2/3h$

dipakai  $b = 35 \text{ cm}$

Maka dipakai dimensi balok bordes  $35/55 \text{ cm}$

➤ Pembebanan Balok Bordes

Beban Mati (DL)

Berat balok	= 0,35 x 0,55 x 2400	= 336 kg/m
Berat dinding	= 2 x 90	= 21,5 kg/m
Berat pelat bordes	= 360,52 x 1,7	= 612,9 kg/m
Total beban mati (DL)		= 1254,88 kg/m

Beban Hidup (LL)

Beban hidup tangga	= 479 x 1,7	= 814,3 kg/m
Total beban hidup (LL)		= 814,3 kg/m

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 1254,88 + 1,6 \times 814,3 \\ &= 2808,74 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$M_{lap(-)} = \frac{1}{12} \times Q_u \times L^2 = \frac{1}{12} \times 2808,7 \times 2,35^2 = 1292,61 \text{ kgm}$$

$$V_{u\text{total}} = \frac{1}{2} \times Q_u \times L = \frac{1}{2} \times 2808,7 \times 2,35 = 7755,63 \text{ kg}$$

➤ Penulangan Lentur Balok Bordes

Direncanakan:

Diameter tulangan utama	= 19 mm
Diameter sengkang	= 10 mm
Selimit beton	= 50 mm
Sehingga, d	= 550 – 50 – 10 – 19/2 = 480,5 mm

$$\beta_1 = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \left( \frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0370$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0370 = 0,0277$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,109$$

A. Tulangan Lapangan

Mu = 26426,03 kgm

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{26426,03 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 480,5^2} = 4,09$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 4,09}{390}} \right) = 0,0113$$

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

$$0,0038 < 0,0113 < 0,0277$$

As =  $\rho b d$

$$= 0,0113 \times 350 \times 480,5 = 1904,018 \text{ mm}^2$$

Dicoba digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,529 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{1904,018}{283,529} = 6,72 \approx 7 \text{ buah}$$

$$As_{pakai} = 7 \times 283,529 = 1927,995 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As perlu (Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} 350 \times 480,5 = 637,78 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 350 \times 480,5 = 603,71 \text{ mm}^2$$

As pakai = 1927,995 mm<sup>2</sup>  $\geq$  As min (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan tumpuan atas = 7D19

Tulangan tumpuan bawah diambil 0,5 dari tulangan atas = 4D19

## B. Tulangan Geser

$$Vu = 239035,40 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \times bw \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 350 \times 480,5 = 165822,79 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,75 \times 165822,79 = 124367,09 \text{ N}$$

$$0,5 \phi Vc = 0,5 \times 124367,09 = 62183,54 \text{ N}$$

$$Vu \leq 0,5 \phi Vc$$

$$239035,40 \text{ N} > 62183,54 \text{ N}$$

Tidak Memenuhi, Sehingga

$$0,5 \phi Vc \leq Vu \leq \phi Vc$$

$$62183,54 \text{ N} \leq 239035,40 \text{ N} > 124367,09 \text{ N}$$

Tidak Memenuhi, Sehingga

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d = \frac{1}{3} \times 350 \times 480,5 = 56058,33 \text{ N}$$

$$\phi (Vc + Vs_{min}) = 0,75 (165822,79 + 56058) = 166410,84 \text{ N}$$

$$\phi Vc \leq Vu \leq \phi (Vc + Vs_{min})$$

$$124367,09 \text{ N} \leq 239035,40 \text{ N} > 166410,84 \text{ N}$$

Tidak Memenuhi, Sehingga

$$\phi \left( Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \times bw \times d \right)$$

$$= 0,75 \left( 169273,83 + \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 350 \times 480,5 \right) = 373101,27 \text{ N}$$

$$\phi (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \phi \left( Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \times bw \times d \right)$$

$$166410,84 \text{ N} \leq 239035,40 \text{ N} \leq 373101,27 \text{ N}$$

Memenuhi, sehingga diperlukan tulangan geser

$$\phi Vs_{perlu} = Vu - \phi Vc$$

$$\phi Vs_{perlu} = 239035,40 - 124367,09 = 114668,31 \text{ N}$$

$$Vs = \frac{\phi Vs_{perlu}}{\phi} = \frac{114668,31}{0,75} = 152891,08 \text{ N}$$

Dicoba D10

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 78,54 \text{ mm}^2 \text{ dipakai 2 kaki} \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 240 \times 480,5}{152891,08} = 118,48 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq d/2 \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 480,5/2 \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 240,25 \text{ mm dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser 2D10-100 mm

#### 4.4 Perencanaan Balok Anak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu pada dua titik tumpu, titik tumpu pertama berada di balok induk serta titik tumpu kedua berada di balok anak. Balok anak dengan tipe B2-A dengan bentang terpanjang mencapai 7 m dijadikan sebagai contoh perhitungan.

##### 4.4.1 Data Perencanaan

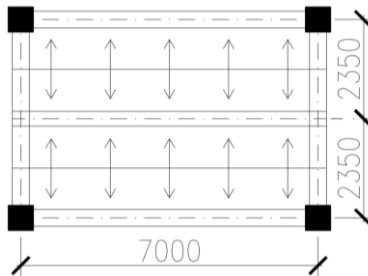
Dimensi balok anak	: 30 x 40 cm
Tebal decking	: 50 mm
Tulangan lentur	: D19
Tulangan geser	: D10
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 35 MPa
Mutu baja lentur ( $f_y$ )	: 390 MPa
Mutu baja geser ( $f_y$ )	: 240 MPa

Dalam perhitungan bab ini akan direncanakan dalam tiga tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit akibat pengangkatan, penulangan sebelum komposit, dan penulangan sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara ketiga keadaan tersebut.

#### 4.4.2 Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata yang terjadi pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata yang berada di atas pelat).

Distribusi pembebanan sebelum komposit merupakan pelat satu arah, dengan demikian beban yang terjadi adalah persegi panjang yaitu terbagi menjadi dua.



**Gambar 4.9** Distribusi Beban pada Balok Anak

$$L_x = 700 - (40/2 + 40/2) = 660 \text{ cm}$$

$$L_y = 235 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang landasan} = L_n/180 = 38,89 \text{ mm} < 75 \text{ mm}$$

Sehingga, dipakai panjang landasan 75 mm

Jadi, panjang balok pracetak = 660 cm

#### A. Saat Pengangkatan

##### 1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok} = 0,30 \times 0,26 \times 2400 = 187,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban kejut} = 0,5 \times 187,2 = 93,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 280,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban total} = 1,4 \text{ DL}$$

$$= 1,4 \times 280,8$$

$$Q_u = 393,12 \text{ kg/m}$$

## B. Sebelum Komposit

### 1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok} = 0,30 \times 0,26 \times 2400 = 187,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban pelat pracetak} = 2 (1/2 \text{ q L})$$

$$= 2 \times 0,5 \times 0,08 \times 2400 \times 2,35 = 451,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban overtopping} = 2 (1/2 \text{ q L})$$

$$= 2 \times 0,5 \times 0,06 \times 2400 \times 2,35 = 338,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 976,8 \text{ kg/m}$$

### 2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pelat} = 2 (1/2 \text{ q L})$$

$$= 2 \times 0,5 \times 479 \times 2,35 = 1125,65 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban hidup (LL)} = 1125,65 \text{ kg/m}$$

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

$$= 1,2 \times 976,8 + 1,6 \times 1125,65$$

$$\text{Qu} = 2973,20 \text{ kg/m}$$

## C. Sesudah Komposit

### 1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok} = 0,30 \times 0,40 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat} = 0,14 \times 2,35 \times 2400 = 789,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Penggantung \& plafond} = 6,5 \times 2,35 = 15,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Ducting \& plumbing} = 19 \times 2,35 = 44,65 \text{ kg/m}$$

$$\text{Keramik \& spesi} = 21,5 \times 2,35 = 50,53 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 1188,05 \text{ kg/m}$$

### 2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pelat} = 2 (1/2 \text{ q L})$$

$$= 2 \times 0,5 \times 479 \times 2,35 = 1125,65 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban hidup (LL)} = 1125,65 \text{ kg/m}$$

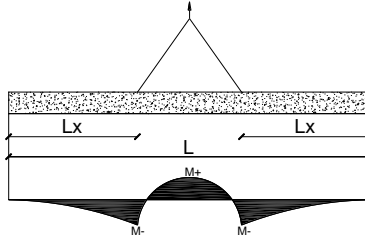
$$\text{Beban total} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times 1188,05 + 1,6 \times 1125,65$$

$$\text{Qu} = 3226,70 \text{ kg/m}$$

### 4.4.3 Perhitungan Momen dan Geser

#### A. Saat Pengangkatan



**Gambar 4.10** Momen Saat Pengangkatan Balok Anak

$$M_{+(lap)} = \frac{Qu \times L^2}{8} \times 1 - 4X + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{Qu (X^2 \times L^2)}{2}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left( 1 + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta} \right)} \right)}$$

Kondisi sebelum komposit:

$$b = 30 \text{ cm}$$

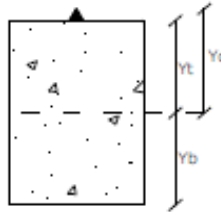
$$h = 26 \text{ cm}$$

$$L = 660 \text{ cm}$$

$$Yt = Yb = 13 \text{ cm}$$

$$Yc = Yt + 5 = 18 \text{ cm}$$

$$\text{Sudut pengangkatan} = 45^\circ$$

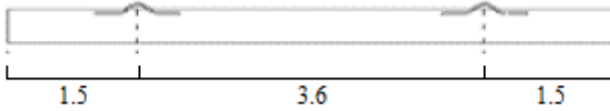


$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 18}{660 \times \tan 45}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{13}{13} \left( 1 + \frac{4 \times 18}{660 \times \tan 45} \right)} \right)} = 0,226$$

$$X \times L = 0,226 \times 660 = 149,25 \text{ cm} = 1,5 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 6,6 - 2 (1,5) = 3,6 \text{ m}$$





**Gambar 4.11** Letak Titik Pengangkatan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak pada waktu pengangkatan:

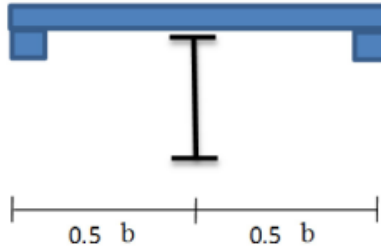
$$M_{+(lap)} = \frac{393,12 \times 6,6^2}{8} \times 1 - 4 (0,226) + \frac{4 \times 0,18}{6,6 \times \tan 45}$$

$$M_{+(lap)} = 437,85 \text{ kgm}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{393,12 (0,226^2 \times 6,6^2)}{2} = 437,85 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} Qu L = \frac{1}{2} \times 393,12 \times 6,6 = 1297,296 \text{ kg}$$

#### B. Sebelum Komposit



**Gambar 4.12** Asumsi Saat Pemasangan Balok Anak Pracetak

Asumsi saat pemasangan balok pracetak menggunakan scaffolding di tengah bentang, sehingga perhitungan momen:

$$M_{+(lap)} = \frac{1}{8} Qu (0,5 L)^2 = \frac{1}{8} \times 2973,2 \times (3,3)^2$$

$$M_{+(lap)} = 4047,27 \text{ kgm}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{1}{10} Qu (0,5 L)^2 = \frac{1}{10} \times 2973,2 \times (3,3)^2$$

$$M_{-(tump)} = 3237,81 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} Qu (0,5 L) = \frac{1}{2} x 2973,2 x (3,3) = 4905,78 \text{ kg}$$

C. Sesudah Komposit

$$M_{+(lap)} = \frac{1}{8} Qu L^2 = \frac{1}{8} x 3226,7 x 7^2 = 19763,54 \text{ kgm}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{1}{10} Qu L^2 = \frac{1}{10} x 3226,7 x 7^2 = 15810,83 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} Qu L = \frac{1}{2} x 3226,7 x 7 = 11293,45 \text{ kg}$$

#### 4.4.4 Perhitungan Tulangan Balok Anak

Untuk mutu beton  $f_c' = 35$  MPa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan ratio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 x \beta_1 x f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 x 0,8 x 35}{390} \left( \frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0370$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 x 0,0370 = 0,0277$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 x 35} = 13,109$$

#### 1. Penulangan Balok Anak Saat Pengangkatan

➤ Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 260 - 50 - 10 - (1/2)19 = 190,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 437,85 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{437,85 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 190,5^2} = 0,45$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,45}{390}} \right) = 0,0012$$

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

$$0,0038 > 0,0012 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0012 = 0,0015 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,0015 \times 300 \times 190,5 = 85,78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A D19 = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{85,78}{283,53} = 0,30 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} \geq As_{perlu} = 85,78 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 190,5 = 216,73 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 190,5 = 205,15 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} = 142 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 142 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D19

### ➤ Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{283,53}{283,53} = 1 \text{ buah}$$

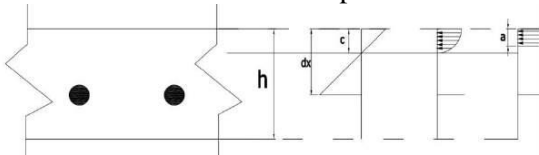
Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 283,53 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

### ➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{567,06 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 24,78 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{24,78}{0,8} = 30,97 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{190,5}{30,97} - 1 \right) = 0,015$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\varepsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 567,06 \times 390 \left( 190,5 - \frac{1}{2} \times 24,78 \right)$$

$$\phi M_n = 35450612,25 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$3545,06 \text{ kgm} > 822,83 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 260 - 50 - 10 - (1/2)19 = 190,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 437,85 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{437,85 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 190,5^2} = 0,45$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,45}{390}} \right) = 0,0012$$

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

$$0,0038 > 0,0012 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 \times 0,0012 = 0,0015 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,0015 \times 300 \times 190,5 = 85,78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{85,78}{283,53} = 0,30 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 85,78 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 190,5 = 216,73 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 190,5 = 205,15 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} = 142 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 142 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D19

➤ Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

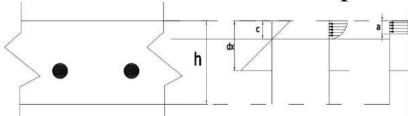
$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{283,53}{283,53} = 1 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 283,53 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser  
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{567,06 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 24,78 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{24,78}{0,8} = 30,97 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{190,5}{30,97} - 1 \right) = 0,015$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi As f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 567,06 \times 390 \left( 190,5 - \frac{1}{2} \times 24,78 \right)$$

$$\phi M_n = 35450612,25 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$3545,06 \text{ kgm} > 437,85 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Tulangan Geser Akibat Pengangkatan

$$V_u = 12972,96 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} x b w x d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 190,5 = 56350,66 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 56350,66 = 42262,99 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 42262,99 = 21131,50 \text{ N}$$

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

$$12972,96 \text{ N} \leq 21131,50 \text{ N}$$

Sehingga, tidak diperlukan tulangan geser

➤ Kontrol Lendutan

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

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

$$Ie = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 260^3 = 439400000 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700\sqrt{fci} = 4700\sqrt{16,1} = 18858,658$$

$$\Delta = \frac{5 Qu L^4}{384 Ec Ie} = \frac{5 \times 2,808 \times 6600^4}{384 \times 18858,658 \times 439400000} = 8,37 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah L/240

$$\frac{L}{240} = \frac{6600}{240} = 27,50 \text{ mm}$$

$$\Delta = 8,37 \text{ mm} \leq 27,50 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

## 2. Penulangan Balok Anak Sebelum Komposit

➤ Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 260 - 50 - 10 - (1/2)19 = 190,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 4047,27 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{4047,27 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 190,5^2} = 4,13$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 4,13}{390}} \right) = 0,0115$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$   
 $0,0038 < 0,0115 < 0,0277$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,0115 \times 300 \times 190,5 = 654,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{654,40}{283,53} = 2,3 \approx 3 \text{ buah}$$



Dipakai 3 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 3 \times 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 654,40 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 190,5 = 216,73 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 190,5 = 205,15 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sejangkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 3(19)}{3 - 1} = 142 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 61,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

#### ➤ Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 850,59 = 425,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{425,29}{283,53} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

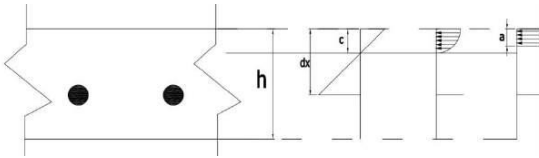
Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 425,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

#### ➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,59 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 37,17 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{37,17}{0,8} = 46,46 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{190,5}{46,46} - 1 \right) = 0,0093$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 850,59 \times 390 \left( 190,5 - \frac{1}{2} \times 37,17 \right)$$

$$\phi M_n = 51326441,42 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$5132,64 \text{ kgm} > 4047,26 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 260 - 50 - 10 - (1/2)19 = 190,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 3237,81 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{3237,81 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 190,5^2} = 3,30$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 3,30}{390}} \right) = 0,0090$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$   
 $0,0038 < 0,0090 < 0,0277$

As =  $\rho \cdot b \cdot d$   
 $= 0,0090 \times 300 \times 190,5 = 514,60 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D19

A D19 =  $0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{514,60}{283,53} = 1,81 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

As pakai =  $2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$

As pakai  $\geq$  As perlu =  $514,60 \text{ mm}^2$  (Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 190,5 = 216,73 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 190,5 = 205,15 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sengkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} = 142 \text{ mm}$$

S =  $25 \text{ mm} \leq 142 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan 2D19

➤ Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{283,53}{283,53} = 1 \text{ buah}$$

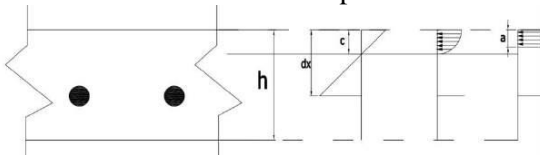
Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 283,53 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,59 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 37,17 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{37,17}{0,8} = 46,46 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{190,5}{46,46} - 1 \right) = 0,0093$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi As f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 850,59 \times 390 \left( 190,5 - \frac{1}{2} \times 37,17 \right)$$

$$\phi M_n = 51326441,42 \text{ Nmm}$$

Ø Mn > Mu

5132,64 kgm > 3237,82 kgm (Memenuhi)

➤ Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$Vu = 49057,80 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{fc'} \times bw \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 190,5 = 56350,66 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,75 \times 56350,66 = 42262,99 \text{ N}$$

$$0,5 \phi Vc = 0,5 \times 42262,99 = 21131,50 \text{ N}$$

$$0,5 \phi Vc \leq Vu \leq \phi Vc$$

$$21131,50 \text{ N} \leq 49057,80 \text{ N} \geq 42262,99 \text{ N}$$

Tidak Memenuhi, Sehingga

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d = \frac{1}{3} \times 300 \times 190,5 = 19050 \text{ N}$$

$$\phi (Vc + Vs_{min}) = 0,75 (56350,66 + 19050) = 56550,49 \text{ N}$$

$$\phi Vc \leq Vu \leq \phi (Vc + Vs_{min})$$

$$21131,50 \text{ N} \leq 49057,80 \text{ N} \leq 56550,49 \text{ N}$$

Memenuhi

Sehingga, kondisi di atas cukup dipasang tulangan geser minimum

Dicoba menggunakan tulangan geser 2 kaki D10 jarak 200 mm

$$As = 157,08 \text{ mm}^2$$

Cek syarat minimum tulangan

$$As_{min} = \frac{0,062 \sqrt{fc'}}{fy} b_w s = \frac{0,062 \sqrt{35}}{240} 300 \times 200 = 91,70 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{0,35}{fy} b_w s = \frac{1,4}{240} 300 \times 200 = 87,50 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 157,08 \text{ mm}^2 \geq As_{min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan geser 2D10-200

➤ Kontrol Lendutan

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

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

$$I_e = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 260^3 = 439400000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{ci}} = 4700\sqrt{16,1} = 18858,658$$

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 21,0245 \times 3300^4}{384 \times 18858,658 \times 439400000} = 3,92 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah L/240

$$\frac{L}{240} = \frac{3300}{240} = 13,75 \text{ mm}$$

$$\Delta = 3,92 \text{ mm} \leq 13,75 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

### 3. Penulangan Balok Anak Sesudah Komposit

➤ Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 400 - 50 - 10 - (1/2)19 = 330,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 19763,54 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{19763,54 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 330,5^2} = 6,70$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 6,70}{390}} \right) = 0,0197$$

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

$$0,0038 < 0,0197 < 0,0277$$

$$As = \rho b d$$

$$= 0,0197 \times 300 \times 330,5 = 1956,81 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{1956,81}{283,53} = 6,90 \approx 7 \text{ buah}$$

Dipakai 7 buah tulangan

$$As_{pakai} = 7 \times 283,53 = 1984,70 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As perlu = 1956,81 mm<sup>2</sup> (Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 330,5 = 376,01 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 330,5 = 355,92 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sengkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 7(19)}{7 - 1} = 7,83 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \geq 7,83 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$$

Tidak Memenuhi, Sehingga dipakai 2 lapis tulangan

Jadi, dipakai tulangan 7D19

#### ➤ Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 1984,70 = 992,35 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{992,35}{283,53} = 3,5 \approx 4 \text{ buah}$$

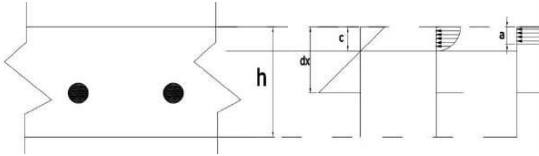
Dipakai 4 buah tulangan

$$As_{\text{pakai}} = 4 \times 283,53 = 1134,11 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As perlu = 992,35 mm<sup>2</sup> (Memenuhi)

#### ➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1984,70 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 86,73 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{86,73}{0,8} = 108,41 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{330,5}{108,41} - 1 \right) = 0,006$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 1984,70 \times 390 \left( 330,5 - \frac{1}{2} \times 86,73 \right)$$

$$\phi M_n = 200028126,7 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$20002,81 \text{ kgm} > 19763,54 \text{ kgm} \text{ (Memenuhi)}$$

➤ Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 400 - 50 - 10 - (1/2)19 = 330,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 15810,83 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{15810,83 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 330,5^2} = 5,36$$

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



$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 5,36}{390}} \right) = 0,0153$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$   
 $0,0038 < 0,0153 < 0,0277$

As =  $\rho b d$   
 $= 0,0153 \times 300 \times 330,5 = 1514,59 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D19

A D19 =  $0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{1514,59}{283,53} = 5,34 \approx 6 \text{ buah}$$

Dipakai 6 buah tulangan

As pakai =  $6 \times 283,53 = 1701,17 \text{ mm}^2$

As pakai  $\geq$  As perlu =  $1514,59 \text{ mm}^2$  (Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 330,5 = 376,01 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 330,5 = 355,92 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sengkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 6(19)}{6 - 1} = 13,2 \text{ mm}$$

$S = 25 \text{ mm} \geq 13,2 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$

Tidak Memenuhi, Sehingga dipakai 2 lapis tulangan

Jadi, dipakai tulangan 6D19

➤ Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 1701,17 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{850,59}{283,53} = 3 \text{ buah}$$

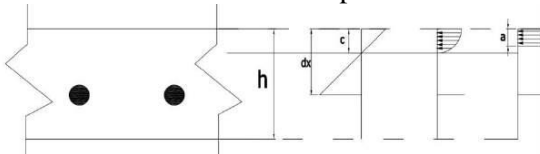
Dipakai 3 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 3 \times 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 850,59 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1701,17 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 74,34 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{74,34}{0,8} = 92,92 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{330,5}{92,92} - 1 \right) = 0,007$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi As f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 1701,17 \times 390 \left( 330,5 - \frac{1}{2} \times 74,34 \right)$$

$$\phi M_n = 175151633,9 \text{ Nmm}$$

Ø Mn > Mu

17515,16 kgm > 15810,83 kgm (Memenuhi)

➤ Tulangan Geser Sesudah Komposit

$$Vu = 112934,50 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} x bw x d = \frac{1}{6} \sqrt{35} x 300 x 330,5 = 97763,22 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,75 x 97763,22 = 73322,41 \text{ N}$$

$$0,5 \phi Vc = 0,5 x 73322,41 = 36661,21 \text{ N}$$

$$0,5 \phi Vc \leq Vu \leq \phi Vc$$

$$36661,21 \text{ N} \leq 112934,50 \text{ N} \geq 73322,41 \text{ N}$$

Tidak Memenuhi, Sehingga

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} x bw x d = \frac{1}{3} x 300 x 330,5 = 33050 \text{ N}$$

$$\phi (Vc + Vs_{min}) = 0,75 (97763,22 + 33050) = 98109,91 \text{ N}$$

$$\phi Vc \leq Vu \geq \phi (Vc + Vs_{min})$$

$$73322,41 \text{ N} \leq 112934,50 \text{ N} \geq 98109,91 \text{ N}$$

Tidak Memenuhi, Sehingga

$$\phi \left( Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} x bw x d \right)$$

$$= 0,75 \left( 97763,22 + \frac{1}{3} \sqrt{35} x 300 x 330,5 \right) = 219967,24 \text{ N}$$

$$\phi (Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \phi \left( Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} x bw x d \right)$$

$$98109,91 \text{ N} \leq 112934,50 \text{ N} \leq 219967,24 \text{ N}$$

Memenuhi, sehingga diperlukan tulangan geser

$$\phi Vs_{perlu} = Vu - \phi Vc$$

$$\phi Vs_{perlu} = 112934,50 - 73322,41 = 39612,09 \text{ N}$$

$$Vs = \frac{\phi Vs_{perlu}}{\phi} = \frac{39612,09}{0,75} = 52816,11 \text{ N}$$

Dicoba D10

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 78,54 \text{ mm}^2 \text{ dipakai 2 kaki} \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan

$$S = \frac{As f_y d}{V_s} = \frac{157,08 \times 240 \times 330,5}{52816,11} = 235,90 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq d/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 330,5/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 165,25 \text{ mm atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser 2D10-150

➤ Kontrol Lendutan

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

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,06 \text{ MPa} = 30,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_e = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 400^3 = 1600000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_{ci}} = 4700 \sqrt{24,5} = 23263,81$$

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 23,137 \times 7000^4}{384 \times 23263,81 \times 1600000000} = 19,43 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah  $L/240$

$$\frac{L}{240} = \frac{7000}{240} = 29,17 \text{ mm}$$

$$\Delta = 19,43 \text{ mm} \leq 29,17 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

#### 4.4.5 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan balok anak pracetak dilakukan dengan 2 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

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

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

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 300 \times 260^2 = 3380000 \text{ mm}^3$$

$$M_{+(lap)} = 4378450,13 \text{ Nmm}$$

$$M_{-(tump)} = 4378450,13 \text{ Nmm}$$

Momen yang terjadi

$$\sigma_{max} = \frac{M^+}{W} = \frac{4378450,13}{3380000} = 1,29 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

$$\sigma_{min} = \frac{M^-}{W} = \frac{4378450,13}{3380000} = 1,29 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

#### 4.4.6 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

##### ➤ Pembebanan

Beban Mati (DL)

$$\text{Beban balok pracetak} = 187,2 \text{ kg/m}$$

$$qD = 187,2 \times 6,6 = 1235,52 \text{ kg}$$

$$P = 1235,52 \text{ kg}$$

##### ➤ Menghitung tulangan angkat

Sesuai dengan *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* terdapat 2 titik angkat dan sudut angkat sebesar 45° sehingga harus dikalikan faktor  $F = 1,41$

(Di lapangan biasanya digunakan  $F$  sebesar 1,5 – 2)

Beban yang diterima satu titik angkat:

$$Pu = \frac{P}{2} \times FD \times FB$$

$$Pu = \frac{1235,52}{2} \times 1,41 \times 1,4 = 1219,46 \text{ kg}$$

Dipakai tulangan angkat D10 mm

Dicoba kedalaman tulangan angkat  $ld = 100 \text{ mm}$

Kontrol kekuatan tulangan angkat ketika pengangkatan

$$Pu \leq \emptyset A_s 0,56 f_y$$

$$12194,6 \text{ N} \leq 0,9 \times \left(\frac{1}{4} \pi 10^2\right) \times 0,56 \times 390$$

$$12194,6 \text{ N} \leq 15437,79 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jebol (lepas) tulangan angkat ketika pengangkatan

$$\frac{P}{2} \leq \emptyset \times \text{keliling} \times l_d \times f_r$$

$$\frac{12194,6}{2} N \leq 0,9 \times (\pi \times 10) \times 100 \times 2,48$$

$$6097,29 N \leq 7033,91 N \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, dipakai tulangan angkat D10 dengan kedalaman 100 mm

➤ Menghitung kebutuhan strand

$P = 1219,46$  kg (beban 1 titik angkat)

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

Diameter = 5/16 in = 0,790 cm

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

A = 0,0058 = 37,4 mm<sup>2</sup>

Fstrand = 1725 x 37,4 = 6451,5 kg

Maka gaya yang dipikul 1 strand =  $6451,5/2 = 3225,75$  kg

Kontrol:  $P < F_{strand}$

$$1219,46 \text{ kg} < 3225,75 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai seven wire strand diameter 5/16 in ( $F_{pu} = 250$  ksi)

#### 4.4.7 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan

Penumpukan balok anak pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

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

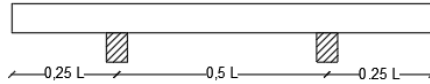
$f_r$  = 0,62  $\sqrt{f_{ci}}$  = 0,62  $\sqrt{16,1}$  = 2,48 MPa = 24,8 kg/cm<sup>2</sup>

Qd = 1,2 (0,30 x 0,26 x 2400) = 224,64 kg/m

Pu = 1,6 (200) = 320 kg

W = 1/6 b h<sup>2</sup> = 1/6 x 30 x 26<sup>2</sup> = 3380 cm<sup>3</sup>

L = 0,5 b = 0,5 x 6,6 = 3,3 m



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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 224,64 \times 3,3^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,3 = 508,63 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 762,949 \text{ kgm} = 76294,9 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 224,64 \times 3,3^2 = 305,79 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 458,687 \text{ kgm} = 45868,7 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{76294,9}{3380} = 22,57 \text{ kg/cm}^2 < fr = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{45868,7}{3380} = 13,57 \text{ kg/cm}^2 < fr = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan balok kayu sebagai penyangga dengan dimensi 5/10

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang kontak, } A &= 0,05 \times 2 \text{ balok kayu} = 0,10 \text{ m}^2 \\ &= 100000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 1,2 (6,6 \times 2400 \times 0,30 \times 0,26) + 1,6 (200) = 1802,62 \text{ kg} \\ &= 18026,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{18026,2}{100000} = 0,18 \text{ MPa}$$

Jumlah tumpukan

$$n = \frac{fr}{f \times SF} = \frac{2,48}{0,18 \times 3} = 4 \text{ tumpukan}$$

#### 4.4.8 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

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

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

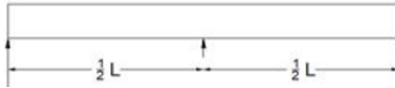
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,30 \times 0,26 \times 2400) = 224,64 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 30 \times 26^2 = 3380 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,6 = 3,3 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 224,64 \times 3,3^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,3 = 508,63 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 762,949 \text{ kgm} = 76294,9 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 224,64 \times 3,3^2 = 305,79 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 458,687 \text{ kgm} = 45868,7 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{76294,9}{3380} = 22,57 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{45868,7}{3380} = 13,57 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)



#### 4.4.9 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran

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

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

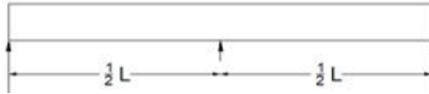
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,30 \times 0,4 \times 2400) = 345,6 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 30 \times 40^2 = 8000 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 7 = 3,5 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 345,6 \times 3,5^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,5 = 703,36 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 1055,04 \text{ kgm} = 105504 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 345,6 \times 3,5^2 = 529,2 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 793,8 \text{ kgm} = 79380 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{105504}{8000} = 13,19 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{79380}{8000} = 9,92 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

#### 4.4.10 Penulangan Balok Anak Terpasang

Penulangan balok anak yang terpakai atau yang akan dipasang adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari ketiga keadaan di atas (keadaan akibat pengangkatan, sebelum komposit, sesudah komposit) yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4.6** Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Balok Anak

Tipe Balok	L	b	h	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Sengkang	Tulangan Angkat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
B2-A	7000	300	400	Atas	Atas	2D10 – 150	Ø10
				6D19	4D19		
				Bawah	Bawah		
				3D19	7D19		
B2-B	5000	300	400	Atas	Atas	2D10 – 150	Ø10
				2D19	2D19		
				Bawah	Bawah		
				2D19	3D19		
B2-C	3500	300	400	Atas	Atas	2D10 – 150	Ø10
				2D19	2D19		
				Bawah	Bawah		
				2D19	2D19		
B2-D	4700	300	400	Atas	Atas	2D10 – 150	Ø10
				2D19	2D19		
				Bawah	Bawah		
				2D19	3D19		

### 4.5 Perencanaan Balok Lift

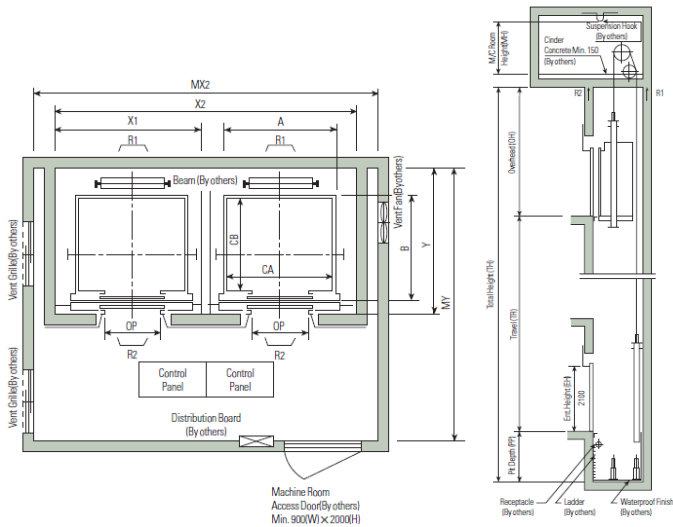
Perencanaan yang dilakukan pada lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data-data yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Tipe Lift = Hyundai Elevator
- Standard Kapasitas = 450 kg
- Kapasitas = 6 orang
- Kecepatan = 1 m/s
- Lebar Pintu = 800 mm
- Dimensi Sangkar (Car Size)
  - a. Car Width (CW) = 1400 mm
  - b. Car Depth (CD) = 850 mm
- Dimensi Ruang Luncur (Hoistway Size)
  - a. Hoistway Width (CHW) = 3700 mm
  - b. Hoistway Depth (HD) = 1430 mm
- Beban Reaksi Ruang Mesin
  - a. R1 = 3600 kg
  - b. R2 = 2000 kg

Untuk lebih jelasnya, berikut akan disajikan spesifikasi lift yang digunakan dalam perencanaan bangunan:

**Tabel 4.7** Spesifikasi Hyundai Elevator

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening		Car				Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)			Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg	OP	Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2	R3	R4				
				CA × CB	A × B													X1	X2	X3	Y
1.0	6	450	800	1400×850	1440×1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300				
	8	550	800	1400×1030	1440×1185	1800	3700	5600	1410	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700				
	9	600	800	1400×1100	1440×1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900				
	10	700	800	1400×1250	1440×1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200				
	11	750	800	1400×1350	1440×1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400				
1.5	13	900	900	1600×1350	1640×1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100				
	15	1000	900	1600×1500	1640×1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400				
1.75	17	1150	1100	1800	1800×1500	1900×1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6400	5100	10800	8500			
				2000	2000×1350	2100×1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800							
	20	1350	1100	1800	1800×1700	1900×1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100			
				2000	2000×1500	2100×1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000							
24	1600	1100	2000	2000×1750	2100×1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13100	9900				
			2150	2150×1600	2250×1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200								

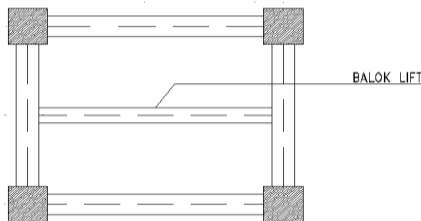


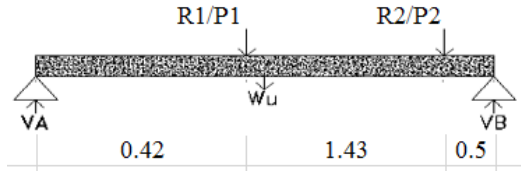
**Gambar 4.13** Detail Lift

Data perencanaan pada penulangan balok lift adalah sebagai berikut:

- Dimensi balok lift : 25 x 30 cm
- Tebal decking : 50 mm
- Tulangan lentur : D16 mm
- Tulangan geser : D10 mm
- Mutu beton ( $F_c'$ ) : 35 Mpa
- Mutu baja lentur ( $F_y$ ) : 390 Mpa
- Mutu Baja geser ( $F_y$ ) : 240 Mpa

#### 4.5.1 Pembebanan Balok Lift





**Gambar 4.14** Denah Pembalokan Lift

Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok lift} = 0,25 \times 0,3 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat 12 cm} = 0,12 \times 0,42 \times 2400 = 120,96 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 300,96 \text{ kg/m}$$

Beban Ultimate (Wu)

$$W_u = 1,2 \text{ DL}$$

$$= 1,2 \times 300,96$$

$$= 361,15 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Terpusat R1} = 3600 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Terpusat R2} = 2000 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_a \cdot L - P1 \cdot L - P2 \cdot L - W_u \cdot 1/2L = 0$$

$$V_a \times 2,35 - 3600 \times 1,93 - 2000 \times 0,5 - 361,15 \times 1,175 = 0$$

$$V_a = 3562,70 \text{ kg} \quad (\text{keatas})$$

$$V_b = 3562,70 - 2000 - 3600 - (361,15 \times 2,35)$$

$$= -2886 \text{ kg} \quad (\text{keatas})$$

Kontrol :

$$\Sigma V = 0$$

$$3562,70 + 2886 - 3600 - 2000 - (361,15 \times 2,35) = 0$$

$$0 = 0 \quad (\text{Memenuhi})$$

Distribusi beban terpusat P pada setiap perletakan:

$$V_a P1 = 3600 \times 1,93/2,35 = 2956,60 \text{ kg}$$

$$V_b P1 = 3600 - 2956,60 = 643,40 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_a P2 &= 2000 \times 0,5/2,35 &= 425,53 \text{ kg} \\ V_b P2 &= 2000 - 425,53 &= 1574,47 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{AB} &= 0 \\ 3600 - (361,15 \times L1) - 2956,60 - 452,53 &= 0 \\ L1 &= 0,60 \text{ m} \quad (\text{dari titik A}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= (1/8 \cdot Q_u \cdot L^2) + V_a P1 \cdot L + V_a P2 \cdot L \\ &= (1/8 \times 361,15 \times 2,35^2) + (2956,6 \times 0,6) + (425,53 \times 0,6) \\ &= 2289,65 \text{ kgm} \\ V_u &= (1/2 \cdot Q_u \cdot L) + V_a P1 + V_a P2 \\ &= (1/2 \times 361,15 \times 2,35) + 2956,6 + 425,53 \\ &= 3806,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Penulangan Balok Lift

Untuk mutu beton  $f_c' = 35$  MPa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 &\geq 0,65 \\ \beta_1 &= 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 &\geq 0,65 \\ \beta_1 &= 0,8 &\geq 0,65 \end{aligned}$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan ratio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \left( \frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0370$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0370 = 0,0277$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,109$$

## ➤ Penulangan Lentur

$$d = 300 - 50 - 10 - (1/2)16 = 232 \text{ mm}$$

$$Mu = 2289,65 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2289,65 \times 10^4}{0,8 \times 250 \times 232^2} = 2,13$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 2,13}{390}} \right) = 0,0057$$

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

$$0,0038 < 0,0057 < 0,0277$$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,0057 \times 250 \times 232 = 328,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$A_{D16} = 0,25 \pi d^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{328,52}{201,06} = 1,63 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 201,06 = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 328,52 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 250 \times 232 = 219,96 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 250 \times 232 = 208,21 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D16

Tulangan tumpuan bawah diambil minimal setengah dari tulangan atas, sehingga digunakan tulangan:

Tulangan atas : 2D16

Tulangan bawah : 2D16

➤ Tulangan Geser

$$V_u = 38064,8 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 250 \times 232 = 57188,77 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 57188,77 = 42891,58 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 42891,58 = 21445,79 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$21445,79 \text{ N} \leq 38064,8 \text{ N} \leq 42891,58 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga tulangan geser minimum

Batas spasi tulangan geser menurut SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.1:

$$S_{\text{maks}} \leq d/2 \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 232/2 \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 116 \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 600 \text{ mm}$$

Dicoba sengkang 2 kaki jarak 100 mm

$$A_s = 2 \times 78,54 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.3

$$A_s \text{ min} = \frac{0,062 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w s$$

$$A_s \text{ min} = \frac{0,062 \sqrt{35}}{240} 250 \times 100 = 38,21 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{0,35}{f_y} b_w s = \frac{0,35}{240} 250 \times 100 = 36,46 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan D10 – 100 mm



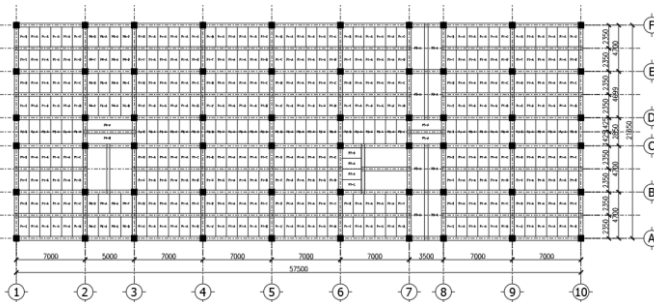
## 4.6 Permodelan Struktur

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 2847:2013 dan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012.

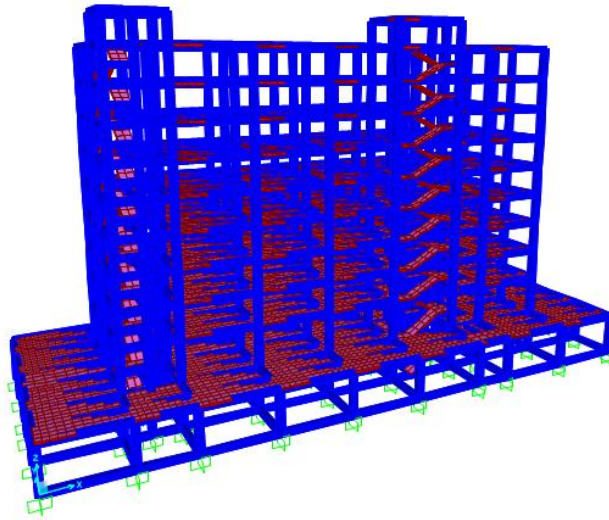
### 4.6.1 Data Perencanaan

Data-data perencanaan gedung Hotel Premier Inn Surabaya adalah sebagai berikut:

Mutu beton ( $f_c'$ )	: 35 MPa
Mutu baja tulangan ( $f_y$ )	: 390 MPa
Fungsi bangunan	: Hotel
Jumlah tingkat	: 10 Lantai
Tinggi bangunan	: 34,5 m
Dimensi balok induk	: 4060 cm
Dimensi balok anak	: 30/40 cm
Dimensi kolom	: 60/60 cm
Kategori desain seismik	: D



**Gambar 4.15** Denah Pracetak Hotel Premier Inn Surabaya



**Gambar 4.16** Permodelan Struktur 3D Hotel Premier Inn Surabaya

#### 4.6.2 Pembebanan Struktur

Pembebanan gravitasi struktur pada sistem rangka pemikul momen khusus hanya diterima oleh rangka. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur.

##### 1. Beban Mati

- Penggantungan + Plafond =  $6,5 \text{ Kg/m}^2$
  - Keramik + Spesi =  $21,5 \text{ Kg/m}^2$
  - Bata Ringan =  $90 \text{ Kg/m}^2$
  - Ducting & plumbing =  $19 \text{ Kg/m}^2$
- DL =  $137 \text{ Kg/m}^2$

##### 2. Beban Mati Lantai Atap

- Penggantungan + Plafond =  $6,5 \text{ Kg/m}^2$
  - Ducting & plumbing =  $19 \text{ Kg/m}^2$
- DL =  $45,5 \text{ Kg/m}^2$

##### 3. Beban Hidup

- Lantai Hotel =  $192 \text{ Kg/m}^2$
- Lantai Kantor =  $240 \text{ Kg/m}^2$

- Lantai Lobi = 479 Kg/m<sup>2</sup>
- Lantai Atap = 96 Kg/m<sup>2</sup>
- Tangga dan Bordes = 479 Kg/m<sup>2</sup>
- Beban Pekerja = 100 Kg/m<sup>2</sup>

Sedangkan untuk beban gempa yang direncanakan mengacu pada SNI 1726:2012.

#### 4.6.3 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1727:2013 pasal 2.3.2 kombinasi untuk kekuatan perlu harus paling tidak sama dengan kekuatan terfaktor.

1. 1,4 D
2. 1,0 D + 1,0 L
3. 1,2 D + 1,0 L
4. 1,2 D + 1,6 L
5. 1,2 D + 1,6 L + 1,5 Lr
6. 1,2 D + 1,0 L + 1,0 Ex + 0,3 Ey
7. 1,2 D + 1,0 L + 1,0 Ey + 0,3 Ex
8. 0,9 D + 1,0 Ex + 0,3 Ey
9. 0,9 D + 1,0 Ey + 0,3 Ex

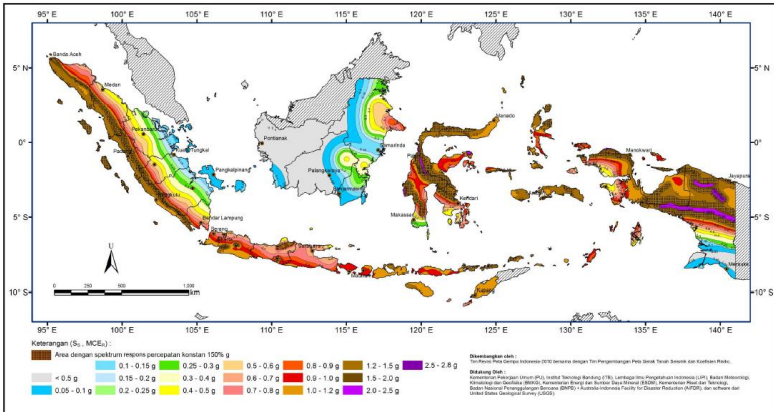
Keterangan:

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

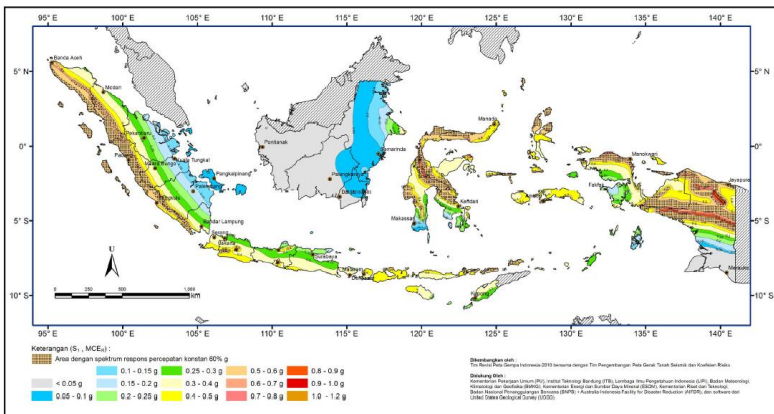
#### 4.6.4 Analisa Beban Gempa

##### ➤ Percepatan Respons Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.1.1 parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun. Penentuan nilai faktor  $S_s$  dan  $S_1$  berdasarkan SNI 1726:2012 gambar 9 dan 10 seperti berikut:



**Gambar 4.17** Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek ( $S_S$ ) (SNI 1726:2012 Gambar 9)



**Gambar 4.18** Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik ( $S_1$ ) (SNI 1726:2012 Gambar 10)

Lokasi bangunan yang berada di Surabaya maka dapat ditentukan nilai  $S_S = 0,6$  g dan  $S_1 = 0,25$  g.

Dalam SNI 1726:2012 Pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai N rata-rata berdasarkan data hasil uji tanah SPT. Berdasarkan data tanah yang digunakan, diketahui data tanah tersebut termasuk ke dalam kelas situs SE (tanah lunak)

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.2 untuk menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode satu detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

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

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

Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan percepatan pada getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Nilai  $F_a$  didapat berdasarkan SNI 1726:2017 Tabel 4 dan  $F_v$  pada tabel 5.

**Tabel 4.8** Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) 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	$SS^b$				

(SNI 1726:2012 Tabel 4)

**Tabel 4.9** 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	$SS^b$				

(SNI 1726:2012 Tabel 5)

Dari data tersebut didapatkan interpolasi nilai sebagai berikut:

$$S_s = 0,6 \text{ g}$$

$$F_a = 1,7 + \left( \frac{0,6 - 0,5}{0,75 - 0,5} \right) (1,2 - 1,7) = 1,5$$

$$S_1 = 0,25 \text{ g}$$

$$F_v = 3,2 + \left( \frac{0,25 - 0,2}{0,3 - 0,2} \right) (2,8 - 3,2) = 3$$

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \cdot S_s \\ &= 1,5 \times 0,6 = 0,9 \end{aligned}$$

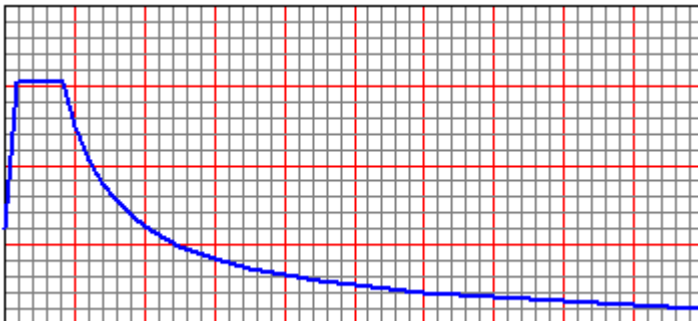
$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \cdot S_1 \\ &= 3 \times 0,25 = 0,75 \end{aligned}$$

➤ Parameter Percepatan Respon Spektra

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.3 untuk menentukan parameter percepatan respon spektra desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode satu detik ( $S_{D1}$ ) harus ditentukan melalui rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 \cdot S_{MS} \\ &= 2/3 \times 0,9 = 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= 2/3 \cdot S_{M1} \\ &= 2/3 \times 0,75 = 0,5 \end{aligned}$$



**Gambar 4.19** Grafik Percepatan Respon Spektra

Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 1, Gedung Hotel Premier Inn Surabaya ini dikelompokkan dalam kategori resiko II. Dengan nilai  $S_{DS} = 0,6$  dan  $S_{D1} = 0,5$ .

menurut SNI 1726:2012 tabel 6 dan 7, didapatkan Gedung Hotel Premier Inn Surabaya merupakan kategori resiko D.

**Tabel 4.10** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

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

(SNI 1726:2012 Tabel 6)

**Tabel 4.11** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

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

(SNI 1726:2012 Tabel 7)

Sesuai dengan SNI 1726:2012 tabel 9, karena gedung ini termasuk kategori D maka dipilih kriteria desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

#### 4.6.5 Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur gedung Hotel Premier Inn Surabaya ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

##### ➤ Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x maupun y secara bolak-balik dan berkala. Arah pembebanan gempa direncanakan efektif 100% pada arah utama dan 30% pada arah tegak lurus arah utama dan terjadi bersamaan.

- Gempa respon spektrum X :  
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa respon spektrum Y :  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektivitas arah X

##### ➤ Faktor Reduksi Gempa (R)

Bangunan gedung ini direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 9 didapatkan nilai koefisien modifikasi respons ( $R$ ) = 8, nilai faktor kuat lebih sistem ( $\Omega$ ) = 3, dan nilai faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) = 5,5.

##### ➤ Faktor Keutamaan ( $I_e$ )

Menurut SNI 1726:2012 pasal 4.1.2 pengaruh beban gempa rencana terhadap bangunan tersebut dikalikan faktor keutamaan ( $I_e$ ). Bangunan hotel dikelompokkan dalam kategori risiko II. Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 2, didapatkan nilai  $I_e = 1,0$ .

#### 4.6.6 Kontrol Desain

Setelah dilakukan permodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan



SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Dari hasil analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan perencanaan penulangan struktur.

Adapun hal-hal yang harus dikontrol antara lain:

1. Kontrol partisipasi massa
2. Kontrol waktu getar fundamental
3. Kontrol nilai akhir respons spektrum (*base shear*)
4. Kontrol batas simpangan (*drift*)

➤ Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 hasil analisis didapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah.

**Tabel 4.12** Partisipasi Massa Output SAP2000

<b>TABLE: Modal Participating Mass Ratios</b>					
<b>OutputCase</b>	<b>StepType</b>	<b>StepNum</b>	<b>Period</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.298975	0.217	0.506
MODAL	Mode	2	1.287438	0.739	0.731
MODAL	Mode	3	1.140893	0.751	0.742
MODAL	Mode	4	0.421273	0.766	0.84
MODAL	Mode	5	0.417077	0.86	0.857
MODAL	Mode	6	0.370837	0.862	0.86
MODAL	Mode	7	0.237979	0.905	0.874
MODAL	Mode	8	0.235903	0.921	0.917
MODAL	Mode	9	0.213117	0.923	0.921
MODAL	Mode	10	0.172583	0.942	0.947
MODAL	Mode	11	0.171184	0.973	0.97
MODAL	Mode	12	0.162503	0.976	0.975

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 98% pada moda ke 12 dan partisipasi massa arah Y sebesar 98% pada moda ke 12. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam paling sedikit 90%.

➤ Kontrol Waktu Getar Fundamental

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 periode minimum sebagai berikut:

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Dimana,

$T_a$  = periode fundamental struktur (sekon)

$C_t$  dan  $x$  = koefisien berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 15

$h_n$  = ketinggian total struktur (meter)

**Tabel 4.13** Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Type 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 <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

(SNI 1726:2012 Tabel 15)

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \times h_n^x \\
 &= 0,0466 \times 34,5^{0,9} \\
 &= 1,128
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.14** 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

(SNI 1726:2012 Tabel 14)

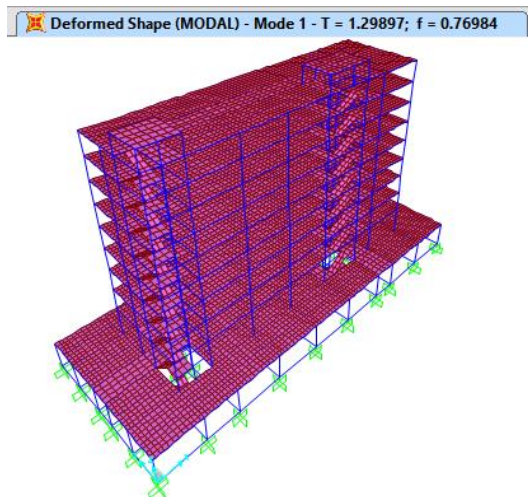
Dengan  $S_{D1} = 0,5$  maka didapat koefisien  $C_u = 1,4$

$Ta$  atas =  $C_u \times Ta$

$$= 1,4 \times 1,128 = 1,580$$

Sehingga Perioda Fundamental telah masuk kisaran :

1,128 detik < 1,29897 detik < 1,580 detik (Memenuhi)

**Gambar 4.20** Perioda Fundamental Struktur

➤ Kontrol Nilai Akhir Respons 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 respons seismik

W = Berat seismik

Untuk nilai  $C_s$  sebagai berikut: (SNI 1726:2012 pers. 22)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,6}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,075$$

Nilai  $C_s$  diatas tidak perlu melebihi: (SNI 1726:2012 pers. 23)

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \times \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{1.29897 \times \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,048$$

Dan di Nilai  $C_s$  tidak kurang dari: (SNI 1726:2012 pers. 24)

$$C_s = 0,44 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$C_s = 0,44 \times 0,6 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,026 \geq 0,01$$

Sehingga dipakai nilai  $C_s = 0,026$

Dari hasil analisis, diperoleh berat total struktur Gedung Hotel Premier Inn Surabaya sebagai berikut :

**Tabel 4.15** Berat Total Bangunan

TABLE: Base Reactions			
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D + 1L	5,021E-08	5,459E-08	7621820,42
<b>TOTAL</b>			<b>7621820,42</b>

$$V_{statik} = C_s \times W$$

$$V_{statik} = 0,026 \times 7621820,42 = 201216,06 \text{ kg}$$

$$0,85 V_{statik} = 0,85 \times 201216,06 = 171033,65 \text{ kg}$$

**Tabel 4.16** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

TABLE: Base Reactions		
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
EX	453083,26	25052,16
EY	25052,17	448163,46

Kontrol :

Gempa Arah X

$$\begin{aligned} V_{dinamik} &\geq 0,85 V_{Statik} \\ 453083,26 \text{ kg} &\geq 171033,65 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Gempa Arah Y

$$\begin{aligned} V_{dinamik} &\geq 0,85 V_{Statik} \\ 448163,46 \text{ kg} &\geq 171033,65 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

➤ 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:

$$\Delta_1 = \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I}$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2:

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times \frac{C_d}{I}$$

Dimana:

$\delta_{e1}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta_{e2}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I$  = Faktor keutamaan gedung

Menurut SNI 1726:2012 tabel 16 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah:

$$\Delta_{ijin} = 0,020 h_{sx}$$

Dimana:

$h_{sx}$  = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4.17** Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada Sumbu X  
(Gempa Arah X 100%)

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta_e$ (mm)	$\delta_{xe}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Ket
Atap	34,50	2,50	25,44	0,47	2,57	50	OK
10	32,00	3,00	24,97	0,90	4,94	60	OK
9	29,00	3,00	24,07	1,35	7,43	60	OK
8	26,00	3,00	22,72	1,77	9,75	60	OK
7	23,00	3,00	20,95	2,15	11,84	60	OK
6	20,00	3,00	18,80	2,48	13,65	60	OK
5	17,00	3,00	16,32	2,77	15,21	60	OK
4	14,00	3,00	13,55	3,01	16,54	60	OK
3	11,00	3,00	10,54	3,28	18,04	60	OK
2	8,00	4,00	7,26	4,94	27,16	80	OK
1	4,00	4,00	2,33	2,33	12,79	80	OK

**Tabel 4.18** Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada Sumbu Y  
(Gempa Arah Y 100%)

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	$\delta e$ (mm)	$\delta x_e$ (mm)	$\delta x$ (mm)	$\Delta$ ijin (mm)	Ket
Atap	34,50	2,50	25,59	0,86	4,72	50	OK
10	32,00	3,00	24,73	1,12	6,15	60	OK
9	29,00	3,00	23,61	1,49	8,17	60	OK
8	26,00	3,00	22,13	1,86	10,25	60	OK
7	23,00	3,00	20,26	2,20	12,12	60	OK
6	20,00	3,00	18,06	2,49	13,70	60	OK
5	17,00	3,00	15,57	2,73	15,02	60	OK
4	14,00	3,00	12,84	2,92	16,08	60	OK
3	11,00	3,00	9,91	3,12	17,16	60	OK
2	8,00	4,00	6,79	4,56	25,10	80	OK
1	4,00	4,00	2,23	2,23	12,27	80	OK

#### 4.7 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Dalam perencanaan gedung Hotel Premier Inn Surabaya ini direncanakan dimensi balok induk dengan menggunakan sistem pracetak.

Maka dari itu, penulangan lentur balok induk dihitung dalam tiga kondisi, yaitu saat pengangkatan, sebelum komposit, dan sesudah komposit. Dengan adanya beberapa kondisi tersebut nantinya akan dipilih tulangan yang lebih kritis untuk digunakan pada penulangan balok induk. Balok induk dengan tipe B1-A dengan bentang terpanjang mencapai 7 m dijadikan sebagai contoh perhitungan.

#### 4.7.1 Data Perencanaan

Dimensi balok induk	: 40 x 60 cm
Tebal decking	: 50 mm
Tulangan lentur	: D19
Tulangan geser	: D13
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 35 MPa
Mutu baja lentur ( $f_y$ )	: 390 MPa
Mutu baja geser ( $f_y$ )	: 240 MPa

#### 4.7.2 Penulangan Balok Induk Saat Pengangkatan

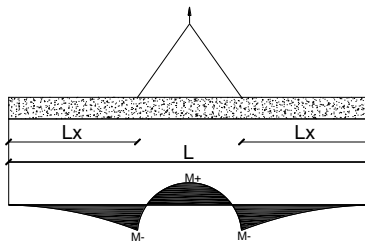
##### ➤ Pembebanan

##### Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{Berat balok} &= 0,40 \times 0,46 \times 2400 = 441,6 \text{ kg/m} \\ \text{Beban kejut} &= 0,5 \times 441,6 = 220,8 \text{ kg/m} \\ \hline \text{Total beban mati (DL)} &= 662,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban total} &= 1,4 \text{ DL} \\ &= 1,4 \times 662,4 \\ \text{Qu} &= 927,36 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

##### ➤ Perhitungan Momen



**Gambar 4.21** Momen Saat Pengangkatan Balok Induk

$$M_{+(lap)} = \frac{Qu \times L^2}{8} \times 1 - 4X + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{Qu (X^2 \times L^2)}{2}$$



$$X = \frac{1 + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left( 1 + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta} \right)} \right)}$$

Kondisi sebelum komposit:

$$b = 40 \text{ cm}$$

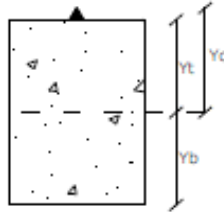
$$h = 46 \text{ cm}$$

$$L = 640 \text{ cm}$$

$$Yt = Yb = 23 \text{ cm}$$

$$Yc = Yt + 5 = 28 \text{ cm}$$

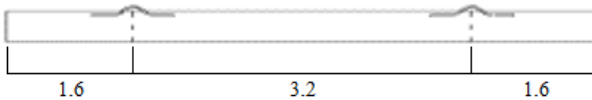
$$\text{Sudut pengangkatan} = 45^\circ$$



$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 28}{640 \times \tan 45}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{23}{23} \left( 1 + \frac{4 \times 28}{640 \times \tan 45} \right)} \right)} = 0,237$$

$$X \times L = 0,237 \times 640 = 151,93 \text{ cm} = 1,6 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 6,4 - 2 (1,6) = 3,2 \text{ m}$$



**Gambar 4.22** Letak Titik Pengangkatan Balok Induk

$$M_{+(lap)} = \frac{927,36 \times 6,4^2}{8} \times 1 - 4 (0,237) + \frac{4 \times 0,28}{6,4 \times \tan 45}$$

$$M_{+(lap)} = 1070,33 \text{ kgm}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{927,36 (0,237^2 \times 6,4^2)}{2} = 1070,33 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} Qu L = \frac{1}{2} \times 927,36 \times 6,4 = 2967,55 \text{ kg}$$

➤ Tulangan Lentur

Untuk mutu beton  $f_c' = 35$  MPa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan ratio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \left( \frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0370$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0370 = 0,0277$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,109$$

➤ Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 460 - 50 - 13 - (1/2)19 = 387,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 1070,33 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1070,33 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 387,5^2} = 0,19$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,19}{390}} \right) = 0,0005$$

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

$$0,0038 > 0,0005 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned}\rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0005 = 0,0007\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As &= \rho b d \\ &= 0,0007 \times 400 \times 387,5 = 102,64 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{102,64}{283,53} = 0,36 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

$$As_{pakai} = 3 \times 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} \geq As_{perlu} = 102,64 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 387,5 = 587,82 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 387,5 = 556,41 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} \geq As_{min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 3(19)}{3 - 1} = 108,5 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 108,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

➤ Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 850,59 = 425,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{425,29}{283,53} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

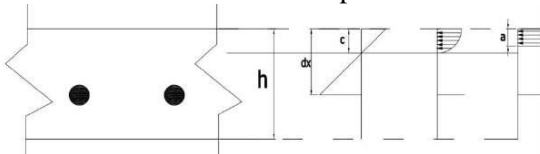
Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 425,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,59 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,88 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,88}{0,8} = 34,85 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{387,5}{34,85} - 1 \right) = 0,03$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi As f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 850,59 \times 390 \left( 387,5 - \frac{1}{2} \times 27,88 \right)$$

$$\phi M_n = 111529033,9 \text{ Nmm}$$

$\emptyset M_n > M_u$

11152,90 kgm > 1070,33 kgm (Memenuhi)

➤ Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$d = 460 - 50 - 13 - (1/2)19 = 387,5 \text{ mm}$

$M_u = 1070,33 \text{ kgm}$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{1070,33 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 387,5^2} = 0,19$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,19}{390}} \right) = 0,0005$$

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

$$0,0038 > 0,0005 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= 1,3 \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,3 \times 0,0005 = 0,0007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,0007 \times 400 \times 387,5 = 102,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{102,64}{283,53} = 0,36 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

$$A_s \text{ pakai} = 3 \times 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu} = 102,64 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 387,5 = 587,82 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 387,5 = 556,41 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 3(19)}{3 - 1} = 108,5 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 108,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

#### ➤ Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 850,59 = 425,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{425,29}{283,53} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

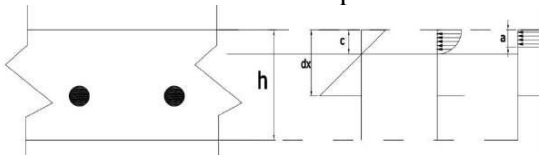
Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{\text{pakai}} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}} = 425,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

#### ➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,59 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,88 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,88}{0,8} = 34,85 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{387,5}{34,85} - 1 \right) = 0,03$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 850,59 \times 390 \left( 387,5 - \frac{1}{2} \times 27,88 \right)$$

$$\phi M_n = 111529033,9 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$11152,90 \text{ kgm} > 1070,33 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Tulangan Geser Akibat Pengangkatan

$$V_u = 29675,5 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 400 \times 387,5 = 152832,06 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 152832,06 = 114624,05 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 114624,05 = 57312,02 \text{ N}$$

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

$$29675,5 \text{ N} \leq 57312,02 \text{ N}$$

Sehingga, tidak diperlukan tulangan geser

➤ Kontrol Lendutan

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

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

$$I_e = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 460^3 = 3244533333 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_{ci}} = 4700 \sqrt{16,1} = 18858,658$$

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 6,624 \times 6400^4}{384 \times 18858,658 \times 324453333} = 2,37 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah  $L/240$

$$\frac{L}{240} = \frac{6400}{240} = 26,67 \text{ mm}$$

$$\Delta = 2,37 \text{ mm} \leq 26,67 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

#### 4.7.3 Penulangan Balok Induk Sebelum Komposit

##### ➤ Pembebanan

Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok} = 0,40 \times 0,46 \times 2400 = 441,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban pelat pracetak} = 2 (1/2 q L)$$

$$= 2 \times 0,5 \times 0,08 \times 2400 \times 2,35 = 451,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban overtopping} = 2 (1/2 q L)$$

$$= 2 \times 0,5 \times 0,06 \times 2400 \times 2,35 = 338,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 1231,2 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pelat} = 2 (1/2 q L)$$

$$= 2 \times 0,5 \times 479 \times 2,35 = 1125,65 \text{ kg/m}$$

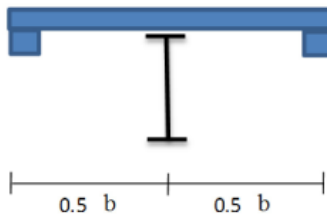
$$\text{Total beban hidup (LL)} = 1125,65 \text{ kg/m}$$

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

$$= 1,2 \times 1231,2 + 1,6 \times 1125,65$$

$$Q_u = 3278,48 \text{ kg/m}$$

##### ➤ Perhitungan Momen



**Gambar 4.23** Asumsi Pada Saat Pemasangan Balok Induk Pracetak



Asumsi saat pemasangan balok pracetak menggunakan scaffolding di tengah bentang, sehingga perhitungan momen:

$$M_{+(lap)} = \frac{1}{8} Qu (0,5 L)^2 = \frac{1}{8} x 3278,48 x (3,2)^2$$

$$M_{+(lap)} = 4196,45 \text{ kgm}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{1}{10} Qu (0,5 L)^2 = \frac{1}{10} x 3278,48 x (3,2)^2$$

$$M_{-(tump)} = 3357,16 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} Qu (0,5 L) = \frac{1}{2} x 3278,48 x (3,2) = 5245,57 \text{ kg}$$

➤ Tulangan Lentur

Untuk mutu beton  $f_c' = 35$  MPa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan ratio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 x \beta_1 x f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 x 0,8 x 35}{390} \left( \frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0370$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 x 0,0370 = 0,0277$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 x 35} = 13,109$$

➤ Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 460 - 50 - 13 - (1/2)19 = 387,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 4196,45 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{4196,45 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 387,5^2} = 0,78$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,78}{390}} \right) = 0,0020$$

Syarat:  $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$   
 $0,0038 > 0,0020 < 0,0277$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0020 = 0,0026 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,0026 \times 400 \times 387,5 = 406,47 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{406,47}{283,53} = 1,43 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

$$As_{pakai} = 3 \times 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} \geq As_{perlu} = 406,47 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 387,5 = 587,82 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 387,5 = 556,41 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} \geq As_{min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar – decking – sengkang – } n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan – } 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 3(19)}{3 - 1} = 108,5 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 108,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

### ➤ Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 850,59 = 425,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{425,29}{283,53} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

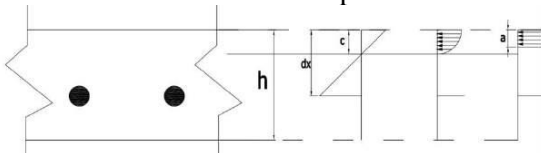
Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 425,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

### ➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,59 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,88 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,88}{0,8} = 34,85 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{387,5}{34,85} - 1 \right) = 0,03$$

dipakai  $\emptyset = 0,9$  dikarenakan  $\varepsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\emptyset Mn = \emptyset As fy \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \times 850,59 \times 390 \left( 387,5 - \frac{1}{2} \times 27,88 \right)$$

$$\emptyset Mn = 111529033,9 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset Mn > Mu$$

$$11152,90 \text{ kgm} > 4196,45 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 460 - 50 - 13 - (1/2)19 = 387,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 3357,16 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset b d^2} = \frac{3357,16 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 387,5^2} = 0,62$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,62}{390}} \right) = 0,0016$$

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

$$0,0038 > 0,0016 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0016 = 0,0021 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,0021 \times 400 \times 387,5 = 324,30 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A \text{ D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{324,30}{283,53} = 1,14 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 3 \times 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 324,30 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 387,5 = 587,82 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 387,5 = 556,41 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 3(19)}{3 - 1} = 108,5 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 108,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

#### ➤ Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 850,59 = 425,29 \text{ mm}^2$$

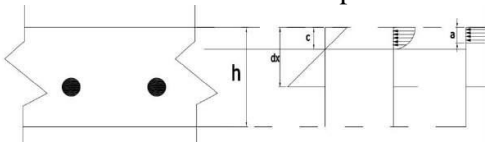
$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{425,29}{283,53} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 425,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser  
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,59 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,88 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,88}{0,8} = 34,85 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{387,5}{34,85} - 1 \right) = 0,03$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi As f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 850,59 \times 390 \left( 387,5 - \frac{1}{2} \times 27,88 \right)$$

$$\phi M_n = 111529033,9 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$11152,90 \text{ kgm} > 3357,16 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$V_u = 52455,7 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 400 \times 387,5 = 152832,06 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 152832,06 = 114624,05 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 114624,05 = 57312,02 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c \geq V_u \leq \phi V_c$$

$$57312,02 \text{ N} \geq 52455,7 \text{ N} \leq 114624,05 \text{ N}$$

Sehingga, tidak diperlukan tulangan geser

Kondisi di atas cukup dipasang tulangan geser minimum

Batas spasi tulangan geser menurut SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.1:

$S \text{ maks} \leq d/2$  atau  $S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$

$S \text{ maks} \leq 387,5/2$  atau  $S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$

$S \text{ maks} \leq 193,75$  atau  $S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$

Dicoba sengkang 2 kaki jarak 150 mm

$A_s = 2 \times 132,73 = 265,46 \text{ mm}^2$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.3

$$A_s \text{ min} = \frac{0,062\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w s$$

$$A_s \text{ min} = \frac{0,062\sqrt{35}}{240} 400 \times 150 = 91,70 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{0,35}{f_y} b_w s = \frac{0,35}{240} 400 \times 150 = 87,50 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min}$  (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan D13 – 150 mm

➤ Kontrol Lendutan

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

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

$$I_e = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 460^3 = 3244533333 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{ci}} = 4700\sqrt{16,1} = 18858,658$$

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 23,5685 \times 3200^4}{384 \times 18858,658 \times 3244533333} = 0,53 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah  $L/240$

$$\frac{L}{240} = \frac{3200}{240} = 13,33 \text{ mm}$$

$\Delta = 0,53 \text{ mm} \leq 13,33 \text{ mm}$  (Memenuhi)

#### 4.7.4 Penulangan Balok Induk Sesudah Komposit

##### ➤ Pembebanan

###### Beban Mati (DL)

Berat balok	= 0,40 x 0,60 x 2400	= 576 kg/m
Berat pelat	= 0,14 x 2,35 x 2400	= 789,6 kg/m
Penggantung & plafond	= 6,5 x 2,35	= 15,28 kg/m
Ducting & plumbing	= 19 x 2,35	= 44,65 kg/m
<u>Keramik &amp; spesi</u>	<u>= 21,5 x 2,35</u>	<u>= 50,53 kg/m</u>
Total beban mati (DL)		= 1476,05 kg/m

###### Beban Hidup (LL)

Beban hidup pelat	= 2 (1/2 q L)	
	= 2 x 0,5 x 479 x 2,35	= 1125,65 kg/m
Total beban hidup (LL)		= 1125,65 kg/m

$$\begin{aligned} \text{Beban total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 1476,05 + 1,6 \times 1125,65 \\ \text{Qu} &= 3572,3 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

##### ➤ Perhitungan Momen

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan meliputi:

1. 1,4 D
2. 1,0 D + 1,0 L
3. 1,2 D + 1,0 L
4. 1,2 D + 1,6 L
5. 1,2 D + 1,6 L + 1,5 Lr
6. 1,2 D + 1,0 L + 1,0 Ex + 0,3 Ey
7. 1,2 D + 1,0 L + 1,0 Ey + 0,3 Ex
8. 0,9 D + 1,0 Ex + 0,3 Ey



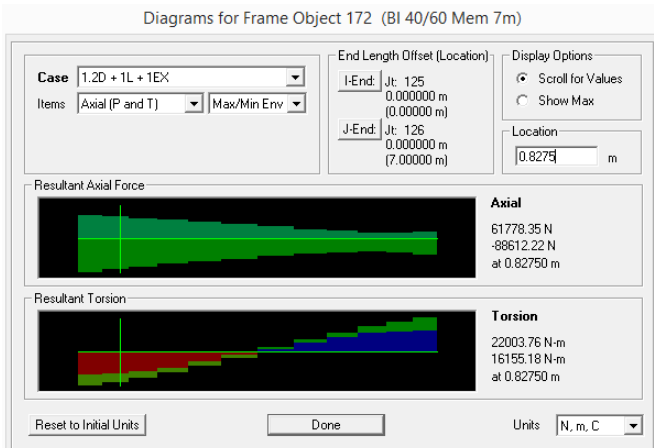
### 9. $0,9 D + 1,0 E_y + 0,3 E_x$

Untuk perhitungan tulangan balok, diambil momen yang terbesar dari beberapa kombinasi pembebanan diatas.

#### ➤ Cek Syarat Komponen Struktur SRPMK

Untuk struktur sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 21.5.1 mensyaratkan komponen lentur harus memenuhi hal-hal sebagai berikut:

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur harus kurang dari  $0,1 A_g f_c'$ . Berdasarkan analisa hasil SAP 2000 gaya aksial tekan = 88612,22 N



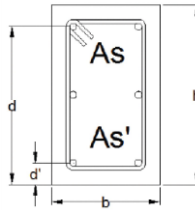
**Gambar 4.24** Diagram Aksial Maksimum pada Balok Induk

$$88612,22 \text{ N} < 0,1 A_g f_c'$$

$$88612,22 \text{ N} < 0,1 \times 400 \times 600 \times 35$$

$$88612,22 \text{ N} < 840000 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.



**Gambar 4. 25** Tinggi Efektif Balok

Maka, tinggi efektif balok:

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul lentur} \\ &= 600 - 50 - 13 - \frac{1}{2} (19) \\ &= 527,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_n = 6400 \text{ mm} > 4 \times 527,5 = 2110 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

3. Perbandingan lebar terhadap tinggi balok tidak boleh kurang dari 0.3

$$b/h = 400/600 = 0,67 > 0,3 \quad (\text{Memenuhi})$$

4. Lebar komponen tidak boleh,

Kurang dari 250 mm (Memenuhi)

Lebar balok = 400 mm < lebar kolom = 600 mm

(Memenuhi)

#### ➤ Gaya yang Terjadi pada Struktur

Analisa gaya dalam dimana yang ditinjau untuk contoh perhitungan yaitu pada balok bentang 7 m. Momen yang diperoleh adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.19** Momen Terbesar pada Balok Induk

	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Max	16241.31	13135.78	13751.56
Min	-30072.82	-7988.34	-30590.14

➤ Tulangan Lentur

Untuk mutu beton  $f_c' = 35$  MPa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari  $\beta_1$  adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan ratio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \left( \frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0370$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0370 = 0,0277$$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,109$$

➤ Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 600 - 50 - 13 - (1/2)19 = 527,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 30590,14 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{30590,14 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 527,5^2} = 3,05$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 3,05}{390}} \right) = 0,0083$$

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

$$0,0038 < 0,0083 < 0,0277$$

$$As = \rho b d$$

$$= 0,0083 \times 400 \times 527,5 = 1746,97 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} = \frac{1746,97}{283,53} = 6,16 \approx 7 \text{ buah}$$

Dipakai 7 buah tulangan

$$A_{s \text{ pakai}} = 7 \times 283,53 = 1984,70 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ pakai}} \geq A_{s \text{ perlu}} = 1746,97 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 527,5 = 800,19 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 527,5 = 757,44 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ pakai}} \geq A_{s \text{ min}} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 7(19)}{7 - 1} = 23,5 \text{ mm}$$

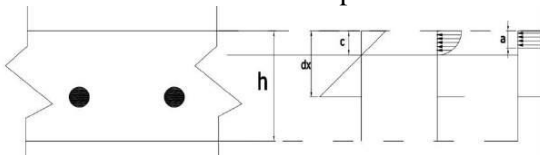
$$S = 25 \text{ mm} \leq 23,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Sehingga dipasang 2 lapis tulangan

Jadi dipakai tulangan 7D19

### ➤ Kontrol Kapasitas Lentur Tarik Tumpuan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1984,70 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 65,04 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{65,04}{0,8} = 81,31 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{527,5}{81,31} - 1 \right) = 0,016$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\varepsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 1984,70 \times 390 \left( 527,5 - \frac{1}{2} \times 65,04 \right)$$

$$\phi M_n = 344816288,6 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$34481,63 \text{ kgm} > 30590,14 \text{ kgm} \text{ (Memenuhi)}$$

➤ Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

$$d = 600 - 50 - 13 - (1/2)19 = 527,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 16241,31 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{16241,31 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 527,5^2} = 1,62$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,62}{390}} \right) = 0,0043$$

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

$$0,0038 < 0,0043 < 0,0277$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,0043 \times 400 \times 527,5 = 902,49 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{902,49}{283,53} = 3,18 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipakai 4 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 4 \times 283,53 = 1134,12 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 902,49 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{fc'}}{fy} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 527,5 = 800,19 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{fy} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 527,5 = 757,44 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

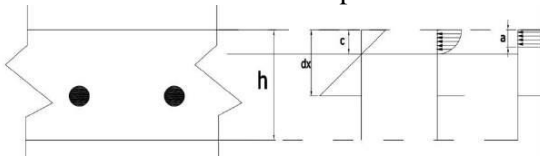
$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 4(19)}{4 - 1} = 66 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 66 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 4D19

➤ Kontrol Kapasitas Lentur Tekan Tumpuan  
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As fy}{0,85 fc' b} = \frac{1134,12 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 37,17 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $fc'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{37,17}{0,8} = 46,46 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{527,5}{46,46} - 1 \right) = 0,031$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 1134,12 \times 390 \left( 527,5 - \frac{1}{2} \times 37,17 \right)$$

$$\phi M_n = 202586310,1 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$20258,63 \text{ kgm} > 16241,131 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 600 - 50 - 13 - (1/2)19 = 527,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 13135,78 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{13135,78 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 527,5^2} = 1,31$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,31}{390}} \right) = 0,0034$$

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

$$0,0038 > 0,0034 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5(3) sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0034 = 0,0045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,0045 \times 400 \times 527,5 = 943,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} = \frac{943,57}{283,53} = 3,33 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipakai 4 buah tulangan

$$A_{s \text{ pakai}} = 4 \times 283,53 = 1134,12 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ pakai}} \geq A_{s \text{ perlu}} = 943,57 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 527,5 = 800,19 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 527,5 = 757,44 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ pakai}} \geq A_{s \text{ min}} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sengkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

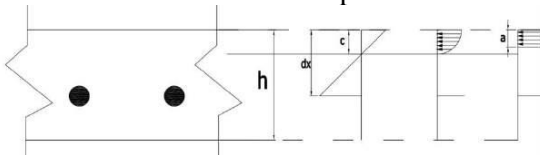
$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 4(19)}{4 - 1} = 66 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 66 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 4D19

➤ Kontrol Kapasitas Lentur Tarik Lapangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1134,12 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 37,17 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral



Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{37,17}{0,8} = 46,46 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{527,5}{37,17} - 1 \right) = 0,031$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\varepsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 1134,12 \times 390 \left( 527,5 - \frac{1}{2} \times 37,17 \right)$$

$$\phi M_n = 202586310,1 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$20258,63 \text{ kgm} > 13135,78 \text{ kgm} \text{ (Memenuhi)}$$

➤ Tulangan Lentur Tekan Lapangan

$$d = 600 - 50 - 13 - (1/2)19 = 527,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 7988,34 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{7988,34 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 527,5^2} = 0,80$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,80}{390}} \right) = 0,0021$$

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

$$0,0038 > 0,0021 < 0,0277$$

komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\rho_{pakai} = 1,3 \rho_{perlu}$$

$$= 1,3 \times 0,0021 = 0,0027$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,0027 \times 400 \times 527,5 = 568,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{568,61}{283,53} = 2,01 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

$$A_s \text{ pakai} = 3 \times 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu} = 568,61 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 527,5 = 800,19 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 527,5 = 757,44 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

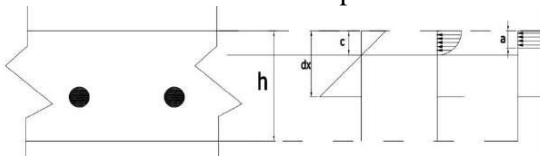
$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sengkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 3(19)}{3 - 1} = 108,5 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 108,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

➤ Kontrol Kapasitas Lentur Tekan Lapangan  
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,59 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,88 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk  $f_c'$  diatas 28 MPa,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0,05, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga  $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,88}{0,8} = 34,85 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left( \frac{527,5}{34,85} - 1 \right) = 0,042$$

dipakai  $\phi = 0,9$  dikarenakan  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0,005

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 850,59 \times 390 \left( 527,5 - \frac{1}{2} \times 27,88 \right)$$

$$\phi M_n = 153326840,3 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$15332,68 \text{ kgm} > 7988,34 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Tulangan Geser Tumpuan Sesudah Komposit

Untuk tulangan 7D19 di sisi atas, nilai  $M_{pr}$  dihitung sebagai berikut:

$$a = \frac{As 1,25 f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1984,70 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 81,31 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^- = A_s \times (1,25 f_y) \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^- = 1984,70 \times (1,25 \times 390) \times \left( 527,5 - \frac{81,31}{2} \right)$$

$$M_{pr}^- = 471044813,1 \text{ Nmm}$$

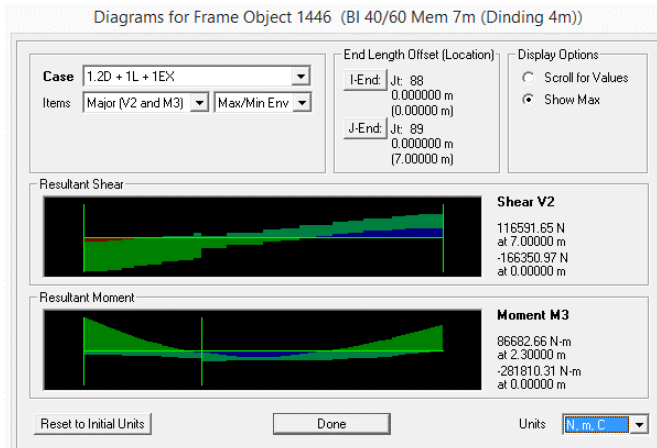
Untuk tulangan 4D19 di sisi bawah, nilai  $M_{pr}$  dihitung sebagai berikut:

$$a = \frac{As 1,25 f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1134,11 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 46,46 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^+ = A_s \times (1,25 f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{pr}^+ = 1134,11 \times (1,25 \times 350) \times \left(527,5 - \frac{46,46}{2}\right)$$

$$M_{pr}^+ = 278801157,1 \text{ Nmm}$$



**Gambar 4.26** Diagram Geser Maksimum pada Balok Induk

$$V_u = 166350,97 \text{ N}$$

$$V_{ki} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln} + \frac{qu \times ln}{2} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln} + V_u$$

$$V_{ki} = \frac{278801157,1 + 471044813,1}{7000} + 166350,97$$

$$V_{ki} = 273471,82 \text{ N}$$

$$V_{ka} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln} + \frac{qu \times ln}{2} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln} - V_u$$

$$V_{ka} = \frac{278801157,1 + 471044813,1}{7000} - 166350,97$$

$$V_{ka} = -59230,12 \text{ N}$$

$V_u$  maksimal = 273471,82 N

$V_u$  pada daerah kritis diambil sejarak  $d$  dari muka tumpuan

$$V_u = \frac{\frac{ln}{2} - \frac{h \text{ kolom}}{2} - d}{\frac{ln}{2}} \times V_u$$

$$V_u = \frac{3,5 - 0,3 - 0,5275}{3,5} \times 273471,82 = 208815,27 \text{ N}$$

Sehingga  $V_u$  diperoleh = 208815,27 N

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2, kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu  $V_c$  harus diambil = 0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut:

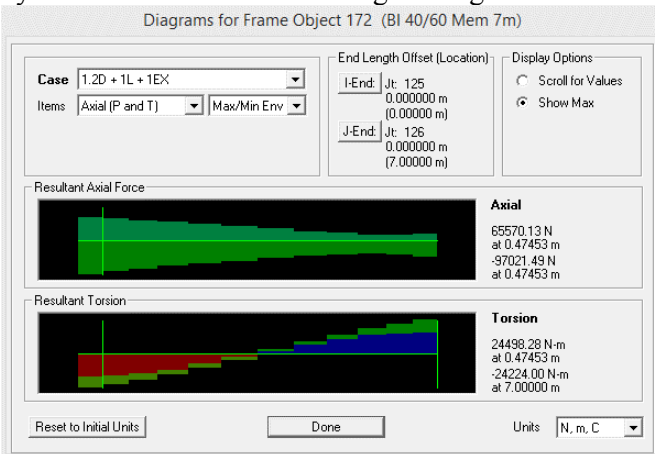
- $V_{sway} > \frac{1}{2} V_u$  yang terjadi

$$V_{sway} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln} = \frac{278801157,1 + 471044813,1}{7000}$$

$$V_{sway} = 107120,85 \text{ N} > \frac{1}{2} V_u = 104407,64 \text{ N}$$

(Memenuhi)

- Gaya tekan aksial terfaktor kurang dari  $A_g \cdot f_c' / 20$



Gambar 4.27 Diagram Aksial Maksimum Balok Induk

$$P_u = 97021,49 \text{ N} > \frac{A_g f_c'}{20} = \frac{400 \times 600}{20} = 420000 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Sehingga  $V_c = 0$

Maka,

$$V_u = \emptyset V_s + V_c$$

$$V_u = \emptyset V_s + 0$$

$$V_s = \frac{V_u}{\emptyset} = \frac{208815,27}{0,75} = 278420,36 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.9

$$V_s < 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$278420,36 \text{ N} < 0,66 \times \sqrt{35} \times 400 \times 527,5 = 823873,27 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Penampang mencukupi

Nilai tulangan: (SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.2)

Dicoba sengkang 2 kaki D13 ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{256,46 \times 240 \times 527,5}{278420,36} = 120,71 \text{ mm}$$

Maka dipasang sengkang 2 kaki D13-100 mm

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S} = \frac{256,46 \times 240 \times 527,5}{100}$$

$$V_s = 336078,16 \text{ N} > 278420,36 \text{ N} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.1, diperlukan hoops (sengkang tertutup) di sepanjang jarak dari sisi (muka) kolom tersebut pada daerah sendi plastis.

$$2 \times h = 2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$$

Atau

$$\frac{1}{4} l_n = \frac{1}{4} \times 6400 = 1600 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2, hook pertama dipasang ada jarak 50 mm dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang spasi yang terkecil antara:

$$d/4 = 527,5/4 = 131,88 \text{ mm}$$

$$6db = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

150 mm

Sehingga dipasang sengkang tertutup 2 kaki D13-100 mm di daerah sendi plastis.

➤ Tulangan Geser Lapangan Sesudah Komposit

Gaya geser maksimum di luar zona sendi plastis yaitu:

$$V_u = \frac{0,25 \times 7}{3,5} \times 273471,82 = 136735,91 \text{ N}$$

Pada zona ini kondisi  $V_c$  dipertimbangkan.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1, nilai  $V_c$  adalah:

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b w d$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 527,5 = 212209,78 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{136735,91}{0,75} - 212209,78 = -29895,23 \text{ N}$$

$$V_s \leq 0,33 \sqrt{f_c'} b w d$$

$$29895,23 \text{ N} \leq 0,33 \sqrt{35} \times 400 \times 527,5 = 411936,64 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Penampang mencukupi

Dicoba sengkang 2 kaki D13 ( $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{256,46 \times 240 \times 527,5}{25734,26} = 1305,96 \text{ mm}$$

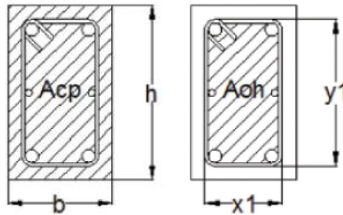
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4, spasi maksimum tulangan geser adalah  $d/2 = 527,5/2 = 263,75 \text{ mm}$

Sehingga dipasang sengkang tertutup 2 kaki D13-200 mm di luar daerah sendi plastis.

➤ Tulangan Puntir Akibat Torsi

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir

Ukuran penampang balok yang dipakai = 40/60



**Gambar 4.28** Luasan Penampang Balok Induk

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400 \times 600 \\ &= 240000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parameter luar irisan penampang beton  $A_{cp}$

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b + h) \\ &= 2 \times (400 + 600) \\ &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b - 2t - \text{Øgeser}) \times (h - 2t - \text{Øgeser}) \\ &= (400 - 2 \times 50 - 13) \times (600 - 2 \times 50 - 13) \\ &= 139769 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

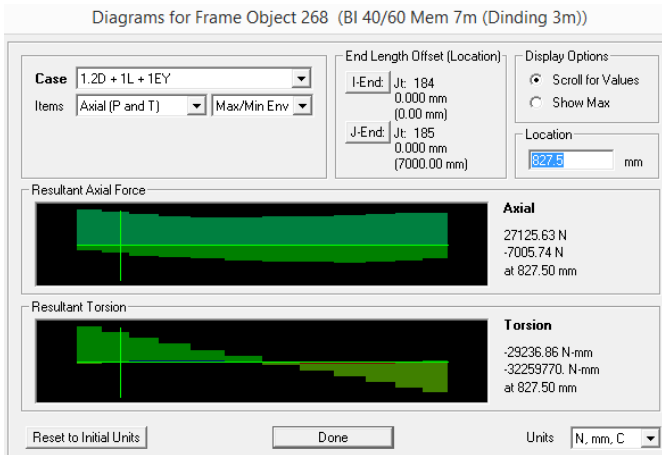
Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b - 2t - \text{Øgeser}) + (h - 2t - \text{Øgeser})) \\ &= 2 \times ((400 - 2 \times 50 - 13) + (600 - 2 \times 50 - 13)) \\ &= 1548 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar:

$$T_u = 32259770 \text{ Nmm}$$





**Gambar 4.29** Diagram Torsi Maksimum Balok Induk

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang daripada: (SNI 2847:2013 pasal 11.5.1)

$$T_{u_{min}} = 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u_{min}} = 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \left( \frac{240000^2}{2000} \right) = 10648943,61 \text{ Nmm}$$

$T_u$  min sejarak d dari muka tumpuan

$$T_{u_{min}} = \frac{3,5 - 0,3 - 0,5275}{3,5} \times 10648943,61$$

$$T_{u_{min}} = 8131229,08 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum  $T_u$  dapat diambil sebesar: (SNI 2847:2013 pasal 11.5.2.2)

$$T_{u_{max}} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u_{max}} = 0,33 \times 1 \times \sqrt{35} \left( \frac{240000^2}{2000} \right) = 42595774,44 \text{ Nmm}$$

Syarat:

$Tu_{\min} > Tu \Rightarrow$  tidak memerlukan tulangan puntir

$Tu_{\min} < Tu \Rightarrow$  memerlukan tulangan puntir

$Tu_{\min} < Tu < Tu_{\max}$

8131229,08 Nmm < 32259770 Nmm < 42595774,44 Nmm

Sehingga, memerlukan tulangan puntir

Momen puntir nominal

$$Tn = \frac{Tu}{\phi} = \frac{32259770}{0,75} = 43013026,67 \text{ Nmm}$$

Cek kecukupan penampang menahan momen puntir

(SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.1)

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw d}\right)^2 + \left(\frac{Tu Ph}{1,7 Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw d} + 0,66 \sqrt{fc'}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{208815,27}{400 \times 527,5}\right)^2 + \left(\frac{32259770 \times 1548}{1,7 \times 139769^2}\right)^2} = 1,80$$

$$0,75 \times \left(\frac{212209,78}{400 \times 527,5} + 0,66 \sqrt{35}\right) = 3,68$$

$$1,80 \leq 3,68 \quad (\text{Memenuhi})$$

Penampang mampu menahan momen puntir

Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$Al = \frac{At}{s} Ph \left(\frac{fyt}{fy}\right) \cot^2 \theta$$

Dengan  $\frac{At}{s}$  dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6

$$Tn = \frac{2 A_o At Fyt}{s} \cot \theta$$

Untuk beton non prategang  $\theta = 45^\circ$

$$\text{Dimana, } A_o = 0,85 \text{ } A_{oh} = 0,85 \times 139769 = 118803,65 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{43013026,67}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{1}{2 \times A_o \times f_{yt} \times \cot \theta} = \frac{1}{2 \times 118803,65 \times 240 \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,75 \text{ mm}^2$$

Tetapi  $\frac{A_t}{s}$  tidak boleh kurang dari:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{0,175 \text{ } bw}{f_{yt}} = \frac{0,175 \times 400}{240} = 0,29 \text{ mm}^2$$

(Memenuhi)

Maka digunakan tulangan puntir untuk lentur:

$$A_l = \frac{A_t}{s} Ph \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

$$A_l = 0,75 \times 1548 \left( \frac{240}{390} \right) \cot^2 45 = 718,53 \text{ mm}^2$$

Tetapi  $A_l$  tidak boleh kurang dari:

$$A_{l_{min}} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_{yt}} - \left( \frac{A_t}{s} \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y} \right)$$

$$A_{l_{min}} = \frac{0,42 \times \sqrt{35} \times 240000}{390} - \left( 0,75 \times 1548 \times \frac{240}{390} \right) =$$

$$A_{l_{min}} = 810,55 \text{ mm}^2 > A_l = 718,53 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai  $A_l = 810,55 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir perlu sebesar  $810,55 \text{ mm}^2$  untuk arah memanjang dibagi rata ke empat sisi penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{810,55}{4} = 202,64 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal sisi tengah

Digunakan tulangan puntir D13 ( $A_s = 132,73 \text{ mm}^2$ )

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan } D \text{ puntir}} = \frac{202,64}{132,73} = 1,53 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai tulangan puntir 2D13

$$A_s = 2 \times 132,73 = 265,46 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

As pakai  $\geq$  As perlu  
 $265,46 \text{ mm}^2 \geq 202,64 \text{ mm}^2$  (Memenuhi)

➤ Tulangan Geser Akibat Puntir

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \times d} = \frac{278420,36}{240 \times 527,5} = 2,20 \text{ mm}^2$$

$$\frac{Avt}{s} = \frac{2 At}{s} + \frac{Av}{s} = (2 \times 0,75) + (2,20) = 3,70 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang tertutup 2 kaki D13 ( $Av = 265,46 \text{ mm}^2$ )

Jarak tulangan

$$S = \frac{Av}{\frac{Avt}{s}} = \frac{265,46}{3,70} = 71,60 \text{ mm}$$

$S \text{ maks} \leq Ph/8$  dan  $S \text{ maks} \leq 300 \text{ mm}$

$S \text{ maks} \leq 1548/8$  dan  $S \text{ maks} \leq 300 \text{ mm}$

$S \text{ maks} \leq 193,5 \text{ mm}$  dan  $S \text{ maks} \leq 300 \text{ mm}$

Sehingga dipakai sengkang tertutup 2 kaki D13-70 mm

➤ Kontrol Lendutan

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

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

$$Ie = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 = 7200000000 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700\sqrt{fci} = 4700\sqrt{16,1} = 18858,658$$

$$\Delta = \frac{5 Qu L^4}{384 Ec Ie} = \frac{5 \times 26,017 \times 7000^4}{384 \times 18858,658 \times 7200000000} = 5,99 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah  $L/240$

$$\frac{L}{240} = \frac{7000}{240} = 29,17 \text{ mm}$$

$$\Delta = 5,99 \text{ mm} \leq 29,17 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Panjang Penyaluran

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.2.2

$$\Psi_t = 1,3$$

$$\Psi_e = 1$$

$$l_d = \frac{f_y}{2,1 \times \lambda} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e}{\sqrt{f_c'}} \times db = \frac{390}{2,1 \times 1} \times \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{35}} \times 19$$

$$l_d = 775,37 \text{ mm}$$

$$l_d \geq 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipakai panjang penyaluran tulangan tarik  $l_d = 800 \text{ mm}$

Panjang penyaluran kondisi tarik

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.5.2 harus sebesar:

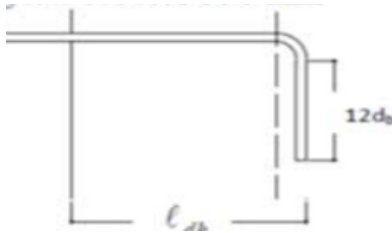
$$l_{dh} \geq 8 db = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq \left( \frac{0,24 \Psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) db = \left( \frac{0,24 \times 1 \times 390}{1 \times \sqrt{35}} \right) \times 19 = 300,6 \text{ mm}$$

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

Sehingga dipakai  $l_{dh}$  sebesar 310 mm

Dengan kait  $90^\circ$  sepanjang  $12db = 12 \times 19 = 228 \text{ mm} \approx 230 \text{ mm}$



**Gambar 4.30** Panjang Penyaluran Balok

#### 4.7.5 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan balok anak pracetak dilakukan dengan 2 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

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

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

$$W = \frac{1}{6} bh^2 = \frac{1}{6} \times 400 \times 460^2 = 14106666,67 \text{ mm}^3$$

$$M_{+(lap)} = 10703307,64 \text{ Nmm}$$

$$M_{-(tump)} = 10703307,64 \text{ Nmm}$$

Momen yang terjadi

$$\sigma_{max} = \frac{M^+}{W} = \frac{10703307,64}{14106666,67} = 0,76 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

$$\sigma_{min} = \frac{M^-}{W} = \frac{10703307,64}{14106666,67} = 0,76 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

#### 4.7.6 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

##### ➤ Pembebanan

Beban Mati (DL)

$$\text{Beban balok pracetak} = 441,6 \text{ kg/m}$$

$$qD = 441,6 \times 6,4 = 2826,24 \text{ kg}$$

$$P = 2826,24 \text{ kg}$$

##### ➤ Menghitung tulangan angkat

Sesuai dengan *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete* terdapat 2 titik angkat dan sudut angkat sebesar 45° sehingga harus dikalikan faktor  $F = 1,41$

(Di lapangan biasanya digunakan  $F$  sebesar 1,5 – 2)

Beban yang diterima satu titik angkat:

$$Pu = \frac{P}{2} \times FD \times FB$$

$$Pu = \frac{2826,24}{2} \times 1,41 \times 1,4 = 2789,50 \text{ kg}$$

Dipakai tulangan angkat D13 mm

Dicoba kedalaman tulangan angkat  $ld = 150 \text{ mm}$

Kontrol kekuatan tulangan angkat ketika pengangkatan

$$Pu \leq \emptyset A_s 0,56 f_y$$

$$27895 \text{ N} \leq 0,9 \times \left( \frac{1}{4} \pi 16^2 \right) \times 0,56 \times 390$$

$$27895 \text{ N} \leq 39520,73 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jebol (lepas) tulangan angkat ketika pengangkatan

$$\frac{P}{2} \leq \emptyset \times \text{keliling} \times l_d \times f_r$$

$$\frac{27895}{2} N \leq 0,9 \times (\pi \times 16) \times 150 \times 2,48$$

$$13947,49 N \leq 16881,39 N \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, dipakai tulangan angkat D16 dengan kedalaman 150 mm

➤ Menghitung kebutuhan strand

$$P = 2789,50 \text{ kg (beban 1 titik angkat)}$$

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

$$\text{Diameter} = 5/16 \text{ in} = 0,790 \text{ cm}$$

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

$$A = 0,0058 = 37,4 \text{ mm}^2$$

$$F_{strand} = 1725 \times 37,4 = 6451,5 \text{ kg}$$

$$\text{Maka gaya yang dipikul 1 strand} = 6451,5/2 = 3225,75 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol: } P < F_{strand}$$

$$2789,50 \text{ kg} < 3225,75 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai seven wire strand diameter 5/16 in ( $F_{pu} = 250 \text{ ksi}$ )

#### 4.7.7 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan

Penumpukan balok anak pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

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

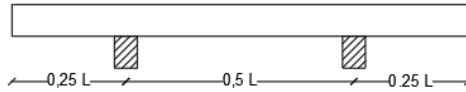
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,40 \times 0,46 \times 2400) = 529,92 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 40 \times 46^2 = 14107 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,4 = 3,2 \text{ m}$$



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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 529,92 \times 3,2^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,2 = 798,64 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 1197,957 \text{ kgm} = 119795,7 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 529,92 \times 3,2^2 = 678,30 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 1017,446 \text{ kgm} = 101744,6 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{119795,7}{14107} = 8,49 \text{ kg/cm}^2 < fr = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{101744,6}{14107} = 7,21 \text{ kg/cm}^2 < fr = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan balok kayu sebagai penyangga dengan dimensi 5/10

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang kontak, } A &= 0,05 \times 2 \text{ balok kayu} = 0,10 \text{ m}^2 \\ &= 100000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 1,2 (6,4 \times 2400 \times 0,40 \times 0,46) + 1,6 (200) = 3711,49 \text{ kg} \\ &= 37114,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{37114,9}{100000} = 0,37 \text{ MPa}$$

Jumlah tumpukan

$$n = \frac{fr}{f \times SF} = \frac{2,48}{0,37 \times 3} = 2 \text{ tumpukan}$$



#### 4.7.8 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

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

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

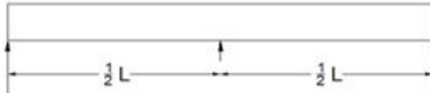
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,40 \times 0,46 \times 2400) = 529,92 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 40 \times 46^2 = 14107 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,4 = 3,2 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 529,92 \times 3,2^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,2 = 798,64 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 1197,957 \text{ kgm} = 119795,7 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 529,92 \times 3,2^2 = 678,30 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 1017,446 \text{ kgm} = 101744,6 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{119795,7}{14107} = 8,49 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{101744,6}{14107} = 7,21 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

#### 4.7.9 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran

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

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

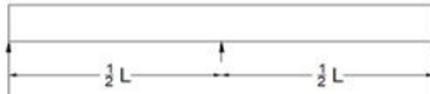
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,40 \times 0,60 \times 2400) = 691,2 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 40 \times 60^2 = 24000 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 7 = 3,5 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 691,2 \times 3,5^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,5 = 1126,72 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 1690,08 \text{ kgm} = 169008 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 691,2 \times 3,5^2 = 1058,4 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 1587,6 \text{ kgm} = 158760 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{169008}{24000} = 7,04 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{158760}{24000} = 6,62 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

#### 4.7.10 Penulangan Balok Induk Terpasang

Penulangan balok induk yang terpakai atau yang akan dipasang adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari ketiga keadaan di atas (keadaan akibat pengangkatan, sebelum komposit, sesudah komposit) yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4.20** Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Balok Induk

Tipe Balok	L	b	h	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Torsi	Tulangan Angkat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
B1-A	7000	400	600	Atas	Atas	2D13	Ø13
				7D19	3D19		
				Bawah	Bawah		
				4D19	4D19		
				Sengkang	Sengkang		
2D13 – 70	2D13 – 200						
B1-B	5000	400	600	Atas	Atas	2D13	Ø13
				6D19	3D19		
				Bawah	Bawah		
				4D19	3D19		
				Sengkang	Sengkang		
2D13 – 80	2D13 – 200						
B1-C	3500	400	600	Atas	Atas	4D13	Ø13
				6D19	4D19		
				Bawah	Bawah		
				5D19	4D19		
				Sengkang	Sengkang		
2D13 – 80	2D13 – 200						

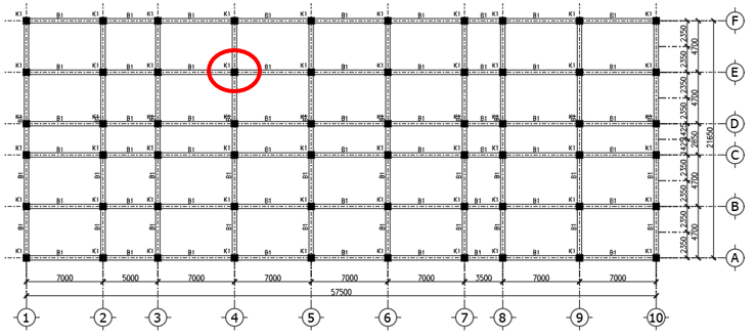
B1-D	4700	400	600	Atas	Atas	2D13	Ø13
				7D19	4D19		
				Bawah	Bawah		
				6D19	4D19		
				Sengkang	Sengkang		
				2D13 – 60	2D13 – 200		
B1-E	2850	400	600	Atas	Atas	4D13	Ø13
				7D19	4D19		
				Bawah	Bawah		
				6D19	4D19		
				Sengkang	Sengkang		
				2D13 – 90	2D13 – 200		

#### 4.8 Perencanaan Kolom

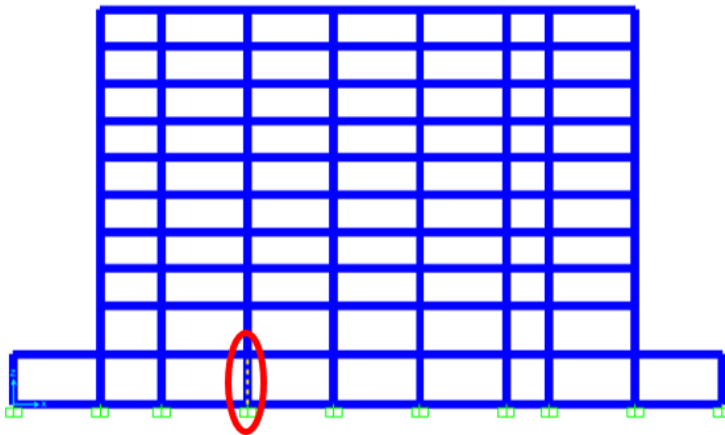
Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk. Berikut ini akan dibahas perhitungan penulangan kolom berdasarkan  $P_u$  ultimate terbesar. Sebagai contoh perhitungan diambil kolom struktur As E-4 pada lantai 1. Berikut data yang akan digunakan dalam perencanaan.

##### 4.8.1 Data Perencanaan

Tipe kolom : K1 (60/60)  
 As kolom : E-4  
 $f_c'$  beton : 35 MPa  
 $f_y$  baja : 390 MPa  
 Tinggi kolom : 4000 mm  
 Tulangan lentur : 22 mm  
 Tulangan geser : 13 mm  
 Decking : 50 mm

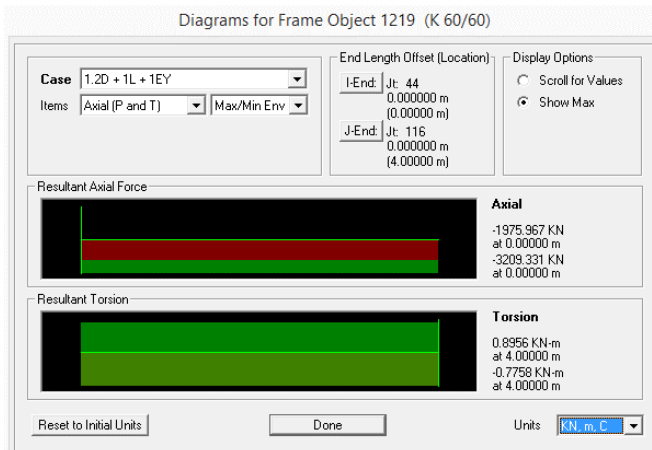


**Gambar 4.31** Denah Posisi Kolom pada As E-4



**Gambar 4.32** Lokasi Kolom yang Ditinjau

Berdasarkan hasil perhitungan SAP 2000 didapatkan gaya aksial terbesar pada kolom yaitu sebesar:  
 $P_u = 3209,33 \text{ kN}$



**Gambar 4.33** Diagram Aksial Maksimum pada Kolom

#### 4.8.2 Cek Persyaratan Kolom SRPMK

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 persyaratan yang harus dipenuhi adalah:

1. Gaya aksial terfaktor maksimum  $> Ag fc' / 10$

$$Pu = 3209,33 \text{ kN}$$

$$\frac{Ag fc'}{10} = \frac{600 \times 600 \times 35}{10} = 1260 \text{ kN}$$

$$Pu > \frac{Ag fc'}{10} \quad (\text{Memenuhi})$$

2. Dimensi terpendek dari penampang kolom tidak kurang dari 300 mm

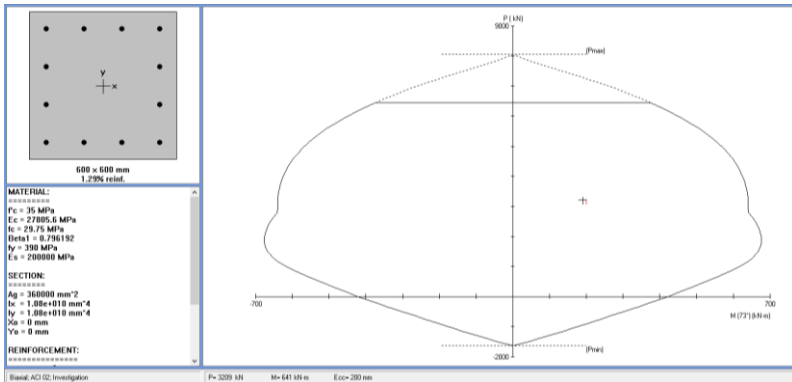
$$600 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

3. Rasio dimensi penampang kolom tidak kurang dari 0,4

$$\frac{b}{h} = \frac{600}{600} = 1 > 0,4 \quad (\text{Memenuhi})$$

### 4.8.3 Penulangan Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak kurang dari 0,001  $A_g$  atau lebih dari 0,006  $A_g$ . Berikut analisa dari PCA-Col yang menunjukkan konfigurasi tulangan longitudinal 12D22 dengan  $\rho = 1,29\%$  seperti pada gambar:



**Gambar 4.34** Diagram Interaksi PCA-Col

Syarat:

$$0,01 < 0,0129 < 0,06 \quad (\text{Memenuhi})$$

### 4.8.4 Cek Syarat *Strong Column Weak Beam*

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2, desai

kekuatan kolom harus memenuhi  $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$ .

$\Sigma M_{nc}$  = Jumlah  $M_n$  dua kolom yang bertemu di join

$\Sigma M_{nb}$  = Jumlah  $M_n$  dua balok yang bertemu di join

**Tabel 4.21** Kuat Lentur Nominal Balok yang Dihasilkan

Lokasi	Arah Goyangan	As (mm <sup>2</sup> )	ØMn (Nmm)	Mpr (Nmm)
Ujung memanjang	Kiri	1984,70	344816288,62	471044813,12
Ujung memanjang	Kanan	1984,70	344816288,62	471044813,12
Ujung melintang	Kiri	1984,70	344816288,62	471044813,12
Ujung melintang	Kanan	1984,70	344816288,62	471044813,12

Kuat lentur nominal balok

$$1,2 \Sigma Mnb = 1,2 (\text{ØMn}^+ + \text{ØMn}^-)$$

$$1,2 \Sigma Mnb = 1,2 \left( \frac{344816288,62 + 344816288,62}{0,9} \right)$$

$$1,2 \Sigma Mnb = 919510103 \text{ Nmm}$$

Dari analisa perhitungan menggunakan PCA-Col didapatkan diagram interaksi sebagai berikut:

Kolom yang ditinjau (lantai 1)

$$\text{ØPn (gaya aksial terfaktor kolom)} = 3209,33 \text{ kN}$$

Dari diagram interaksi kolom ØPn ditarik tegak lurus ke sumbu

$$\text{ØMn adalah} = 641 \text{ kNm}$$

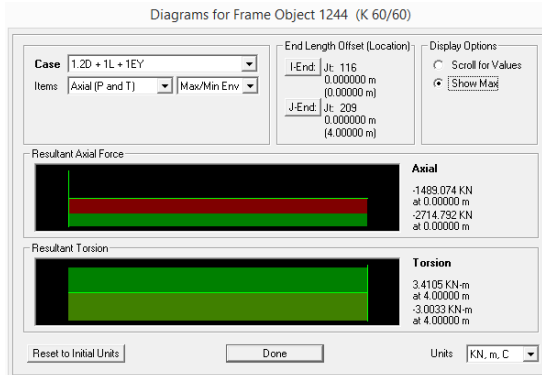
Kolom lantai atas (lantai 2)

$$\text{ØPn (gaya aksial terfaktor kolom)} = 2714,79 \text{ kN}$$

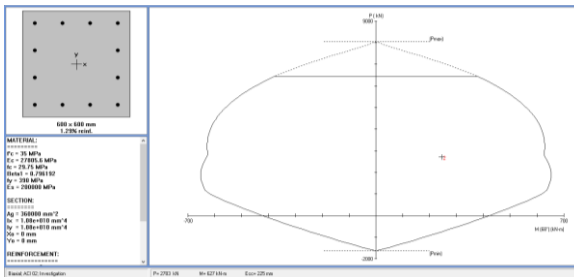
Dari diagram interaksi kolom ØPn ditarik tegak lurus ke sumbu

$$\text{ØMn adalah} = 627 \text{ kNm}$$





Gambar 4.35 Diagram Aksial pada Kolom Lantai Atas



Gambar 4.36 Diagram Interaksi PCA-Col pada Kolom Lantai Atas

$$\begin{aligned} \Sigma M_{nc} &= \emptyset M_n \text{ atas} + \emptyset M_n \text{ desain} \\ &= \underline{627 + 641} = 1690,67 \text{ kNm} \\ &0,75 \end{aligned}$$

$$\Sigma M_{nc} = 169066667 \text{ Nmm} > 1,2 \Sigma M_{nb} = 919510103 \text{ Nmm} \quad (\text{Memenuhi})$$

#### 4.8.5 Tulangan Transversal Sebagai Confinement

Tulangan transversal dipasang sepanjang sendi plastis, dengan ketentuan panjang sendi plastis menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1:

1. h kolom = 600 mm
2.  $1/6 l_n = 1/6 \times (4000-600) = 566,67$  mm
3. 450 mm

Maka panjang sendi plastis,  $l_o = 600$  mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4, total luas penampang hoops tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s bc f c'}{f_{yt}} \left( \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s bc f c'}{f_{yt}}$$

Dengan,

$$\begin{aligned} bc &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang)} \\ &= bw - 2 (\text{decking} + 0,5 db) \\ &= 600 - 2 (50 + 0,5 \times 13) = 487 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= \text{luas penampang inti beton, diukur dari serat terluar hoop} \\ &\text{ke serat hoop di sisi lainnya} \\ &= (bw - 2 \text{ decking})^2 \\ &= (600 - 2 \times 50)^2 = 250000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_g = b \times h = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \frac{487 \times 35}{390} \left( \left( \frac{360000}{250000} \right) - 1 \right) = 5,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,09 \frac{487 \times 35}{390} = 3,93 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Diambil nilai yang terbesar yaitu  $5,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Spasi maksimum hoop sepanjang  $l_o$  menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3 adalah:

1.  $b/4 = 600/4 = 150$  mm
2.  $6 db = 6 \times 22 = 132$  mm

3. So menurut persamaan:

$$S_o = 100 + \frac{350 - hx}{3} = 100 + \frac{350 - \left(\frac{2}{3} \times 487\right)}{3}$$

$$S_o = 108,44 \text{ mm}$$

Nilai So tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Dicoaba spasi = 90 mm

$$\frac{A_{sh}}{s} = 5,77 \text{ mm}^2 / \text{mm} \times 90 \text{ mm} = 519,22 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4 kaki D13 (Ash = 530,9 mm<sup>2</sup>) > 519,2 mm<sup>2</sup>  
(Memenuhi)

Maka dipakai tulangan 4 kaki D13-90 mm

Spasi maksimum hoop di luar sendi plastis menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5 adalah:

1. 150 mm
2. 6 db = 6 x 22 = 132 mm

Maka dipakai tulangan 4 kaki D13-130 mm

#### 4.8.6 Gaya Geser Design

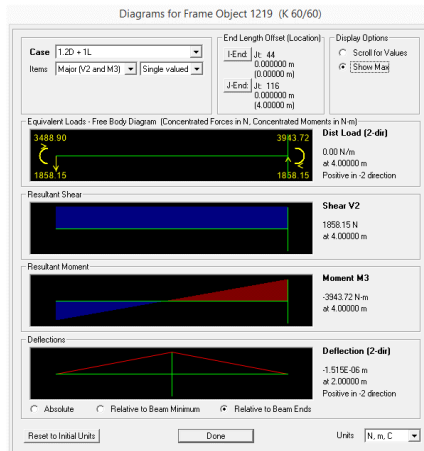
Ve tidak perlu lebih besar dari Vsway yang dihitung berdasarkan Mpr balok:

$$V_{sway} = \frac{M_{pr \text{ atas}} \cdot DF_{\text{atas}} + M_{pr \text{ bawah}} \cdot DF_{\text{bawah}}}{l_n}$$

dengan DF adalah distribusi momen pada balok atas dan bawah dengan besar sama = 0,5

$$V_{sway} = \frac{471044813,12 \times 0,5 + 471044813,12 \times 0,5}{3400}$$

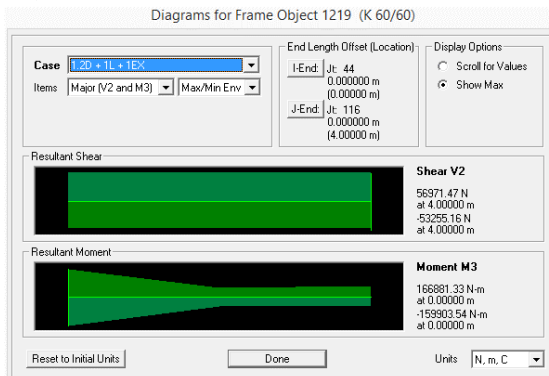
$$V_{sway} = 138542,59 \text{ N} > V_e \text{ kolom} = 1858,15 \text{ N}$$



**Gambar 4.37** Distribusi Geser pada Kolom

Tetapi  $V_e$  tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis:

$$V_u = 56971,47 \text{ N}$$



**Gambar 4.38** Distribusi Geser Maksimum pada Kolom yang Ditinjau

$$V_{\text{sway}} = 138542,59 \text{ N} > 0,5 V_u = 28485,74 \text{ N}$$

Maka nilai  $V_e = 138542,59 \text{ N}$

$$V_n = 138542,59 / 0,75 = 184723,46 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.2, nilai  $V_c = 0$  apabila gaya aksial terfaktor ( $P_u$ ) kurang dari  $A_g f_c' / 10$ . Kolom yang didesain mempunyai  $P_u = 3209,33 \text{ kN} > A_g f_c' / 10$

Maka,  $V_c$  diperhitungkan.

Untuk sepanjang sendi plastis

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b w d$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 600 \times \left(600 - 50 - 13 - \frac{22}{2}\right)$$

$$V_c = 317409,51 \text{ N} < V_n = 184723,46 \text{ N}$$

Karena  $V_c > V_n$  maka tulangan geser tidak diperlukan tapi hanya untuk confinement

Untuk diluar sendi plastis

SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) \lambda \sqrt{f_c'} b w d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{3209330}{14 \times 600 \times 600}\right) 1 \times \sqrt{35} \times 600 \times 526$$

$$V_c = 519527,01 \text{ N} > V_n = 184723,46 \text{ N}$$

Karena  $V_c > V_n$  maka tulangan geser tidak diperlukan tapi hanya untuk confinement

#### 4.8.7 Detail Tulangan Kolom

##### ➤ Lap Splices

*Lap splices* (sambungan lewatan) dipasang di tengah tinggi kolom, dan harus diikat dengan tulangan sengkang. Sepanjang lap splice, spasi tulangan transversal dipasang sesuai dengan perhitungan confinement sebelumnya.

SNI 2847:2013 pasal 12.17.2.2

Digunakan *class B lap splice* jika semua tulangan disalurkan di lokasi yang sama. Panjang lewatan kelas B =  $1,3 l_d$  (pasal 12.15.1). Besarnya  $l_d$  berdasarkan persamaan sesuai pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai  $k_{tr} = 0$  untuk penyederhanaan desain.

Untuk tulangan D22 maka panjang penyalurannya adalah:

$$ld = \left( \frac{fy \Psi_t \Psi_e \Psi_s}{1,1 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{cb + ktr}{db} \right)} \right) db$$

dimana,  $\frac{cb + ktr}{db}$  diambil lebih besar dari 2,5

$$\frac{cb + ktr}{db} = \frac{74 + 0}{22} = 3,36$$

Sehingga,

$$1,3 ld = 1,3 \times \left( \frac{390 \times 1,3 \times 1 \times 1}{1,1 \times 1 \times \sqrt{35} (2,5)} \right) 22 = 891,27 \text{ mm}$$

Maka digunakan sambungan lewatan sepanjang 900 mm

#### ➤ Panjang Bengkokan

Syarat perpanjangan bengkokan pada tulangan confinement menurut SNI 2847:2013 gambar S21.6.4.1 adalah 6db atau 75 mm, dengan db adalah diameter tulangan confinement:

$$6db = 6 \times 13 = 78 \text{ mm}$$

Maka dipakai perpanjangan bengkokan 80 mm

## 4.9 Desain Hubungan Balok Kolom

Hubungan balok kolom didesain dengan metode SRPMK, yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom yang telah didesain pada perhitungan sebelumnya.

#### ➤ Persyaratan Joint Balok Kolom Untuk SRPMK

(SNI 2847:2013 pasal 21.7.2)

1. Pasal 21.7.2.1 menyatakan bahwa gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal di muka joint harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah 1,25 fy.
2. Pasal 21.7.2.3 menyatakan bahwa bila 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*). Untuk beton ringan (*lightweight*), dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter batang tulangan.

Dimensi kolom yang sejajar tulangan balok = 600 mm

$20 \text{ db} = 20 \times 19 = 380 \text{ mm}$

$600 \text{ mm} > 380 \text{ mm}$

Dimensi kolom memenuhi persyaratan

➤ Penulangan Transversal pada Joint

1. Pasal 21.7.3.1 menyatakan bahwa tulangan transversal pada kolom untuk desain ini sama dengan jumlah tulangan transversal pada kolom. Kecuali desain memenuhi pasal 21.7.3.2.

2. 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  $\frac{3}{4}$  lebar kolom

Lebar terkecil joint = lebar balok

= 400 mm

$\frac{3}{4}$  lebar kolom = 450 mm

Desain tidak memenuhi persyaratan pada pasal ini, maka tulangan transversal pada joint sama dengan tulangan transversal pada kolom

Pada perhitungan kolom didapatkan nilai Ash:

$$\frac{A_{sh}}{s} = 5,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi yang dipakai sama dengan pada kolom:

$S = 90 \text{ mm}$

Jarak bersih tulangan longitudinal tekan dan tarik balok:

$600 - (2 \times 50) - (2 \times 13) - (2 \times 19) - 30 - 19 = 387 \text{ mm}$

Area tulangan hoops yang dibutuhkan:

$90 \text{ mm} \times 5,77 \text{ mm}^2/\text{mm} = 519,22 \text{ mm}^2$

Dipakai baja tulangan 4 kaki D13:

$$A_s = 4 \times 0,25 \pi 13^2 = 530 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

➤ Kontrol Gaya Geser dan Kekuatan Geser pada Joint

Mpr balok yang terhubung ke joint:

$$M_{pr}^- = 471044813,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^+ = 471044813,1 \text{ Nmm}$$

Pada joint kekakuan kolom atas dan bawah adalah sama, maka nilai

$$DF = 0,5$$

Gaya geser pada kolom atas:

$$V_{sway} = \frac{0,5 \times 471044813,1 + 0,5 \times 471044813,1}{3400}$$

$$V_{sway} = 138542,59 \text{ N}$$

Pada lapis bagian atas balok tulangan lentur terpasang:

$$7D19 (A_s = 1984,70 \text{ mm}^2)$$

Gaya tarik yang bekerja pada balok di bagian kiri:

$$T1 = 1,25 A_s f_y = 1,25 \times 1984,70 \times 390 = 967541,81 \text{ N}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri:

$$C1 = T1 = 967541,81 \text{ N}$$

Pada lapis bagian bawah balok tulangan lentur terpasang:

$$4D19 (A_s = 1134,12 \text{ mm}^2)$$

Gaya tarik yang bekerja pada balok di bagian kanan:

$$T2 = 1,25 A_s f_y = 1,25 \times 1134,12 \times 390 = 552881,04 \text{ N}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan:

$$C2 = T2 = 552881,04 \text{ N}$$

Sehinga,

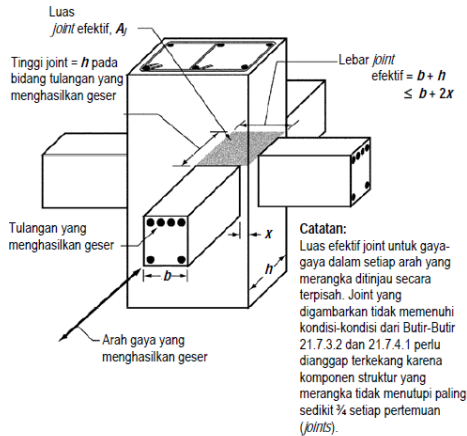
$$\begin{aligned} V_u &= V_{sway} - T1 - C2 \\ &= 138542,59 - 967541,81 - 552881,04 \\ &= 1381880,26 \text{ N (Searah dengan T1)} \end{aligned}$$

Kekuatan geser joint: (SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1)

$$\text{Joint terkekang pada keempat sisi: } V_n = 1,7 \sqrt{f_c'} A_j$$



Dengan  $A_j$  adalah luas joint, yaitu lebar kolom dan lebar balok yang menyatu.



**Gambar 4.39** Luas Joint Efektif  
(SNI 2847:2013 gambar S21.7.4)

$$A_j = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 1,7 \sqrt{f'c'} A_j = 1,7 \times \sqrt{35} \times 360000 = 3620640,83 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 3620640,83 = 2715480,62 \text{ N}$$

Kontrol kekuatan joint:

(SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1)

$$V_u = 1381880,26 \text{ N} < \phi V_n = 2715480,62 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

#### 4.10 Perencanaan Sambungan

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut kemudian diteruskan ke pondasi. Desain sambungan juga dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu 150 sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering. Untuk sambungan basah dalam daerah join, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *overtopping*.

Didalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (*shear connection*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat *topping* agar pelat bersifat monolit.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Faktor kekuatan harus terpenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan haya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa beban. Adapun syarat yang harus dipenuhi dalam perencanaan sambungan SRPMK seperti pada SNI 2847:2013 pasal 21.8.

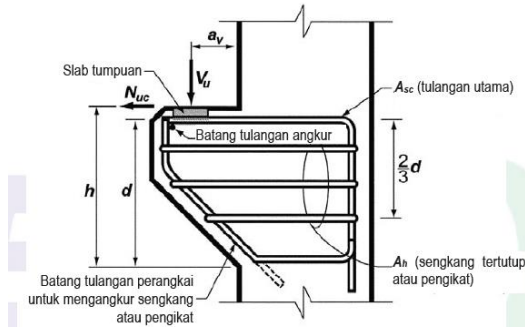
#### 4.10.1 Sambungan Balok Induk dan Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom digunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol yang berada pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11. Bentuk konsol pendek yang dipakai sebagai berikut:

##### 1. Data Perencanaan:

- $V_u$  = 208815,27 N (diambil dari nilai  $V_e$  akibat  $M_{pr}$  balok)
- Dimensi Balok Induk = 40/60 cm
- Dimensi Konsol:
  - $b_w$  = 400 mm
  - $h$  = 400 mm

Diameter lentur	= 16 mm
Diameter geser	= 13 mm
d	= 400 – 40 – 16/2
	= 352 mm
fc	= 35 Mpa
fy	= 390 Mpa
av	= 200 mm



**Gambar 4.40** Konsol pada Kolom  
(SNI 2847:2013 gambar S11.8.2)

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.

- Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi  $a_v/d$  tidak boleh lebih besar dari satu.  
 $a_v/d = 200 / 352 = 0,57 < 1$  (OK)
- $N_{uc}$  tidak lebih besar daripada  $V_u$ .  
 $N_{uc} \geq 0,2 V_u$   
 $N_{uc} = 0,2 V_u = 0,2 \times 208815,27 = 41763,05 \text{ N}$

Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melintasi sambungan dan harus disalurkan di luar baik sambungan kekuatan dan daerah sendi plastis.

## 2. Cek Kecukupan Penampang

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2.1 untuk beton normal  $V_n$  tidak boleh melebihi dari:

$$V_n = V_u / \phi = 208815,27 / 0,75 = 278420,36 \text{ N}$$

$$0,2 \times f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \times 400 \times 352 = 985600 \text{ N} > V_n \quad (\text{Memenuhi})$$

$$(3,3 + 0,08 f_c') \times b_w \times d = (3,3 + 0,08 \times 35) \times 400 \times 352 = 858880 \text{ N} > V_n \quad (\text{Memenuhi})$$

$$11 \times b_w \times d = 11 \times 400 \times 352 = 1548800 \text{ N} > V_n \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka, dimensi konsol mampu menahan geser yang terjadi.

Kebutuhan tulangan friksi:

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{278420,36}{390 \times 1,4} = 509,93 \text{ mm}^2$$

$\mu$  adalah koefisien friksi dengan kriteria beton yang dicor di tempat dengan nilai 1,4 (SNI 2847:2013 pasal 11.6.4.3)

## 3. Luas Tulangan Lentur

SNI 2847:2013 pasal 11.8.3

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a_v + N_{uc} \times (h-d) \\ &= 208815,3 \times 200 + 41763,05 \times (400 - 352) \\ &= 43767680,69 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_f &= \frac{M_u}{\phi \times f_y \times 0,85d} \\ &= \frac{43767680,69}{0,75 \times 390 \times 0,85 \times 352} \\ &= 500,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} \\ &= \frac{41763,05}{0,75 \times 390} \\ &= 142,78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= a_f + A_n \\ &= 509,93 + 142,78 \\ &= 642,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 2/3 A_{vf} + A_n \\ &= 2/3 509,93 + 142,78 \\ &= 482,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{0,04 \times f_c \times b_w \times d}{f_y} \\ &= \frac{0,04 \times 35 \times 400 \times 352}{390} \\ &= 505,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ pakai} = 642,89 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= 4D16 \\ &= 804,25 \text{ mm}^2 > 642,89 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai 4D16 ( $A_s = 804,25 \text{ mm}^2$ )

#### 4. Luas Tulangan Senggang

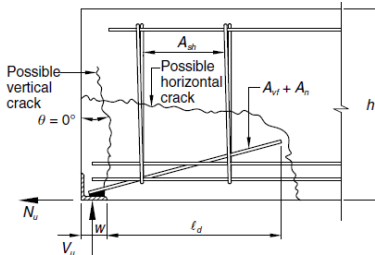
Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas senggang tertutup harus sesuai dengan:

$$\begin{aligned} A_h &= 0,5 \times (A_s - A_n) \\ &= 0,5 \times (642,89 - 142,78) \\ &= 250,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_h \text{ Pasang} &= 3D13 \\ &= 398,19 \text{ mm}^2 > 250,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai 3D13 ( $A_s = 398,19 \text{ mm}^2$ )

#### 5. Perencanaan Reinforced Concrete Bearing



**Gambar 4.41 Reinforced Concrete Bearing**  
(PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010. Figure 5.6.2)

Perencanaan penulangan ujung balok induk pada tugas akhir ini didasarkan pada buku PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition section 5.6.2 yaitu tentang concrete brackets or corbel. Penulangan end bearing berdasarkan analisa geser friksi. Pada ujung balok induk terdapat pelat siku yang berfungsi untuk melindungi balok induk pada saat pemasangan ke kolom. Prosedur yang digunakan PCI adalah sebagai berikut:

1. Diasumsikan sudut retak vertikal  $\theta = 0^\circ$
2. Hitung tulangan horizontal
3. Sudut penanaman adalah  $15^\circ$
4. Nilai  $\mu = 1,4\lambda = 1,4 \times 1 = 1,4$
5. Hitung tulangan sengkang

$$A_{sh} = \frac{(A_{vf} + A_n) \cdot fy}{\mu e \cdot fys}$$

Dimana,

$$\mu e = \frac{\emptyset 1000 \cdot Acr \cdot \mu}{V_u}$$

$$Acr = ld \times b$$

B = lebar balok

Ld = panjang penyaluran

Fys = mutu baja sengkang

**Tabel 4.22** 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		Compres-sion	Tension		Compres-sion	Tension		Compres-sion	Tension		Compres-sion					
	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$	$l_d$	$1.3l_d$	$1.5l_d$		$l_d$			
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

(PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010. Design Aid 15.4.4)

Digunakan tulangan D13 (#4)

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 5000 \text{ psi} &= 35 \text{ MPa} \\
 l_d &= 17 \text{ in} &= 431,8 \text{ mm} \\
 b &= 400 \text{ mm} &= 15,75 \text{ in} \\
 A_{cr} &= l_d \times b &= 267,72 \text{ in}^2 \\
 \mu &= 1,4 \\
 f_{ys} &= 390 \text{ MPa} &= 56564,72 \text{ lb/in}^2 \\
 V_u &= 208,82 \text{ kN} &= 46,94 \text{ kips} \\
 \mu_e &= \frac{\phi \times 1000 \times \lambda \times A_{cr} \times \mu}{V_u} \\
 &= \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 267,72 \times 1,4}{46944}
 \end{aligned}$$

$$= 5,99 > 3,4 \text{ (PCI Design Handbook 7}^{\text{th}} \text{ Edition tabel 5.3.1)}$$

maka dipakai  $\mu_e = 3,4$

Perhitungan tulangan horizontal ( $A_t$ )

$$\begin{aligned}
 A_t &= A_{vf} + A_n \\
 A_t &= \frac{V_u}{\phi \times f_y \times \mu_e} + \frac{N_u}{\phi \times f_y} \\
 &= \frac{208815,27}{0,75 \times 390 \times 3,4} + \frac{41763,05}{0,75 \times 390} \\
 &= 352,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba 3D13 ( $A_s = 398,2 \text{ mm}^2$ )

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

Sehingga dipakai 3D13 ( $A_s = 398,2 \text{ mm}^2$ )

Perhitungan sengkang  $A_{sh}$

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{(A_{vf} + A_n) \times f_y}{\mu_e \times f_{ys}} \\
 &= \frac{(352,75) \times 390}{3,4 \times 390} = 103,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan 2D13 ( $A_s = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$A_s \text{ pakai} > A_{sh}$  (Memenuhi)

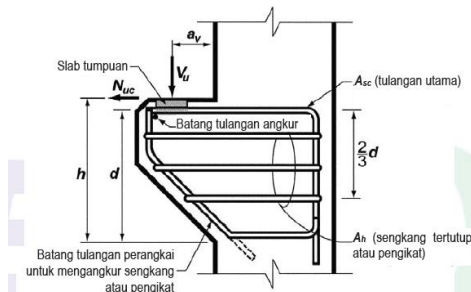
Sehingga dipakai 2D13 ( $A_s = 265,46 \text{ mm}^2$ )

#### 4.10.2 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk

Pada perencanaan sambungan antara balok anak dan balok induk digunakan konsol pendek. Balok anak diletakkan pada konsol yang berada pada balok induk kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk tersebut berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11. Bentuk konsol pendek yang dipakai sebagai berikut:

##### 1. Data Perencanaan:

- $V_u$  = 112934,50 N (diambil dari nilai  $V_u$  pada saat kondisi sesudah komposit)
- Dimensi Balok Anak = 30/40 cm
- Dimensi Konsol:
  - $b_w$  = 200 mm
  - $h$  = 200 mm
  - Diameter lentur = 13 mm
  - Diameter geser = 10 mm
  - $d$  = 200 – 40 – 13/2 = 153,5 mm
  - $f_c$  = 35 Mpa
  - $f_y$  = 390 Mpa
  - $a_v$  = 100 mm



**Gambar 4.42** Konsol pada Balok Induk  
(SNI 2847:2013 gambar S11.8.2)



Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.

- Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi  $av/d$  tidak boleh lebih besar dari satu.  
 $av/d = 100 / 153,5 = 0,65 < 1$  (OK)
- Nuc tidak lebih besar daripada  $V_u$ .  
 $Nuc \geq 0,2V_u$   
 $Nuc = 0,2V_u = 0,2 \times 112934,50 = 22586,9 \text{ N}$

Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melintasi sambungan dan harus disalurkan di luar baik sambungan kekuatan dan daerah sendi plastis.

## 2. Cek Kecukupan Penampang

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2.1 untuk beton normal  $V_n$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

$$V_n = V_u / \phi = 112934,50 / 0,75 = 150579,33 \text{ N}$$

$$0,2 \times f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \times 200 \times 153,5 = 214900 \text{ N} > V_n \quad (\text{Memenuhi})$$

$$(3,3 + 0,08f_c') \times b_w \times d = (3,3 + 0,08 \times 35) \times 200 \times 153,5 = 187270 \text{ N} > V_n \quad (\text{Memenuhi})$$

$$11 \times b_w \times d = 11 \times 200 \times 153,5 = 337700 \text{ N} > V_n \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka, dimensi konsol mampu menahan geser yang terjadi.

Kebutuhan tulangan friksi:

$$Avf = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{150579,33}{390 \times 1,4} = 275,79 \text{ mm}^2$$

$\mu$  adalah koefisien friksi dengan kriteria beton yang dicor di tempat dengan nilai 1,4 (SNI 2847:2013 pasal 11.6.4.3)

## 3. Luas Tulangan Lentur

SNI 2847:2013 pasal 11.8.3

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times av + Nuc \times (h-d) \\ &= 112934,5 \times 100 + 22586,9 \times (200 - 153,5) \end{aligned}$$

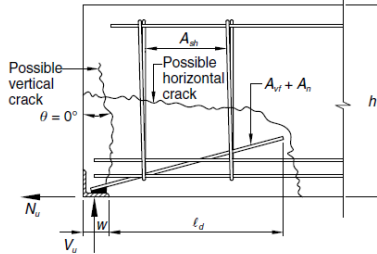
$$\begin{aligned}
 &= 12343740,85 \text{ Nmm} \\
 af &= \frac{Mu}{\emptyset \times fy \times 0,85d} \\
 &= \frac{12343740,85}{0,75 \times 390 \times 0,85 \times 153,5} \\
 &= 323,44 \text{ mm}^2 \\
 An &= \frac{Nuc}{\emptyset \times fy} \\
 &= \frac{22586,9}{0,75 \times 390} \\
 &= 77,22 \text{ mm}^2 \\
 As &= af + An \\
 &= 323,44 + 77,22 \\
 &= 400,66 \text{ mm}^2 \\
 As &= 2/3 Avf + An \\
 &= 2/3 275,79 + 77,22 \\
 &= 261,08 \text{ mm}^2 \\
 As \text{ min} &= \frac{0,04 \times fc \times bw \times d}{fy} \\
 &= \frac{0,04 \times 35 \times 200 \times 153,5}{390} \\
 &= 110,21 \text{ mm}^2 \\
 As \text{ pakai} &= 400,66 \text{ mm}^2 \\
 As \text{ pasang} &= 4D13 \\
 &= 530,93 \text{ mm}^2 > 400,66 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
 &\text{Sehingga dipakai 4D13 (As = 530,93 mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

#### 4. Luas Tulangan Senggang

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas senggang tertutup harus sesuai dengan:

$$\begin{aligned}
 Ah &= 0,5 \times (As - An) \\
 &= 0,5 \times (400,66 - 77,22) \\
 &= 161,72 \text{ mm}^2 \\
 Ah \text{ Pasang} &= 3D10 \\
 &= 253,62 \text{ mm}^2 > 161,72 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Sehingga dipakai 3D10 (As = 253,62 mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

## 5. Perencanaan Reinforced Concrete Bearing



**Gambar 4.43 Reinforced Concrete Bearing**  
(PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010. Figure 5.6.2)

Perencanaan penulangan ujung balok induk pada tugas akhir ini didasarkan pada buku PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition section 5.6.2 yaitu tentang concrete brackets or corbel. Penulangan end bearing berdasarkan analisa geser friksi. Pada ujung balok anak terdapat pelat siku yang berfungsi untuk melindungi balok anak pada saat pemasangan ke balok induk. Prosedur yang digunakan PCI adalah sebagai berikut:

1. Diasumsikan sudut retak vertikal  $\theta = 0^\circ$
2. Hitung tulangan horizontal

$$A_t = A_{vf} + A_n = \frac{Vu}{\phi \cdot fy \cdot \mu e} + \frac{Nu}{\phi \cdot fy}$$

3. Sudut penanaman adalah  $15^\circ$
4. Nilai  $\mu = 1,4\lambda = 1,4 \times 1 = 1,4$
5. Hitung tulangan sengkang

$$A_{sh} = \frac{(A_{vf} + A_n) \cdot fy}{\mu e \cdot fys}$$

Dimana,

$$\mu e = \frac{\phi 1000 \cdot Acr \cdot \mu}{Vu}$$

$$Acr = ld \times b$$

B = lebar balok

Ld = panjang penyaluran

Fys = mutu baja sengkang

**Table 4.23** 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		
	$\ell_d$	$1.3\ell_d$	$1.5\ell_d$	$\ell_d$	$\ell_d$	$1.3\ell_d$	$1.5\ell_d$	$\ell_d$	$\ell_d$	$1.3\ell_d$	$1.5\ell_d$	$\ell_d$	$\ell_d$	$1.3\ell_d$	$1.5\ell_d$	$\ell_d$	
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

(PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestressed Concrete, 2010. Design Aid 15.4.4)

Digunakan tulangan D13 (#4)

$$f_c' = 5000 \text{ psi} = 35 \text{ MPa}$$

$$l_d = 17 \text{ in} = 431,8 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm} = 11,81 \text{ in}$$

$$A_{cr} = l_d \times b = 200,79 \text{ in}^2$$

$$\mu = 1,4$$

$$f_{ys} = 390 \text{ MPa} = 56564,72 \text{ lb/in}^2$$

$$V_u = 112,93 \text{ kN} = 25,39 \text{ kips}$$

$$\mu_e = \frac{\phi \times 1000 \times \lambda \times A_{cr} \times \mu}{V_u}$$

$$= \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 200,79 \times 1,4}{25389}$$

$$= 8,30 > 3,4 \text{ (PCI Design Handbook 7}^{\text{th}} \text{ Edition tabel 5.3.1)}$$

maka dipakai  $\mu_e = 3,4$

Perhitungan tulangan horizontal ( $A_t$ )

$$A_t = A_{vf} + A_n$$

$$A_t = \frac{V_u}{\phi \times f_y \times \mu_e} + \frac{N_u}{\phi \times f_y}$$

$$= \frac{112934,5}{0,75 \times 390 \times 3,4} + \frac{22586,9}{0,75 \times 390}$$

$$= 190,78 \text{ mm}^2$$

Dicoba 2D13 ( $A_s = 265,46 \text{ mm}^2$ )

As pakai  $> A_t$  (Memenuhi)

Sehingga dipakai 2D13 ( $A_s = 265,46 \text{ mm}^2$ )

Perhitungan sengkang Ash

$$A_{sh} = \frac{(A_{vf} + A_n) \times fy}{\mu e \times fys}$$

$$= \frac{(190,78) \times 390}{3,4 \times 390} = 56,112 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 2D13 ( $A_s = 265,46 \text{ mm}^2$ )

$A_s \text{ pakai} > A_{sh}$  (Memenuhi)

Sehingga dipakai 2D13 ( $A_s = 265,46 \text{ mm}^2$ )

## 6. Perhitungan 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  $V_u = 112934,5 \text{ N}$

➤ Data Perencanaan:

Berdasarkan SNI 1729:2015 tabel J3.1M dan J3.2 direncanakan baut A325 dengan ukuran M20, berikut data perencanaan sambungan baut:

$d_a = 20 \text{ mm}$

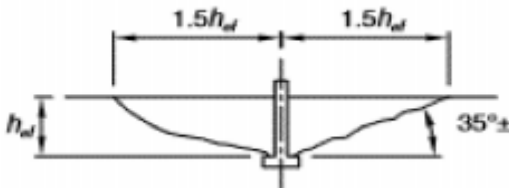
$A = \frac{1}{4} \pi 20^2 = 314,16 \text{ mm}^2$

$F_{ub} = 620 \text{ Mpa}$

$F_{yb} = 372 \text{ Mpa}$

$F_{c'} = 35 \text{ Mpa}$

$h_{ef} = 170 \text{ mm}$



**Gambar 4.44** Sketsa Angkur Baut

$$Ca1 = 1,5 \times 170 = 255 \text{ mm}$$

$$Ca2 = 200 \text{ mm}$$

➤ Kuat baut angkur dalam kondisi geser  
SNI 2847:2013 pasal D.6.1.2:

$$V_{sa} = 0.6 A_{se} \times f_{uta}$$

$$1,9 F_{yb} = 1,9 \times 372 \quad \text{atau} \quad 860 \text{ MPa}$$

$$= 706,8 \text{ MPa}$$

diambil yang terkecil yaitu 706,8 MPa

$$V_{sa} = 0.6 \times 314,16 \times 706,8$$

$$= 133228,66 \text{ N} \geq V_u = 112935 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

➤ Kuat jebol beton angkur dalam kondisi geser  
SNI 2847:2013 pasal D.6.2.1:

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \psi_{ed,v} \times \psi_{c,v} \times \psi_{\rho,v} \times V_b$$

$$A_{vco} = 4,5 \times Ca1^2$$

$$= 4,5 \times 255^2 = 292612,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = n \times A_{vco}$$

$$= 1 \times 292612,5$$

$$= 292612,5 \text{ mm}^2$$

$$\psi_{\rho,v} = 1$$

$$\psi_{ed,v} = 0,7 + 0,3 \times \frac{Ca2}{\frac{1,5Ca1}{200}}$$

$$= 0,7 + 0,3 \times \frac{200}{1,5 \times 255}$$

$$= 0,857$$

$$\psi_{c,v} = 1,4$$

$$V_b = \left( 0.6 \left( \frac{l_o}{da} \right)^{0,2} \sqrt{da} \right) \lambda_a \sqrt{F_c'} (Ca_1)^{1,5}$$

$$L_o = 170 \text{ mm}$$

$$\lambda_a = \lambda = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= \left(0.6 \left(\frac{170}{20}\right)^{0,2} \sqrt{20}\right) 1\sqrt{35}(255)^{1,5} \\
 &= 99173,2 \text{ N} \\
 V_{cb} &= \frac{292612,5}{292612,5} \times 0.857 \times 1,4 \times 1 \times 99173,2 \\
 &= 118968,95 \text{ N} \geq V_u = 112934,5 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan rompal (*pryout* beton angkur kondisi geser)

SNI 2847:2013 pasal D.6.3.1:

Kekuatan rompal (*pryout*) nominal  $V_{cp}$  untuk angkur tunggal atau  $V_{cpg}$  untuk kelompok angkur, tidak boleh melebihi :

$$V_{cp} = K_{cp} \times N_{cp}$$

$$K_{cp} = 2 \text{ (untuk hef} > 65 \text{ mm)}$$

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \times \psi_{ed,N} \times \psi_{c,N} \times \psi_{\rho,N} \times N_b$$

$$A_{Nco} = 9 \times \text{heff}^2$$

$$= 9 \times 170^2$$

$$= 260100$$

$$A_{Nc} = 1 \times 260100$$

$$= 260100$$

$$\psi_{ed,N} = 1 \text{ (untuk } Ca1 > 1,5 \text{ hef)}$$

$$\psi_{c,N} = 1,25 \text{ ( untuk angkur cor didalam)}$$

$$\psi_{\rho,N} = 1$$

$$K_c = 10 \text{ ( untuk angkur cor didalam)}$$

$$\lambda_a = \lambda = 1$$

$$N_b = K_c \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times \text{hef}^{1,5}$$

$$= 10 \times 1 \times \sqrt{35} \times 170^{1,5}$$

$$= 131131,61$$

$$N_{cb} = \frac{260100}{260100} \times 1 \times 1,25 \times 1 \times 131131,61$$

$$= 163914,52 \text{ N}$$

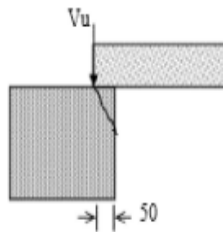
$$V_{cp} = 2 \times 163914,52 \text{ N}$$

$$= 327829,03 \text{ N} \geq V_u = 112934,5 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

#### 4.10.3 Sambungan Balok dan Pelat

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan tumpuan yang dipasang memanjang melintang tegak lurus di atas balok. Pada sambungan balok dengan pelat disambung dengan menggunakan sambungan basah, yang nantinya akan disalurkan tulangan sepanjang  $l_d$ .

##### ➤ Kontrol Tegangan di Tumpuan



**Gambar 4.45** Tumpuan Pelat pada Balok

Menurut SNI 2847:2013 pasal 4.6.2.2 jarak tumpuan pada komponen pracetak untuk beton polos paling sedikit yaitu 50 mm untuk pelat dan 75 mm untuk balok.

Berikut data perencanaan untuk perhitungan kekuatan tumpu dan kontrol tumpuan pada balok – pelat.

$$\begin{aligned}
 f_{ci} \text{ (7 hari)} &= 0,7 \times 35 = 24,5 \text{ MPa} \\
 A &= 50 \times 1000 = 50000 \text{ mm}^2 \\
 V_u &= \frac{1}{2} Q_u L = \frac{1}{2} \times (0,14 \times 2,55 \times 2400) \times 1,1 \\
 &= 471,2 \text{ kg} = 4712 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 22.5.5 kekuatan tumpu desain beton pada pracetak tidak boleh melebihi:

$$\begin{aligned}
 B_n &= \phi \times 0,85 \times f_{ci} \times A \\
 B_n &= 0,65 \times 0,85 \times 24,5 \times 50000 = 676813 \text{ N} \geq 4712 \text{ N} \\
 &\text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$



Kontrol tegangan beton pada tumpuan

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{V_u}{A} = \frac{4712}{50000} = 0,094 \text{ MPa} \leq 3,069 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

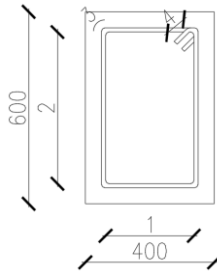
#### 4.11 Metode Pelaksanaan

Dalam setiap pekerjaan konstruksi, metode pelaksanaan merupakan item penting yang tidak bisa dipisahkan, apalagi pada struktur beton pracetak. Dengan adanya metode pelaksanaan, maka pekerjaan yang akan dikerjakan akan menjadi lebih jelas dan terarah. Seperti halnya dengan pekerjaan penulangan pada elemen balok pracetak.

Dalam pekerjaan penulangan elemen balok pracetak diperlukan pembuatan bestat sehingga dapat diketahui jumlah yang perlu didatangkan dalam satuan meter panjang atau kilogram. Berikut merupakan bestat pada pekerjaan elemen balok pracetak:

##### 4.11.1 Bestat Tulangan Senggang

###### ➤ Tulangan Senggang Balok Induk



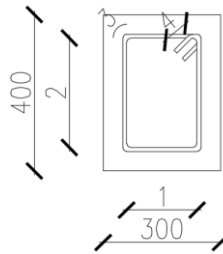
**Gambar 4.46** Bestat Tulangan Senggang Balok Induk

Keterangan:

- 1 = Lebar
- 2 = Tinggi
- 3 = Bengkokan tulangan
- 4 = Panjang bengkokan

**Tabel 4.24** Bestat Tulangan Senggang Balok Induk

Tipe Balok	Tulangan Senggang												Panjang Total	Berat Total	Jumlah Tiap 12 m
	Dimensi					Jarak Senggang		Jumlah Senggang							
	1	2	3	4	Total	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Total					
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(buah)	(buah)	(mm)	(kg)	(buah)			
B1-A	274	474	52	80	1916	70	200	48	15	63	120708	125,77	6		
B1-B	274	474	52	80	1916	80	200	32	9	41	78556	81,85	6		
B1-C	274	474	52	80	1916	80	200	32	1	33	63228	65,88	6		
B1-D	274	474	52	80	1916	60	200	42	7	49	93884	97,82	6		
B1-E	274	474	52	80	1916	90	200	25	0	25	47900	49,91	6		

**Gambar 4.47** Bestat Tulangan Senggang Balok Anak

Keterangan:

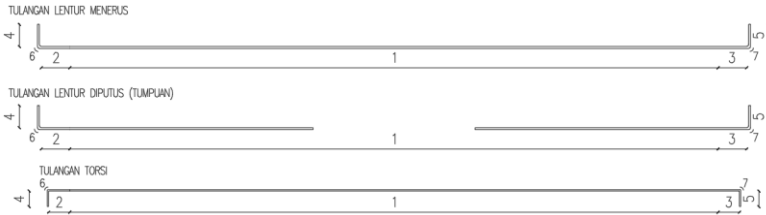
- 1 = Lebar
- 2 = Tinggi
- 3 = Bengkokan tulangan
- 4 = Panjang bengkokan

**Tabel 4.25** Bestat Tulangan Senggang Balok Anak

Tipe Balok	Tulangan Senggang										Panjang Total	Berat Total	Jumlah Tiap 12 m
	Dimensi					Jarak Senggang	Jumlah Senggang						
	1	2	3	4	Total								
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)	(buah)			
B2-A	180	280	40	80	1280	150	45	57600	35,51	9			
B2-B	180	280	40	80	1280	150	31	39680	24,46	9			
B2-C	180	280	40	80	1280	150	21	26880	16,57	9			
B2-D	180	280	40	80	1280	150	29	37120	22,89	9			

4.11.2 Bestat Tulangan Lentur Balok Induk

➤ Tulangan Lentur Pracetak



**Gambar 4.48** Tulangan Lentur Pracetak Balok Induk

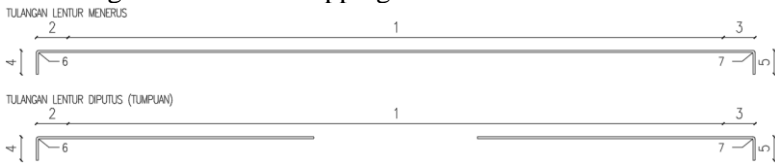
Keterangan:

- 1 = Tulangan lentur
- 2 = Idh kiri
- 3 = Idh kanan
- 4 = Tulangan kait 90<sup>0</sup> kiri
- 5 = Tulangan kait 90<sup>0</sup> kanan
- 6 = Bengkokan tulangan kiri
- 7 = Bengkokan tulangan kanan

**Tabel 4.26** Tulangan Lentur Pracetak Balok Induk

Tipe Balok		Tulangan Lentur Pracetak											Panjang Total	Berat Total	
		Jumlah Tulangan		Dimensi								Jumlah Tulangan			Panjang
				1	2	3	4	5	6	7	Total				
Tumpuan	Lapangan	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(mm)	(kg)	
B1-A	A1	4D19	4D19	6400	291	291	211	211	76	76	7556	4	30224	30224	67,27
	A2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	A3	2D13		6400	197	197	147	147	52	52	7192	2	14384	14384	14,99
B1-B	A1	4D19	3D19	4400	291	291	211	211	76	76	5556	3	16668	21824	48,57
	A2			4000	291	291	211	211	76	76	5156	1	5156		
	A3	2D13		4400	197	197	147	147	52	52	5192	2	10384	10384	10,82
B1-C	A1	5D19	4D19	2900	291	291	211	211	76	76	4056	5	20280	20280	45,14
	A2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	A3	4D13		2900	197	197	147	147	52	52	3692	4	14768	14768	15,39
B1-D	A1	6D19	4D19	4100	291	291	211	211	76	76	5256	4	21024	31336	69,74
	A2			4000	291	291	211	211	76	76	5156	2	10312		
	A3	2D13		4100	197	197	147	147	52	52	4892	2	9784	9784	10,19
B1-E	A1	6D19	4D19	2250	291	291	211	211	76	76	3406	6	20436	20436	45,48
	A2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	A3	4D13		2250	197	197	147	147	52	52	3042	4	12168	12168	12,68

### ➤ Tulangan Lentur Overtopping



**Gambar 4.49** Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk

Keterangan:

- 1 = Tulangan lentur
- 2 = Idh kiri
- 3 = Idh kanan
- 4 = Tulangan kait 90° kiri
- 5 = Tulangan kait 90° kanan
- 6 = Bengkokan tulangan kiri
- 7 = Bengkokan tulangan kanan

**Tabel 4.27** Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Memanjang Lantai 2

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As 1-2 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	310	300	230	0	76	0	0	0	7316	3	21948	48,85
A2	4800	310	300	230	0	76	0	0	0	5716	3	17148	38,17
A3	4800	310	310	230	230	76	76	0	0	6032	1	6032	13,43

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As 2-3 (B1-B)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4400	300	300	0	0	0	0	0	800	5800	3	17400	38,73
A2	4000	300	300	0	0	0	0	0	0	4600	3	13800	30,71

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As 3-4 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	46,74
A2	4800	300	300	0	0	0	0	0	0	5400	3	16200	36,06
A3	4800	310	300	230	0	76	0	0	0	5716	1	5716	12,72

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As 4-5 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	300	0	0	0	0	800	0	7800	3	23400	52,08
A2	4800	300	300	0	0	0	0	0	0	5400	4	21600	48,08

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As 6-6 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	300	0	0	0	0	0	800	7800	3	23400	52,08
A2	4800	300	300	0	0	0	0	0	0	5400	4	21600	48,08

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As 6-7 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	46,74
A2	4800	300	300	0	0	0	0	0	0	5400	3	16200	36,06
A3	4800	300	310	0	230	0	76	0	0	5716	1	5716	12,72

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As 7-8 (B1-C)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	2900	300	300	0	0	0	0	800	0	4300	3	12900	28,71
A2	2900	300	300	0	0	0	0	0	0	3500	3	10500	23,37

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As 8-9 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	46,74
A2	4800	300	300	0	0	0	0	0	0	5400	3	16200	36,06
A3	4800	310	300	230	0	76	0	0	0	5716	1	5716	12,72

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As 9-10 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	310	0	230	0	76	800	0	8116	3	24348	54,19
A2	4800	300	310	0	230	0	76	0	0	5716	4	22864	50,89

**Tabel 4.28** Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Memanjang Lantai 3 - Atap

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As 2-3 (B1-B)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4400	310	300	230	0	76	0	0	800	6116	3	18348	40,84
A2	4000	310	300	230	0	76	0	0	0	4916	3	14748	32,82

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As 3-4 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	46,74
A2	4800	300	300	0	0	0	0	0	0	5400	3	16200	36,06
A3	4800	310	300	230	0	76	0	0	0	5716	1	5716	12,72

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As 4-5 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	300	0	0	0	0	800	0	7800	3	23400	52,08
A2	4800	300	300	0	0	0	0	0	0	5400	4	21600	48,08

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As 5-6 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	300	0	0	0	0	0	800	7800	3	23400	52,08
A2	4800	300	300	0	0	0	0	0	0	5400	4	21600	48,08

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As 6-7 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	46,74
A2	4800	300	300	0	0	0	0	0	0	5400	3	16200	36,06
A3	4800	300	310	0	230	0	76	0	0	5716	1	5716	12,72

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As 7-8 (B1-C)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	2900	300	300	0	0	0	0	800	0	4300	3	12900	28,71
A2	2900	300	300	0	0	0	0	0	0	3500	3	10500	23,37

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As 8-9 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	300	310	0	230	0	76	0	0	7316	3	21948	48,85
A2	4800	300	310	0	230	0	76	0	0	5716	3	17148	38,17
A3	4800	310	310	230	230	76	76	0	0	6032	1	6032	13,43

**Tabel 4.29** Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Memanjang Lantai Rumah Lift

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai Rumah Lift As 2-3 (B1-B)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4400	310	310	230	230	76	76	0	0	5632	3	16896	37,61
A2	4000	310	310	230	230	76	76	0	0	5232	3	15696	34,93

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai Rumah Lift As 6-7 (B1-A)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	6400	310	310	230	230	76	76	0	0	7632	3	22896	50,96
A2	4800	310	310	230	230	76	76	0	0	6032	4	24128	53,70

**Tabel 4.30** Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Melintang Lantai 2

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As A-B (B1-D)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4100	310	300	230	0	76	0	0	0	5016	4	20064	44,66
A2	4000	310	300	230	0	76	0	0	0	4916	3	14748	32,82

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As B-C (B1-D)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4100	300	300	0	0	0	0	0	800	5500	4	22000	48,97
A2	4000	300	300	0	0	0	0	0	0	4600	3	13800	30,71

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As C-D (B1-E)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	2250	300	300	0	0	0	0	0	0	2850	7	19950	44,40

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As D-E (B1-D)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4100	300	300	0	0	0	0	800	0	5500	4	22000	48,97
A2	4000	300	300	0	0	0	0	0	0	4600	3	13800	30,71

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 2 As E-F (B1-D)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4100	300	310	0	230	0	76	0	0	5016	4	20064	44,66
A2	4000	300	310	0	230	0	76	0	0	4916	3	14748	32,82

**Tabel 4.31** Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Melintang Lantai 3 - Atap

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As B-C (B1-D)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4100	310	300	230	0	76	0	0	800	5816	4	23264	51,78
A2	4000	310	300	230	0	76	0	0	0	4916	3	14748	32,82

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As C-D (B1-E)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	2250	300	300	0	0	0	0	0	0	2850	7	19950	44,40

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai 3 - Atap As D-E (B1-D)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4100	300	310	0	230	0	76	800	0	5816	4	23264	51,78
A2	4000	300	310	0	230	0	76	0	0	4916	3	14748	32,82

**Tabel 4.32** Tulangan Lentur Overtopping Balok Induk Potongan Melintang Lantai Rumah Lift

Tulangan Lentur Overtopping	Lantai Rumah Lift As B-C (B1-D)												
	1	2	3	4	5	6	7	Sambungan Kiri	Sambungan Kanan	Total	Jumlah Tulangan	Panjang	Berat
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(kg)
A1	4100	310	310	230	230	76	76	0	0	5332	4	21328	47,47
A2	4000	310	310	230	230	76	76	0	0	5232	3	15696	34,93



## 4.11.3 Bestat Tulangan Lentur Balok Anak

## ➤ Tulangan Lentur Pracetak

TULANGAN LENTUR A1



TULANGAN LENTUR A2

**Gambar 4.50** Tulangan Lentur Pracetak Balok Anak

Keterangan:

A1 = Tulangan lentur menerus

A2 = Tulangan lentur diputus (lapangan)

**Tabel 4.33** Tulangan Lentur Pracetak Balok Anak

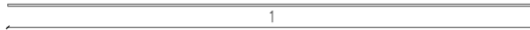
Tipe Balok		Tulangan Lentur Pracetak						
		Jumlah Tulangan		1	Jumlah Tulangan	Panjang	Panjang Total	Berat Total
		Tumpuan	Lapangan	(mm)	(buah)	(mm)	(mm)	(kg)
B2-A	A1	6D19	7D19	6600	6	39600	44500	99,04
	A2			4900	1	4900		
B2-B	A1	2D19	3D19	4600	2	9200	13100	29,16
	A2			3900	1	3900		
B2-C	A1	2D19	2D19	3100	2	6200	6200	13,80
	A2			3150	0	0		
B2-D	A1	2D19	3D19	4300	2	8600	12350	27,49
	A2			3750	1	3750		

## ➤ Tulangan Lentur Overtopping

TULANGAN LENTUR A1



TULANGAN LENTUR A2

**Gambar 4.51** Tulangan Lentur Overtopping Balok Anak

Keterangan:

A1 = Tulangan lentur menerus

A2 = Tulangan lentur diputus (lapangan)

**Tabel 4.34** Tulangan Lentur Overtopping Balok Anak

Tipe Balok		Tulangan Lentur Overtopping						
		Jumlah Tulangan		1	Jumlah Tulangan	Panjang	Panjang Total	Berat Total
		Tumpuan	Lapangan	(mm)	(buah)	(mm)	(mm)	(kg)
B2-A	A1	3D19	4D19	6600	3	19800	24700	54,97
	A2			4900	1	4900		
B2-B	A1	2D19	2D19	4600	2	9200	9200	20,48
	A2			3900	0	0		
B2-C	A1	2D19	2D19	3100	2	6200	6200	13,80
	A2			3150	0	0		
B2-D	A1	2D19	2D19	4300	2	8600	8600	19,14
	A2			3750	0	0		

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan perancangan tugas akhir terapan dengan judul “Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Surabaya Dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak (*Precast*) Pada Elemen Balok Dan Pelat”, ada beberapa poin kesimpulan yang diperoleh, diantaranya sebagai berikut:

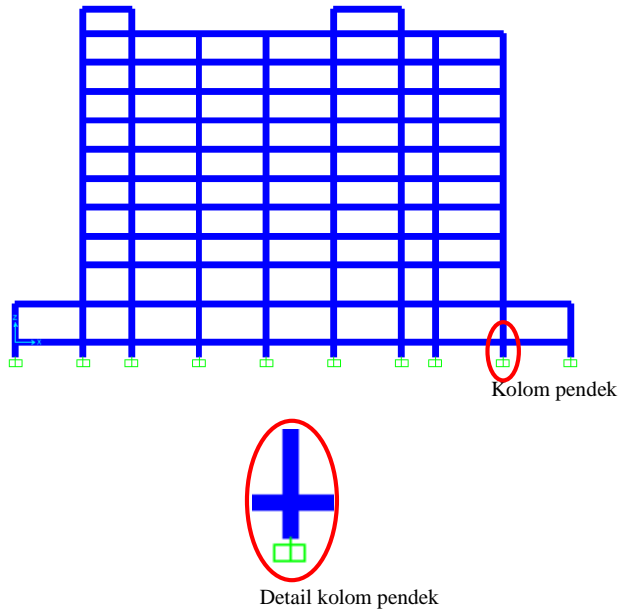
1. Dasar perencanaan struktur secara umum mengacu kepada 2 peraturan yaitu SNI 2847:2013 “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan” dan SNI 7833:2012 “Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung”. Adapun hasil modifikasi elemen struktur sebagai berikut:
  - Tebal pelat = 140 mm
  - Dimensi balok anak = 30/40 cm
  - Dimensi balok induk = 40/60 cm
  - Dimensi kolom = 60/60 cm
  
2. Sambungan tiap elemen struktur disambung menggunakan sambungan basah dan konsol pendek pada sambungan balok induk dengan kolom dan balok anak dengan balok induk, sedangkan pada sambungan pelat dengan pelat tidak diperlukan sambungan dikarenakan semua tipe pelat merupakan pelat satu arah.
  
3. Analisis gaya yang digunakan dalam perhitungan tugas akhir terapan ini menggunakan SAP2000, sedangkan pada perhitungan kolom menggunakan software PCACol, lalu untuk penggambaran hasil perhitungan menggunakan software Autocad.

4. Metode pelaksanaan pracetak berupa perhitungan bestat pada elemen balok pracetak sehingga diketahui jumlah tulangan yang perlu didatangkan dalam satuan meter panjang atau kilogram.

## **5.2 Saran**

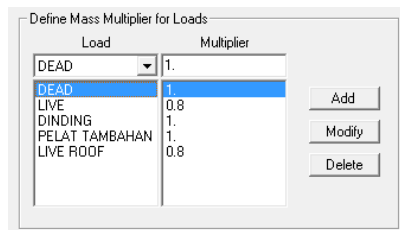
Dari hasil analisa selama proses pengerjaan tugas akhir terapan ini, ada beberapa saran yang dapat disampaikan antara lain:

1. Proses pengerjaan pada bangunan yang menggunakan metode beton pracetak harus memerlukan pengawasan secara khusus, terlebih pada bagian penyambungan. Hal ini dikarenakan penggunaan metode beton pracetak masih sangat rawan pada bagian sambungan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut perihal penggunaan metode beton pracetak pada gedung tinggi, terutama pada pemilihan sambungan yang akan digunakan. Sambungan diharapkan benar-benar dapat menjamin struktur yang disambung telah monolit, terutama pada bangunan di daerah gempa tinggi.
3. Pada saat permodelan struktur dengan menggunakan program bantu SAP2000 perlu dimodelkan kolom pendek. Sehingga, posisi jepit diasumsikan terletak pada pilecap. Selain itu, hal ini juga bertujuan agar sloof yang kita desain dapat menerima beban gempa atau dapat menerima beban secara sempurna.



**Gambar 5.1** Permodelan Struktur Dengan Kolom Pendek

4. Pada saat mendesain *mass source* pada program bantu SAP2000 beban yang dimasukkan hanya beban mati dan beban hidup saja tanpa ada beban lain seperti beban gempa, beban angin, dan beban-beban lain yang bukan termasuk beban gravitasi.



**Gambar 5.2** Mass Source

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung (SNI 7833:2012)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847:2013)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2017. *Baja Tulangan Beton (SNI 2052:2017)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Ervianto, Wulfram. 2006. *Studi Implementasi Teknologi Beton Pracetak Bagi Bangunan Gedung*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.

Iswandi, Imran., dan Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung : ITB.

PCI. 2010. *PCI Design Handbook 7<sup>th</sup> Edition Precast and Prestress Concrete*. Chicago : PCI Industry Handbook Committee.

Soetjipto, Widodo. 2004. *Perbandingan Beton Konvensional dengan Beton Pracetak pada Bangunan Tingkat Tinggi*. Jember : Universitas Jember.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **LAMPIRAN**

PROJECT : Apartment, Hotel, Convention Hall & Ruko.  
 LOCATION : Jl. Ir. H. Soekarno, Surabaya.

DATE OF TESTING : August 20 to 23, 2012  
 DEPTH : 43.5 m

GROUND WATER LEVEL : -1.00 m  
 GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr	
		6	10	20	30	40	TYPE	c	φ	0	20	40					60
0	Fill (sand and gravel, little silt brown, very loose)																
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6	Clay and silt, grey, inorganic, trace to little sand, very soft.																
7																	
8																	
9																	
10																	
11	Sand and silt, grey, trace shell, dense.																
12	Sand, brown, some silt.																
13																	
14	Silt and clay, brown, inorganic, little sand, very stiff.																
15																	
16																	
17																	
18	Sand, brown, some silt, medium to dense.																
19																	
20	Clay and silt, brown, inorganic, trace sand.																
21																	
22																	
23	Sand and silt, brown, little clay, medium to dense.																
24																	
25																	
26																	
27	Silt and sand, brown, little clay contains lime, medium.																
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33	Clay and silt, brown, inorganic, trace sand, contains lime, very stiff.																
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40	Sand, grey, trace to little silt, very dense.																
41																	
42																	
43	Sand, dark grey, trace silt, very dense.																
44	End of boring																
45																	
46																	
47																	
48																	
49																	
50																	

NOTE :

0 to 10 % = Trace	▲ = Undisturbed sample	SPT = Standard penetration test (blows / ft)	○ = Wn = Moisture content, %
10 to 20 % = Little	⊠ = SPT	UU = Triaxial, Unconsolidated undrained	● = Wp = Plastic limit, %
20 to 35 % = Some	⊞ = Core sample	CU = Triaxial, Consolidated undrained	Δ = Wt = Liquid limit, %
35 to 50 % = And	⊚ = Cohesion intercept, kg/cm <sup>2</sup>	Vane = Vane shear test	γ = Bulk density, t/m <sup>3</sup>
	⊙ = Internal friction angle, deg	UCT = Unconfined compression strength, kg/cm <sup>2</sup>	Gs = Specific gravity
		QT = Direct shear, quick test.	eo = Void ratio
			Sr = Saturation, %



## Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

### Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

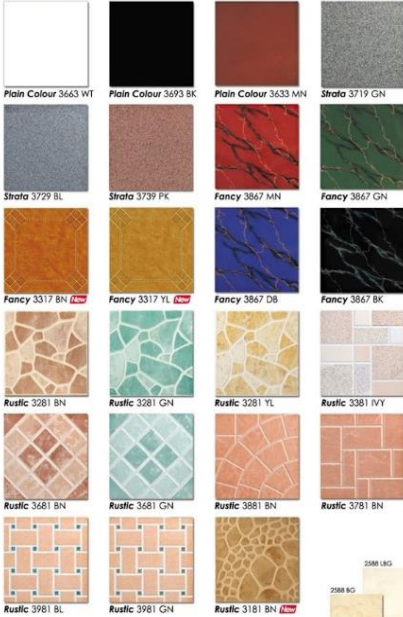
Panjang, L (mm)	: 600
Tinggi, H (mm)	: 200 ; 400
Tebal, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, ( $\rho$ )	: 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>
Konduktifitas termis, ( $\lambda$ )	: 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m <sup>3</sup>	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67



30 x 30



**TECHNICAL DATA**  
ARAWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARAWANA	ISO	UNIT	WALL TILE ARAWANA	ISO
Size Tolerance	%	+/-0.5	+/-0.6	%	(-0.2 - (+0.52))	(-0.3 - (+0.6))
Thickness Tolerance	%	+/-4.0	+/-5.0	%	+/-4.0	+/-10
Rectangularity	%	+/-0.4	+/-0.6	%	+/-0.3	+/-0.3
Straightness of sides	%	+/-0.4	+/-0.5	%	+/-0.3	+/-0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2 - (+0.8))	(-0.2 - (+0.8))
b. Edge Curvature	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	(-0.2 - (+0.8))	(-0.2 - (+0.8))
c. Warpage	%	+/-0.5	+/-0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm <sup>2</sup>	min 200	180	kg/cm <sup>2</sup>	min 200	min 150
Water Absorption	%	6 - 9	6<E<10	%	>10	>10
Crazing Resistance		Required (5 bar)	Required (5 bar)		Required (5 bar)	Required (5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	M <sup>2</sup> /BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



**Contact us :**

**Head Office**

PT ARAWANA CITRAMULLA Tbk  
Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24  
Kembangan Selatan, Jakarta 11610  
Jakarta 11610  
Phn: +62 21 5830 2363  
Fax: +62 21 5830 2361  
E-mail: info@arwanacitra.com  
Website: www.arwanacitra.com

**Sole Distributor**

PT PRIMAGRAHA KERAMINDO  
Sentra Niaga Puri Indah Blok T5 No. 16-17  
Kembangan Selatan, Jakarta 11610  
Phn: +62 21 5835 8118  
Fax: +62 21 5835 8008  
E-mail: info@pgk.arwanacitra.com

**Factories**

**PLANT I:**  
PT ARAWANA CITRAMULLA (ACM)  
Jl. Raya Pasar Kemis  
Tangerang 15133, Banten  
Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461  
Email: info@acm.arwanacitra.com

**PLANT II:**  
PT ARAWANA NUANSA KERAMIK (ANK)  
Jl. Raya Gorda, Desa Kibin Km 69  
Cikande - Serang, Banten  
Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364  
Email: info@ank.arwanacitra.com

**PLANT III:**  
PT SINAR KARYA DUTA ARADI (SKDA)  
Jl. Wringin Anom Raya Km. 33  
Desa Wringin Anom, Kh. Gresik  
Jawa Timur  
Phn: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679  
Email: info@skda.arwanacitra.com





## Semen instan untuk pekerjaan pemasangan keramik standar (*ceramic tile*) pada dinding dan lantai.

### Keunggulan:

- Daya rekat tinggi dan mudah diaplikasikan.
- Keramik dinding tidak merosot saat dipasang.
- Mencegah terangkatnya pemasangan keramik lantai (*popping*).
- Dapat diaplikasikan dengan menggunakan sendok semen atau trowel bergerigi (*notch trowel*).
- Tahan terhadap muai-susut.
- Adukan tidak cepat mengering pada saat diaplikasi.

### Isi Kemasan:

25 Kg

### Kebutuhan Air:

5,5 - 6,0 liter / sak 25 Kg

### Daya Sebar:

$\pm 5 \text{ m}^2$  / sak 25 Kg / tebal aplikasi 3 mm

$\pm 8 \text{ m}^2$  / sak 40 Kg / tebal aplikasi 3 mm



## 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)

Detail A

### Suspension System

Susp. Bracket PN 220 /221

Susp. Rod PN 227 M4

Susp. Clip PN 262



Detail A



PN 260 CJaya C-Channel



PN 261 CJaya Connector Clip



PN 262 CJaya Hanger Clip



### Suspension Bracket

PN 220 Susp. Rod to Concrete  
PN 221 Susp. Rod to Timber/Steel



### Suspension Rods & Nuts

PN 227M4 3.5mm Rod threaded two end (1500mm)  
PN 227M4 3.5mm Rod threaded two end (2000mm)

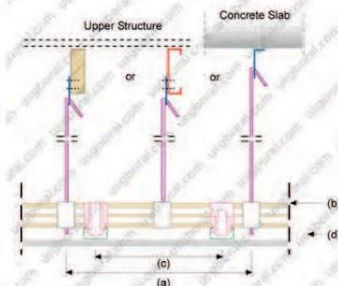
### Perimeter Sections (3000mm)

PN 252 18mm EF Wall Angle 0.35mm (TCT)

## KOMPONEN SISTEM



## DETAIL & DATA FISIK



1 Lapis papan gypsum **Jayaboard Sheetrock 9mm** diaplikasikan **Staggered**

Plasterboard (d)	Material		Max frame space (mm)
Jayaboard Sheetrock 9mm	Suspension Rod PN 227M4	a	1000
	Suspension Clip PN 262	a	1000
	CJaya Primary PN 260	b	1000
	CJaya Secondary PN 260	c	600

### Catatan:

- Pemasangan papan gypsum saling silang
- Deflection Span 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**  
**± 6.5 Kg/m<sup>2</sup>**



# Technical data

## 7 wire strands EN 10138 – BS 5896

	Nominal diameter	Tensile strength	Mass	Cross sectional area	Tolerance on mass	Minimum breaking strength	Maximum breaking strength	Yield strength at 0.1% elongation
	mm	MPa	g/m	mm <sup>2</sup>	%	kN	kN	kN
	6.85	2060	220.2	28.2	± 2	58.1	66.8	51.1
BS	7	2060	234.3	30.0	± 2	61.8	71.1	54.4
	8	1860	296.8	38.0	± 2	70.7	81.3	60.8
BS	9.3	1860	406.1	52.0	± 2	96.7	111.0	83.2
BS	9.6	1960	429.6	55.0	± 2	102.0	117.0	87.7
BS	11.3	1860	585.8	75.0	± 2	140.0	161.0	120.0
BS	12.5	1860	726.3	93.0	± 2	173.0	199.0	149.0
BS	12.9	1860	781.0	100.0	± 2	186.0	214.0	160.0
BS	15.2	1770	1086.0	139.0	± 2	246.0	283.0	212.0
BS	15.2	1860	1086.0	139.0	± 2	259.0	298.0	223.0
	15.3	1770	1093.0	140.0	± 2	248.0	285.0	213.0
BS	15.7	1770	1172.0	150.0	± 2	266.0	306.0	229.0
	15.7	1860	1172.0	150.0	± 2	279.0	321.0	240.0

## 7 wire strands ASTM A 416/A 416 M

ø	Nominal diameter		Diameter tolerance		Grade		Nominal weight		Nominal steel area		Minimum breaking strength		Yield strength minimum load at 1% extension	
	inch	mm	inch	mm	ksi	MPa	lb/1000'	g/m	inch <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	lbs	kN	lbs	kN
1/4	0.250	6.40	-0.016/+0.016	-0.40/+0.40	250	1725	122	182	0.036	23.2	9000	40.0	8100	36.0
5/16	0.313	7.90	-0.016/+0.016	-0.40/+0.40	250	1725	197	294	0.058	37.4	14500	64.5	13050	58.1
3/8	0.375	9.53	-0.006/+0.0026	-0.15/+0.65	270	1860	290	432	0.085	54.8	23000	102.3	20700	92.1
7/16	0.438	11.11	-0.006/+0.0026	-0.15/+0.65	270	1860	390	582	0.115	74.2	31000	137.9	27900	124.1
1/2	0.500	12.70	-0.006/+0.0026	-0.15/+0.65	270	1860	520	775	0.153	98.7	41300	183.7	37170	165.3
0.52	0.520	13.20	-0.006/+0.0026	-0.15/+0.65	270	1860	568	844	0.167	107.7	45000	200.2	40500	180.1
0.56	0.563	14.29	-0.006/+0.0026	-0.15/+0.65	270	1860	651	970	0.192	123.9	51700	230.0	46530	207.0
0.6	0.600	15.24	-0.006/+0.0026	-0.15/+0.65	270	1860	740	1102	0.217	140.0	58600	260.7	52740	234.6
0.7	0.700	17.78	-0.006/+0.0026	-0.15/+0.65	270	1860	1000	1487	0.294	189.7	79400	353.2	71500	318.0

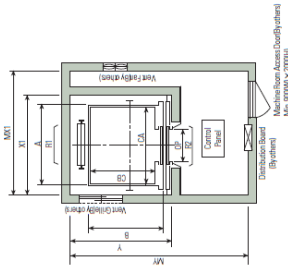
## 3 wire strands EN 10138

	Nominal diameter	Tensile strength	Mass	Cross sectional area	Tolerance on mass	Minimum breaking strength	Maximum breaking strength	Yield strength at 0.1% elongation
	mm	MPa	g/m	mm <sup>2</sup>	%	kN	kN	kN
3 x 2.40	5.2	1960	106.2	13.6	± 2	26.7	30.7	23.8
3 x 2.40	5.2	2060	106.2	13.6	± 2	28.0	32.2	24.9
3 x 2.40	5.2	2160	106.2	13.6	± 2	29.4	33.8	26.2
3 x 2.91	6.3	1920	154.6	19.8	± 2	38.0	43.7	32.7
3 x 3.00	6.5	1860	165.5	21.2	± 2	39.4	45.3	33.9
3 x 3.00	6.5	1960	165.5	21.2	± 2	41.6	47.8	37.0
3 x 3.53	7.5	1860	226.5	29.0	± 2	53.9	62.0	46.4



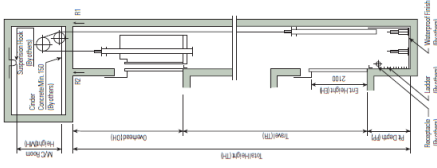
# Layout Plan – Geared Elevators 1 ~ 1.75m/sec

## Plan of Hoistway & Machine Room



Note: Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner if necessary and humidity below 50%.

## Section of Hoistway



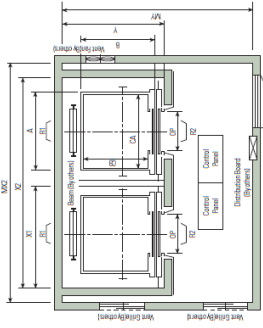
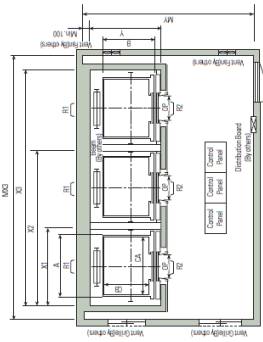
## Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening		Car		Hoistway			M/C Room			M/C Room Reaction (kg)			Pit Reaction (kg)			
	Persons	kg	OP	CA x CB	Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2	R3	R4	
1.0	6	450	800	1400 x 1800	1460 x 1905	1800 x 3700	5600	1430	2000	4000	3300	3600	4000	3300	3600	4000	2000	5200	4200
	8	550	800	1400 x 1800	1460 x 1905	1800 x 3700	5600	1410	2000	4000	3400	4000	4000	3400	4000	4000	2350	5600	4700
	9	600	800	1400 x 1800	1460 x 1905	1800 x 3700	5600	1710	2000	4000	4000	4000	4000	3500	4100	4100	2650	6100	4900
1.5	10	700	800	1400 x 1800	1460 x 1905	1800 x 3700	5600	1830	2000	4000	4000	4000	4000	3600	4200	4200	2700	6400	5200
	11	750	800	1400 x 1800	1460 x 1905	1800 x 3700	5600	1920	2000	4000	4000	4000	4000	3700	4500	4500	2800	6900	5400
	13	900	900	1400 x 1800	1460 x 1905	1800 x 3700	5600	1920	2000	4000	4000	4000	4000	3700	4500	4500	2800	6900	5400
1.75	15	1000	900	1400 x 1800	1460 x 1905	1800 x 3700	5600	2130	2500	4400	4800	4800	4800	3900	5400	4000	8000	6400	
	17	1150	1100	2000 x 1950	2100 x 1920	2500 x 7950	2550	2800	5250	6300	6300	6300	6300	4600	6600	5100	10800	8900	
	20	1250	1100	2000 x 1950	2100 x 1920	2500 x 7950	2550	2800	5250	6300	6300	6300	6300	4600	6600	5100	10800	8900	
2.4	24	1600	1100	2000 x 1950	2100 x 1920	2500 x 7950	2550	2800	5250	6300	6300	6300	6300	4600	6600	5100	10800	8900	
	24	1600	1100	2100 x 1600	2250 x 1770	2700 x 5500	8300	2380	3000	5500	8700	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200

Notes: 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 15-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sagging of the hoistways.  
 2. Above machine room dimensions are for open type machine room with shaft opening doors. Consult Hyundai.  
 3. Above capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN 81-1, 75kg/person).  
 4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN 81-1, 75kg/person).

Speed (m/sec)	Overhead (OH)		Pit (PP)		M/C Room Height (MH)	
	1.0	1.5	1.75	2.400	2400	2400
1.0	4200	1400	1600	2400	2400	2400
1.5	4400	1600	1800	2400	2400	2400
1.75	4600	1800	2000	2400	2400	2400

Notes: 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made for the hoistway dimensions. For application to over 15-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sagging of the hoistways.  
 2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner if necessary and humidity below 50%.  
 3. The minimum machine room height should be 2600mm in case of the traction machine with double insulation pit.

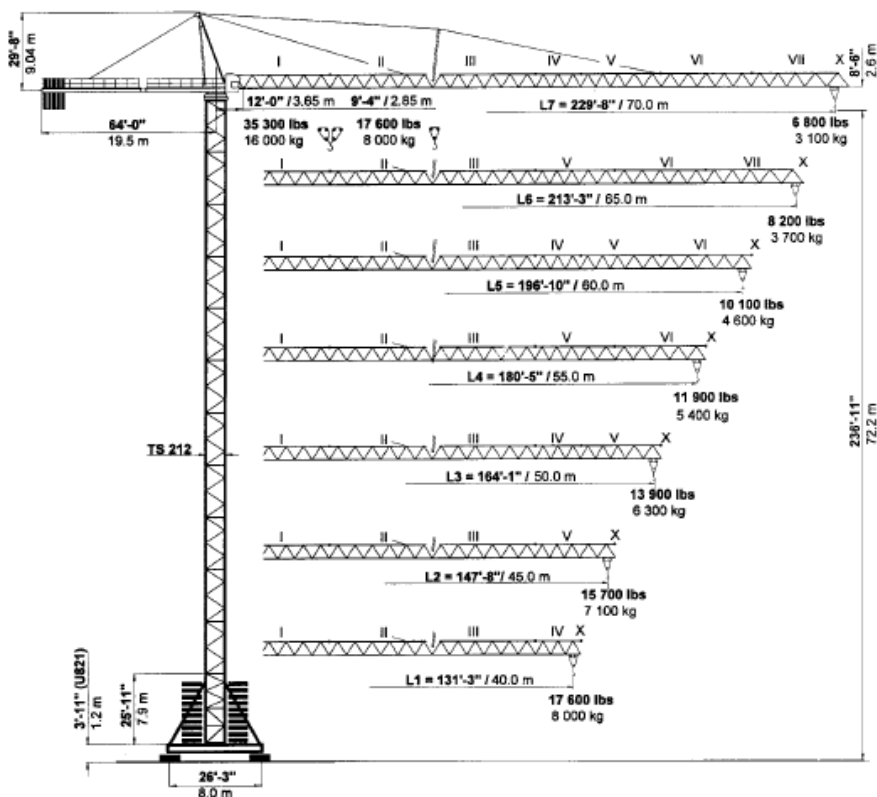




# PEINER SK 315

Hammerhead Tower Crane  
 17,600-35,300 lbs. (8-16 mt)  
 Lifting Capacity

## SPECIFICATIONS



simple, available and  
 cost effective™

Machines shown may have optional equipment.

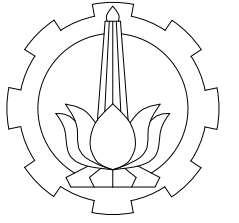


## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Muhammad Kafa Billah, lahir di Gresik 08 Desember 1995, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Muslimat NU 20 Gresik, SDNU 1 Trate Gresik, SMPN 1 Gresik, dan SMAN 1 Gresik. Setelah lulus, penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil ITS Surabaya pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000089.

Selama menempuh program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil ITS, Penulis aktif dalam beberapa kegiatan organisasi mahasiswa seperti menjadi Staf Futsal Putra UKM Sepakbola ITS periode 2015-2016, Staf Departemen Seni dan Olahraga HMDS ITS periode 2015-2016, Kepala Departemen Seni dan Olahraga HMDS ITS periode 2016-2017, serta mengikuti berbagai kepanitiaan di dalam maupun di luar ITS. Selain itu, pada tahun 2017 Penulis mencoba mencari pengalaman dalam dunia kerja dengan melaksanakan Kerja Praktek di PT. Wijaya Karya Gedung pada proyek pembangunan Apartemen Puncak Dharmahusada Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui email : [kafabillah8@gmail.com](mailto:kafabillah8@gmail.com)



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1  
skala 1:250

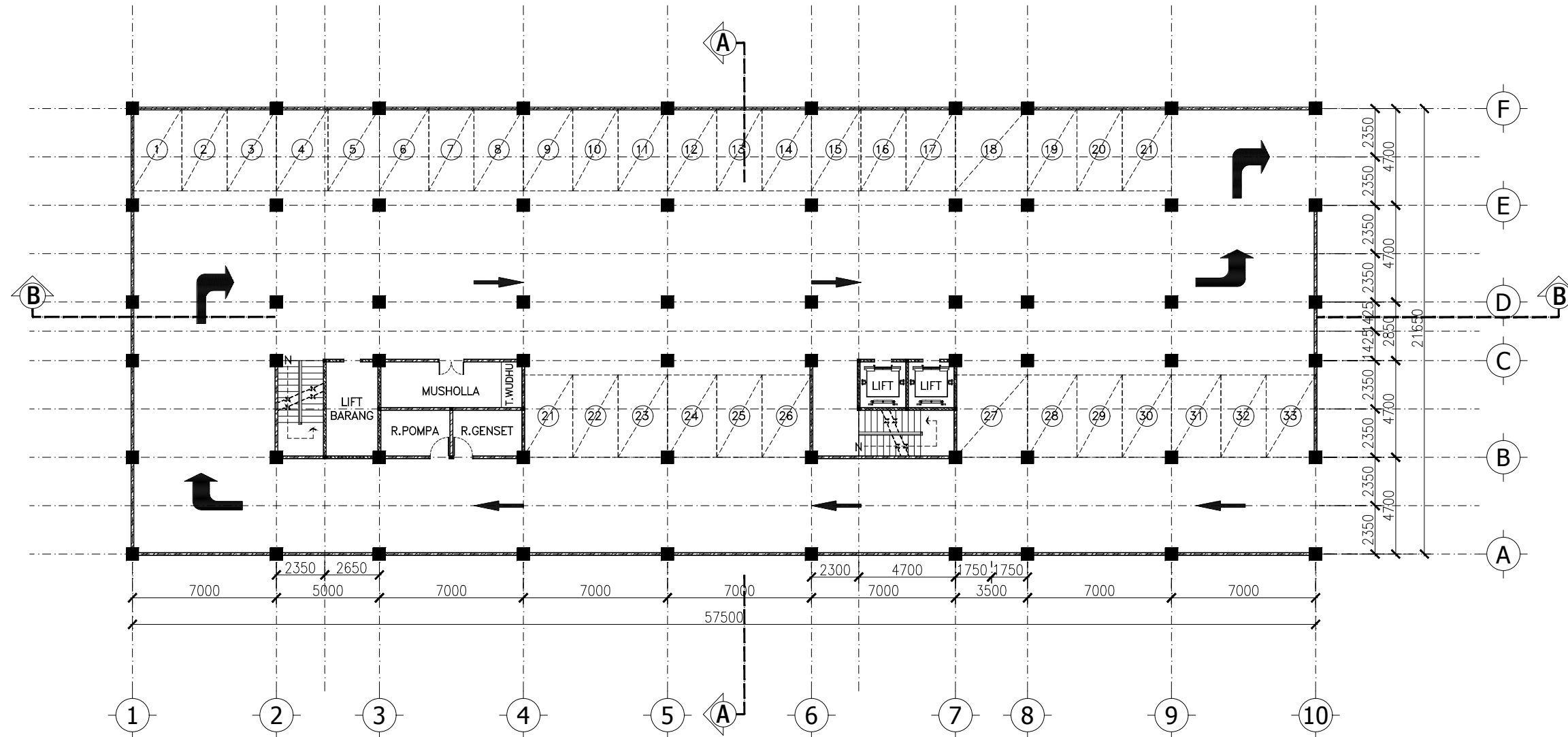
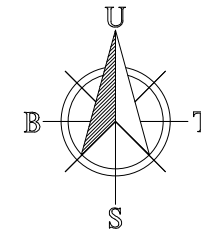
Catatan :

NOMOR

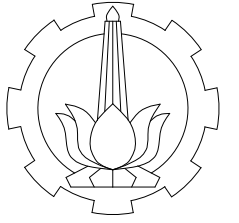
JUMLAH

1

67



 **DENAH LANTAI 1**  
skala 1:250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 2  
skala 1:250

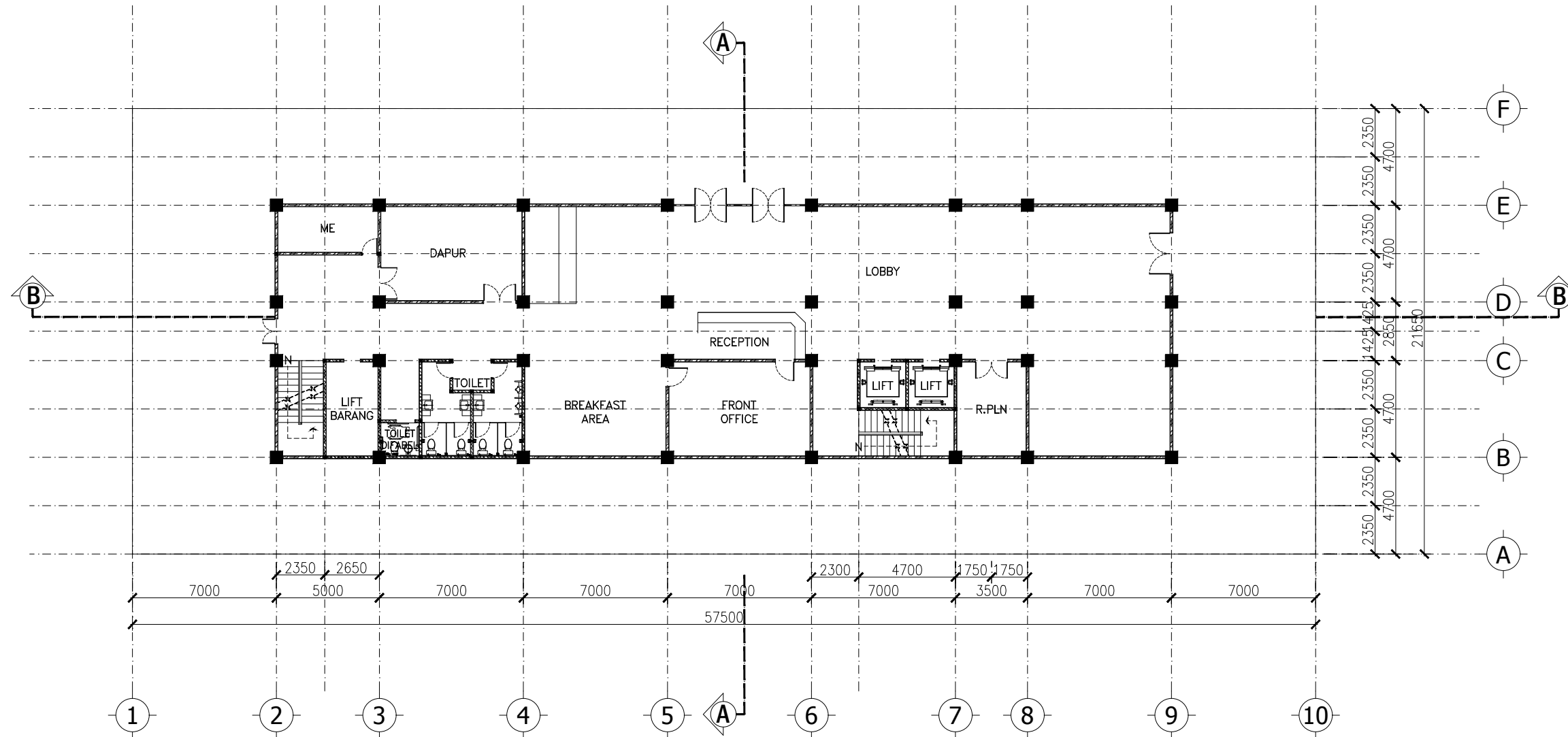
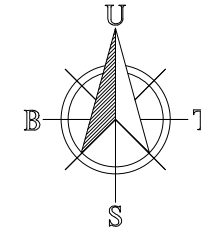
Catatan :


NOMOR

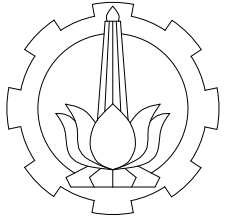
2

JUMLAH

67



 DENAH LANTAI 2  
skala 1:250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 3  
skala 1:250

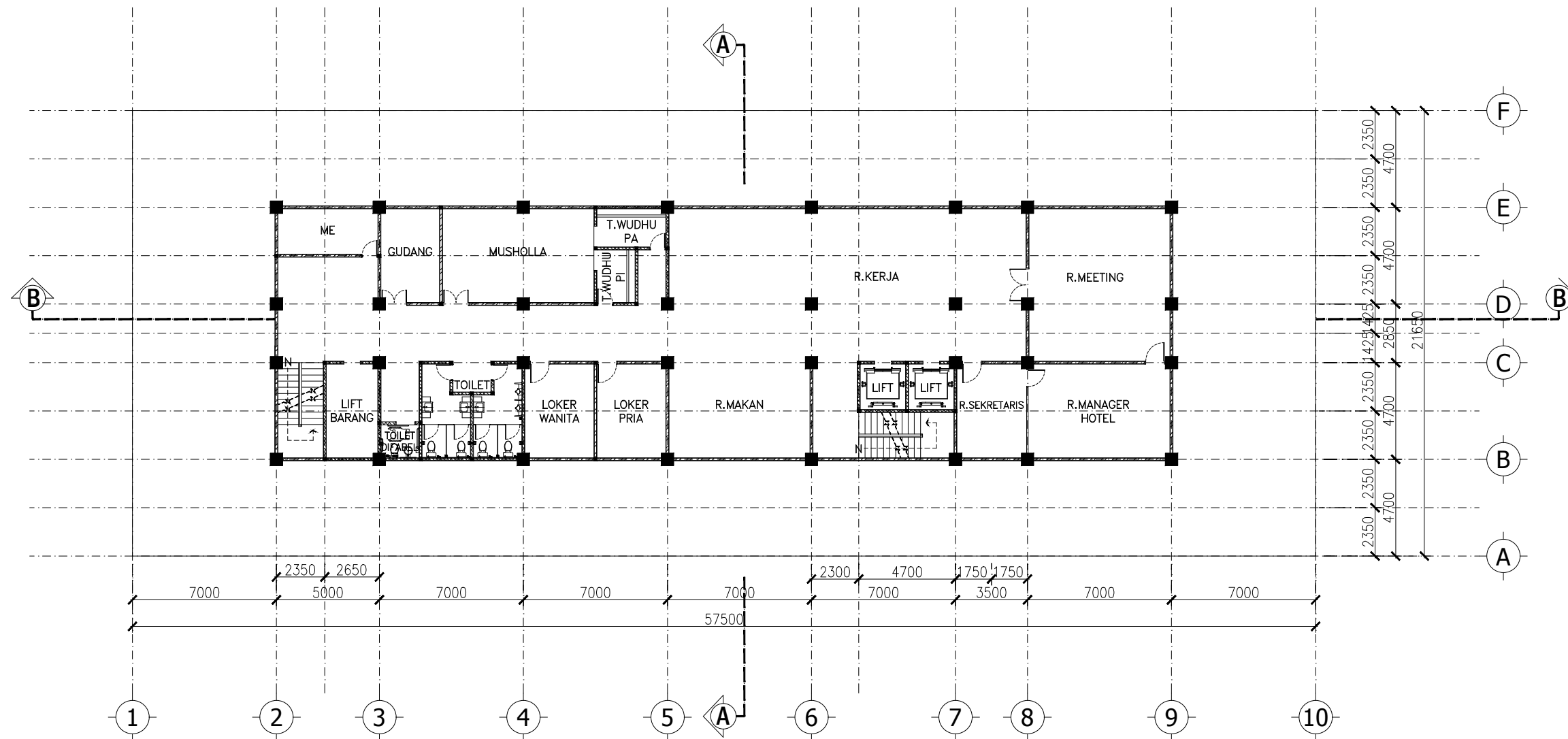
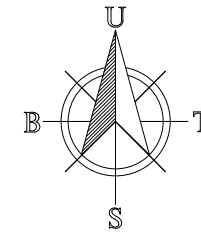
Catatan :

NOMOR

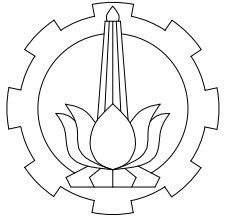
3

JUMLAH

67



 **DENAH LANTAI 3**  
skala 1:250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 4-10  
skala 1:250

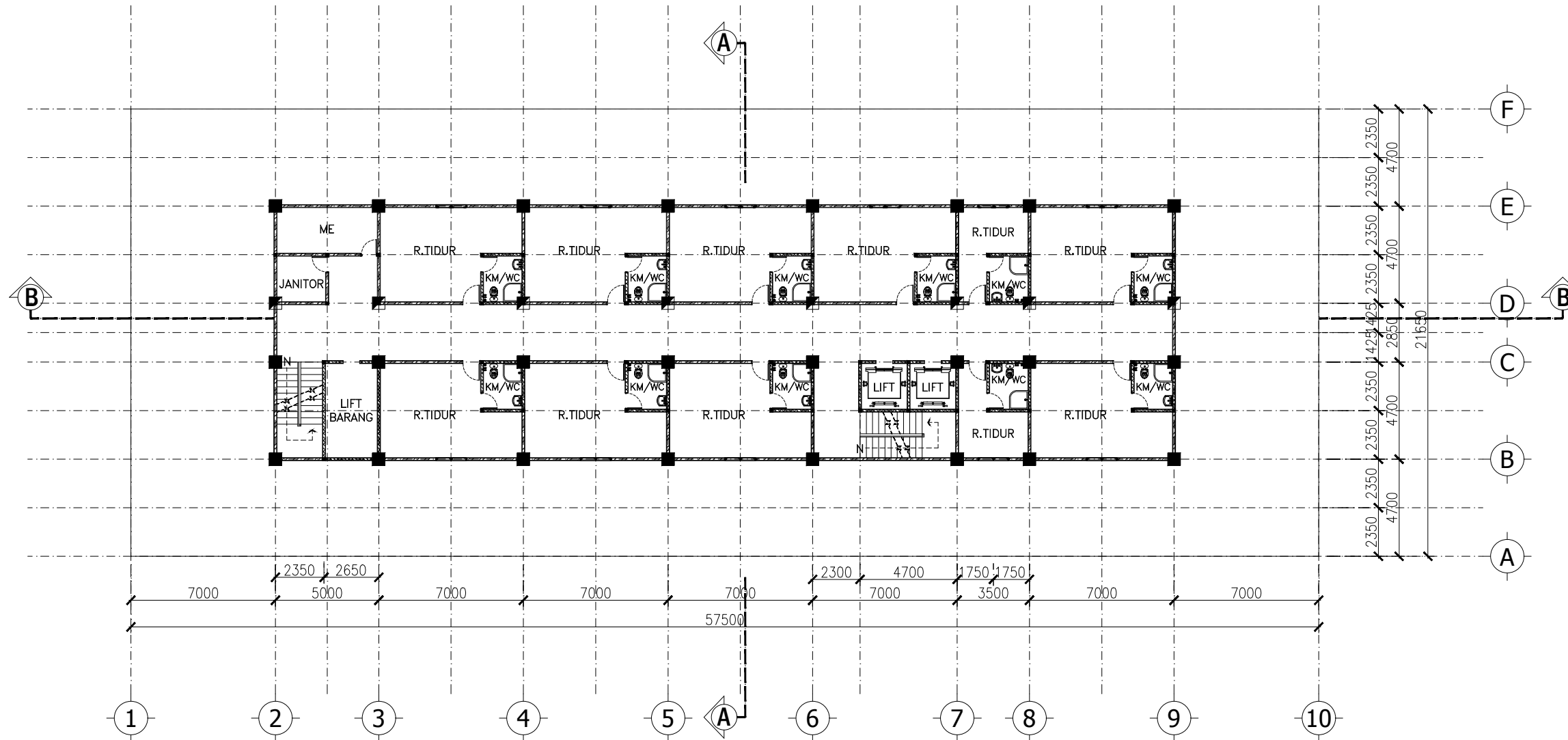
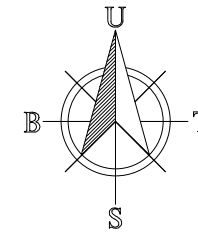
Catatan :

NOMOR

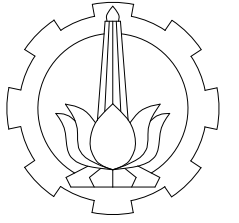
4

JUMLAH

67



 DENAH LANTAI 4-10  
skala 1:250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP  
skala 1:250

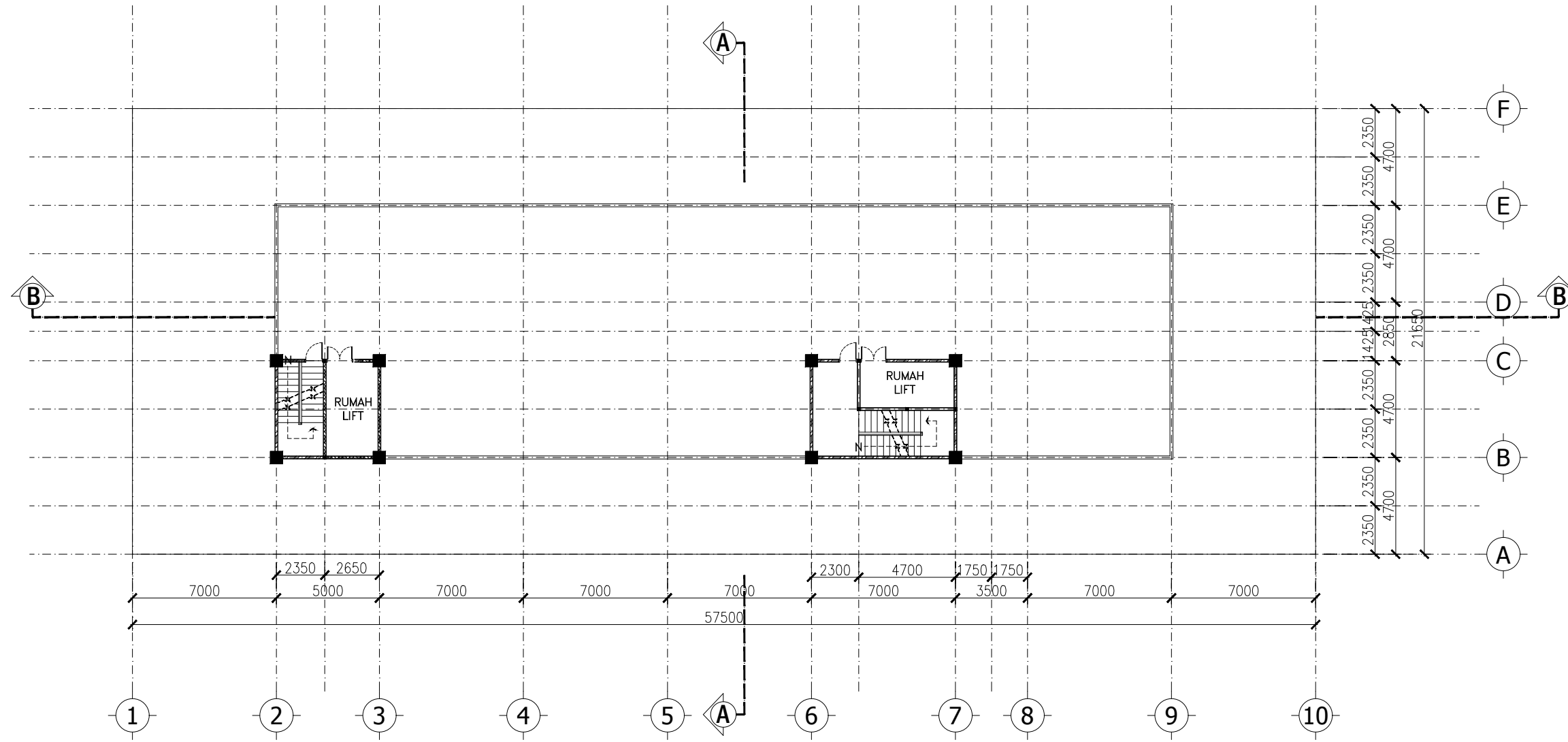
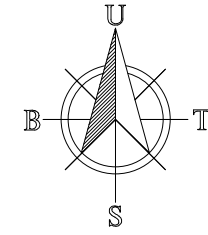
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

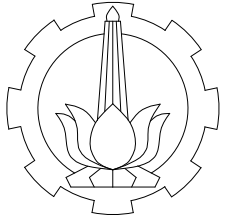
5

67



 **DENAH LANTAI ATAP**  
skala 1:250





PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR  
skala 1:250

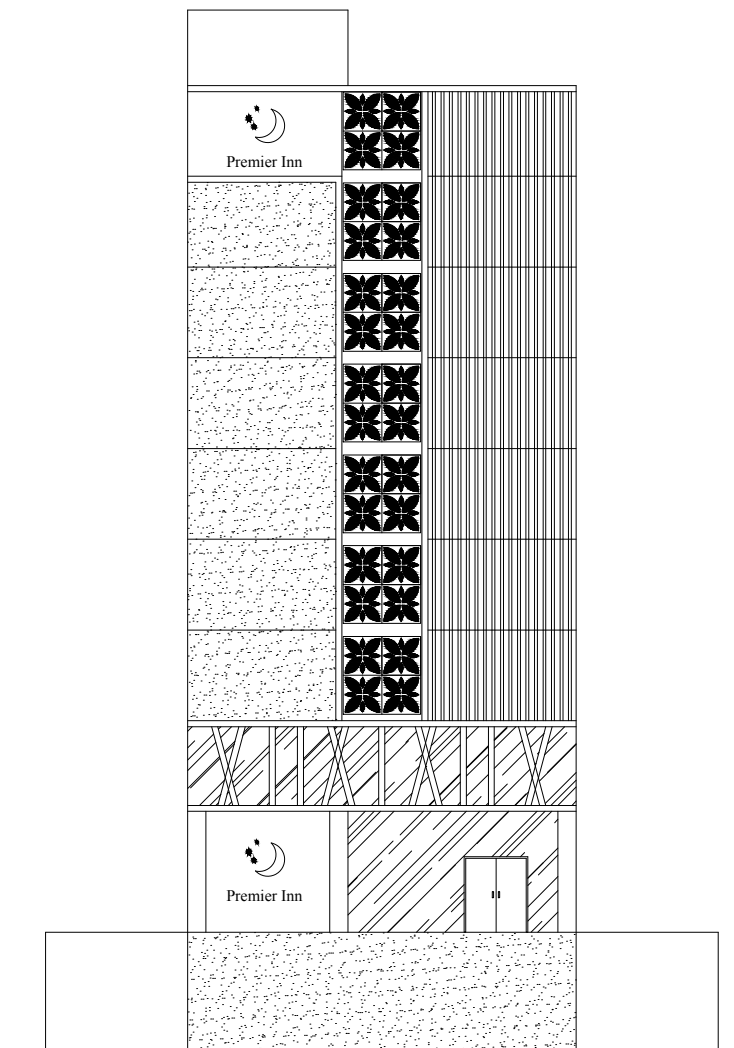
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

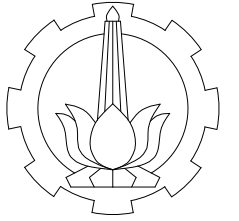
6

67



TAMPAK TIMUR

skala 1:250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN  
skala 1:250

Catatan :

NOMOR

JUMLAH

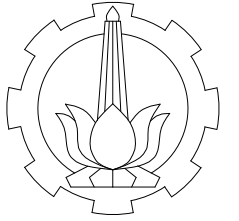
7

67



TAMPAK SELATAN

skala 1:250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

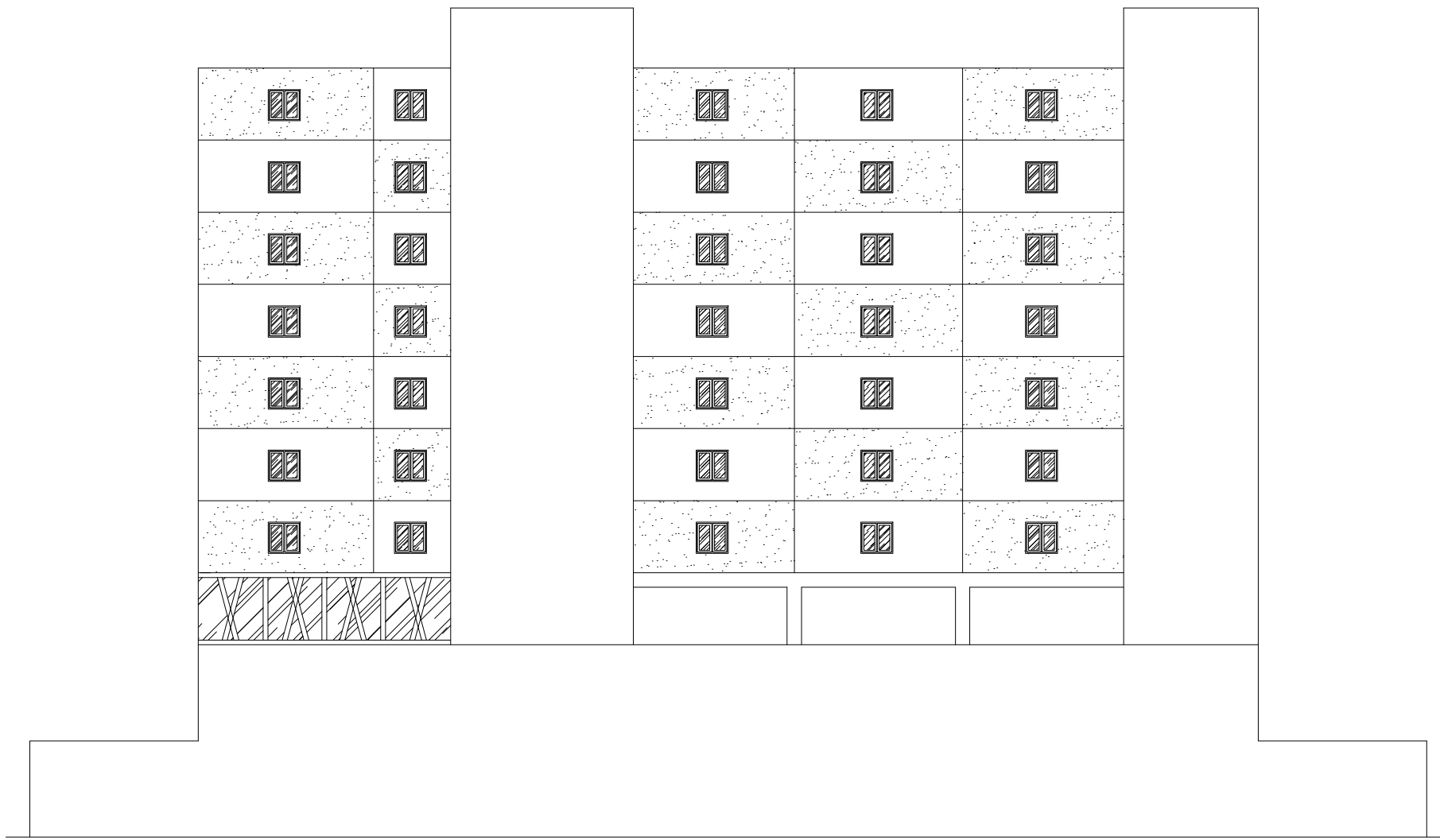
NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA  
skala 1:250

Catatan :



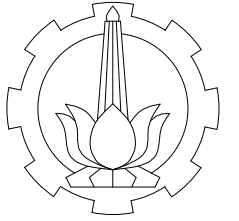
 **TAMPAK UTARA**  
skala 1:250

NOMOR

8

JUMLAH

67



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
 HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
 DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
 BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
 ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
 NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
 NIP. 19780201 200604 2 002

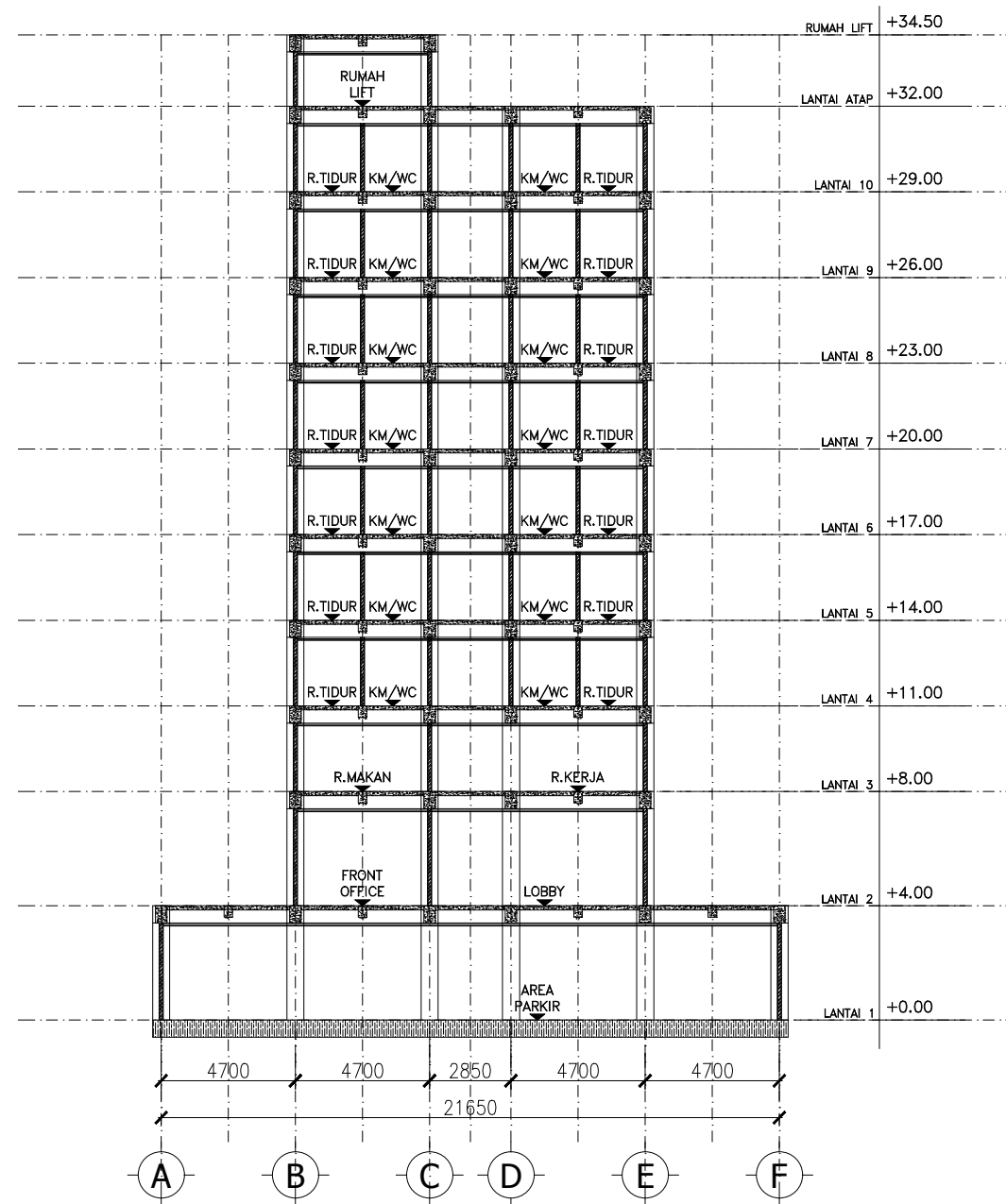
NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
 NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

POTNGAN A-A  
 skala 1:250

Catatan :



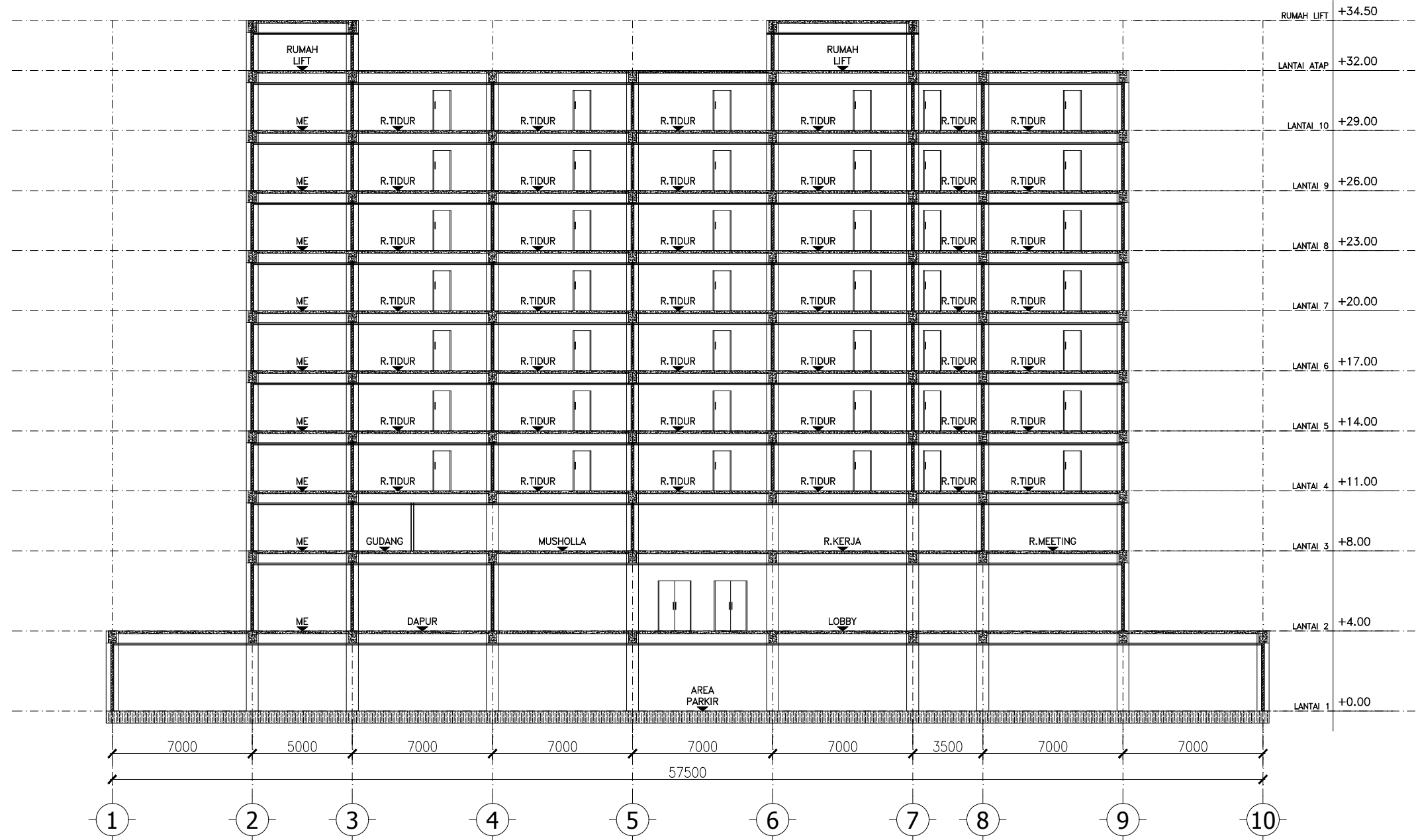
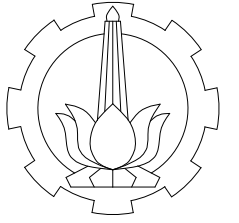
 **POTONGAN A-A**  
 skala 1:250

NOMOR

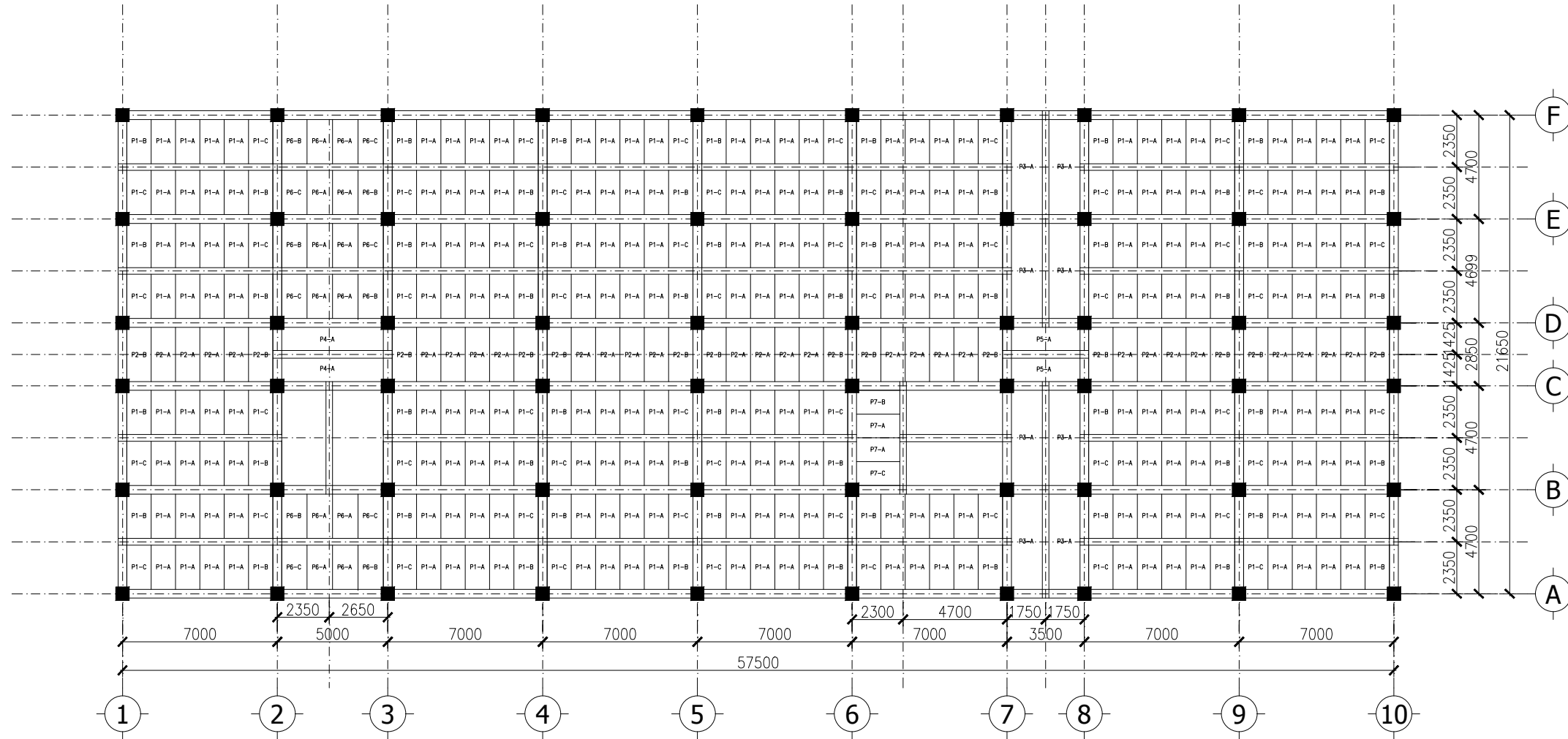
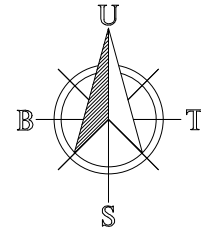
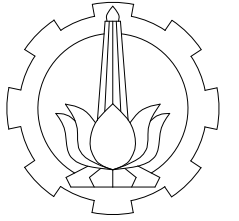
JUMLAH

9

67

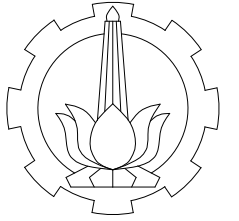
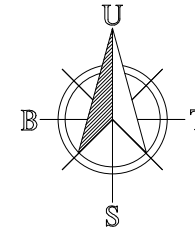


 **POTONGAN B-B**  
skala 1:250



**DENAH PELAT LANTAI 2**  
skala 1:250

TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	216	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	54	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	54	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	28	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	14	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	8	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	12	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	6	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	6	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 3 DAN  
LANTAI 4  
skala 1:250

Catatan :

NOMOR

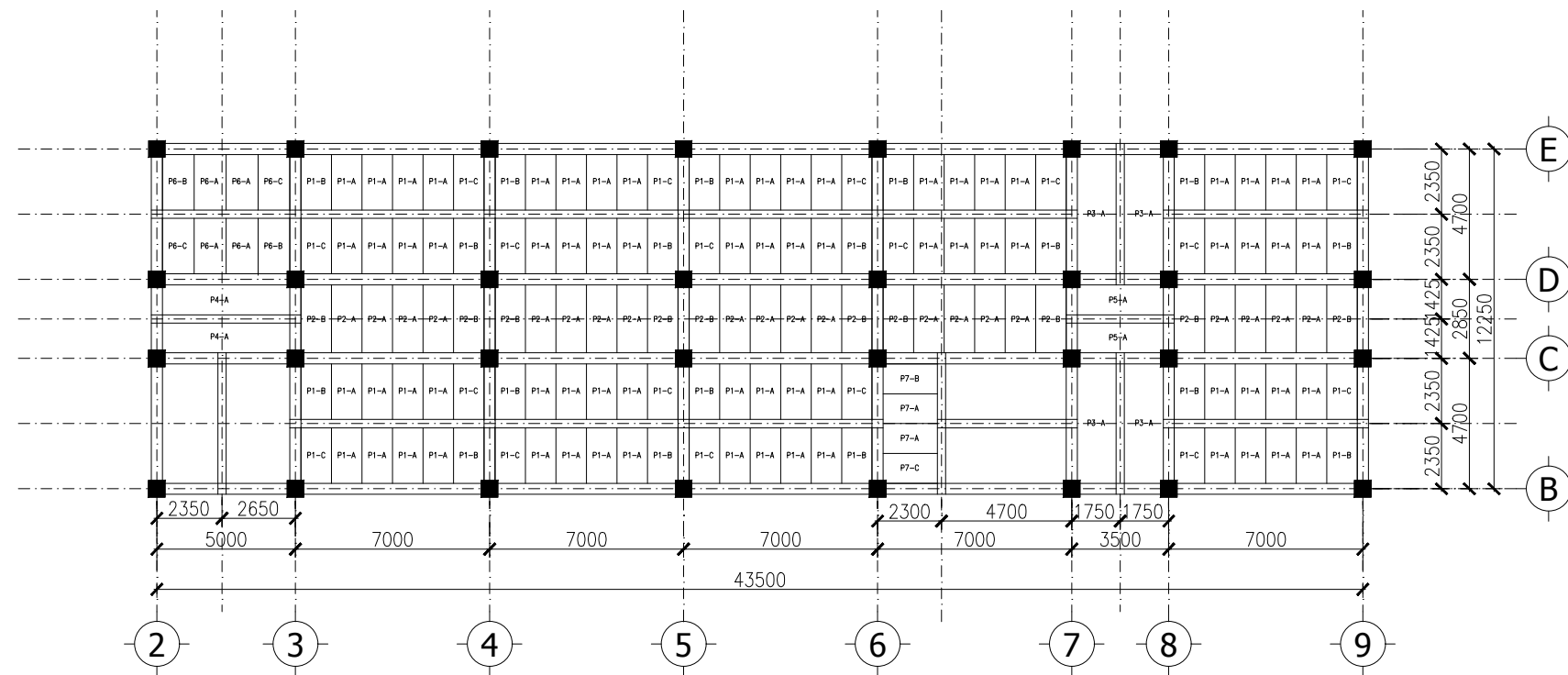
JUMLAH

12

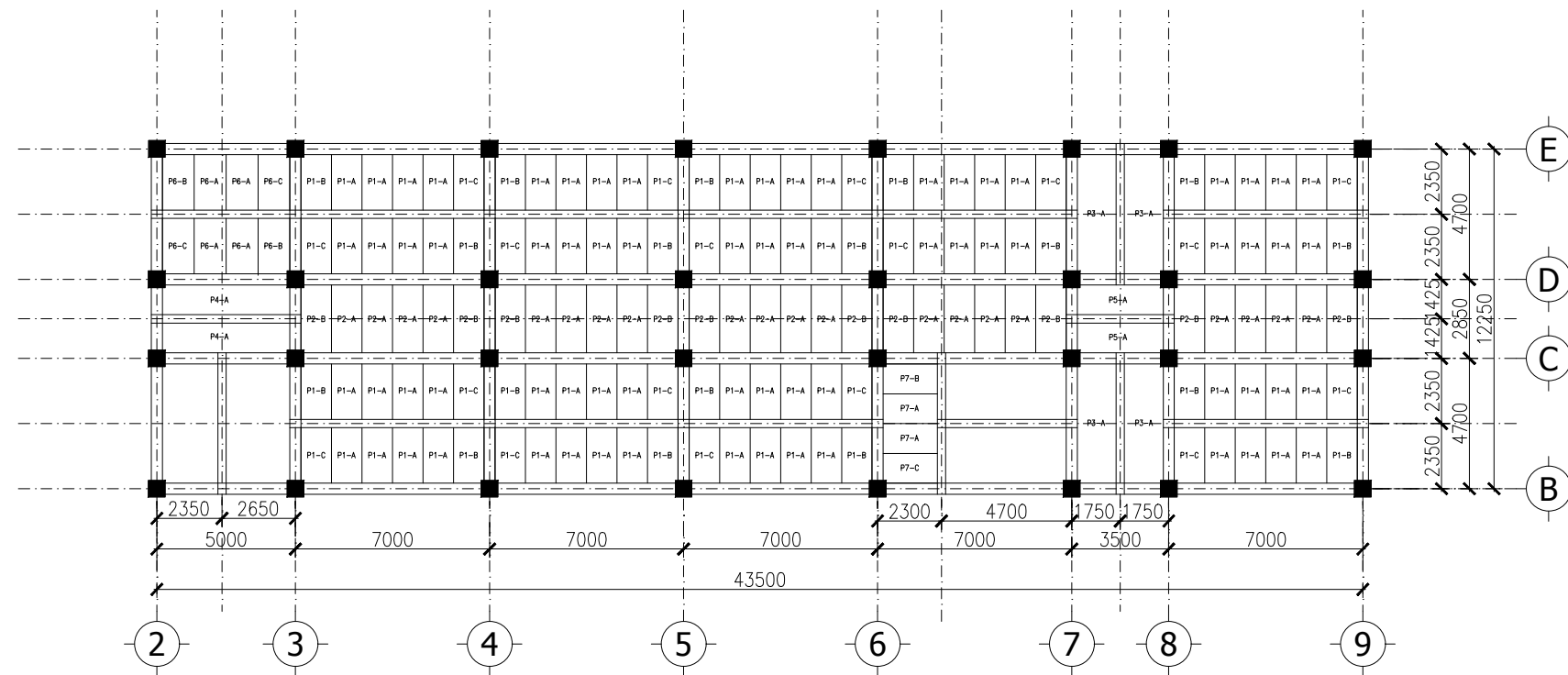
67

TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 3	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	72	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	10	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	4	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10

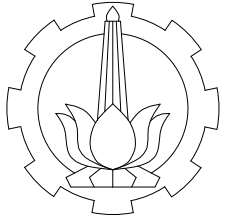
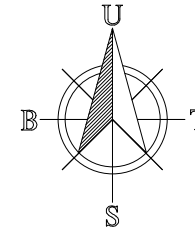
TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 4	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	72	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	10	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	4	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10



**DENAH PELAT LANTAI 3**  
skala 1:250



**DENAH PELAT LANTAI 4**  
skala 1:250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 5 DAN  
LANTAI 6  
skala 1:250

Catatan :

NOMOR

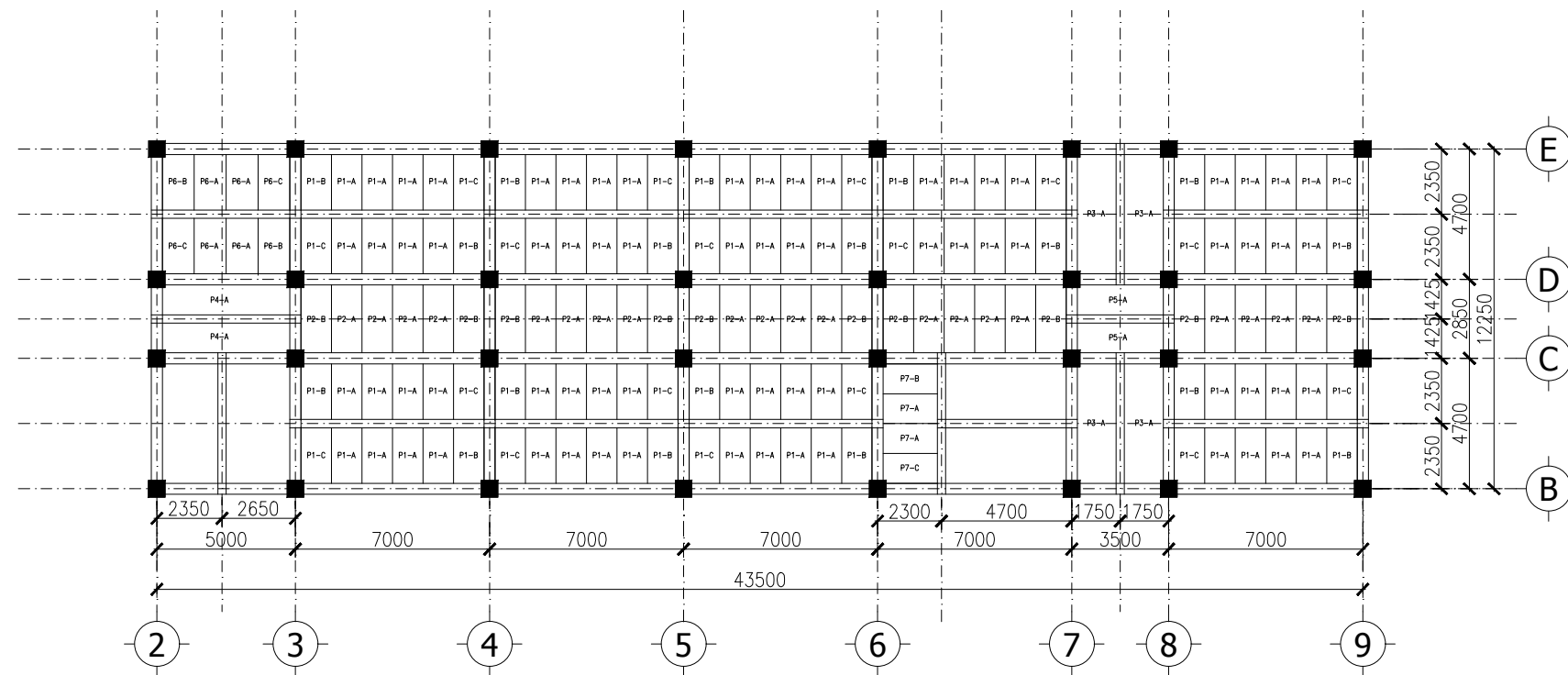
JUMLAH

13

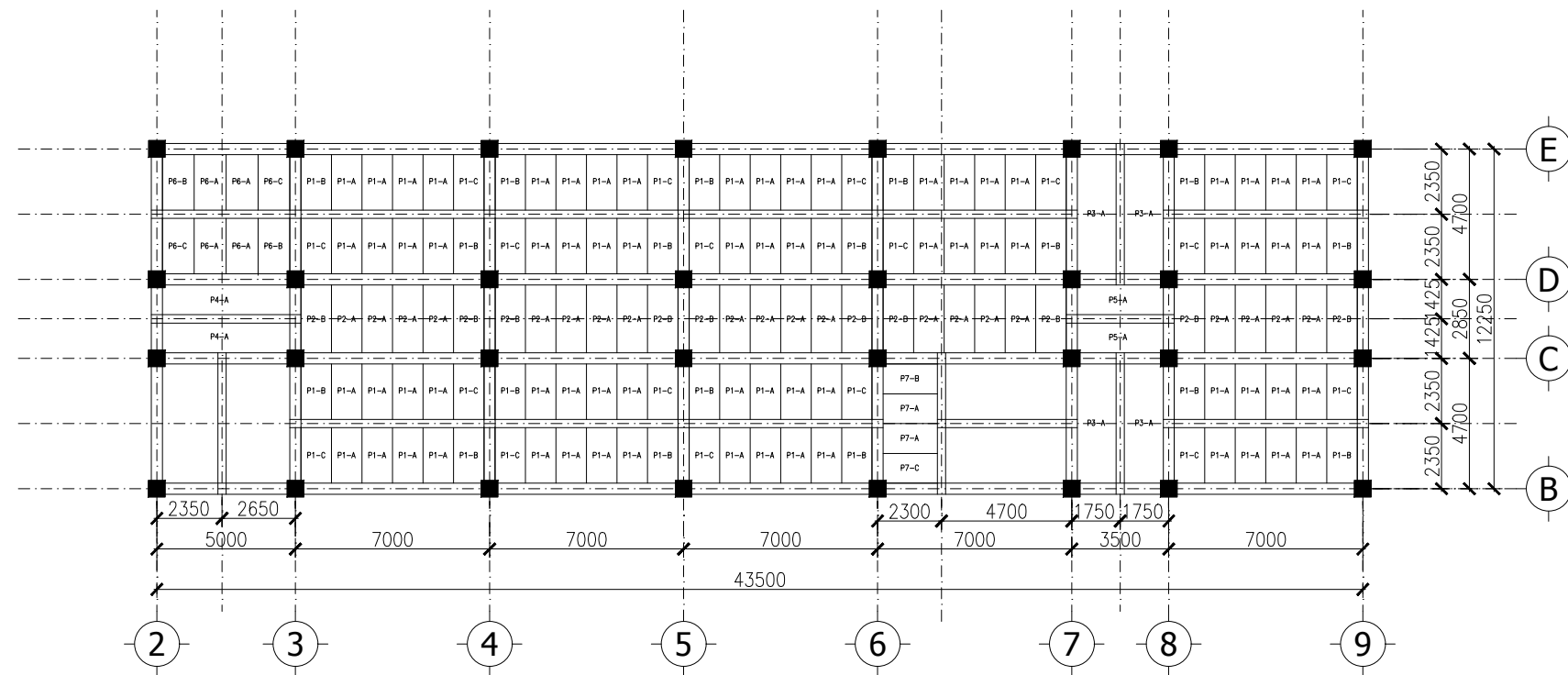
67

TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 5	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	72	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	10	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	4	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10

TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 6	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	72	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	10	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	4	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10

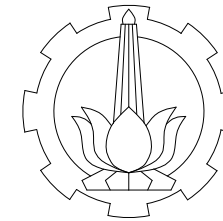
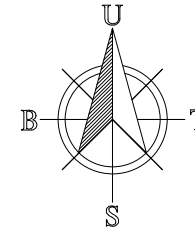


**DENAH PELAT LANTAI 5**  
skala 1:250



**DENAH PELAT LANTAI 6**  
skala 1:250





PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 7 DAN  
LANTAI 8  
skala 1:250

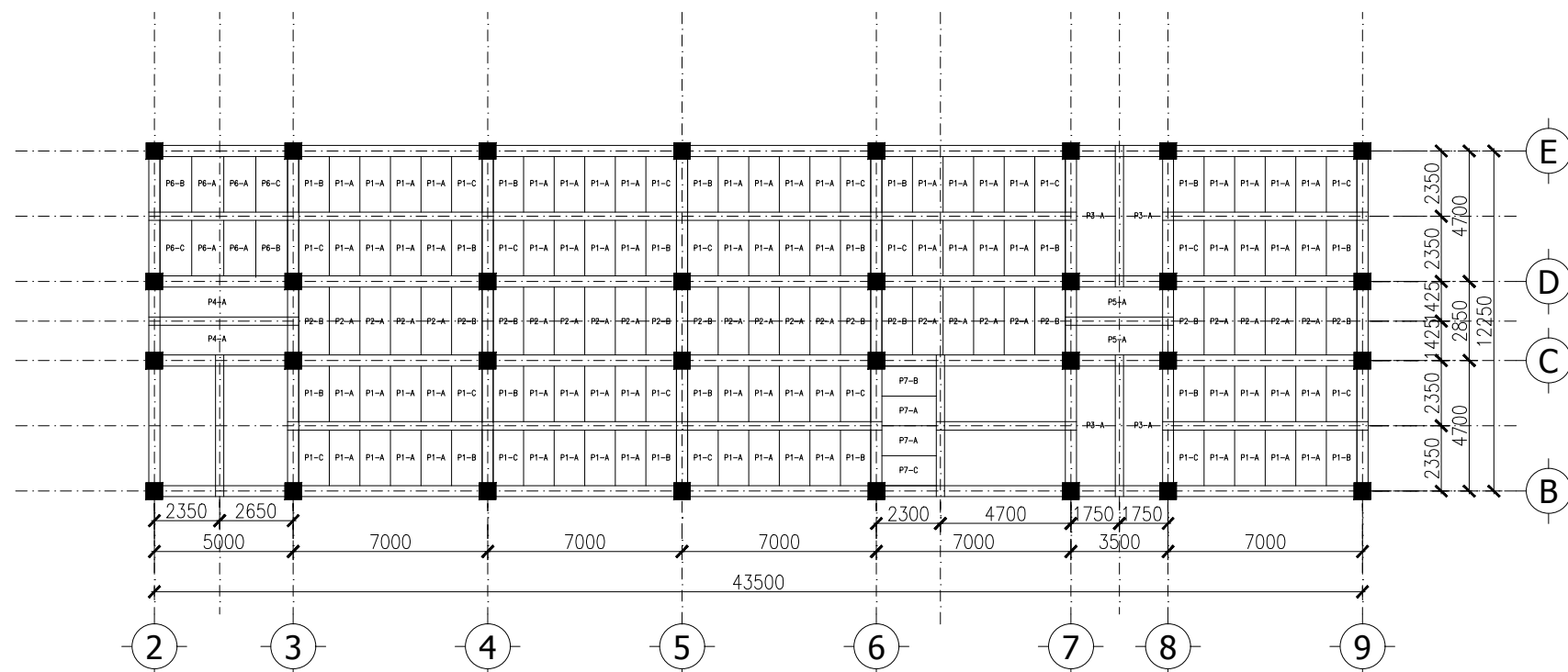
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

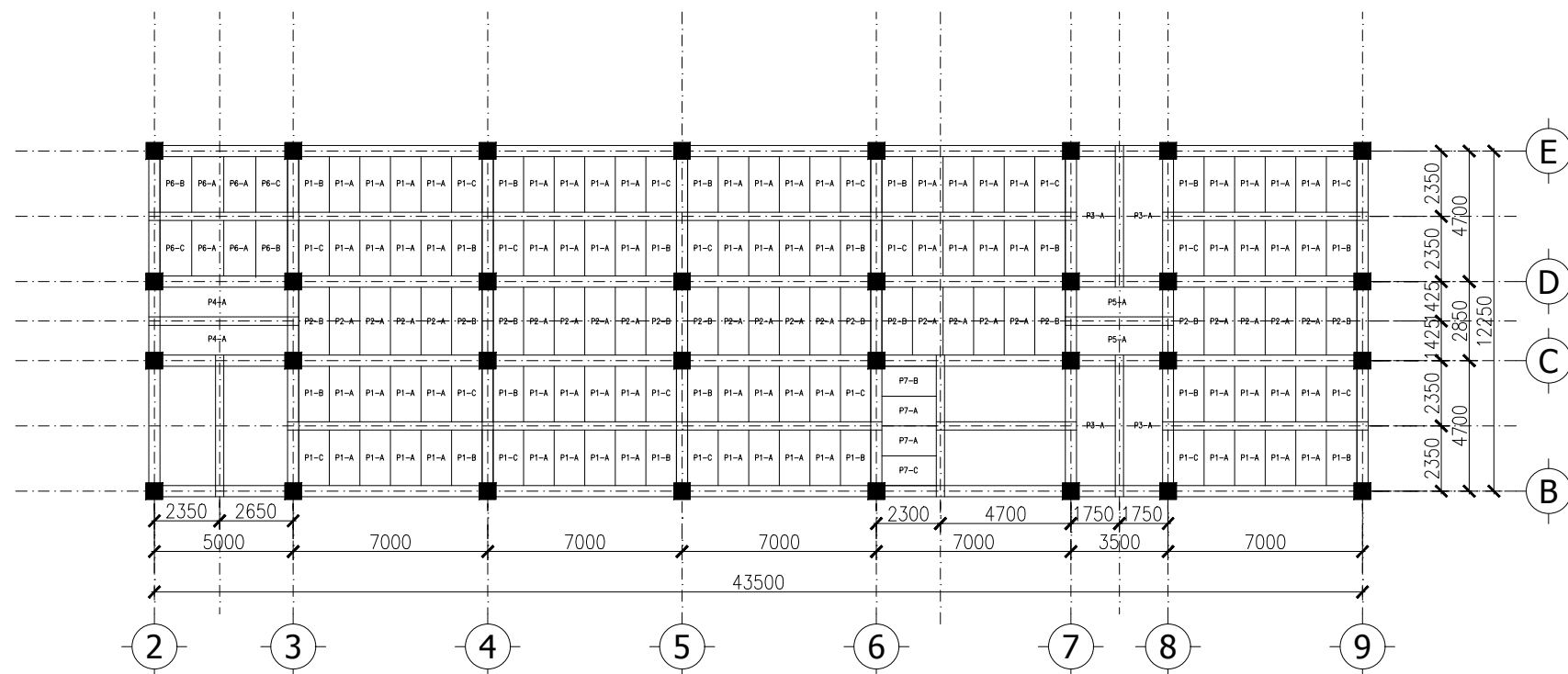
14

67



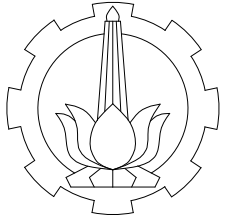
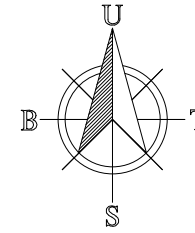
**DENAH PELAT LANTAI 7**  
skala 1:250

TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 7	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	72	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	10	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	4	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10



**DENAH PELAT LANTAI 8**  
skala 1:250

TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 8	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	72	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	10	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	4	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 9 DAN  
LANTAI 10  
skala 1:250

Catatan :

NOMOR

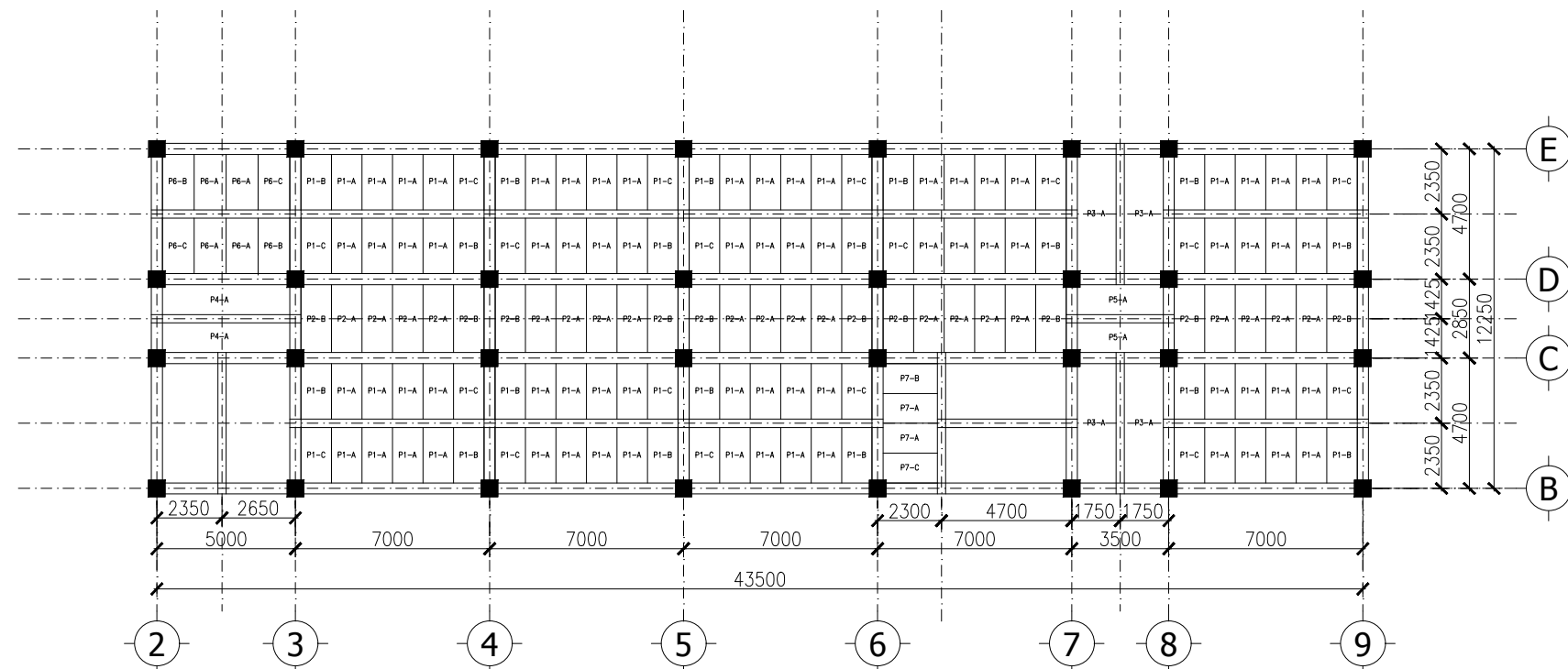
JUMLAH

15

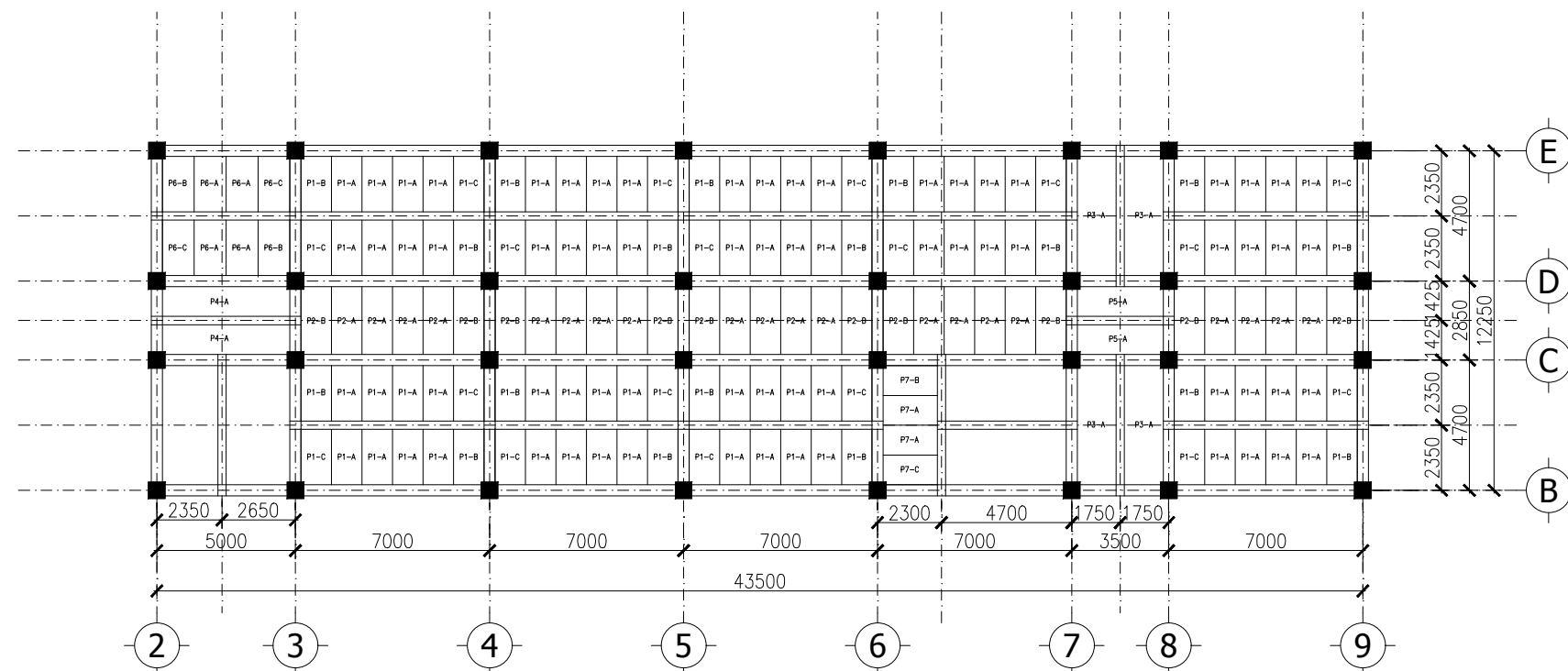
67

TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 9	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	72	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	10	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	4	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10

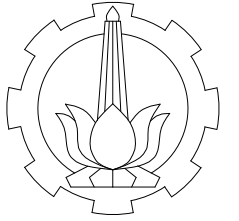
TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 10	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	72	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	10	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	4	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10



**DENAH PELAT LANTAI 9**  
skala 1:250



**DENAH PELAT LANTAI 10**  
skala 1:250



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 1011141000089

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI ATAP DAN  
LANTAI RUMAH LIFT  
skala 1:250

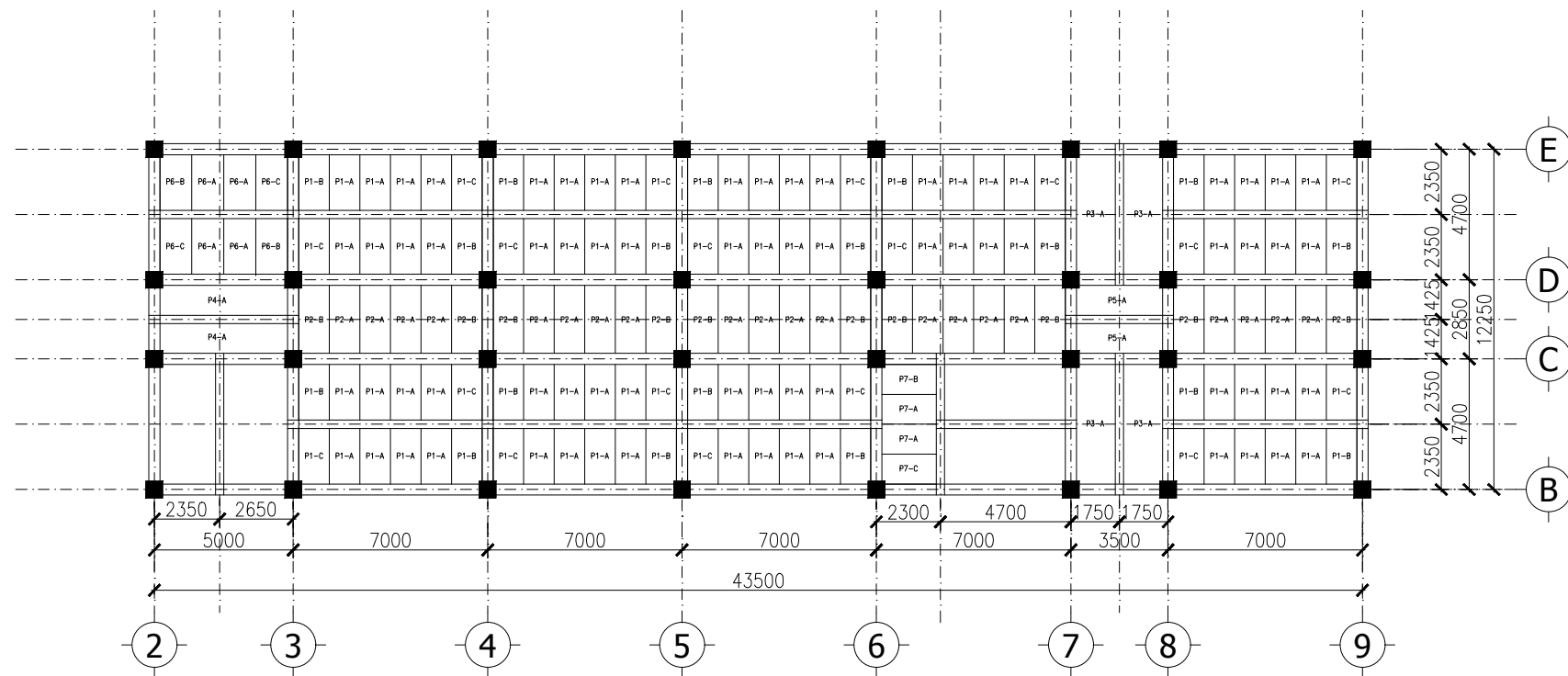
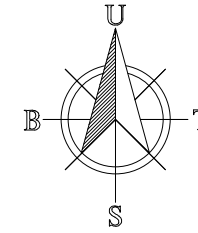
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

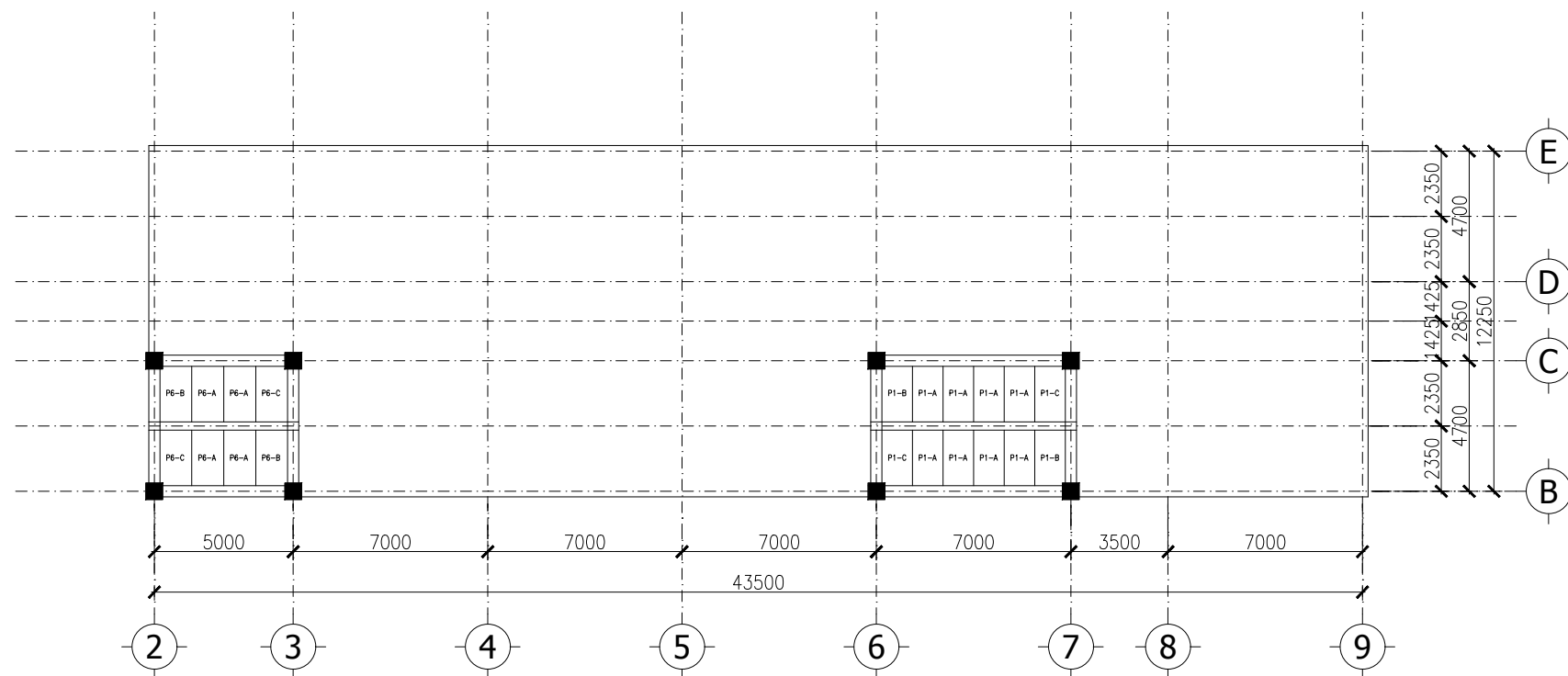
16

67



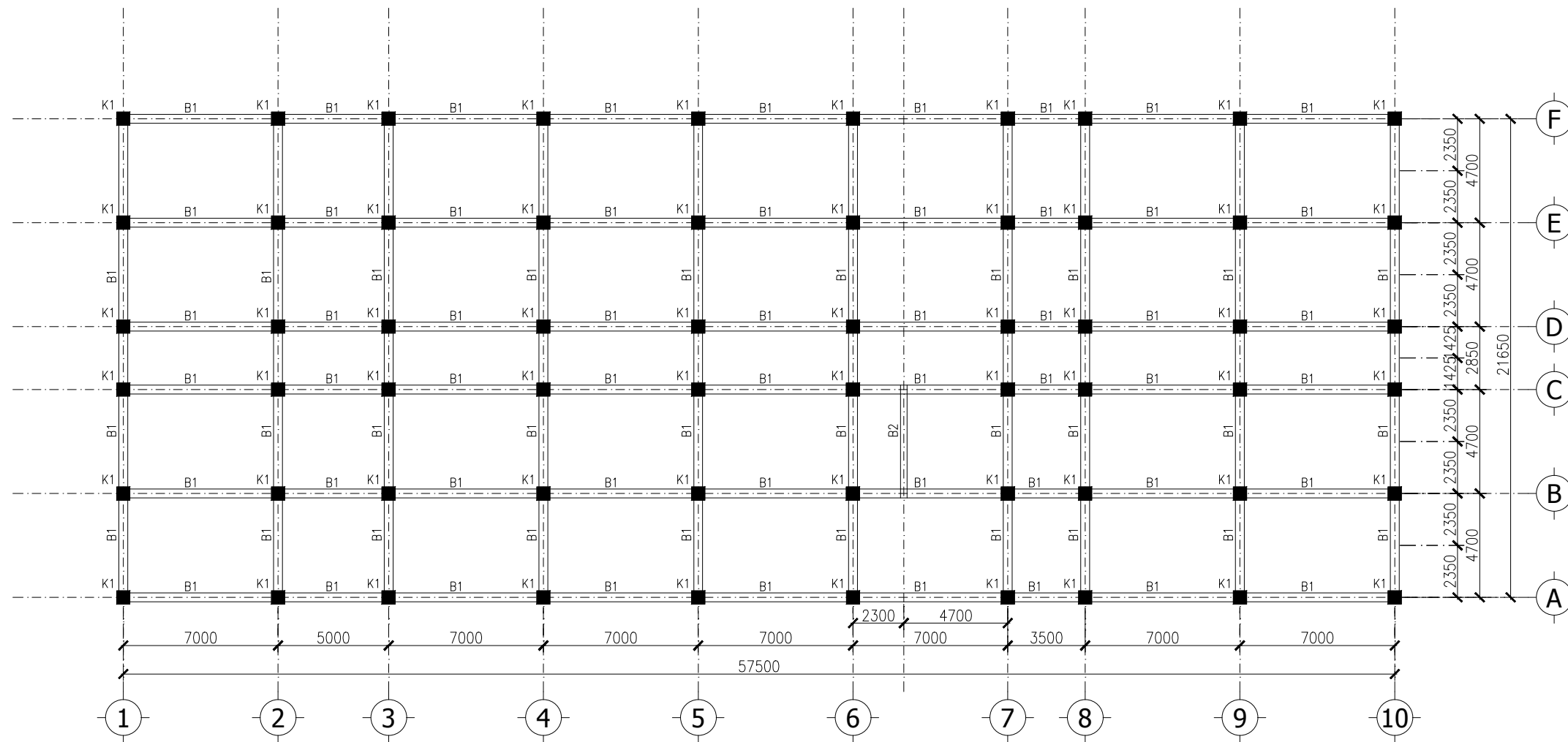
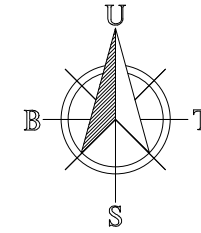
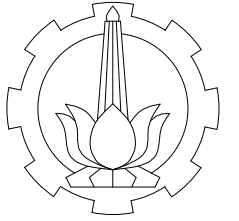
**DENAH PELAT LANTAI ATAP**  
skala 1:250

TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai atap	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	72	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	18	218
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	10	104
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	4	44
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	20
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	20
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	10



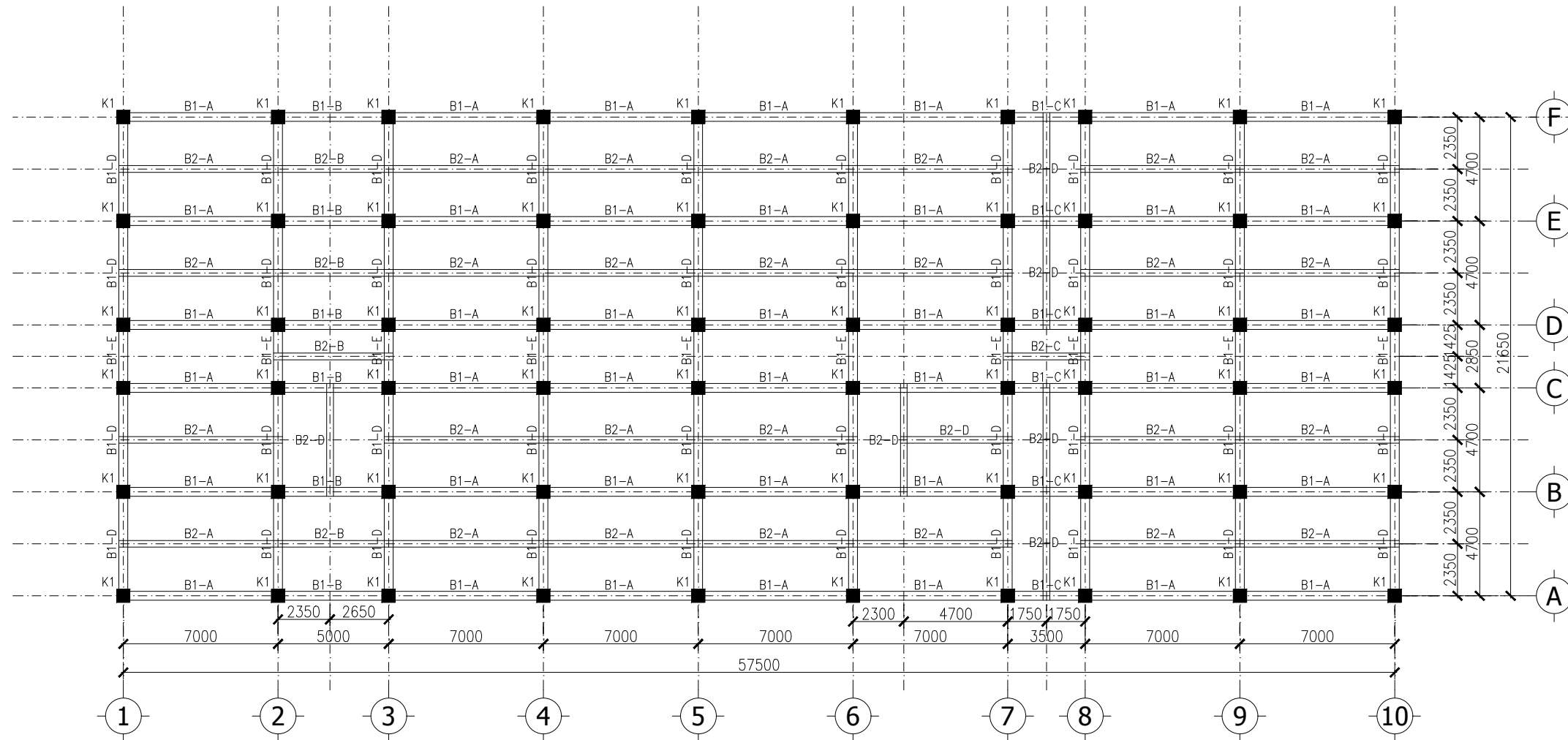
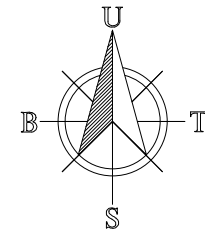
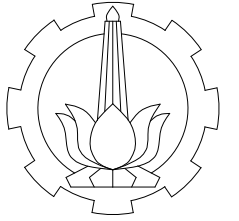
**DENAH PELAT LANTAI RUMAH LIFT**  
skala 1:250

TIBE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai lift	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	8	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	2	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	2	218
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	2	26



 **DENAH SLOOF**  
skala 1:250

NO	TIPE	DIMENSI
		MILIMETER
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

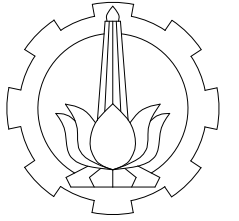


**DENAH BALOK LANTAI 2**  
skala 1:250

NO	TIPE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 x 600

TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	42	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	6	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	6	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	40	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	10	82

TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	27	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	4	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	7	52



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

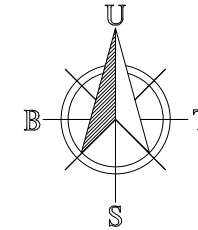
Muhammad Kafa Billah  
NRP. 1011141000089

NAMA GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 3 DAN  
LANTAI 4  
skala 1:250

Catatan :

NOMOR	JUMLAH
19	67



NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

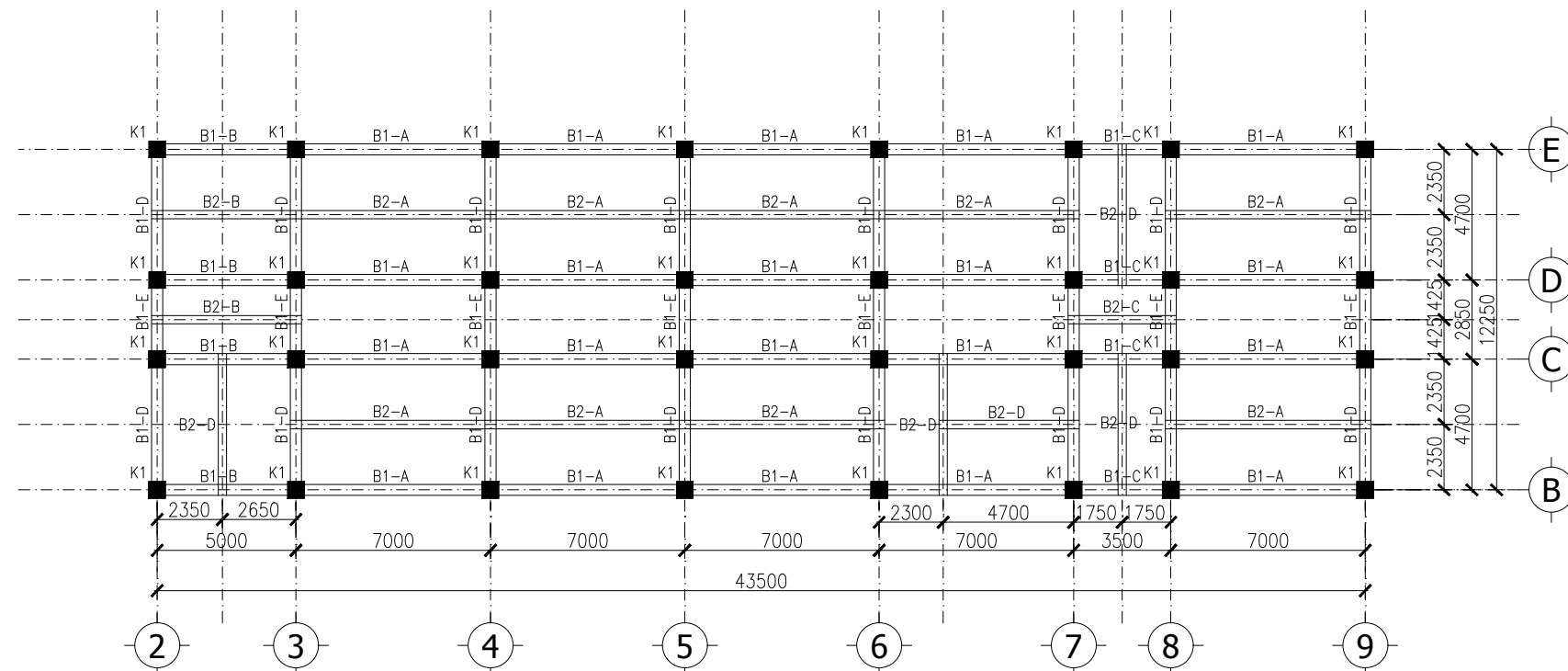
TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 3	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	20	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	4	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	4	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	16	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	8	82

TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 3	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	9	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	2	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	5	52

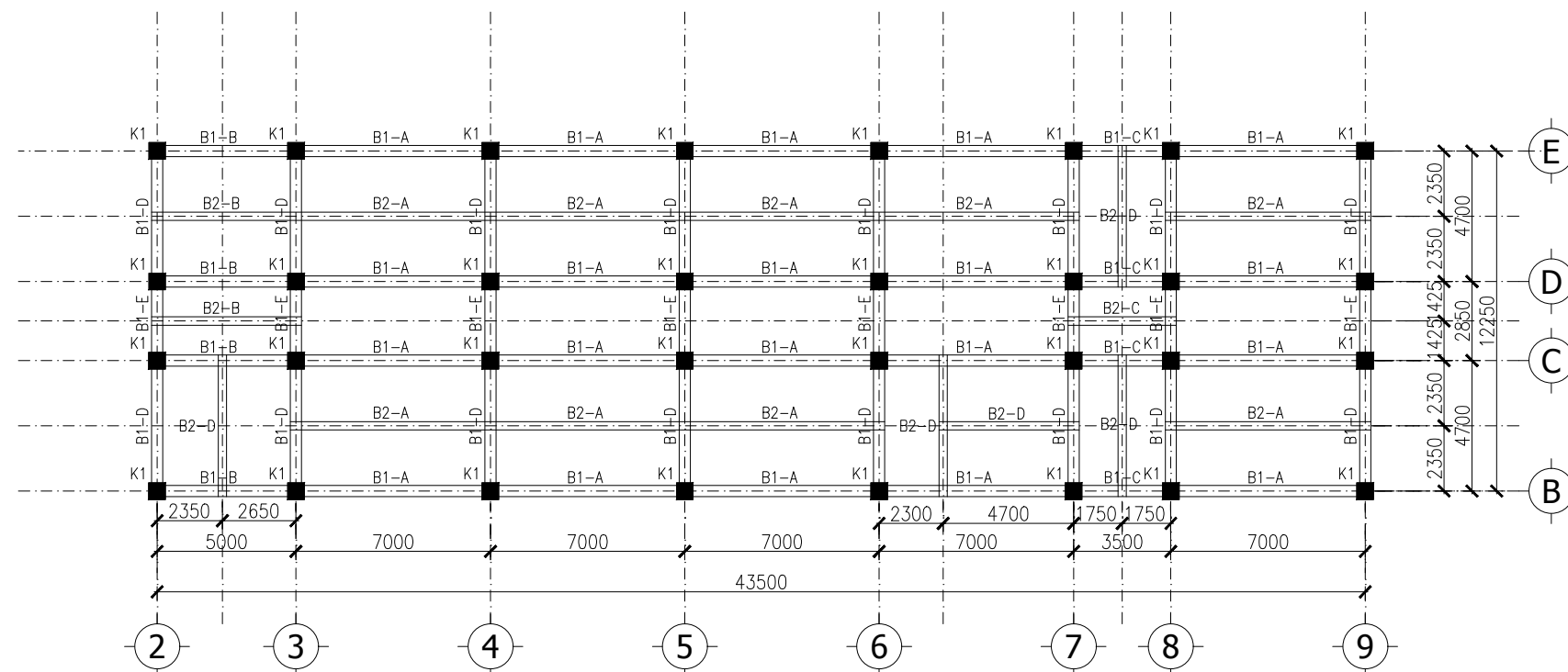
NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 4	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	20	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	4	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	4	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	16	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	8	82

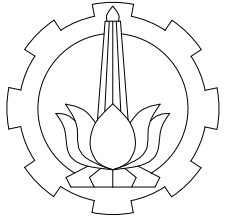
TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 4	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	9	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	2	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	5	52



**DENAH BALOK LANTAI 3**  
skala 1:250



**DENAH BALOK LANTAI 4**  
skala 1:250



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 1011141000089

NAMA GAMBAR

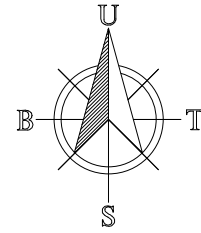
DENAH BALOK LANTAI 5 DAN  
LANTAI 6  
skala 1:250

Catatan :

NOMOR JUMLAH

20

67



NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

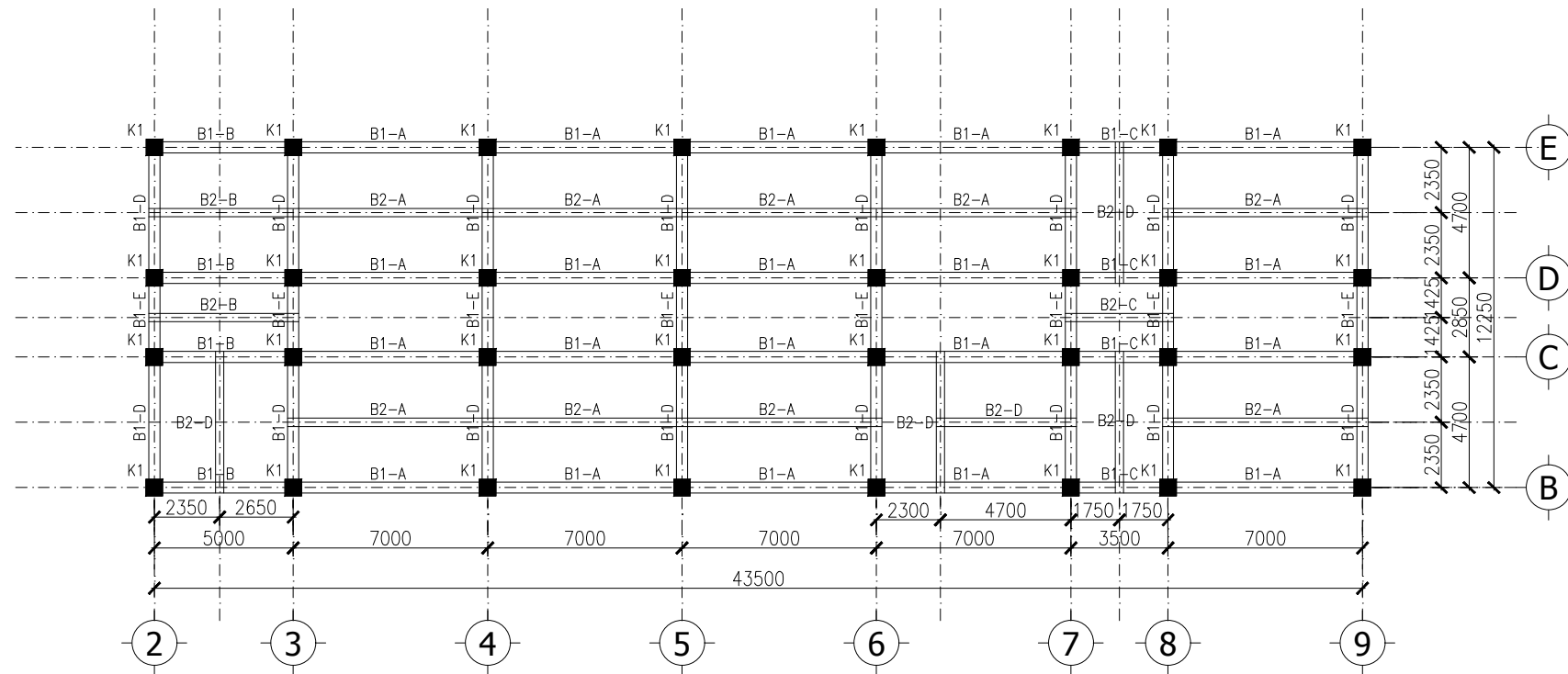
TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 5	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	20	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	4	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	4	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	16	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	8	82

TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 5	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	9	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	2	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	5	52

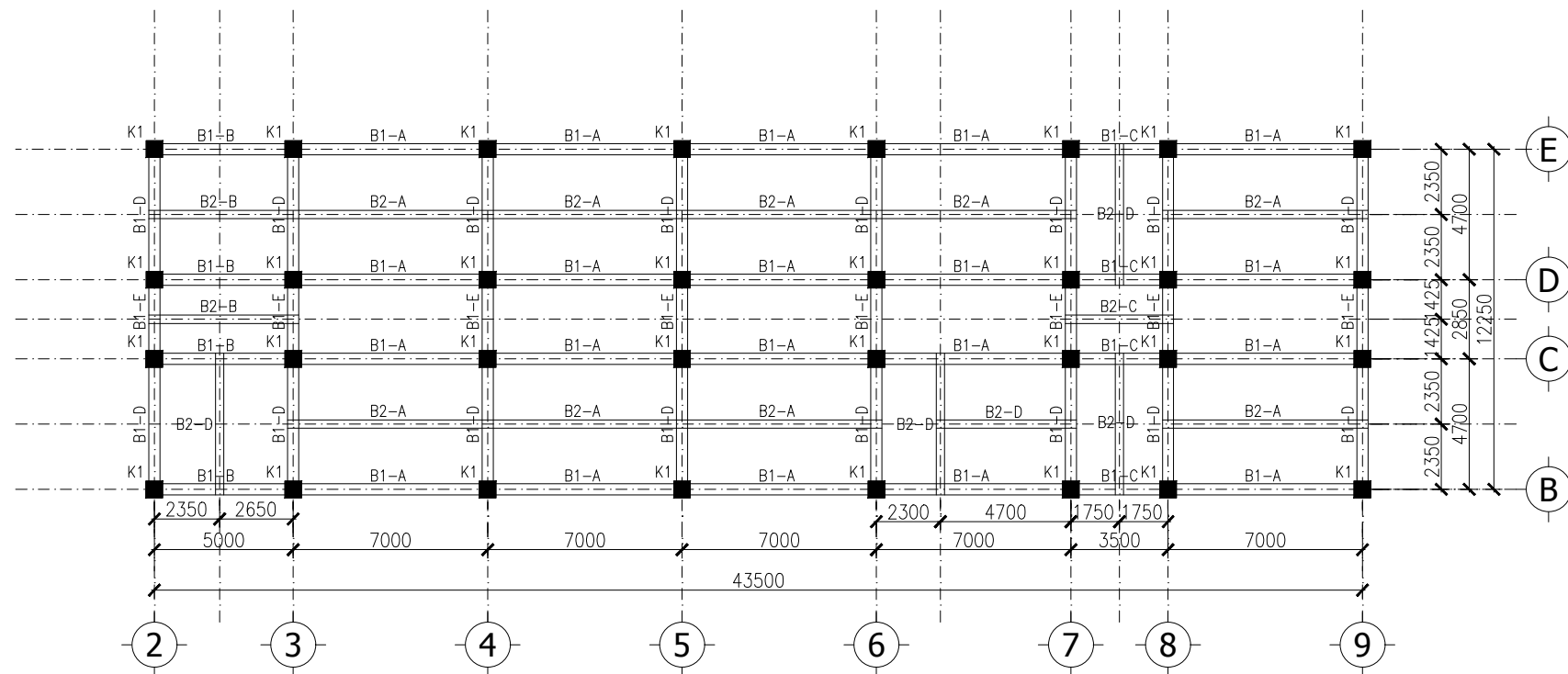
NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 6	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	20	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	4	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	4	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	16	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	8	82

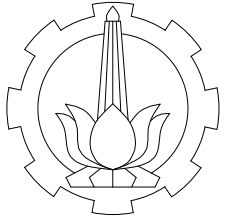
TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 6	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	9	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	2	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	5	52



**DENAH BALOK LANTAI 5**  
skala 1:250



**DENAH BALOK LANTAI 6**  
skala 1:250



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 1011141000089

NAMA GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 7 DAN  
LANTAI 8  
skala 1:250

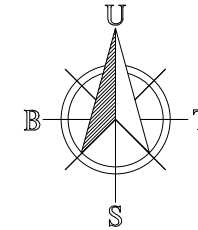
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

21

67



NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

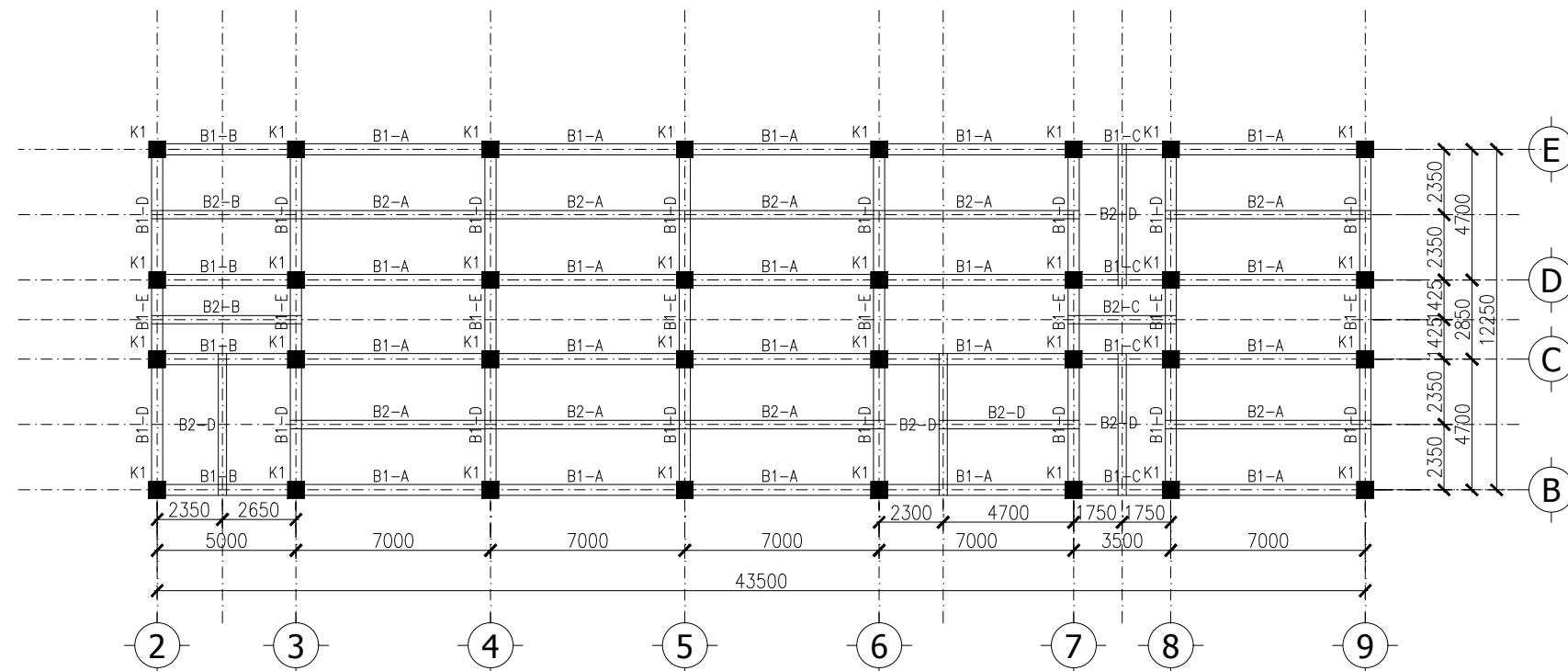
TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 7	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	20	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	4	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	4	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	16	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	8	82

TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 7	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	9	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	2	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	5	52

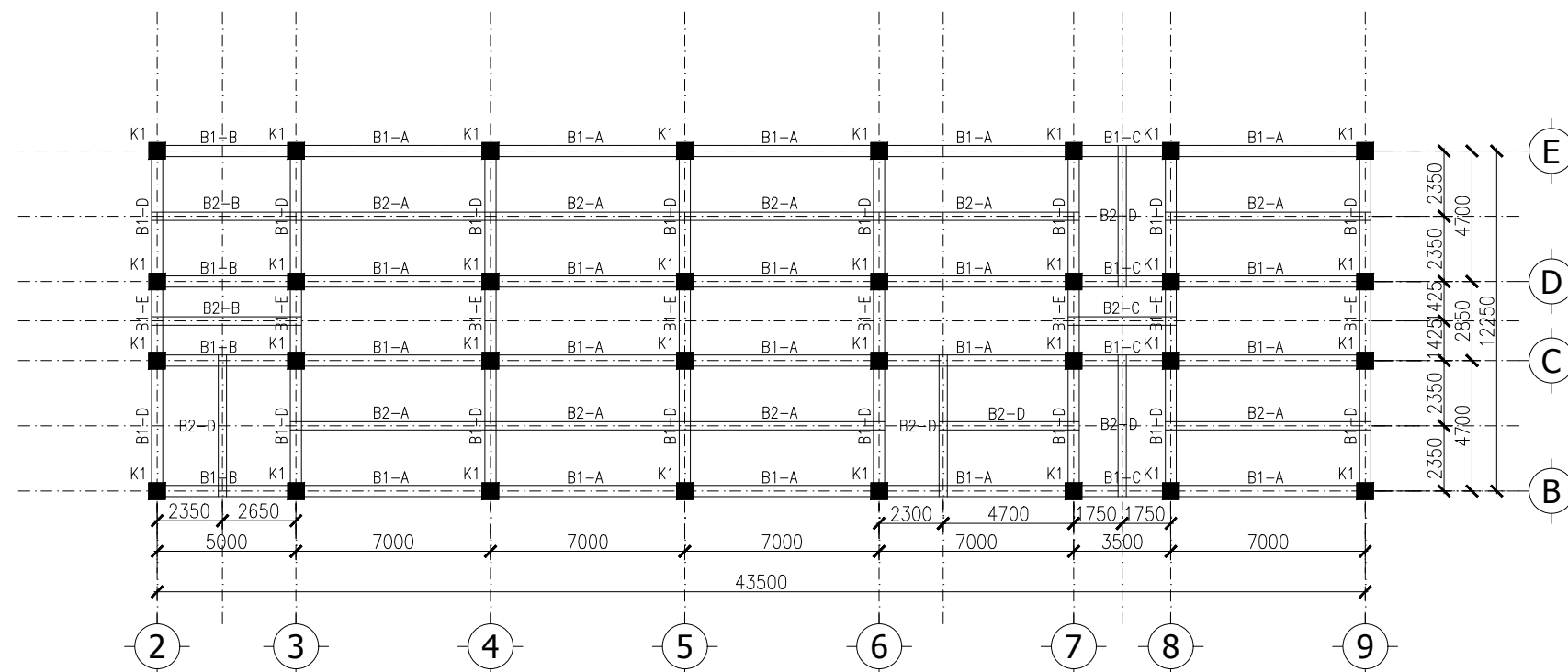
NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 8	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	20	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	4	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	4	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	16	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	8	82

TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 8	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	9	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	2	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	5	52

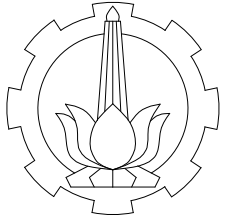


**DENAH BALOK LANTAI 7**  
skala 1:250



**DENAH BALOK LANTAI 8**  
skala 1:250





TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 9 DAN  
LANTAI 10  
skala 1:250

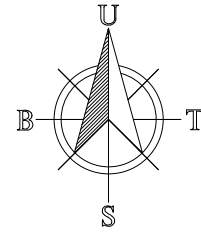
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

22

67



NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

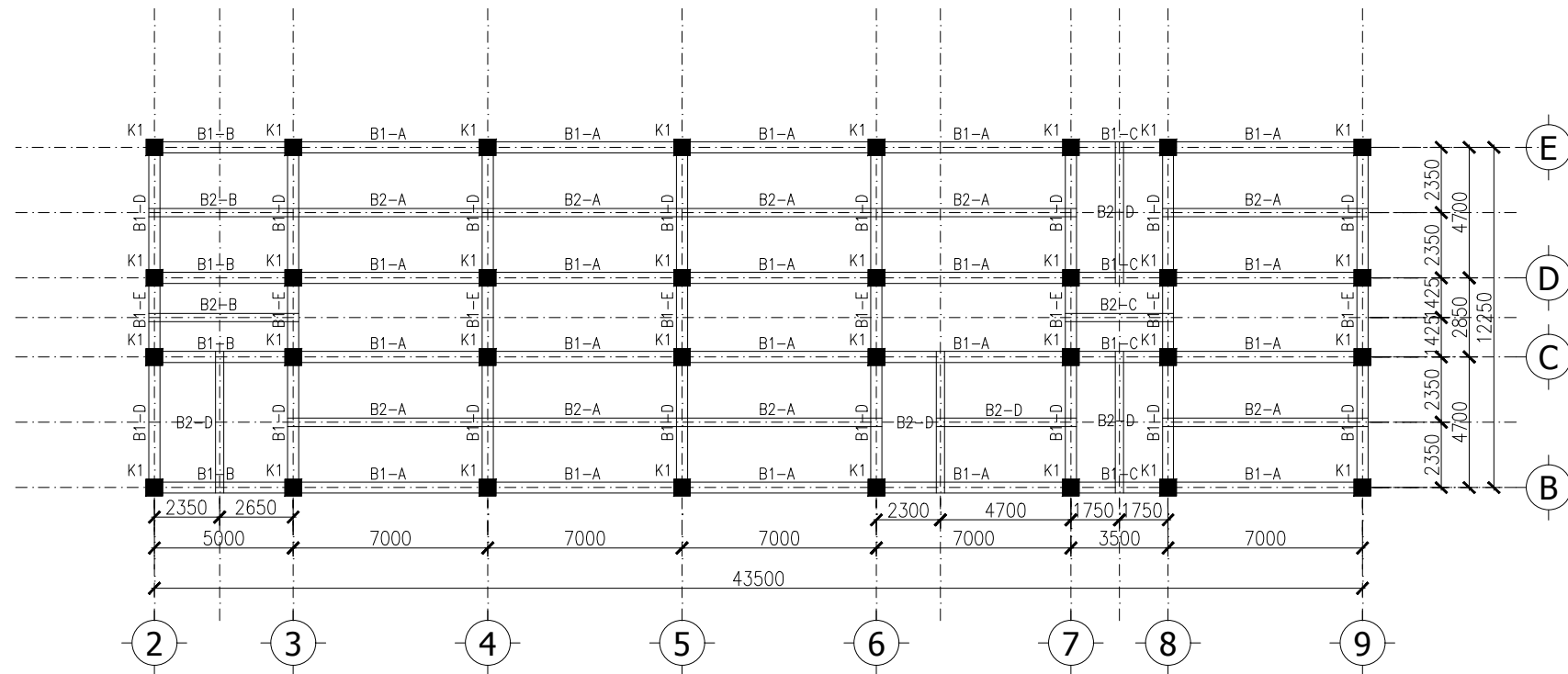
TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 9	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	20	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	4	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	4	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	16	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	8	82

TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 9	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	9	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	2	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	5	52

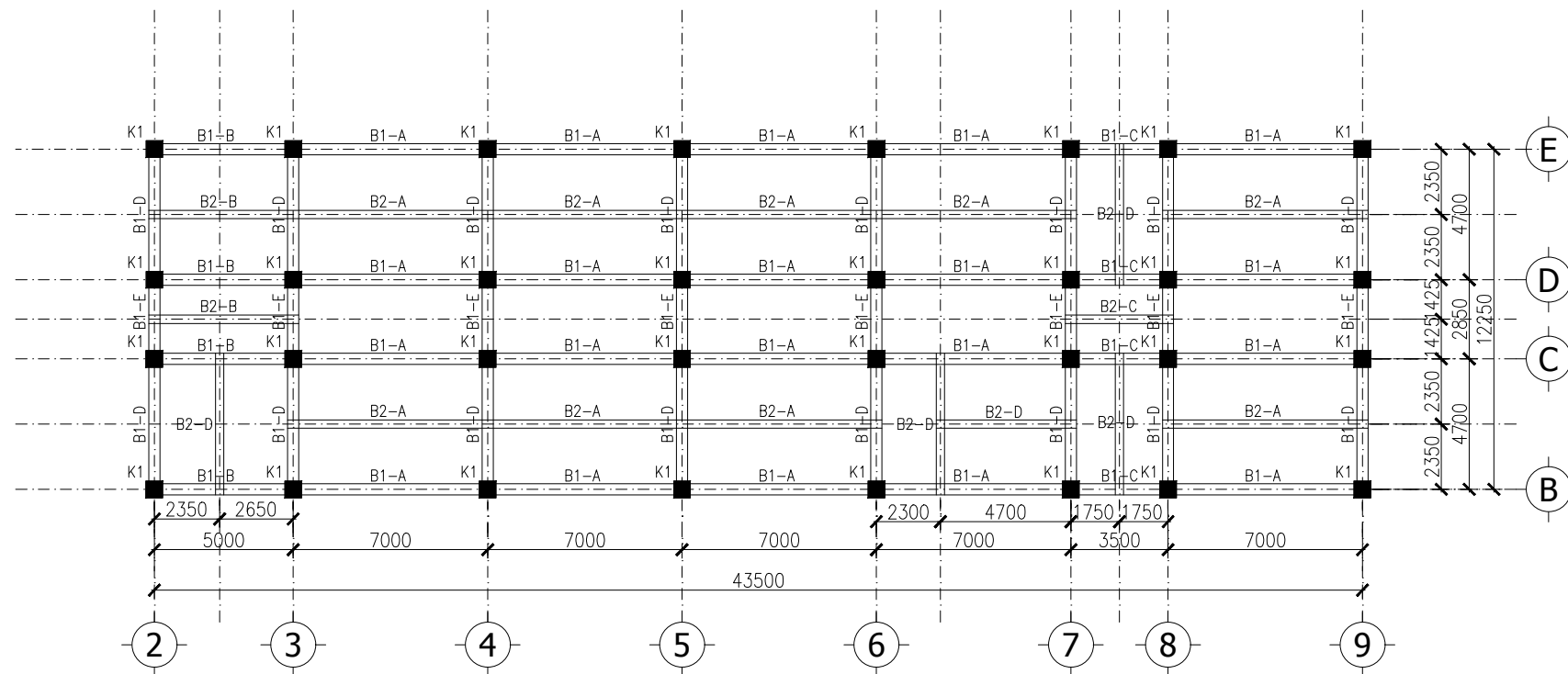
NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 10	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	20	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	4	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	4	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	16	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	8	82

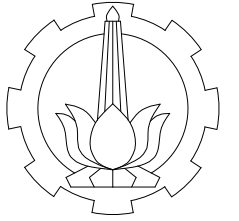
TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 10	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	9	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	2	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	5	52



**DENAH BALOK LANTAI 9**  
skala 1:250



**DENAH BALOK LANTAI 10**  
skala 1:250



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 1011141000089

NAMA GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI ATAP DAN  
LANTAI RUMAH LIFT  
skala 1:250

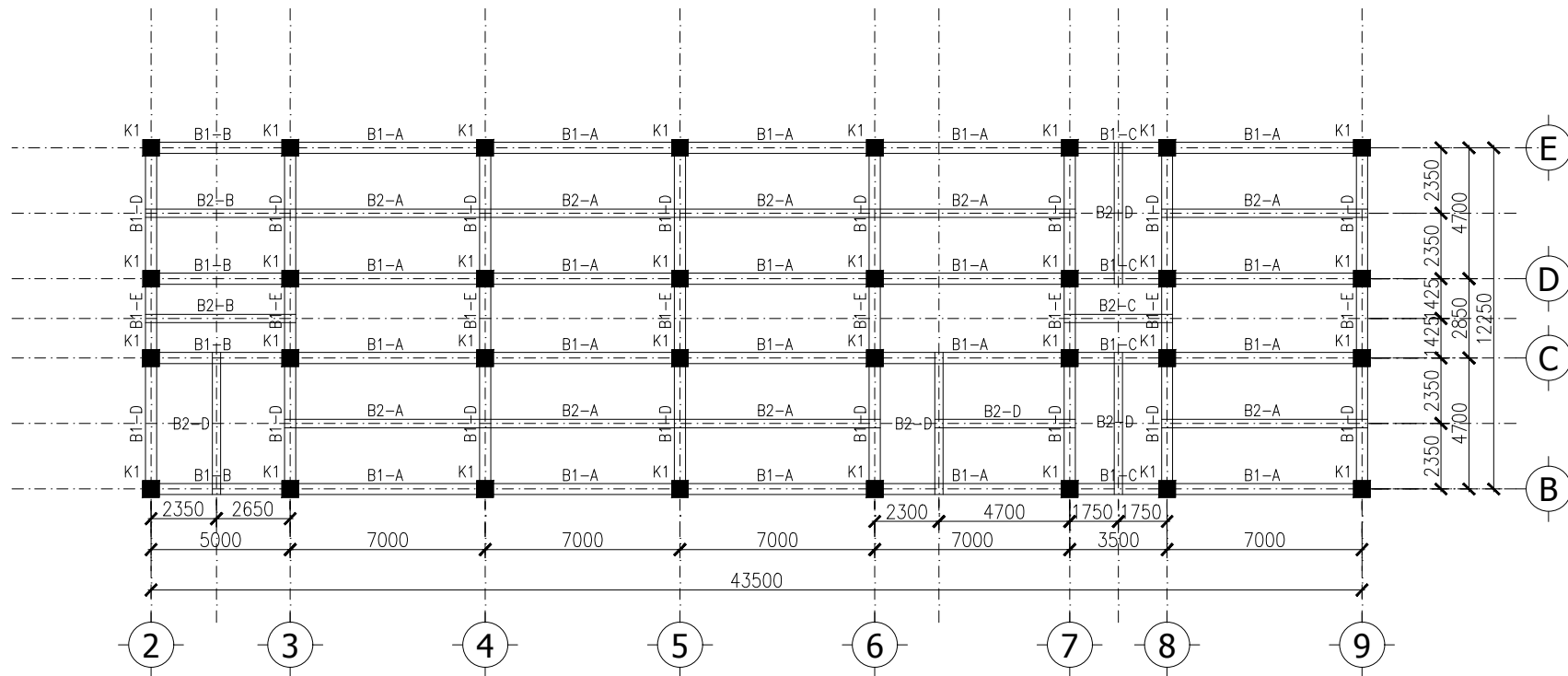
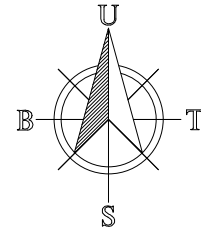
Catatan :

NOMOR

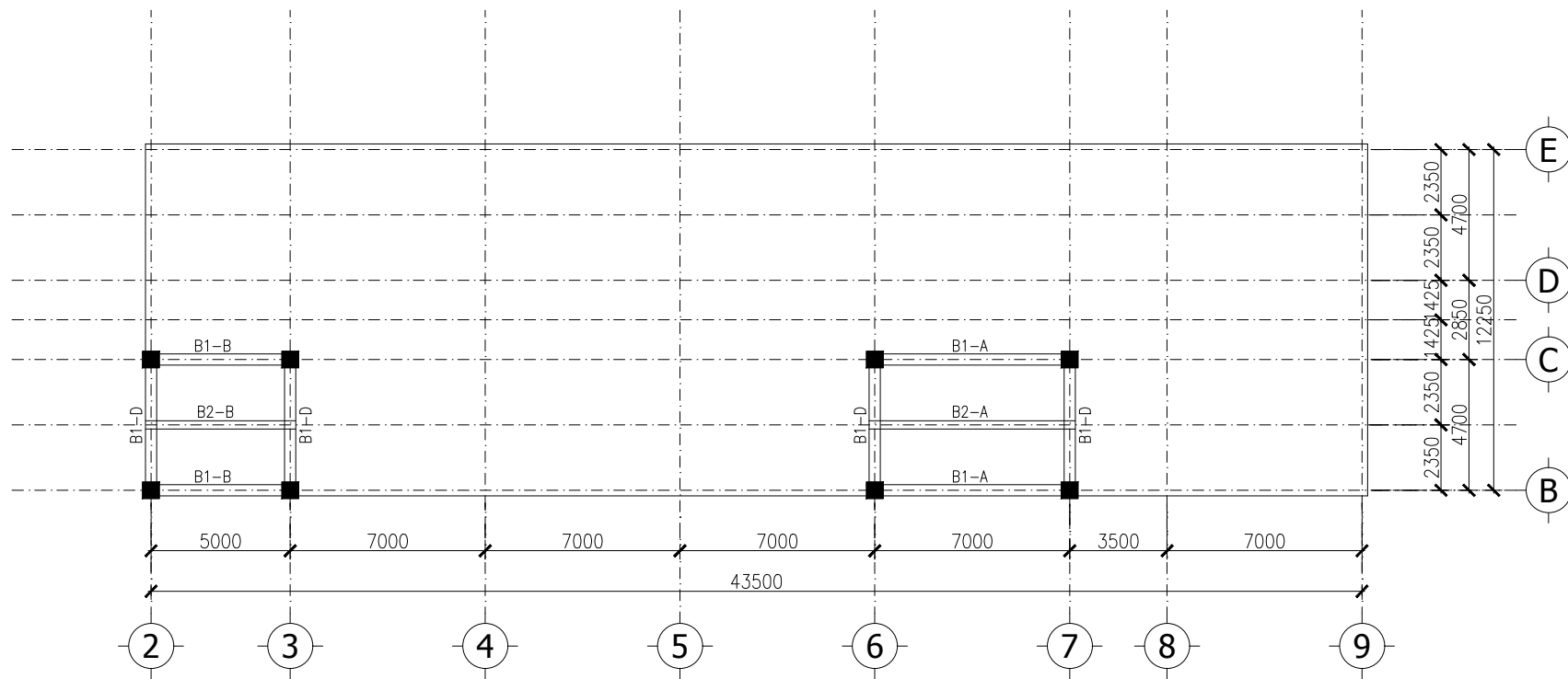
JUMLAH

23

67



**DENAH BALOK LANTAI ATAP**  
skala 1:250



**DENAH BALOK LANTAI RUMAH LIFT**  
skala 1:250

NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

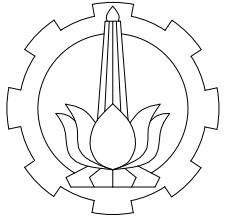
TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai atap	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	20	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	4	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	4	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	16	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	8	82

TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai lift	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	9	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	2	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	10
B2-D	50	4300	300	260	805	5	52

NO	TIBE	DIMENSI (mm)
1	B1	400 x 600
2	B2	300 x 400
3	K1	600 X 600

TABEL BALOK INDUK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai lift	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	2	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	2	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	0	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	4	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	0	82

TABEL BALOK ANAK PRACETAK							
TIBE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai lift	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	1	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	1	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	0	10
B2-D	50	4300	300	260	805	0	52



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK TIPE P1  
skala 1:25

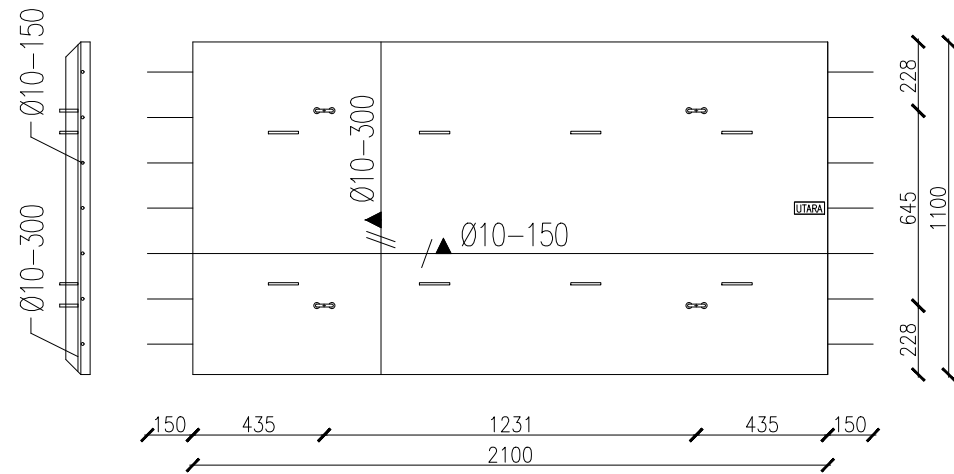
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

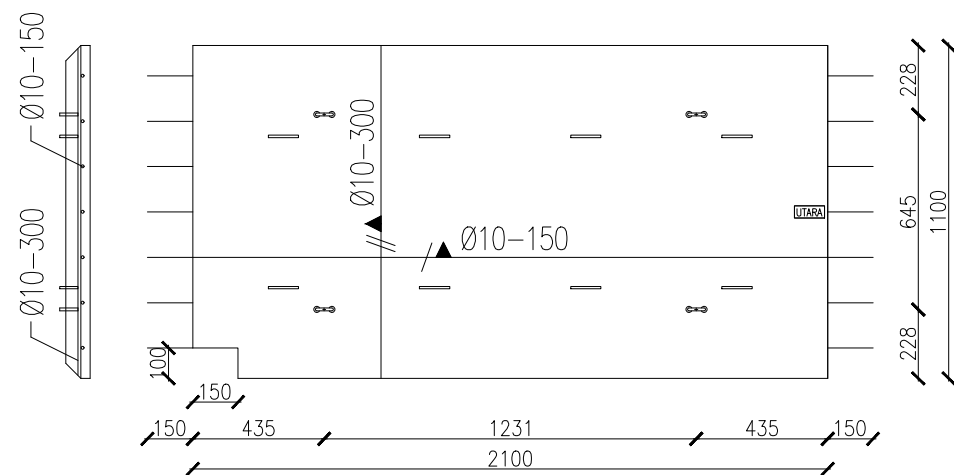
24

67

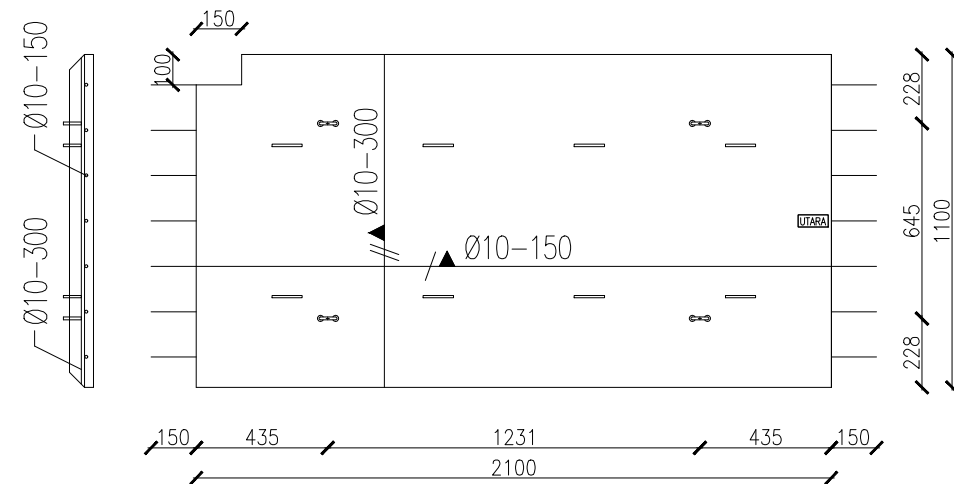


◆ PENULANGAN PELAT TIPE P1-A  
skala 1:25

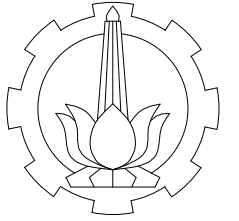
TIPE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-atap	JUMLAH pada lantai r.lift	JUMLAH TOTAL
P1-A	80	20	1100	2100	443,5	216	72	8	872
P1-B	80	20	1100	2100	443,5	54	18	2	218
P1-C	80	20	1100	2100	443,5	54	18	2	218



◆ PENULANGAN PELAT TIPE P1-B  
skala 1:25



◆ PENULANGAN PELAT TIPE P1-C  
skala 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

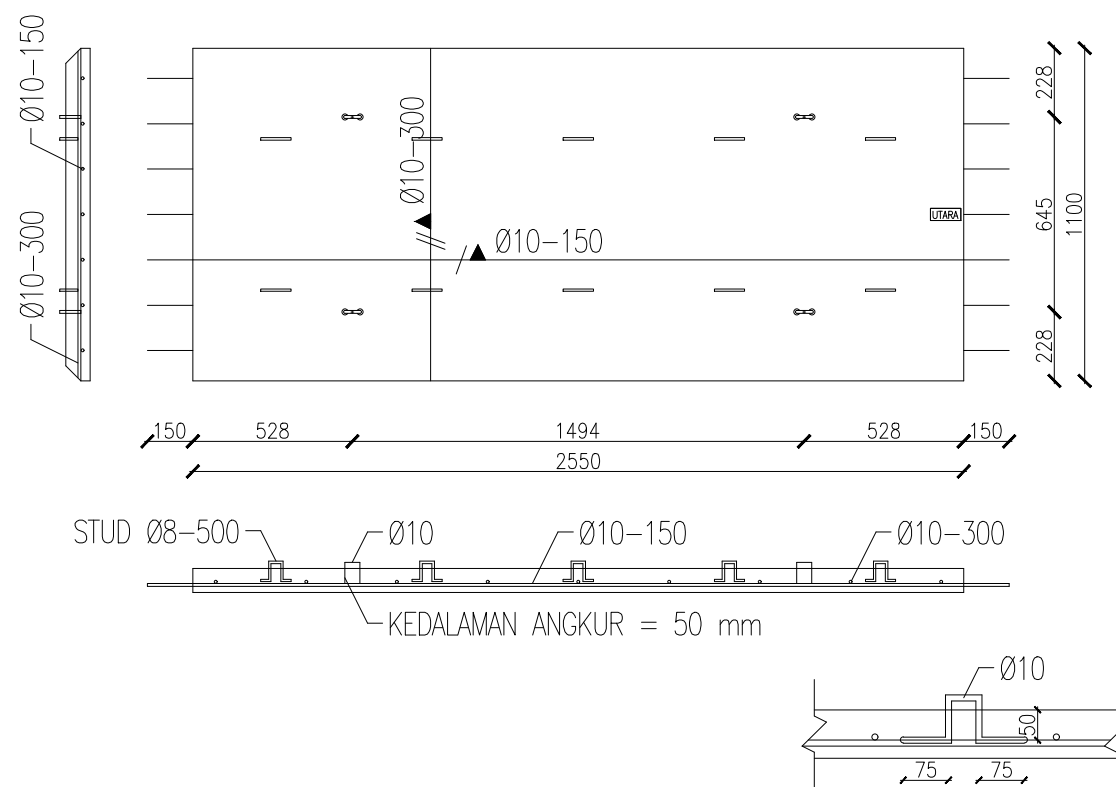
Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

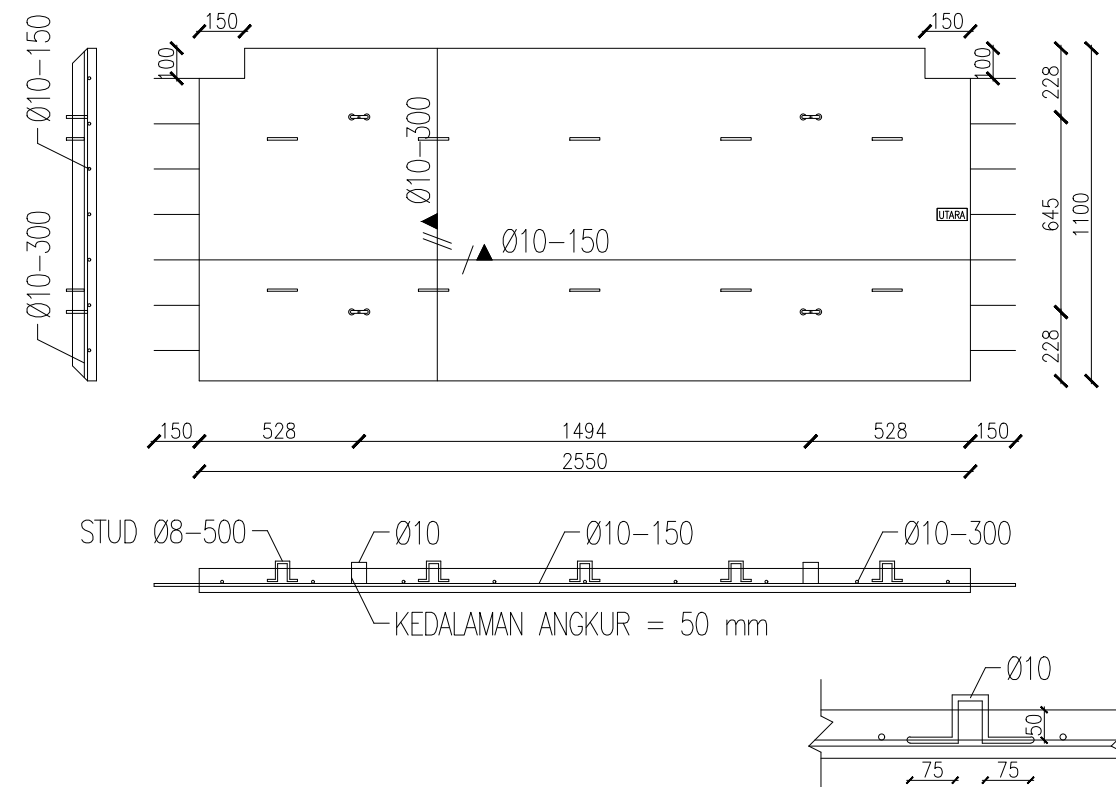
DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK TIPE P2  
skala 1:25

Catatan :

TIPE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-atap	JUMLAH TOTAL
P2-A	80	20	1100	2550	538,6	28	20	208
P2-B	80	20	1100	2550	538,6	14	10	104



◆ PENULANGAN PELAT TIPE P2-A  
skala 1:25



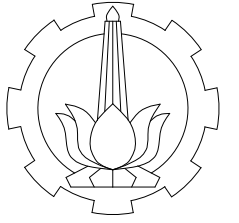
◆ PENULANGAN PELAT TIPE P2-B  
skala 1:25

NOMOR

25

JUMLAH

67



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK TIPE P3  
skala 1:25

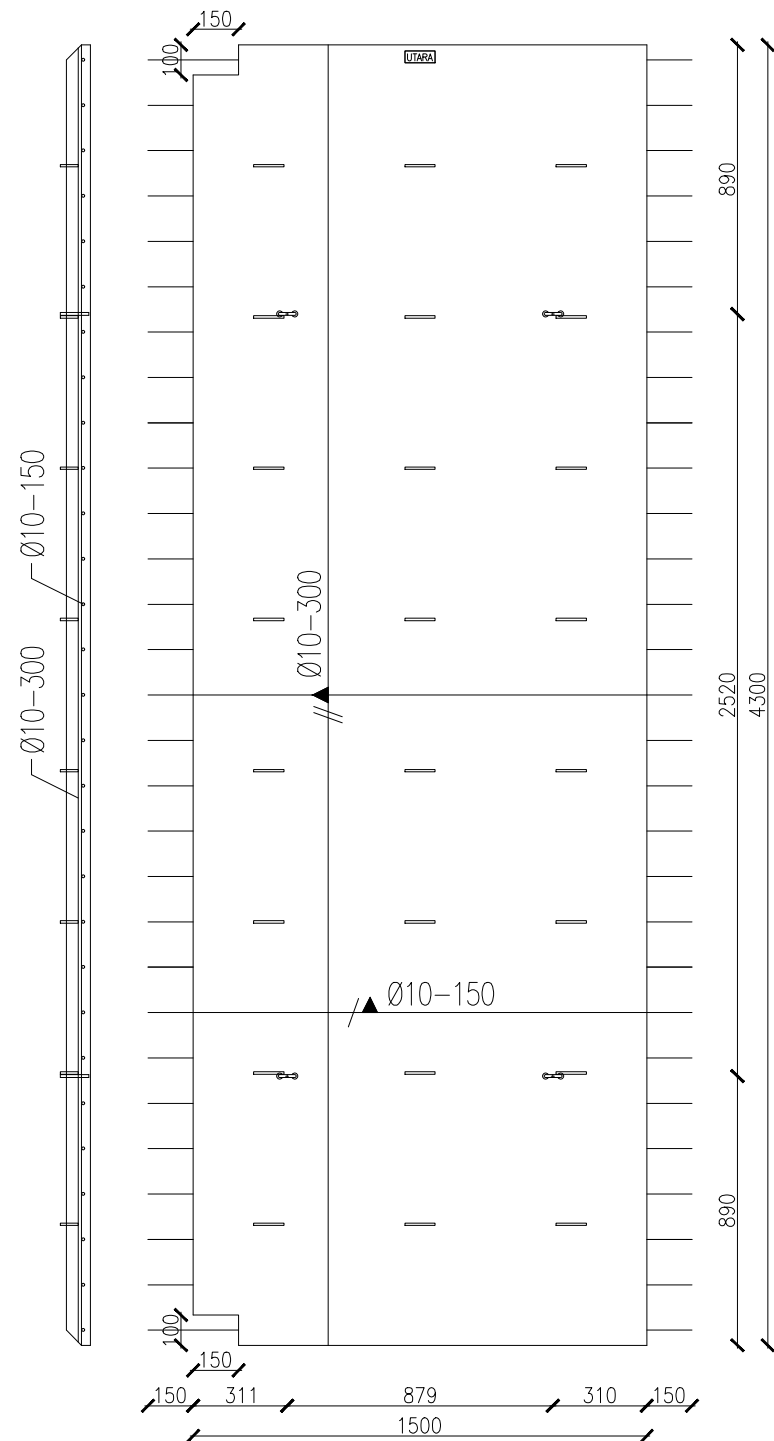
Catatan :

NOMOR

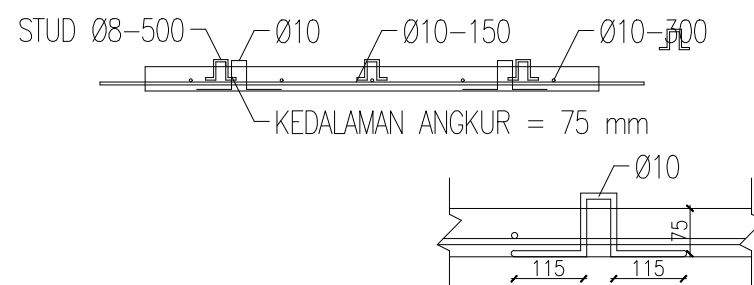
JUMLAH

26

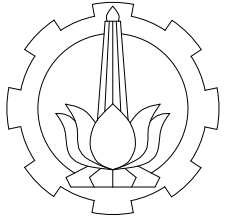
67



TIPE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-atap	JUMLAH TOTAL
P3-A	80	20	1500	4300	1238,4	8	4	44



◆ PENULANGAN PELAT TIPE P3-A  
skala 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK TIPE P4  
skala 1:25

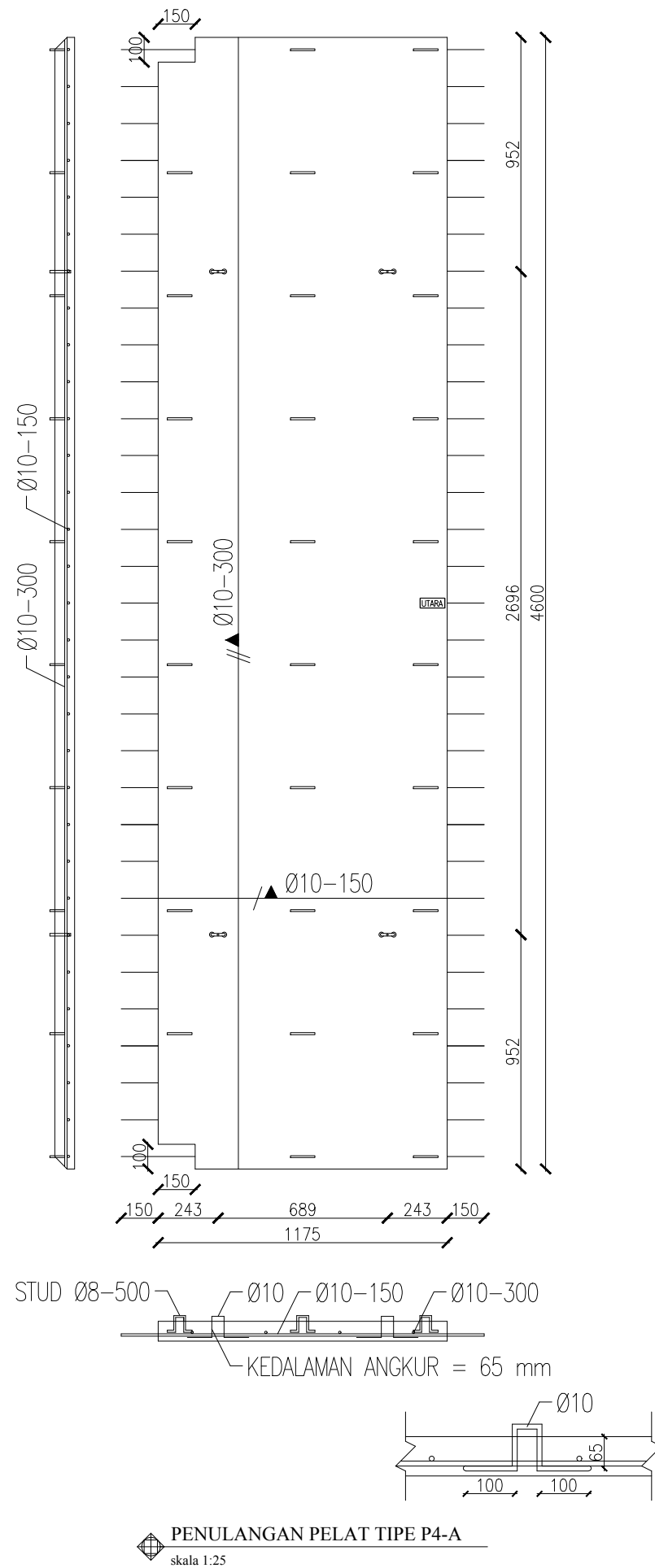
Catatan :

NOMOR

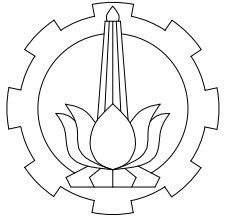
JUMLAH

27

67



TIPE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-atap	JUMLAH TOTAL
P4-A	80	20	4600	1175	1037,8	2	2	20



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK TIPE P5  
skala 1:25

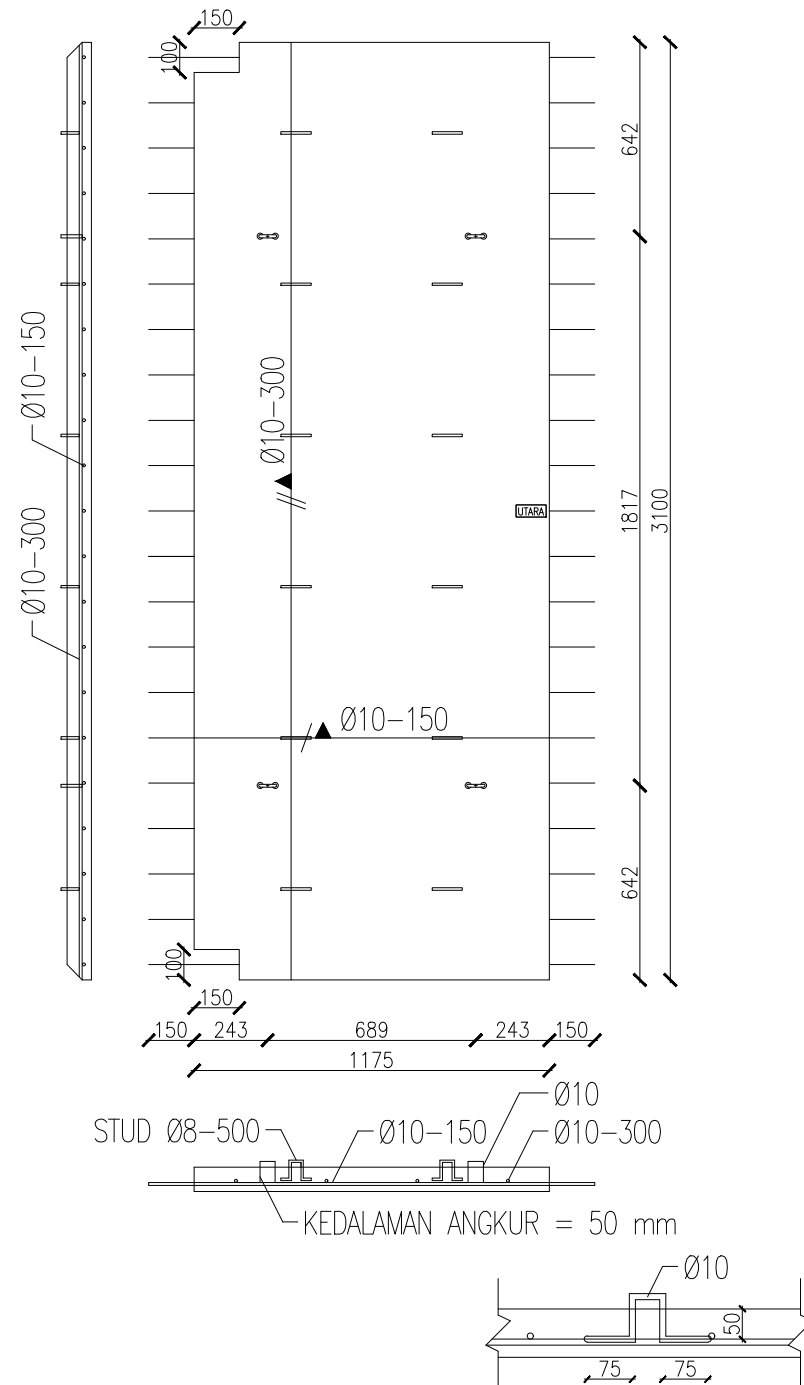
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

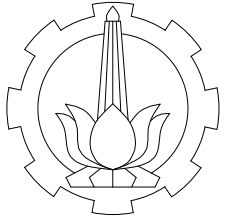
28

67



**PENULANGAN PELAT TIPE P5-A**  
skala 1:25

TIPE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-atap	JUMLAH TOTAL
P5-A	80	20	3100	1175	699,4	2	2	20



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK TIPE P6  
skala 1:25

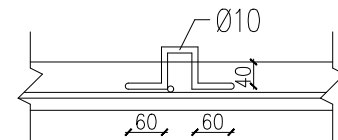
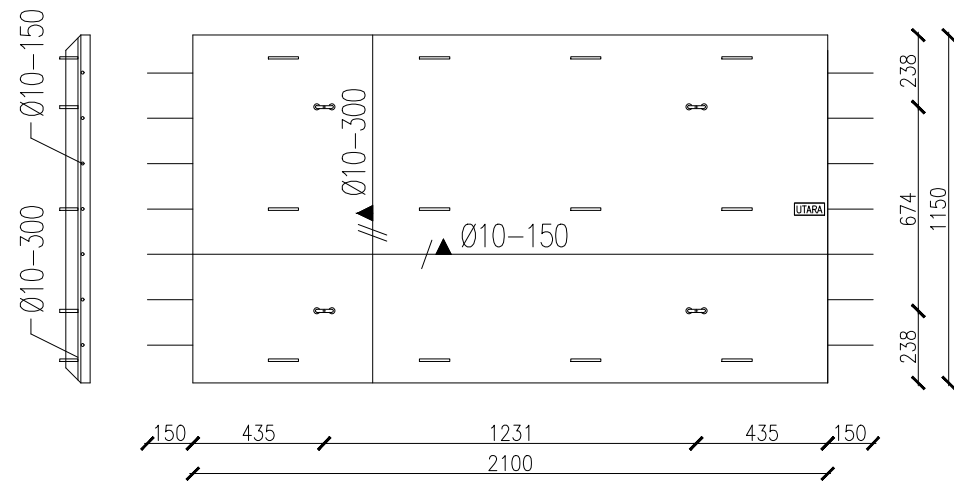
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

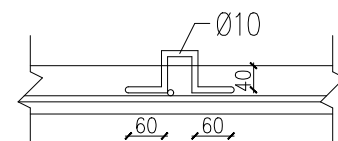
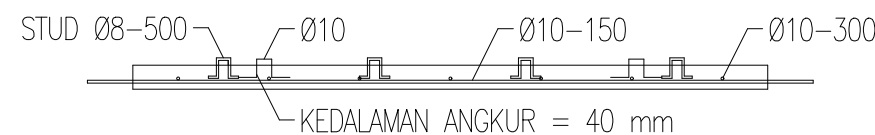
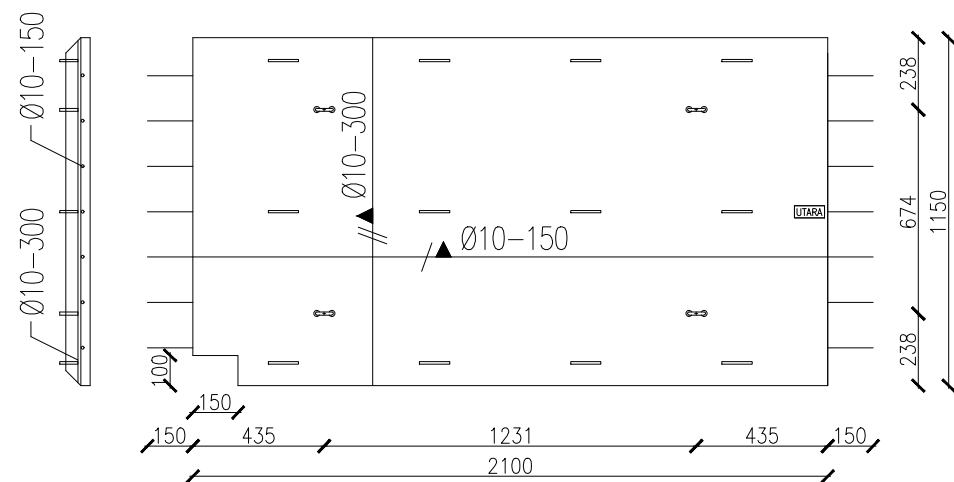
29

67

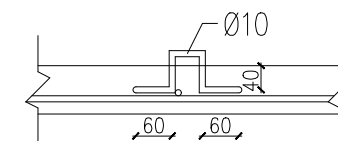
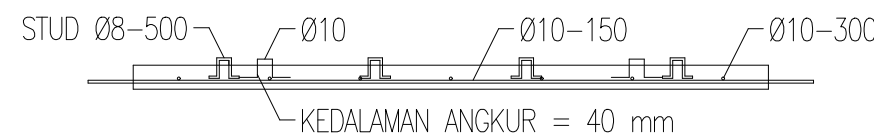
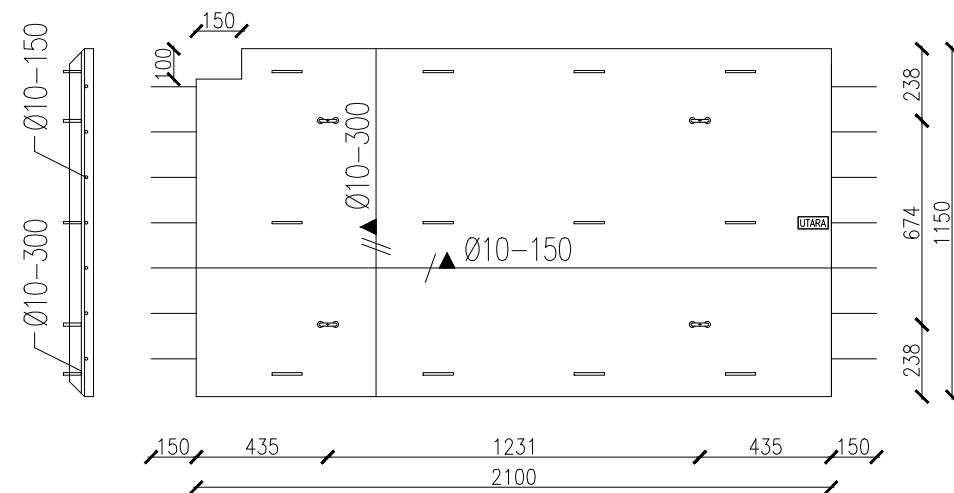


◆ PENULANGAN PELAT TIPE P6-A  
skala 1:25

TIPE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-atap	JUMLAH pada lantai r.lift	JUMLAH TOTAL
P6-A	80	20	1150	2100	463,7	12	4	4	52
P6-B	80	20	1150	2100	463,7	6	2	2	26
P6-C	80	20	1150	2100	463,7	6	2	2	26

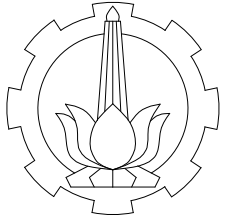


◆ PENULANGAN PELAT TIPE P6-B  
skala 1:25



◆ PENULANGAN PELAT TIPE P6-C  
skala 1:25





TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
PELAT PRACETAK TIPE P7  
skala 1:25

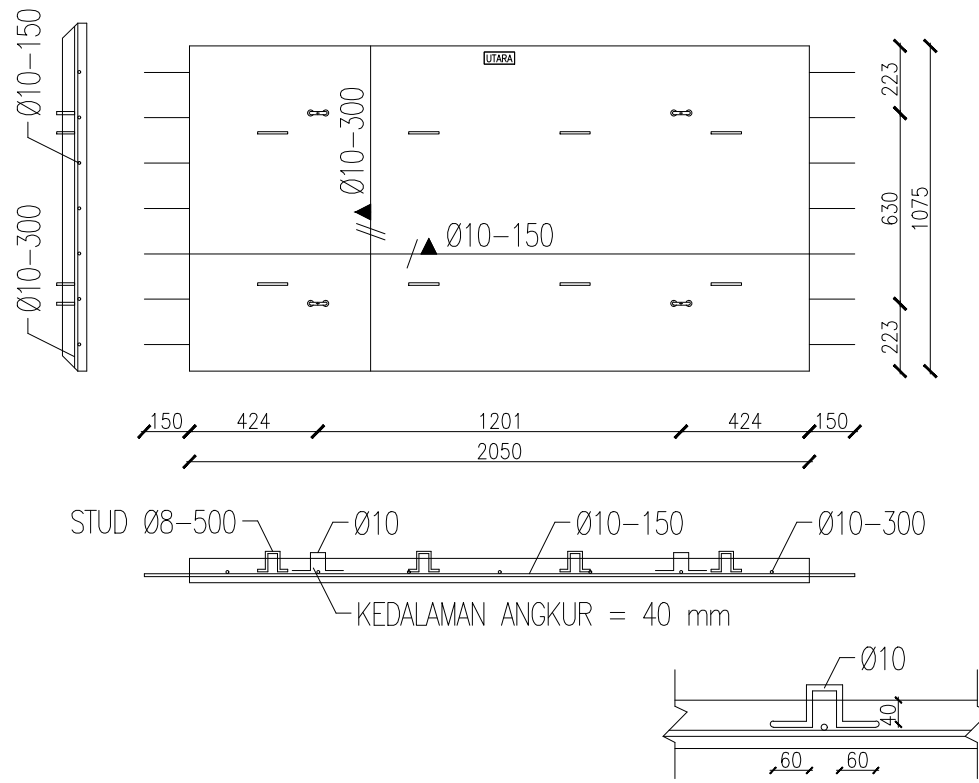
Catatan :

NOMOR

30

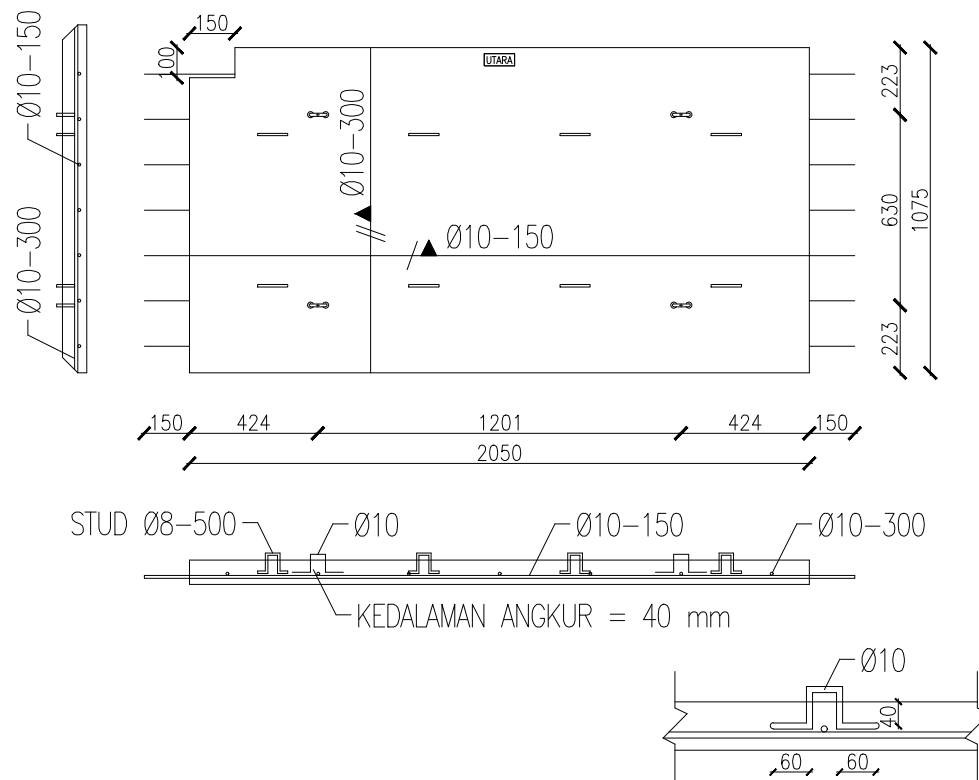
JUMLAH

67

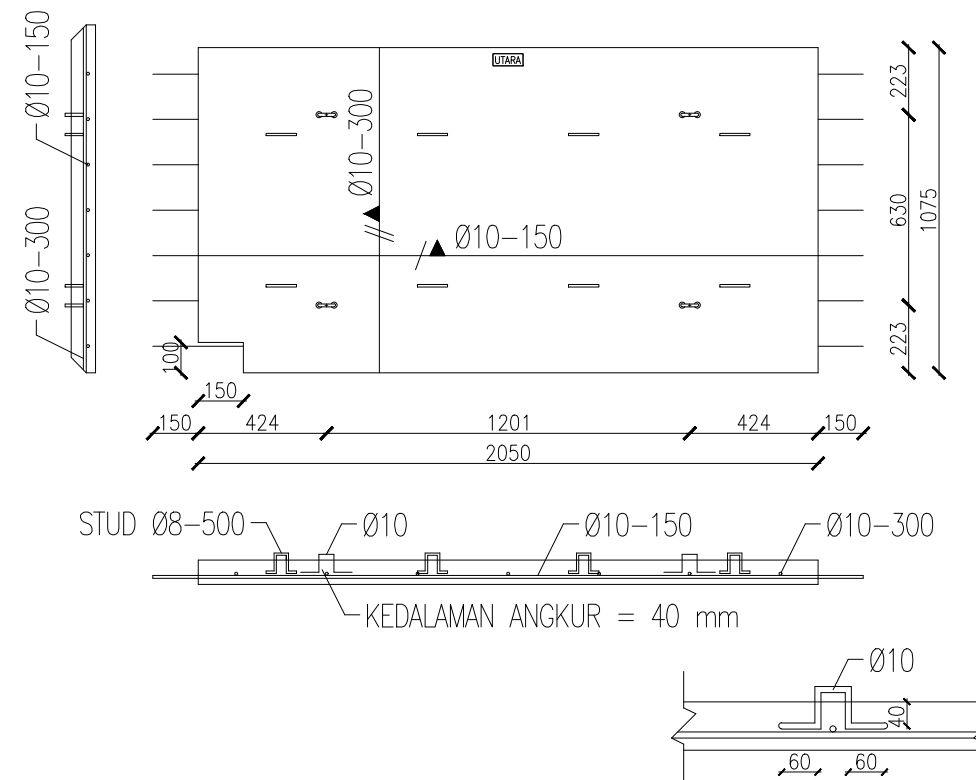


◆ PENULANGAN PELAT TIPE P7-A  
skala 1:25

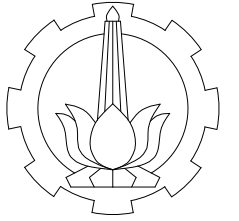
TIPE PELAT	TEBAL PELAT (mm)	TEBAL SELIMUT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-atap	JUMLAH TOTAL
P7-A	80	20	2050	1075	423,1	2	2	20
P7-B	80	20	2050	1075	423,1	1	1	10
P7-C	80	20	2050	1075	423,1	1	1	10



◆ PENULANGAN PELAT TIPE P7-B  
skala 1:25



◆ PENULANGAN PELAT TIPE P7-C  
skala 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

PEMASANGAN TULANGAN  
PELAT LANTAI  
skala 1:250

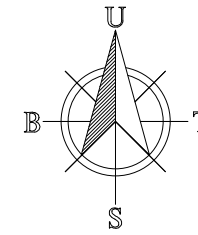
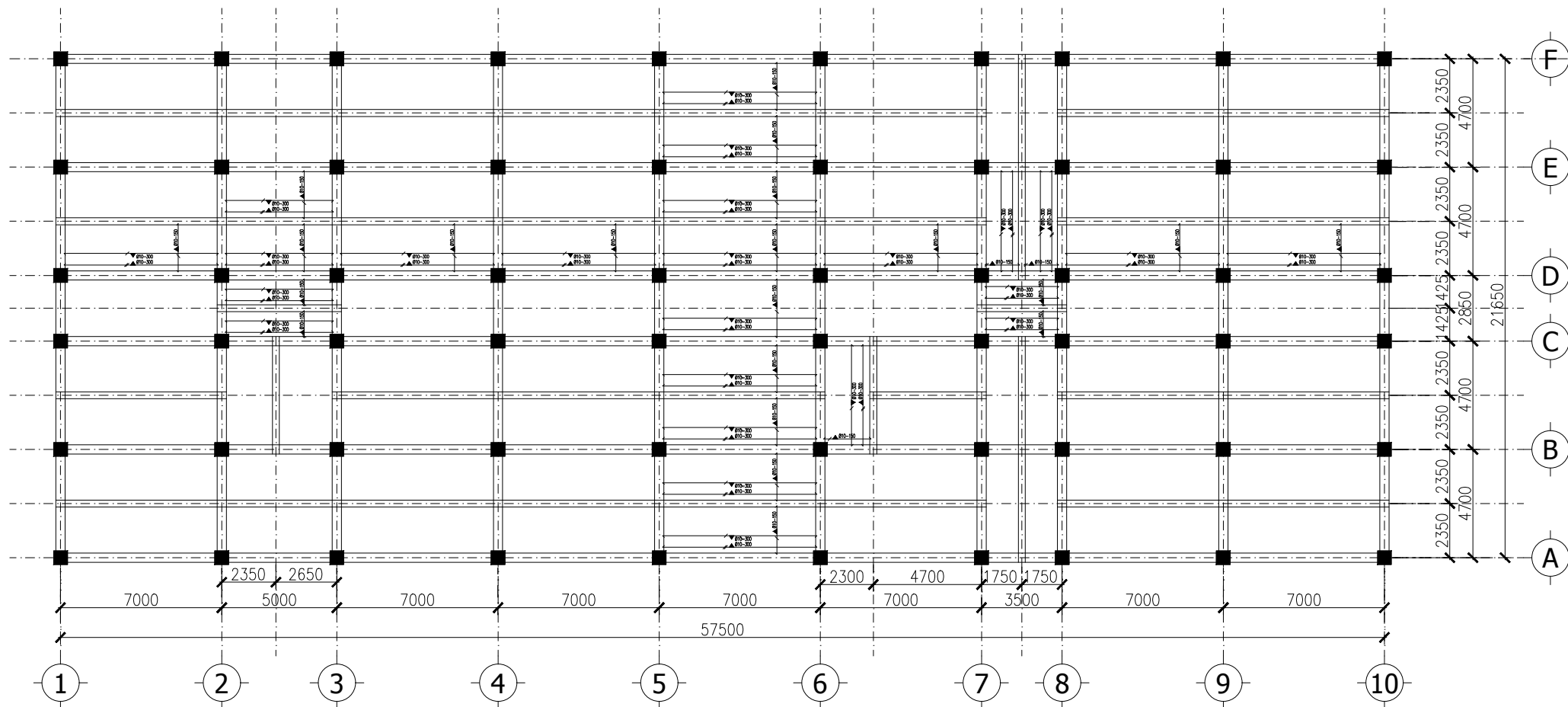
Catatan :

NOMOR

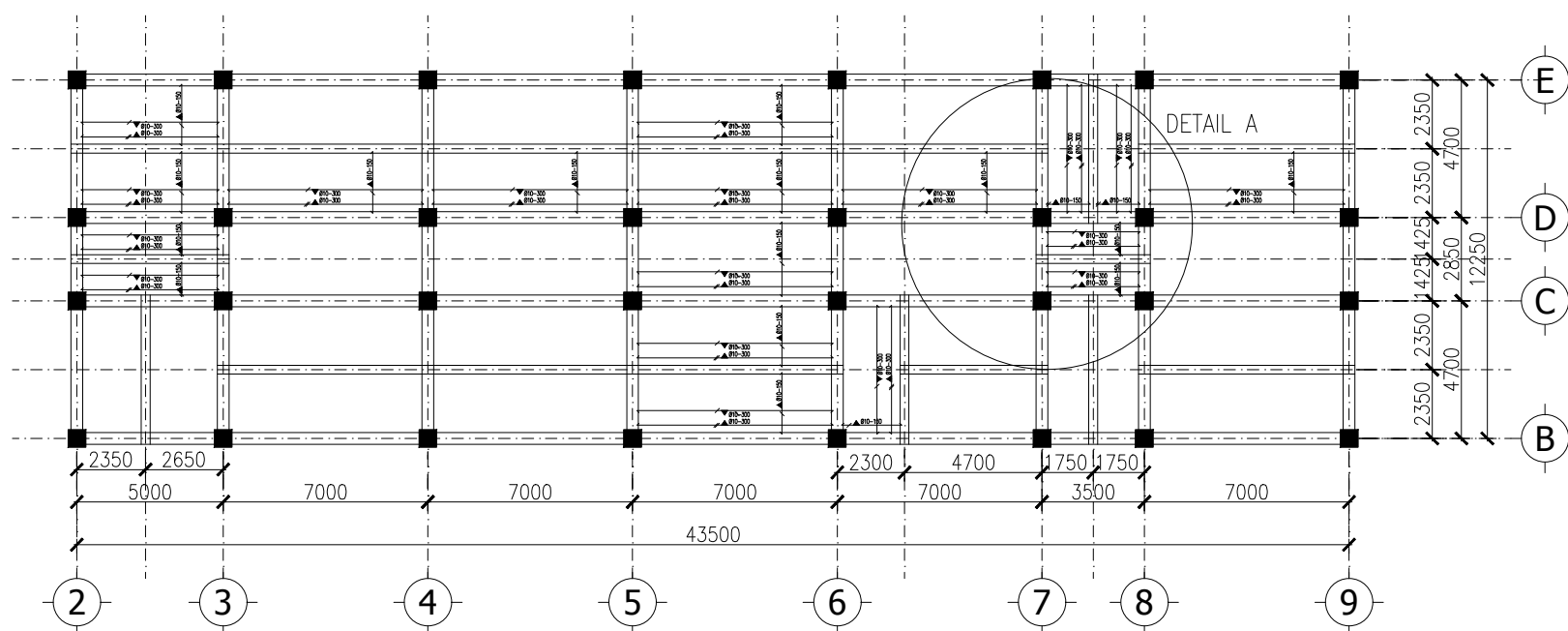
JUMLAH

31

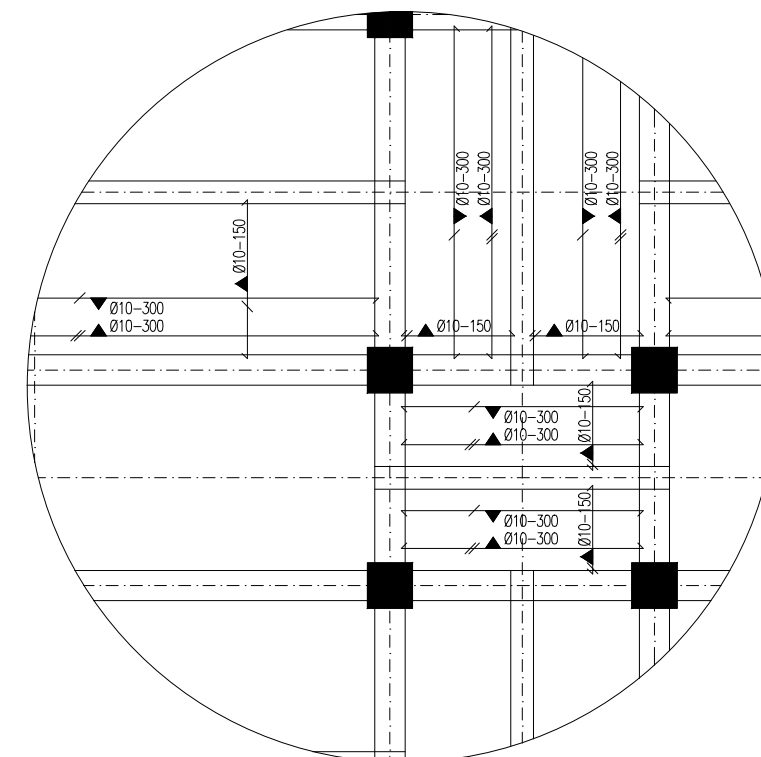
67



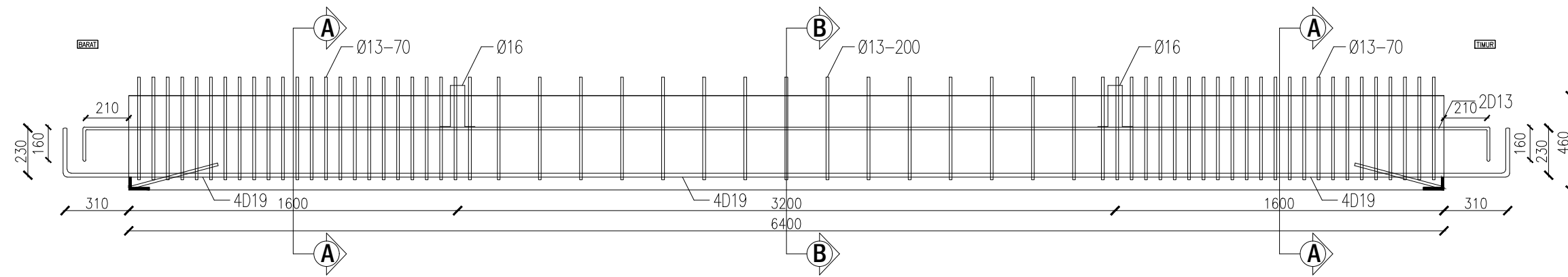
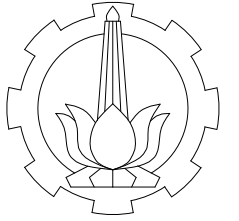
PEMASANGAN TULANGAN PELAT LANTAI 2  
skala 1:250



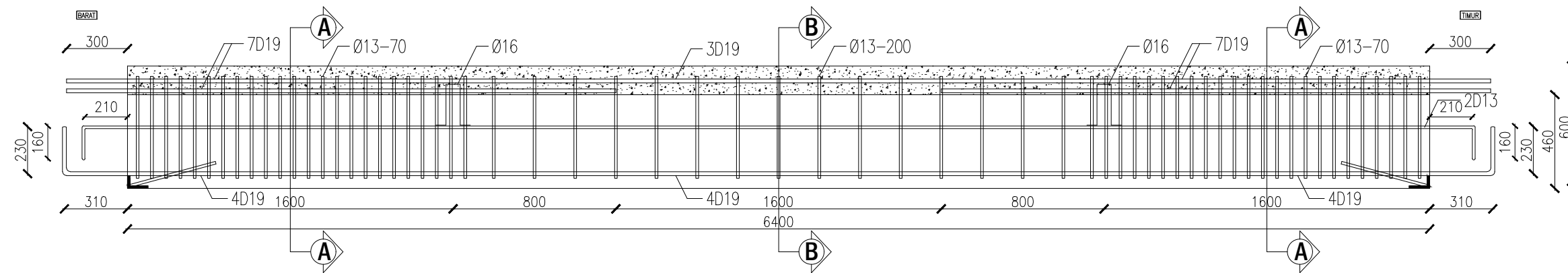
PEMASANGAN TULANGAN PELAT LANTAI 3 - ATAP  
skala 1:250



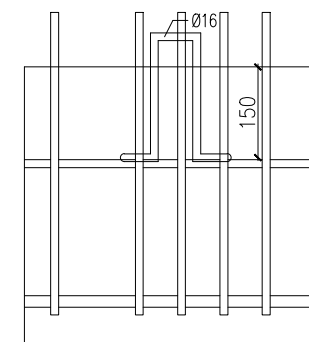
DETAIL A  
skala 1:100



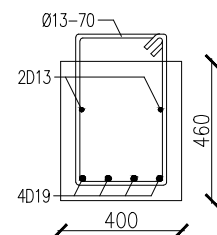
◆ PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-A  
skala 1:25



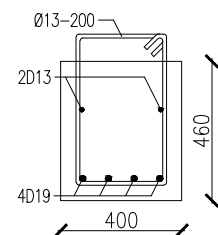
◆ PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-A  
skala 1:25



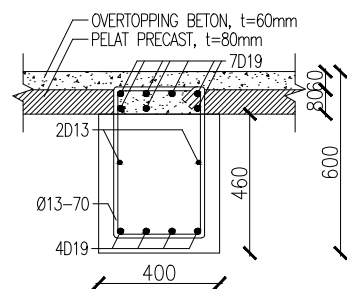
◆ DETAIL TULANGAN ANGKAT  
skala 1:12,5



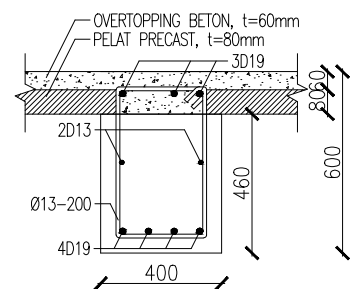
◆ POTONGAN A-A SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



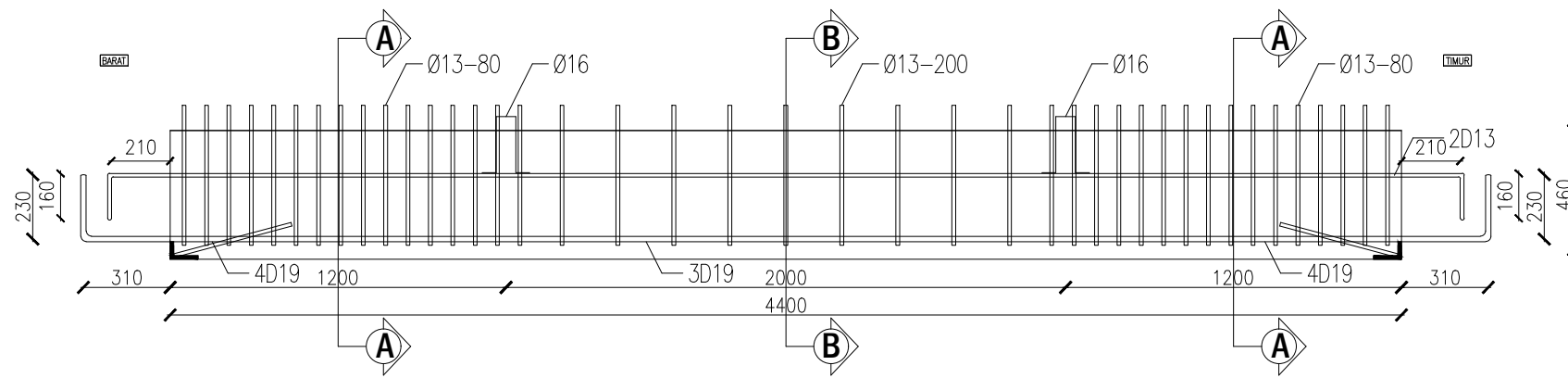
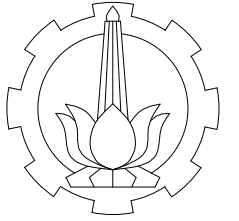
◆ POTONGAN A-A SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25



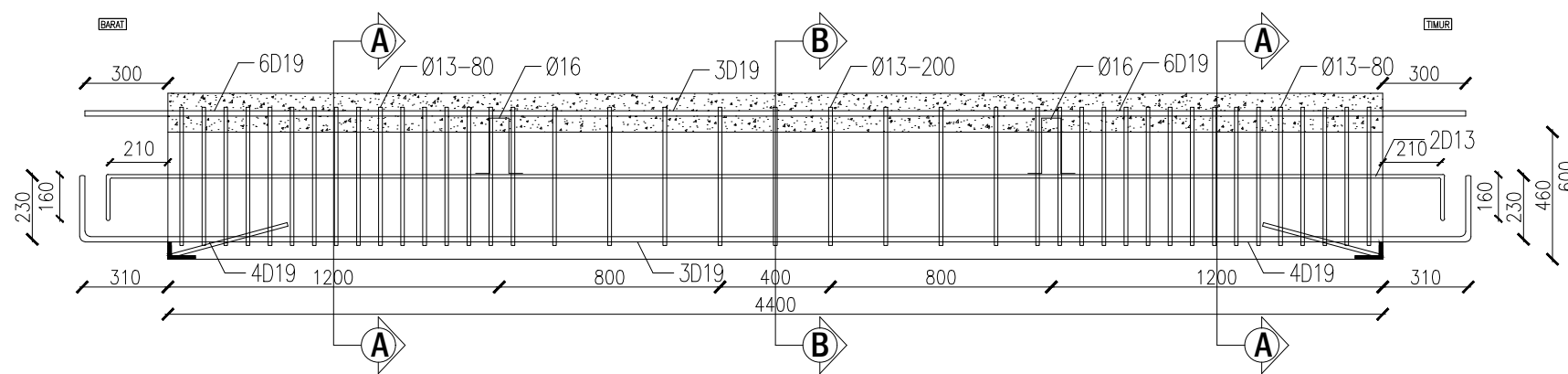
◆ POTONGAN B-B SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

TABEL BALOK INDUK PRACETAK

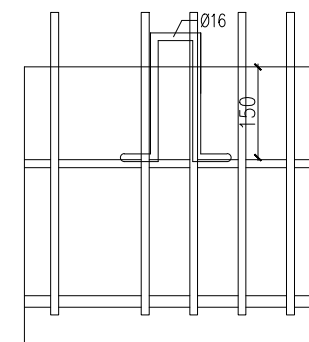
TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-otop	JUMLAH pada r.lift	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	42	20	2	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	6	4	2	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	6	4	0	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	40	16	4	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	10	8	0	82



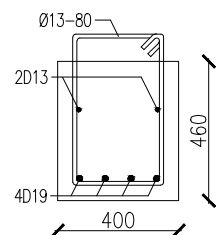
◆ PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-B  
skala 1:25



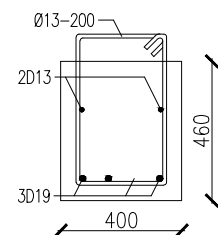
◆ PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-B  
skala 1:25



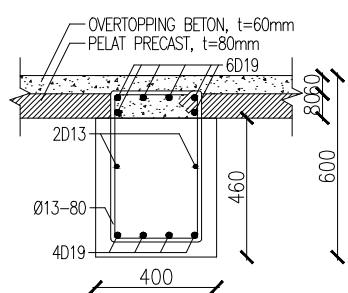
◆ DETAIL TULANGAN ANGKAT  
skala 1:12,5



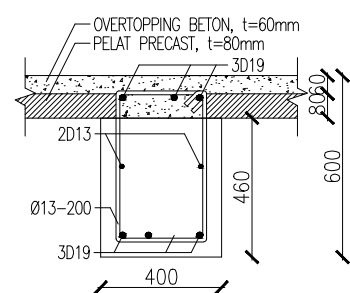
◆ POTONGAN A-A SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



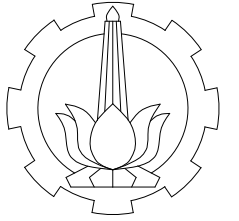
◆ POTONGAN A-A SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

TABEL BALOK INDUK PRACETAK

TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-otop	JUMLAH pada r.lift	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	42	20	2	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	6	4	2	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	6	4	0	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	40	16	4	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	10	8	0	82



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

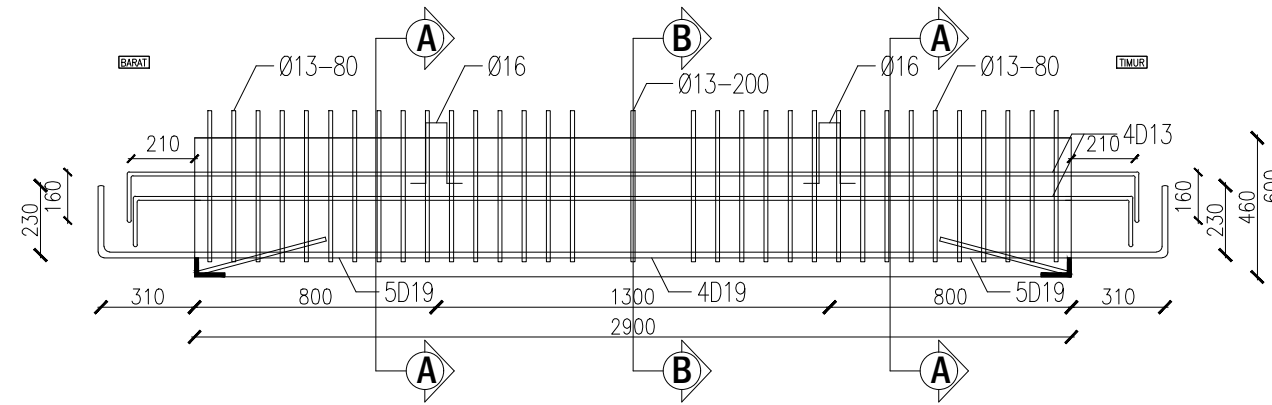
NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

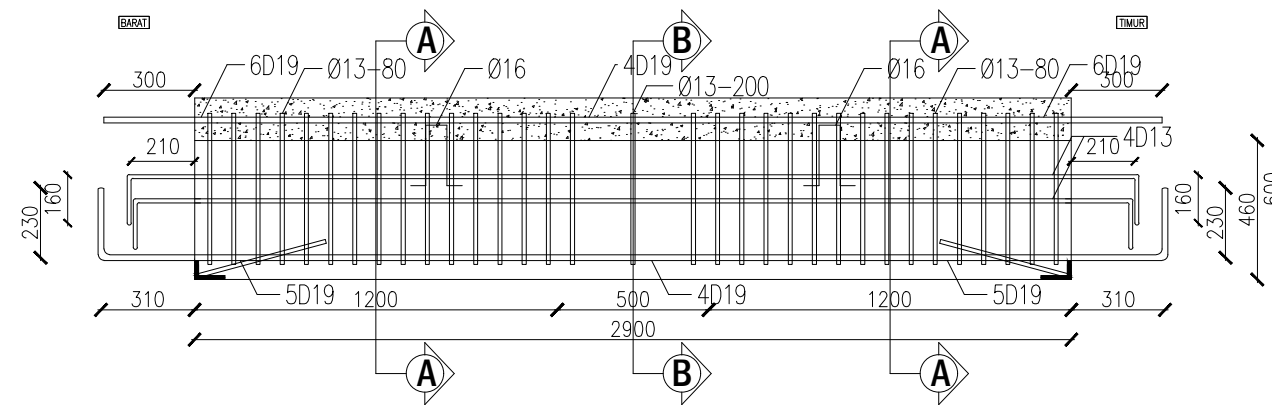
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK  
INDUK PRACETAK TIPE B1-C  
skala 1:25

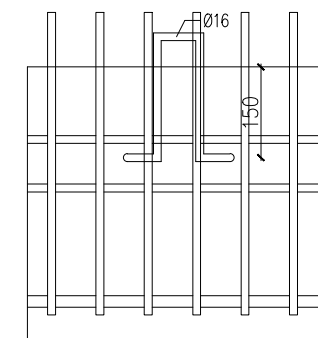
Catatan :



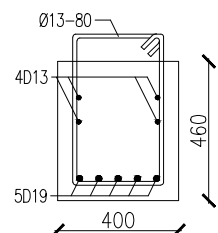
◆ PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-C  
skala 1:25



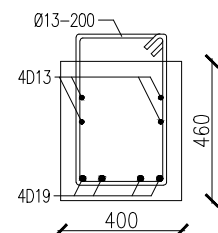
◆ PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-C  
skala 1:25



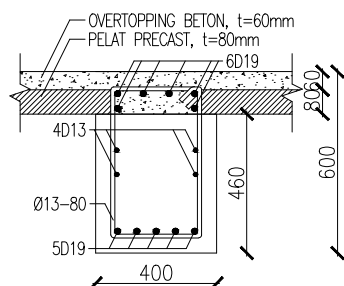
◆ DETAIL TULANGAN ANGKAT  
skala 1:12,5



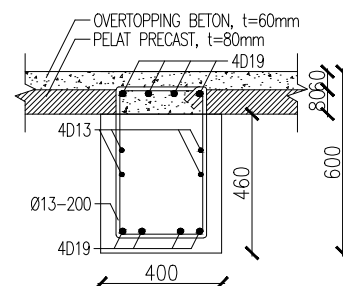
◆ POTONGAN A-A SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN A-A SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

TABEL BALOK INDUK PRACETAK

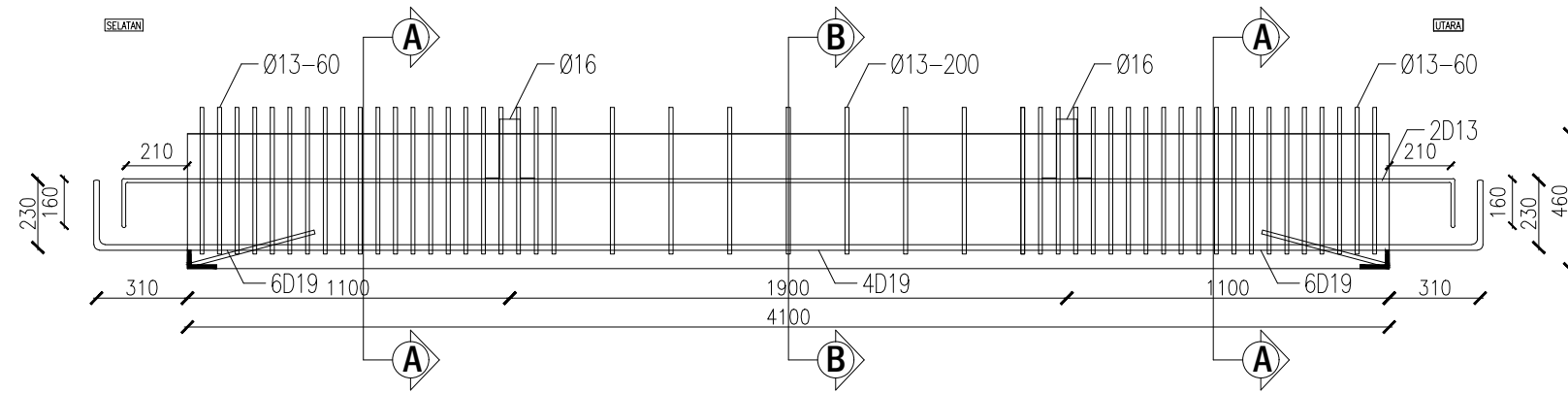
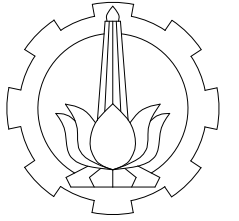
TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-otop	JUMLAH pada r.lift	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	42	20	2	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	6	4	2	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	6	4	0	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	40	16	4	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	10	8	0	82

NOMOR

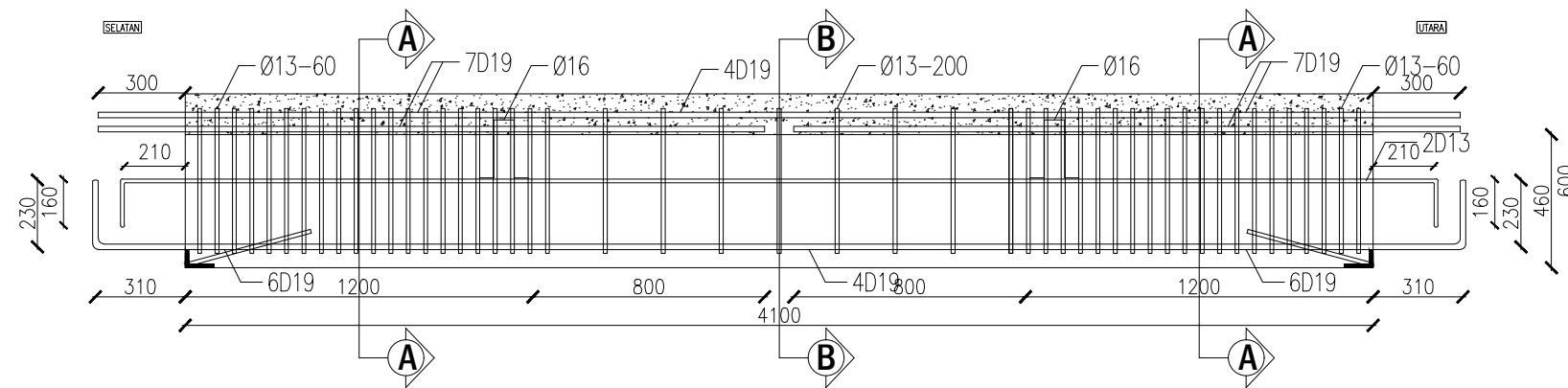
JUMLAH

34

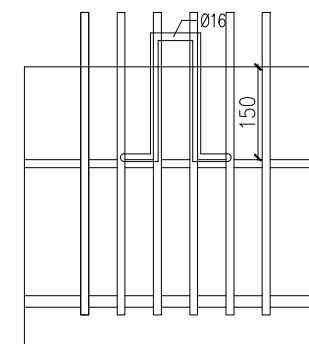
67



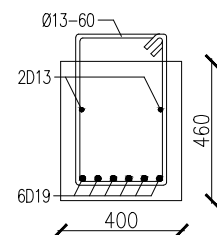
◆ PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-D  
skala 1:25



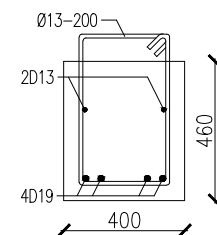
◆ PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-D  
skala 1:25



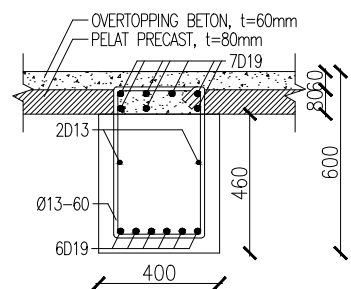
◆ DETAIL TULANGAN ANGKAT  
skala 1:12,5



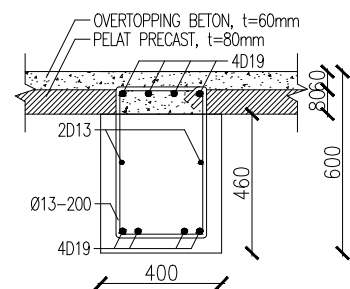
◆ POTONGAN A-A SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



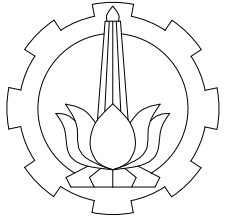
◆ POTONGAN A-A SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

TABEL BALOK INDUK PRACETAK

TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-otop	JUMLAH pada r.lift	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	42	20	2	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	6	4	2	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	6	4	0	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	40	16	4	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	10	8	0	82



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

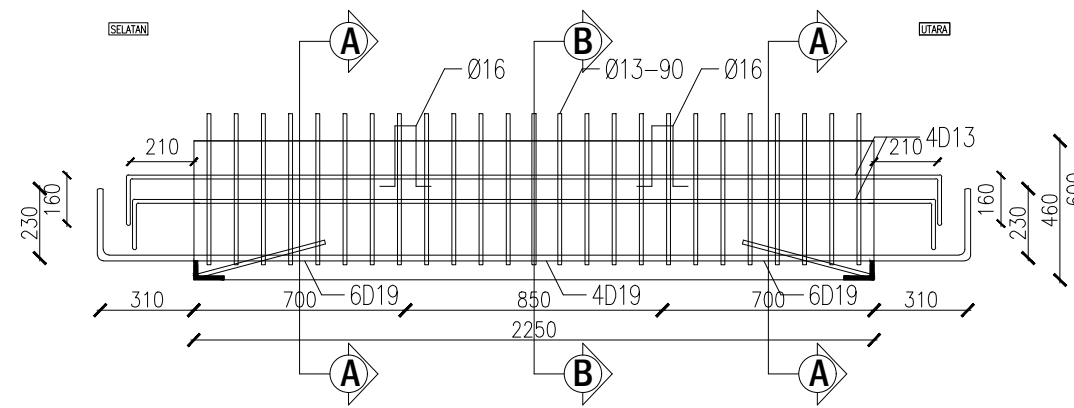
NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

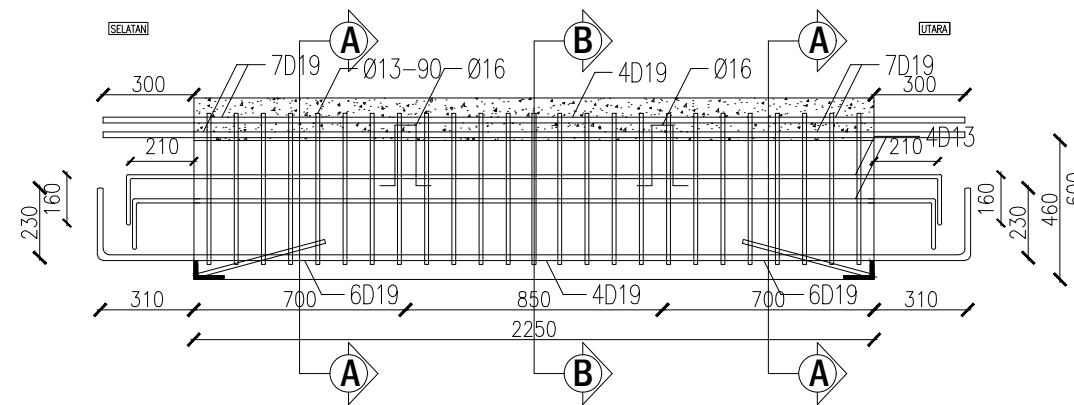
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK  
INDUK PRACETAK TIPE B1-E  
skala 1:25

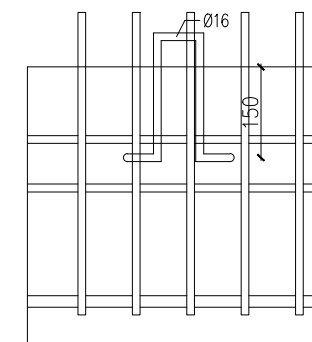
Catatan :



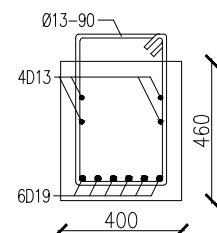
◆ PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-E  
skala 1:25



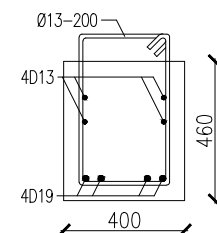
◆ PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK INDUK TIPE B1-E  
skala 1:25



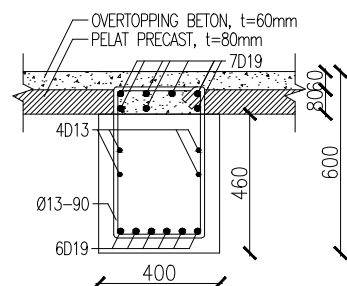
◆ DETAIL TULANGAN ANGKAT  
skala 1:12,5



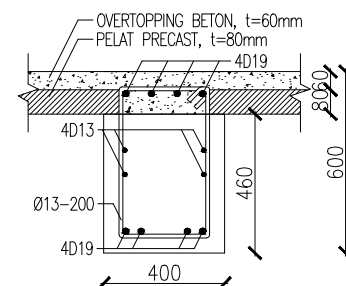
◆ POTONGAN A-A SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN A-A SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

TABEL BALOK INDUK PRACETAK

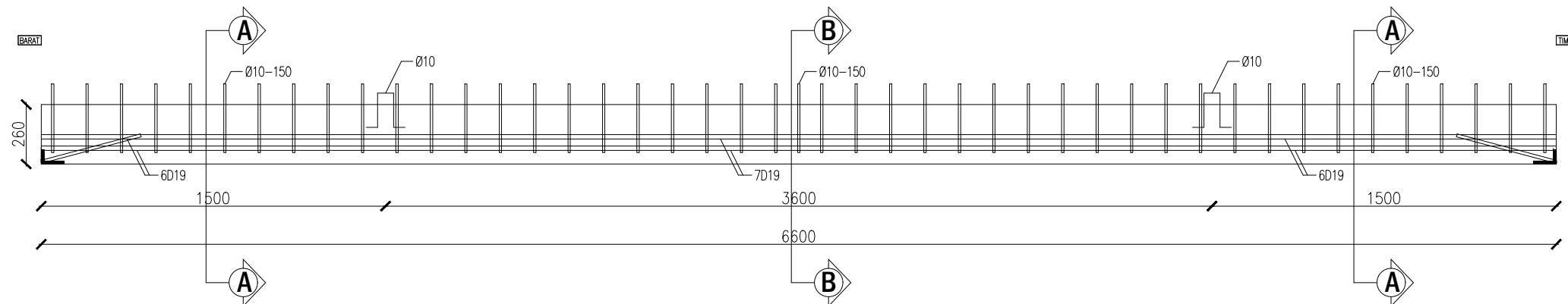
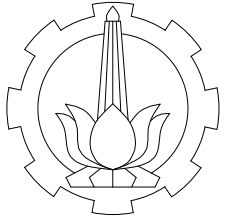
TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-otop	JUMLAH pada r.lift	JUMLAH TOTAL
B1-A	50	6400	400	460	2826,2	42	20	2	224
B1-B	50	4400	400	460	1943	6	4	2	44
B1-C	50	2900	400	460	1280,6	6	4	0	42
B1-D	50	4100	400	460	1810,6	40	16	4	188
B1-E	50	2250	400	460	993,6	10	8	0	82

NOMOR

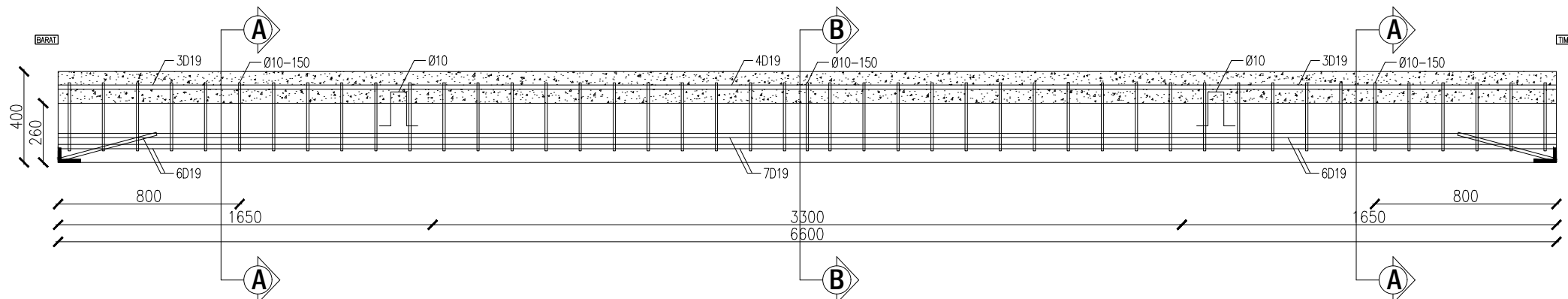
JUMLAH

36

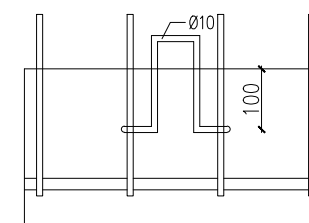
67



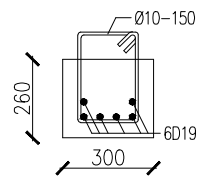
◆ PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK ANAK TIPE B2-A  
skala 1:25



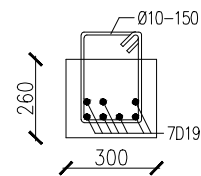
◆ PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK ANAK TIPE B2-A  
skala 1:25



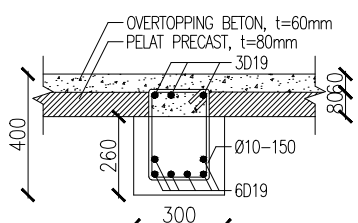
◆ DETAIL TULANGAN ANGKAT  
skala 1:12,5



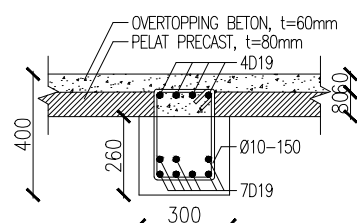
◆ POTONGAN A-A SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN B-B SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



◆ POTONGAN A-A SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

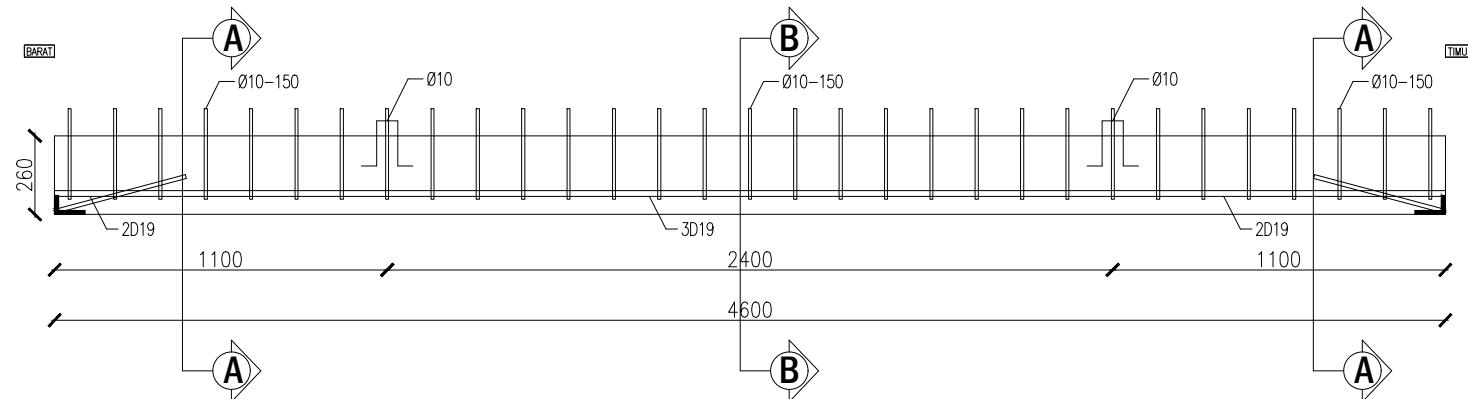
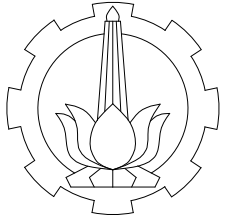


◆ POTONGAN B-B SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

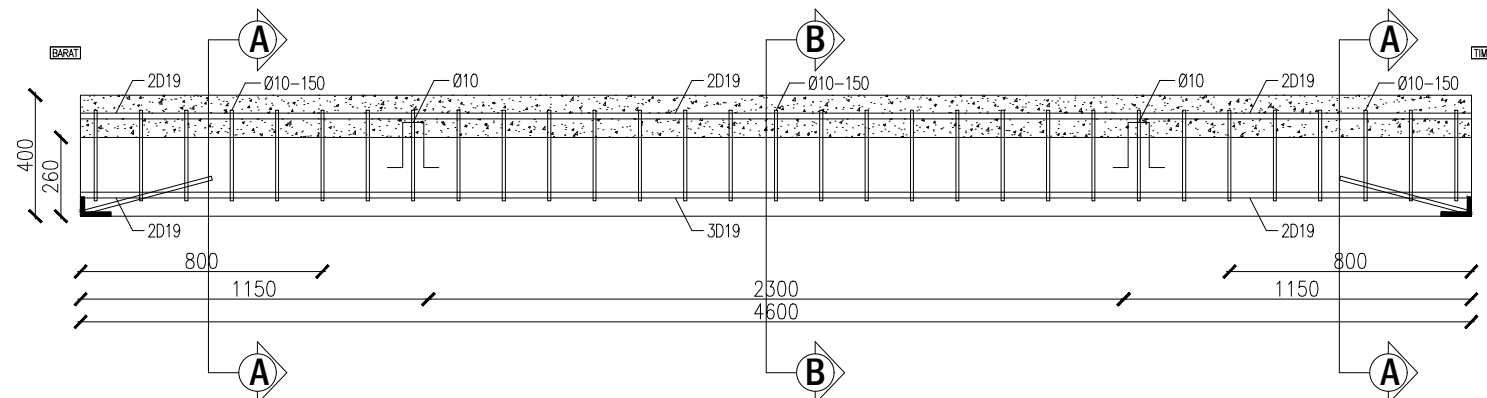
TABEL BALOK ANAK PRACETAK

TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-otop	JUMLAH pada lantai r.lift	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	27	9	1	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	4	2	1	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	1	0	10
B2-D	50	4300	300	260	805	7	5	0	52

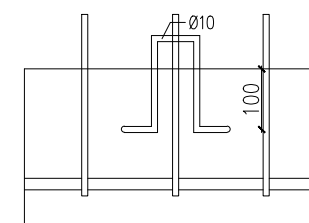




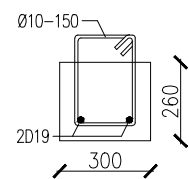
PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK ANAK TIPE B2-B  
skala 1:25



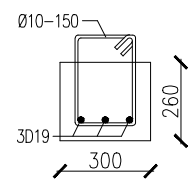
PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK ANAK TIPE B2-B  
skala 1:25



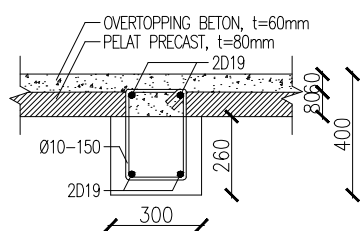
DETAIL TULANGAN ANGGAT  
skala 1:12,5



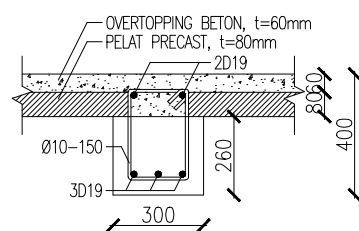
POTONGAN A-A SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



POTONGAN B-B SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



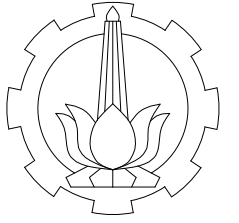
POTONGAN A-A SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25



POTONGAN B-B SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

TABEL BALOK ANAK PRACETAK

TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-otop	JUMLAH pada lantai r.lift	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	27	9	1	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	4	2	1	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	1	0	10
B2-D	50	4300	300	260	805	7	5	0	52



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

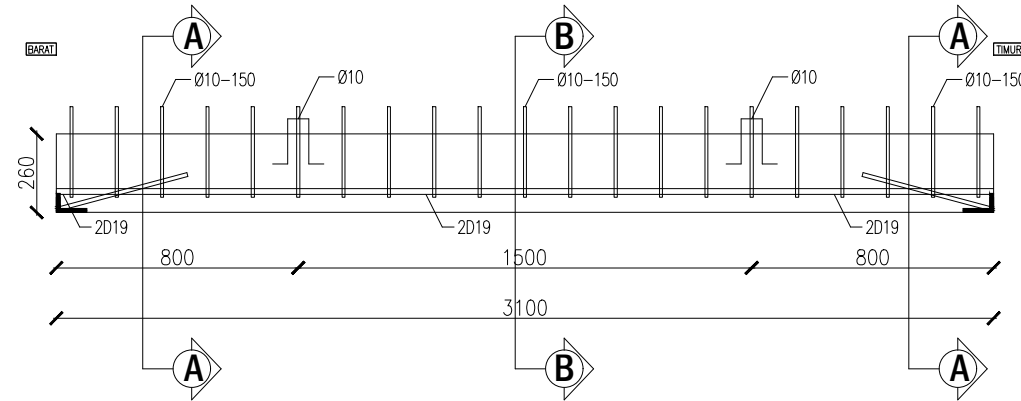
NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

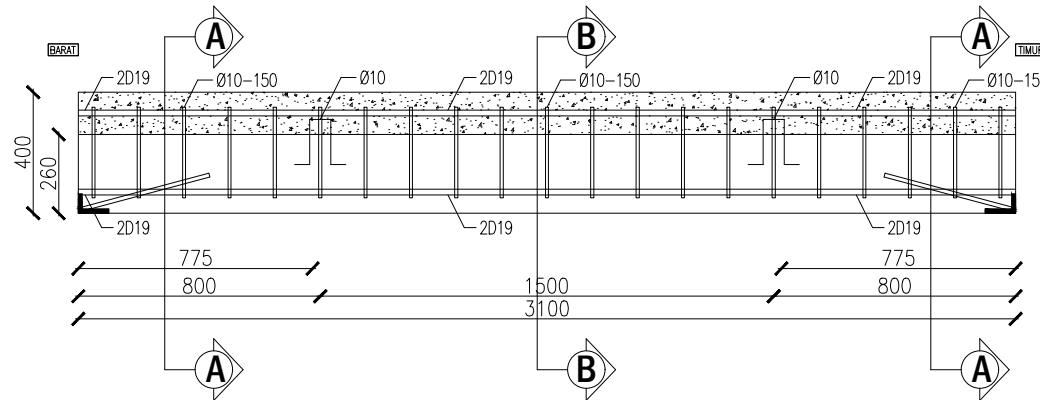
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK  
ANAK PRACETAK TIPE B2-C  
skala 1:25

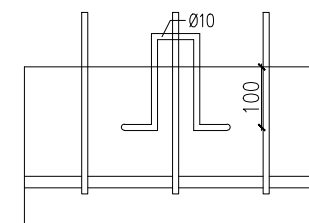
Catatan :



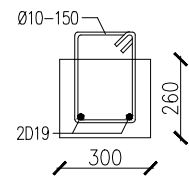
PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK ANAK TIPE B2-C  
skala 1:25



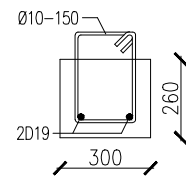
PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK ANAK TIPE B2-C  
skala 1:25



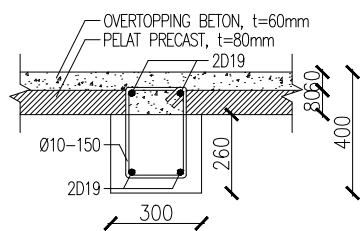
DETAIL TULANGAN ANGKAT  
skala 1:12,5



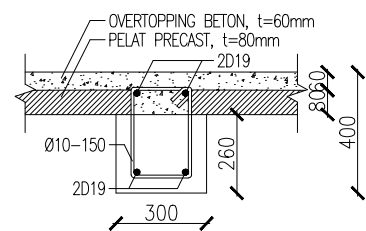
POTONGAN A-A SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



POTONGAN B-B SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



POTONGAN A-A SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25



POTONGAN B-B SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

TABEL BALOK ANAK PRACETAK

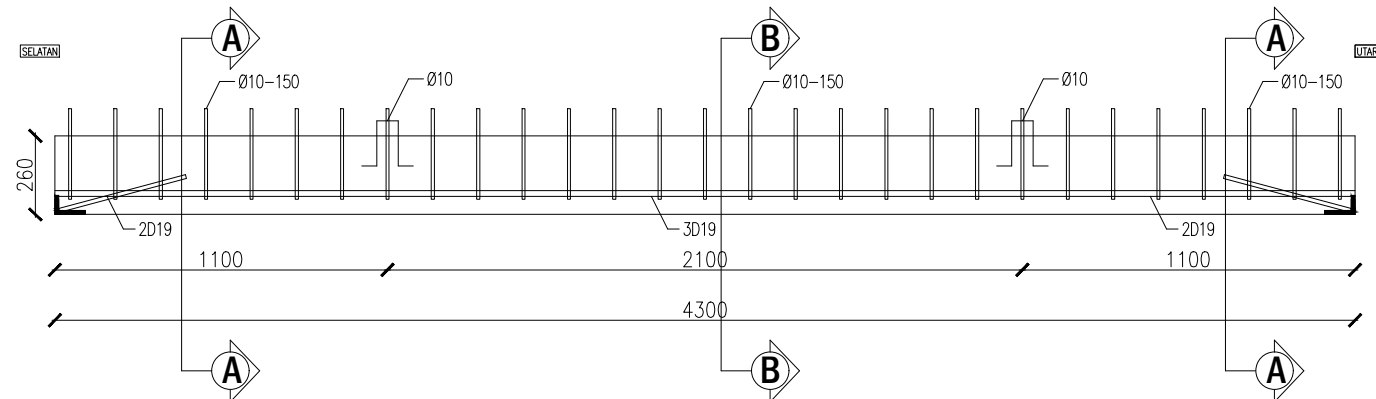
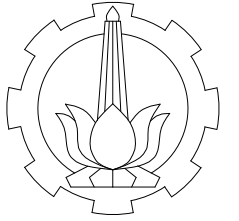
TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-otop	JUMLAH pada lantai r.lift	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	27	9	1	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	4	2	1	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	1	0	10
B2-D	50	4300	300	260	805	7	5	0	52

NOMOR

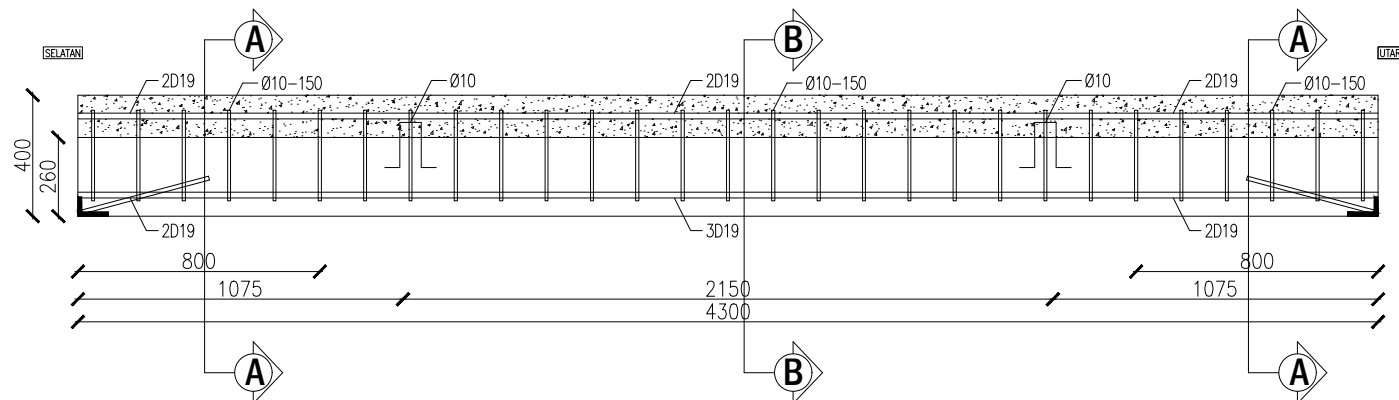
JUMLAH

39

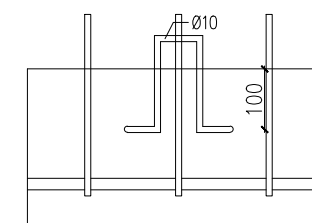
67



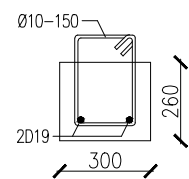
PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT BALOK ANAK TIPE B2-D  
skala 1:25



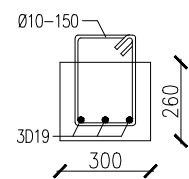
PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT BALOK ANAK TIPE B2-D  
skala 1:25



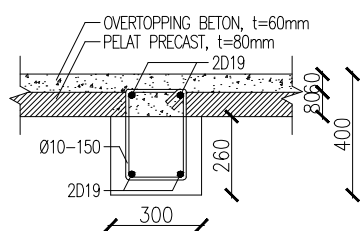
DETAIL TULANGAN ANGKAT  
skala 1:12,5



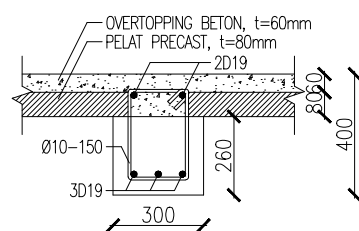
POTONGAN A-A SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



POTONGAN B-B SEBELUM KOMPOSIT  
skala 1:25



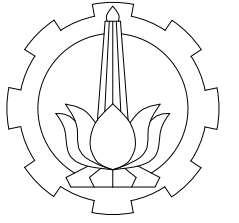
POTONGAN A-A SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25



POTONGAN B-B SESUDAH KOMPOSIT  
skala 1:25

TABEL BALOK ANAK PRACETAK

TIPE BALOK	TEBAL SELIMUT (mm)	Ln (mm)	b (mm)	h (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH pada lantai 2	JUMLAH pada lantai 3-otop	JUMLAH pada lantai r.lift	JUMLAH TOTAL
B2-A	50	6600	300	260	1235,5	27	9	1	109
B2-B	50	4600	300	260	861,1	4	2	1	23
B2-C	50	3100	300	260	580,3	1	1	0	10
B2-D	50	4300	300	260	805	7	5	0	52



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 1011141000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM  
skala 1:50

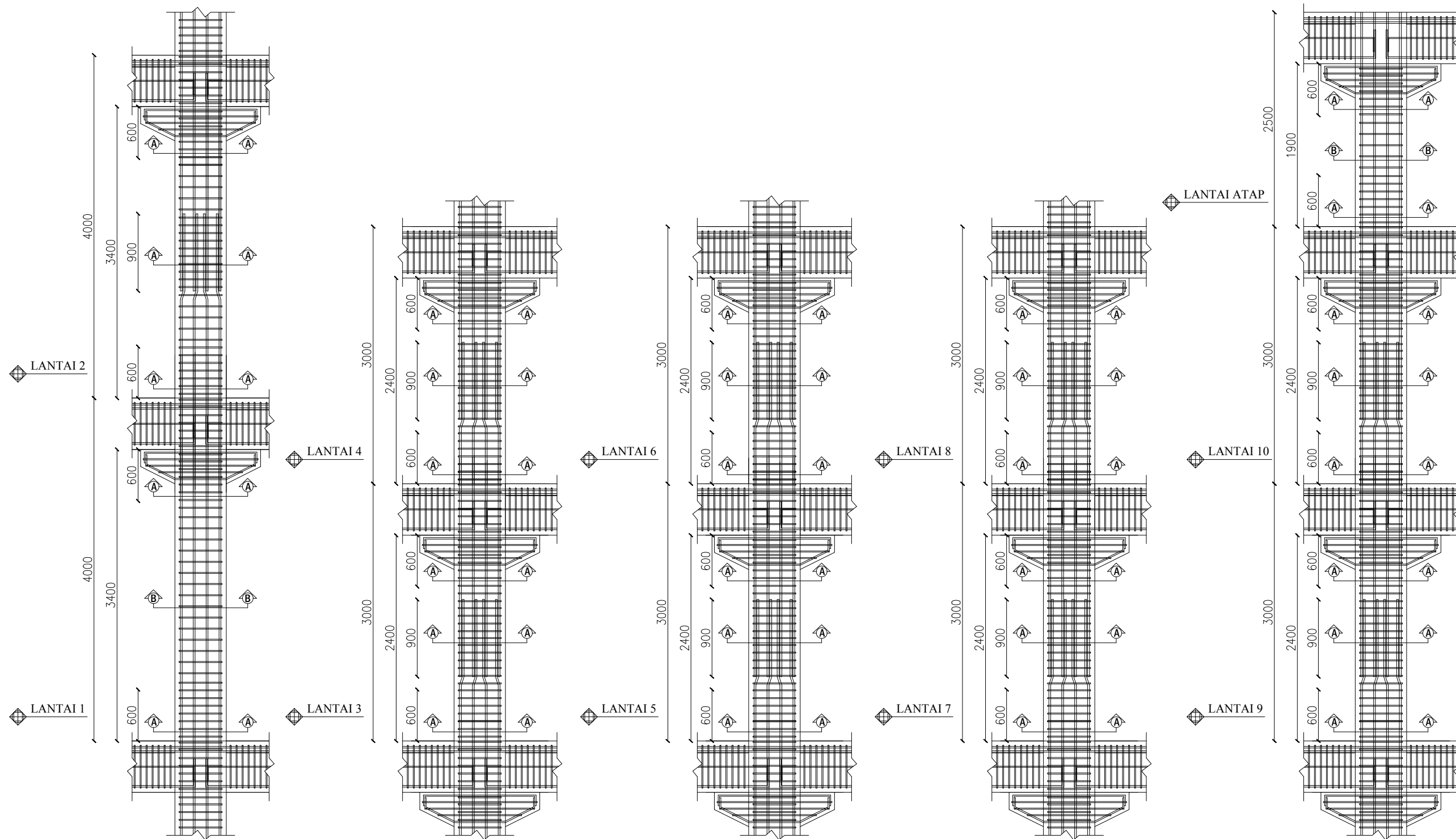
Catatan :

NOMOR

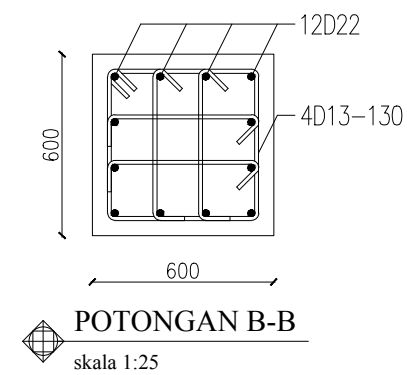
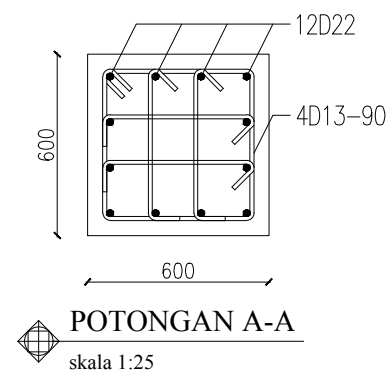
41

JUMLAH

67



DETAIL PENULANGAN KOLOM  
skala 1:50



## BALOK INDUK

TIPE BALOK	B1-A		B1-B		B1-C		B1-D		B1-E	
DIMENSI	400 X 600		400 X 600		400 X 600		400 X 600		400 X 600	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN										
TULANGAN ATAS	7D19	3D19	6D19	3D19	6D19	4D19	7D19	4D19	7D19	4D19
TULANGAN BAWAH	4D19	4D19	4D19	3D19	5D19	4D19	6D19	4D19	6D19	4D19
SENGKANG	Ø13-70	Ø13-200	Ø13-80	Ø13-200	Ø13-80	Ø13-200	Ø13-60	Ø13-200	Ø13-90	Ø13-200
TULANGAN TORSI	2D13	2D13	2D13	2D13	4D13	4D13	2D13	2D13	4D13	4D13

## BALOK ANAK

TIPE BALOK	B2-A		B2-B		B2-C		B2-D	
DIMENSI	300 X 400		300 X 400		300 X 400		300 X 400	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN								
TULANGAN ATAS	3D19	4D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
TULANGAN BAWAH	6D19	7D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	3D19
SENGKANG	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150

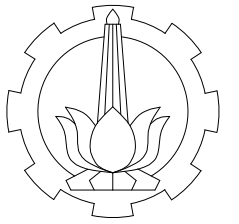
## KOLOM

TIPE KOLOM	K1	
DIMENSI	600 X 600	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
TULANGAN ATAS	12D22	12D22
SENGKANG	4D13-90	4D13-130



## REKAPITULASI PENULANGAN BALOK & KOLOM

skala 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

### DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

### NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

### NAMA GAMBAR

REKAPITULASI PENULANGAN  
BALOK & KOLOM  
skala 1:25

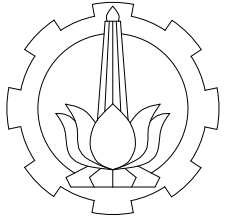
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

42

67



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
TANGGA  
skala 1:25

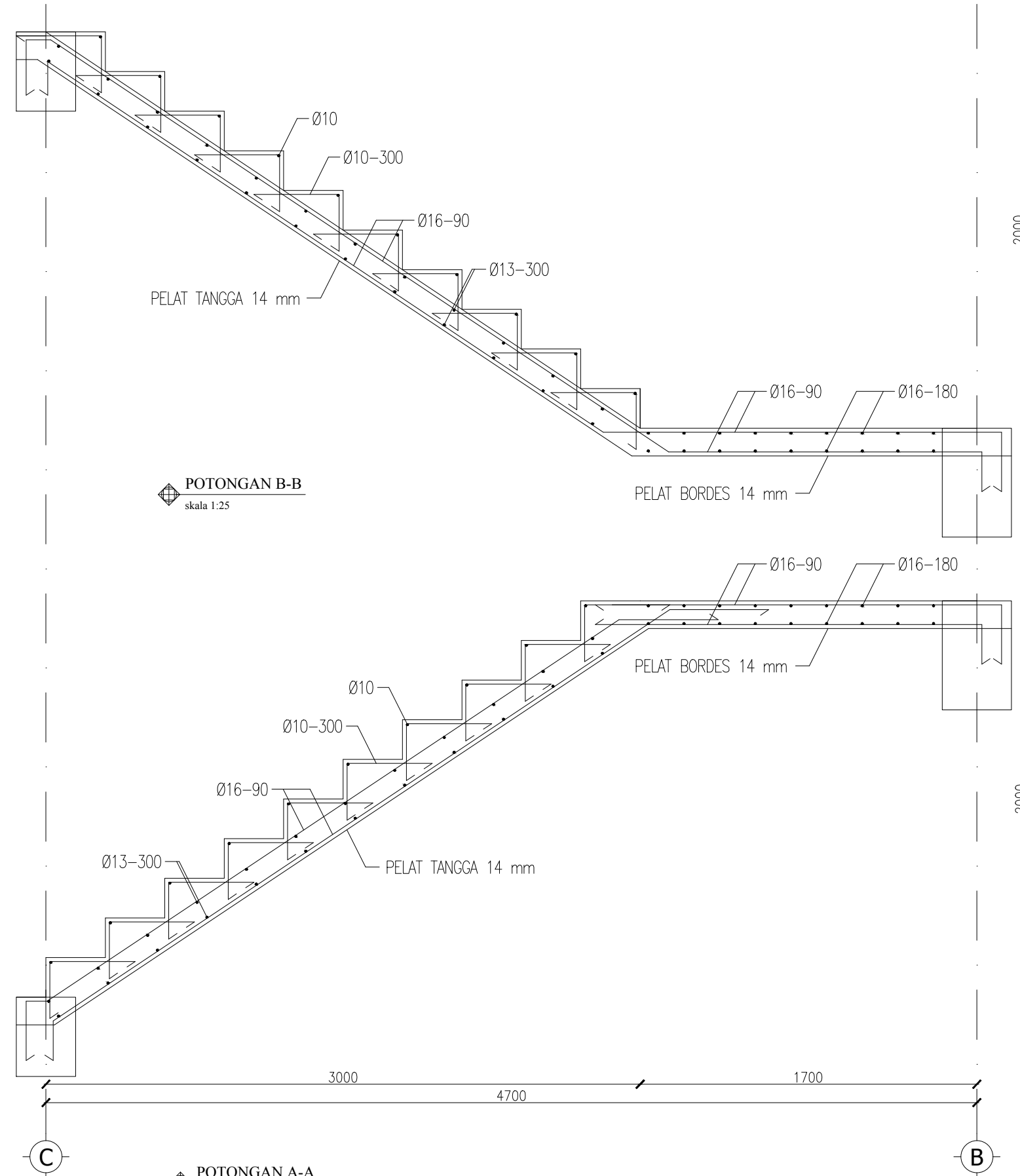
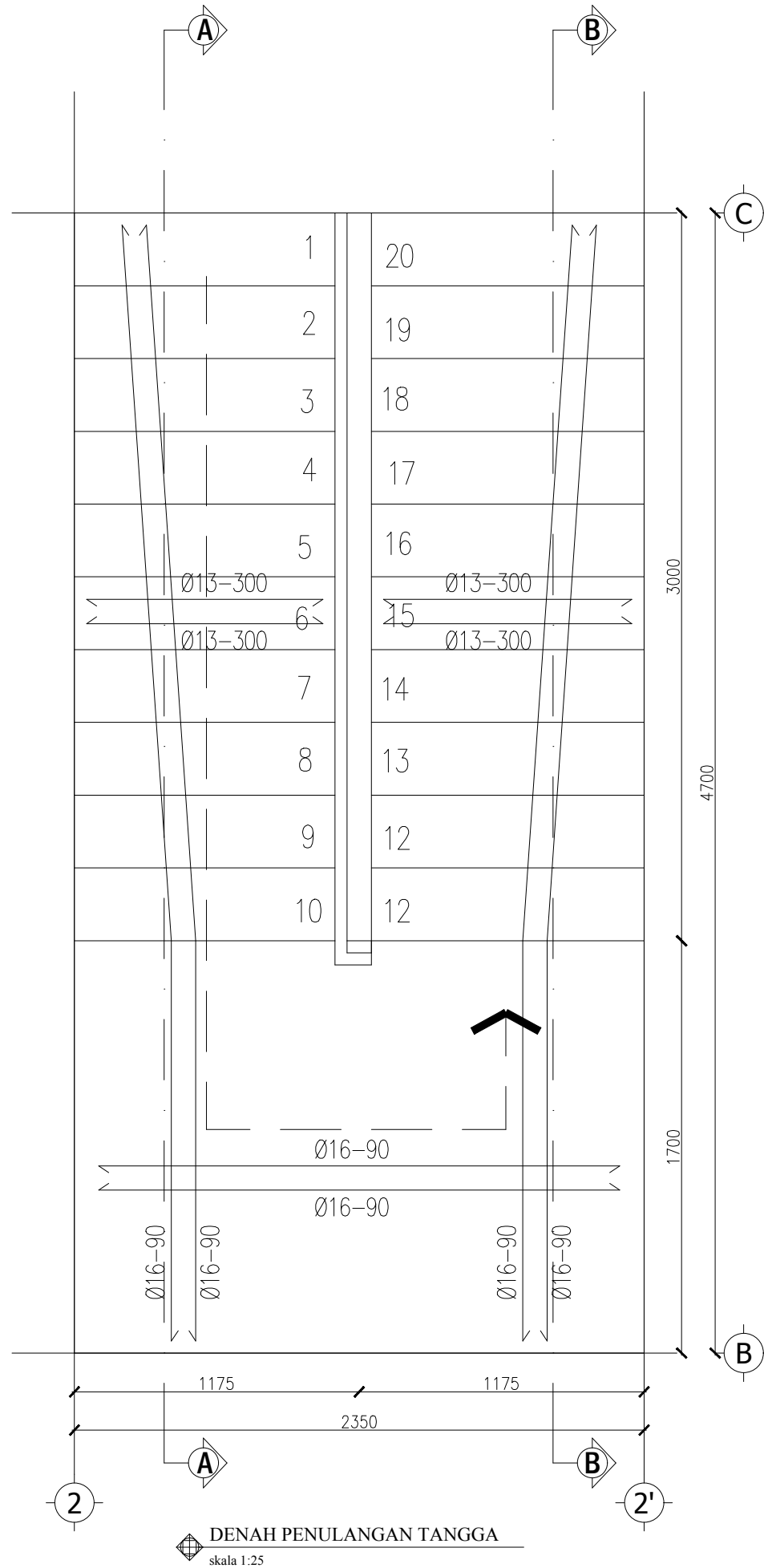
Catatan :

NOMOR

43

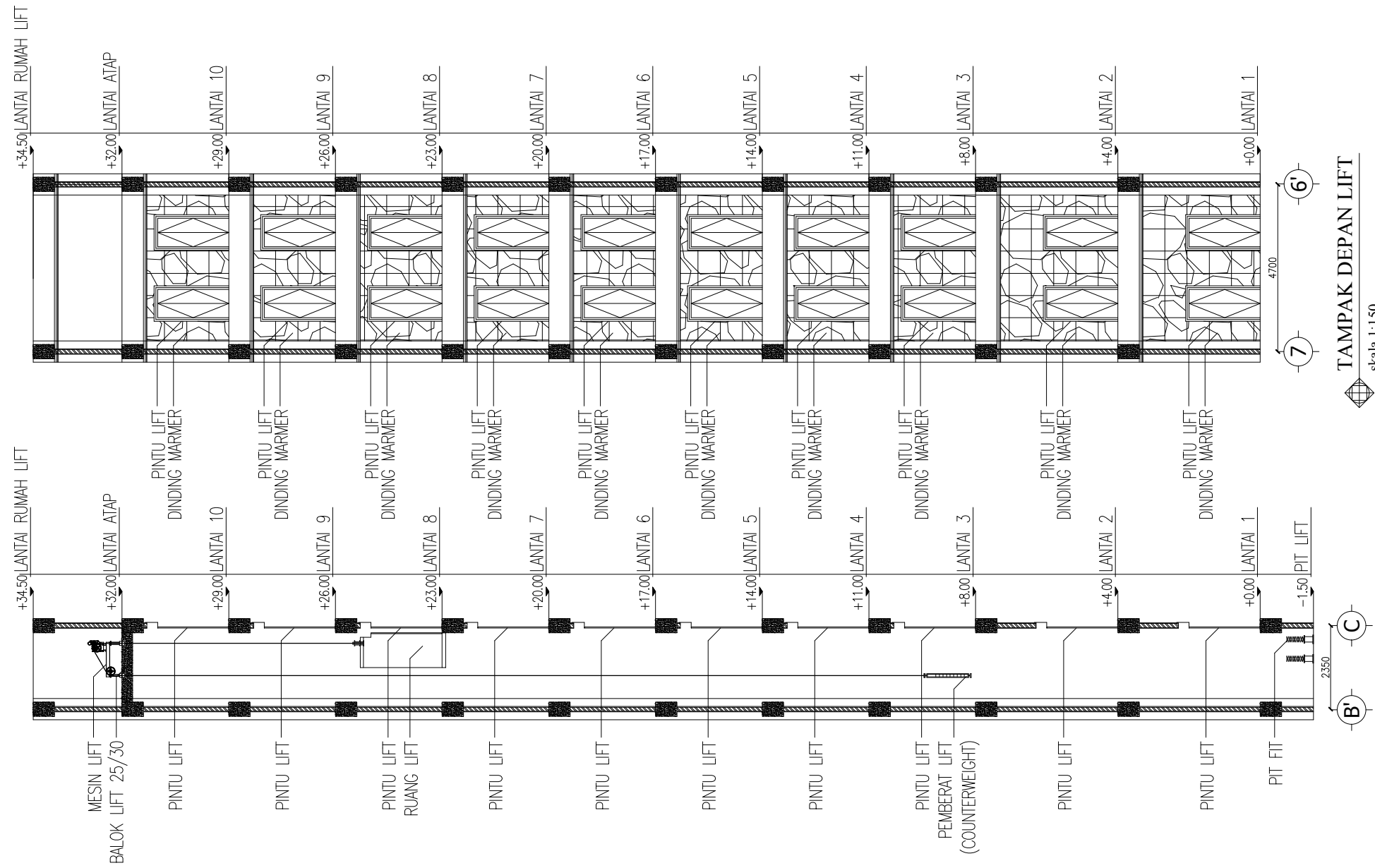
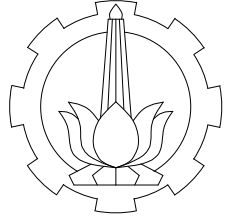
JUMLAH

67



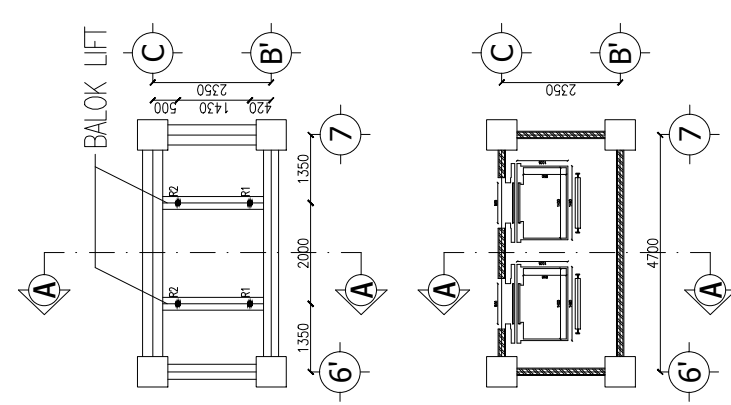
**POTONGAN B-B**  
skala 1:25

**POTONGAN A-A**  
skala 1:25

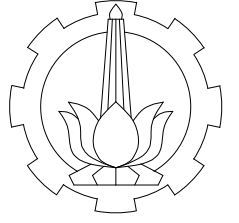


TAMPAK DEPAN LIFT  
skala 1:150

POTONGAN A-A  
skala 1:150



DETAIL LIFT (HYUNDAI ELEVATOR)  
skala 1:150



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

PORTAL A-A  
skala 1:200

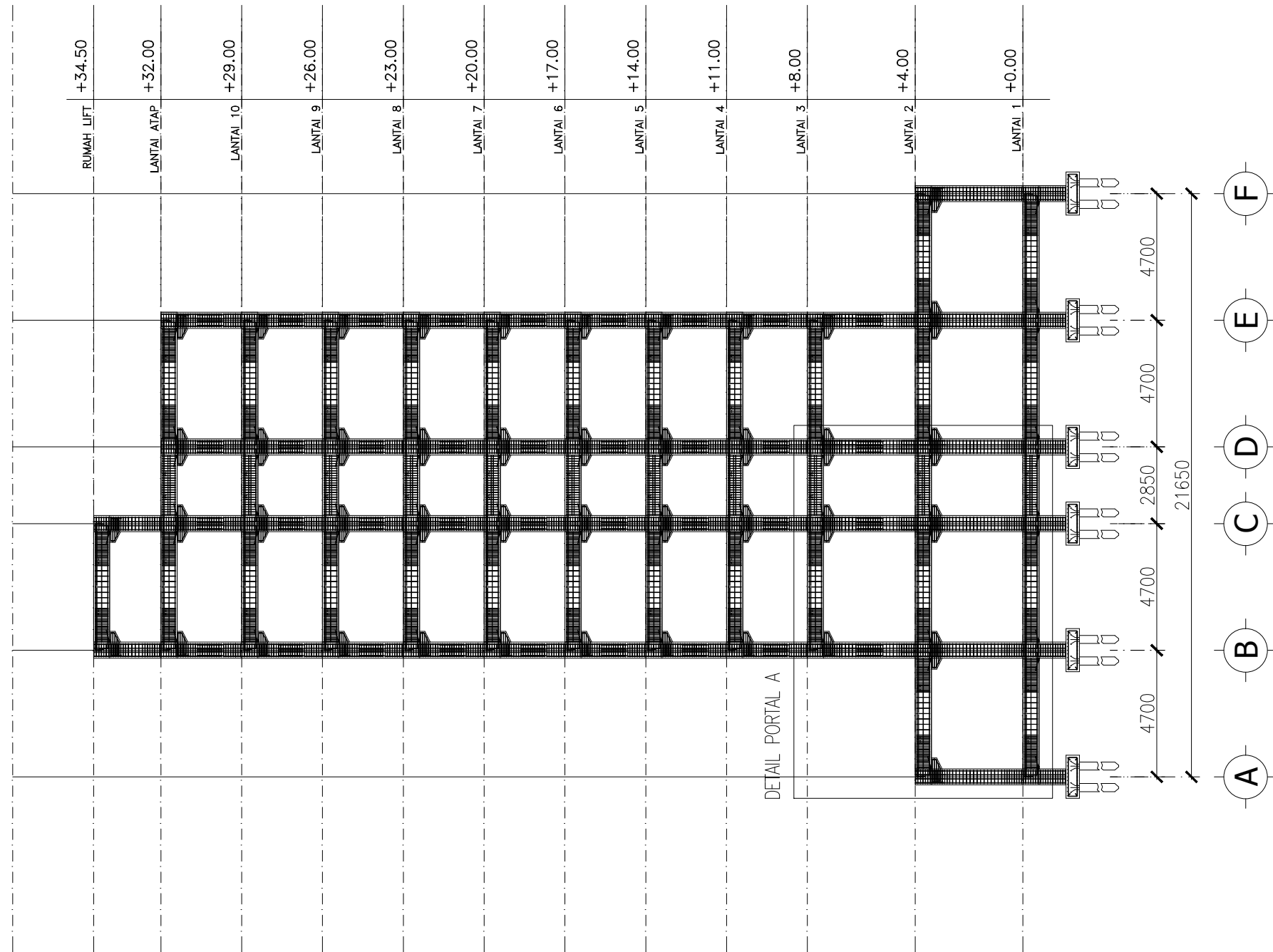
Catatan :

NOMOR

45

JUMLAH

67

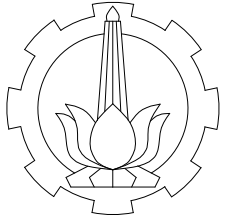


PORTAL A-A



skala 1:200





PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL A  
skala 1:50

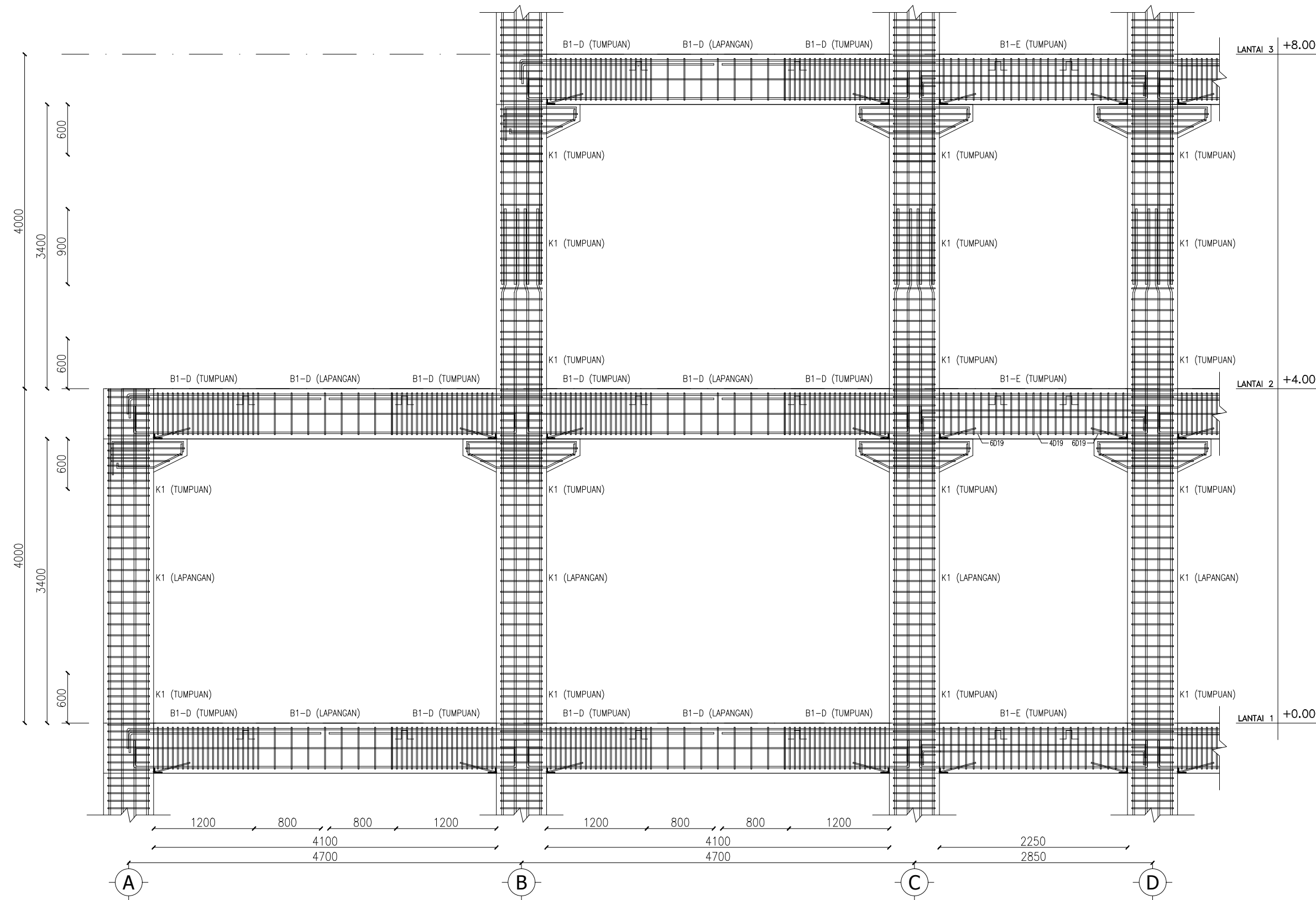
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

46

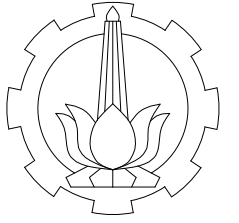
67



KETERANGAN:

B1-D = MERUJUK KE GAMBAR 42  
B1-E = MERUJUK KE GAMBAR 42  
K1 = MERUJUK KE GAMBAR 42

DETAIL PORTAL A  
skala 1:50



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

PORTAL B-B  
skala 1:250

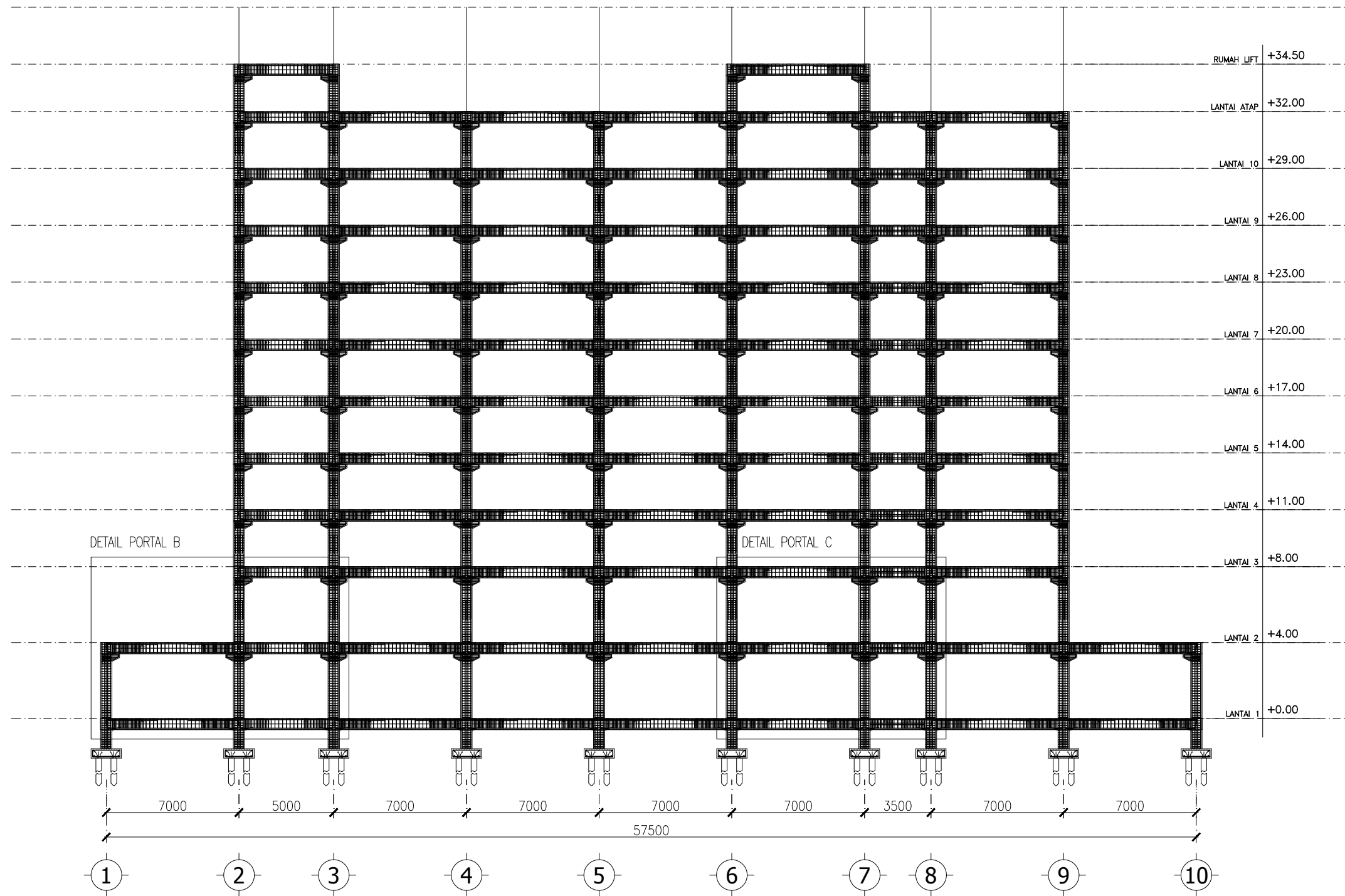
Catatan :

NOMOR

47

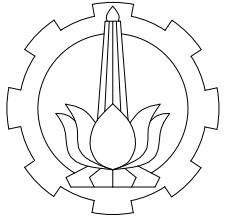
JUMLAH

67



PORTAL B-B

skala 1:250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL B  
skala 1:50

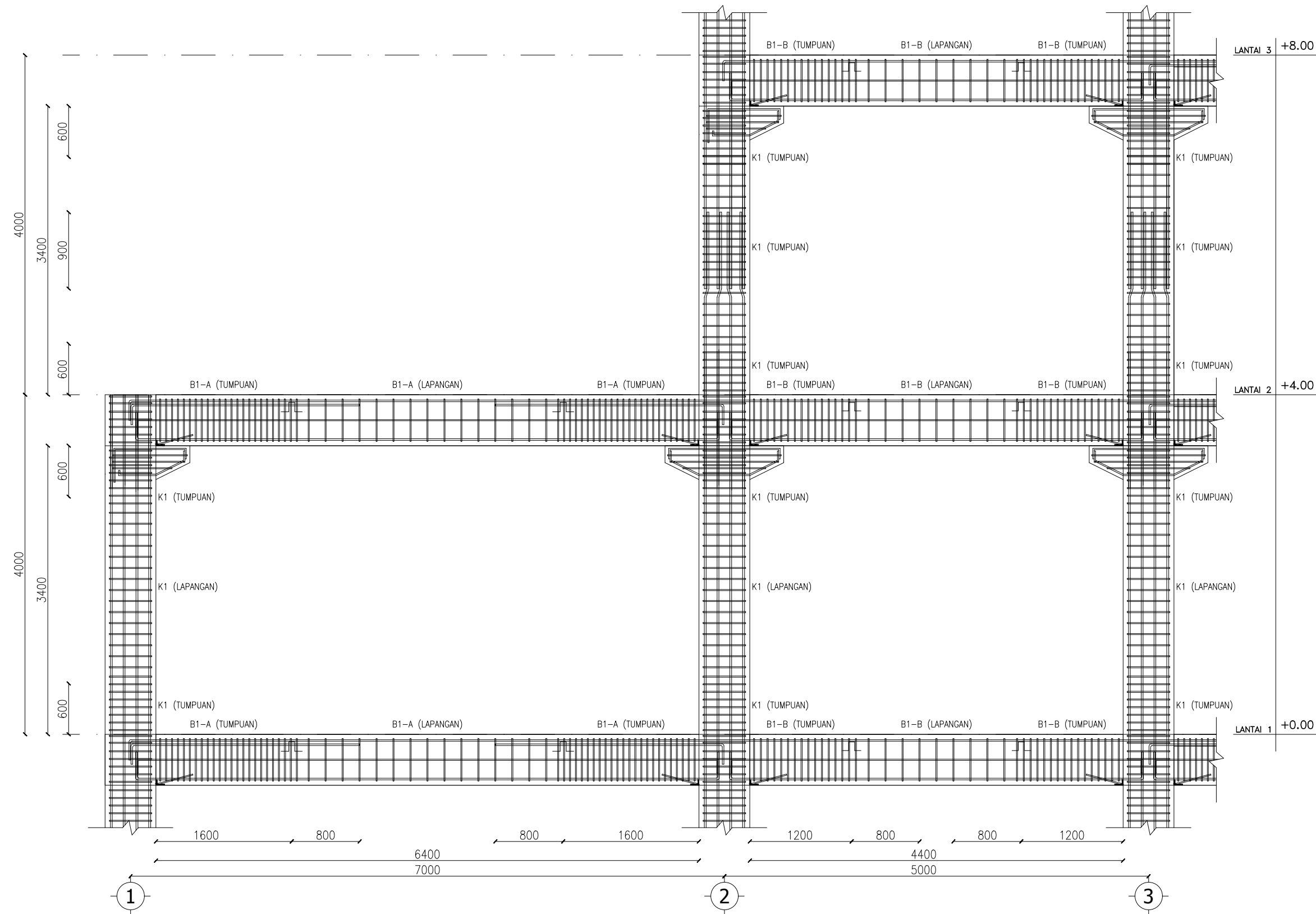
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

48

67



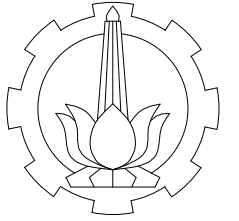
KETERANGAN:

B1-A = MERUJUK KE GAMBAR 42

B1-B = MERUJUK KE GAMBAR 42

K1 = MERUJUK KE GAMBAR 42

DETAIL PORTAL B  
skala 1:50



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL C  
skala 1:50

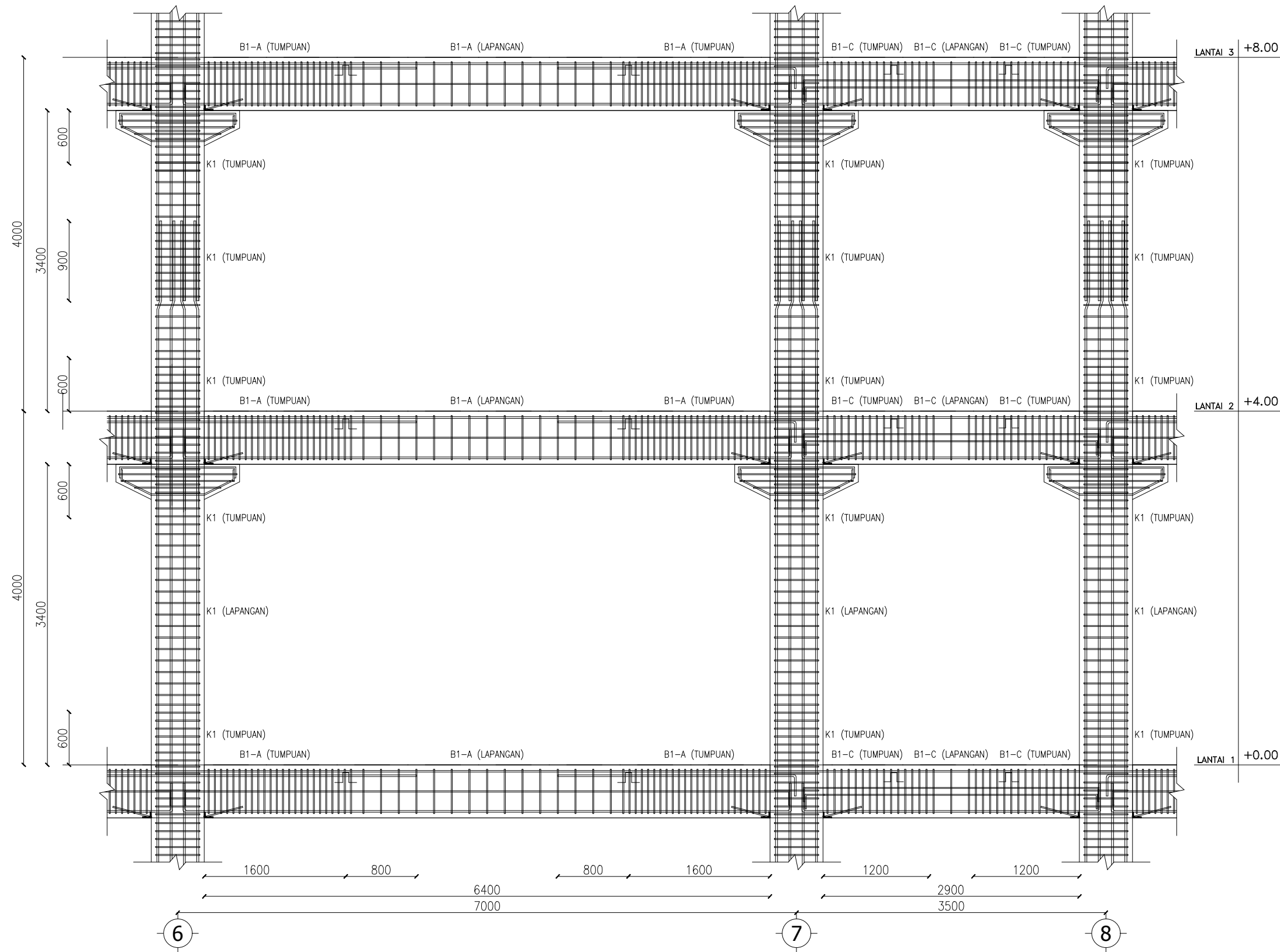
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

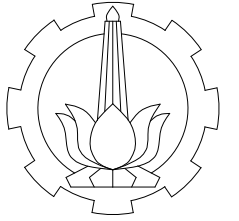
49

67



KETERANGAN:  
B1-A = MERUJUK KE GAMBAR 42  
B1-C = MERUJUK KE GAMBAR 42  
K1 = MERUJUK KE GAMBAR 42

DETAIL PORTAL C  
skala 1:50



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK  
INDUK - KOLOM AS 4-D LT.1  
skala 1:20

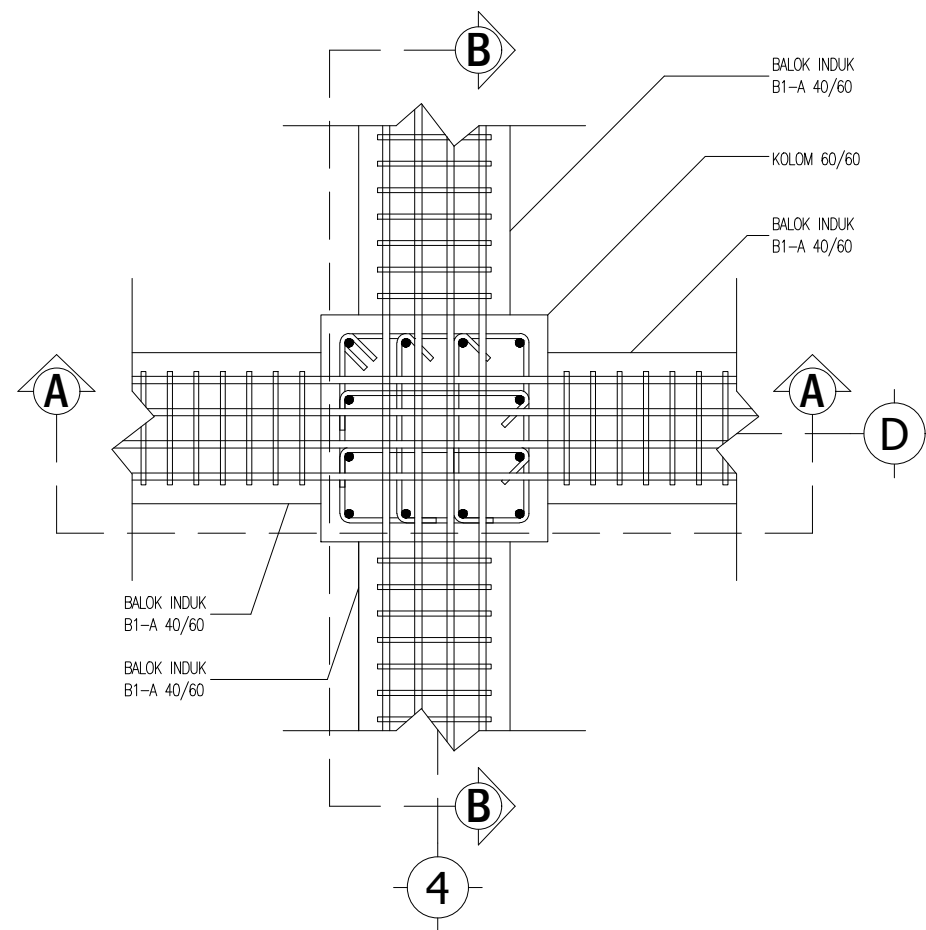
Catatan :

NOMOR

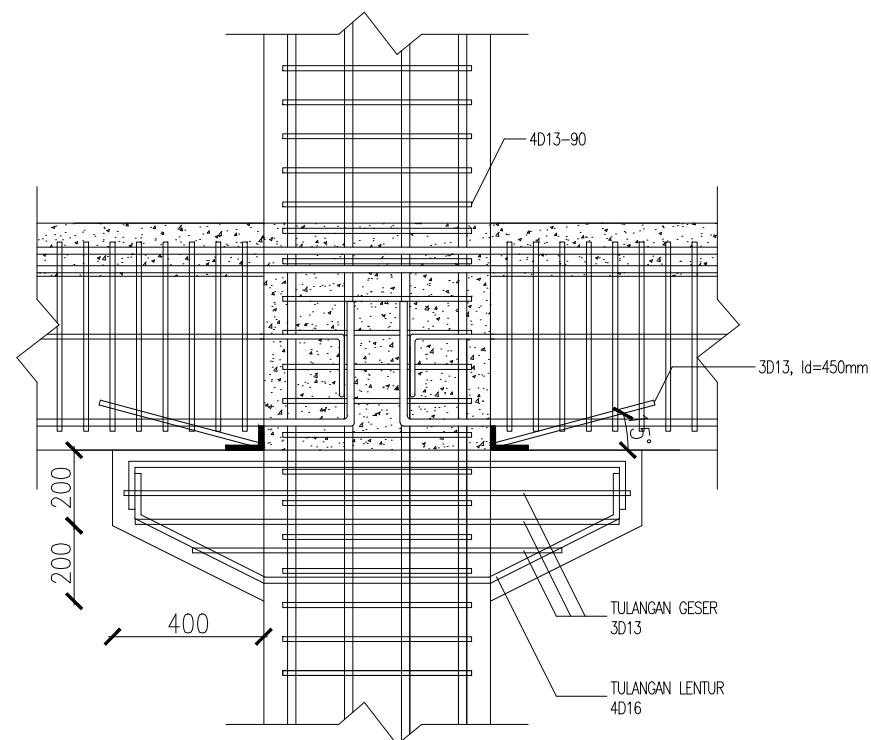
50

JUMLAH

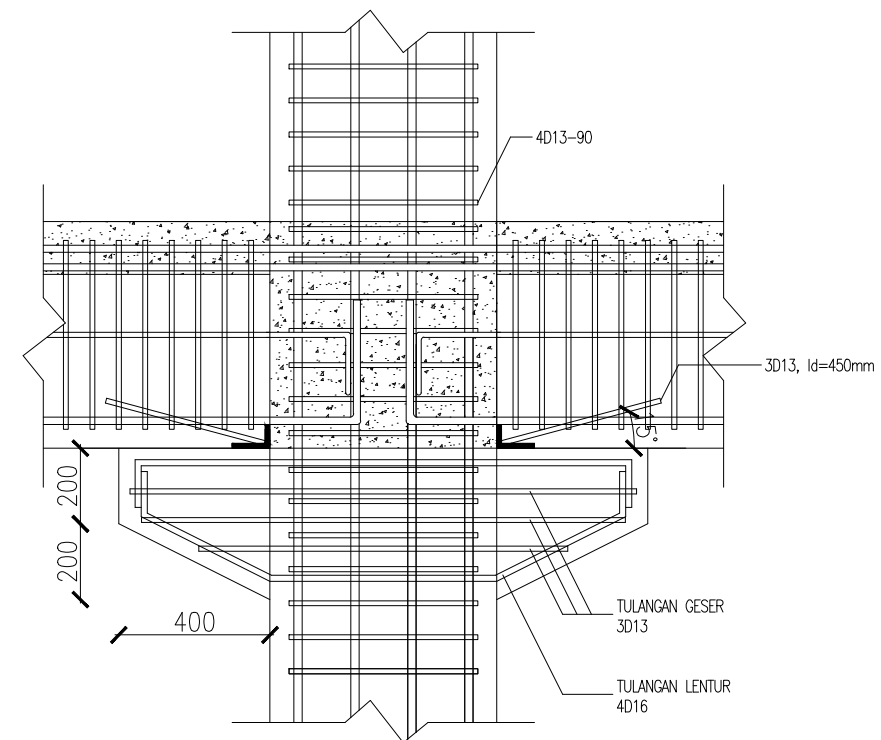
67



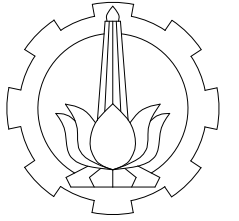
**SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM AS 4-D LT.1**  
skala 1:20



**POTONGAN A-A**  
skala 1:20



**POTONGAN B-B**  
skala 1:20



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

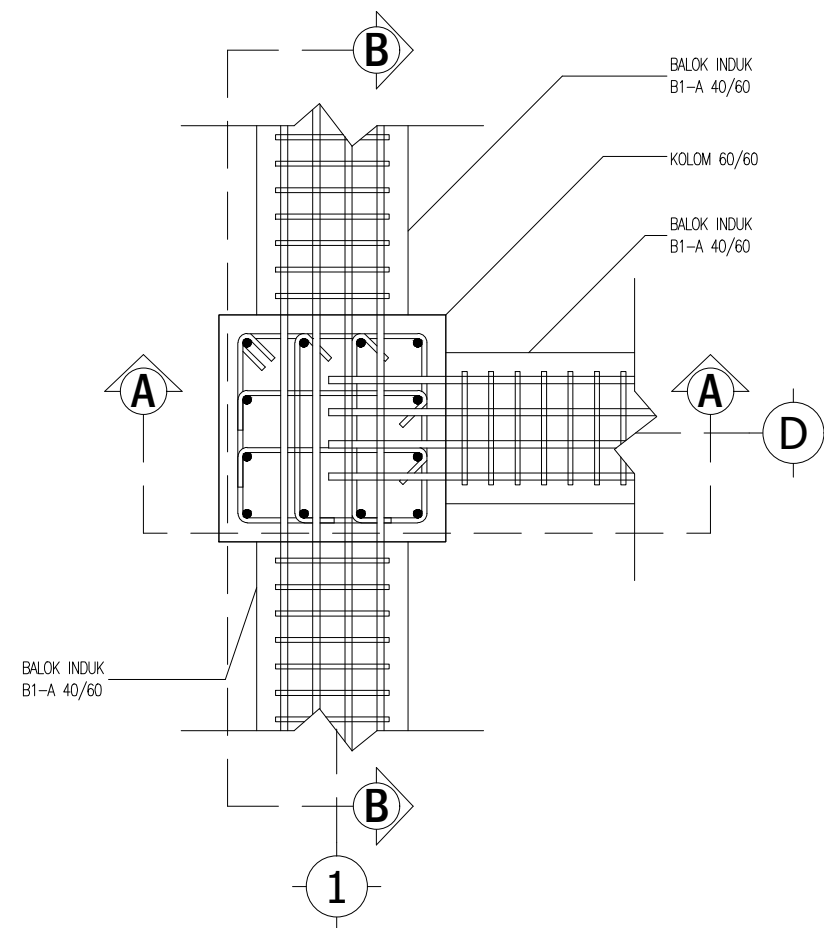
NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

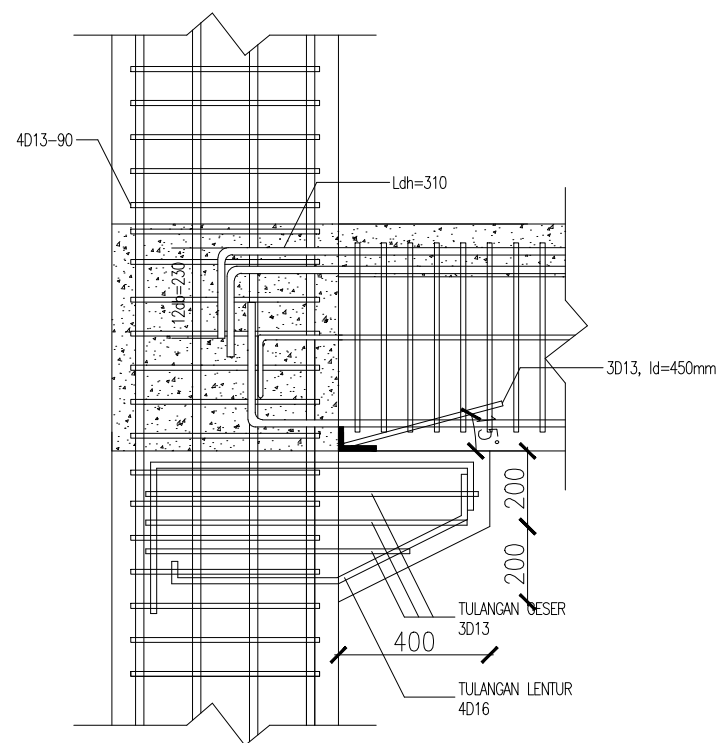
NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK  
INDUK - KOLOM AS 1-D LT.1  
skala 1:20

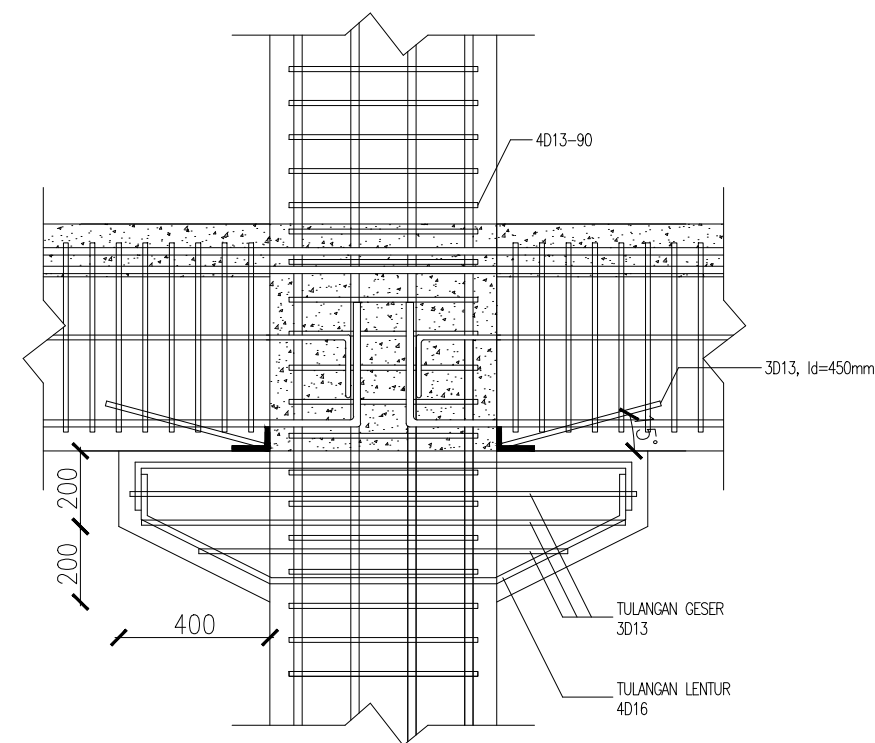
Catatan :



**SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM AS 1-D LT.1**  
skala 1:20



**POTONGAN A-A**  
skala 1:20



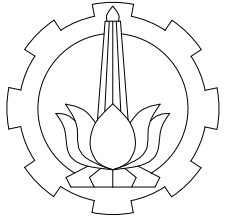
**POTONGAN B-B**  
skala 1:20

NOMOR

JUMLAH

51

67



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
 HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
 DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
 BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
 ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
 NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
 NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK  
 INDUK - KOLOM AS 1-F LT.1  
 skala 1:20

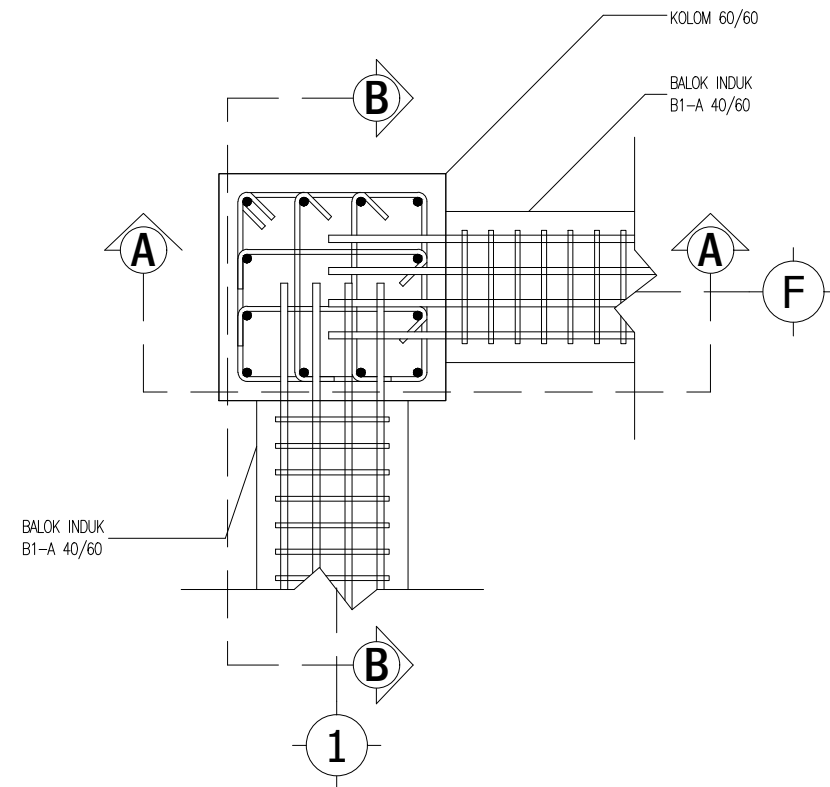
Catatan :

NOMOR

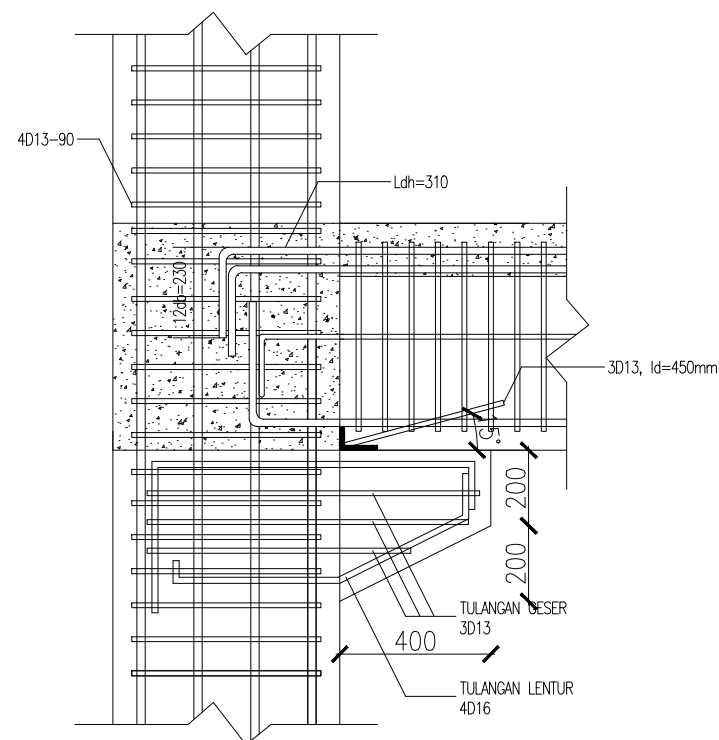
JUMLAH

52

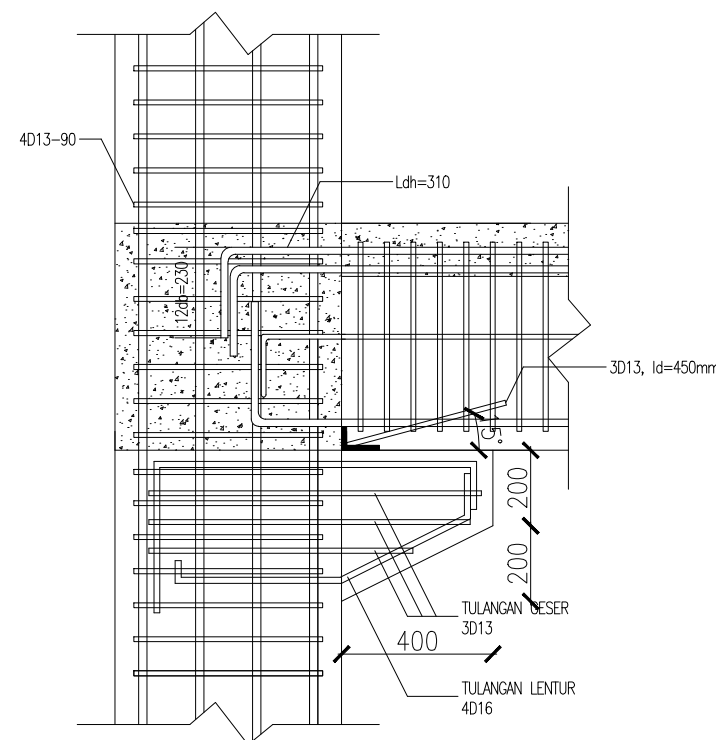
67



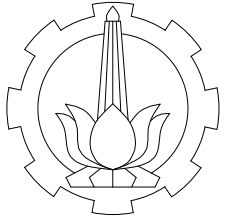
**SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM AS 1-F LT.1**  
 skala 1:20



**POTONGAN A-A**  
 skala 1:20



**POTONGAN B-B**  
 skala 1:20



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

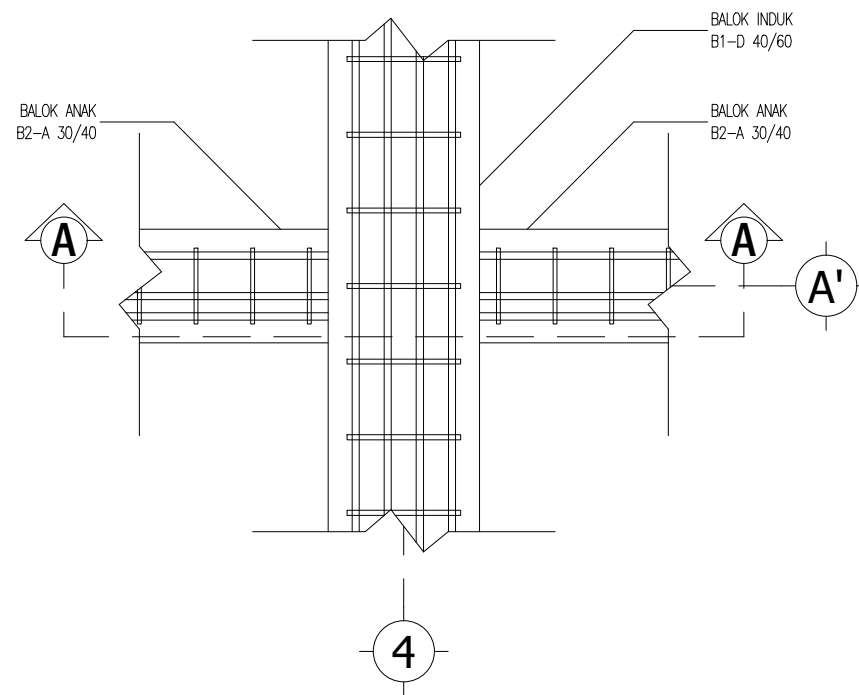
NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

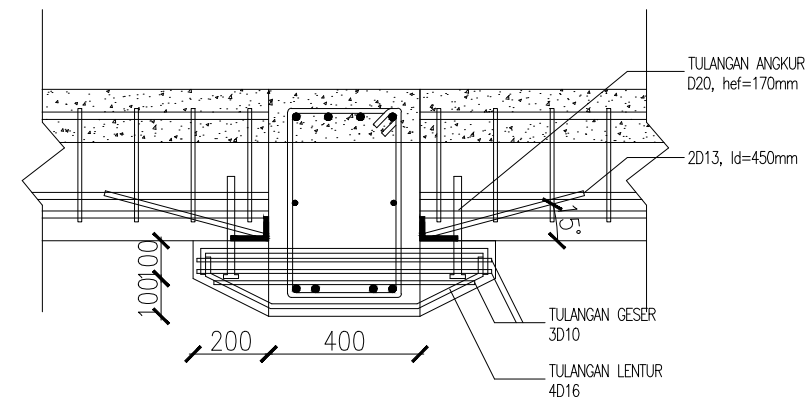
NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK  
ANAK - BALOK INDUK  
skala 1:20

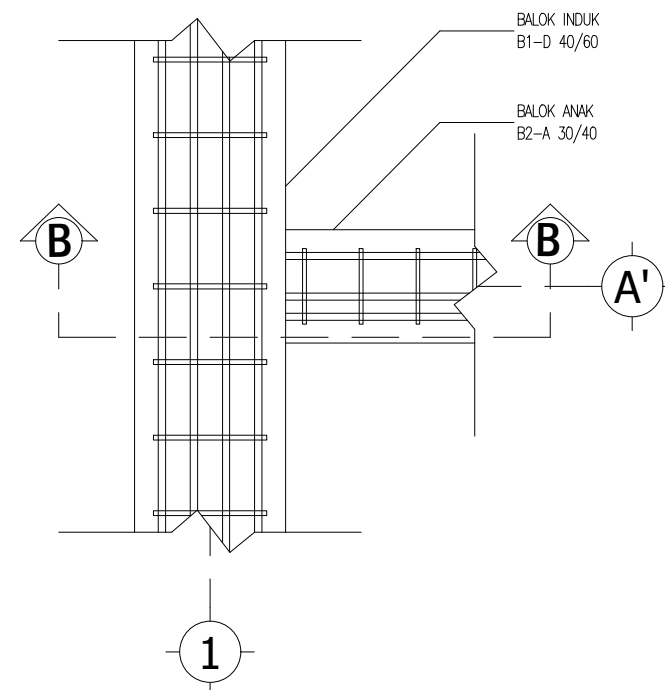
Catatan :



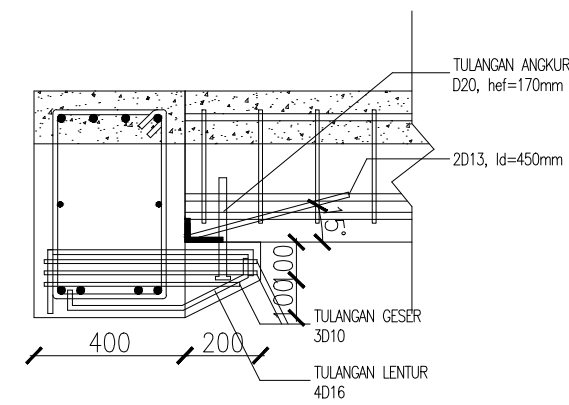
**SAMBUNGAN BALOK ANAK - BALOK INDUK AS 4-A' LT.2**  
skala 1:20



**POTONGAN A-A**  
skala 1:20



**SAMBUNGAN BALOK ANAK - BALOK INDUK AS 1-A' LT.2**  
skala 1:20



**POTONGAN B-B**  
skala 1:20

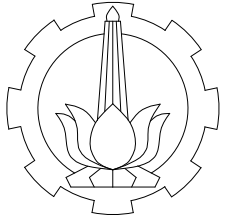
NOMOR

JUMLAH

53

67





PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK -  
PELAT  
skala 1:100

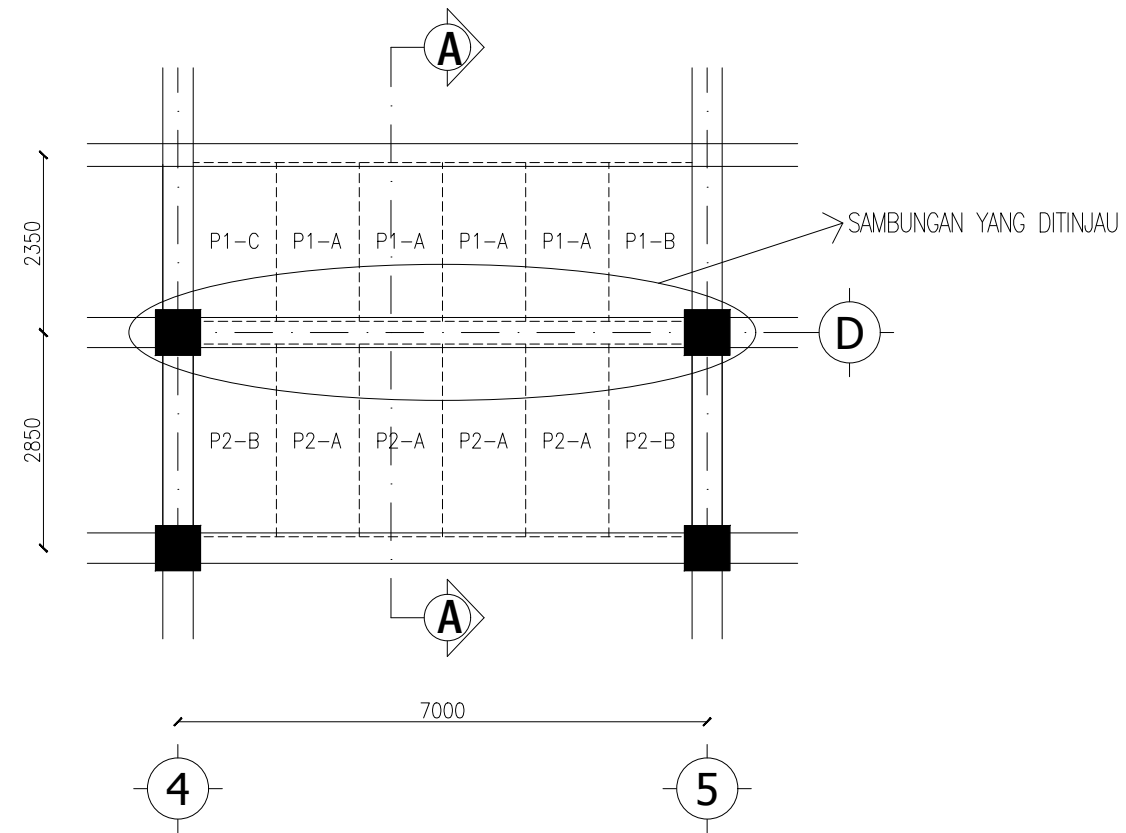
Catatan :

NOMOR

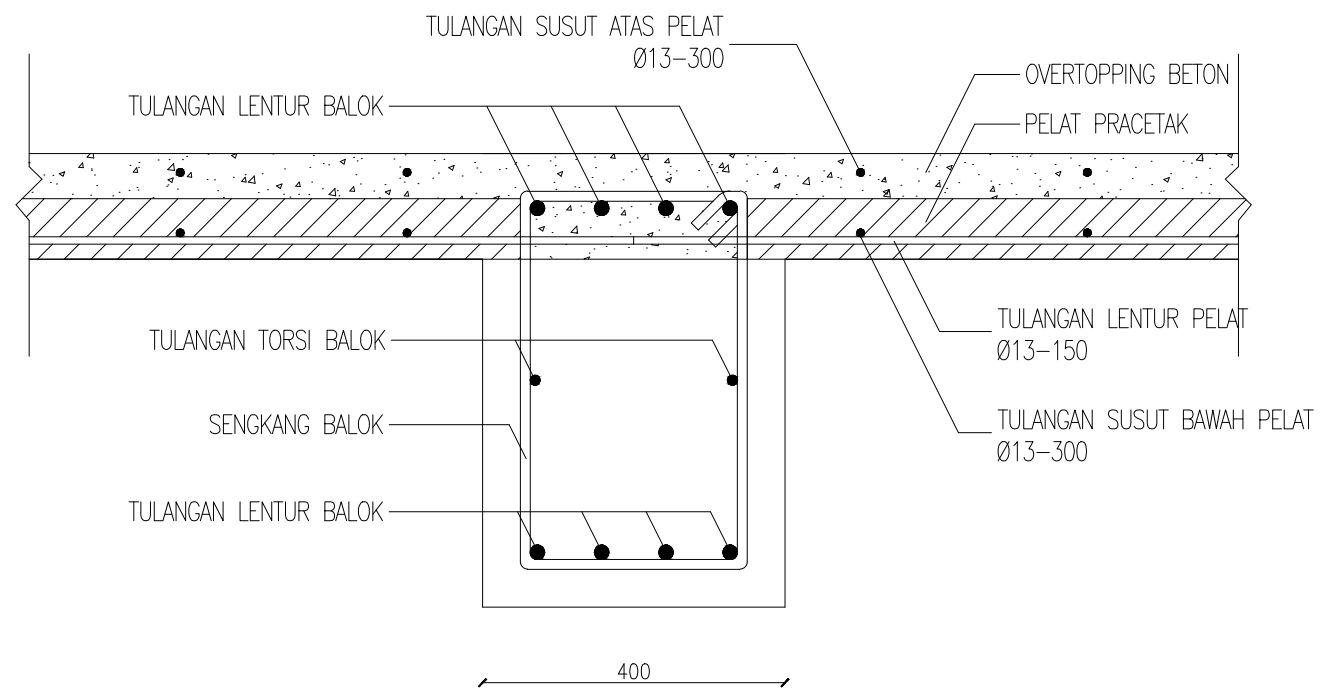
54

JUMLAH

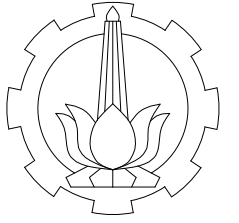
67



 DENAH SAMBUNGAN BALOK - PELAT  
skala 1:100



 POTONGAN A-A  
skala 1:10



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN ANTAR  
TULANGAN  
skala 1:50

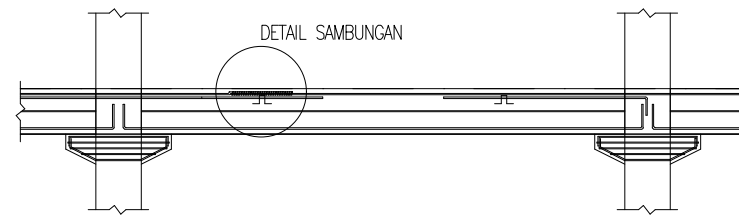
Catatan :

NOMOR

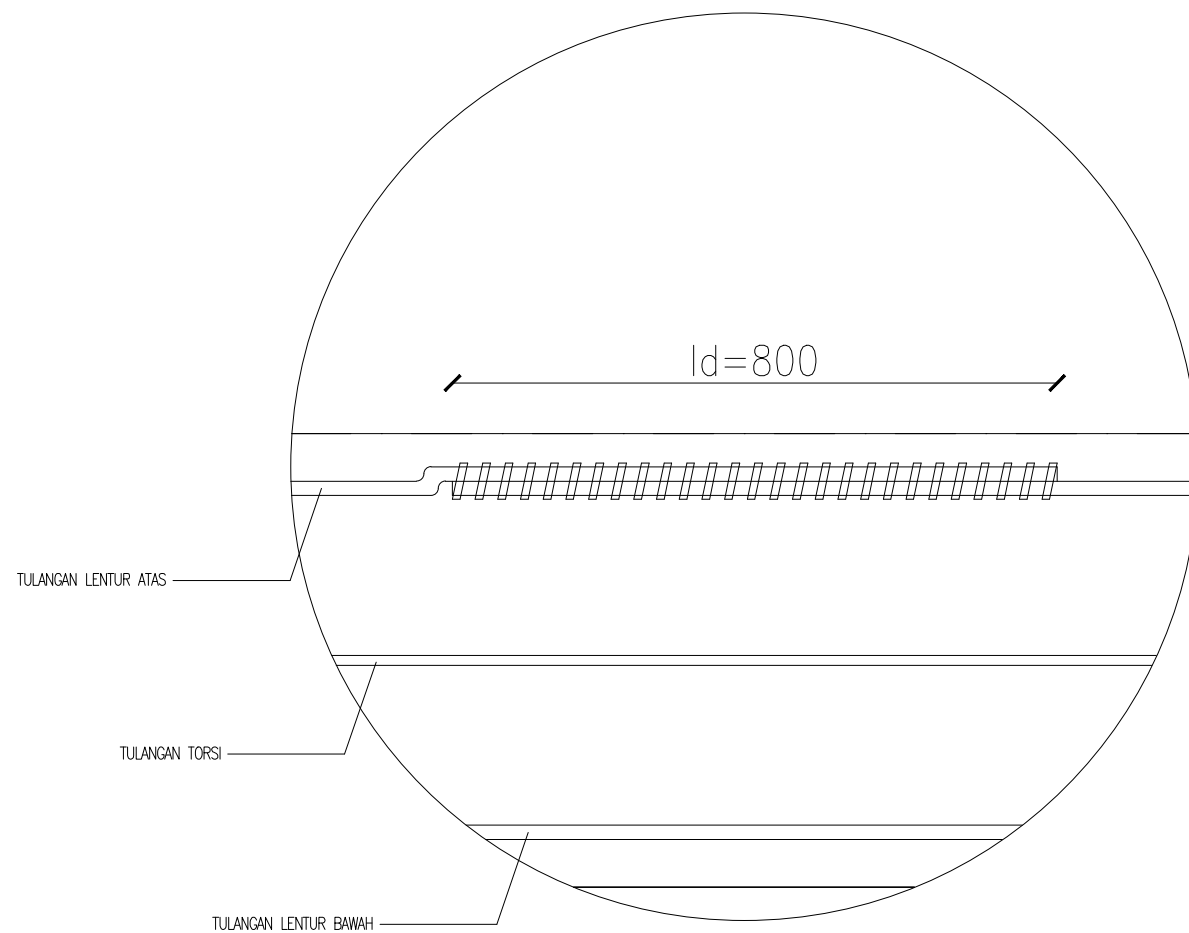
55

JUMLAH

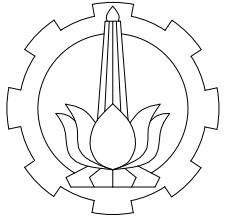
67



 **SKETSA SAMBUNGAN**  
skala 1:50



 **DETAIL SAMBUNGAN ANTAR TULANGAN**  
skala 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

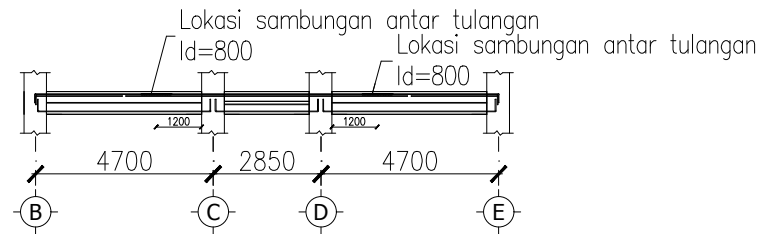
Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

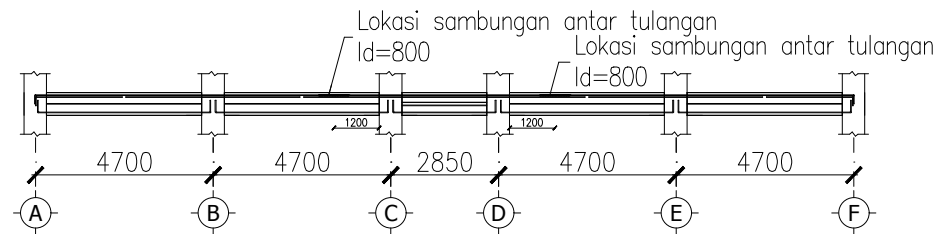
LOKASI SAMBUNGAN  
ANTAR TULANGAN  
skala 1:200

Catatan :

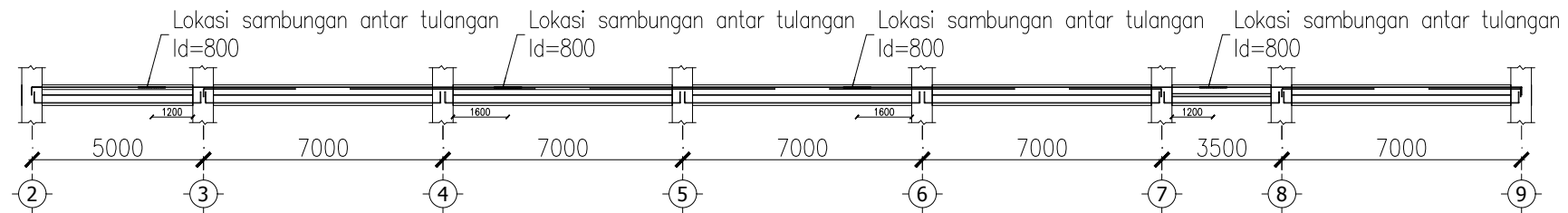
### BALOK LANTAI 3-ATAP



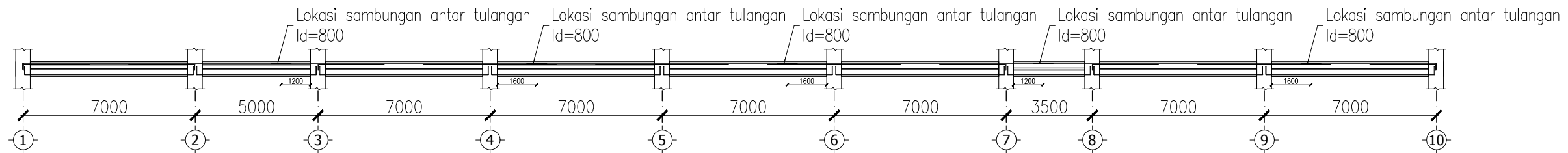
### BALOK LANTAI 2



### BALOK LANTAI 3-ATAP



### BALOK LANTAI 2



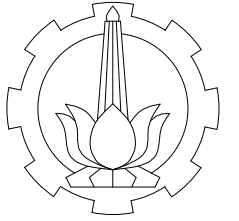
 LOKASI SAMBUNGAN ANTAR TULANGAN  
skala 1:200

NOMOR

56

JUMLAH

67



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 1011141000089

NAMA GAMBAR

BESTAT TULANGAN  
SENGKANG BALOK  
skala 1:25

Catatan :

NOMOR

JUMLAH

57

67

## TULANGAN SENKANG BALOK INDUK

TIPE BALOK	SKETSA	DIAMETER TULANGAN	DIMENSI					JARAK SENKANG		JUMLAH SENKANG				PANJANG TOTAL	BERAT TOTAL	JUMLAH TIAP 12 m
			1	2	3	4	TOTAL	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TOTAL			
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(buah)	(buah)			
B1-A		Ø13	274	474	52	80	1916	70	200	24	15	24	63	120708	125,77	6
B1-B		Ø13	274	474	52	80	1916	80	200	16	9	16	41	78556	81,85	6
B1-C		Ø13	274	474	52	80	1916	80	200	16	1	16	33	63228	65,88	6
B1-D		Ø13	274	474	52	80	1916	60	200	21	7	21	49	93884	97,82	6
B1-E		Ø13	274	474	52	80	1916	90	200	12	0	13	25	47900	49,91	6

## TULANGAN SENKANG BALOK ANAK

TIPE BALOK	SKETSA	DIAMETER TULANGAN	DIMENSI					JARAK SENKANG	JUMLAH SENKANG	PANJANG TOTAL	BERAT TOTAL	JUMLAH TIAP 12 m
			1	2	3	4	TOTAL					
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					
B1-D		Ø10	180	280	40	80	1280	150	45	57600	35,51	9
B2-A		Ø10	180	280	40	80	1280	150	31	39680	24,46	9
B3-B		Ø10	180	280	40	80	1280	150	21	26880	16,57	9
B4-C		Ø10	180	280	40	80	1280	150	29	37120	22,89	9

Keterangan:

- 1 = Lebar
- 2 = Tinggi
- 3 = 4d (bengkokan tulangan)
- 4 = 6d (panjang bengkokan)

Contoh Perhitungan:

Panjang total = dimensi total + jumlah sengkang total

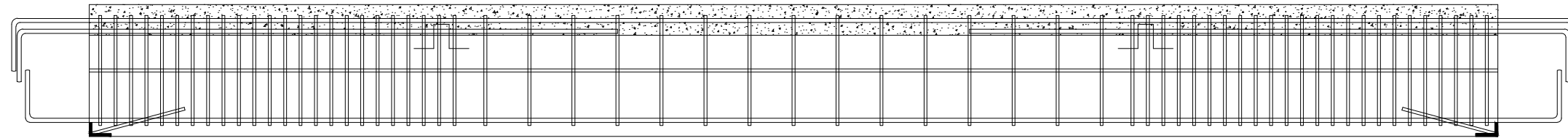
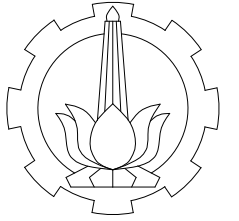
Berat total =  $0,785 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{panjang total}$

Jumlah tiap 12 m =  $\frac{12000}{\text{dimensi total}}$



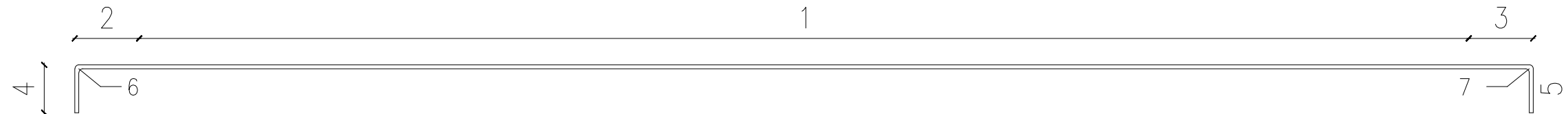
BESTAT TULANGAN SENKANG BALOK

skala 1:25

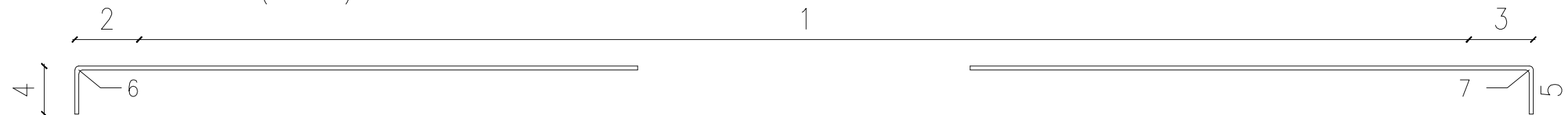


**BESTAT TULANGAN LENTUR BALOK INDUK**  
skala 1:25

TULANGAN LENTUR MENERUS



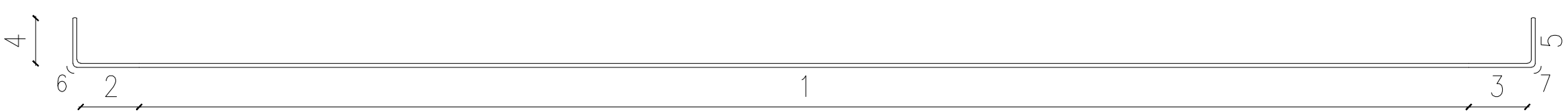
TULANGAN LENTUR DIPUTUS (TUMPUAN)



**DETAIL TULANGAN LENTUR OVERTOPPING**  
skala 1:25

Keterangan:  
1 = Tulangan lentur  
2 = l<sub>dh</sub> kiri  
3 = l<sub>dh</sub> kanan  
4 = 12d (tulangan kait 90°) kiri  
5 = 12d (tulangan kait 90°) kanan  
6 = 4d (bengkokan tulangan) kiri  
7 = 4d (bengkokan tulangan) kanan

TULANGAN LENTUR MENERUS



TULANGAN LENTUR DIPUTUS (TUMPUAN)



TULANGAN TORSI



**DETAIL TULANGAN LENTUR PRACETAK**  
skala 1:25

Keterangan:  
1 = Tulangan lentur  
2 = l<sub>dh</sub> kiri  
3 = l<sub>dh</sub> kanan  
4 = 12d (tulangan kait 90°) kiri  
5 = 12d (tulangan kait 90°) kanan  
6 = 4d (bengkokan tulangan) kiri  
7 = 4d (bengkokan tulangan) kanan

## TULANGAN LENTUR PRACETAK BALOK INDUK

TIPE BALOK	SKETSA	TULANGAN		DIMENSI								JUMLAH TIAP 12 m	JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	BERAT TOTAL		
				1	2	3	4	5	6	7	TOTAL							
		TUMP	LAP	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(buah)	(mm)	(mm)	(kg)		
B1-A		A1	4D19	6400	291	291	211	211	76	76	7556	1	4	30224	30224	67,27		
		A2		0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		A3		2D13	6400	197	197	147	147	52	52	7192					1	2
B1-B		A1	4D19	4400	291	291	211	211	76	76	5556	2	3	16668	21824	48,57		
		A2		4000	291	291	211	211	76	76	5156	2					1	5156
		A3		2D13	4400	197	197	147	147	52	52	5192					2	2
B1-C		A1	5D19	2900	291	291	211	211	76	76	4056	2	5	20280	20280	45,14		
		A2		0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		A3		4D13	2900	197	197	147	147	52	52	3692					3	4
B1-D		A1	6D19	4100	291	291	211	211	76	76	5256	2	4	21024	31336	69,74		
		A2		4000	291	291	211	211	76	76	5156	2					2	10312
		A3		2D13	4100	197	197	147	147	52	52	4892					2	2
B1-E		A1	6D19	2250	291	291	211	211	76	76	3406	3	6	20436	20436	45,48		
		A2		0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		A3		4D13	2250	197	197	147	147	52	52	3042					3	4

Keterangan:

- 1 = Tulangan lentur
- 2 = ldh kiri
- 3 = ldh kanan
- 4 = 12d (tulangan kait 90°) kiri
- 5 = 12d (tulangan kait 90°) kanan
- 6 = 4d (bengkokan tulangan) kiri
- 7 = 4d (bengkokan tulangan) kanan

- A1 = Tulangan lentur menerus
- A2 = Tulangan lentur diputus (tumpuan)
- A3 = Tulangan torsi

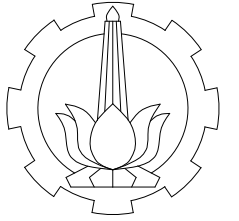
Contoh Perhitungan:

$$\text{Jumlah tiap 12 m} = \frac{12000}{\text{dimensi total}}$$

$$\text{Panjang} = \text{dimensi total} \times \text{jumlah tulangan}$$

$$\text{Panjang total} = \text{panjang tulangan A1} + \text{A2}$$

$$\text{Berat total} = \frac{0,785 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{panjang total}}{100}$$



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

BESTAT TULANGAN LENTUR  
PRACETAK  
BALOK INDUK  
skala 1:100

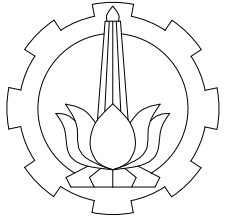
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

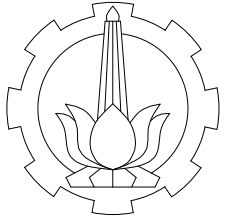
59

67



TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BALOK INDUK (PORTAL A-A LANTAI 2)																		
TIPE BALOK	SKETSA	TULANGAN		DIMENSI										JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	BERAT TOTAL	
				1	2	3	4	5	6	7	SAMB KIRI	SAMB KANAN	TOTAL					
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					
TUMP	LAP	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)	(mm)	(kg)		
As A-B (B1-D)		A1	7D19	4D19	4100	310	300	230	0	76	0	0	0	5016	4	20064	34812	77,48
		A2	7D19	4D19	4000	310	300	230	0	76	0	0	0	4916	3	14748		
As B-C (B1-D)		A1	7D19	4D19	4100	300	300	0	0	0	0	0	800	5500	4	22000	35800	79,68
		A2	7D19	4D19	4000	300	300	0	0	0	0	0	0	4600	3	13800		
As C-D (B1-E)		A1	7D19	4D19	2250	300	300	0	0	0	0	0	0	2850	7	19950	19950	44,40
As D-E (B1-D)		A1	7D19	4D19	4100	300	300	0	0	0	0	800	0	5500	4	22000	35800	79,68
		A2	7D19	4D19	4000	300	300	0	0	0	0	0	0	4600	3	13800		
As E-F (B1-D)		A1	7D19	4D19	4100	300	310	0	230	0	76	0	0	5016	4	20064	34812	77,48
		A2	7D19	4D19	4000	300	310	0	230	0	76	0	0	4916	3	14748		

**BESTAT TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BI (PORTAL A-A LANTAI 2)**  
skala 1:100



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001  
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

BESTAT TULANGAN LENTUR  
OVERTOPPING BI (PORTAL A-A  
LANTAI 3 - ATAP & RUMAH LIFT)  
skala 1:100

Catatan :

NOMOR

JUMLAH

61

67

TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BALOK INDUK (PORTAL A-A LANTAI 3 - ATAP)

TIPE BALOK	SKETSA	TULANGAN		DIMENSI									JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	BERAT TOTAL		
				1	2	3	4	5	6	7	SAMB KIRI	SAMB KANAN					TOTAL	
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					(mm)	
As B-C (B1-D)		A1	7D19	4D19	4100	310	300	230	0	76	0	0	800	5816	4	23264	38012	84,60
		A2			4000	310	300	230	0	76	0	0	0	4916	3	14748		
As C-D (B1-E)		A1	7D19	4D19	2250	300	300	0	0	0	0	0	0	2850	7	19950	19950	44,40
As D-E (B1-D)		A1	7D19	4D19	4100	300	310	0	230	0	76	800	0		4	23264	38012	84,60
		A2			4000	300	310	0	230	0	76	0	0	4916	3	14748		

**BESTAT TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BI (PORTAL A-A LANTAI 3 - ATAP)**  
skala 1:100

TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BALOK INDUK (PORTAL A-A LANTAI RUMAH LIFT)

TIPE BALOK	SKETSA	TULANGAN		DIMENSI									JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	BERAT TOTAL		
				1	2	3	4	5	6	7	SAMB KIRI	SAMB KANAN					TOTAL	
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					(mm)	
As B-C (B1-D)		A1	7D19	4D19	4100	310	310	230	230	76	76	0	0	5332	4	21328	37024	82,40
		A2			4000	310	310	230	230	76	76	0	0	5232	3	15696		

**BESTAT TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BI (PORTAL A-A LANTAI RUMAH LIFT)**  
skala 1:100

Keterangan:

- 1 = Tulangan lentur
- 2 = ldh kiri
- 3 = ldh kanan
- 4 = 12d (tulangan kait 90°) kiri
- 5 = 12d (tulangan kait 90°) kanan
- 6 = 4d (bengkokan tulangan) kiri
- 7 = 4d (bengkokan tulangan) kanan

Contoh Perhitungan:

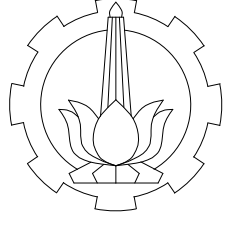
Panjang = dimensi total x jumlah tulangan  
 Panjang total = panjang tulangan A1 + A2  
 Berat total =  $\frac{0,785 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{panjang total}}{100}$



TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BALOK INDUK (PORTAL B-B LANTAI 2)

TIPE BALOK	SKETSA	TULANGAN		DIMENSI										JUMLAH TULANGAN	PANJANG TOTAL (mm)	BERAT TOTAL (kg)			
		TUMP	LAP	1	2	3	4	5	6	7	SAMB KIRI (mm)	SAMB KANAN (mm)	TOTAL (mm)						
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)							(mm)	(mm)	(mm)
As 1-2 (B1-A)		7D19	3D19	6400	310	300	230	0	76	0	0	0	0	0	7316	3	21948	100,44	
				4800	310	300	230	0	76	0	0	0	0	0	0	5716	3		17148
				4800	310	310	230	230	76	76	0	0	0	0	0	6032	1		6032
As 2-3 (B1-B)		6D19	3D19	4400	300	300	0	0	0	0	0	0	0	800	3	17400	69,44		
				4000	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4600		3	13800
As 3-4 (B1-A)		7D19	3D19	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	95,52	
				4800	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5400	3		16200
				4800	310	300	230	0	76	0	0	0	0	0	0	5716	1		5716
As 4-5 (B1-A)		7D19	3D19	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	0	800	3	23400	100,16		
				4800	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5400		4	21600
As 5-6 (B1-A)		7D19	3D19	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	7800	3	23400	100,16	
				4800	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	800	3		23400
				4800	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5400	4		21600
As 6-7 (B1-A)		7D19	3D19	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	95,52	
				4800	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5400	3		16200
				4800	300	310	0	230	0	76	0	0	0	0	0	5716	1		5716
As 7-8 (B1-C)		6D19	4D19	2900	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	4300	3	12900	52,08	
				2900	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3500	3		10500
As 8-9 (B1-A)		7D19	3D19	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	95,52	
				4800	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5400	3		16200
				4800	310	300	230	0	76	0	0	0	0	0	0	5716	1		5716
As 9-10 (B1-A)		7D19	3D19	6400	300	310	0	230	0	76	0	0	0	8116	3	24348	105,08		
				4800	300	310	0	230	0	76	0	0	0	0	5716	4		22864	

BESTAT TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BI (PORTAL B-B LANTAI 2)  
skala 1:100



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

BESTAT TULANGAN LENTUR  
OVERTOPPING BI (PORTAL B-B  
LANTAI 2)  
skala 1:100

Catatan :

NOMOR

62

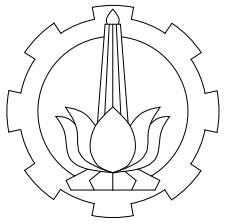
JUMLAH

67

## TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BALOK INDUK (PORTAL B-B LANTAI 3 – ATAP)

TIPE BALOK	SKETSA	TULANGAN		DIMENSI										JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	BERAT TOTAL	
				1	2	3	4	5	6	7	SAMB KIRI	SAMB KANAN	TOTAL					
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					
As 2-3 (B1-B)		A1	6D19	3D19	4400	310	300	230	0	76	0	0	800	6116	3	18348	33096	73,66
	A2	4000			310	300	230	0	76	0	0	0	4916	3	14748			
As 3-4 (B1-A)		A1	7D19	3D19	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	42916	95,52
	A2	4800			300	300	0	0	0	0	0	0	5400	3	16200			
	A3	4800			310	300	230	0	76	0	0	0	5716	1	5716			
As 4-5 (B1-A)		A1	7D19	3D19	6400	300	300	0	0	0	0	800	0	7800	3	23400	45000	100,16
	A2	4800			300	300	0	0	0	0	0	0	5400	4	21600			
As 5-6 (B1-A)		A1	7D19	3D19	6400	300	300	0	0	0	0	0	800	7800	3	23400	45000	100,16
	A2	4800			300	300	0	0	0	0	0	0	5400	4	21600			
As 6-7 (B1-A)		A1	7D19	3D19	6400	300	300	0	0	0	0	0	0	7000	3	21000	42916	95,52
	A2	4800			300	300	0	0	0	0	0	0	5400	3	16200			
	A3	4800			300	310	0	230	0	76	0	0	5716	1	5716			
As 7-8 (B1-C)		A1	6D19	4D19	2900	300	300	0	0	0	0	800	0	4300	3	12900	23400	52,08
	A2	2900			300	300	0	0	0	0	0	0	3500	3	10500			
As 8-9 (B1-A)		A1	7D19	3D19	6400	300	310	0	230	0	76	0	0	7316	3	21948	45128	100,44
	A2	4800			300	310	0	230	0	76	0	0	5716	3	17148			
	A3	4800			310	310	230	230	76	76	0	0	6032	1	6032			

**BESTAT TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BI (PORTAL B-B LANTAI 3 - ATAP)**  
 skala 1:100



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR TERAPAN**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
 HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
 DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
 BETON PRACETAK (PRECAST) PADA  
 ELEMEN BALOK DAN PELAT**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Nur Achmad Husin, ST., MT.**  
 NIP. 19720115 199802 1 001  
  
**Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.**  
 NIP. 19780201 200604 2 002

**NAMA MAHASISWA**

**Muhammad Kafa Billah**  
 NRP. 10111410000089

**NAMA GAMBAR**

**BESTAT TULANGAN LENTUR  
 OVERTOPPING BI (PORTAL B-B  
 LANTAI 3 - ATAP)**  
 skala 1:100

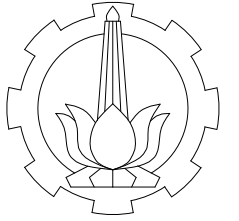
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

**63**

**67**



TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BALOK INDUK (PORTAL B-B LANTAI RUMAH LIFT)																		
TIPE BALOK	SKETSA	TULANGAN		DIMENSI									JUMLAH TULANGAN	PANJANG	PANJANG TOTAL	BERAT TOTAL		
		TUMP	LAP	1	2	3	4	5	6	7	SAMB KIRI	SAMB KANAN					TOTAL	
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg)	
As 2-3 (B1-B)		A1	6D19	3D19	4400	310	310	230	230	76	76	0	0	5632	3	16896	32592	72,54
		A2			4000	310	310	230	230	76	76	0	0	5232	3	15696		
As 6-7 (B1-A)		A1	7D19	3D19	6400	310	310	230	230	76	76	0	0	7000	3	22896	47024	104,66
		A2			4800	310	310	230	230	76	76	0	0	5400	4	24128		

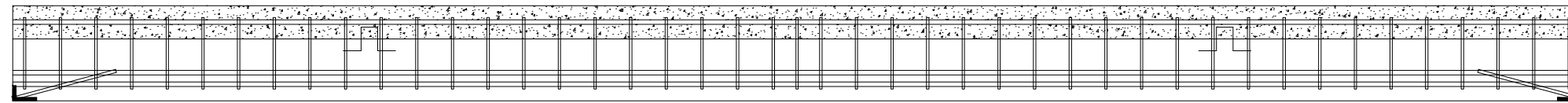
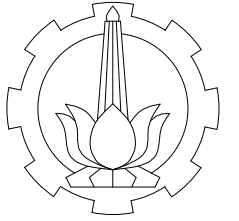
**BESTAT TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BI (PORTAL B-B LANTAI RUMAH LIFT)**  
skala 1:100

Keterangan:

- 1 = Tulangan lentur
- 2 = ldh kiri
- 3 = ldh kanan
- 4 = 12d (tulangan kait 90°) kiri
- 5 = 12d (tulangan kait 90°) kanan
- 6 = 4d (bengkokan tulangan) kiri
- 7 = 4d (bengkokan tulangan) kanan

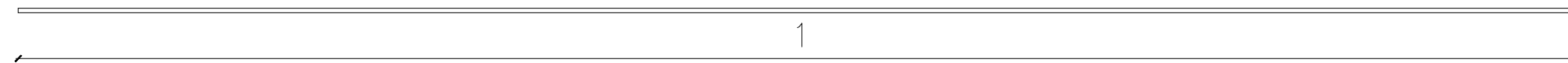
Contoh Perhitungan:

Panjang = dimensi total x jumlah tulangan  
 Panjang total = panjang tulangan A1 + A2 + A3  
 Berat total =  $0,785 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{panjang total}$

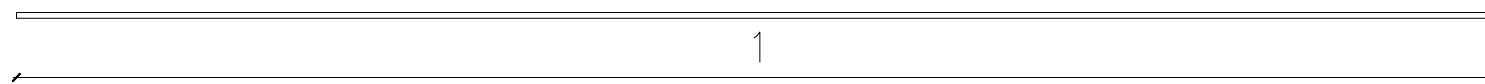


 **BESTAT TULANGAN LENTUR BALOK ANAK**  
skala 1:25

TULANGAN LENTUR A1



TULANGAN LENTUR A2

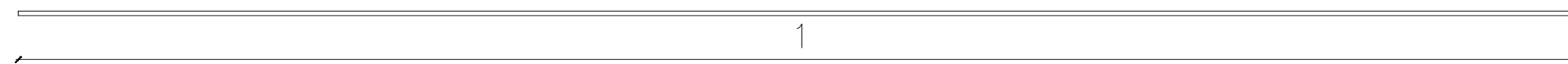


 **DETAIL TULANGAN LENTUR OVERTOPPING**  
skala 1:25

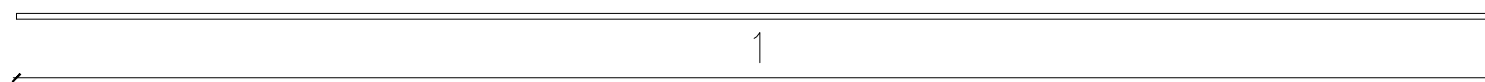
Keterangan:

- 1 = Tulangan lentur
- A1 = Tulangan lentur menerus
- A2 = Tulangan lentur diputus (lapangan)

TULANGAN LENTUR A1



TULANGAN LENTUR A2



 **DETAIL TULANGAN LENTUR PRACETAK**  
skala 1:25

Keterangan:

- 1 = Tulangan lentur
- A1 = Tulangan lentur menerus
- A2 = Tulangan lentur diputus (lapangan)

## TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BALOK ANAK

TIPE BALOK	SKETSA	TULANGAN		DIMENSI		JUMLAH TIAP 12 m	JUMLAH TULANGAN (buah)	PANJANG (mm)	PANJANG TOTAL (mm)	BERAT TOTAL (kg)
		TUMP	LAP	1	TOTAL					
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					
B2-A		3D19	4D19	6600	6600	1	3	19800	24700	54,97
				4900	4900	2	1	4900		
B2-A		2D19	2D19	4600	4600	2	2	9200	9200	20,48
				0	0	0	0	0		
B2-A		2D19	2D19	3100	3100	3	2	6200	6200	13,80
				0	0	0	0	0		
B2-A		2D19	2D19	4300	4300	2	2	8600	8600	19,14
				0	0	0	0	0		

### BESTAT TULANGAN LENTUR OVERTOPPING BALOK ANAK

skala 1:100

## TULANGAN LENTUR PRACETAK BALOK ANAK

TIPE BALOK	SKETSA	TULANGAN		DIMENSI		JUMLAH TIAP 12 m	JUMLAH TULANGAN (buah)	PANJANG (mm)	PANJANG TOTAL (mm)	BERAT TOTAL (kg)
		TUMP	LAP	1	TOTAL					
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					
B2-A		6D19	7D19	6600	6600	1	6	39600	44500	99,04
				4900	4900	2	1	4900		
B2-A		2D19	3D19	4600	4600	2	2	9200	13100	29,16
				3900	3900	3	1	3900		
B2-A		2D19	2D19	3100	3100	3	2	6200	6200	13,80
				0	0	0	0	0		
B2-A		2D19	3D19	4300	4300	2	2	8600	12350	27,49
				3750	3750	3	1	3750		

### BESTAT TULANGAN LENTUR PRACETAK BALOK ANAK

skala 1:100

Keterangan:

1 = Tulangan lentur

A1 = Tulangan lentur menerus

A2 = Tulangan lentur diputus

Contoh Perhitungan:

Jumlah tiap 12 m = 12000

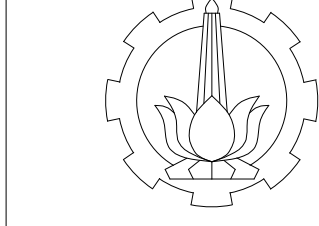
dimensi total

= dimensi total x jumlah tulangan

= panjang tulangan A1 + panjang tulangan A2

Berat total =  $0,785 \times \frac{\pi}{4} d^2 \times \frac{\text{panjang\_total}}{100}$

Catatan :



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
BETON PRACETAK (*PRECAST*) PADA  
ELEMEN BALOK DAN PELAT

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001  
  
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.  
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Muhammad Kafa Billah  
NRP. 10111410000089

NAMA GAMBAR

BESTAT TULANGAN LENTUR  
BALOK ANAK  
skala 1:100

NOMOR

66

JUMLAH

67

