

TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA
LEMBAGA PENJAMIN MUTU PENDIDIKAN JAWA TIMUR
DENGAN METODE PRACETAK**

Mahasiswa
FAQIH FADILAH ABDI
NRP. 10111310000064

Dosen Pembimbing 1
Nur Achmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1001

Dosen Pembimbing 2
Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19840919 201504 1001

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



TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA LEMBAGA PENJAMIN MUTU PENDIDIKAN JAWA TIMUR DENGAN METODE PRACETAK

Mahasiswa

FAQIH FADILAH ABDI

NRP. 10111310000064

Dosen Pembimbing 1

Nur Achmad Husin, ST., MT.

NIP. 19720115 199802 1001

Dosen Pembimbing 2

Afif Navir Refani, ST., MT.

NIP. 19840919 201504 1001

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



FINAL PROJECT – RC146599

**DESIGN STRUCTURE OF EAST JAVA QUALITY
ASSURANCE INSTITUTION BUILDING WITH
PRECAST METHOD**

Student

**FAQIH FADILAH ABDI
NRP. 10111310000064**

Concellor Lecture 1

**Nur Achmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1001**

Concellor Lecture 2

**Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 19840919 201504 1001**

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

LEMBAR PENGESAHAN

Perencanaan Struktur Gedung Angkasa Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Jawa Timur Dengan Metode Pracetak

TUGAS AKHIR TERAPAN

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

Disusun Oleh:



Faqih Fadilah Abdi
NRP. 10111310000064

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

01 AUG 2018



Nur Achmad Husin, ST., MT.
NIP. 197201151998021001



Afif Navir Refani, ST., MT.
NIP. 198409192015041001

Surabaya, 28 Juli 2018



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

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

Tanggal : 20 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Struktur Gedung Asrama Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Jawa Timur Dengan Metode Pracetak		
Nama Mahasiswa	Faqih Fadilah Abdi	NRP	10111310000064
Dosen Pembimbing 1	Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki: penulisan dulangan pada kordek. ke. kolom / balok tangga & Tulangan kawat Pracetak. - Cek kontrol gulung kondisi. Saat balok untuk dibesani balok anak satu sisi. - Perbaiki gambar Simbangan / pertemuan balok-balok, kawat talem. 	 Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001
<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki: kerak penulisan JA, hal. 227. hal. 10. - Cek asrama gambar. A.S. 6., lengkapi elevasi. - Cek gambar potongan di APS 7. bagian bawah. - Restruktur analisis metode pelaksanaan dig. kawat & talem. - Perbaiki ekampulan. Kekam dan tumpukan material. - Detalkan balok pracetak hubungan dan tangga insitu. 	 Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001
<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki gambar denah balok (kotak plat). - Cek penempatan hal 119. - Tambahkan informasi: asrama pracetak. 4 baris per m². Seperti pada kawat. tang. pemang. - Peris: penulisan. kawat. - Peris: detail balok induk terkait dulangan atas. 	 Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001
<ul style="list-style-type: none"> - Cek titik + detalling Simbangan. antar-balok, balok dg talem. - lengkapi proses. verifikasi. Aspa. detail. - Cek asrama. insitu. kawat. rangkai. dg. asrama talem. - Cek gambar penulangan. plat. - Detalkan pada gambar dan metode pelaksanaan pertemuan balok pracetak dan insitu. 	 Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001	 Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001	Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001	 Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001	 Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 FABIH FADILAH ABDI 2
NRP : 1 10111310000069 2
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA LEMBAGA PENJAMIN
 MUTU PENDIDIKAN JAWA TIMUR DENGAN METODE PRACETAK
Dosen Pembimbing : NUR AHMAD HUSIN ST., MT.; AFIF NAVIR BEVAHI ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	5 / 2018 2	- Kenapa dipracetak dan kenapa tambah lantai jadi 10, Gedung mu seperti apa? - Rumus dan masalah ditambahkan menambah sistem struktur yg lengkap - Data dan Masalah direvisi - Manfaat tambahan bagi org lain internal kampus dan diri sendiri		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	12 / 2018 2	- Jc 3 hari tuler 0,4 dari mana - Ada gambar dan rujukan ketimbang selesai - Berat pengangkatan direvisi - Beban Riang		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	6 / 2018 3	- Cek Momen dan PBI dan hitungannya manual - PBI tabel 9.1.4		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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



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

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

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. FAQIH FADILAH ABDI 2
NRP : 1. 10111310000064 2
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN STRUKTUR BUDUNG ASRAMA LAMP
 JAWA TIMUR DENGAN METODE PRACTAK

Dosen Pembimbing : 1) NUR AZHAR HUSIN ST.,MT.
 2) AFIF NAVIR RAFANI ST.,MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4	13 / 2018 / 3	- Momen lipangan Arak X Pelat dihitung - Menghitung berat logam hitung tulangan tulangan rangka - Cara SNI Tulangan tumpuan - Titik tumpuan beban horizontal dengan - Menghitung beban lift		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	21 / 2018 / 3	- Menghitung E-modulus pelat komposit sfs dan beton - Kontrol Retak dihitung - Hitung Balok Liff Arak X dan Y		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	22 / 2018 / 3	- Hitung kontrol Retak dulu baru lentur - Lenturan tetap deck dulu kalo memenuhi retak menurut - Hitung geser shear connector - Hitung ulang panjang penyaluran Pelat (SNI 5996:2015 hal 16-17) - Hitung analisis pelat Londanan		<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 FARIH FADILAH ABOI 2
NRP : 1 1011131 00000 64 2
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASFAMA LEMP
 JAWATIMUR PENGAJARAN METODE PRACETAK
Dosen Pembimbing : NUR ACHMAD HUSIN ST., MT. ; AFIF NAVIR REFANI ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7	5 / 2018 /4	- Momen tangaan dari SAP dibandingkan akibat beban gravitasi dan gempa	<i>FurAH-</i>			
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	12 / 2018 /4	- Asumsi balok anak seri col harus sesuai dengan detailing. tidak perlu diaykur	<i>FurAH-</i>			
		- Cek SAP dan Manual Momen Balok Anak		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	2 / 2018 /5	- Cek V digeser kritis sejarak d. der's mola kranpan.	<i>FurAH-</i>			
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	16 / 2018 /5	- Cek perhitungan desain geser kolom	<i>FurAH-</i>			
		- Diameter HBk tidak perlu besar 2. $\phi 10$ atau 12		B	C	K
		- penghubung geser Horizontal cek gempa		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- HBk jangsan terluar rapat spy Ayaest bidn maks - $\frac{1}{4}$ l dan > sedr gintat 24		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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



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

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 FARIK TADICAH ABDI 2
NRP : 1 10111 31 00000 64 2
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN STRUKTUR BENTUNG ASRAMA LEMBAGA
 PENJAMIN MUTU PENDIDIKAN JAWA TIMUR DENGAN METODE REALTAS
Dosen Pembimbing : NUR AHMAD HUSIN ST.,S.MT. ; AFIK NAUWIR REFANI ST.,S.MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
11	24 / 2018 / 5	- Mpr kolom dari PCACOL - Lap splice balok ngikuti SNI - Geser frisk si' cari yg terkecil		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	28 / 2018 / 5	- Sambungan Ibat PCI ambil pilihan jenis sambungan - Duktul harus memakai panjang pengaluran		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA LEMBAGA PENJAMIN MUTU PENDIDIKAN JAWA TIMUR DENGAN METODE PRACETAK

Nama Mahasiswa : Faqih Fadilah Abdi
NRP : 10111310000064
Jurusan : D4 Teknik Infrastruktur Sipil
FV - ITS
Dosen Pembimbing : 1. Nur Achmad Husin, ST., MT.
2. Afif Navir Refani, ST., MT.

ABSTRAK

Gedung Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Jawa Timur adalah gedung asrama milik pemerintah dinas Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Jawa Timur yang berlokasi di Jl. Ketintang Wiyata Po Box I, Surabaya dengan menggunakan metode cast in situ. Gedung eksisting ini terdiri dari 6 lantai tipikal, namun dalam penyusunan tugas akhir ini akan direncanakan sejumlah 10 lantai dengan tambahan 4 lantai sebagai kamar tidur. Pada proyek tugas akhir terapan ini akan didesain dengan menggunakan metode pracetak pada elemen struktur balok dan pelat serta menggunakan sistem struktur metode SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) dikarenakan berdasarkan hasil Standart Penetration Test (SPT), didapatkan bahwa gedung dibangun diatas tanah dengan kondisi tanah lunak dan memenuhi kategori desain seismic (KDS) tipe D.

Hasil Perencanaan Gedung Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Jawa Timur ini meliputi ukuran pelat dengan tebal 12 cm, dimensi balok induk 30/60, dimensi balok anak 30/40, dan dimensi kolom 60x60 cm. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek.

Kata kunci : Pracetak , SRPMK, Sambungan Basah

DESIGN STRUCTURE OF EAST JAVA QUALITY ASSURANCE INSTITUTION BUILDING WITH PRECAST METHOD

Nama Mahasiswa : Faqih Fadilah Abdi
NRP : 10111310000064
Jurusan : DD4 Teknik Infrastruktur Sipil
FV - ITS
Dosen Pembimbing : 1. Nur Achmad Husin, ST., MT.
2. Afif Navir Refani, ST., MT.

ABSTRACT

East Java Quality Assurance Institution Building is a boarding house owned by the government of East Java Quality Education Service Agency located on Jl. Ketintang Wiyata Po Box I, Surabaya by using cast in situ method. The existing building consists of 6 typical floors, but in this final project will be planned a number of 10 floors with an additional 4 floors as a bedroom. In this final project will be designed by using precast method on structural elements of beams and plates and using system structure method of SMF (Special Moment Frame) due to the result of Standart Penetration Test (SPT), it is found that the building is built on ground with soft soil condition and included the category of seismic design type D.

The results of East Java Quality Assurance Institution Planning include the size of plate with 12 cm thick, 30/60 primary beam dimension, 30/40 secondary beam dimension, and 60x60 cm column dimension. Connection between precast elements using wet connection and short console..

Key Word : Precast , SMF, Wet Connection

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala nikmat, karunia dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir terapan ini dengan judul **“Perencanaan Struktur Gedung Asrama Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Jawa Timur Dengan Metode Pracetak”** sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan pada program Diploma IV Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan tugas akhir terapan ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, bantuan dan doa dari berbagai pihak yang telah banyak membantu, memberikan masukan serta arahan kepada penulis. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang Tua serta keluarga yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis.
2. Bapak Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M. EngSc., Ph.D, selaku dosen wali yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Nur Achmad Husin, ST., MT. dan Bapak Afif Navir Refani ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Teman –teman yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian tugas akhir terapan ini

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari kesalahan. Oleh karenanya penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan penyusunan tugas akhir terapan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Juli 2018
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Lokasi Proyek.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kriteria Desain	5
2.2 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Beban Gempa	5
2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)	6
2.2.2 Syarat Detailing Elemen SRPMK.....	7
2.3 Pembebanan.....	30
2.3.1 Beban Mati.....	30
2.3.2 Beban Hidup	30
2.3.3 Beban Gempa.....	30
2.3.4 Kombinasi Pembebanan	35
2.4 Kontrol Analisa Permodelan Struktur	36
2.4.1 Kontrol Base Reaction	36
2.4.2 Kontrol Partisipasi Massa	36
2.4.3 Kontrol Simpangan antar Tingkat (Drift)	36
2.5 Definisi Pracetak	36
2.6 Tinjauan Elemen Struktur.....	37

2.6.1	Pelat Pracetak.....	37
2.6.2	Balok Pracetak.....	40
2.7	Sambungan.....	41
2.7.1	Sambungan Balok – Kolom.....	41
2.7.2	Sambungan Antar Pelat.....	48
2.8	Pengangkatan.....	49
2.8.1	Dua Titik Angkat.....	49
2.8.2	Empat Titik Angkat.....	49
2.9	Pondasi.....	50
2.9.1	Perhitungan Daya Dukung Tiang.....	50
2.9.2	Perhitungan Pilecap.....	51
BAB III	53
METODOLOGI	53
3.1	Umum.....	53
3.2	Pengumpulan Data Proyek dan Studi Literatur.....	55
3.3	Penentuan Sistem Struktur.....	55
3.4	Preliminary Desain.....	56
3.4.1	Preliminary Sesudah Komposit.....	56
3.4.2	Preliminary Elemen Pracetak.....	59
3.5	Permodelan Struktur Gedung.....	60
3.6	Pembebanan.....	61
3.6.1	Beban Mati.....	61
3.6.2	Beban Hidup.....	62
3.6.3	Beban Gempa.....	62
3.6.4	Kombinasi Pembebanan.....	63
3.7	Detailing Penulangan dari Hasil Analisa Struktur.....	63
3.7.1	Penulangan Pelat.....	63
3.7.2	Perencanaan Balok.....	68
3.7.3	Perencanaan Kolom.....	74
3.7.4	Perencanaan Pondasi.....	76
3.8	Tahapan Elemen Pracetak.....	76
3.8.1	Tahapan Pelat Pracetak.....	76
3.8.2	Tahapan Balok Pracetak.....	84
3.9	Perencanaan Sambungan Elemen Struktur.....	91
3.9.1	Sambungan Balok dengan Kolom.....	91

3.9.2	Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak	92
3.9.3	Sambungan Balok dengan Pelat	92
3.9.4	Sambungan Pelat dengan Pelat	92
3.10	Metode Pelaksanaan	93
3.11	Gambar Teknik	93
BAB IV PRELIMINARI.....		95
BAB V PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....		103
5.1	Perencanaan Pelat	103
5.2	Balok Anak	176
5.3	Perencanaan Tangga	206
5.4	Perencanaan Lift	225
BAB VI PERMODELAN STRUKTUR		235
6.1	Umum	235
6.2	Perencanaan Beban Angin	235
6.3	Perencanaan Gempa Sturkur	242
6.4	Kombinasi Beban	247
6.5	Kombinasi Ragam	249
6.6	Kontrol Permodelan Struktur	250
BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA.....		257
7.1	Balok Induk	2957
7.2	Kolom	303
7.3	HBK	321
BAB VIII SAMBUNGAN		323
8.1	Umum	323
8.2	Sambungan Balok Induk dan Kolom	324
8.3	Sambungan Balok Induk dan Balok Anak	332
8.4	Sambungan Pelat dan Balok Anak	342
8.5	Sambungan Pelat Pracetak dengan Pelat Overtopping	343
8.6	Sambungan Pelat Pracetak dengan Pelat Pracetak	345
BAB IX PONDASI		351
BAB X METODE PELAKSANAAN.....		365

BAB XI PENUTUP.....	375
DAFTAR PUSTAKA	379
LEMBAR REVISI.....	381
LAMPIRAN	395

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lokasi Proyek	4
Gambar 2 Ketentuan Dimensi Penampang Balok	7
Gambar 3 Persyaratan Tulangan Lentur	8
Gambar 4 Persyaratan Sambungan Lewatan	9
Gambar 5 Persyaratan Tulangan Transversal	10
Gambar 6 Contoh Sengkang Tertutup yang Dipasang Bertumpuk	11
Gambar 7 Persyaratan untuk Sengkang Tertutup dan Pengikat Silang	11
Gambar 8 Kombinasi Geser Akibat Gravitasi dan Gempa	12
Gambar 9 Geser Desain untuk Balok	14
Gambar 10 Persyaratan Geometri Kolom	15
Gambar 11 Konsep Strong Coloumn Weak Beam	16
Gambar 12 Sambungan Lewatan pada Kolom	18
Gambar 13 Pengekangan oleh Tulangan Spiral Terhadap Inti Beton	19
Gambar 14 Persyaratan Kekangan untuk Sengkang Spiral	22
Gambar 15 Persyaratan Kekangan untuk Sengkang Tertutup Persegi	22
Gambar 16 Contoh Pemasangan Tulangan Transversal pada Kolom	23
Gambar 17 Geser Desain untuk kolom	25
Gambar 18 Perhitungn Geser Horizontal pada HBK	27
Gambar 19 Perhitungan V_u pada HBK	27
Gambar 20 Persyaratan Ukuran Balok Pengekang	28
Gambar 21 Luas Efektif pada HBK	29
Gambar 22 Standar Kait 90°	29
Gambar 23 Peta untuk S_S (Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget(MCE_R))	31
Gambar 24 Peta untuk S_1 (Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget(MCE_R))	31
Gambar 25 Spektrum Respon Desain	33

Gambar 26 Hollowcore floor slabs (Sumber : Bevlon,Woerden, Netherlands)	38
Gambar 27 Pelat Dobel Tee (Sumber : PCI Jurnal,USA)	38
Gambar 28 Composite Beam and Plank (Sumber : Kim S. Elliot)	39
Gambar 29 Composit Plank Floor Profiles (Sumber : Kim Elliot)	39
Gambar 30 Balok Precast Bentuk Persegi Panjang (Sumber : PCI)	40
Gambar 31 Balok Pracetak Bentuk L (Sumber : Kim Elliot)	40
Gambar 32 Balok Bentuk T terbalik (Sumber : PCI)	41
Gambar 33 Beam to Coloumn Face Connection	42
Gambar 34 Beam to Coloumn Head Connection	42
Gambar 35 Tipe Sambungan Balok Kolom	43
Gambar 36 Sambungan Billet	44
Gambar 37 Sambungan Las Plat (welded plate).....	44
Gambar 38 Sambungan Cleat	44
Gambar 39 Sambungan Sliding Plate	45
Gambar 40 Sambungan Konsol Dangkal (Shallow Corbel).....	46
Gambar 41 Sambungan Konsol Dalam (Deep Corbel)	46
Gambar 42 Sambungan Nib	47
Gambar 43 Sambungan antar pelat dobel T dengan menggunakan las.....	48
Gambar 44 Posisi titik angkat pelat (2 titik angkat)	49
Gambar 45 Posisi titik angkat pelat (4 titik angkat)	50
Gambar 46 Metodologi.....	54
Gambar 47 Panjang Landasan	60
Gambar 48 Permodelan Struktur dengan program SAP2000.....	61
Gambar 49 Metodologi Penulangan Lentur Pelat	66

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Peraturan yang digunakan	5
Tabel 2 Faktor R, C_d, Ω_0 untuk penentuan sistem penahan gaya seismik.....	32
Tabel 3 C_t dan α	34
Tabel 4 Nilai koefisien batas atas, C_u	34

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Peraturan yang digunakan	5
Tabel 2 Faktor R, C_d, Ω_0 untuk penentuan sistem penahan gaya seismik.....	32
Tabel 3 C_t dan α	34
Tabel 4 Nilai koefisien batas atas, C_u	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beton pracetak merupakan salah satu material yang paling populer digunakan dalam dunia konstruksi saat ini. Menurut Novdin M. Sianturi (2012) prinsip dari sistem sistem pracetak adalah dicetak atau dicor terlebih dahulu sebelum diinstall. Berbicara tentang sistem pracetak maka hal pertama untuk dijadikan pertimbangan memakai sistem ini adalah bentuk yang tipikal dan jumlah yang banyak. Keuntungan menggunakan sistem pracetak antara lain waktu yang lebih efisien, memang sangat efisien jika jenis pekerjaannya tipikal. Sementara pekerjaan precast disiapkan kita bisa bekerja untuk bagian yang lain.

Menurut Wulfram I. Ervianto (2006) untuk penggunaan beton precetak pada konstruksi bangunan, efisiensi penggunaan beton precast dibandingkan dengan beton konvensional dari segi aspek biaya mampu mereduksi biaya perkiraan interval 1,5% hingga 9,9 %, sedangkan dari segi aspek waktu mampu mereduksi waktu konstruksi interval 25-40%.

Indonesia termasuk Negara rawan gempa membutuhkan solusi untuk memperkecil resiko akibat gempa. Solusinya adalah dengan perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang dapat memikul baik beban gravitasi maupun beban lateral. Sistem penahan gaya seismik tersebut terdiri dari sistem dinding penumpu, sistem rangka bangunan, sistem rangka pemikul momen, sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus, sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah, sistem interaktif dinding geser, dll. Penentuan sistem penahan gaya seismic tersebut ditentukan berdasarkan tipe kategori desain seismik (KDS). Di Surabaya umumnya termasuk dalam kategori desain seismik (KDS) tipe C sampai D dengan resiko gempa cukup tinggi. Akan tetapi penentuan kategori desain seismik juga ditentukan pada kelas situs tanah dan kategori resiko bangunan tersebut.

Gedung LPMP Jawa Timur adalah gedung asrama milik pemerintah dinas Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Jawa Timur

yang berlokasi di Jl. Ketintang Wiyata Po Box I, Surabaya. Gedung ini terdiri dari 6 lantai tipikal dengan struktur atap rangka baja, namun dalam penyusunan proposal ini akan direncanakan sejumlah 10 lantai dengan tambahan 4 lantai sebagai kamar tidur. Dalam tugas akhir ini diambil oleh penulis dengan menggunakan sistem struktur metode SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) dikarenakan tanah lokasi gedung ini memenuhi kategori desain seismic (KDS) tipe D. Dalam merencanakan desain gedung ini juga menggunakan metode pracetak dikarenakan bangunan gedung ini tipikal serta agar pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan akan menjadi lebih efisien dan cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam perencanaan struktur gedung asrama LPMP Jawa Timur dengan metode pracetak adalah:

1. Bagaimana menentukan sistem struktur yang tepat sesuai dengan data tanah gedung tersebut?
2. Bagaimana menentukan detailing penulangan pelat, balok dan kolom?
3. Bagaimana mengontrol tahapan – tahapan elemen pracetak?
4. Bagaimana merencanakan sambungan elemen pracetak balok dengan kolom, balok induk dengan balok anak dan sambungan antar pelat?
5. Bagaimana menentukan tipe pondasi dan detailing yang tepat untuk gedung tersebut?
6. Bagaimana menentukan metode pelaksanaan kolom, balok pracetak dan pelat pracetak?

1.3 Tujuan

Tujuan pada perencanaan struktur gedung asrama LPMP Jawa Timur dengan metode pracetak adalah sebagai berikut : . .

1. Dapat menentukan sistem struktur yang tepat sesuai dengan data tanah gedung tersebut.
2. Dapat menentukan menentukan preliminari desain elemen pracetak.
3. Dapat mengontrol tahapan – tahapan elemen pracetak.

4. Dapat merencanakan sambungan elemen pracetak balok dengan kolom, balok induk dengan balok anak dan sambungan antar pelat.
5. Dapat merencanakan sambungan elemen pracetak balok dengan kolom, balok induk dengan balok anak dan sambungan antar pelat.
6. Dapat menentukan tipe pondasi dan detailing yang tepat untuk gedung tersebut.
7. Dapat menentukan metode pelaksanaan kolom, balok pracetak dan pelat pracetak.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada perencanaan struktur gedung asrama LPMP Jawa Timur dengan metode pracetak adalah sebagai berikut :

1. Analisis beban gempa dilakukan dengan metode respon spektrum sesuai SNI 03-1726-2012.
2. Perencanaan ini tidak membahas analisa biaya, sistem utilitas gedung, pembuangan air kotor, saluran air bersih, instalasi/jaringan listrik, finishing dan struktur rangka baja.
3. Metode pelaksanaan meliputi pondasi, kolom, balok dan pelat.

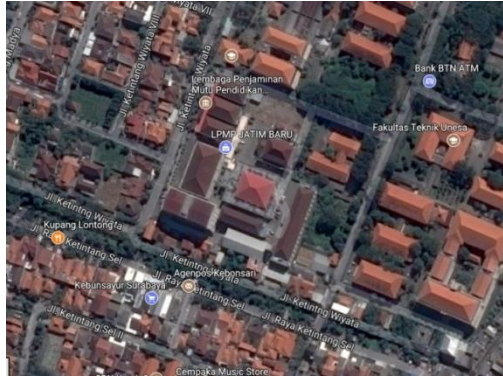
1.5 Manfaat

Manfaat pada perencanaan struktur gedung asrama LPMP Jawa Timur dengan metode pracetak adalah sebagai berikut :

1. Dapat merencanakan dan memahami perhitungan struktur dengan metode pracetak dengan metode metode sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) .
2. Dapat sebagai alternatif referensi perencanaan struktur gedung menggunakan metode pracetak yang mempunyai banyak kelebihan dibandingkan menggunakan beton konvensional.

1.6 Lokasi Proyek

Lokasi perencanaan gedung asrama ini terletak di Jalan Ketintang Wiyata Po Box 1, Surabaya



Gambar 1 Lokasi Proyek

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kriteria Desain

Dalam menyelesaikan perencanaan struktur gedung asrama LPMP Jawa Timur dengan metode pracetak agar dapat memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan yang dibutuhkan oleh sebuah gedung, maka pada tinjauan pustaka ini akan menjelaskan secara garis besar mengenai teori dan studi pustaka. Perhitungan Struktur gedung ini mengacu pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1 Peraturan yang digunakan

NO	PERATURAN	TENTANG
1	SNI 2847-2013	Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
2	SNI 1726-2012	Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung
3	SNI 1727-2013	Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
4	SNI 7833-2012	Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung
5	PCI Handbook	Precast and Prestressed Concrete
6	ACI 318-08	Building Code Requirements for Structural Concrete

2.2 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Beban Gempa

Aturan detailing pada dasarnya diatur dalam SNI Beton Pasal 21. Berdasarkan aturan ini, detailing dibedakan berdasarkan kategori desain seismic (KDS) yang dikenakan pada struktur bangunan.

Menurut SNI Gempa, struktur bangunan beton bertulang yang dikenakan KDS D,E dan F harus direncanakan dengan

menggunakan sistem struktur penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing khusus atau memiliki tingkat daktilitas penuh. Sedangkan bangunan yang dikenakan KDS C harus direncanakan minimum dengan menggunakan sistem struktur yang memenuhi persyaratan detailing menengah atau memiliki paling tidak tingkat daktilitas sedang.

Berdasarkan SNI Beton, sistem struktur penahan beban lateral secara umum dibedakan atas :

1. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)
2. Sistem Dinding Struktural (SDS)

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Sistem Rangka Pemikul Momen adalah Sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem rangka pemikul momen dapat dikelompokkan sebagai berikut (Tabel 3) :

1. Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) adalah Suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan SNI Beton pasal 1-20 dan 22, serta pasal 21.1.2 dan 21.2. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS B.
2. Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan detailing pasal 21.1.2 dan 21.1.8 serta 21.3. Sistem ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS C..
3. Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 21.1.2 hingga 21.1.8, pasal 21.5 hingga 21.8. Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus wajib digunakan untuk bangunan yang dikenakan KDS D,E atau F.

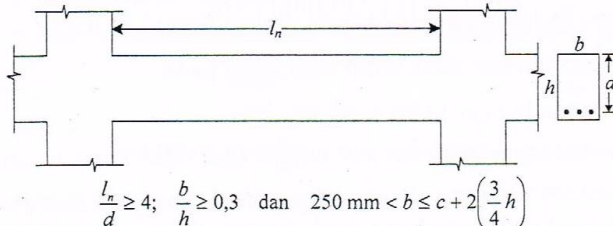
2.2.2 Syarat Detailing Elemen SRPMK

2.2.2.1 Persyaratan Detailing Komponen Struktur Lentur SRPMK

2.2.2.1.1 Persyaratan Geometri

Komponen struktur lentur didefinisikan sebagai komponen struktur dimana gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada penampangnya tidak melebihi $0,1 \cdot A_g \cdot f_c'$, dengan A_g adalah luas penampang komponen struktur. Secara geometri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk komponen struktur, yaitu:

1. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya (lentur).
2. Perbandingan lebar terhadap tinggi komponen struktur tidak boleh lebih dari 0,3.
3. Lebar penampang haruslah
 - a. ≥ 250 mm
 - b. \leq lebar kolom ditambah jarak pada tiap sisi kolom yang tidak melebihi tiga per empat tinggi komponen struktur lentur. Persyaratan ini terkait dengan transfer momen akibat gempa dari elemen struktur balok ke kolom.



Gambar 2 Ketentuan Dimensi Penampang Balok

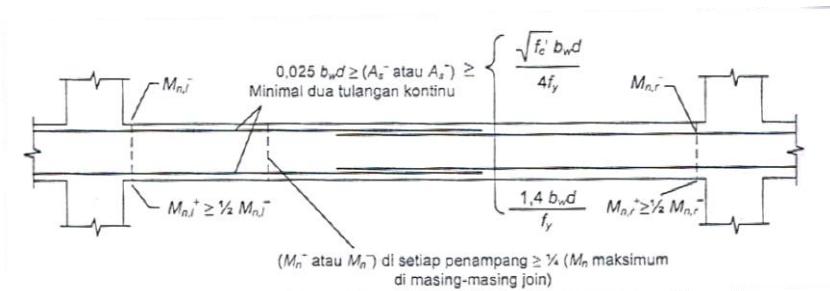
2.2.2.1.2 Persyaratan Tulangan Lentur

Ada beberapa persyaratan tulangan lentur yang perlu diperhatikan pada perencanaan komponen lentur SRPMK, diantaranya adalah :

1. Masing – masing luas tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari luas tulangan minimum yang dipersyaratkan, yaitu $(0,25b_w d \sqrt{f_c})/f_y$ atau $(1,4b_w d)/f_y$ (dengan b_w dan d masing

– masing adalah lebar dan tinggi efektif penampang komponen lentur). Rasio tulangan lentur maksimum (ρ_{max}) juga dibatasi sebesar 0,025. Selain itu, pada penampang harus terpasang secara menerus minimum dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah.

2. Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar atau sama dengan setengah kuat lentur negatifnya. Kuat lentur negative dan positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperempat kuat lentur terbesar pada bentang tersebut.



Gambar 3 Persyaratan Tulangan Lentur

3. Sambungan lewatan untuk penyambungan tulangan lentur harus diberi tulangan spiral atau sengkang tertutup di sepanjang sambungan tersebut. Pemasangan tulangan spiral atau sengkang tertutup ini penting untuk mengekang beton di daerah sambungan dan mengantisipasi terkelupasnya selimut beton pada saat penampang mengalami deformasi inelastic yang signifikan
4. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada :
 - a. Daerah hubungan balok kolom
 - b. Daerah hingga jarak dua kali tinggi balok h dari muka kolom, dan
 - c. Lokasi – lokasi yang berdasarkan hasil analisis, memperlihatkan kemungkinan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastic struktur portal bangunan.

Batasan – batasan ini perlu diperhatikan dalam perencanaan komponen struktur SRPMK, karena sambungan lewatan tidak dapat diandalkan bila menerima beban siklik yang dapat memaksa penampang berdeformasi dalam rentang inelastiknya.

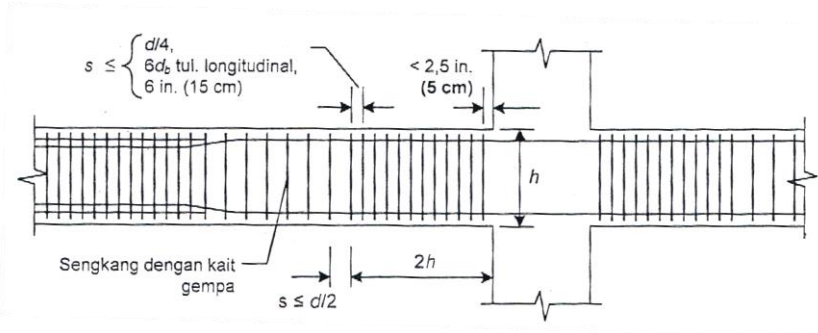


Gambar 4 Persyaratan Sambungan Lewatan

2.2.2.1.3 Persyaratan Tulangan Transversal

Tulangan transversal pada komponen lentur dibutuhkan terutama untuk menahan geser, mengekang daerah inti penampang beton dan menyediakan tahanan lateral bagi batang – batang tulangan lentur dimana tegangan leleh dapat terbentuk. Karena pengelupasan (spalling) selimut beton dapat terjadi pada saat gempa kuat, terutama di daerah sendi plastis dan di daerah sekitarnya, maka semua tulangan transversal pada elemen SRPMK harus berbentuk sengkang tertutup. Beberapa persyaratan harus dipenuhi untuk pemasangan tulangan sengkang tertutup diantaranya :

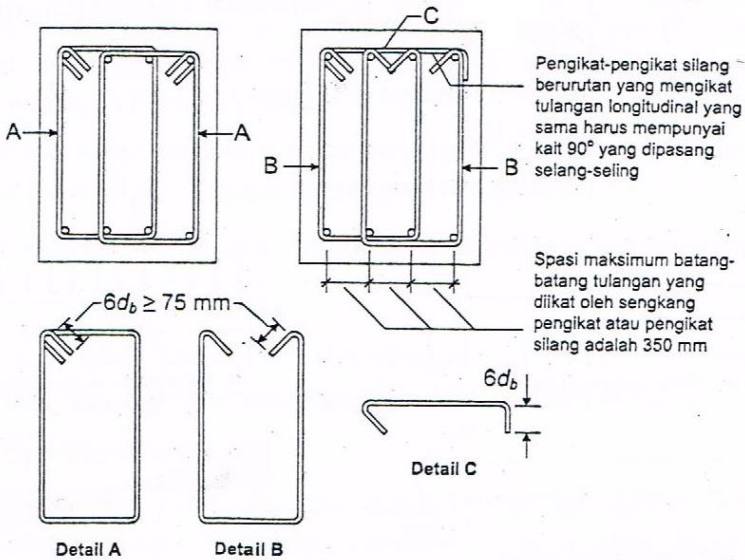
1. Sengkang tertutup harus dipasang :
 - a. Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan.
 - b. Di sepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
2. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi :
 - a. $d/4$
 - b. enam kali diameter terkecil tulangan memanjang
 - c. 150mm



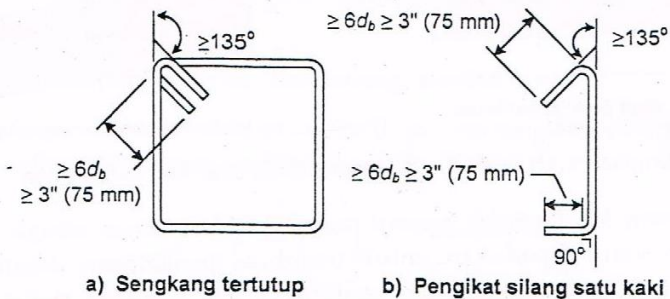
Gambar 5 Persyaratan Tulangan Transversal

Tulangan sengkang tertutup dapat dipasang sebagai tulangan tunggal atau bertumpuk. Pada gambar diperlihatkan beberapa contoh penggunaan sengkang tertutup yang dipasang bertumpuk, dengan memanfaatkan tulangan pengikat silang (crosstie).

Tulangan sengkang tertutup dan pengikat silang (crosstie) harus diberi kait gempa diujung-ujungnya. Pengikat silang didefinisikan sebagai tulangan pengikat yang ujung-ujungnya diberi kait gempa dan kait 90° . Sedangkan kait gempa didefinisikan sebagai kait pada sengkang yang mempunyai bengkokan tidak kurang dari 135° (untuk sengkang cincin dapat diambil $\geq 90^\circ$) + perpanjangan $6d$.



Gambar 6 Contoh Sengkang Tertutup yang Dipasang Bertumpuk



Gambar 7 Persyaratan untuk Sengkang Tertutup dan Pengikat Silang

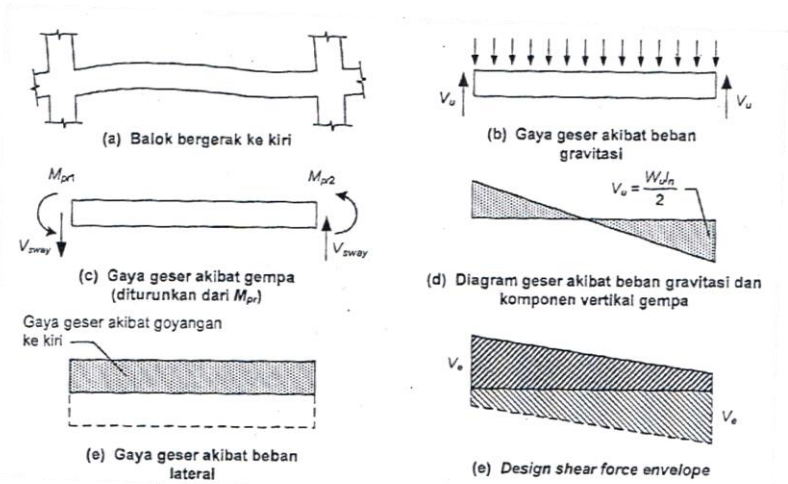
2.2.2.1.4 Persyaratan Kuat Geser Komponen Struktur Lentur

Kuat geser perlu V_e untuk perencanaan geser bagi komponen struktur lentur SRPMK harus ditentukan dari peninjauan gaya static pada komponen struktur antara dua muka tumpuan, yaitu :

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_r}{2} \tag{2.1}$$

Dimana

- V_e = gaya geser ultimit balok akibat gempa
 M_{pr1} = probable moment diperletakan 1 akibat goyangan kekiri (atau kanan)
 M_{pr2} = probable moment diperletakan 2 akibat goyangan kekiri (atau kanan)
 W_u = pengaruh beban gravitasi ($1,2D + 1,0L$)
 l_n = panjang bentang bersih balok



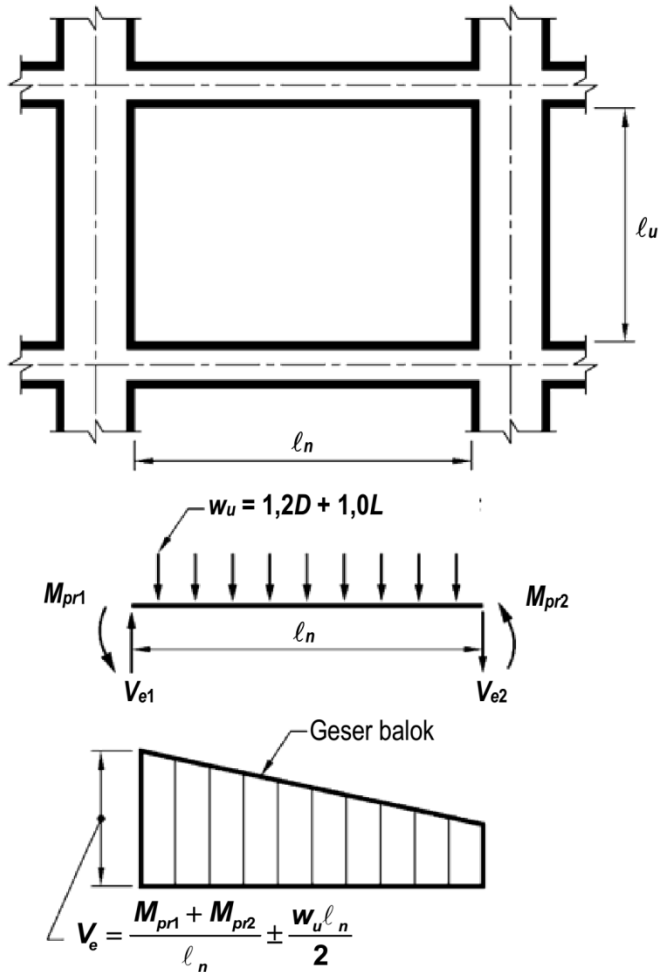
Gambar 8 Kombinasi Geser Akibat Gravitasi dan Gempa

Momen ujung M_{pr} (probable moment capacity) didefinisikan sebagai momen maksimum yang diperlukan untuk membuat penampang desain (yaitu penampang dengan dimensi dan konfigurasi baja tulangan sesuai desain) membentuk sendi plastis. Momen ujung M_{pr} dihitung berdasarkan nilai kuat tarik baja tulangan yang telah diperbesar dengan menerapkan factor kuat lebih bahan, yaitu sebesar $1,25f_y$.

Diagram kuat geser perlu diperoleh kemudian digunakan untuk merencanakan kuat geser di sepanjang komponen lentur. Perencanaan geser dilakukan dengan mengansumsikan bahwa baik beton maupun baja tulangan transversal sama-sama berkontribusi dalam menahan gaya geser rencana yang terjadi. Namun, khusus untuk daerah yang berpotensi membentuk sendi plastis (yaitu

sepanjang $2h$ dari muka kolom), tulangan transversal harus dirancang untuk menahan kuat geser perlu dengan menganggap kontribusi penampang beton dalam menahan geser (V_c) = 0 selama :

- a. Gaya geser akibat gempa (yaitu suku pertama pada persamaan $V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2}$ mewakili setengah atau lebih dari kuat geser perlu maksimum di sepanjang daerah tersebut, dan
- b. Gaya aksial tekan terfaktor pada penampang, termasuk akibat gempa, lebih kecil dari $A_g f'_c / 20$.
- c. Pada perencanaan geser balok, gaya geser rencana, V_e , harus ditentukan berdasarkan gaya lentur maksimum yang dapat terjadi pada muka hubungan balok-kolom pada setiap ujung komponen struktur. Begitu halnya pada perencanaan geser kolom.



Gambar 9 Geser Desain untuk Balok

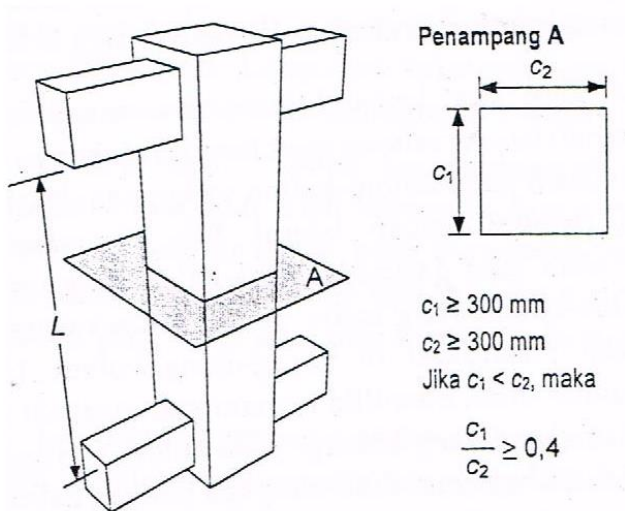
2.2.2.2 Persyaratan Detailing Komponen Struktur SRPMK yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial

2.2.2.2.1 Persyaratan Geometri

Komponen struktur yang dibahas dalam pasal ini adalah komponen struktur kolom, yang menerima kombinasi lentur dan

beban aksial. Besarnya beban aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur kolom dibatasi tidak kurang dari $0,1 A_g f_c'$. Beberapa persyaratan geometri juga harus dipenuhi oleh komponen struktur kolom SRPMK, diantaranya

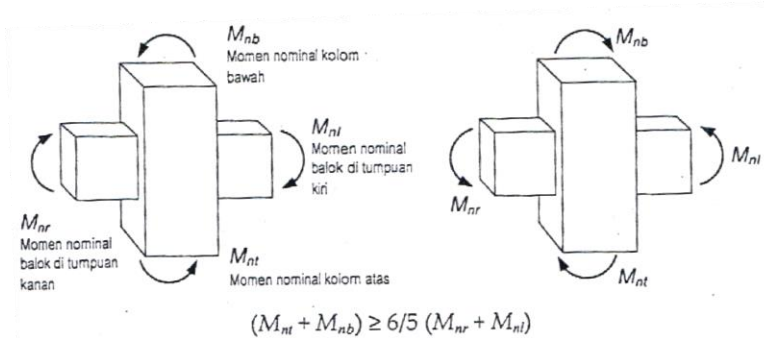
1. Ukuran penampang terkecil tidak kurang dari 300mm.
2. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus tidak kurang dari 0,4.



Gambar 10 Persyaratan Geometri Kolom

2.2.2.2.2 Perencanaan Lentur

Berdasarkan SNI Beton, kuat lentur kolom SRPMK harus memenuhi ketentuan kolom kuat balok lemah sebagai mana diperlihatkan pada gambar



Gambar 11 Konsep Strong Coloumn Weak Beam

$$\sum M_e \geq \frac{6}{5} \sum M_g \quad (2.2)$$

Dengan

$\sum M_e$ = Jumlah M_n kolom yang merangka pada hubungan balok kolom. M_n harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan M_n terkecil.

$\sum M_g$ = jumlah M_n balok yang merangka pada hubungan balok kolom. Pada konstruksi balok T, dimana pelat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan pelat yang berada dalam daerah lebar efektif pelat harus diperhitungkan dalam menentukan M_n balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

Seperti diuraikan diatas, kuat lentur kolom harus memenuhi ketentuan kolom kuat balok lemah (strong coloumn weak beam). Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya leleh pada kolom-kolom yang pada dasarnya didesain sebagai komponen pemikul beban lateral. Bila komponen kolom direncanakan tidak lebih kuat dari pada balok-balok yang merangka pada suatu hubungan balok kolom yang sama, sangat mungkin terjadi perilaku inelastic, dan bahkan plastifikasi diujung-ujung kolom. Hal ini tidak diinginkan karena kolom tidak memiliki kemampuan disipasi energy sebaik balok. Besarnya beban aksial yang bekerja pada kolom menyebabkan lebih rendahnya tingkat daktilitas kolom dibandingkan dengan daktilitas balok.

Bila ada desain kolom yang tidak memenuhi ketentuan kolom kuat balok lemah diatas, maka kuat lateral dan kekakuan kolom tersebut harus diabaikan dalam perhitungan kekuatan dan kekakuan struktur Untuk perhitungan M_n pada konstruksi balok T yang merangka pada hubungan balok kolom, lebar efektif pelat dapat diambil sesuai SNI 2847 2013 pasal 8.12. Berdasarkan SNI Beton, lebar efektif pelat pada konstruksi balok T tidak boleh melebihi seperempat bentang balok. Selain itu, lebar efektif dari masing – masing sisi badan balok T tidak boleh melebihi :

- a. Delapan (8) kali tebal pelat
- b. Setengah (1/2) jarak bersih antara balok – balok yang bersebelahan.

Untuk balok tepi, lebar efektif sayap dari sisi badan tidak boleh lebih dari :

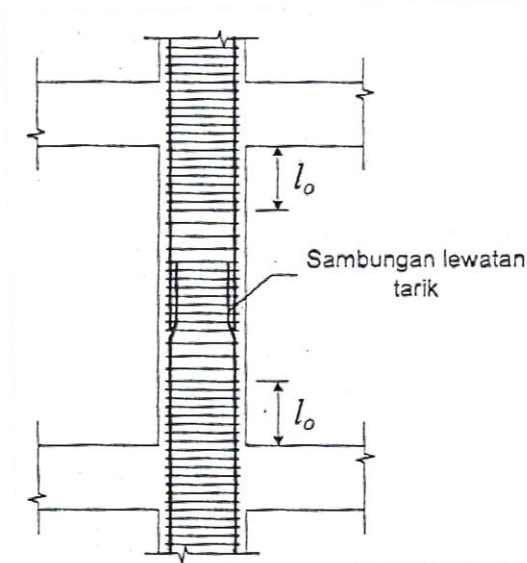
- a. Seperduabelas (1/12) dari bentang balok
- b. Enam (6) kali tebal pelat
- c. Setengah (1/2) jarak bersih antara balok – balok yang bersebelahan.

2.2.2.2.3 Persyaratan Tulangan Lentur

Berdasarkan SNI 2847 2013, tulangan lentur kolom harus memenuhi beberapa persyaratan berikut :

1. Rasio penulangan dibatasi minimum tidak boleh kurang dari 0,01 dan maksimum tidak boleh lebih dari 0,06.
Batas bawah rasio tulangan lentur kolom terutama berguna untuk mengantisipasi pengaruh deformasi jangka panjang dan agar kuat lentur rencana penampang kolom lebih besar daripada kuat lentur retaknya. Batas atas rasio tulangan lentur ditetapkan untuk menjaga agar tidak terjadi kongesti (kerapatan) tulangan berlebihan pada penampang, khususnya di daerah sambungan lewatan.
2. Sambungan mekanis tipe 1 untuk penyambungan tulangan lentur (dengan kekuatan 125% kuat leleh batang tulangan yang disambung) tidak boleh ditempatkan di lokasi yang berpotensi membentuk sendi plastis, kecuali sambungan mekanis tipe 2 (yaitu sambungan mekanis dengan kekuatan yang lebih kuat dari kuat tarik batang tulangan yang disambung)

3. Sambungan las untuk penyambungan tulangan lentur (dengan kekuatan 125% kuat leleh batang tulangan yang disambung) tidak boleh ditempatkan di lokasi yang berpotensi membentuk sendi plastis.
4. Sambungan lewatan hanya diizinkan di lokasi setengah panjang elemen struktur yang berada ditengah, direncanakan sebagai sambungan lewatan tarik, dan harus diikat dengan tulangan spiral atau sengkang tertutup yang direncanakan sesuai ketentuan tulangan transversal dibawah ini.

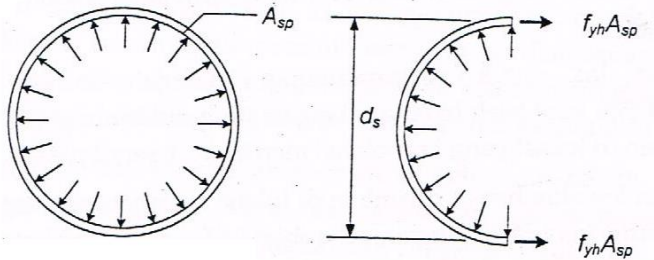


Gambar 12 Sambungan Lewatan pada Kolom

2.2.2.2.4 Persyaratan Tulangan Transversal

Tulangan transversal pada kolom utama berfungsi untuk mengekang daerah inti kolom. Tulangan transversal pada kolom dapat berupa tulangan spiral atau tulangan sengkang tertutup. Pada saat kolom menerima gaya aksial tekan, inti kolom cenderung mengembang karena adanya pengaruh rasio poisson dan sifat dilatasi material beton. Pengembangan ini menyebabkan tulangan sengkang tertutup atau spiral yang melingkupi inti beton menjadi tertarik dan

menimbulkan efek tegangan lateral terhadap inti beton. Dalam kondisi terkekang, beton memiliki kuat tekan aksial yang lebih tinggi dan perilaku yang lebih daktail. Richart dkk. (1982) memberikan persamaan untuk mengestimasi nilai kuat tekan aksial beton yang terkekang oleh adanya tegangan lateral f_l .



Gambar 13 Pengekangan oleh Tulangan Spiral Terhadap Inti Beton

$$f'_{cc} = f'_c + 4,1f_l \quad (2.3)$$

Dengan f'_{cc} adalah nilai kuat tekan beton terkekang.

SNI Beton mensyaratkan bahwa jumlah tulangan spiral atau sengkang tertutup yang dipasang di daerah-daerah tertentu kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis harus memenuhi ketentuan berikut :

1. Rasio volumetric tulangan spiral atau sengkang cincin, ρ_s , tidak boleh kurang dari

$$\rho_s = 0,12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (2.4)$$

$$\rho_s^* = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (2.5)$$

2. Luas total penampang sengkang tertutup persegi tidak boleh kurang daripada persamaan – persamaan dibawah ini.
 - a. Untuk potongan penampang yang arah normalnya searah sumbu x :

$$A_{shx}^* = 0,3 \left(sb_{cx} \frac{f'_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (2.6)$$

Dan

$$A_{shx} = 0,09 \left(sb_{cx} \frac{f_c'}{f_{yt}} \right) \quad (2.7)$$

- b. Untuk potongan penampang yang arah normalnya searah sumbu y :

$$A_{shx}^* = 0,3 \left(sb_{cy} \frac{f_c'}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (2.8)$$

Dan

$$A_{shy} = 0,09 \left(sb_{cy} \frac{f_c'}{f_{yt}} \right) \quad (2.9)$$

Dengan ,

A_{shx} = luas penampang total tulangan transversal dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi

b_{cx}

A_{shy} = luas penampang total tulangan transversal dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi

b_{cy}

S = spasi tulangan transversal

b_{cx} = dimensi penampang inti kolom yang arah normalnya sejajar sumbu x, diukur dari sumbu ke sumbu tulangan transversal terluar.

b_{cy} = dimensi penampang inti kolom yang arah normalnya sejajar sumbu y, diukur dari sumbu ke sumbu tulangan transversal terluar.

A_g = luas bruto penampang kolom

A_{ch} = luas penampang inti kolom dari sisi luar ke sisi luar tulangan sengkang tertutup

A_c = luas penampang inti kolom dari sisi luar ke sisi luar tulangan spiral

f_{yt} = kuat leleh tulangan transversal.

Persamaan diatas yang diberi tanda asterisk diturunkan dengan prinsip bahwa luas tulangan sengkang tertutup atau spiral yang terpasang harus mampu meningkatkan kuat tekan inti kolom sedemikian hingga peningkatan tersebut dapat mengkompensasi berkurangnya daya dukung kolom dengan lepasnya selimut beton. Secara matematis, hal ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan sumbangan selimut beton} &= \text{kuat tekan} \\
 \text{tambahan inti beton} & \\
 \text{(hilang karena selimut beton lepas)} & \quad \text{(pengaruh} \\
 \text{adanya kekangan)} & \\
 0,85f'_c(A_g - A_c) &= \quad (2.10) \\
 4,1f_i(A_c - A_s) &
 \end{aligned}$$

Hal ini berarti bahwa lepasnya selimut beton pada kolom tidak boleh mengurangi kemampuan kolom dalam menahan beban aksial tekan. Persamaan diatas tidak perlu diperhatikan bila bagian inti penampang kolom (tanpa selimut beton) telah direncanakan terhadap kombinasi beban gempa dan mampu menahan gaya dalam yang terjadi. Sehingga walaupun luasan tulangan sengkang atau spiral yang terpasang lebih kecil daripada luasan tulangan minimum yang disyaratkan oleh persamaan – persamaan tersebut, struktur kolom tetap mampu menahan gaya dalam yang terjadi pada saat selimut beton lepas. Jadi, dalam hal ini, kebutuhan tulangan sengkang tertutup dan spiral pada kolom hanya perlu direncanakan terhadap persamaan – persamaan lainnya, yaitu persamaan diatas.

Rasio volume tulangan spiral, ρ_s , pada persamaan diatas dihitung sebagai berikut :

$$\rho_s = \frac{\text{Volume Spiral Satu lilitan}}{\text{Volume Core}} = \frac{A_{sp}\pi D_c}{\frac{1}{4}\pi D_c^2 S} = \frac{4A_{sp}}{D_c S} \quad (2.11)$$

Berdasarkan SNI Beton, spasi tulangan transversal yang dipasang di sepanjang daerah yang berpotensi membentuk sendi plastis (yaitu diujung-ujung kolom) tidak boleh lebih dari :

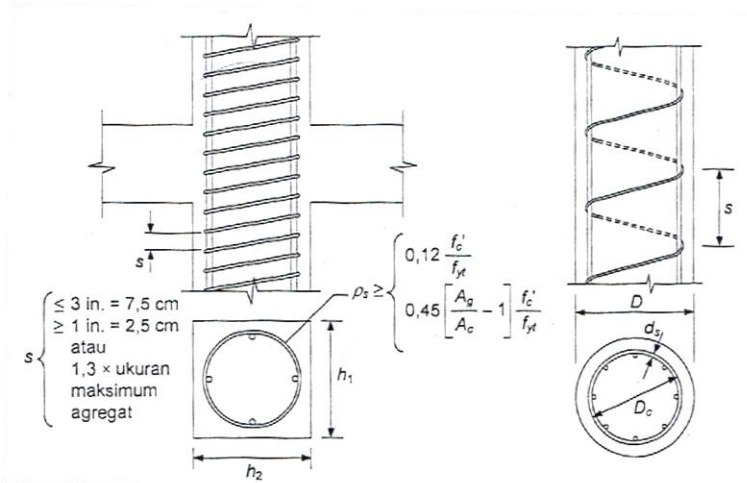
- a. Seperempat dimensi terkecil komponen struktur
- b. Enam kali diameter tulangan longitudinal

$$\text{c. } s_x = 100 + \frac{350 - h_x}{3} \quad (2.12)$$

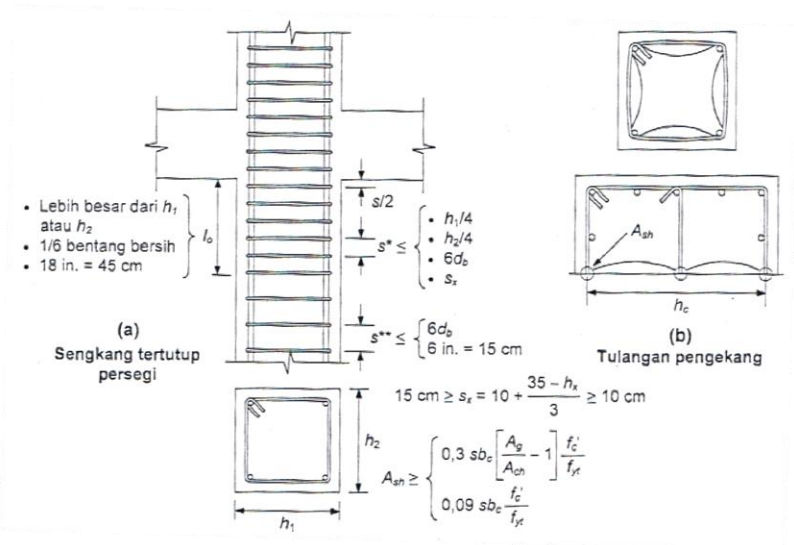
Nilai s_x pada persamaan diatas dibatasi maksimum 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Tulangan transversal dapat berupa tulangan sengkang tunggal atau tumpuk. Pengikat silang yang diameter dan spasinya sama dengan sengkang tertutup juga boleh dipergunakan . pada gambar juga diberikan persyaratan jarak maksimum yang

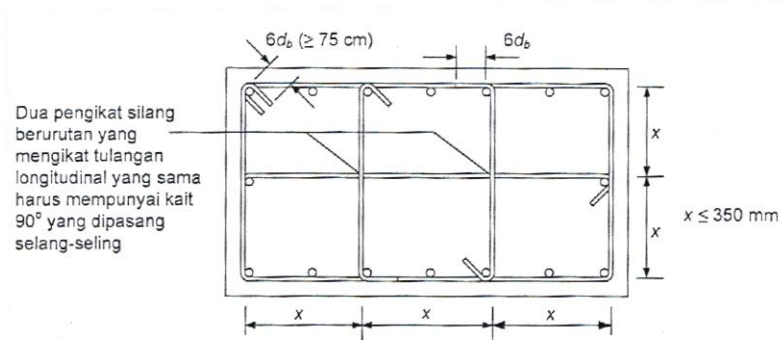
diizinkan antar tulangan longitudinal kolom yang diberi penopang lateral, yaitu $x \leq 350$ mm.



Gambar 14 Persyaratan Kekangan untuk Sengkang Spiral



Gambar 15 Persyaratan Kekangan untuk Sengkang Tertutup Persegi



Gambar 16 Contoh Pemasangan Tulangan Transversal pada Kolom

Daerah – daerah pada kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis, yang harus dipasangi tulangan transversal dengan luasan dan spasi sesuai ketentuan diatas diatur sebagai berikut :

- Sepanjang l_0 dari setiap muka hubungan balok kolom
- Sepanjang l_0 pada kedua sisi dari setiap penampang yang berpotensi membentuk leleh lentur (sendi plastis) akibat deformasi lateral inelastic pada struktur rangka.
- Sepanjang daerah sambungan lewatan tulangan longitudinal kolom.
- Kedalam kepala fondasi sejauh minimum 300 mm.

Panjang l_0 dalam hal ini ditentukan tidak kurang dari :

- Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur.
- Seperenam (1/6) bentang bersih struktur kolom
- 450 mm

Bila gaya – gaya aksial terfaktor pada kolom akibat beban gempa melampaui $A_g f'_c / 10$ dan gaya aksial tersebut berasal dari komponen struktur lainnya yang sangat kaku yang didukungnya, misalnya dinding, maka kolom tersebut harus diberi tulangan transversal sesuai ketentuan diatas pada seluruh tinggi kolom. Daerah pemasangan tulangan transversal tersebut harus diperpanjang untuk suatu jarak sebesar panjang penyaluran tulangan longitudinal

terbesar kedalam komponen struktur yang sangat kaku tersebut diatas.

Diluar daerah l_0 tulangan spiral atau sengkang tertutup harus dipasang dengan spasi sumbu ke sumbu tidak lebih daripada nilai terkecil dari enam kali diameter tulangan longitudinal kolom atau 150 mm.

2.2.2.2.5 Perencanaan Geser

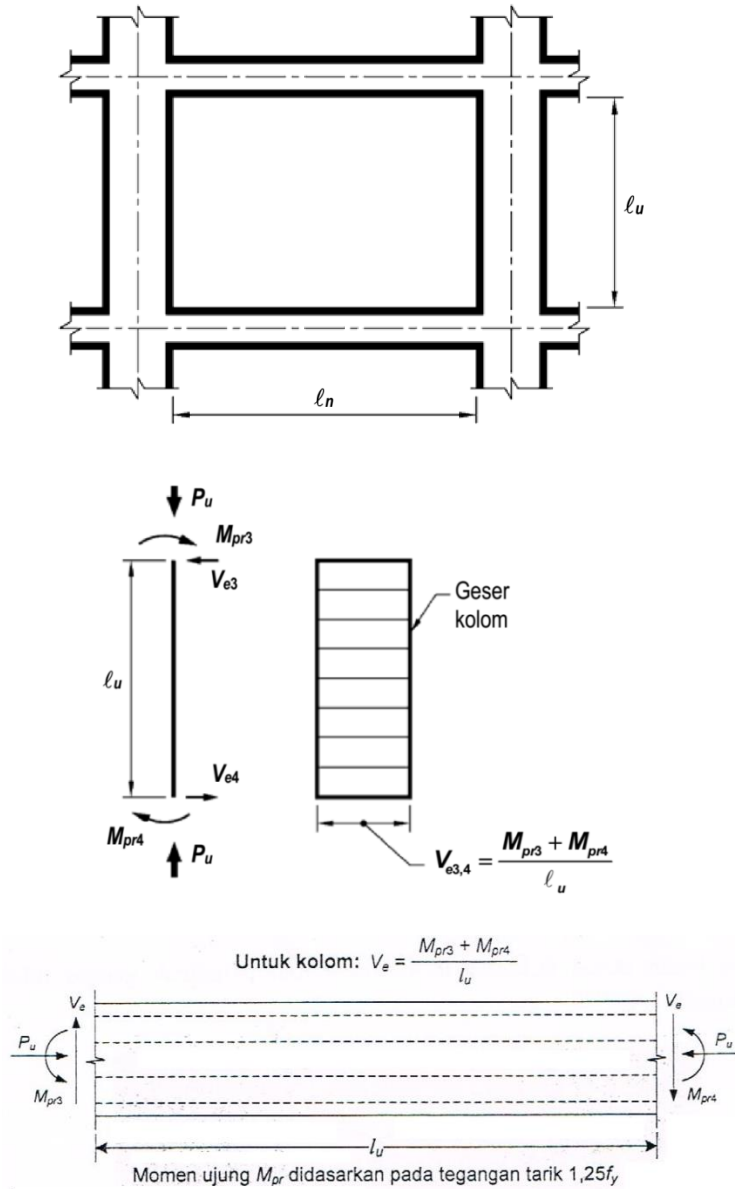
Gaya geser rencana, V_e , untuk perencanaan geser kolom harus ditentukan berdasarkan gaya lentur maksimum yang dapat terjadi pada muka hubungan balok kolom pada setiap ujung komponen struktur. Namun demikian, momen M_{pr} kolom yang digunakan untuk perhitungan V_e tidak perlu lebih besar daripada M_{pr} balok yang merangka pada hubungan balok kolom yang sama. Gaya geser V_e yang digunakan untuk desain tidak boleh kecil daripada nilai gaya geser hasil analisis struktur.

Perencanaan tulangan transversal yang dipasang sepanjang daerah l_0 , untuk menahan gaya geser V_e , harus dilakukan dengan menganggap $V_c = 0$ bila :

- a. Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai dengan M_{pr} mewakili 50% atau lebih kuat geser perlu maksimum pada bagian di sepanjang l_0 .
- b. Gaya tekan aksial terfaktor termasuk akibat pengaruh gempa tidak melampaui $A_g f'_c / 20$.

Karena gaya aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur kolom umumnya lebih besar daripada $A_g f'_c / 20$, maka pada dasarnya ketentuan di atas tidak berlaku. Jadi, perencanaan geser kolom di sepanjang daerah l_0 tetap dapat dilakukan dengan menganggap beton efektif dalam berkontribusi menahan geser.

Pada perencanaan geser balok, gaya geser rencana, V_e , harus ditentukan berdasarkan gaya lentur maksimum yang dapat terjadi pada muka hubungan balok-kolom pada setiap ujung komponen struktur, namun untuk perencanaan geser kolom, M_{pr} kolom tidak perlu diambil lebih besar daripada M_{pr} balok yang merangka pada hubungan balok kolom yang sama.



Gambar 17 Geser Desain untuk kolom

2.2.2.3 Persyaratan Detailing Hubungan Balok-Kolom (Join) SRPMK

Hubungan balok kolom (join) merupakan elemen struktur yang paling penting dalam suatu sistem struktur rangka pemikul momen. Akibat gaya lateral yang bekerja pada struktur, momen lentur ujung pada balok – balok yang merangka pada join yang sama akan memutar join pada arah yang sama. Hal ini akan menimbulkan gaya geser yang besar pada hubungan balok kolom.

2.2.2.3.1 Persyaratan Gaya dan Geometri

Pada perencanaan hubungan balok kolom, gaya pada tulangan lentur di muka hubungan balok kolom dapat ditentukan berdasarkan tegangan $1,25f_y$. Faktor reduksi untuk perencanaan join dapat diambil sebesar 0,8. Beberapa persyaratan geometri harus dipenuhi untuk join SRPMK, diantaranya :

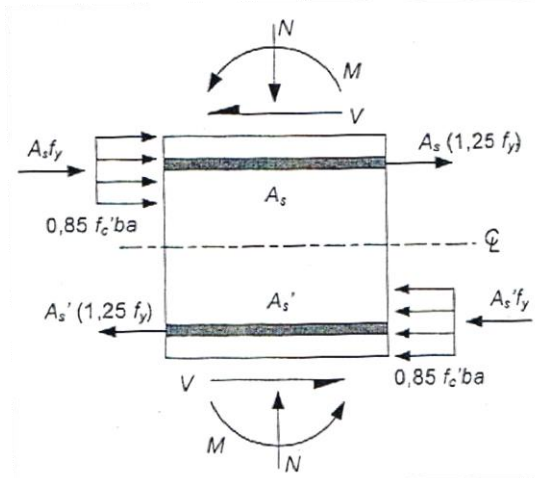
- a. Untuk beton normal, dimensi kolom pada hubungan balok kolom dalam arah paralel tulangan longitudinal balok minimal harus 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar pada balok.
- b. Untuk beton ringan, dimensi minimumnya adalah 26 kali diameter.

2.2.2.3.2 Persyaratan Tulangan Transversal

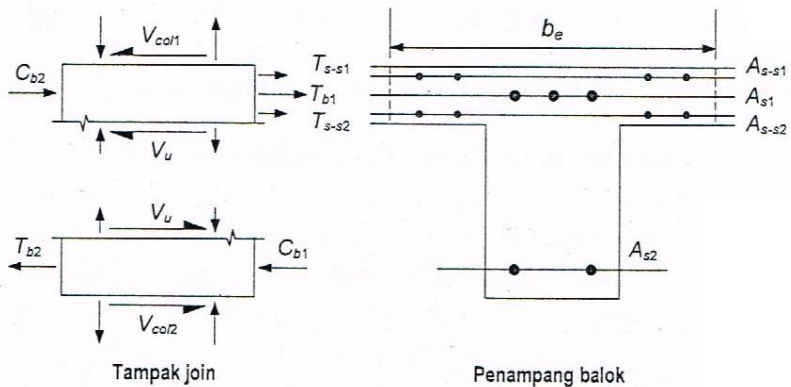
Tulangan transversal seperti sengkang tertutup yang dipasang pada daerah sendi plastis kolom harus dipasang juga di daerah hubungan balok kolom (HBK), kecuali bila hubungan tersebut dikekang oleh komponen-komponen struktur balok yang merangka padanya. Bila ada balok – balok dengan lebar setidaknya tiga perempat ($3/4$) lebar kolom merangka pada keempat sisi HBK maka tulangan transversal yang harus dipasang di daerah join hanyalah setengah ($1/2$) dari yang dipasang di daerah sendi plastis kolom. Tulangan transversal ini harus dipasang mulai dari sisi terbawah balok yang merangka ke hubungan tersebut. Spasi tulangan transversal pada kondisi ini dapat diperbesar menjadi 150mm.

Gaya geser Horizontal pada daerah HBK dapat dihitung dengan mengasumsikan bahwa elemen lentur yang merangka pada

HBK tersebut telah mencapai kapasitasnya, dengan menetapkan gaya tarik tulangan lentur balok sebesar $A_s(1,25f_y)$



Gambar 18 Perhitungan Geser Horizontal pada HBK



Gambar 19 Perhitungan V_u pada HBK

Berdasarkan gambar diatas, gaya geser horizontal di HBK dapat dihitung sebagai berikut

$$V_u = T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} + C_{b2} - V_{col1} \quad (2.13)$$

Dengan

$$T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} = \alpha f_y (A_{s1} + A_{s-s1} + A_{s-s2}) \quad (2.14)$$

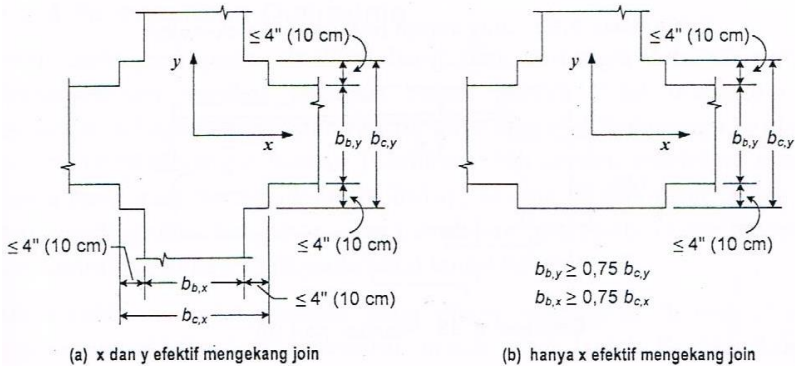
$$C_{b2} = T_{b2} = A_{s2} \alpha f_y \quad (2.15)$$

$$\alpha = 1,25 \quad (2.16)$$

Kuat geser yang dapat diberikan oleh HBK tergantung pada kondisi kekangan yang bekerja pada HBK. Berdasarkan SNI Beton, persamaan kuat geser HBK dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{jn} = c\sqrt{f_c}A_j \quad (2.17)$$

Dengan nilai c dibatasi sama dengan 1,7 untuk hubungan balok kolom yang terkekang pada keempat sisinya, 1,25 untuk hubungan balok kolom yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan dan 1,0 untuk hubungan lainnya. Suatu balok yang merangka pada suatu hubungan balok kolom dianggap memberikan kekangan bila setidaknya-tidaknya tiga per empat ($3/4$) bidang muka HBK tersebut ditutupi oleh balok yang merangka tersebut. HBK dapat dianggap terkekang penuh bila ada empat balok yang merangka pada masing-masing keempat sisi HBK tersebut.



Gambar 20 Persyaratan Ukuran Balok Pengekang

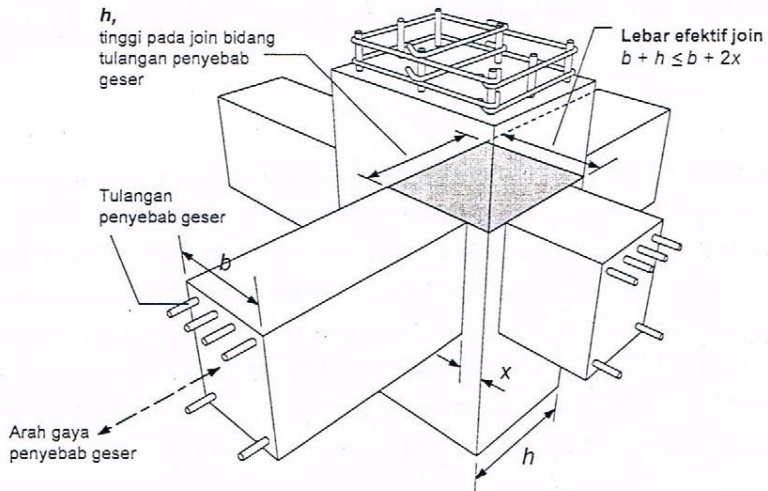
Luas efektif joint (A_j) pada persamaan diatas dapat dihitung sebagai hasil perkalian antara lebar efektif joint dan tinggi (h)

Pengangkuruan tulangan lentur balok didaerah joint dapat dilakukan dengan tulangan berkait atau tanpa kait, tergantung pada ketersediaan space di daerah joint. Bila digunakan tulangan berkait maka panjang penyalurannya ditetapkan sebagai berikut :

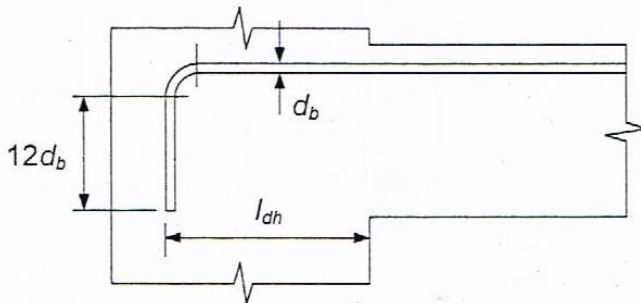
1. Untuk tulangan diameter 10 mm hingga 36 mm, panjang penyaluran l_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90°

dalam beton normal tidak boleh diambil lebih kecil dari $8d_b$, 150 mm, dan nilai yang ditentukan persamaan ini

$$l_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f_c'}} \quad (2.18)$$



Gambar 21 Luas Efektif pada HBK



Gambar 22 Standar Kait 90°

2. Bila digunakan tulangan tanpa kait, untuk diameter 10 mm hingga 36 mm, panjang penyaluran tulangan tarik tidak boleh diambil lebih kecil dari

- a. Dua setengah (2,5) kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm
- b. Tiga setengah (3,5) kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut melebihi 300 mm.

2.3 Pembebanan

2.3.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727 2013 pasal 3.1.1 Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

2.3.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727 2013 pasal 4.1 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.

2.3.3 Beban Gempa

Beban gempa mengacu peraturan gempa terbaru yaitu SNI 1726 2012. Tahapan awal dan prosedur dalam menentukan beban gempa dinamik adalah sebagai berikut :

1. Penentuan Faktor Kategori Resiko Bangunan

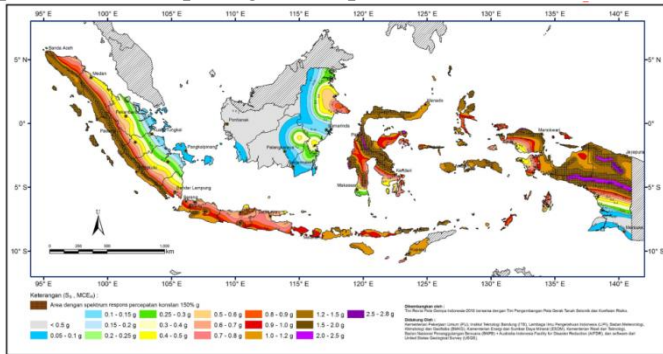
Penentuan kategori resiko bangunan disesuaikan dengan fungsi dari bangunan itu sendiri. Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai SNI 03 1726 2012 pasal 4.1.2 tabel 1 dan pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu factor keutamaan menurut SNI 1726 2012 pasal 4.1.2 tabel 2.

2. Penentuan Faktor Keutamaan Gempa

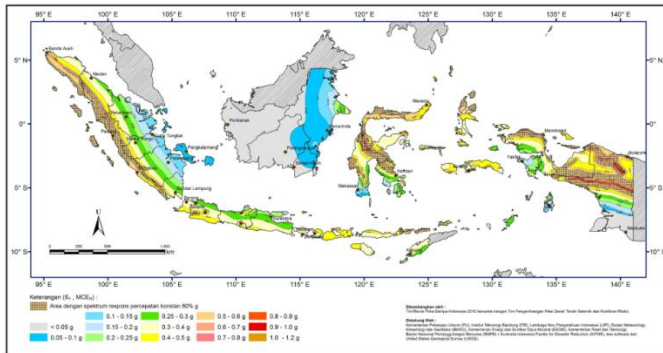
Faktor keutamaan gempa didapatkan berdasarkan kategori resiko yang telah ditetapkan dalam SNI 1726 2012 pasal 4.1.2 tabel 2 .

3. Penentuan Parameter Respon Spectram Percepatan Tanah (S_s, S_1)

Terdapat di SNI Gempa bagian lampiran



Gambar 23 Peta untuk S_s (Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget(MCE_R))



Gambar 24 Peta untuk S_1 (Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget(MCE_R))

4. Penentuan Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726 2012 pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai N berdasarkan data hasil SPT.

5. Penentuan koefisien lokasi F_a dan F_v

Terdapat di SNI Gempa 2012 pasal 6.2

6. Penentuan Parameter Respon Spectral Percepatan Gempa MCE_R (S_{MS} dan S_{M1})

Berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 6.2 untuk menentukan parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs yang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.20)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.21)$$

7. Penentuan Parameter Percepatan Spektrum Desain (S_{DS} dan S_{D1})

Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek (SDS) dan periode 1 detik (SD1) harus ditetapkan sebagai berikut :

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS} \quad (2.22)$$

$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1} \quad (2.23)$$

8. Penentuan Kategori Desain Seismik

Terdapat di SNI Gempa 2012 pasal 6.5

9. Penentuan Sistem Penahan Gempa

Terdapat di SNI Gempa pasal 7.2.2

Tabel 2 Faktor R, C_d, Ω_0 untuk penentuan sistem penahan gaya seismik

Sistem Ganda dengan rangka pemikul momen khusus	R^a	Ω_0	C_d
Dinding Geser Beton Bertulang husus	7	2 ½	5 ½

Keterangan :

R^a = Koefisien Modifikasi Respon

Ω_0 = Faktor Kuat Lebih Sistem

C_d = Faktor Rembesan Defleksi

10. Penentuan Respons Spektrum

Penentuan Kurva Respon Spektrum mengikuti ketentuan SNI 1726 2012 pasal 6.4 dibawah ini :

$$T_0 = \frac{0,2 \cdot S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.24)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.25)$$

Untuk perioda lebih kecil T_0 , spectrum respon percepatan desain (S_a), harus diambil dari persamaan :

Untuk $T = 0 \rightarrow T < T_0$, maka :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.26)$$

Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s spectrum respons percepatan desain (S_a) sama dengan SDS

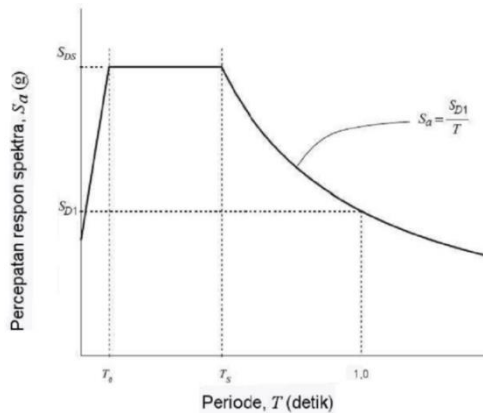
Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} \quad (2.27)$$

Untuk perioda lebih besar dari T_s , spectrum respons percepatan desain S_a diambil berdasarkan persamaan :

Untuk $T \geq T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.28)$$



Gambar 25 Spektrum Respon Desain

11. Penentuan Perkiraan Periode Alami Fundamental

Berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.8.2 penentuan perioda alami fundamental (T_a) ditentukan dengan persamaan :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2.29)$$

Dimana h_n merupakan total tinggi bangunan sedangkan C_t dan x diambil berdasarkan table dibawah ini :

Tabel 3 C_t dan x

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

Perioda struktur yang didapatkan dari hasil analisis gempa tidak boleh melebihi batasan atas dari periode fundamental yang ditentukan dengan perumusan berikut

$$T = C_u \times T_a \quad (2.30)$$

Tabel 4 Nilai koefisien batas atas, C_u

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

12. Penentuan Gaya Dasar Seismik (V)

Berdasarkan SNI Gempa 2012 pasal 7.8.1 Menentukan koefisien Respon Seismik (C_s) ditentukan dengan perumusan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e} \quad (2.31)$$

Dan C_s tidak lebih dari :

$$C_c = \frac{S_{DS}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.32)$$

Dan C_s tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \quad (2.33)$$

$$V = C_s \times W \quad (2.34)$$

13. Distribusi vertikal Gaya Gempa

Berdasarkan SNI Gempa 2012 pasal 7.8.3 Gaya gempa lateral yang timbul pada semua tingkat ditentukan berdasarkan persamaan dibawah ini :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (2.35)$$

Dimana

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} \quad (2.36)$$

Untuk $T < 0,5$ s; maka nilai $k = 1$

$T > 2,5$ s; maka nilai $k = 2$

$0,5 \text{ s} < T < 2,5 \text{ s}$; maka nilai k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.3.4 Kombinasi Pembebanan

Metode beban ultimate menurut SNI 1726 2012 adalah :

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

2.4 Kontrol Analisa Permodelan Struktur

2.4.1 Kontrol Base Reaction

Berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.9.4, nilai akhir V_{dinamik} harus lebih besar sama dengan 85% V_{statik} . Maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$.

2.4.2 Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.9.1 bahwa analisis struktur harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa actual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau oleh model.

2.4.3 Kontrol Simpangan antar Tingkat (Drift)

Berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.8.6, kontrol drift dan syarat drift harus ditentukan berdasarkan perumusan 34 yaitu sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.37)$$

Dimana :

δ_x = Defleksi pusat massa pada lantai ke-x (mm)

C_d = defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 4.1.2

Berdasarkan SNI Gempa 2012 pasal 7.12.1, Nilai simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin, h_{sx} , pada table 3.11.

2.5 Definisi Pracetak

Menurut SNI 03 2847 2013 pasal 2.2 definisi beton pracetak (precast concrete) adalah elemen beton struktur yang dicetak ditempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Sedangkan menurut SNI 7833 2012 pasal 3.3.10 definisi beton pracetak adalah

elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan. Adapun definisi menurut Kim S. Elliot adalah beton yang sudah disiapkan pengecorannya, dicor dan dirawat pada suatu lokasi yang bukan merupakan tujuan akhir (pemasangan terakhir), dimana jarak pengangkutan dari lokasi pengecoran precast (Pabrik) ke lokasi pemasangan pracetak hanya beberapa meter untuk menghindari mahalannya pengangkutan.

2.6 Tinjauan Elemen Struktur

Elemen struktur sangat penting dalam suatu bangunan. Elemen Struktur Pracetak menurut Kim S. Elliot adalah himpunan dari elemen precast dimana ketika terhubung satu sama lain dengan cocok/sesuai, membentuk sebuah sistem rangka 3D yang dapat menahan beban gravitasi dan beban angin (maupun gempa).

Sistem rangka tersebut idealnya cocok untuk bangunan seperti kantor, parker mobil, rumah, sekolah, asrama dan lain-lain. Berikut beberapa elemen struktur pracetak yang digunakan dalam struktur :

2.6.1 Pelat Pracetak

Ada 2 keuntungan menggunakan plat pracetak yaitu keawetan unit yang sangat tinggi dan proses pemasangan yang cepat. Adapun beberapa jenis pelat pracetak sebagai berikut :

2.6.1.1 Pelat Lantai Hollow core

Pelat hollowcore saat ini adalah pelat yang paling luas penggunaannya di Eropa. Hal ini dikarenakan desain dan proses produksi yang sangat efisien. Dimensinya bisa mencapai 12m panjang x 1,2 m lebar. Beban sendirinya sekitar 0,5 kali pelat solid (persegi panjang) dengan tebal yang sama. Bisa dikatakan memiliki rasio rongga 50% dari berat kotornya.



Gambar 26 Hollowcore floor slabs (Sumber : Bevlon,Woerden, Netherlands)

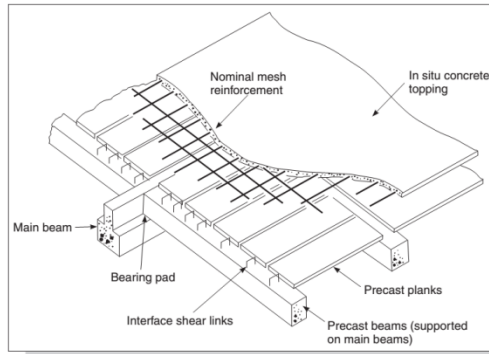
2.6.1.2 Pelat Lantai Dobel Tee

Pelat ini dibuat untuk mengoptimalkan bentuk penampang. Dapat menerima bentang yang lebih besar dan mengurangi massanya jika dibandingkan dengan plat hollowcore. Bentangnya bisa mencapai 39m dengan lebar antara 2,4 – 3 m dan tingginya antara 400 – 1200 mm. Menggunakan kabel/tendon prategang sebelum dilakukan pengecoran untuk mengatasi masalah transfer tegangan di bentang yang panjang. Memiliki rasio rongga sekitar 70% dari berat kotornya, yang bisa mengungguli bentang yang lebih panjang dengan berat yang lebih kecil daripada pelat hollowcore. (Kim S. Elliot)



Gambar 27 Pelat Dobel Tee (Sumber : PCI Jurnal,USA)

2.6.1.3 Composite Beam and Plank

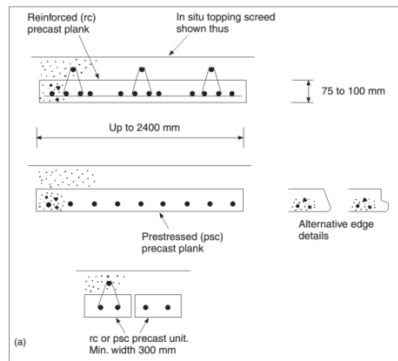


Gambar 28 Composite Beam and Plank (Sumber : Kim S. Elliot)

Pelat ini hampir sama dengan Pelat Balok dan Blok hanya saja di atasnya dicor ditempat (in situ topping concrete) sehingga bisa komposit menyatu satu sama lain.

2.6.1.4 Composite Prestressed Plank Floor

Pelat ini hampir sama dengan di atas hanya pelat precastnya menggunakan prategang/prestressed dengan dicor setempat di atasnya (in situ topping concrete).



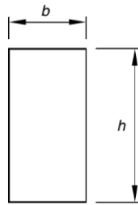
Gambar 29 Composit Plank Floor Profiles (Sumber : Kim Elliot)

2.6.2 Balok Pracetak

Balok adalah elemen struktural sebuah bangunan yang dirancang mentransfer beban dari pelat menuju ke kolom. Balok adalah pembawa beban horizontal utama dari struktur rangka. Dalam struktur beton pracetak balok menopang berat sendiri plat dan kombinasi beban hidup dan beban mati. Berdasarkan PCI ada 3 macam balok pracetak.

2.6.2.1 Balok Bentuk Persegi Panjang

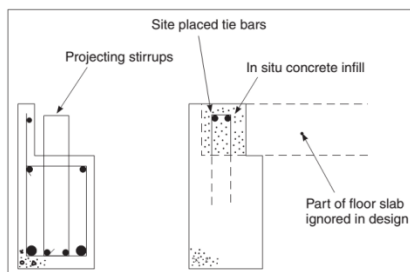
Balok Precast ini memiliki profil penampang bentuk persegi atau persegi panjang



Gambar 30 Balok Precast Bentuk Persegi Panjang (Sumber : PCI)

2.6.2.2 Balok bentuk L

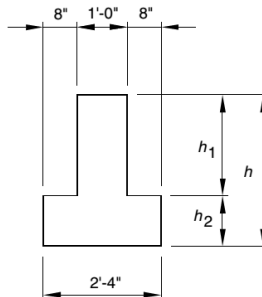
Balok Precast ini memiliki profil penampang bentuk L. Biasanya terdapat di bagian balok eksterior



Gambar 31 Balok Pracetak Bentuk L (Sumber : Kim Elliot)

2.6.2.3 Balok Bentuk T terbalik

Balok Precast ini memiliki profil penampang bentuk L. Biasanya terdapat di bagian balok interior. Balok ini biasanya dipakai sebagai sambungan antar plat.



Gambar 32 Balok Bentuk T terbalik (Sumber : PCI)

2.7 Sambungan

Sambungan dalam metode pracetak sangat penting dalam suatu struktur. Dikarenakan peranannya dalam menyalurkan gaya tekan, geser dan momen. Berikut beberapa contoh sambungan :

2.7.1 Sambungan Balok – Kolom

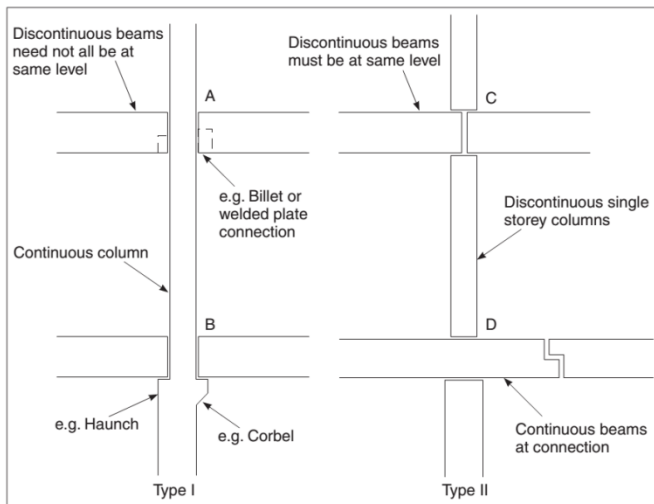
Tidak seperti beton cor ditempat, desain untuk sambungan beton pracetak lebih memperhatikan kebutuhan struktur dan pemilihan metode konstruksi. Sambungan Balok Kolom ada 2 tipe utama yaitu Sambungan Beam to Coloumn Face dan Sambungan Beam to Coloumn Head. Untuk lebih memahaminya lihat gambar.



Gambar 33 Beam to Coloumn Face Connection



Gambar 34 Beam to Coloumn Head Connection



Gambar 35 Tipe Sambungan Balok Kolom

Berdasarkan gambar diatas ada 2 tipe sambungan

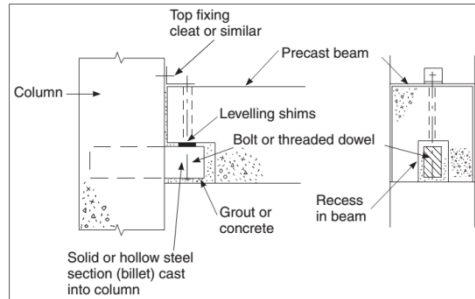
Tipe 1 : Elemen Vertikal (Kolom) menerus dan elemen horizontal (Balok) terhubung padanya (Beam to Coloumn Face Connection).

Tipe 2 : Elemen Vertikal (Kolom) tidak menerus dan elemen horizontal (Balok) secara struktural menerus atau terpisah melewati sambungan (Beam to Coloumn Head Connection).

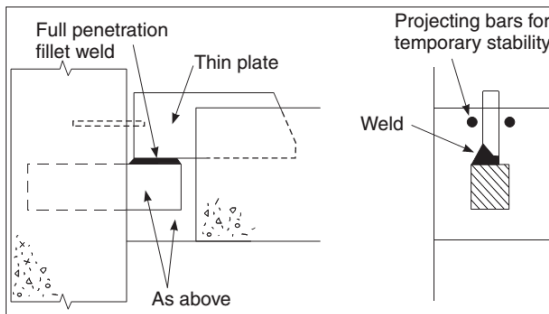
Adapun Sambungan Tipe 1 dibagi lagi menjadi 2 kategori :

2.7.1.1 Sambungan Tersembunyi (Hidden Connection)

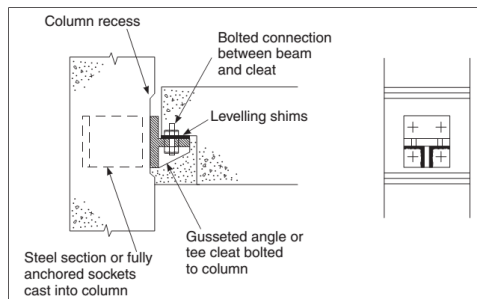
Sambungan ini adalah sambungan dimana ada rentang yang besar dalam balok. Untuk lebih memahaminya lihat gambar



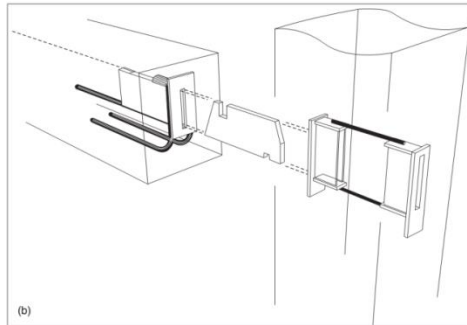
Gambar 36 Sambungan Billet



Gambar 37 Sambungan Las Plat (welded plate)



Gambar 38 Sambungan Cleat



Gambar 39 Sambungan Sliding Plate

Dari gambar diatas maka dapat disimpulkan sambungan tersembunyi dibagi lagi menjadi beberapa tipe :

1. Sambungan Billet

Pemasangan sambungan ini ditanam didalam balok sehingga arsitektural lebih diperhatikan. Sambungan ini umum digunakan pada bangunan dengan memperhatikan nilai arsitektural dan estetika yang tinggi karena letaknya yang tidak kasat mata. Sambungan ini menggunakan besi ulir atau baut yang dimasukkan melewati lubang yang telah dibuat antara balok dan billet

2. Sambungan Las Plat

Pemasangan sambungan ini ditanam pelat baja tipis kedalam kolom dengan cara dibaut. Adapun sambungan dengan balok disambung dengan menggunakan las.

3. Sambungan Cleat

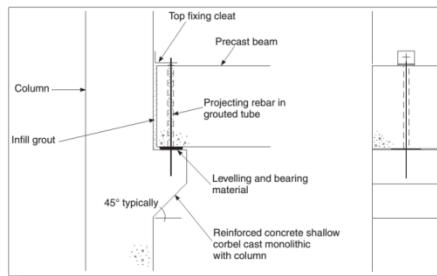
Pemasangan sambungan ini ditanam pelat cleat berbentuk T kedalam kolom. Adapun sambungan dengan balok disambung dengan menggunakan 2 baut

4. Sambungan Sliding Plate

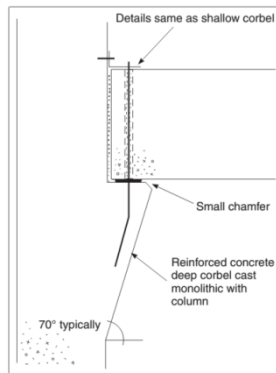
Pemasangan sambungan ini ditanam pelat berbentuk sliding (sliding plate) dengan ketebalan 20 – 30 mm kedalam balok. Pelat Sliding ini terdapat cekukan di daerah bibir depan dan belakang plat. Pelat ini kemudian dimasukkan kedalam lubang kotak baja yang sudah diankur dengan kolom.

2.7.1.2 Sambungan Terlihat (Visible Connection)

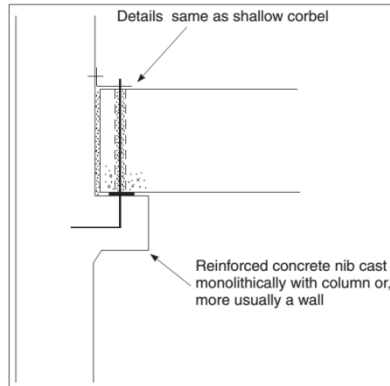
Sambungan ini adalah seperti adanya konsol dalam atau dangkal. Untuk lebih memahaminya lihat gambar



Gambar 40 Sambungan Konsol Dangkal (Shallow Corbel)



Gambar 41 Sambungan Konsol Dalam (Deep Corbel)



Gambar 42 Sambungan Nib

Dari gambar diatas maka dapat disimpulkan sambungan terlihat (Tipe 2) dibagi lagi menjadi beberapa tipe Sambungan :

1. Sambungan Konsol Dangkal

Sambungan ini digunakan ketika nilai arsitektural dan estetika bangunan tidak diutamakan. Sambungan ini seperti kantilever dengan bentang pendek / dangkal, terletak pada muka kolom dan menjadi pendukung elemen pracetak horizontal (balok) di atasnya.

2. Sambungan Konsol Dalam

Sambungan ini sama dengan sambungan konsol dangkal akan tetapi bentang kantilever yang digunakan panjang/dalam

3. Sambungan Nib

Sambungan ini sama seperti halnya sambungan corbel / konsol akan tetapi bentuk kantilevernya lebih berbentuk persegi panjang dengan tambahan sambungan baut yang di masukkan melalui lubang antara balok dan konsol.

2.7.2 Sambungan Antar Pelat

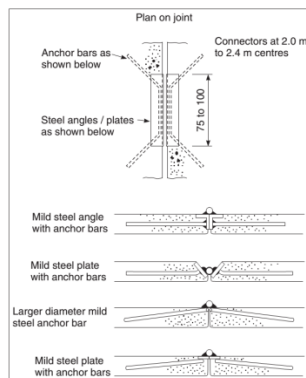
Sambungan pelat lantai meliputi dari beberapa elemen pracetak. Masing – masing didesain untuk melayani beban khusus, momen dan lain-lain. Kebanyakan pelat pracetak seperti hollowcore dan dobel T didesain dengan metode plat 1 arah. Sedangkan Pelat komposit (Pelat precast dengan topping dicor ditempat) didesain dengan metode pelat 2 arah. Pelat Hollowcore digunakan tanpa topping karena masing-masing elemennya

2.7.2.1 Sambungan Menggunakan Mortar (Grouting)

Sambungan ini biasa dipakai pada pelat hollowcore. Adapun pemasangannya beton hollowcore disusun dan sambungannya digrouting dengan menggunakan mortar khusus. Selain itu agar lebih monolit antar balok hollowcore bisa diberi cor insitu topping.

2.7.2.2 Sambungan Menggunakan Las

Sambungan ini umumnya digunakan pada sambungan pelat dobel Tee. Adapun sambungannya diberi pelat baja dengan tulangan yang diangkur kedalam pelat dobel Tee, kemudian pelat baja tersebut dilas.



Gambar 43 Sambungan antar pelat dobel T dengan menggunakan las

2.8 Pengangkatan

Proses penyatuan komponen pracetak pada bangunan yang telah siap untuk ereksi pada gedung diperlukan metode pengangkatan. Dalam buku *PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete* ada dua macam sebagai berikut:

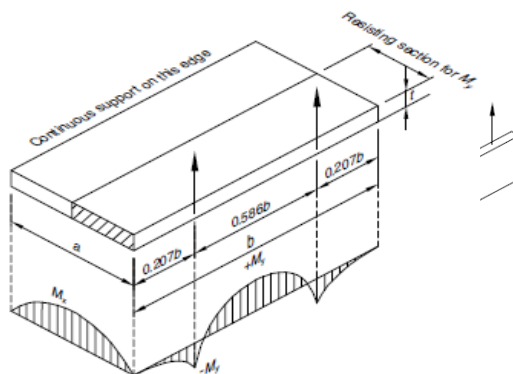
2.8.1 Dua Titik Angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

$$M_x = \frac{w a^2}{8} \quad (2.38)$$

$$-M_y = +M_y = 0,0107 w a b^2 \quad (2.39)$$

- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 44 Posisi titik angkat pelat (2 titik angkat)

(Sumber : PCI Design Handbook 7th Edition)

2.8.2 Empat Titik Angkat

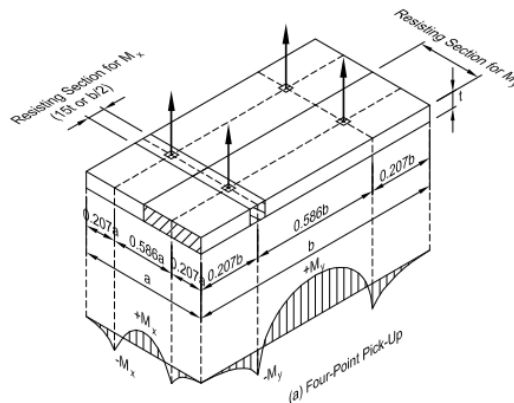
Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_x = 0,0107 w a^2 b \quad (2.40)$$

$$+M_y = -M_y = 0,0107 w a b^2 \quad (2.41)$$

- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/2$

- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 45 Posisi titik angkat pelat (4 titik angkat)

(Sumber : PCI Design Handbook 7th Edition)

2.9 Pondasi

Pondasi dibedakan menjadi pondasi dalam dan pondasi dangkal. Dalam tugas akhir ini menggunakan pondasi dalam karena tanah dalam kondisi tanah lunak. Pondasi dalam terdiri dari pilecap dan tiang pancang.

2.9.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang

Daya dukung ultimit untuk suatu tiang pancang / kapasitas tiang pancang, Q_u

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (2.42)$$

Tahanan friksi (frictional resistance), Q_s

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f \quad (2.43)$$

Tahanan ujung tiang (end bearing resistance), Q_p

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot (c' N_c + q' \cdot N_q) \quad (2.44)$$

Dengan ,

A_p = luas penampang ujung tiang

c' = nilai kohesi tanah pada ujung tiang

q' = tegangan vertical efektif pada ujung tiang

- N_c^*, N_q^* = factor kapasitas ujung
 P = keliling penampang tiang pancang
 ΔL = keliling penampang tiang pancang
 f = nilai tahanan friksi

2.9.2 Perhitungan Pilecap

Pada perhitungan Pilecap ada 2 tinjauan geser 2 arah :

- a. Geser 2 arah disekitar kolom

$$V_{c1} = 0,17 \left(\frac{1+2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_0 \cdot d \quad (2.45)$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_0 \cdot d \quad (2.46)$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_0 \cdot d \quad (2.47)$$

Vc Ambil yang terkecil

$$\phi V_c = 0,75 V_c > V_u \quad (2.48)$$

- b. Geser 2 arah disekitar tiang pancang

$$V_{c1} = 0,17 \left(\frac{1+2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_0 \cdot d \quad (2.45)$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_0 \cdot d \quad (2.46)$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_0 \cdot d \quad (2.47)$$

Vc Ambil yang terkecil

$$\phi V_c = 0,75 V_c > V_u \quad (2.48)$$

Dengan ,

- b_0 = keliling dari penampang kritis pada pondasi (mm)
 d = tinggi efektif pelat pondasi (mm)
 β_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau daerah tumpuan
 α_s = Konstanta untuk menghitung Vc, 40 untuk kolom dalam, 30 untuk kolom tepi dan 20 untuk kolom sudut
 λ = faktor beton, untuk beton normal = 1, untuk beton ringan = 0,75.

Penulangan pondasi pilecap

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (2.49)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}} \right] \quad (2.50)$$

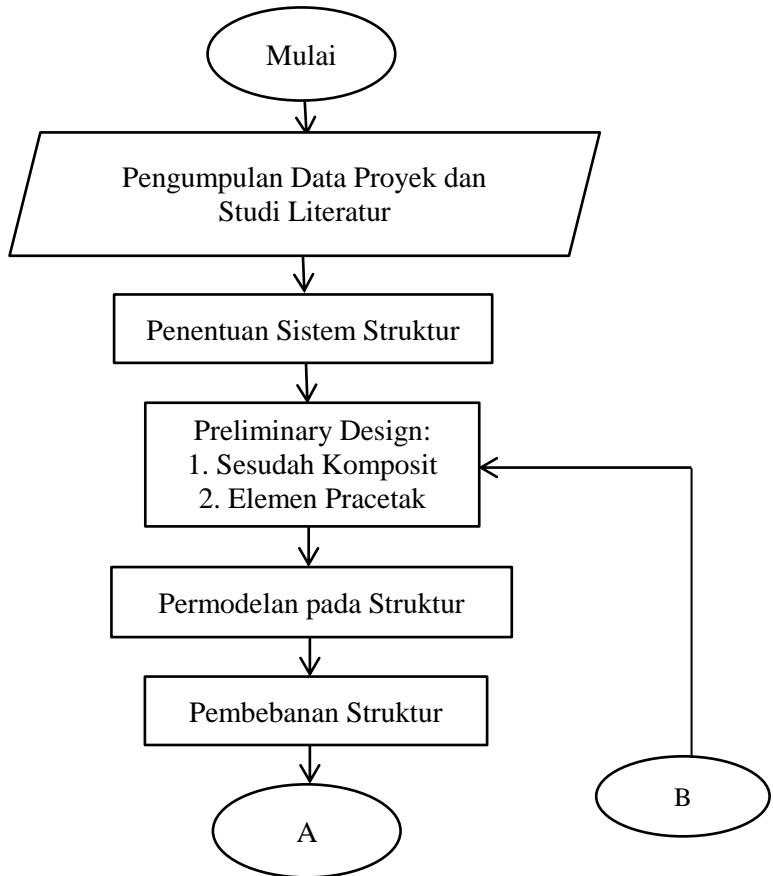
$$A_{s\ perlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \quad (2.51)$$

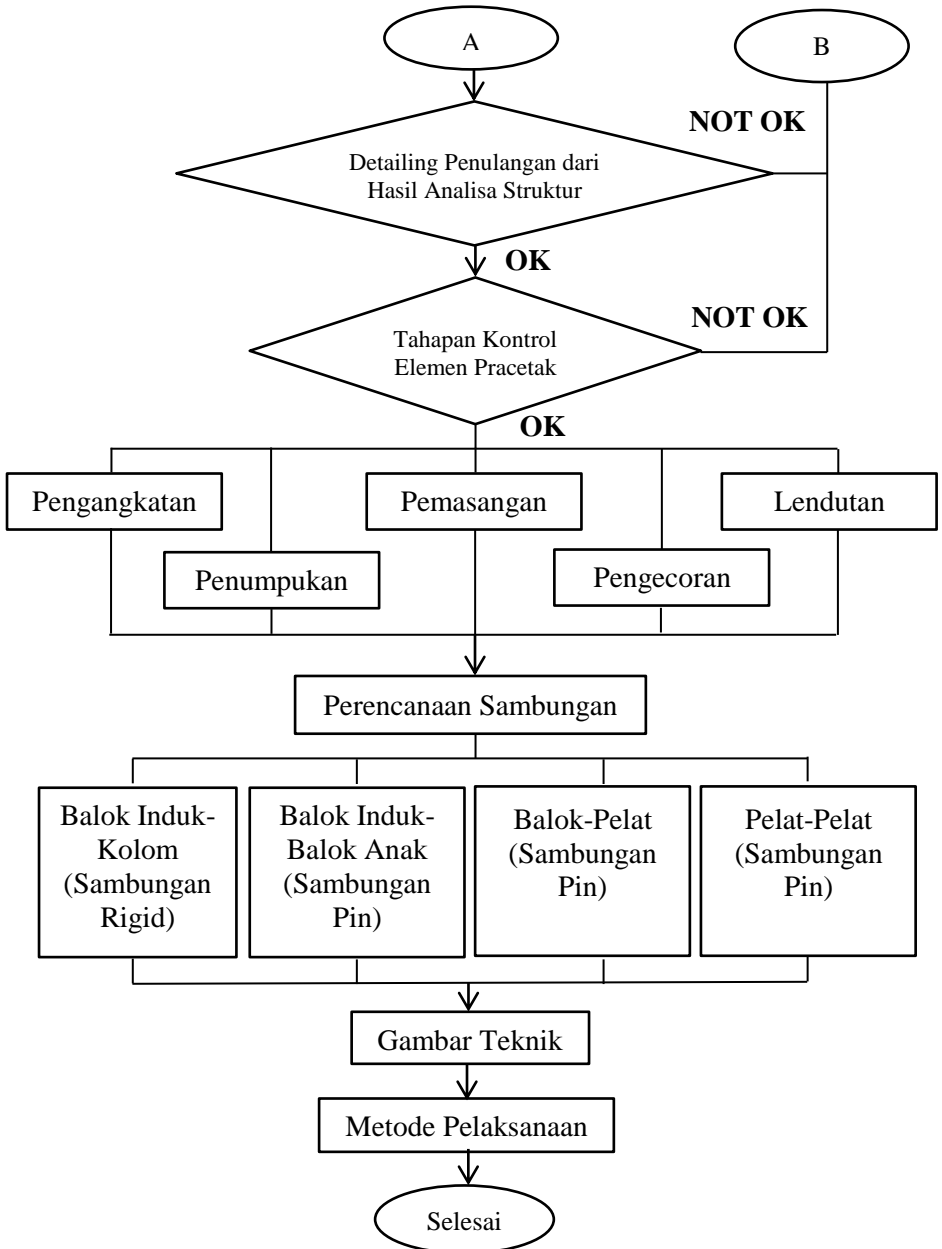
BAB III

METODOLOGI

3.1 Umum

Metodologi ini menjelaskan urutan pelaksanaan dalam penyelesaian yang nantinya akan digunakan untuk penyusunan tugas akhir.





Gambar 46 Metodologi

3.2 Pengumpulan Data Proyek dan Studi Literatur

Mengumpulkan data – data yang diperlukan berupa data umum bangunan (RKS), data gambar teknik dan data tanah. Adapun datanya adalah sebagai berikut :

- Nama Gedung : Asrama LPMP Jawa Timur
- Fungsi : Gedung Asrama / Hunian
- Lokasi : Jl. Ketintang Wiyata Po
Box 1, Surabaya
- Jumlah Lantai : 6 lantai
- Struktur Utama : Beton Bertulang
- Struktur Atap : Rangka Baja
- Mutu Kolom, Balok, Plat : K250
- Mutu Tiang Pancang : K500
- Mutu Baja Polos : U24
- Mutu Baja Ulir : U39
- Data Tanah : Terlampir
- Data Gambar : Terlampir

Bangunan tersebut menggunakan cara pengecoran ditempat (cast in situ) , namun dalam tugas akhir ini akan diganti dengan beberapa perubahan dan juga menggunakan metode pracetak untuk balok dan pelat. Selain itu direncanakan dengan menambahkan lantai sebagai syarat minimum pengerjaan tugas akhir ini. Adapun data yang diubah adalah sebagai berikut :

- Jumlah Lantai : 10 lantai
- Struktur Utama : Beton Bertulang dan Beton
Pracetak
- Mutu Plat : $f_c' = 30$ MPa
- Mutu Kolom dan Balok : $f_c' = 30$ MPa

3.3 Penentuan Sistem Struktur

Bangunan ini direncanakan akan dibangun di Surabaya dengan klasifikasi kelas situs SE (tanah lunak). Rincian perhitungan detailnya bisa dilihat pada Bab IV pembahasan pembebanan gempa. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut didapatkan nilai parameter percepatan respon spectral pada perioda pendek, $SDS = 0,607$ dan parameter percepatan respon spectral pada perioda 1 detik, $SD1 =$

0,496. Maka dengan melihat tabel 6 SNI 1726 2012 pasal 6.5 dengan kategori resiko bangunan bernilai 2 dapat disimpulkan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek **adalah D** dan Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik **adalah D** sehingga dalam perencanaan tugas akhir ini Struktur Bangunan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan metode pracetak (*precast*).

3.4 Preliminary Desain

3.4.1 Preliminary Sesudah Komposit

3.4.1.1 Penentuan Dimensi Balok

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5(a) dalam menentukan dimensi awal balok dapat dilakukan dengan mengikuti langkah – langkah seperti berikut :

- Menentukan data desain yang meliputi panjang balok dan data properties material,
- Cek bentang bersih komponen struktur, ln tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya. (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.1.2)
- menentukan tinggi minimum balok
bila f_y 420 MPa gunakan persamaan

$$h_{min} = L/16 \quad (3.1)$$

bila f_y selain 420 MPa gunakan persamaan

$$h_{min} = \frac{L}{16} \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right) \quad (3.2)$$

Keterangan :

h_{min} = Tinggi minimum balok (mm)

L = Panjang balok (mm)

f_y = Tegangan leleh baja (MPa)

- Rencanakan lebar balok, b adalah $2/3$ h dengan ketentuan lebar komponen, b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.1.3)

3.4.1.2 Penentuan Dimensi Kolom

Dalam menentukan dimensi awal kolom dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

- a. Kolom yang akan dianalisis dipilih berdasarkan yang memikul beban terbesar lalu menentukan data desain yang meliputi tebal pelat dan dimensi balok yang ditumpu kolom dan mutu beton yang digunakan (f_c')
- b. Mendefinisikan beban – beban yang akan menumpu pada kolom sesuai dengan SNI 1727 2013
- c. Menghitung A_{perlu} dengan menggunakan

$$A = \frac{P}{\phi f_c'} \quad (3.3)$$

Keterangan :

A = Luas kolom yang dibutuhkan (mm^2)

P = Total beban yang menumpu pada kolom

ϕ = factor reduksi = 0,75 (SNI 2847 2013 pasal 9.3.2.2)

- d. Cek dimensi kolom dengan $h = b$ lebih besar dari 300 mm serta rasio b dan h lebih besar dari 0,4 (SNI 2847 2013 pasal 21.6.1).

3.4.1.3 Penentuan Dimensi Pelat

Berikut langkah – langkah untuk menentukan dimensi plat :

1. Menentukan sistem perencanaan.

Khusus elemen pelat pracetak pada tugas akhir ini menggunakan jenis pelat satu arah one way slab. Pelat pracetak didesain menjadi satu arah dengan lebar maksimal 3,7 m menurut SNI 7833-2012 pasal 4.4.1. Menentukan tebal pelat satu arah berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2 (tabel 9.5(a)). Pelat pracetak didesain satu arah maka tebal minimum

$$t_{plat \ min} = \frac{L}{28} \quad (3.4)$$

2. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3 :
 - a. Untuk $\alpha_m \leq 2$
Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
Tebal pelat dengan penebalan 100mm
 - b. Untuk $0,2 < \alpha_m < 2$

$$\begin{aligned}
 h_{\min} &= \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)} \\
 &\geq 125\text{mm}
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

c. Untuk $\alpha_m > 2$

$$\begin{aligned}
 h_{\min} &= \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta} \\
 &\geq 90\text{mm}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

$$\beta = \frac{l_n}{s_n} \tag{3.7}$$

Keterangan :

l_n = Panjang bentang bersih terpanjang pelat (mm)

α_m = nilai rata-rata α untuk keempat sisi pelat

h = tebal pelat total(mm)

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah pendek pelat.

f_y = Tegangan leleh baja (MPa)

Rasio kekakuan balok-pelat α dihitung sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \tag{3.8}$$

Dimana :

E_{cb} = modulus elastisitas balok beton

E_{cs} = modulus elastisitas pelat beton

I_b = momen inersia balok tak retak

I_s = momen inersia pelat tak rata.

3.4.1.4 Penentuan Dimensi Tangga

Dengan pendekatan kenyamanan. Dimensi tangga didesain dengan mengasumsikan perletakan yang digunakan adalah sendi – rol. Syarat perencanaan tangga harus memenuhi syarat berikut ini :

$$60 \leq 2.t + i \leq 65 \tag{3.9}$$

Syarat kemiringan tangga : $20 \leq \alpha \leq 40$

Dimana,

i = Lebar injakan

t = Tinggi tanjakan

α = Kemiringan tangga

Menurut SNI 1746:2000 Ps. 5.2.2.1. Peraturan standar pada perencanaan tangga dengan pendekatan keselamatan terhadap keadaan darurat seperti kebakaran. Adapun langkah – langkahnya :

1. Menentukan data perletakan, pembebanan, data perencanaan tangga.
2. Hitung panjang miring tangga dan sudut kemiringan tangga
3. Hitung tebal plat ekivalen tangga

3.4.2 Preliminary Elemen Pracetak

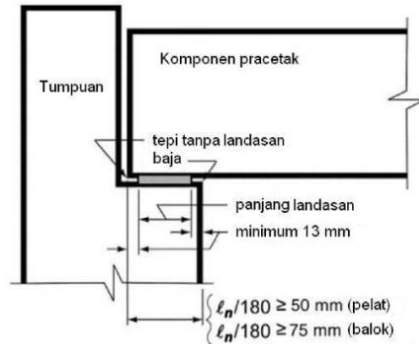
Preliminary desain pracetak bertujuan untuk membuat sistem dan produksi beton pracetak lebih efektif.

3.4.2.1 Menentukan Rasio Panjang dan Tebal (Span to Depth Ratios)

Rasio ini dapat digunakan untuk menentukan perkiraan kebutuhan tebal dari komponen lentur pracetak. Selama preliminary analisis sangat membantu untuk menentukan tebal pelat atau balok. Panduan secara umum, rasio panjang dan tebal dari elemen lentur pracetak. Untuk pelat datar (flat slab) memiliki rasio antara 20-30, sedangkan untuk balok memiliki rasio antara 10-20.

3.4.2.2 Desain Tumpuan / Landasan

Panjang landasan diatur dalam SNI 7833-2012 pasal R4.6.2.2 . Pasal ini membedakan antara panjang tumpuan dan panjang ujung komponen struktur pracetak di atas tumpuan. Tapal tumpuan mendistribusikan gaya-gaya terpusat dan reaksi-reaksi atas permukaan tumpuan, dan mengijinkan terjadinya gerakan horisontal dan rotasional dalam mengurangi tegangan.

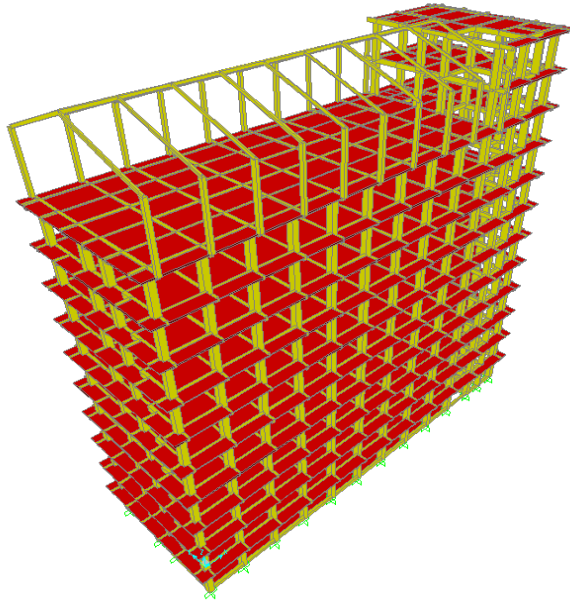


Gambar 47 Panjang Landasan

3.5 Permodelan Struktur Gedung

Setelah mendapatkan data-data yang mendukung selanjutnya struktur gedung dimodelkan dengan bantuan program SAP2000. Output dari permodelan SAP2000 ini antara lain untuk mengetahui perilaku struktur secara keseluruhan dan perilaku komponen struktur. Gaya pada balok yang digunakan momen, geser dan torsi sedangkan gaya pada kolom yang digunakan aksial, momen arah X dan Y, geser dan torsi. Adapun langkah – langkahnya sebagai berikut :

1. Memodelkan struktur.
2. Mendesain / definisi material dan penampang
3. Memasukkan beban gravitasi dan beban lateral
4. Perletakan pondasi diasumsikan sebagai perletakan jepit.
5. Melakukan running SAP.
6. Mengecek persyaratan kontrol analisa struktur sesuai SNI. Adapun control analisa struktur sebagai berikut :
 - a. Kontrol Base Reaction
 - b. Kontrol Partisipasi Massa
 - c. Kontrol Simpangan antar Tingkat (Drift)



Gambar 48 Permodelan Struktur dengan program SAP2000

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam memodelkan gedung pracetak ini:

- a. Sambungan antara balok anak dan balok induk direlease momennya pada ujung balok karena sambungan ini termasuk sambungan pin (bukan rigid).
- b. Pembebanan Gempa dilakukan dengan analisis respon spectrum sesuai SNI 1726 2012.

3.6 Pembebanan

3.6.1 Beban Mati

Dalam tugas akhir ini beban yang dipakai dengan menggunakan brosur dan menggunakan syarat sesuai ASCE 07-2002.

- a. Berat sendiri beton bertulang : $23,6 \text{ KN/m}^3 = 2360$

- $\text{kg/m}^3 \approx 2400 \text{ kg/m}^3$
(ASCE 2-2002)
- b. Dinding bata ringan citicon : 600 kg/m^3 (Brosur)
 - c. Mechanical duct allowance : 0,19 $\text{KN/m}^2 = 19$
 kg/m^2 (ASCE 2-2002)
 - d. Keramik Roman : 20,5 kg/m^2 (Brosur)
 - e. Spesi MU420 tebal 3mm : 5 kg/m^2 (Brosur)
 - f. Plafond dan Penggantung Jaya Board : 8 kg/m^2
(Brosur)
 - g. Waterproof Aquaproof : 1 kg/m^2 (Brosur)
 - h. Beban Pekerja : 1,33 $\text{KN} = 133 \text{ kg}$
(SNI 1727-2013)

3.6.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727 2013 tabel 4-1 beban hidup gedung asrama (hunian) harus diambil paling sedikit sebesar $1,92 \text{ KN/m}^2$. Sedangkan untuk beban hidup pada atap harus diambil paling sedikit sebesar $0,96 \text{ KN/m}^2$. Adapun rangkumannya :

- a. Lantai semua ruang : $1,92 \text{ KN/m}^2 = 192 \text{ kg/m}^2$
- b. Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka : 1,92
 $\text{KN/m}^2 = 192 \text{ kg/m}^2$
- c. Ruang public dan koridor yang melayani mereka : 4,79
 $\text{KN/m}^2 = 479 \text{ kg/m}^2$
- d. Lobi : $4,79 \text{ KN/m}^2 = 479 \text{ kg/m}^2$
- e. Parkir : $1,92 \text{ KN/m}^2 = 192 \text{ kg/m}^2$
- f. Beban Terpusat Parkir Mobil : $10 \text{ KN} = 1000 \text{ kg}$
- g. Tangga dan jalan keluar : $4,79 \text{ KN/m}^2 = 479 \text{ kg/m}^2$
- h. Beban Terpusat Tangga : $1,33 \text{ KN} = 133 \text{ kg}$
- i. Atap : $0,96 \text{ KN/m}^2 = 96 \text{ kg/m}^2$

3.6.3 Beban Gempa

Tahapan awal dan prosedur dalam menentukan beban gempa dinamik adalah sebagai berikut :

1. Penentuan Faktor Kategori Resiko Bangunan

2. Penentuan Faktor Keutamaan Gempa
3. Penentuan Parameter Respon Spectram Percepatan Tanah (S_S, S_I)
4. Penentuan Klasifikasi Situs
5. Penentuan koefisien lokasi F_a dan F_v
6. Penentuan Parameter Respon Spectral Percepatan Gempa MCE_R (S_{MS} dan S_{MI})
7. Penentuan Parameter Percepatan Spektrum Desain (S_{DS} dan S_{D1})
8. Penentuan Kategori Desain Seismik
9. Penentuan Sistem Penahan Gempa
10. Penentuan Respons Spektrum
11. Penentuan Perkiraan Periode Alami Fundamental
12. Penentuan Gaya Dasar Seismik (V)
13. Distribusi vertikal Gaya Gempa

3.6.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban terfaktor lihat ditinjauan pustaka.

3.7 Detailing Penulangan dari Hasil Analisa Struktur

Bila sudah melakukan running dengan menggunakan program analisis struktur SAP2000 dan mendapatkan analisa gaya seperti gaya lentur (M), gaya geser (D), torsi (T) dan gaya aksial (P), maka selanjutnya dilakukan perhitungan penulangan, pendetailan dan kontrol desain. Pada kontrol desain dilakukan agar analisa hasil pendetailan struktur bangunan dapat memenuhi syarat keamanan dan sesuai batas-batas tertentu menurut peraturan.

3.7.1 Penulangan Pelat

3.7.1.1 Penulangan Lentur Pelat

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan pelat pracetak dengan topping cor ditempat. Desain pelat direncanakan pada beberapa keadaan :

a. Sebelum Komposit

Keadaan ini pada saat komponen pracetak belum menyatu dengan komponen topping cor ditempat. Perletakan Pelat dianggap sebagai perletakan bebas.

b. Setelah Komposit

Keadaan ini pada saat komponen pracetak dan komponen topping cor ditempat sudah menyatu monolit dan telah bekerja bersama-sama memikul beban.

Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam tiga tahap :

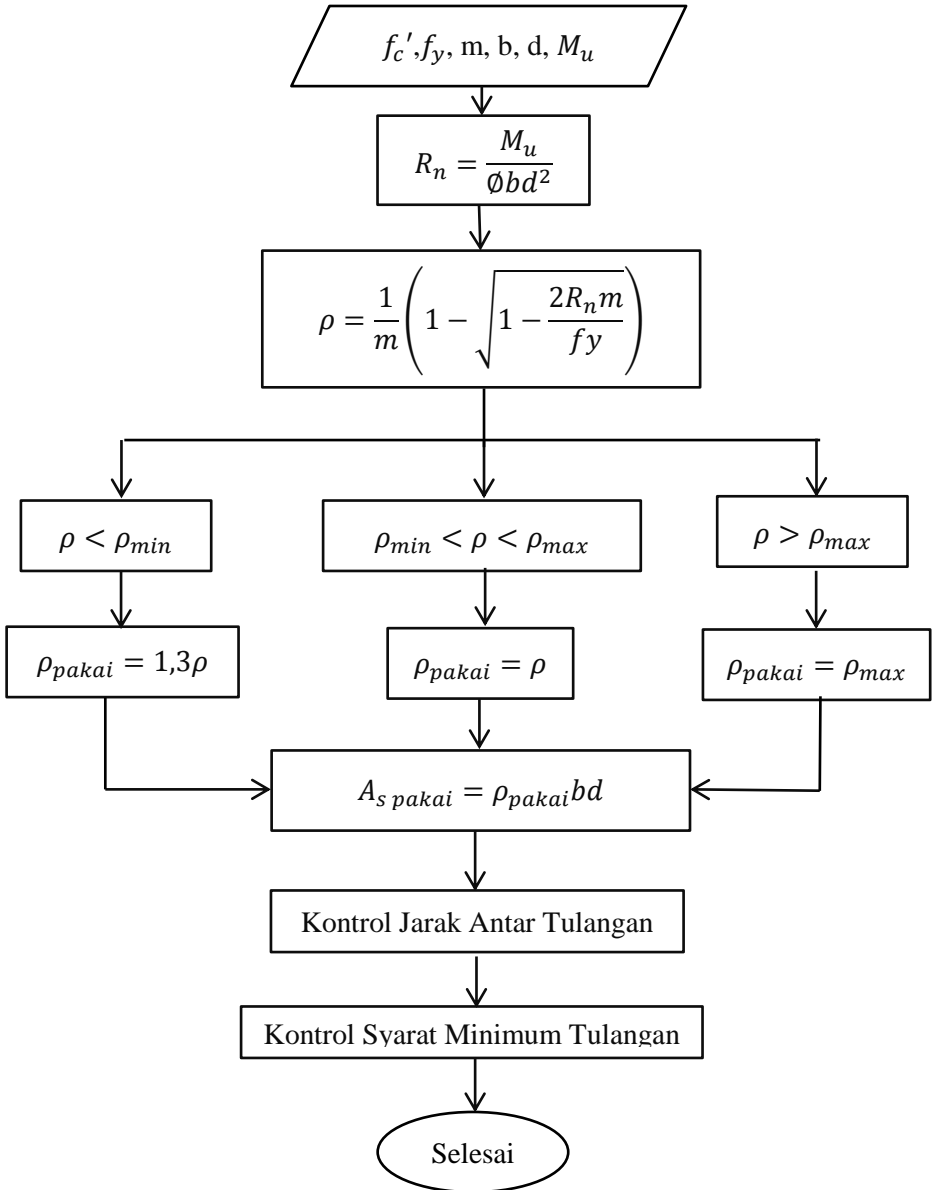
1. Penulangan sebelum komposit
2. Penulangan saat pengangkatan
3. Penulangan setelah komposit

Dari ketiga tahapan tersebut diatas dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan yang paling kritis.

Adapun langkah – langkahnya :

1. Menghitung pembebanan dan kombinasi pembebanan plat lantai sebelum komposit
2. Menentukan data perencanaan plat hasil preliminary desain.
3. Menentukan d_x dan d_y
4. Menentukan ρ_{bal} , ρ_{max} , ρ_{min} , dan m
5. Menentukan dimensi pracetak
6. Menentukan panjang landasan dimensi pracetak
7. Menghitung penulangan sebelum komposit
 - a. Menentukan M_u yang bekerja pada pelat (jika 2 arah maka M_{ux} dan M_{uy})
 - b. Menghitung penulangan dengan mencari nilai ρ dengan syarat $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$. Jika $\rho < \rho_{min}$ maka ρ diperbesar 30% sesuai syarat SNI.
 - c. Menghitung $A_{s\ perlu}$.
 - d. Kontrol jarak antar tulangan
 - e. Kontrol syarat minimum tulangan
8. Menghitung penulangan sebelum komposit saat pengangkatan
 - a. Menghitung momen pengangkatan M_x dan M_y
 - b. Menghitung penulangan dengan mencari nilai ρ dengan syarat $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$. Jika $\rho < \rho_{min}$ maka ρ diperbesar 30% sesuai syarat SNI.
 - c. Menghitung $A_{s\ perlu}$.
 - d. Kontrol jarak antar tulangan
 - e. Kontrol syarat minimum tulangan
9. Menghitung penulangan sesudah komposit.

- a. Menentukan M_u yang bekerja pada pelat (jika 2 arah maka M_{ux} dan M_{uy})
- b. Menghitung penulangan dengan mencari nilai ρ dengan syarat $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$. Jika $\rho < \rho_{min}$ maka ρ diperbesar 30% sesuai syarat SNI.
- c. Menghitung A_s perlu.
- d. Kontrol jarak antar tulangan
- e. Kontrol syarat minimum tulangan



Gambar 49 Metodologi Penulangan Lentur Pelat

3.7.1.2 Kontrol tegangan akibat pengangkatan

Pengangkatan pracetak menggunakan 4 titik angkat pada saat umur 3 hari. Adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

- Penentuan data beton pracetak $f_{ci} = 3$ hari dan tegangan ijin f_r
- Hitung beban ultimate keseluruhan dan beban yang diterima 1 titik angkat
- Hitung momen yang terjadi arah X dan Y (M_x dan M_y)
- Hitung tahanan yang terjadi arah X dan Y (W_x dan W_y)
- Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} \quad (3.10)$$

$$\sigma < f_r \quad (3.11)$$

3.7.1.3 Perhitungan tulangan angkat dan strand

Pengangkatan pracetak menggunakan 4 titik angkat pada saat umur 3 hari. Adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

- Hitung beban ultimate keseluruhan dan beban yang diterima 1 titik angkat
- Hitung tegangan yang terjadi arah X dan Y (M_x dan M_y)
- Hitung tegangan ijin dasar

$$f_s = \frac{2}{3} f_y \quad (3.12)$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} \quad (3.13)$$

- Hitung kedalaman angkur dalam keadaan tarik

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{kc\sqrt{f'c'}}\right)^2} \quad (3.14)$$

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan \alpha} \quad (3.15)$$

- Hitung kebutuhan strand

$$P < F_{strand} \quad (3.16)$$

- Panjang penyaluran pelat

$$l_{dh} > d_b \quad (3.17)$$

$$l_{dh} > 150mm \quad (3.18)$$

$$l_{dh} > \frac{0,24 \cdot f_y \cdot \sqrt{f_c}}{d_b} \quad (3.19)$$

3.7.1.4 Penulangan Tulangan Susut

Pada penulangan pelat satu arah hanya terdapat satu tulangan utama yaitu arah memanjang pelat, adapun arah yang berlawanan yaitu arah melintang merupakan tulangan pembagi berfungsi untuk menahan susut dan suhu. Kebutuhan tulangan susut diatur dalam SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1 yaitu

- a. Dengan f_y 280 atau 350 MPa

$$A_s \text{ susut min} = 0,002 A_s \text{ bruto} > 0,0014 A_s \text{ bruto} \quad (3.20)$$

- b. Dengan f_y 420 MPa

$$A_s \text{ susut min} = 0,0018 A_s \text{ bruto} > 0,0014 A_s \text{ bruto} \quad (3.21)$$

- c. Dengan $f_y > 420$ MPa

$$A_s \text{ susut min} = 0,0018 \times \frac{420}{f_y} A_s \text{ bruto} > 0,0014 A_s \text{ bruto} \quad (3.22)$$

3.7.2 Perencanaan Balok

Dalam perencanaan ini dilakukan 3 tahap yaitu tahap 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 tahapan tersebut.

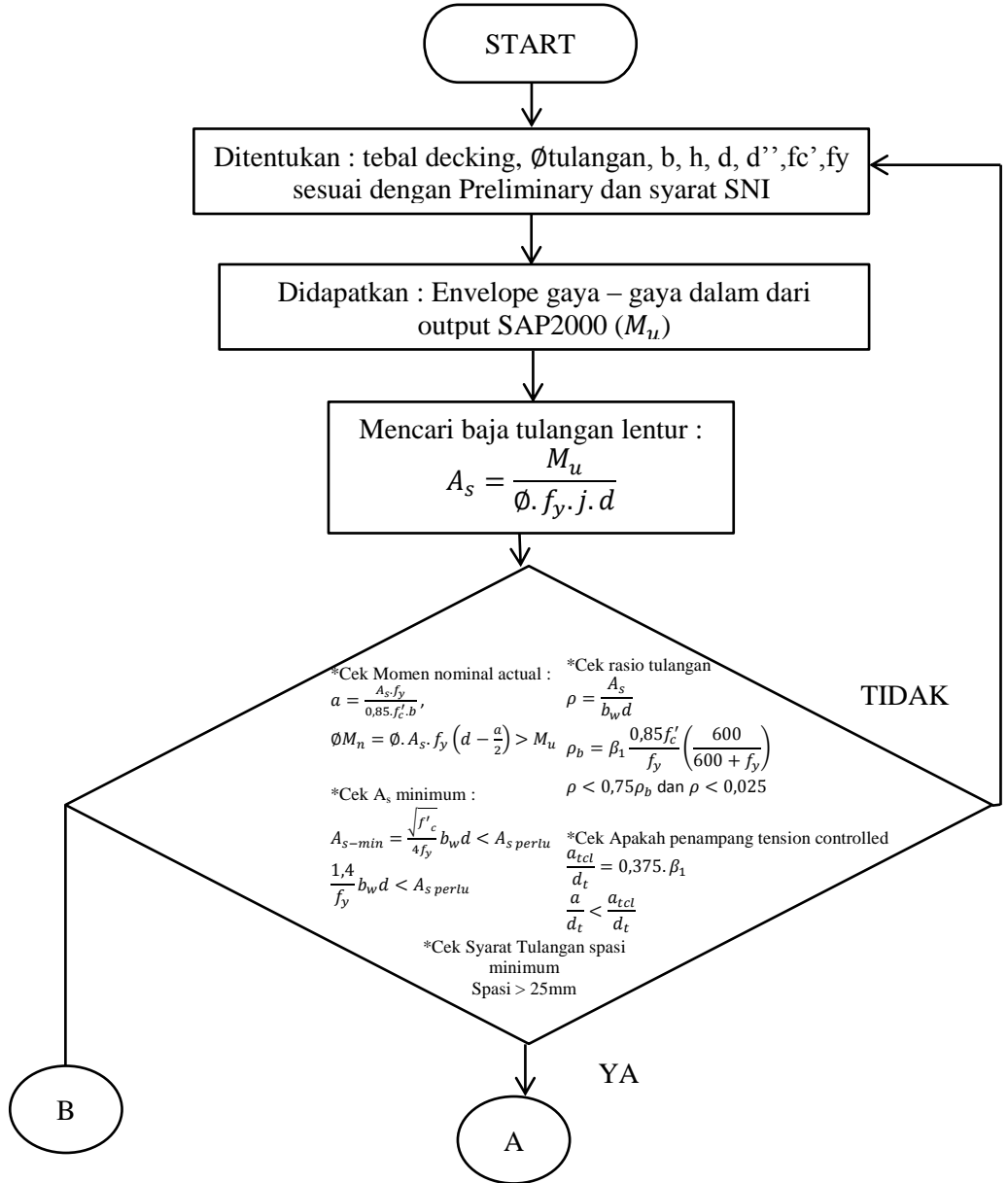
Adapun langkah – langkahnya :

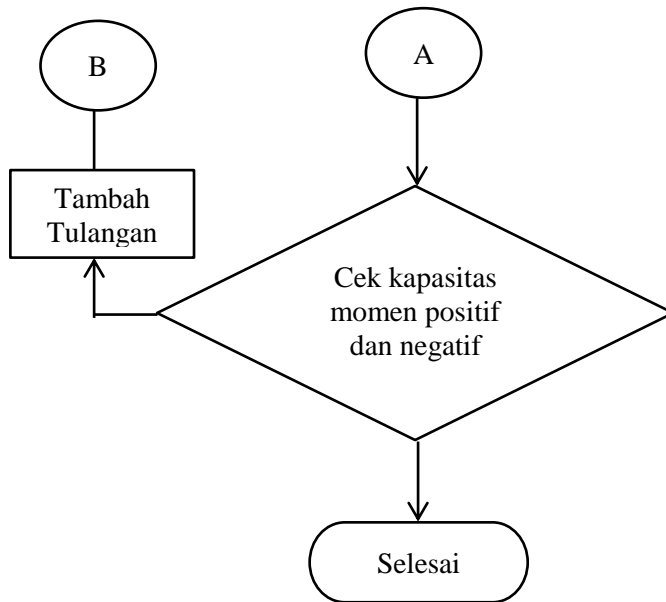
1. Hitung beban ultimate yang diterima balok sebelum dan sesudah komposit.
2. Hitung panjang landasan balok.
3. Hitung momen M_u dan geser V_u sebelum komposit, saat pengangkatan dan sesudah komposit.
4. Hitung tulangan lentur balok saat sebelum komposit dengan cara mencari nilai ρ .
5. Cek Syarat minimum tulangan lentur.
6. Hitung tulangan geser balok
7. Cek syarat minimum tulangan geser.
8. Hitung tulangan lentur balok saat pengangkatan dengan cara mencari nilai ρ .

9. Cek Syarat minimum tulangan lentur.
10. Hitung tulangan geser balok .
11. Cek syarat minimum tulangan geser.
12. Hitung tulangan lentur balok sesudah dengan cara mencari nilai ρ .
13. Cek Syarat minimum tulangan lentur.
14. Hitung tulangan geser balok .
15. Cek syarat minimum tulangan geser.
16. Perhitungan tulangan angkat.
17. Kontrol tegangan saat pengangkatan, penumpukan, pemasangan dan pengecoran.
18. Gunakan tulangan yang paling kritis dari ketiga tahapan diatas.

3.7.2.1 Penulangan Lentur Balok

Dalam perencanaan dilakukan 3 tahap yaitu tahap 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 tahapan tersebut.





Gambar 60 Metodologi Penulangan Lentur Balok

3.7.2.2 Hitung Penulangan Torsi Balok

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 11.5.1 pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u :

$$T_u < \phi 0,083 \lambda \sqrt{f_c'} \left[\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right] \quad (3.23)$$

Dimana :

- A_{cp} = luas bruto penampang beton = $b \times h$

- P_{cp} = keliling luas penampang beton = $2 \times (b + h)$

Cek kecukupan penampang balok :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \times p_h}{1,7 \times A^2_{oh}} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0,66 \sqrt{f_c'} \right) \quad (3.24)$$

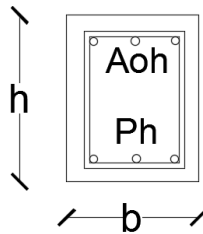
Dimana :

A_{oh} = Luasan penampang dibatasi tulangan sengkang
= $b_h \times h_h$

P_{oh} = Keliling penampang dibatasi tulangan sengkang
= $2 \times (b_h \times h_h)$

b_h = $(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$

h_h = $(h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$



Gambar 61 Luasan A_{oh} dan Keliling P_{oh}

Berdasarkan SNI Beton 11.5.3.6, Tulangan Transversal Penahan Torsi :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi 2A_0 \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta} \quad (3.25)$$

Berdasarkan SNI Beton 11.5.3.7, Tulangan Longitudinal Penahan Torsi :

$$A_1 = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta \quad (3.26)$$

3.7.2.3 Hitung Penulangan Geser Balok

Menurut SNI 2847 2013 pasal 21.5.4.1 bahwa gaya geser rencana V_u harus ditentukan dari peninjauan gaya static pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen – momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur yang mungkin, M_{pr} , harus dianggap bekerja pada muka tumpuan dan komponen tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya.

M_{pr} adalah kuat momen lentur mungkin dari suatu komponen struktur yang ditentukan menggunakan sifat –sifat komponen struktur pada muka join dengan menganggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum $1,25f_y$.

Langkah – langkah perencanaan tulangan geser balok adalah :

1. Tentukan data-data f'_c , f_y , dan ϕ_s
2. Hitung momen tumpuan (M_{pr})
3. Hitung gaya geser total

$$V_s = \frac{M_{pr-} + M_{pr+}}{L} + \frac{W_u \cdot L}{2} \quad (3.27)$$

4. Hitung nilai

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3.28)$$

Dimana :

$\phi = 0,75$ (SNI 2847 2013 pasal 9.3.2.3)

$V_c = 0$ (jika memenuhi SNI 2847 2013 pasal 21.5.4.2)

Jika tidak, maka V_c diperhitungkan sebesar :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \quad (3.29)$$

5. Hitung kebutuhan tulangan geser

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d_{aktual}} \quad (3.30)$$

6. Kebutuhan tulangan transversal penahan geser dan torsi :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s} \quad (3.31)$$

Dimana untuk penulangan geser daerah tumpuan SNI 2847 2013 pasal 21.5.3.2 mengatur :

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

$$S_{max} \leq \frac{1}{4} d$$

≤ 6 kali diameter terkecil tulangan memanjang

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

Pada daerah lapangan syarat maksimum tulangan geser balok menurut SNI 2847 2013 pasal 21.5.3.4 $s < d/2$

3.7.3 Perencanaan Kolom

3.7.3.1 Cek Syarat Komponen Struktur Kolom

3.7.3.2 Cek Tulangan Longitudinal Kolom

3.7.3.3 Hitung Tulangan Transversal Kolom

Langkah – langkah perencanaan tulangan transversal kolom :

1. Tentukan daerah pemasangan penulangan transversal SNI 2847 2013 pasal 21.6.4.1

$$l_0 \geq h_{balok} \quad (3.32)$$

$$l_0 \geq \left(\frac{1}{6}\right) L_n \text{ kolom} \quad (3.33)$$

$$l_0 \geq 450 \text{ mm} \quad (3.34)$$

Diambil yang terbesar (menentukan)

2. Tentukan spasi maksimum yang diijinkan SNI 2847 2013 pasal 21.6.4.3

$$S < \frac{1}{4} l_0 \quad (3.35)$$

$$S < 6 \times \text{diameter tulangan longitudinal terkecil} \quad (3.36)$$

$$S < 100 \text{ mm} \quad (3.37)$$

3. Hitung luasan penampang minimum tulangan transversal sesuai SNI 2847 2013 pasal 21.6.4.4 :

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{sb_c f_c'}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (3.38)$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{sb_c f_c'}{f_{yt}} \quad (3.39)$$

3.7.3.4 Hitung Tulangan Tranversal untuk Beban Geser.

Gaya rencana V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom ditentukan dari kuat momen max, M_{pr} , dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di hubungan balok kolom yang bersangkutan.

Langkah – langkah menentukan tulangan transversal untuk beban geser :

1. Tentukan harga M_{pr} akibat tulangan terpasang pada kolom.
2. Hitung nilai V_e

$$V_e = \left(\frac{M_{pr} \times 2}{H} \right) \quad (3.40)$$

Dimana : H = tinggi kolom

3. Hitung M_{pr}^+ dan M_{pr}^- akibat tulangan terpasang pada balok.
4. Hitung

$$V_u = \frac{(M_{pr}^+ + M_{pr}^-)}{L} \quad (3.41)$$

5. Hitung kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser (SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.2)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d \end{aligned} \quad (3.42)$$

6. Hitung V_s berdasarkan tulangan transversal kolom terpasang.

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \quad (3.43)$$

7. Cek kondisi geser

$$\begin{aligned} &\phi(V_s + V_c) \\ &> V_u \text{ yang diterima kolom} \end{aligned} \quad (3.44)$$

3.7.4 Perencanaan Pondasi

Dalam tugas akhir ini menggunakan pondasi dalam. Pondasi dalam terdiri dari pilecap dan tiang pancang.

3.7.4.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang

Adapun urutan perhitungan daya dukung ultimit untuk suatu tiang pancang :

1. Hitung kapasitas tiang pancang, Q_u
2. Hitung Tahanan friksi, Q_s
3. Hitung tahanan ujung tiang, Q_p

3.7.4.2 Perhitungan Pilecap

Adapun urutan perhitungan pilecap :

1. Hitung beban terfaktor, P_u dan reaksi masing masing tiang pancang, V_u
2. Periksa terhadap geser 2 arah
 - a. Geser 2 arah disekitar kolom
 - b. Geser 2 arah disekitar tiang pancang
3. Hitung / desain terhadap lentur (penulangan pondasi pilecap)
4. Gambar penulangan struktur pilecap

3.8 Tahapan Elemen Pracetak

Proses pembuatan pracetak berada ditempat fabrikasi sehingga perlu dikontrol dengan pengawasan dan ketelitian yang tinggi pada tahapan tertentu seperti pada saat pengangkatan beton dari cetakan, penumpukan ke storage area, pemasangan beton pracetak saat di lokasi proyek dan control pada saat komposit.

3.8.1 Tahapan Pelat Pracetak

Pelat pracetak ini dipakai pelat pracetak 1 arah berdimensi persegi panjang karena memiliki dimensi $l_y/l_x > 2$. Tahapan pertama adalah perhitungan kebutuhan tulangan yang sudah dibahas di Sub Bab 3.7.1. Adapun tahapan selanjutnya adalah sebagai berikut :

3.8.1.1 Kontrol Pengangkatan Pelat Pracetak

Pengangkatan pelat pracetak dilakukan dengan 4 titik angkat pada saat umur 3 hari. Pengangkatan pelat pracetak ini menggunakan

tulangan angkat yang mampu menahan momen saat terjadi pengangkatan. Umur Beton pada saat 3 hari menurut PBB1 1971 :

$$f_{ci(3hari)} = 0,40 \times f_c'$$

Tegangan ijin :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c' \times \text{presentase umur beton}} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < f_r \quad (3.46)$$

Dimana,

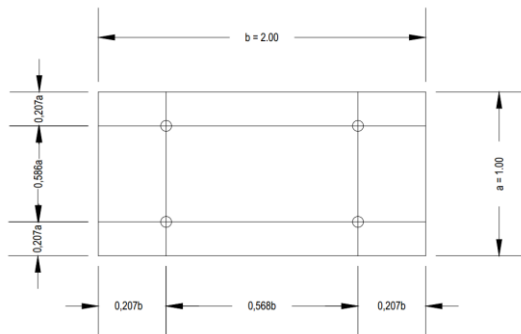
σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

f_r = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu

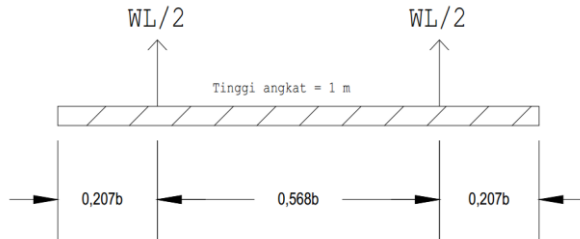
f_c' = Kuat Tekan Beton Rencana



Momen arah Y (Memanjang) sesuai PCI

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

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



$$M_y' = \frac{P \cdot y_c}{\tan \phi} \quad (3.47)$$

$$y_c = 0,5 \cdot \text{tebal pelat}$$

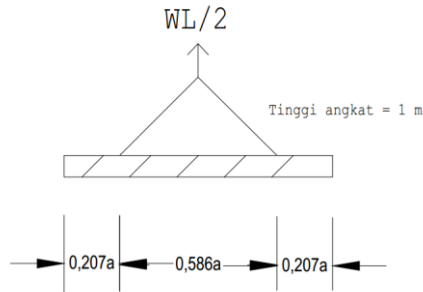
$$P = w \cdot a \cdot b$$

$$M_{y \text{ total}} = 1,5(M_y + M_y') \text{ dengan factor kejut } 1,5$$

Momen arah X (Melintang) sesuai PCI

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

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



$$M_x' = \frac{P \cdot y_c}{\tan \phi} \quad (3.48)$$

$$y_c = 0,5 \cdot \text{tebal pelat}$$

$$P = w \cdot a \cdot b$$

$$M_{x \text{ total}} = 1,5(M_x + M_x') \text{ dengan factor kejut } 1,5$$

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

M_x ditahan oleh penampang selebar $15t$ atau $b/2$ diambil yang terkecil

$$W_x = \frac{1}{6} \cdot 15t \cdot t^2 = \frac{1}{6} \cdot \frac{b}{2} \cdot t^2$$

M_y ditahan oleh penampang selebar $a/2$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot \frac{a}{2} \cdot t^2$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < f_r \quad (3.46)$$

3.8.1.2 Kontrol Penyimpanan / Penumpukan Pelat Pracetak

Ketika elemen pracetak diletakan di *storage* selama 3 hari dibutuhkan tumpuan yang nantinya akan berkaitan dengan letak penumpu dan jumlah elemen pracetak yang menumpu.

$$f_{ci(3hari)} = 0,40 \times f_{c'}$$

Tegangan ijin :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{c'} \times \text{presentase umur beton}} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < f_r \quad (3.46)$$

Dimana,

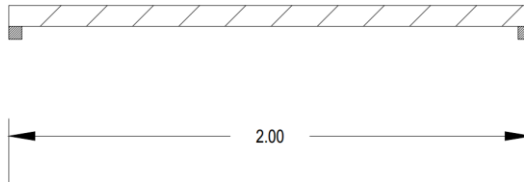
σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

f_r = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu

$f_{c'}$ = Kuat Tekan Beton Rencana



Momen yang terjadi

$$M = \frac{1}{8} qL^2 + \frac{1}{4} PL \quad (3.48)$$

dengan factor kejut 1,5 maka $M' = 1,5M$

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

$$W = \frac{1}{6} \cdot a \cdot t^2 \quad (3.49)$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < f_r \quad (3.46)$$

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan penyangga balok dari Kayu 5cm panjang 1m
 Luas Bidang Kontak, $A = 0,05 \times 1 = 0,05 \text{ m}^2 = 50000 \text{ mm}^2$
 $P = (1,2 (0,08 \times 2400 \times 1 \times 2) + 1,6 (135,71)) / 2 = 338,97 \text{ kg} = 3390 \text{ N}$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{3390}{50000} = 0,0678 \text{ MPa}$$

$$\text{Jumlah Penumpukan, } n = \frac{fr}{f.SF}$$

Dengan $f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci(3\text{hari})}} = 0,7 \sqrt{0,4.35} = 2,6 \text{ MPa}$ maka

$$n = \frac{2,6}{0,0678 \times 3} = 12,78 \approx 13 \text{ tumpukan}$$

3.8.1.3 Kontrol Pemasangan Pelat Pracetak (Sebelum Komposit)

Kontrol pemasangan selama beton berumur 7 hari. Pembebanan sebelum komposit pada saat pemasangan tidak memperhitungkan berat toping (cor insitu). Adapun pembebanan sebelum komposit saat pemasangan ada beban pekerjaanya :

Beban Mati :

Berat sendiri pelat pracetak : lebar x panjang x tinggi x 2400 kg/m³

Beban Hidup

Berat Pekerja : 135,71 kg/m²

Ketika elemen pracetak diletakan di *storage* selama 3 hari dibutuhkan tumpuan yang nantinya akan berkaitan dengan letak penumpu dan jumlah elemen pracetak yang menumpu.

$$f_{ci(7\text{hari})} = 0,70 \times f_{ci}$$

Tegangan ijin :

$$fr = 0,7 \sqrt{f_{c'} \times \text{presentase umur beton}} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < fr \quad (3.46)$$

Dimana,

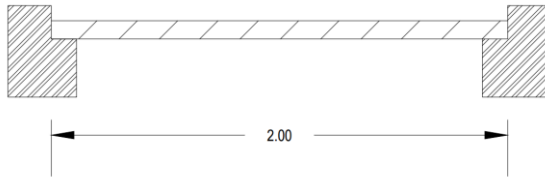
σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

fr = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu

$f_{c'}$ = Kuat Tekan Beton Rencana



Momen yang terjadi

Momen yang terjadi

$$M = \frac{1}{8} qL^2 + \frac{1}{4} PL \quad (3.48)$$

dengan factor kejut 1,5 maka $M' = 1,5M$

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

$$W = \frac{1}{6} \cdot a \cdot t^2 \quad (3.49)$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < f_r \quad (3.46)$$

3.8.1.4 Kontrol Pengecoran Pelat Pracetak (Sebelum Komposit)

Kontrol pengecoran dilakukan untuk memastikan bahwa elemen pracetak yang nantinya akan dijadikan dasar dari beton *overtopping* sanggup menahan cor *in situ*. Kontrol saat pengecoran beton berumur 7 hari. Adapun pembebanan sebelum komposit saat pengecoran :

Beban Mati :

Berat sendiri pelat pracetak : lebar x panjang x tinggi x 2400
kg/m³

Berat sendiri pelat cor insitu : lebar x panjang x tinggi x 2400
kg/m³

Beban Hidup

Berat Pekerja : 135,71 kg/m²

Ketika elemen pracetak diletakan di *storage* selama 3 hari dibutuhkan tumpuan yang nantinya akan berkaitan dengan letak penumpu dan jumlah elemen pracetak yang menumpu.

$$f_{ci(7hari)} = 0,70 \times f_{c'}$$

Tegangan ijin :

$$fr = 0,7\sqrt{fc' \times \text{presentase umur beton}} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < fr \quad (3.46)$$

Dimana,

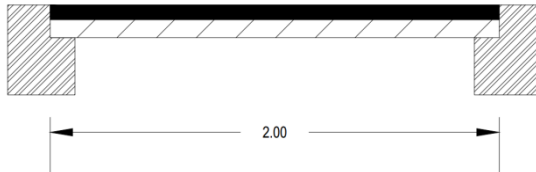
σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

fr = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu

fc' = Kuat Tekan Beton Rencana



Momen yang terjadi

$$M = \frac{1}{8}qL^2 + \frac{1}{4}PL \quad (3.48)$$

dengan factor kejut 1,5 maka $M' = 1,5M$

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

$$W = \frac{1}{6} \cdot a \cdot t^2 \quad (3.49)$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < fr \quad (3.46)$$

3.8.1.5 Kontrol Lendutan Pelat Pracetak

$$\Delta_0 = \frac{1}{360}L \quad (3.49)$$

$$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI} \quad (3.50)$$

$$\Delta_{max} < \Delta_0 \quad (3.51)$$

3.8.1.6 Kontrol Pelat Pracetak Setelah Komposit

Kontrol setelah komposit dilakukan untuk memastikan bahwa elemen pracetak yang nantinya bisa monolit menyatu dengan cor insitu. Kontrol setelah komposit beton sempurna berumur 28 hari.

Pembebanan setelah komposit

Beban Mati :

Berat sendiri pelat : lebar x panjang x tinggi x 2400
kg/m³

Penggantung dan Plafond : 8 kg/m²

Keramik Roman : 20,5 kg/m²

Spesi : 5 kg/m²

Ducting dan Mekanikal : 19,39 kg/m²

Beban Hidup

Lantai ruang pribadi : 195,92 kg/m²

Lantai Lobi : 488,78 kg/m²

Koridor : 488,78 kg/m²

Ketika elemen pracetak dinyatakan monolit (menyatu) dengan topping cor ditempat selama 28 hari. Maka dikontrol tegangan sebagai berikut :

$$f_{ci(28 \text{ hari})} = f_{c'}$$

Tegangan ijin :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{c'} \times \text{presentase umur beton}} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < f_r \quad (3.46)$$

Dimana,

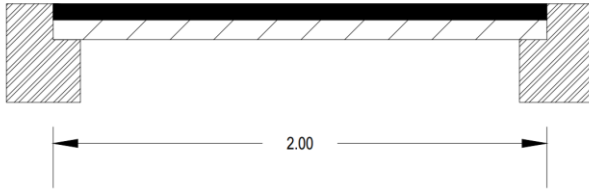
σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

f_r = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu

$f_{c'}$ = Kuat Tekan Beton Rencana



Momen yang terjadi

$$M = \frac{1}{8} qL^2 + \frac{1}{4} PL \quad (3.48)$$

dengan factor kejut 1,5 maka $M' = 1,5M$

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

$$W = \frac{1}{6} \cdot a \cdot t^2 \quad (3.49)$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < fr \quad (3.46)$$

3.8.2 Tahapan Balok Pracetak

Tahapan pertama adalah perhitungan kebutuhan tulangan yang sudah dibahas di Sub Bab 3.7.1. Adapun tahapan selanjutnya adalah sebagai berikut :

3.8.2.1 Kontrol Pengangkatan Balok Pracetak

Pengangkatan Balok pracetak dilakukan dengan 2 titik angkat pada saat umur 3 hari. Pengangkatan balok precast ini menggunakan tulangan angkat yang mampu menahan momen saat terjadi pengangkatan. Umur Beton pada saat 3 hari menurut PBBI 1971 :

$$f_{ci(3hari)} = 0,40 \times f_c$$

Tegangan ijin :

$$fr = 0,7 \sqrt{f_c'} \times \text{presentase umur beton} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < fr \quad (3.46)$$

Dimana,

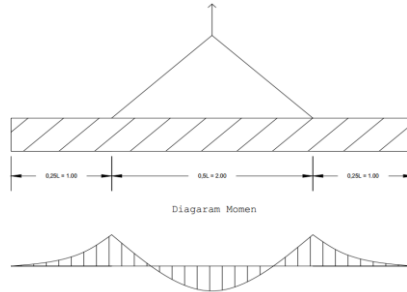
σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

f_r = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu

f_c' = Kuat Tekan Beton Rencana



Menghitung Momen

$M = 0,025WL^2$ atau dengan bantuan program SAP

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)

$$M' = \frac{P \cdot y_c}{\tan \phi}$$

$y_c = 0,5 \cdot \text{tebal balok}$

$P = w \cdot a \cdot b$

$M_{y \text{ total}} = 1,5(M + M')$ dengan factor kejut 1,5

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} < f_r$$

3.8.2.2 Kontrol Penyimpanan / Penumpukan

Ketika elemen pracetak diletakan di *storage* selama 3 hari dibutuhkan tumpuan yang nantinya akan berkaitan dengan letak penumpu dan jumlah elemen pracetak yang menumpu.

$$f_{ci(3hari)} = 0,40 \times f_c'$$

Tegangan ijin :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{c'} \times \text{presentase umur beton}} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < f_r \quad (3.46)$$

Dimana,

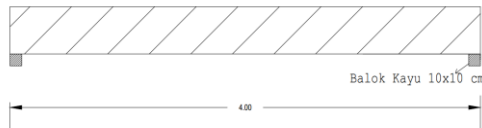
σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

f_r = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu

$f_{c'}$ = Kuat Tekan Beton Rencana



Momen yang terjadi

$$M = \frac{1}{8} qL^2 + \frac{1}{4} PL \text{ dengan factor kejut } 1,5 \text{ maka } M' = 1,5M$$

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M'}{W} \leq f_r$$

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan penyangga balok dari Kayu 10cm panjang 1m

Luas Bidang Kontak, $A = 0,1 \times 1 = 0,1 \text{ m}^2 = 100000 \text{ mm}^2$

$$P = (1,2 (0,3 \times 0,4 \times 4 \times 2400) + 1,6 (135,71)) / 2 = 799,76 \text{ kg} = 7997 \text{ N}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{7997}{100000} = 0,0799 \text{ MPa}$$

$$\text{Jumlah Penumpukan, } n = \frac{f_r}{f \cdot SF}$$

Dengan $f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci(3hari)}} = 0,7 \sqrt{0,4,35} = 2,6 \text{ MPa}$ maka

$$n = \frac{2,6}{0,07997 \times 3} = 10,8 \approx 11 \text{ tumpukan}$$

3.8.2.3 Kontrol Pemasangan (Sebelum Komposit)

Kontrol pemasangan selama beton berumur 7 hari. Pembebanan sebelum komposit pada saat pemasangan tidak memperhitungkan berat toping (cor insitu). Adapun pembebanan sebelum komposit saat pemasangan ada beban pekerjaanya. Adapun beban-bebanya :

Beban Mati :

Berat sendiri pelat pracetak : lebar x panjang x tinggi x 2400 kg/m³

Beban Hidup

Berat Pekerja : 135,71 kg/m²

Ketika elemen pracetak diletakan di *storage* selama 3 hari dibutuhkan tumpuan yang nantinya akan berkaitan dengan letak penumpu dan jumlah elemen pracetak yang menumpu.

$$f_{ci(7hari)} = 0,70 \times f_{c'}$$

Tegangan ijin :

$$fr = 0,7\sqrt{f_{c'} \times \text{presentase umur beton}} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < fr \quad (3.46)$$

Dimana,

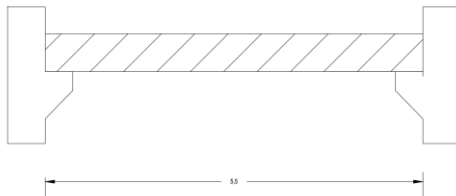
σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

fr = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu

$f_{c'}$ = Kuat Tekan Beton Rencana



Momen yang terjadi

Momen yang terjadi

$$M = \frac{1}{8}qL^2 + \frac{1}{4}PL \text{ dengan factor kejut } 1,5 \text{ maka } M' = 1,5M$$

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M'}{W} = < fr$$

3.8.2.4 Kontrol Pengecoran (Sebelum Komposit)

Kontrol pengecoran dilakukan untuk memastikan bahwa elemen pracetak yang nantinya akan dijadikan dasar dari beton *overtopping* sanggup menahan cor *in situ*. Kontrol saat pengecoran beton berumur 7 hari. Adapun pembebanan sebelum komposit saat pengecoran :

Beban Mati :

Berat sendiri pelat pracetak : lebar x panjang x tinggi x 2400
kg/m³

Berat sendiri pelat cor insitu : lebar x panjang x tinggi x 2400
kg/m³

Beban Hidup

Berat Pekerja : 135,71 kg/m²

Ketika elemen pracetak diletakan di *storage* selama 3 hari dibutuhkan tumpuan yang nantinya akan berkaitan dengan letak penumpu dan jumlah elemen pracetak yang menumpu.

$$f_{ci(7hari)} = 0,70 \times f_{c'}$$

Tegangan ijin :

$$fr = 0,7\sqrt{f_{c'} \times \text{presentase umur beton}} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < fr \quad (3.46)$$

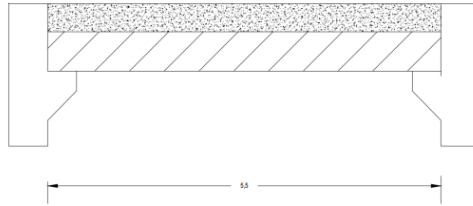
Dimana,

σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

f_r = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu
 $f_{c'}$ = Kuat Tekan Beton Rencana



Momen yang terjadi

$$M = \frac{1}{8}qL^2 + \frac{1}{4}PL \text{ dengan factor kejut } 1,5 \text{ maka } M' = 1,5M$$

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M'}{W} \leq f_r$$

3.8.2.5 Kontrol Lendutan

$$\Delta_0 = \frac{1}{360}L \quad (3.49)$$

$$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI} \quad (3.50)$$

$$\Delta_{max} < \Delta_0 \quad (3.51)$$

3.8.2.6 Kontrol Pracetak Setelah Komposit

Kontrol setelah komposit dilakukan untuk memastikan bahwa elemen pracetak yang nantinya bisa monolit menyatu dengan cor insitu. Kontrol setelah komposit beton sempurna berumur 28 hari.

Pembebanan setelah komposit

Beban Mati :

Berat sendiri pelat : lebar x panjang x tinggi x 2400
kg/m³

Penggantung dan Plafond : 8 kg/m²

Keramik Roman : 20,5 kg/m²

Spesi	: 5 kg/m ²
Ducting dan Mekanikal	: 19,39 kg/m ²
Beban Hidup	
Lantai ruang pribadi	: 195,92 kg/m ²
Lantai Lobi	: 488,78 kg/m ²
Koridor	: 488,78 kg/m ²

Ketika elemen pracetak dinyatakan monolit (menyatu) dengan topping cor ditempat selama 28 hari. Maka dikontrol tegangan sebagai berikut :

$$f_{ci(28 \text{ hari})} = f_{c'}$$

Tegangan ijin :

$$fr = 0,7 \sqrt{f_{c'} \times \text{presentase umur beton}} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} < fr \quad (3.46)$$

Dimana,

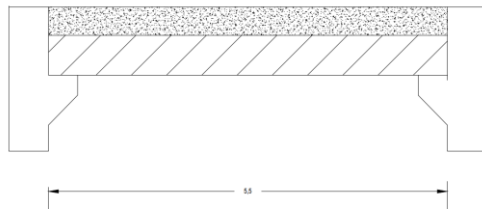
σ = Tegangan terjadi

M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

fr = Tegangan ijin Beton pada umur tertentu

$f_{c'}$ = Kuat Tekan Beton Rencana



Momen yang terjadi

$$M = \frac{1}{8} qL^2 + \frac{1}{4} PL \text{ dengan factor kejut } 1,5 \text{ maka } M' = 1,5M$$

Menghitung momen tahanan

Sesuai PCI 7th Edition

$$W = \frac{1}{6} \cdot a \cdot t^2$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M'}{W} = < f_r$$

3.9 Perencanaan Sambungan Elemen Struktur

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya – gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya.

3.9.1 Sambungan Balok dengan Kolom

Pada perencanaan ini digunakan sambungan konsol pendek (shallow corbel). Balok Induk diletakkan pada konsol yang berada pada balok induk kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan ini sesuai dengan SNI 03-2837-2013 pasal 11.8. Adapun langkah – langkahnya sebagai berikut :

3.9.1.1 Penulangan konsol pada kolom

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menentukan data perencanaan seperti b_w , h , f_c' , f_y , a_v , N_u , V_u .
2. Cek brakit dan korbek
3. Cek kecukupan penampang
4. Penentuan tulangan konsol
5. Hitung kebutuhan tulangan As ambil nilai terbesar
6. Hitung kebutuhan tulangan As ambil nilai terbesar
7. Hitung Luas Pelat Landas

3.9.1.2 Penulangan ujung balok

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Asumsikan sudut retak vertikal $\theta = 0^\circ$
2. Hitung tulangan horizontal
3. Hitung tulangan sengkang

3.9.1.3 Perhitungan sambungan balok ke kolom

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Hitung panjang penyaluran tulangan kondisi tekan
2. Hitung panjang penyaluran kait standar dalam tarik

3.9.1.4 Perhitungan kuat angkur baut ke beton

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menentukan data perencanaan seperti db, Ab, Fub, Fyb.
2. Menentukan jarak angkur
3. Hitung kuat angkur terhadap gaya tarik
4. Hitung kuat jebol (breakout) terhadap tarik
5. Hitung kuat cabut (pullout) baut angkur dari beton
6. Hitung kuat ambrol muka tepi (sideface blowout) beton dari tarik

3.9.1.5 Kontrol tarik sambungan coupler

Adapun controlnya sebagai berikut :

$$1,25F_y < F_y \text{ coupler} \quad (3.47)$$

3.9.2 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menentukan data perencanaan tulangan balok induk
2. Cek brakit dan korbel
3. Cek kecukupan penampang
8. Hitung luas tulangan
9. Hitung kebutuhan tulangan As ambil nilai terbesar
10. Hitung kebutuhan tulangan Ah ambil nilai terbesar
11. Luas Pelat Landas

3.9.3 Sambungan Balok dengan Pelat

Adapun langkah – langkah nya sebagai berikut :

1. Menghitung panjang penyaluran pelat arah X kondisi tarik dan kondisi tekan
2. Menghitung panjang penyaluran pelat arah Y kondisi tarik dan kondisi tekan
3. Kontrol tegangan tumpuan

3.9.4 Sambungan Pelat dengan Pelat

Sambungan pelat dengan pelat ini menggunakan plate and bar diaphragm shear connection. Adapun langkah – langkahnya :

1. Merencanakan sambungan las sisi atas las
Pernglasian dilakukan sepanjang sisi dari pelat sambung

- a. Tentukan mutu kawat las, dimensi pelat sambung dan pelat tanam
 - b. Cek Kapasitas geser
Tahanan tarik dari pelat tertanam
Kapasitas las dari tulangan tertanam
Kapasitas geser dari pelat sambung
2. Merencanakan sambungan sisi bawah pelat
Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari pelat siku.
 3. Cek diafragma plat

3.10 Metode Pelaksanaan

Adapaun langkah – langkah metode pelaksanaan sebagai berikut

1. Fabrikasi
2. Proses Transportasi
3. Proses Penyimpanan
4. Proses Pengangkatan
5. Proses Pengecoran
6. Proses Perawatan

3.11 Gambar Teknik

Setelah struktur selesai didesain maka selanjutnya adalah menggambar hasil perencanaan dan perhitungan struktur menggunakan Program AutoCAD. Hasil gambar menggunakan kertas HVS A3.

“Halaman ini sengaja dikosongi”

BAB IV PRELIMINARY DESAIN

4.1 Preliminary Desain

4.1.1. Penentuan Dimensi Balok

Data Perencanaan :

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

SNI 03-2847-2013

Pasal 9.5.2.2 tentang tebal minimum balok non prategang

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

Pasal 21.5.1.3 tentang lebar minimum balok SRPMK

$$b_{min} = \frac{3}{10} h$$

a. Dimensi Balok Induk Memanjang, $l = 4 \text{ m}$

Dicoba dimensi 30/40

Dimensi balok induk dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$h_{min} = \frac{400}{16} \left(0,4 + \frac{390}{700} \right) = 23,929 \text{ cm}$$

dicoba $h = 40 \text{ cm}$

$$b_{min} = \frac{3}{10} \times 40 = 12 \text{ cm}$$

dicoba $b = 30 \text{ cm}$

b. Dimensi Balok Induk Memanjang, $l = 5 \text{ m}$

Dicoba dimensi 30/40

Dimensi balok induk dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$h_{min} = \frac{500}{16} \left(0,4 + \frac{390}{700} \right) = 29,9 \text{ cm}$$

dicoba $h = 40 \text{ cm}$

$$b_{min} = \frac{3}{10} \times 40 = 12 \text{ cm}$$

dicoba $b = 30 \text{ cm}$

c. Dimensi Balok Induk Melintang, $l = 2,8 \text{ m}$

Dicoba dimensi 30/50

Dimensi balok induk dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$h_{\min} = \frac{280}{16} \left(0,4 + \frac{390}{700} \right) = 16,8 \text{ cm}$$

dicoba $h = 50 \text{ cm}$

$$b_{\min} = \frac{3}{10} \times 50 = 15 \text{ cm}$$

dicoba $b = 30 \text{ cm}$ **d. Dimensi Balok Induk Melintang, $l = 5,5 \text{ m}$**

Dicoba dimensi 30/50

Dimensi balok induk dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$h_{\min} = \frac{550}{16} \left(0,4 + \frac{390}{700} \right) = 32,9 \text{ cm}$$

dicoba $h = 50 \text{ cm}$

$$b_{\min} = \frac{3}{10} \times 50 = 15 \text{ cm}$$

dicoba $b = 30 \text{ cm}$ **e. Dimensi Balok Anak Memanjang, $l = 5,5 \text{ m}$**

Dicoba dimensi 25/35

Dimensi balok induk dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$h_{\min} = \frac{550}{16} \left(0,4 + \frac{390}{700} \right) = 32,9 \text{ cm}$$

dicoba $h = 35 \text{ cm}$

$$b_{\min} = \frac{3}{10} \times 35 = 10,5 \text{ cm}$$

dicoba $b = 25 \text{ cm}$ **f. Dimensi Balok Anak Memanjang, $l = 5 \text{ m}$**

Dicoba dimensi 25/40

Dimensi balok induk dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$h_{\min} = \frac{500}{16} \left(0,4 + \frac{390}{700} \right) = 29,9 \text{ cm}$$

dicoba $h = 40 \text{ cm}$

$$b_{\min} = \frac{3}{10} \times 40 = 12 \text{ cm}$$

dicoba $b = 25 \text{ cm}$

Cek Dimensi Balok

Tabel Rangkuman Dimensi Balok

	Balok	l	h _{min}	h _{pakai}	b _{min}	b _{pakai}	Dim
		cm	cm	cm	cm	cm	cm
a	Induk Mem.	400	23,9	40	12	30	30/40
b	Induk Mem.	500	29,9	40	12	30	30/40
c	Induk Mel.	280	16,8	50	15	30	30/50
d	Induk Mel.	550	32,9	50	15	30	30/50
e	Anak Mem.	550	32,9	40	10,5	25	25/40
f	Anak Mem.	500	29,9	40	12	25	25/40

4.1.2 Penentuan Dimensi Pelat

Penentuan dimensi pelat berdasarkan tebal minimum yang disyaratkan oleh SNI 03 2847 2013. Cara penentuannya berdasarkan kategori pelat 1 arah dan 2 arah.

Pelat tipe S1 : 200 x 550 , $\beta = 2,75$ (**satu arah**)

Pelat tipe S2 : 200 x 280 , $\beta = 1,4$ (**dua arah**)

Pelat tipe SC1 : 275 x 500 , $\beta = 1,82$ (**dua arah**)

Pelat tipe SC2 : 280 x 500 , $\beta = 1,79$ (**dua arah**)

1. Pelat 1 Arah

Data Perencanaan

$f_y = 240 \text{ Mpa}$

$f_c = 25 \text{ Mpa}$

SNI 03-2847-2013

Pasal 9.5.2 tabel 9.5 (a) tentang tebal minimum pelat

$$\frac{l}{20} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

SNI 7833-2012

Pasal 4.4.1 tentang pelat pracetak lebarnya <3,7m

Pasal 5.2.7.1.1 tentang tabel 2 tebal minimum balok dan pelat

$$\frac{l}{20} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Pasal 7.11.6 tebal minimum toping ≥ 50 mm

Pelat Tipe S1

Pelat ini berukuran : 200 x 550

L = 200 cm

$$t_{\min} = \frac{200}{20} \left(0,4 + \frac{240}{700} \right) = 7,43 \text{ cm}$$

dicoba t = 12 cm

2. Pelat 2 Arah

Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3

Data Perencanaan

$f_y = 240$ Mpa

$f_c = 25$ Mpa

Pelat Tipe S2

Dimensi : 200 x 280

Asumsi tebal pelat = 120 mm

b balok = 30 cm

h balok = 40 cm

$x = y = 280 \text{ mm} < 4 \times 120 = 480 \text{ mm}$ (OK)

be = 860 mm

Menentukan titik berat balok T

Luas bagian sayap = 103200 mm²

Luas bagian badan = 84000 mm²

Luas Total = 187200 mm²

$$y = \frac{103200 \times 60 + 84000 \times 260}{187200} = 149,74 \text{ mm}$$

x = 250,26 mm

Mencari Inersia Balok

$$I_b = \frac{1}{12} \times 860 \times 120^3 + 103200 \times 89,744^2 + \frac{1}{12} \times 300 \times 280^3 + 84000 \times 29,744^2$$

$$I_b = 1578116923 \text{ mm}^2$$

Mencari Momen Inersia Pelat dalam arah panjang adalah

$$I_1 = \frac{1}{12} \times 2000 \times 120^3 = 288000000$$

$$\alpha_{fl} = \frac{E_b \times I_b}{E_s \times I_1} = \frac{1578116923}{288000000} = 5,48$$

$$E_b = E_s$$

Mencari Momen Inersia Pelat dalam arah pendek adalah

$$I_1 = \frac{1}{12} \times 2800 \times 120^3 = 403200000$$

$$\alpha_{fs} = \frac{E_b \times I_b}{E_s \times I_1} = \frac{1578116923}{403200000} = 3,91$$

$$E_b = E_s$$

Mencari α_m

$$\alpha_m = \frac{\alpha_{fl} + \alpha_{fs}}{2} = \frac{5,48 + 3,91}{2} = 4,7 > 2$$

Karena $\alpha_m > 2$ maka h_{\min} dicari dengan menggunakan persamaan

$$h = \frac{\ln \times \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{2500 \times \left(0,8 + \frac{240}{1400} \right)}{36 + 9 \times 1,4}$$

$$h = 49,971 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$$

maka dipakai tebal pelat minimum 90 mm

maka dicoba tebal perencanaan = 120 mm

4.1.3 Penentuan Dimensi Kolom

Contoh perhitungan penentuan dimensi kolom dicontohkan pada kolom lantai 1.

Data - data yang diperlukan :

Tebal Pelat : 12 cm

Jumlah Lantai : 9 m

Tinggi tiap lantai : 4 m

Dimensi Balok : lihat tabel sub bab 4.1.1

1. Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Pelat} &= 4 \times 2,6 \times 0,12 \times 2400 \times 9 \\ &= 26957 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok Induk Memanjang} &= 4 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 \times 9 \\ &= 10368 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok Induk Melintang} &= 2 \times 0,3 \times 0,5 \times 2400 \times 9 \\ &= 6480 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok Kantilever} &= 0,6 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 \times 9 \\ &= 1555,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plafond + Penggantung} &= 4 \times 2,6 \times 8 \times 9 \\ &= 748,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mekanikal + Ducting} &= 4 \times 2,6 \times 19,4 \times 9 \\ &= 1814,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keramik} &= 4 \times 2,6 \times 20,5 \times 9 \\ &= 1918,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spesi} &= 4 \times 2,6 \times 5 \times 9 \\ &= 468 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hebel} &= 6,6 \times 4 \times 0,15 \times 600 \times 9 \\ &= 21384 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Total Beban Mati} = 71694,504 \text{ kg}$$

2. Beban Hidup

$$\text{Asrama} : 4 \times 2,6 \times 195,92 \times 9 = 18338,112 \text{ kg}$$

SNI 1727-2013 tentang reduksi beban hidup

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{K_L A_J} \right)$$

$$L = 18338 \left(0,25 + \frac{4,57}{3 \times 4 \times 2,6} \right) = 19588,061 \text{ kg}$$

$K_{LL} = 3$ (faktor elemen beban hidup)

$$\begin{aligned} \text{Maka berat total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 71695 + 1,6 \times 19588 \\ &= 117374,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$A = \frac{P}{\phi f_c'} = \frac{117374,3016}{0,6 \times 350} = 558,93 \text{ cm}^2$$

$$b = h \text{ maka } b^2 = 558,93 \text{ cm}^2$$

$$b = 23,6 \text{ cm}$$

dicoba dimensi kolom 60x60 cm

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IX PONDASI

9.1 Umum

Pondasi adalah bagian struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. Pondasi harus memiliki luas penampang yang cukup agar beban - beban yang diterima oleh tanah menghasilkan tegangan yang lebih kecil daripada tegangan izin tanah. Pondasi dibedakan menjadi pondasi dalam dan pondasi dangkal. Dalam tugas akhir ini menggunakan pondasi dalam karena tanah dalam kondisi tanah lunak. Pondasi dalam terdiri dari pilecap dan tiang pancang

Data Perencanaan

Panjang Kolom	=	600	mm	
Lebar Kolom	=	600	mm	
Panjang Tiang Pancang	=	600	mm	
Lebar Tiang Pancang	=	600	mm	
Kedalaman Tiang	=	30	m	
Mutu Kolom	=	35	Mpa	
Mutu Pilecap	=	40	MPa	
Mutu tiang pancang	=	41,5	MPa	(K-500)
Mutu Baja	=	390	Mpa	
Diameter Pilecap	=	19	mm	

9.2 Perencanaan Pondasi Tiang

Perhitungan Daya dukung tiang ada beberapa kondisi yaitu berdasarkan data tanah dan berdasarkan kekuatan material beton diambil yang terkecil

Teori daya dukung ultimit untuk satu tiang pancang adalah

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Penentuan tahanan ujung tiang tanah kohesi menurut teori over-bourden dan Japan Port Standart adalah

$$Q_p = 9 C_u A_p$$

Penentuan tahanan geser pada selimut tiang tanah kohesi menurut Buku Foundation and Earth Structure (1986) adalah

$$Q_s = \sum \alpha C_u l_i p$$

Selanjutnya untuk memperoleh daya dukung ijin maka besarnya daya dukung ultimit harus dibagi dengan angka keamanan (safety factor) yang umumnya diambil sama dengan 3. Maka :

$$q_a = \frac{Q_u}{SF}$$

$$q_a = q \text{ allowable/daya dukung ijin tiang pancang}$$

Data Perencanaan Tiang Pancang

h	=	30	m
SPT _{Koreksi}	=	1,3	(vesic 1970)
li	=	1	m
Cu	=	lihat grafik Terzaghi and Peck	
α	=	lihat grafik API (1986)	
dimensi	=	0,6	m x 0,6 m
A _p	=	0,6 x 0,6	= 0,36 m ²
A _s	=	4 x 0,6	= 2,4 m
SF	=	2,5	(faktor keamanan)

h	N _{SPT}	N _{SPT} koreksi	Cu	α	Q _p	Q _s	Q _u	Q _{ijin}
			kN/m ²		kN	kN	kN	kN
m	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	29,328	9,776
1	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	41,808	13,936
2	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	54,288	18,096
3	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	66,768	22,256
4	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	79,248	26,416
5	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	91,728	30,576
6	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	104,21	34,736
7	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	116,69	38,896
8	3	2,6	15,6	1	50,544	37,44	187,82	75,13
9	5	4,33	26	0,99	84,24	61,707	283,23	113,29
10	3	2,6	15,6	1	50,544	37,44	286,97	114,79
11	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	265,75	106,3
12	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	278,23	111,29
13	1	0,87	5,2	1	16,848	12,48	290,71	116,29
14	4	3,47	20,8	1	67,392	49,92	391,18	156,47
15	6	5,2	31,2	0,93	101,09	69,722	494,6	197,84
16	5,5	4,77	28,6	0,96	92,664	65,894	552,07	220,83
17	5	4,33	26	0,99	84,24	61,707	605,35	242,14
18	5,5	4,77	28,6	0,96	92,664	65,894	679,67	271,87
19	6	5,2	31,2	0,93	101,09	69,722	757,81	303,13
20	6	5,2	31,2	0,93	101,09	69,722	827,53	331,01
21	6	5,2	31,2	0,93	101,09	69,722	897,26	358,9
22	7	6,07	36,4	0,87	117,94	76,294	990,4	396,16
23	8	6,93	41,6	0,82	134,78	81,425	1088,7	435,47
24	12	10,4	62,4	0,58	202,18	87,526	1243,6	497,44
25	17	14,7	88,4	0,5	286,42	106,08	1433,9	573,56
26	17	14,7	88,4	0,5	286,42	106,08	1540	616
27	17	14,7	88,4	0,5	286,42	106,08	1646,1	658,43
28	16	13,9	83,2	0,5	269,57	99,84	1729,1	691,62
29	15	13	78	0,5	252,72	93,6	1805,8	722,33
30	14	12,1	72,8	0,5	235,87	87,36	1876,3	750,53

Maka daya dukung tiang tunggal dengan dimensi tiang 60x60cm pada kedalaman 30m adalah

$$P_{\text{all}} = 750,53 \text{ kN}$$

9.2.1 Jumlah Tiang yang Diperlukan

$$n_p = \frac{P}{P_{\text{all}}}$$

n_p = jumlah tiang

P = Gaya aksial tidak terfaktor yang terjadi (DL+LL)

P_{all} = Daya Dukung ijin tiang

Dari hasil SAP2000 didapatkan beban axial terbesar kolom, P , dari kombinasi DL + LL adalah

$$P = 2185 \text{ kN}$$

$$n_p = \frac{P}{P_{\text{all}}} = \frac{2185}{750,53} = 2,91 \approx 4$$

9.2.2 Efisiensi Kelompok Tiang

Perhitungan efisiensi kelompok

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n - 1)m + (m - 1)n}{90mn}$$

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

dimana

D = ukuran penampang tiang

s = jarak antar tiang as ke as

m = Jumlah tiang dalam 1 kolom

n = jumlah tiang dalam 1 baris

maka

$$\text{jarak antar tiang } 2,5D = 2,5 \times 60 = 150 \text{ cm}$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{D}{s} \right) = \arctan \left(\frac{60}{150} \right) = 21,8$$

$$E_g = 1 - 21,8 \frac{(2 - 1) 2 + (2 - 1) 2}{90 \times 2 \times 2}$$

$$= 0,76$$

9.2.3 Daya Dukung Vertikal Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 &= E_g \times \text{jumlah tiang} \times \text{daya dukung tiang} \\
 &= 0,76 \times 4 \times 750,53 \text{ kN} \\
 &= 2274,9 \text{ kN} > P_u = 2185 \text{ kN} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

9.2.4 Beban Maksimum Tiang Pada Kelompok Tiang

$$P_{\max} = \frac{P_u}{np} + \frac{M_y X_{\max}}{n_y \Sigma X^2} + \frac{M_x Y_{\max}}{n_x \Sigma Y^2}$$

M_y = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu y

M_x = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu x

X_{\max} = jarak tiang arah sumbu x terjauh

Y_{\max} = jarak tiang arah sumbu y terjauh

ΣX^2 = Jumlah kuadrat X

ΣY^2 = Jumlah kuadrat Y

n_x = banyaknya tiang dalam satu baris arah sb x

n_y = banyaknya tiang dalam satu baris arah sb y

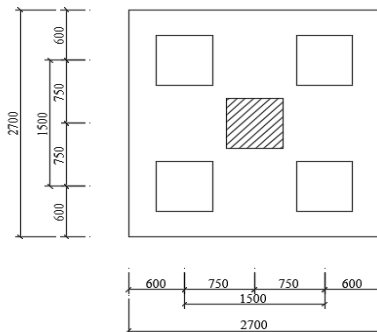
diketahui

P_u = 2867 kN (beban aksial terfaktor)

M_y = 150 kNm

M_x = 27 kNm

np = 4 tiang



$$X_{\max} = 0,75 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 0,75 \text{ m}$$

$$\Sigma X^2 = 2 \times 2 \times 0,75^2 = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 2 \times 2 \times 0,75^2 = 2,25 \text{ m}^2$$

$$P_{\max} = \frac{2867}{4} + \frac{150 \times 0,75}{2 \times 2,25} + \frac{27 \times 0,75}{2 \times 2,25}$$

$$= 746,25 \text{ kN} < P_{\text{all}} = 750,53 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

9.3 Perencanaan Pilecap

Data Perencanaan

Dimensi Kolom = 600 mm x 600 mm

Unfactored Load, P_n = 2185 kN

Factored Load, P_u = 2867 kN

Dimensi Tiang Pancang = 600 mm x 600 mm

Daya Dukung Tiang, P_a = 751 kN

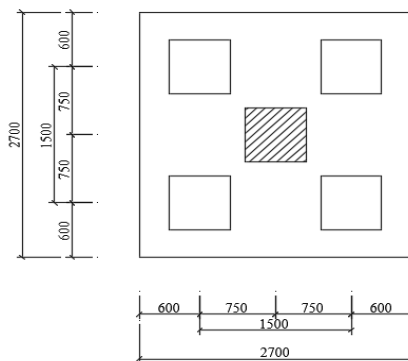
Mutu Beton = 40 Mpa

Mutu Baja = 390 MPa

9.3.1 Dimensi Pilecap

jarak spasi tiang s_p antara 2,5d - 3d

$$s_p = 2,5 \times 0,6 = 1,5 \text{ m}$$



diasumsikan tebal pilecap = 0,75 m

Berat Sendiri Pilecap

$$W_{n,\text{cap}} = 2,7 \times 2,7 \times 0,75 \times 25 = 137 \text{ kN}$$

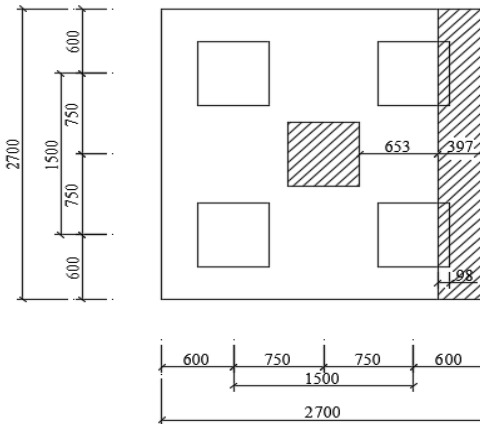
$$P_{n,\text{pile}} = \frac{P_n + W_{n,\text{cap}}}{n} = \frac{2185 + 137}{4} \\ = 580,42 \text{ kN} < P_a = 751 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

d efektif Pilecap

$$d = 750 - 75 - 19 = 656 \text{ mm}$$

9.3.2 Periksa Terhadap Geser 1 Arah

Geser 1 arah diukur sejarak d dari muka kolom



$$P_{u,\text{pile}} = \frac{P_u + 1,2 W_{n,\text{cap}}}{n} = \frac{2867 + 1,2 \times 137}{4} \\ = 757,76 \text{ kN}$$

$$P_{u,\text{reduce}} = \frac{a}{d} P_{u,\text{pile}} = \frac{98}{600} \times 757,76 = 124 \text{ kN}$$

$$V_u = 2 P_{u,\text{reduce}} - 1,2 \times 25 \times 2,7 \times 0,4 \times 1 \\ = 2 \times 124 - 32,2$$

$$= 215 \text{ kN}$$

Kapasitas Geser Beton

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 2700 \times 656 \\ &= 1867008,7 \text{ N} \end{aligned}$$

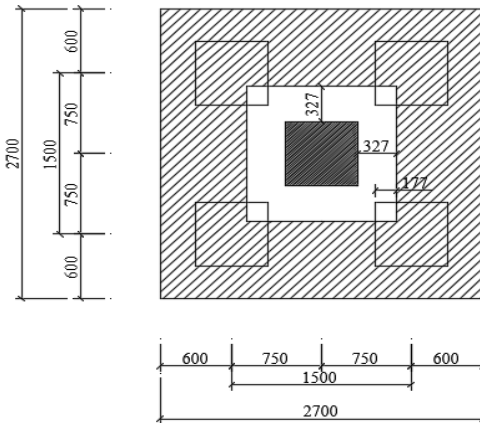
$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 1867008,731 \\ &= 1400256,548 \text{ N} \\ &= 1400,3 \text{ kN} > V_u = 215,38 \text{ kN} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

9.3.3. Periksa Terhadap Geser 2 Arah

Geser 2 arah diukur sejarak $d/2$ dari muka kolom

$$\frac{d}{2} = \frac{656}{2} = 328 \text{ mm}$$

a. Geser dua arah disekitar kolom



$$\lambda = \frac{\text{hatch area of pile}}{\text{gross area of pile}} = \frac{177 \times 177}{600 \times 600} = 0,087$$

$$\begin{aligned} P_{u,\text{punch}} &= P_u + W_u - P_{u \text{ pile inside } d/2} \\ &= 2867 + 1,2 \times 25 \times 1,26 \times 1,26 \times 0,75 \\ &\quad - 4 \times 0,087 \times 758 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2638,7 \text{ kN} \\
 b_0 &= 4 (c + d) = 4 \times (600 + 656) = 5024 \text{ mm} \\
 \beta_c &= 600 / 600 = 1 \\
 \alpha_s &= 40
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.11.2.1 kuat geser pondasi akibat geser dua arah, V_c , diperoleh nilai terkecil antara :

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \lambda \sqrt{f_c} b_0 d \\
 &= 0,17 \times \left[1 + \frac{2}{1} \right] \times 1 \times \sqrt{40} \times 5024 \times 656 \\
 &= 10630498,78 \text{ N} = 10630 \text{ kN} \\
 V_{c2} &= 0,083 \left[\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right] \lambda \sqrt{f_c} b_0 d \\
 V_{c2} &= 0,083 \times \left[\frac{40 \times 656}{5024} + 2 \right] \times 1 \times \sqrt{40} \times 5024 \\
 &\quad \times 656 \\
 &= 12496113,47 \text{ N} = 12496 \text{ kN} \\
 V_{c3} &= 0,33 \lambda \sqrt{f_c} b_0 d \\
 &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 5024 \times 656 \\
 &= 6878558,032 \text{ N} = 6878,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

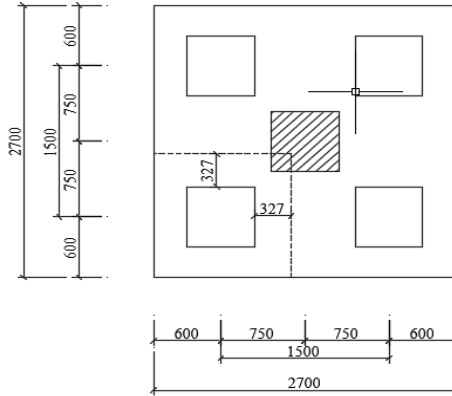
Maka dipilih $V_c = 6878558,032 \text{ N} = 6878,6 \text{ kN}$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 6878558,032 \\
 &= 5158918,524 \text{ N} \\
 &= 5158,9 \text{ kN} > V_u = 2638,7 \text{ kN} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

b. Geser dua arah disekitar tiang pancang

Jarak tiang pancang ke tepi pilecap = 600 mm

$$\begin{aligned}
 b_0 &= 2 \times \left[600 + \frac{c}{2} + \frac{d}{2} \right] = 2 \times \left[600 + \frac{600}{2} + \frac{656}{2} \right] \\
 &= 2456 \text{ mm} \\
 \beta_c &= 600 / 600 = 1 \\
 \alpha_s &= 40
 \end{aligned}$$



Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.11.2.1 kuat geser pondasi akibat geser dua arah, V_c , diperoleh nilai terkecil antara :

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \lambda \sqrt{f_c} b_0 d \\ &= 0,17 \times \left[1 + \frac{2}{1} \right] \times 1 \times \sqrt{40} \times 2456 \times 656 \\ &= 5196756,568 \text{ N} = 5196,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left[\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right] \lambda \sqrt{f_c} b_0 d$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left[\frac{40 \times 656}{2456} + 2 \right] \times 1 \times \sqrt{40} \times 2456 \\ &\quad \times 656 \\ &= 10727483,66 \text{ N} = 10727 \text{ kN} \end{aligned}$$

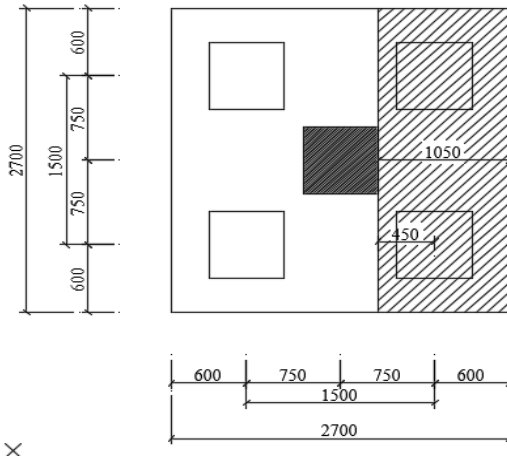
$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,33 \lambda \sqrt{f_c} b_0 d \\ &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 2456 \times 656 \\ &= 3362607,191 \text{ N} = 3362,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka dipilih $V_c = 3362607,191 \text{ N} = 3362,6 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 3362607,191 \\ &= 2521955,393 \text{ N} \\ &= 2522 \text{ kN} > V_u = 757,76 \text{ kN} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

9.3.4 Desain Pilecap terhadap Lentur

Nilai momen lentur yang digunakan untuk mendesain tulangan pilecap diambil dari reaksi tiang pancang terhadap muka kolom. Dalam hal ini ada 2 tiang pancang yang menimbulkan momen terhadap muka kolom dimasing - masing arah



$$\begin{aligned}
 M_u &= n P_{u \text{ pile}} X - 0,5 q L^2 \\
 q &= 1,2 \times 25 \times 2,7 \times 0,75 = 60,8 \text{ kN/m} \\
 M_u &= 2 \times 758 \times 0,45 - 0,5 \times 60,8 \times 1,05^2 \\
 &= 681,98 - 33,5 \\
 &= 648,49 \text{ kNm} = 648492188 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{648492187,5}{0,9 \times 2700 \times 656^2} = 0,6201 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11,471 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,5} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,5 \times 0,62}{390}} \right) \\
 &= 0,0016049
 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} b d = 0,0016049 \times 2700 \times 656 \\ = 2842,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,0018 \times 2700 \times 656 = 3188,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 19 maka $A_b = 283,64 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{3188}{284} = 11,24 \approx 12$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 12 \times 284 = 3403,7 \text{ mm}^2$$

* Periksa Kuat Momen Rencana

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{3403,7 \times 390}{0,85 \times 40 \times 2700} = 14,5 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 3404 \times 390 \times \left(656 - \frac{14,5}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 775087794,9 \quad \text{Nmm} = 775,09 \text{ kNkgm}$$

$$\emptyset M_n = 775,09 \text{ kgm} > M_u = 648,49 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$$

9.3.5 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Menurut SNI 03:2847:2013 dimana l_d ditentukan berdasarkan persamaan pada tabel pasal 12.2.2 sebagai berikut

$$l_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c}} \right) db$$

$$\Psi_t = 1,3 \quad (\text{SNI 03:2847:2013 ps. 12.2.4})$$

$$\Psi_e = 1 \quad (\text{tulangan tidak dilapisi ekposisi})$$

$$\lambda = 1 \quad (\text{untuk beton normal})$$

$$l_d = \left(\frac{390 \times 1,3 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{40}} \right) \times 19$$

$$l_d = 896 \text{ mm}$$

$$\text{diambil } l_d = 900 \text{ mm}$$

9.3.6 Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N_1

$$P_u = 2867 \text{ kN}$$

$$N_1 = \phi 0,85 f_c A_1$$

$$= 0,65 \times 0,85 \times 40 \times 600 \times 600$$

$$= 7956000 \text{ N} = 7956 \text{ kN} > P_u \quad (\text{OK})$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi

$$A_2 = 2700 \times 2700 = 7290000 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 4,5$$

$$\begin{aligned} \text{sehingga } N_2 &= 2 N_1 = 2 \times 7956 \\ &= 15912 \text{ kN} > P_u \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun SNI 03-2847-2013 pasal 15.8.2.1 mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yang ditumpu, dalam hal ini adalah luasan penampang kolom. Sehingga dibutuhkan luas tulangan minimum.

$$0,005 \times 600 \times 600 = 1800 \text{ mm}^2$$

terpasang 12 D 25 maka $A_b = 491,07 \text{ mm}^2$

$$A_{s \text{ pakai}} = 12 \times 491 = 5892,9 \text{ mm}^2 > 1800 \text{ mm}^2$$

Panjang Penyaluran Tulangan Kolom Ke Pondasi

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 12.3.2 yang diambil nilai terbesar dari persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} l_{dc} &= \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} d_b = \frac{0,24 \times 390}{1 \times \sqrt{40}} \times 25 \\ &= 369,99 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dc} = 0,043 f_y d_b = 0,043 \times 390 \times 25 \\ = 419,25 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 200 \text{ mm}$$

diambil yang terbesar $l_{dc} = 419 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$
dengan panjang kait $12 d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

Panjang Penyaluran Tulangan Kolom Ke Pondasi

BAB V

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

5.1 Perencanaan Pelat

5.1.1 Perencanaan Pelat 1 Arah

5.1.1.1 Tipe Pelat S1

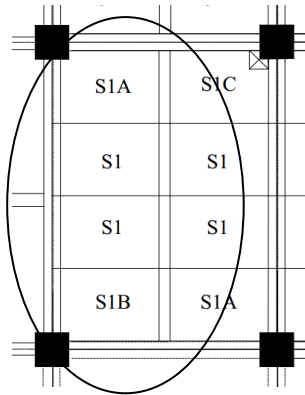
(Precast Halfslab dengan Topping Cor Insitu)

A. Bentang Bersih Dimensi Pracetak

$$p_{\text{slab}} = 550 \text{ cm}$$

$$l_{\text{slab}} = 200 \text{ cm}$$

$$l_{\text{balok}} = 30 \text{ cm}$$



$$l_y = 550 - 2 \times \frac{30}{2} = 520 \text{ cm}$$

$$l_x = 200 - 2 \times \frac{30}{2} = 170 \text{ cm}$$

SNI 7833 2012 Pasal R4.6.2 tentang pelat landasan

$$\text{jarak pelat landasan} = \frac{l_n}{180} = \frac{170}{180} = 1 < 5 \text{ cm}$$

Maka digunakan jarak pelat landasan = 5 cm

Dimensi elemen pelat pracetak menjadi

$$l_n = 520 \text{ cm}$$

$$S_n = 170 + 2 \times 5 = 180 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{520}{180} = 2,89 > 2 \quad (\text{pelat 1 arah})$$

Panjang Pelat Pracetak dibagi menjadi beberapa bagian

$$l = \frac{520}{4} = 130 \text{ cm}$$

$$p = 180 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{180}{130} = 1,38 < 2 \quad (\text{pelat 2 arah})$$

B. Data Perencanaan

Dalam perhitungan penulangan pada pelat pracetak menggunakan metode perbandingan kebutuhan luasan tulangan yang paling besar berdasarkan tiga kondisi yaitu : sebelum komposit, sesudah komposit dan saat pengangkatan.

Data Perencanaan Umum :

- tebal pelat pracetak = 7 cm
- tebal pelat over topping = 5 cm
- Tebal decking = 20 mm (2847/13 Ps7.7.1)
- Diameter tulangan = 10 mm
- f_c beton = 30 Mpa
- f_y baja = 240 Mpa
- syarat agregat maksimum = 16 mm

Data perencanaan pembebanan :

- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Penggantungan + Plafond = 21,9 kg/m²
- Keramik = 20,5 kg/m²
- Spesi per 1 cm tebal = 20 kg/m²
- ME = 0,19 kN/m² = 19 kg/m²
- Pekerja = 1,33 kN = 133 kg
- Lantai Hunian Asrama = 1,92 kN/m² = 192 kg/m²

C. Pembebanan

1. Sebelum komposit

Dalam pembebanan sebelum komposit akan diperhitungkan 2 keadaan yaitu :

1. Berat orang yang bekerja dan peralatanya saat pemasangan pelat pracetak, pada saat ini topping belum bekerja
- 2 Topping telah terpasang tapi belum berkomposit dengan pelat pracetak sehingga yang terjadi beban precast + topping + pekerja

Pada kedua keadaan ini diambil yang paling kritis

Beban Mati (DL)

$$\text{Berat Precast} = 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{Berat Total} = \text{DL} + 10\% = 317 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban Pekerja} = 133 \text{ kg}$$

2. Sesudah Komposit

* Beban Mati (DL)

$$\text{Penggantung + Plafond} = 21,9 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik} = 20,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 20 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{Beban Mati Tambahan} = 81,4 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat Sendiri Pelat} = 316,8 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{SAP2000})$$

$$\text{Total DL} = 398,2 \text{ kg/m}^2$$

* Beban Hidup (LL)

$$\text{Lantai Kamar} = 192 \text{ kg/m}^2$$

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

$$= 1,2 \times 398 + 1,6 \times 192$$

$$= 785 \text{ kg/m}^2$$

D. Penulangan Pelat

SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 tentang β_1

dengan $f_c' = 30$ Mpa dan $f_y = 240$ Mpa

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \frac{f_c' - 28}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \times \frac{30 - 28}{7} \\ &= 0,8357\end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (Ps. B.8.4.2 dan Ps. 10.3) mencari rasio tulangan maksimum terhadap penampang beton sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 30}{240} \times \frac{600}{600 + 240} \\ &= 0,0634\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,06 = 0,0476$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 tentang ρ_{\min} dan menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2 untuk rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) mencari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{f_c'}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{30}{240} = 0,0057$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0058$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,4118$$

1. Penulangan Sebelum Komposit

• Mencari Momen dan Geser

Keadaan sebelum komposit beban yang digunakan adalah berat sendiri pelat pracetak dan ada beban pekerja

Data Perencanaan :

$$q = 317 \text{ kg/m}^2$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$P = 133 \text{ kg}$$

Perhitungan Momen diambil yang kritis dari PBBI 1971 dan mekanika teknik tumpuan 2 balok sederhana.

Perhitungan dengan cara PBBI :

$$M_{lx} = 0,001 \times q \times l \times 49$$

$$M_{ly} = 0,001 \times q \times l \times 40$$

$$M_{ty} = 0,001 \times q \times l \times 100$$

maka

$$M_{lx} = 0,001 \times 317 \times 1,8 \times 49 = 50,3 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 317 \times 1,8 \times 40 = 41,1 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = 0,001 \times 317 \times 1,8 \times 100 = 103 \text{ kgm}$$

Perhitungan dengan cara statika sederhana :

$$M_{ly} = \frac{1}{8} \times q \times L^2 = \frac{1}{8} \times 317 \text{ kg/m}^2 \times 1,8 \text{ m}$$

$$M_{ly} = 128 \text{ kgm}$$

maka dipilih yang paling kritis $M_{ly} = 128,3 \text{ kgm}$

* Momen Lapangan Ultimate

$$P = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 133 \text{ kg} \times 1,8 \text{ m} = 59,9 \text{ kgm}$$

$$M_{uly} = 1,2 \times 128 \text{ kgm} + 1,6 \times 59,9 \text{ kgm}$$

$$M_{uly} = 249,72 \text{ kgm}$$

$$M_{ulx} = 1,2 \times 50,3 \text{ kgm} = 60,4 \text{ kgm}$$

* Momen Tumpuan Ultimate

$$M_{uty} = 1,2 \times 103 \text{ kgm} = 123 \text{ kgm}$$

* **Geser Ultimate**

$$V_u = \frac{1}{2} q L + \frac{1}{2} P$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times 317 \text{ kg/m}^2 \times 1,8 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 133 \text{ kg}$$

$$V_u = 351,62 \text{ kg} = 3,5162 \text{ KN}$$

● **Penulangan Pelat**

Arah Y (Bentang Panjang)

* **Tulangan Lapangan Arah Y**

$$M_{uly} = 250 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 70 - 20 + \frac{1}{2} 10 = 45 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d} = \frac{249,72 \times 10}{0,9 \times 1000 \times 45} = 1,37 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times 1 - 1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times 1 - 1 - \frac{2 \times 9,41 \times 1,37}{240} = 0,0059$$

$$\rho = 0,0059$$

$$\rho_{\min} = 0,0057 < \rho = 0,0059 < \rho_{\max} = 0,0476$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0059 \times 1000 \times 45$$

$$A_s = 264 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{264} \times 1000 = 297 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 70 = 210 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 210 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\varnothing 10$ - 200 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 392,86 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,86 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 3,7 \text{ mm}$$

$$\varnothing Mn = \varnothing \times A_s \times f_y \times d - \frac{a}{2}$$

$$\varnothing Mn = 0,9 \times 393 \times 240 \times 45 - \frac{3,7}{2}$$

$$\varnothing Mn = 3661692,7 \text{ Nmm} = 366,17 \text{ kgm}$$

$$\varnothing Mn = 366,17 \text{ kgm} > Mu = 250 \text{ kgm (OK)}$$

* **Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$M_{uty} = 123 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 70 - 20 + \frac{1}{2} 10 = 45 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\varnothing \times b \times d} = \frac{123,17 \times 10}{0,9 \times 1000 \times 45} = 0,68 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times 1 - 1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times 1 - 1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,68}{240} = 0,0029$$

$$\rho = 0,0029$$

$$\rho_{\min} = 0,0057 > \rho = 0,0029 < \rho_{\max} = 0,0476$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 disediakan paling tidak 1/3 lebih besar dari yang disyaratkan oleh Analisis

$$\rho \times 1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0029 = 0,0038$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0038 \times 1000 \times 45$$

$$A_s = 171 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{171} \times 1000 = 459 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 70 = 210 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 210 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10$ - 200 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 392,86 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,86 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 3,7 \text{ mm}$$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times d - \frac{a}{2}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 393 \times 240 \times 45 - \frac{3,7}{2}$$

$$\emptyset M_n = 3661692,7 \text{ Nmm} = 366,17 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 366,17 \text{ kgm} > M_u = 123 \text{ kgm (OK)}$$

* **Periksa Terhadap Syarat Geser Arah Y**

$$V_u = 351,62 \text{ kg} = 3,5162 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \lambda \times f_c \times b \times d$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times 30 \times 1000 \times 45$$

$$\emptyset V_c = 31426 \text{ N} = 31,4 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c = \frac{1}{2} 31,4 = 15,7 \text{ KN} > V_u = 3,52 \text{ KN (OK)}$$

Arah X (Bentang Pendek)*** Tulangan Lapangan Arah X**

$$M_{ulx} = 60,4 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.1 tentang tulangan susut dengan $f_y = 240 \text{ Mpa}$ maka $\rho = 0,0014$

$$A_{sh} = \rho \times b \times h = 0,0014 \times 1000 \times 70$$

$$A_{sh} = 98 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$, $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{98} \times 1000 = 801,75 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.2 tentang syarat spasi tulangan susut slab $< 5.t_{\text{pelat}}$ atau 450 mm

$$s = 5 \times 70 = 350 \text{ mm} \text{ atau } s = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 350 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_{sh} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 262 \text{ mm}^2$$

*** Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times d - \frac{a}{2}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times 45 - \frac{2,46}{2}$$

$$\emptyset M_n = 2475990,4 \text{ Nmm} = 247,6 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 247,6 \text{ kgm} > M_u = 60,4 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

2. Penulangan Sesudah Komposit

$$q = 785 \text{ kg/m}^2$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

● Mencari Momen dan Geser

* Momen Ultimate

Pelat 1 arah, perletakan pelat dianggap terjepit penuh maka

$$M_{lx} = \frac{1}{24} q L^2 = \frac{1}{24} \times 785 \text{ kgm} \times 1,8 \text{ m}$$

$$M_{lx} = 105,98 \text{ kgm}$$

$$M_{ulx} = 1,2 \times 105,98 \text{ kgm} = 127,18 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = \frac{1}{12} q L^2 = \frac{1}{12} \times 785 \text{ kgm} \times 1,8 \text{ m}$$

$$M_{tx} = 211,96 \text{ kgm}$$

$$M_{utx} = 1,2 \times 211,96 \text{ kgm} = 254,35 \text{ kgm}$$

* Geser Ultimate

$$V_{ux} = \frac{1}{2} q L$$

$$V_{ux} = \frac{1}{2} \times 785 \text{ kg/m}^2 \times 1,8 \text{ m}$$

$$V_{ux} = 706,54 \text{ kg} = 7,0654 \text{ KN}$$

● Penulangan Pelat

Arah X (Bentang Pendek)

* Tulangan Lapangan Arah X

$$M_{ulx} = 127 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - 20 + \frac{1}{2} \times 10 = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d} = \frac{127,18 \times 10}{0,9 \times 1000 \times 95} = 0,16 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times 1 - 1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times 1 - 1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,16}{240} = 0,0007$$

$$\rho = 0,0007$$

$$\rho_{\min} = 0,0057 > \rho = 0,0007 < \rho_{\max} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times 1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0007 = 0,0009$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0009 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 82,9 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{82,9} \times 1000 = 948 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 360 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 261,9 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times d - \frac{a}{2}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times 95 - \frac{2,46}{2}$$

$$\emptyset M_n = 5304561,8 \text{ Nmm} = 530 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 530 \text{ kgm} > M_u = 127 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

* **Tulangan Tumpuan Arah X**

$$M_{\text{utx}} = 254 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - 20 + \frac{1}{2} \times 10 = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d} = \frac{254,35 \times 10}{0,9 \times 1000 \times 95} = 0,31 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times 1 - 1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times 1 - 1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,31}{240} = 0,0013$$

$$\rho = 0,0013$$

$$\rho_{\min} = 0,0057 > \rho = 0,0013 < \rho_{\max} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times 1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0013 = 0,0018$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 166 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{166} \times 1000 = 472 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 360 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 261,9 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times d - \frac{a}{2}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times 95 - \frac{2,46}{2}$$

$$\emptyset M_n = 5304561,8 \text{ Nmm} = 530 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 530 \text{ kgm} > M_u = 254 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

* **Periksa Terhadap Syarat Geser Arah X**

$$V_{ux} = 706,54 \text{ kg} = 7,0654 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \lambda \times f_c \times b \times d$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times 30 \times 1000 \times 95$$

$$\emptyset V_c = 66343 \text{ N} = 66,3 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c = \frac{1}{2} 66,3 = 33,2 \text{ KN} > V_u = 7,07 \text{ KN} \text{ (OK)}$$

Arah Y (Bentang Panjang)

* **Tulangan Lapangan Arah Y**

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.1 tentang tulangan susut dengan f_y
= 240 Mpa maka $\rho = 0,0014$

$$A_{sh} = \rho \times b \times h = 0,0014 \times 1000 \times 120$$

$$A_{sh} = 168 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{168} \times 1000 = 468 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.2 tentang syarat spasi tulangan
susut slab $< 5.t_{\text{pelat}}$ atau 450 mm

$$s = 5 \times 120 = 600 \text{ mm}$$

atau

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

$$s_{\min} = 450 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\varnothing 10 - 400$

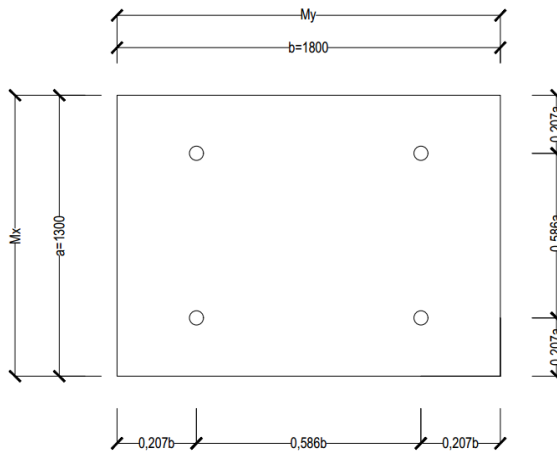
$$A_{sh \text{ pakai}} = \frac{Ab}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{400} \times 1000 = 196 \text{ mm}^2$$

3. Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

- Momen Pengangkatan sesuai PCI

$$M_x = 0,0107 \times w \times a \times b$$

$$M_y = 0,0107 \times w \times b \times a$$



$$a = 1,3 \text{ m}$$

$$b = 1,8 \text{ m}$$

$$t = 70 \text{ mm}$$

$$W = 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$M_x = 0,01 \times 168 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$$

$$M_x = 5,47 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} = 1,2 \times 5,47 \text{ kgm} = 6,56 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0,01 \times 168 \text{ kg/m}^2 \times 1,8 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}$$

$$M_y = 7,57 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 1,2 \times 7,57 \text{ kgm} = 9,09 \text{ kgm}$$

• **Penulangan Arah X**

$$M_{ux} = 6,56 \text{ kgm}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 70 - 20 + \frac{1}{2} \times 10 = 45 \text{ cm}$$

$$R_n = \frac{M_{ux}}{\phi \times b \times d} = \frac{6,562 \times 10}{0,9 \times 1000 \times 45} = 0,04 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times 1 - 1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times 1 - 1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,04}{240} = 0,0002$$

$$\rho = 0,0002$$

$$\rho_{\min} = 0,0057 > \rho = 0,0002 < \rho_{\max} = 0,0476$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 disediakan paling tidak 1/3 lebih besar dari yang disyaratkan oleh Analisis

$$\rho \times 1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0002 = 0,0002$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0002 \times 1000 \times 45$$

$$A_s = 9,01 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\phi 10$, maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{9,01} \times 1000 = 8723 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 70 = 210 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 210 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\phi 10 - 200$

$$A_s = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 393 \text{ mm}^2$$

Penulangan Arah Y

$$M_{uy} = 9,09 \text{ kgm}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 70 - 20 + \frac{1}{2} \times 10 = 45 \text{ cm}$$

$$R_n = \frac{M_{uy}}{\phi \times b \times d} = \frac{9,0858 \times 10}{0,9 \times 1000 \times 45} = 0,05 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times 1 - 1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times 1 - 1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,05}{240} = 0,0002$$

$$\rho = 0,0002$$

$$\rho_{\min} = 0,0057 > \rho = 0,0002 < \rho_{\max} = 0,0476$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 disediakan paling tidak 1/3 lebih besar dari yang disyaratkan oleh Analisis

$$\rho \times 1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0002 = 0,0003$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0003 \times 1000 \times 45$$

$$A_s = 12,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\phi 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{12,5} \times 1000 = 6298 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 70 = 210 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 210 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 393 \text{ mm}^2$$

E. Kontrol Tahapan Elemen Pracetak

Dalam tugas akhir ini pelat menggunakan metode pracetak halfslab sehingga beberapa tinjauan dan kontrol harus diperhitungkan. Berikut data umum perencanaannya :

Mutu beton, f_c	=	30	MPa
Mutu Baja, f_y	=	240	MPa
Mutu Baja, f_u	=	390	MPa
Mutu beton, f_c (3 hari)	=	$0,4 \times f_c$	= $0,4 \times 30$ MPa
	=	12	MPa (PBBI ps.4.1)
Mutu beton, f_c (7 hari)	=	$0,65 \times f_c$	= $0,65 \times 30$ MPa
	=	19,5	MPa (PBBI ps.4.1)
Mutu beton, f_c (14 hari)	=	$0,88 \times f_c$	= $0,88 \times 30$ MPa
	=	26,4	MPa (PBBI ps.4.1)
Berat jenis beton	=	2400	kg/m ³

Beberapa kontrol yang ditinjau pada komponen pracetak yaitu :

- * Kontrol pengangkatan
- * Kontrol penumpukan
- * Kontrol pemasangan
- * Kontrol pengecoran

Menghitung beban total komponen pelat pracetak :

$$\text{Panjang pelat} = 1800 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar pelat} = 1300 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pracetak, } t_1 = 70 \text{ mm}$$

$$\text{tebal toping, } t_2 = 50 \text{ mm}$$

sehingga

$$q_1 = 0,07 \times 1,8 \times 1,3 \times 2400 = 393,12 \text{ kg}$$

$$q_2 = 0,05 \times 1,8 \times 1,3 \times 2400 = 280,8 \text{ kg}$$

$$q_{\text{tot}} = q_1 + q_2 = 393 + 281 = 673,92 \text{ kg}$$

1. Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan Pelat Pracetak menggunakan 4 titik angkat pada saat beton umur 3 hari sehingga :

$$f_{ci \text{ 3hari}} = 12 \text{ Mpa}$$

Tegangan ijin

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 3hari}}} = 0,62 \times \sqrt{12} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,15 \text{ MPa} = 21,5 \text{ kg/cm}^2$$

Berat Total Pelat Pracetak

$$w = 393 \text{ kg} / [1,8 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}] = 168 \text{ kg/m}^2$$

Sesuai PCI Handbook 7th Edition fig.8.3.4 terdapat 2 titik angkat dan sudut pengangkatan sebesar 60° dan faktor kejut akibat pengangkatan pada tabel 8.3.1 sehingga harus dikalikan faktor pengali

$$\text{faktor tali sling } 45^\circ = 1,16 \quad (\text{PCI ps.8.3.4})$$

$$\text{faktor kejut} = 1,5 \quad (\text{PCI ps.8.3.4})$$

$$w = 168 \times 1,16 \times 1,5 = 292 \text{ kg/m}^2$$

* **Momen arah Y**

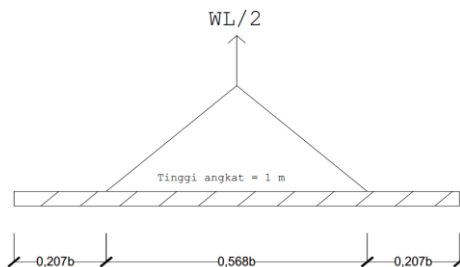
$$M_y = 0,0107 \times w \times b \times a$$

$$M_y = 0,0107 \times 292 \text{ kg/m}^2 \times 1,8 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}$$

$$M_y = 13,174 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 1,2 \times 13,174 \text{ kgm} = 15,8 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat pengangkatan 45°



$$M_y' = \frac{P \times y_c}{\tan\theta} = \frac{w \times a \times b \times y_c}{\tan\theta} ,$$

$$y_c = \frac{1}{2} t_{\text{pelat}} = \frac{1}{2} 70 = 35 \text{ mm}$$

$$M_y' = \frac{292 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,035 \text{ m}}{\tan 45}$$

$$M_y' = 23,9 \text{ kgm}$$

$$M_{y_{\text{total}}} = M_{uy} + M_y' = 15,8 \text{ kgm} + 23,9 \text{ kgm}$$

$$M_{y_{\text{total}}} = 39,75 \text{ kgm} = 3975 \text{ kgcm}$$

* **Momen arah X**

$$M_x = 0,0107 \times w \times a \times b$$

$$M_x = 0,0107 \times 292 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$$

$$M_x = 9,5148 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} = 1,2 \times 9,5148 \text{ kgm} = 11,4 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat pengangkatan 45°

$$M_x' = \frac{P \times y_c}{\tan\theta} = \frac{w \times a \times b \times y_c}{\tan\theta} ,$$

$$y_c = \frac{1}{2} t_{\text{pelat}} = \frac{1}{2} 70 = 35 \text{ mm}$$

$$M_x' = \frac{292 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,035 \text{ m}}{\tan 45}$$

$$M_x' = 23,9 \text{ kgm}$$

$$M_{x_{\text{total}}} = M_{ux} + M_x' = 11,4 \text{ kgm} + 23,9 \text{ kgm}$$

$$M_{x_{\text{total}}} = 35,359 \text{ kgm} = 3535,9 \text{ kgcm}$$

* **Momen Tahanan**

Sesuai PCI 7th edition

Mx ditahan oleh penampang selebar 15t atau b/2 diambil yang terkecil

$$W_x = \frac{1}{6} \times 15t \times t = \frac{1}{6} \times 15 \times \frac{70}{1000} \times \frac{70}{1000}$$

$$W_x = 0,0009 \text{ m}^3 = 858 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{1}{6} \times \frac{b}{2} \times t = \frac{1}{6} \times \frac{1,8}{2} \times \frac{70}{1000}$$

$$W_x = 0,0007 \text{ m}^3 = 735 \text{ cm}^3$$

My ditahan oleh penampang selebar a/2

$$W_y = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t = \frac{1}{6} \times \frac{1,3}{2} \times \frac{70}{1000}$$

$$W_y = 0,0005 \text{ m}^3 = 531 \text{ cm}^3$$

* **Kontrol Tegangan**

$$\sigma_x = \frac{M_x \text{ total}}{W_x} = \frac{3535,9}{735} = 4,81 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_x = 4,81 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 21,5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(OK)}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y \text{ total}}{W_y} = \frac{3975}{530,83} = 7,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 7,49 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 21,5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(OK)}$$

* **Perhitungan Tulangan Angkur Angkat Pelat**

Berat Pracetak

$$w = 393 \text{ kg}$$

Beban Hidup Pekerja

$$P = 133 \text{ kg}$$

* **Menghitung tulangan angkat**

$$w = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ PL}$$

$$w = 1,2 \times w + 1,6 \text{ P}$$

$$w = 1,2 \times 393 + 1,6 \times 133$$

$$w = 684,54 \text{ kg} = 6845,4 \text{ N}$$

Sesuai PCI Handbook 7th Edition fig.8.3.4 terdapat 2 titik angkat dan sudut pengangkatan sebesar 60° dan faktor kejut akibat pengangkatan pada tabel 8.3.1 sehingga harus dikalikan faktor pengali

$$\text{Faktor tali sling } 45^\circ = 1,41$$

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

Beban yang diterima 1 titik angkat :

$$P = \frac{w}{n} = \frac{684,54}{4} \times 1,41 \times 1,5 = 241,3 \text{ kg}$$

$$= 241,3 \text{ kg} = 2413 \text{ N}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.1.2. Untuk Futa tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$Futa = 1,9 f_y = 1,9 \times 240 = 456 \text{ Mpa}$$

$$Futa = 860 \text{ Mpa}$$

Maka digunakan Futa = 390 Mpa

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.1.2 dijelaskan bahwa gaya tarik pada angkur harus lebih kecil dari kekuatan nominal angkur.

Digunakan tulangan $\emptyset 10$, $A_s = 78,6 \text{ mm}^2$

$$N_{sa} = A_{se} \times F_{uta} = 78,6 \times 390$$

$$N_{sa} = 30642,857 \text{ N} = 3064,2857 \text{ kg} > P = 241,3 \text{ kg}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ($K_c = 10$, Angkur cor didalam) maka

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left[\frac{Nb}{K_c \lambda_a \sqrt{f_c}} \right]^2} = \sqrt[3]{\left[\frac{6845,44}{10 \cdot 1 \cdot \sqrt{12}} \right]^2}$$

$$h_{ef} = 33,927 \text{ mm}$$

dengan

$$\lambda_a = 1 \quad \lambda = 1 \times 1 = 1$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal)

$\lambda_a =$ kegagalan beton angkur yang dicor didalam

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dapat dipasang sedalam 40 mm dari permukaan pelat pracetak

$$h_{ef} = 40 \text{ mm}$$

Menurut PCI Handbook 7th Edition fig.6.5.1 panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat

beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{40}{0,7} = 57,1 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 \cdot h_{ef} = 1,5 \times 40 = 60 \text{ mm}$$

Maka digunakan $d_e = 60 \text{ mm}$

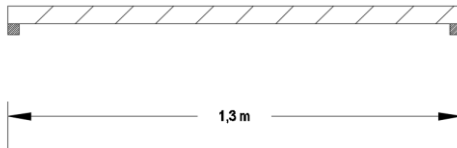
2. Kontrol Tegangan saat Penumpukan

Penumpukan pelat pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur beton 3 hari

$$f_{ci \text{ 3 hari}} = 12 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_{ci \text{ 3 hari}}} = 0,7 \times \sqrt{12} = 2,42 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat penumpukan ditambahkan koefisien beban 1,2 berat sendiri pelat dan 1,6 beban hidup pekerja

$$q_u = 1,2 \times 168 \times 1,8 = 362,88 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 363 \text{ kg/m} \times 1,3 \text{ m} +$$

$$\frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 1,3 \text{ m}$$

$$M = 145,82 \text{ kgm} = 14582 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} a t = \frac{1}{6} \times 1,8 \times \frac{70}{1000} = 0,0015 \text{ m}^3$$

$$W = 0,0015 \text{ m}^3 = 1470 \text{ cm}^3$$

* **Kontrol tegangan**

$$\sigma = \frac{M'}{W} = \frac{14582}{1470} = 9,9196 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 9,92 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,2 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

* **Kontrol Jumlah Penumpukan**

Digunakan penyangga dari balok kayu 5/5

luas bidang kontak,

$$A = 0,05 \times 1,8 = 0,09 \text{ m}^2 = 90000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{P}{2} = \frac{1,2 \times 168 \times 1,8 \times 1,3 + 1,6 \times 133}{2}$$

$$\frac{P}{2} = \frac{472 + 213}{2} = 342,27 \text{ kg} = 3422,7 \text{ N}$$

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{1}{A} = \frac{3422,7}{90000} = 0,038 \text{ Mpa}$$

Jumlah penumpukan

$$n = \frac{f_r}{f \text{ SF}} = \frac{2,42}{0,038 \times 3} = 21,254 \approx 21 \text{ tumpukan}$$

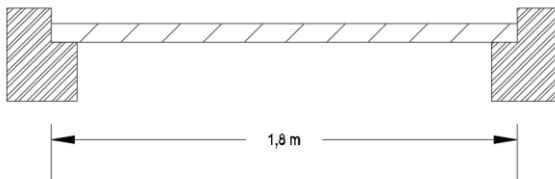
3. Kontrol Tegangan saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan saat beton berumur 7 hari

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,7 \times \sqrt{19,5} = 3,09 \text{ MPa}$$

$$f_r = 3,09 \text{ Mpa} = 30,9 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat pemasangan ditambahkan koefisien beban 1,2DL dan 1,6LL sehingga berat sendiri pelat

$$q_u = 1,2 \times 168 \times 1,3 = 262,08 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 262 \text{ kg/m} \times 1,8 \text{ m} + \frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 1,8 \text{ m}$$

$$M = 201,9 \text{ kgm}$$

$$M = 201,9 \text{ kgm} = 20190 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} a t = \frac{1}{6} \times 1,3 \times \frac{70}{1000} = 0,0011 \text{ m}^3$$

$$W = 0,0011 \text{ m}^3 = 1061,7 \text{ cm}^3$$

* **Kontrol tegangan**

$$\sigma_x = \frac{M}{W} = \frac{20190}{1061,7} = 19,017 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_x = 19 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,9 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(OK)}$$

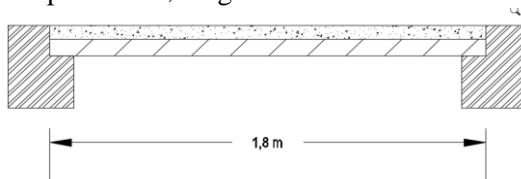
4. Kontrol Tegangan saat Pengecoran

Pemasangan pelat pracetak dilakukan saat beton berumur 7 hari

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,7 \times \sqrt{19,5} = 3,09 \text{ MPa}$$

$$f_r = 3,09 \text{ Mpa} = 30,9 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat pengecoran ditambahkan koefisien beban 1,2DL dan 1,6LL sehingga berat sendiri pelat

$$q_u = 1,2 \times 317 \times 1,3 = 494,21 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 494 \times 1,8 + \frac{1}{4} \times 213 \times 1,8$$

$$M = 295,91 \text{ kgm} = 29591 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} a t = \frac{1}{6} \times 1,3 \times \frac{120}{1000} = 0,0031 \text{ m}^3$$

$$W = 0,0031 \text{ m}^3 = 3120 \text{ cm}^3$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{29591}{3120} = 9,4844 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 9,48 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,9 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

5. Kontrol Lendutan

• Sebelum Komposit

Data perencanaan,

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$\text{tebal pelat} = 70 \text{ mm}$$

$$\text{lebar pelat} = 1300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pelat} = 1800 \text{ mm}$$

$$I_x = 37158333,33 \text{ mm}^4$$

$$Q_u = 411,84 \text{ kg/m} = 4,12 \text{ N/mm}$$

$$E = 20754,64 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1800}{360} = 5 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I}$$

$$\Delta = \frac{5 \times 4,12 \times 1800^4}{384 \times 20754,64 \times 37158333,33}$$

$$\Delta = 0,73 \text{ mm} < 5 \text{ mm} = \Delta_{ijin} \quad (\text{OK})$$

- **Sesudah Komposit**

Data perencanaan,

$$\begin{aligned}
 f_c &= 30 \text{ Mpa} \\
 \text{tebal pelat} &= 120 \text{ mm} \\
 \text{lebar pelat} &= 1300 \text{ mm} \\
 \text{Panjang pelat} &= 1800 \text{ mm} \\
 I_x &= 187200000 \text{ mm}^4 \\
 Q_u &= 1020,6 \text{ kg/m} = 10,21 \text{ N/mm} \\
 E &= 25742,96 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan lendutan

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{360} = \frac{1800}{360} = 5 \text{ mm} \\
 \Delta &= \frac{1}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I} \\
 \Delta &= \frac{1}{384} \times \frac{10,21}{25742,96} \times \frac{1800^4}{187200000} \\
 \Delta &= 0,06 \text{ mm} < 5 \text{ mm} = \Delta_{\text{ijin}} \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

6. Kontrol Retak

- **Sebelum Komposit**

Data perencanaan,

$$\begin{aligned}
 f_{ci \text{ 7 hari}} &= 19,5 \text{ Mpa} \\
 f_r &= 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,62 \times 1 \times \sqrt{19,5} = 2,74 \text{ MPa} \\
 \text{tebal pelat} &= 70 \text{ mm} \\
 \text{lebar pelat} &= 1300 \text{ mm} \\
 \text{Panjang pelat} &= 1800 \text{ mm} \\
 I_x &= 37158333,33 \text{ mm}^4 \\
 M_{ulx} &= 60,35 \text{ kgm} = 0,6 \text{ kNm} \\
 M_{uly} &= 249,72 \text{ kgm} = 2,5 \text{ kNm} \\
 M_{\text{max}} &= 2,50 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Momen Retak

$$M_{cr} = f_r \times \frac{I_g}{c} = 2,74 \times \frac{37158333}{35} = 2906679,7 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 2,91 \text{ kNm} > M_u = 2,50 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

● Sesudah Komposit

Data perencanaan,

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f_c} = 0,62 \times 1 \times \sqrt{30} = 3,4 \text{ MPa}$$

$$\text{tebal pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{lebar pelat} = 1300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pelat} = 1800 \text{ mm}$$

$$I_x = 187200000 \text{ mm}^4$$

$$M_{ulx} = 127,18 \text{ kgm} = 1,27 \text{ kNm}$$

$$M_{utx} = 254,35 \text{ kgm} = 2,54 \text{ kNm}$$

$$M_{max} = 2,54 \text{ kN}$$

Momen Retak

$$M_{cr} = f_r \times \frac{I_g}{c} = 3,4 \times \frac{187200000}{60} = 10595145 \text{ Nmm}$$

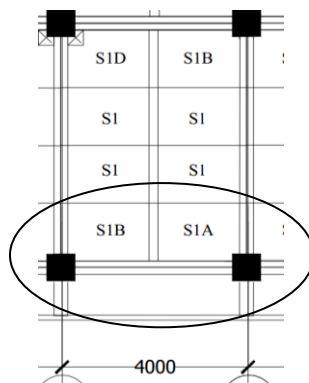
$$M_{cr} = 10,6 \text{ kNm} > M_u = 2,54 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

5.1.1.2 Tipe Pelat Kantilever/Luifel (Cor Insitu)

A. Bentang Bersih Dimensi Pracetak

$$l_{\text{slab}} = 120 \text{ cm}$$

$$l_{\text{balok}} = 30 \text{ cm}$$



B. Data Perencanaan

Data Perencanaan Umum :

- tebal pelat = 12 cm
- Tebal decking = 20 mm (2847/13 Ps7.7.1)
- Diameter tulangan = 10 mm
- f_c beton = 25 Mpa
- f_y baja = 240 Mpa
- syarat agregat maksimum = 16 mm

Data perencanaan pembebanan :

- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Keramik = 20,5 kg/m²
- Spesi = 20 kg/m²
- Lantai Balkon = 1,5 x 192 kg/m²
= 288 kg/m²

C. Pembebanan

* Beban Mati (DL)

- Keramik = 20,5 kg/m²
- Spesi = 20 kg/m²
- Beban Mati Tambahan = 40,5 kg/m²
- Berat Pelat = 0,12 x 2400 = 288 kg/m² (SAP2000)
- Total DL = 329 kg/m²

* Beban Hidup (LL)

- Lantai Balkon = 288 kg/m²

* Beban Ultimate (qu)

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \times DL + 1,6 \times LL \\
 &= 1,2 \times 329 + 1,6 \times 288 \\
 &= 855 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

D. Penulangan Pelat

SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 tentang β_1

dengan $f_c' = 25$ Mpa dan $f_y = 240$ Mpa

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \frac{f_c' - 28}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \times \frac{25 - 28}{7} \\ &= 0,8714\end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (Ps. B.8.4.2 dan Ps. 10.3) mencari rasio tulangan maksimum terhadap penampang beton sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,87 \times 25}{240} \times \frac{600}{600 + 240} \\ &= 0,0551\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,06 = 0,0413$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 tentang ρ_{\min} dan menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2 untuk rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) mencari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{f_c'}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{25}{240} = 0,0052$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0058$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{240}{0,85 \times 25} = 11,294$$

- **Mencari Momen dan Geser**

Perhitungan Momen diambil yang kritis dari PBB1 1971 dan perhitungan statika sederhana.

Perhitungan dengan cara PBB1 :

$$M_{lx} = 0,001 \times q \times l \times 63$$

$$M_{ly} = 0,001 \times q \times l \times 13$$

$$M_{lx} = 0,001 \times q \times l \times 125$$

$$M_{ty} = 0,001 \times q \times l \times 79$$

maka

$$M_{ulx} = 0,001 \times 855 \times 1,2 \times 63 = 77,6 \text{ kgm}$$

$$M_{uly} = 0,001 \times 855 \times 1,2 \times 13 = 16 \text{ kgm}$$

$$M_{utx} = 0,001 \times 855 \times 1,2 \times 125 = 154 \text{ kgm}$$

$$M_{uty} = 0,001 \times 855 \times 1,2 \times 79 = 97,3 \text{ kgm}$$

Perhitungan dengan cara statika sederhana :

$$M_{utx} = \frac{1}{2} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{2} \times 855 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m}$$

$$M_{utx} = 616 \text{ kgm}$$

$$V_{ux} = q \times L$$

$$V_{ux} = 855 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m} = 1026 \text{ kg}$$

• Penulangan Pelat

Arah X (Bentang Pendek)

$$M_u = 616 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - 20 + \frac{1}{2} \times 10 = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d} = \frac{615,6 \times 10}{0,9 \times 1000 \times 95} = 0,76 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times 1 - 1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}$$

$$\rho = \frac{1}{11,3} \times 1 - 1 - \frac{2 \times 11,3 \times 0,76}{240} = 0,0032$$

$$\rho = 0,0032$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0032 < \rho_{\max} = 0,0413$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 disediakan paling tidak 1/3 lebih besar dari yang disyaratkan oleh Analisis

$$\rho \times 1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0032 = 0,0043$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0043 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 407 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{407} \times 1000 = 193 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 193 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 392,86 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,86 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000} = 4,44 \text{ mm}$$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times d - \frac{a}{2}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 393 \times 240 \times 95 - \frac{4,44}{2}$$

$$\emptyset M_n = 7873174,1 \text{ Nmm} = 787,32 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 787,32 \text{ kgm} > M_u = 616 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

* **Periksa Terhadap Syarat Geser**

$$V_{ux} = 1026 \text{ kg} = 10,26 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \lambda \times f_c \times b \times d$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times 25 \times 1000 \times 95$$

$$\emptyset V_c = 60563 \text{ N} = 60,6 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c = \frac{1}{2} 60,6 = 30,3 \text{ KN} > V_u = 10,3 \text{ KN} \text{ (OK)}$$

Arah Y (Bentang Panjang)*** Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$M_{\text{utx}} = 97,3 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.1 tentang tulangan susut dengan $f_y = 240 \text{ Mpa}$ maka $\rho = 0,0014$

$$A_{sh} = \rho \times b \times h = 0,0014 \times 1000 \times 120$$

$$A_{sh} = 168 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$, $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{168} \times 1000 = 467,69 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.2 tentang syarat spasi tulangan susut slab $< 5 \cdot t_{\text{pelat}}$ atau 450 mm

$$s = 5 \times 120 = 600 \text{ mm} \text{ atau } s = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 450 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_{sh} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 262 \text{ mm}^2$$

*** Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000} = 2,96 \text{ mm}$$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times d - \frac{a}{2}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times 95 - \frac{2,96}{2}$$

$$\emptyset M_n = 5290617 \text{ Nmm} = 529,06 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 529,06 \text{ kgm} > M_u = 97,3 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Kontrol Lendutan

Data perencanaan,

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$\text{tebal pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{lebar pelat} = 1200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pelat} &= 4000 \text{ mm} \\
 I_x &= 172800000 \text{ mm}^4 \\
 Q_u &= 1026 \text{ kg/m} = 10,26 \text{ N/mm} \\
 E &= 23500,00 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan lendutan

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{4000}{360} = 11,1 \text{ mm} \\
 \Delta &= \frac{1}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I} \\
 \Delta &= \frac{1}{384} \times \frac{10,26}{23500,00} \times \frac{4000^4}{172800000} \\
 \Delta &= 1,68 \text{ mm} < 11,1 \text{ mm} = \Delta_{ijin} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Penulangan Pelat yang Terpasang

Tipe	Keadaan	Tulangan Lentur					
		Arah X (Pendek)			Arah Y (Panjang)		
S1	1	∅ 10	-	200	∅ 10	-	300
	2	∅ 10	-	300	∅ 10	-	400
	3	∅ 10	-	200	∅ 10	-	200
	4	∅ 10	-	200	∅ 10	-	200
SK	2	∅ 10	-	200	∅ 10	-	300
	4	∅ 10	-	200	∅ 10	-	300

Keterangan :

Keadaan 1 : sebelum komposit

Keadaan 2 : setelah komposit

Keadaan 3 : akibat pengangkatan

Keadaan 4 : tulangan yang terpasang

5.1.2 Perencanaan Pelat 2 Arah

5.1.2.1 Tipe Pelat S2

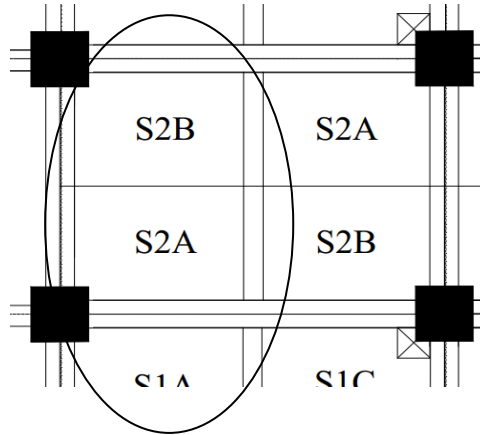
(Precast Halfslab dengan Topping Cor Insitu)

A. Bentang Bersih Dimensi Pracetak

$$p_{\text{slab}} = 280 \text{ cm}$$

$$l_{\text{slab}} = 200 \text{ cm}$$

$$l_{\text{balok}} = 30 \text{ cm}$$



$$l_n = 280 - \left(2 \times \frac{30}{2} \right) = 250 \text{ cm}$$

$$S_n = 200 - \left(2 \times \frac{30}{2} \right) = 170 \text{ cm}$$

SNI 7833 2012 Pasal R4.6.2 tentang pelat landasan

$$\text{jarak pelat landasan} = \frac{l_n}{180} = \frac{170}{180} = 1 < 5 \text{ cm}$$

Maka digunakan jarak pelat landasan = 5 cm

Dimensi elemen pelat pracetak menjadi

$$l_n = 250 \text{ cm}$$

$$S_n = 170 + 2 \times 5 = 180 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{l_n}{S_n} = \frac{250}{180} = 1,39 < 2 \quad \text{pelat 2 arah}$$

Panjang Pelat Pracetak dibagi menjadi beberapa bagian

$$l = \frac{250}{2} = 125 \text{ cm}$$

$$p = 180 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{I_y}{I_x} = \frac{180}{125} = 1,44 < 2 \quad (\text{pelat 2 arah})$$

B. Data Perencanaan Umum :

- tebal pelat pracetak = 7 cm
- tebal pelat over topping = 5 cm
- Tebal decking = 20 mm (2847/13 Ps7.7.1)
- Diameter tulangan = 10 mm
- fc beton = 30 Mpa
- fy baja = 240 Mpa
- syarat agregat maksimum = 16 mm

Data perencanaan pembebanan

- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Penggantung + Plafond = 21,9 kg/m²
- Keramik = 20,5 kg/m²
- Spesi = 20 kg/m²
- ME = 19 kg/m²
- Pekerja = 133 kg
- Lantai Koridor Asrama = 488 kg/m²

C. Pembebanan

1. Sebelum komposit

* Beban Mati (DL)

$$\text{Berat Precast} = 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{Berat Total} = \text{DL} + 10\% = 317 \text{ kg/m}^2$$

* Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban Pekerja} = 133 \text{ kg}$$

2. Sesudah Komposit

* Beban Mati (DL)

Penggantung + Plafond	=	21,9 kg/m ²
Keramik	=	20,5 kg/m ²
Spesi per 1 cm	=	20 kg/m ²
ME	=	19 kg/m ²
Beban Mati Tambahan	=	81,4 kg/m ²
Berat Pelat	=	317 kg/m ²
Total DL	=	81,4 kg/m ²

* Beban Hidup (LL)

$$\begin{aligned}
 \text{Lantai Koridor Asrama} &= 488 \text{ kg/m}^2 \\
 q_u &= 1,2 \times \text{DL} + 1,6 \times \text{LL} \\
 &= 1,2 \times 81,4 + 1,6 \times 488 \\
 &= 878 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

D. Penulangan Pelat

SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 tentang β_1

dengan $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 240 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right) \\
 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \\
 &= 0,8357
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (Ps. B.8.4.2 dan Ps. 10.3) mencari rasio tulangan maksimum terhadap penampang beton sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 30}{240} \times \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\
 &= 0,0634
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,06 = 0,0476$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 tentang ρ_{\min} dan menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2 untuk rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) mencari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f_{c'}}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{30}}{240} = 0,0057$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0058$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,4118$$

1. Penulangan Sebelum Komposit

● Mencari Momen dan Geser

Keadaan sebelum komposit beban yang digunakan adalah berat sendiri pelat pracetak dan ada beban pekerja

$$q = 317 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{lihat dihalaman 124})$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$P = 133 \text{ kg} \quad (\text{lihat dihalaman 124})$$

Perhitungan Momen diambil yang kritis dari PBB1 1971 dan tumpuan 2 balok sederhana.

Perhitungan dengan cara PBB1 :

$$M_{lx} = 0,001 \times q \times l \times 55$$

$$M_{ly} = 0,001 \times q \times l^2 \times 41$$

$$M_{ty} = 0,001 \times q \times l^2 \times 105$$

maka

$$M_{lx} = 0,001 \times 317 \times 1,8^2 \times 55 = 56,5 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 317 \times 1,8^2 \times 41 = 42,1 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = 0,001 \times 317 \times 1,8^2 \times 105 = 108 \text{ kgm}$$

Perhitungan dengan cara statika sederhana :

$$M_{ly} = \frac{1}{8} \times q \times L^2 = \frac{1}{8} \times 317 \text{ kg/m}^2 \times \left(1,8 \text{ m} \right)^2$$

$$M_{ly} = 128 \text{ kgm}$$

maka dipilih yang paling kritis $M_{ly} = 128,3 \text{ kgm}$

* **Momen Lapangan Ultimate**

$$P = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 133 \text{ kg} \times 1,8 \text{ m} = 59,9 \text{ kgm}$$

$$M_{uly} = 1,2 \times 128 \text{ kgm} + 1,6 \times 59,9 \text{ kgm}$$

$$M_{uly} = 249,72 \text{ kgm}$$

$$M_{ulx} = 1,2 \times 56,5 \text{ kgm} = 67,7 \text{ kgm}$$

* **Momen Tumpuan Ultimate**

$$M_{uty} = 1,2 \times 108 \text{ kgm} = 129 \text{ kgm}$$

* **Geser Ultimate**

$$V_u = \frac{1}{2} q L + \frac{1}{2} P$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times 317 \text{ kg/m}^2 \times 1,8 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 133 \text{ kg}$$

$$V_u = 351,62 \text{ kg} = 3,5162 \text{ KN}$$

● **Penulangan Pelat**

Arah Y (Bentang Panjang)

* **Tulangan Lapangan Arah Y**

$$M_{uly} = 250 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 70 - \left(20 + \frac{1}{2} 10 \right) = 45 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{249,72 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 45^2} = 1,37 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 1,37}{240}} \right) = 0,0059$$

$$\rho = 0,0059$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 < \rho = 0,0059 < \rho_{\max} = 0,0476$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0059 \times 1000 \times 45$$

$$A_s = 264 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{264} \times 1000 = 297 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 70 = 210 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 210 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10$ - 200 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 392,86 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,86 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 3,7 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 393 \times 240 \times \left(45 - \frac{3,7}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 3661692,7 \text{ Nmm} = 366,17 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 366,17 \text{ kgm} > M_u = 250 \text{ kgm (OK)}$$

* **Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$M_{\text{uty}} = 129 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 70 - \left(20 + \frac{1}{2} \cdot 10 \right) = 45 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{129,33 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 45^2} = 0,71 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,71}{240}} \right] = 0,003$$

$$\rho = 0,003$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,003 < \rho_{\max} = 0,0476$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 disediakan paling tidak 1/3 lebih besar dari yang disyaratkan oleh Analisis

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,003 = 0,004$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,004 \times 1000 \times 45$$

$$A_s = 180 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\phi 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{180} \times 1000 = 437 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 70 = 210 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 210 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 392,86 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,86 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 3,7 \text{ mm}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 393 \times 240 \times \left(45 - \frac{3,7}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 3661692,7 \text{ Nmm} = 366,17 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 366,17 \text{ kgm} > M_u = 129 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

*** Periksa Terhadap Syarat Geser Arah Y**

$$V_u = 351,62 \text{ kg} = 3,5162 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 45$$

$$\emptyset V_c = 31426 \text{ N} = 31,4 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c = \frac{1}{2} 31,4 = 15,7 \text{ KN} > V_u = 3,52 \text{ KN} \text{ (OK)}$$

Arah X (Bentang Pendek)

*** Tulangan Lapangan Arah X**

$$M_{ulx} = 67,7 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.1 tentang tulangan susut dengan $f_y = 240 \text{ Mpa}$ maka $\rho = 0,0014$

$$A_{sh} = \rho \times b \times h = 0,0014 \times 1000 \times 70$$

$$A_{sh} = 98 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$, $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{98} \times 1000 = 801,75 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.2 tentang syarat spasi tulangan susut slab $< 5 \cdot t_{\text{pelat}}$ atau 450 mm

$$s = 5 \times 70 = 350 \text{ mm} \text{ atau } s = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 350 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_{sh} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 262 \text{ mm}^2$$

*** Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times \left(45 - \frac{2,46}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 2475990,4 \text{ Nmm} = 247,6 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 247,6 \text{ kgm} > M_u = 67,7 \text{ kgm (OK)}$$

2. Penulangan Sesudah Komposit

• Mencari Momen dan Geser

* Momen Ultimate

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat 2 arah yang meninjau arah X (arah pendek pelat) dan arah Y (arah panjang pelat) sesuai dengan PBT 1971 .

Dikarenakan pelat yang direncanakan terjepit penuh pada keempat sisinya maka pada PBT 1971 tabel 13.3.1 pelat termasuk pada tipe 2

$$M_{lx} = 0,001 \times q \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = 0,001 \times q \times L_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = -0,001 \times q \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q \times L_x^2 \times X$$

$$q_u = 878 \text{ kg/m}^2 \text{ (lihat dihalaman 125)}$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{250}{180} = 1,39 \text{ dengan melihat tabel 13.3.1 maka}$$

$$M_{ulx} = 0,001 \times 878 \text{ kg/m}^2 \times (1,8 \text{ m})^2 \times 34$$

$$M_{ulx} = 96,773 \text{ kgm}$$

$$M_{uly} = 0,001 \times 878 \text{ kg/m}^2 \times (1,8 \text{ m})^2 \times 18$$

$$M_{uly} = 51,233 \text{ kgm}$$

$$M_{utx} = 0,001 \times 878 \text{ kg/m}^2 \times (1,8 \text{ m})^2 \times 73$$

$$M_{utx} = 207,78 \text{ kgm}$$

$$M_{uty} = 0,001 \times 878 \text{ kg/m}^2 \times (1,8 \text{ m})^2 \times 57$$

$$M_{uty} = 162,24 \text{ kgm}$$

* **Geser Ultimate**

$$V_{uy} = \frac{1}{2} q L$$

$$V_{uy} = \frac{1}{2} \times 878 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m}$$

$$V_{uy} = 1098,1 \text{ kg} = 10,981 \text{ KN}$$

$$V_{ux} = \frac{1}{2} q L$$

$$V_{ux} = \frac{1}{2} \times 878 \text{ kg/m}^2 \times 1,8 \text{ m}$$

$$V_{ux} = 790,63 \text{ kg} = 7,9063 \text{ KN}$$

• **Penulangan Pelat**

Arah X (Bentang Pendek)

* **Tulangan Lapangan Arah X**

$$M_{ulx} = 96,8 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - \left[20 + \frac{1}{2} \times 10 \right] = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{96,773 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,12 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,12}{240}} \right] = 0,0005$$

$$\rho = 0,0005$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0005 < \rho_{\max} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3}\right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0005 = 0,0007$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0007 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 63 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{63} \times 1000 = 1247 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 360 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 261,9 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times \left(95 - \frac{2,46}{2}\right)$$

$$\emptyset M_n = 5304561,8 \text{ Nmm} = 530 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 530 \text{ kgm} > M_u = 96,8 \text{ kgm (OK)}$$

* **Tulangan Tumpuan Arah X**

$$M_{\text{utx}} = 208 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - \left(20 + \frac{1}{2} \times 10\right) = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{207,78 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,26 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,26}{240}} \right] = 0,0011$$

$$\rho = 0,0011$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0011 < \rho_{\max} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0011 = 0,0014$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0014 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 136 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{136} \times 1000 = 579 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 360 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 261,9 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times \left(95 - \frac{2,46}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 5304561,8 \text{ Nmm} = 530 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 530 \text{ kgm} > M_u = 208 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

* **Periksa Terhadap Syarat Geser Arah X**

$$V_{ux} = 790,63 \text{ kg} = 7,9063 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = \phi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 95$$

$$\phi V_c = 66343 \text{ N} = 66,3 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} 66,3 = 33,2 \text{ KN} > V_u = 7,91 \text{ KN} \text{ (OK)}$$

Arah Y (Bentang Panjang)

* **Tulangan Lapangan Arah Y**

$$M_{uly} = 51,2 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - \left(20 + \frac{1}{2} \times 10 \right) = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{51,233 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,06 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,06}{240}} \right) = 0,0003$$

$$\rho = 0,0003$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0003 < \rho_{\max} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0003 = 0,0004$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0004 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 33,3 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\phi 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{Ab}{As} \times 1000 = \frac{78,6}{33,3} \times 1000 = 2357 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 360 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300$ mm

$$As = \frac{Ab}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 261,9 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

$$\emptyset Mn = \emptyset \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \times 262 \times 240 \times \left(95 - \frac{2,46}{2} \right)$$

$$\emptyset Mn = 5304561,8 \text{ Nmm} = 530 \text{ kgm}$$

$$\emptyset Mn = 530 \text{ kgm} > Mu = 51,2 \text{ kgm (OK)}$$

* **Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$M_{\text{uty}} = 162 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - \left(20 + \frac{1}{2} \times 10 \right) = 95 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{162,24 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,2 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,2}{240}} \right] = 0,0008$$

$$\rho = 0,0008$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0058 > \rho = 0,0008 < \rho_{\text{max}} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3}\right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0008 = 0,0011$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0011 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 106 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{106} \times 1000 = 742 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 360 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 261,9 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times \left(95 - \frac{2,46}{2}\right)$$

$$\emptyset M_n = 5304561,8 \text{ Nmm} = 530 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 530 \text{ kgm} > M_u = 162 \text{ kgm (OK)}$$

* **Periksa Terhadap Syarat Geser Arah Y**

$$V_{uy} = 1098,1 \text{ kg} = 10,981 \text{ KN}$$

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

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 95$$

$$\emptyset V_c = 66343 \text{ N} = 66,3 \text{ KN}$$

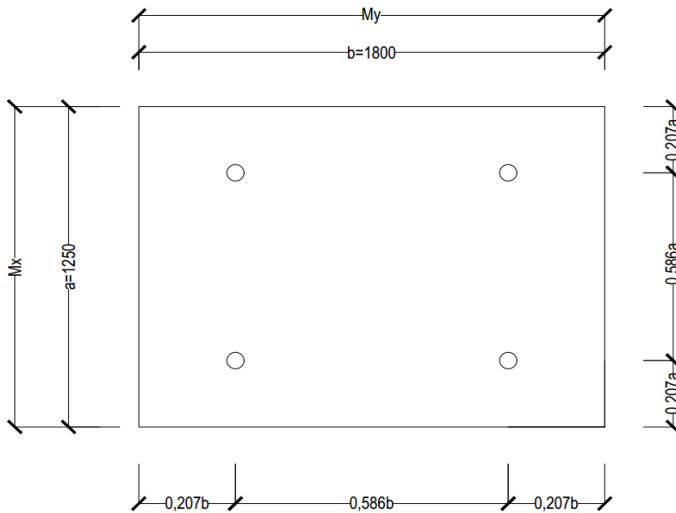
$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} 66,3 = 33,2 \text{ KN} > V_u = 11 \text{ KN (OK)}$$

3. Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

- Momen Pengangkatan sesuai PCI

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

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



$$a = 1,25 \text{ m}$$

$$b = 1,8 \text{ m}$$

$$t = 70 \text{ mm}$$

$$W = 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$M_x = 0,01 \times 168 \times 1,25^2 \times 1,8 = 5,06 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} = 1,2 \times 5,06 \text{ kgm} = 6,07 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0,01 \times 168 \times 1,8^2 \times 1,25 = 7,28 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 1,2 \times 7,28 \text{ kgm} = 8,74 \text{ kgm}$$

• **Penulangan Arah X**

$$M_{ux} = 6,07 \text{ kgm}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 70 - \left(20 + \frac{1}{2} \times 10 \right) = 45 \text{ cm}$$

$$R_n = \frac{M_{ux}}{\phi \times b \times d^2} = \frac{6,0669 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 45^2} = 0,03 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,03}{240}} \right) = 0,0001$$

$$\rho = 0,0001$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0001 < \rho_{\max} = 0,0476$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 disediakan paling tidak 1/3 lebih besar dari yang disyaratkan oleh Analisis

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0001 = 0,0002$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0002 \times 1000 \times 45$$

$$A_s = 8,33 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\phi 10$, maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{8,33} \times 1000 = 9435 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 70 = 210 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 210 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\phi 10$ - 200

$$A_s = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 393 \text{ mm}^2$$

Penulangan Arah Y

$$M_{uy} = 8,74 \text{ kgm}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 70 - \left(20 + \frac{1}{2} \times 10 \right) = 45 \text{ cm}$$

$$R_n = \frac{M_{uy}}{\phi \times b \times d^2} = \frac{8,7363 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 45^2} = 0,05 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,05}{240}} \right] = 0,0002$$

$$\rho = 0,0002$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0002 < \rho_{\max} = 0,0476$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 disediakan paling tidak 1/3 lebih besar dari yang disyaratkan oleh Analisis

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0002 = 0,0003$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0003 \times 1000 \times 45$$

$$A_s = 12 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\phi 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{12} \times 1000 = 6550 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 70 = 210 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 210 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 393 \text{ mm}^2$$

E. Kontrol Tahapan Elemen Pracetak

Dalam tugas akhir ini pelat menggunakan metode pracetak halfslab sehingga beberapa tinjauan dan kontrol harus diperhitungkan. Berikut data umum perencanaannya :

Mutu beton, f_c	=	30	MPa
Mutu Baja, f_y	=	240	MPa
Mutu Baja, f_u	=	370	MPa
Mutu beton, f_c (3 hari)	=	$0,4 \times f_c$	= $0,4 \times 30$ MPa
	=	12	MPa (PBBI ps.4.1)
Mutu beton, f_c (7 hari)	=	$0,65 \times f_c$	= $0,65 \times 30$ MPa
	=	19,5	MPa (PBBI ps.4.1)
Mutu beton, f_c (14 hari)	=	$0,88 \times f_c$	= $0,88 \times 30$ MPa
	=	26,4	MPa (PBBI ps.4.1)
Berat jenis beton	=	2400	kg/m ³

Beberapa kontrol yang ditinjau pada komponen pracetak yaitu :

- * Kontrol pengangkatan
- * Kontrol penumpukan
- * Kontrol pemasangan
- * Kontrol pengecoran

Menghitung beban total komponen pelat pracetak :

$$\text{Panjang pelat} = 1800 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar pelat} = 1250 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pracetak, } t_1 = 70 \text{ mm}$$

$$\text{tebal toping, } t_2 = 50 \text{ mm}$$

sehingga

$$q_1 = 0,07 \times 1,8 \times 1,25 \times 2400 = 378 \text{ kg}$$

$$q_2 = 0,05 \times 1,8 \times 1,25 \times 2400 = 270 \text{ kg}$$

$$w = q_1 + q_2 = 378 + 270 = 648 \text{ kg}$$

1. Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan Pelat Pracetak menggunakan 4 titik angkat pada saat beton umur 3 hari sehingga :

$$f_{ci \text{ 3hari}} = 12 \text{ Mpa}$$

Tegangan ijin

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 3hari}}} = 0,62 \times \sqrt{12} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,15 \text{ MPa} = 21,5 \text{ kg/cm}^2$$

Berat Total Pelat Pracetak

$$w = 378 \text{ kg} / [1,8 \text{ m} \times 1,25 \text{ m}] = 168 \text{ kg/m}^2$$

Sesuai PCI Handbook 7th Edition fig.8.3.4 terdapat 2 titik angkat dan sudut pengangkatan sebesar 60° dan faktor kejut akibat pengangkatan pada tabel 8.3.1 sehingga harus dikalikan faktor pengali

$$\text{faktor tali sling } 45^\circ = 1,16 \quad (\text{PCI ps.8.3.4})$$

$$\text{faktor kejut} = 1,5 \quad (\text{PCI ps.8.3.4})$$

$$w = 168 \times 1,16 \times 1,5 = 292 \text{ kg/m}^2$$

* **Momen arah Y**

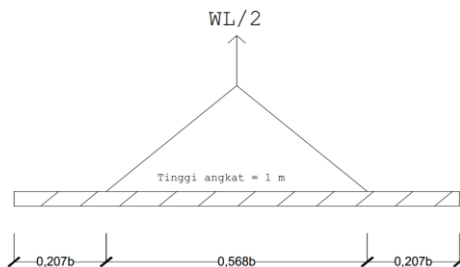
$$M_y = 0,0107 \times w \times b \times a$$

$$M_y = 0,0107 \times 292 \text{ kg/m}^2 \times 1,8 \text{ m} \times 1,25 \text{ m}$$

$$M_y = 12,668 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 1,2 \times 12,668 \text{ kgm} = 15,2 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat pengangkatan 45°



$$M_{y'} = \frac{P \times y_c}{\tan\theta} = \frac{w \times a \times b \times y_c}{\tan\theta},$$

$$y_c = \frac{1}{2} t_{\text{pelat}} = \frac{1}{2} 70 = 35 \text{ mm}$$

$$M_{y'} = \frac{292 \text{ kg/m}^2 \times 1,25 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,035 \text{ m}}{\tan 45}$$

$$M_{y'} = 23 \text{ kgm}$$

$$M_{y_{\text{total}}} = M_{uy} + M_{y'} = 15,2 \text{ kgm} + 23 \text{ kgm}$$

$$M_{y_{\text{total}}} = 38,221 \text{ kgm} = 3822,1 \text{ kgcm}$$

* **Momen arah X**

$$M_x = 0,0107 \times w \times a \times b$$

$$M_x = 0,0107 \times 292 \text{ kg/m}^2 \times 1,25 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$$

$$M_x = 8,797 \text{ kgm}$$

$$M_{ux} = 1,2 \times 8,797 \text{ kgm} = 10,6 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat pengangkatan 45°

$$M_{x'} = \frac{P \times y_c}{\tan\theta} = \frac{w \times a \times b \times y_c}{\tan\theta},$$

$$y_c = \frac{1}{2} t_{\text{pelat}} = \frac{1}{2} 70 = 35 \text{ mm}$$

$$M_{x'} = \frac{292 \text{ kg/m}^2 \times 1,25 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,035 \text{ m}}{\tan 45}$$

$$M_{x'} = 23 \text{ kgm}$$

$$M_{x_{\text{total}}} = M_{ux} + M_{x'} = 10,6 \text{ kgm} + 23 \text{ kgm}$$

$$M_{x_{\text{total}}} = 33,577 \text{ kgm} = 3357,7 \text{ kgcm}$$

* **Momen Tahanan**

Sesuai PCI 7th edition

Mx ditahan oleh penampang selebar 15t atau b/2 diambil yang terkecil

$$W_x = \frac{1}{6} \times 15t \times t = \frac{1}{6} \times 15 \times \frac{70}{1000} \times \frac{70}{1000}$$

$$W_x = 0,0009 \text{ m}^3 = 858 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{1}{6} \times \frac{b}{2} \times t = \frac{1}{6} \times \frac{1,8}{2} \times \frac{70}{1000}$$

$$W_x = 0,0007 \text{ m}^3 = 735 \text{ cm}^3$$

My ditahan oleh penampang selebar a/2

$$W_y = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t = \frac{1}{6} \times \frac{1,25}{2} \times \frac{70}{1000}$$

$$W_y = 0,0005 \text{ m}^3 = 510 \text{ cm}^3$$

* **Kontrol Tegangan**

$$\sigma_x = \frac{M_x \text{ total}}{W_x} = \frac{3357,7}{735} = 4,57 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_x = 4,57 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 21,5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(OK)}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y \text{ total}}{W_y} = \frac{3822,1}{510,42} = 7,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 7,49 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 21,5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(OK)}$$

* **Perhitungan Tulangan Angkur Angkat Pelat**

Berat Pracetak

$$w = 378 \text{ kg}$$

Beban Hidup Pekerja

$$P = 133 \text{ kg}$$

* **Menghitung tulangan angkat**

$$w = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ PL}$$

$$w = 1,2 \times w + 1,6 \text{ P}$$

$$w = 1,2 \times 378 + 1,6 \times 133$$

$$w = 666,4 \text{ kg} = 6664 \text{ N}$$

Sesuai PCI Handbook 7th Edition fig.8.3.4 terdapat 2 titik angkat dan sudut pengangkatan sebesar 60o dan faktor kejut akibat pengangkatan pada tabel 8.3.1 sehingga harus dikalikan faktor pengali

$$\text{Faktor tali sling } 45^\circ = 1,41$$

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

Beban yang diterima 1 titik angkat :

$$P = \frac{w}{n} = \frac{666,4}{4} \times 1,41 \times 1,5 = 234,91 \text{ kg}$$

$$= 234,91 \text{ kg} = 2349,1 \text{ N}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.1.2. Untuk Futa tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$Futa = 1,9 f_y = 1,9 \times 240 = 456 \text{ Mpa}$$

$$Futa = 860 \text{ Mpa}$$

Maka digunakan Futa = 370 Mpa

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.1.2 dijelaskan bahwa gaya tarik pada angkur harus lebih kecil dari kekuatan nominal angkur.

Digunakan tulangan $\emptyset 10$, $A_s = 78,6 \text{ mm}^2$

$$N_{sa} = A_{se} \times F_{uta} = 78,6 \times 370$$

$$N_{sa} = 29071,429 \text{ N} = 2907,1429 \text{ kg} > P = 234,91 \text{ kg}$$

Menurut SNI:03:2847:2013 lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ($K_c = 10$, Angkur cor didalam) maka

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left[\frac{Nb}{K_c \lambda_a \sqrt{f_c}} \right]^2} = \sqrt[3]{\left[\frac{6664}{10 \cdot 1 \cdot \sqrt{12}} \right]^2}$$

$$h_{ef} = 33,324 \text{ mm}$$

dengan

$$\lambda_a = 1 \quad \lambda = 1 \times 1 = 1$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal)

$\lambda_a =$ kegagalan beton angkur yang dicor didalam

Menurut SNI 03 2847 2013 lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ($K_c = 10$, Angkur cor didalam) maka

$$h_{ef} = \frac{Nb}{K_c \lambda_a \sqrt{f_c}} = \frac{6664}{10 \cdot 1 \cdot 12}$$

$$h_{ef} = 33,324 \text{ mm}$$

dengan

$$\lambda_a = 1 \quad \lambda = 1 \times 1 = 1$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

λ_a = kegagalan beton angkur yang dicor didalam

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dapat dipasang sedalam 40 mm dari permukaan pelat pracetak

$$h_{ef} = 40 \text{ mm}$$

Menurut PCI Handbook 7th Edition fig.6.5.1 panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{40}{0,7} = 57,1 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 \quad h_{ef} = 1,5 \times 40 = 60 \text{ mm}$$

Maka digunakan $d_e = 60 \text{ mm}$

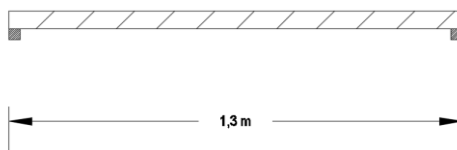
2. Kontrol Tegangan saat Penumpukan

Penumpukan pelat pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur beton 3 hari

$$f_{ci \text{ 3 hari}} = 12 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_{ci \text{ 3 hari}}} = 0,7 \times \sqrt{12} = 2,42 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat penumpukan ditambahkan koefisien beban 1,2 berat sendiri pelat dan 1,6 beban hidup pekerja

$$q_u = 1,2 \times 168 \times 1,8 = 362,88 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 363 \text{ kg/m} \times 1,25 \text{ m} + \frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 1,25 \text{ m}$$

$$M = 137,38 \text{ kgm} = 13738 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} a t = \frac{1}{6} \times 1,8 \times \frac{70}{1000} = 0,0015 \text{ m}^3$$

$$W = 0,0015 \text{ m}^3 = 1470 \text{ cm}^3$$

* **Kontrol tegangan**

$$\sigma = \frac{M'}{W} = \frac{13738}{1470} = 9,3452 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 9,35 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,2 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

* **Kontrol Jumlah Penumpukan**

Digunakan penyangga dari balok kayu 5/5

luas bidang kontak,

$$A = 0,05 \times 1,8 = 0,09 \text{ m}^2 = 90000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{P}{2} = \frac{1,2 \times 168 \times 1,8 \times 1,25 + 1,6 \times 133}{2}$$

$$\frac{P}{2} = \frac{454 + 213}{2} = 333,2 \text{ kg} = 3332 \text{ N}$$

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{1}{A} = \frac{3332}{90000} = 0,037 \text{ Mpa}$$

Jumlah penumpukan

$$n = \frac{f_r}{f \text{ SF}} = \frac{2,42}{0,037 \times 3} = 21,833 \approx 22 \text{ tumpukan}$$

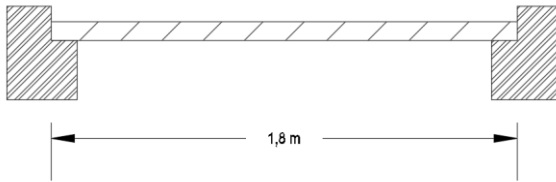
3. Kontrol Tegangan saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan saat beton berumur 7 hari

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,7 \times \sqrt{19,5} = 3,09 \text{ MPa}$$

$$f_r = 3,09 \text{ Mpa} = 30,9 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat pemasangan ditambahkan koefisien beban 1,2DL dan 1,6LL sehingga berat sendiri pelat

$$q_u = 1,2 \times 168 \times 1,25 = 252 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 252 \text{ kg/m} \times 1,8 \text{ m} +$$

$$\frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 1,8 \text{ m}$$

$$M = 197,82 \text{ kgm}$$

$$M = 197,82 \text{ kgm} = 19782 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} a t = \frac{1}{6} \times 1,25 \times \frac{70}{1000} = 0,001 \text{ m}^3$$

$$W = 0,001 \text{ m}^3 = 1020,8 \text{ cm}^3$$

* **Kontrol tegangan**

$$\sigma_x = \frac{M}{W} = \frac{19782}{1020,8} = 19,378 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_x = 19,4 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,9 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(OK)}$$

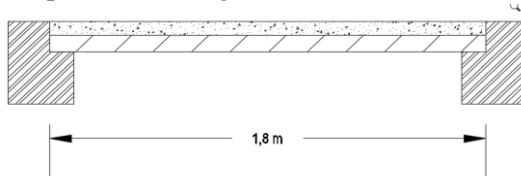
4. Kontrol Tegangan saat Pengecoran

Pemasangan pelat pracetak dilakukan saat beton berumur 7 hari

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,7 \times \sqrt{19,5} = 3,09 \text{ MPa}$$

$$f_r = 3,09 \text{ Mpa} = 30,9 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat pengecoran ditambahkan koefisien beban 1,2DL dan 1,6LL sehingga berat sendiri pelat

$$q_u = 1,2 \times 317 \times 1,25 = 475,2 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 475 \times 1,8 + \frac{1}{4} \times 213 \times 1,8$$

$$M = 288,22 \text{ kgm} = 28822 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} a t = \frac{1}{6} \times 1,25 \times \frac{120}{1000} = 0,003 \text{ m}^3$$

$$W = 0,003 \text{ m}^3 = 3000 \text{ cm}^3$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{28822}{3000} = 9,6072 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 9,61 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,9 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

5. Kontrol Lendutan

• Sebelum Komposit

Data perencanaan,

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \text{tebal pelat} &= 70 \text{ mm} \\
 \text{lebar pelat} &= 1250 \text{ mm} \\
 \text{Panjang pelat} &= 1800 \text{ mm} \\
 I_x &= 35729166,67 \text{ mm}^4 \\
 Q_u &= 210 \text{ kg/m} = 2,10 \text{ N/mm} \\
 E &= 20754,64 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan lendutan

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{1800}{360} = 5 \text{ mm} \\
 \Delta &= \frac{5}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I} \\
 \Delta &= \frac{5 \times 2,10 \times 1800^4}{384 \times 20754,64 \times 35729166,67} \\
 \Delta &= 0,39 \text{ mm} < 5 \text{ mm} = \Delta_{ijin} \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

• Sesudah Komposit

Data perencanaan,

$$\begin{aligned}
 f_c &= 30 \text{ Mpa} \\
 \text{tebal pelat} &= 120 \text{ mm} \\
 \text{lebar pelat} &= 1250 \text{ mm} \\
 \text{Panjang pelat} &= 1800 \text{ mm} \\
 I_x &= 180000000 \text{ mm}^4 \\
 Q_u &= 360 \text{ kg/m} = 3,60 \text{ N/mm} \\
 E &= 25742,96 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan lendutan

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{1800}{360} = 5 \text{ mm} \\
 \Delta &= \frac{1}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I} \\
 \Delta &= \frac{1 \times 3,60 \times 1800^4}{384 \times 25742,96 \times 180000000} \\
 \Delta &= 0,02 \text{ mm} < 5 \text{ mm} = \Delta_{ijin} \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

6. Kontrol Retak

• Sebelum Komposit

Data perencanaan,

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$fr = 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,62 \times 1 \times \sqrt{19,5} = 2,74 \text{ MPa}$$

$$\text{tebal pelat} = 70 \text{ mm}$$

$$\text{lebar pelat} = 1250 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pelat} = 1800 \text{ mm}$$

$$I_x = 35729166,67 \text{ mm}^4$$

$$M_{ulx} = 67,74 \text{ kgm} = 0,68 \text{ kNm}$$

$$M_{uly} = 249,72 \text{ kgm} = 2,5 \text{ kNm}$$

$$M_{max} = 2,50 \text{ kN}$$

Momen Retak

$$M_{cr} = fr \times \frac{I_g}{c} = 2,74 \times \frac{35729167}{35} = 2794884,3 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 2,79 \text{ kNm} > M_u = 2,50 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

• Sesudah Komposit

Data perencanaan,

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$fr = 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f_c} = 0,62 \times 1 \times \sqrt{30} = 3,4 \text{ MPa}$$

$$\text{tebal pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{lebar pelat} = 1250 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pelat} = 1800 \text{ mm}$$

$$I_x = 180000000 \text{ mm}^4$$

$$M_{ulx} = 96,77 \text{ kgm} = 0,97 \text{ kNm}$$

$$M_{utx} = 207,78 \text{ kgm} = 2,08 \text{ kNm}$$

$$M_{max} = 2,08 \text{ kN}$$

Momen Retak

$$M_{cr} = fr \times \frac{I_g}{c} = 3,4 \times \frac{180000000}{60} = 10187640 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 10,2 \text{ kNm} > M_u = 2,08 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

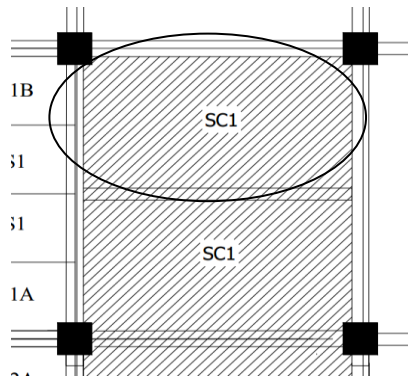
5.1.2.2 Tipe Pelat SC1 dan SC2 (Cor Insitu)

A. Bentang Bersih Dimensi Pracetak

$$p_{\text{slab}} = 500 \text{ cm}$$

$$l_{\text{slab}} = 275 \text{ cm}$$

$$l_{\text{balok}} = 30 \text{ cm}$$



$$l_y = 500 - \left(2 \times \frac{30}{2} \right) = 470 \text{ cm}$$

$$l_x = 275 - \left(2 \times \frac{30}{2} \right) = 245 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{470}{245} = 1,92 < 2 \quad \text{pelat 2 arah}$$

B. Data Perencanaan

Data Perencanaan Umum :

- tebal pelat = 12 cm
- Tebal decking = 20 mm (2847/13 Ps7.7.1)
- Diameter tulangan = 10 mm
- f_c beton = 30 Mpa
- f_y baja = 240 Mpa
- syarat agregat maksimum = 16 mm

Data perencanaan pembebanan :

- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Penggantung + Plafond = 21,9 kg/m²
- Keramik = 20,5 kg/m²

- Spesi	=	20	kg/m ²
- ME	=	19	kg/m ²
- Pekerja	=	133	kg
- Lantai Lobby Asrama	=	488	kg/m ²

C. Pembebanan

* **Beban Mati (DL)**

Berat Pelat	=	0,12 x 2400	=	288	kg/m ²
Penggantung + Plafond	=		=	21,9	kg/m ²
Keramik	=		=	20,5	kg/m ²
Spesi	=		=	20	kg/m ²
ME	=		=	19	kg/m ²
Total DL	=		=	369	kg/m ²

* **Beban Hidup (LL)**

Lantai Lobby	=	488	kg/m ²
--------------	---	-----	-------------------

* **Beban Ultimate (qu)**

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \times DL + 1,6 \times LL \\
 &= 1,2 \times 369 + 1,6 \times 488 \\
 &= 1224 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

D. Penulangan Pelat

SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 tentang β_1

dengan $f_c' = 30$ Mpa dan $f_y = 240$ Mpa

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right) \\
 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \\
 &= 0,8357
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (Ps. B.8.4.2 dan Ps. 10.3) mencari rasio tulangan maksimum terhadap penampang beton sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 30}{240} \times \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,0634\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,06 = 0,0476$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 tentang ρ_{\min} dan menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2 untuk rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) mencari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{30}}{240} = 0,0057$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0058$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,4118$$

● Mencari Momen dan Geser

* Momen Ultimate

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat 2 arah yang meninjau arah X (arah pendek pelat) dan arah Y (arah panjang pelat) sesuai dengan PBB1 1971 .

Dikarenakan pelat yang direncanakan terjepit penuh pada keempat sisinya maka pada PBB1 1971 tabel 13.3.1 pelat termasuk pada tipe 2

$$M_{lx} = 0,001 \times q \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = 0,001 \times q \times L_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = -0,001 \times q \times L_x^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q \times L_x^2 \times X$$

$$q_u = 1224 \text{ kg/m}^2$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{470}{245} = 1,92 \quad \text{dengan melihat tabel 13.3.1 maka}$$

$$M_{ulx} = 0,001 \times 1224 \text{ kg/m}^2 \times (2,45 \text{ m})^2 \times 40$$

$$M_{ulx} = 293,9 \text{ kgm}$$

$$M_{uly} = 0,001 \times 1224 \text{ kg/m}^2 \times (2,45 \text{ m})^2 \times 12$$

$$M_{uly} = 88,17 \text{ kgm}$$

$$M_{utx} = 0,001 \times 1224 \text{ kg/m}^2 \times (2,45 \text{ m})^2 \times 83$$

$$M_{utx} = 609,85 \text{ kgm}$$

$$M_{uty} = 0,001 \times 1224 \text{ kg/m}^2 \times (2,45 \text{ m})^2 \times 57$$

$$M_{uty} = 418,81 \text{ kgm}$$

* **Geser Ultimate**

$$V_{uy} = \frac{1}{2} q L$$

$$V_{uy} = \frac{1}{2} \times 1224 \text{ kg/m}^2 \times 4,7 \text{ m}$$

$$V_{uy} = 2876,6 \text{ kg} = 28,766 \text{ KN}$$

$$V_{ux} = \frac{1}{2} q L$$

$$V_{ux} = \frac{1}{2} \times 1224 \text{ kg/m}^2 \times 2,45 \text{ m}$$

$$V_{ux} = 1499,5 \text{ kg} = 14,995 \text{ KN}$$

● **Penulangan Pelat**

Arah X (Bentang Pendek)

* **Tulangan Lapangan Arah X**

$$M_{ulx} = 294 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - \left[20 + \frac{1}{2} \times 10 \right] = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{293,9 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,36 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,36}{240}} \right] = 0,0015$$

$$\rho = 0,0015$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0015 < \rho_{\max} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0015 = 0,002$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 192 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{192} \times 1000 = 408 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 360 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 261,9 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times \left(95 - \frac{2,46}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 5304561,8 \text{ Nmm} = 530 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 530 \text{ kgm} > M_u = 294 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

*** Tulangan Tumpuan Arah X**

$$M_{\text{utx}} = 610 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - \left(20 + \frac{1}{2} \times 10 \right) = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{609,85 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,75 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,75}{240}} \right] = 0,0032$$

$$\rho = 0,0032$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0032 < \rho_{\max} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0032 = 0,0042$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0042 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 402 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{402} \times 1000 = 195 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 195 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 100$ mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{Ab}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{100} \times 1000 = 785,71 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{785,71 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 7,39 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 786 \times 240 \times \left(95 - \frac{7,39}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 15495342 \text{ Nmm} = 1550 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 1550 \text{ kgm} > M_u = 610 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

* **Periksa Terhadap Syarat Geser Arah X**

$$V_{ux} = 1499,5 \text{ kg} = 14,995 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 95$$

$$\emptyset V_c = 66343 \text{ N} = 66,3 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c = \frac{1}{2} 66,3 = 33,2 \text{ KN} > V_u = 15 \text{ KN} \text{ (OK)}$$

Arah Y (Bentang Panjang)

* **Tulangan Lapangan Arah Y**

$$M_{uly} = 88,2 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - \left(20 + \frac{1}{2} \times 10 \right) = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{88,17 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,11 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,11}{240}} \right) = 0,0005$$

$$\rho = 0,0005$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0005 < \rho_{\max} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0005 = 0,0006$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0006 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 57,4 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{57,4} \times 1000 = 1369 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 360 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 261,9 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{261,9 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 2,46 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 262 \times 240 \times \left(95 - \frac{2,46}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 5304561,8 \text{ Nmm} = 530 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 530 \text{ kgm} > M_u = 88,2 \text{ kgm (OK)}$$

*** Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$M_{uty} = 419 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 120 - \left(20 + \frac{1}{2} \times 10 \right) = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{418,81 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,52 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{9,41} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,52}{240}} \right] = 0,0022$$

$$\rho = 0,0022$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 > \rho = 0,0022 < \rho_{\max} = 0,0476$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0022 = 0,0029$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0029 \times 1000 \times 95$$

$$A_s = 275 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\phi 10$ maka $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{275} \times 1000 = 286 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 286 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 392,86 \text{ mm}^2$$

* **Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{392,86 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1000} = 3,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 393 \times 240 \times \left(95 - \frac{3,7}{2} \right) \\ &= 7904549,8 \text{ Nmm} = 7905 \text{ kgm} < M_u \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

* **Periksa Terhadap Syarat Geser Arah Y**

$$V_{uy} = 2876,6 \text{ kg} = 28,766 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = \phi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 95$$

$$\phi V_c = 66343 \text{ N} = 66,3 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} 66,3 = 33,2 \text{ KN} > V_u = 28,8 \text{ KN} \quad \text{(OK)}$$

Kontrol Lendutan

Data perencanaan,

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{tebal pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{lebar pelat} = 2750 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pelat} = 5000 \text{ mm}$$

$$I_x = 396000000 \text{ mm}^4$$

$$Q_u = 3366,2 \text{ kg/m} = 33,66 \text{ N/mm}$$

$$E = 25742,96 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{5000}{360} = 13,9 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{1}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I}$$

$$\Delta = \frac{1 \times 33,66 \times 5000^4}{384 \times 25742,96 \times 396000000}$$

$$\Delta = 5,37 \text{ mm} < 13,9 \text{ mm} = \Delta_{ijin} \quad \text{OK}$$

Kontrol Retak

Data perencanaan,

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f_c} = 0,62 \times 1 \times \sqrt{30} = 3,4 \text{ MPa}$$

$$\text{tebal pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{lebar pelat} = 2750 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pelat} = 5000 \text{ mm}$$

$$I_x = 396000000 \text{ mm}^4$$

$$M_{ulx} = 293,90 \text{ kgm} = 2,94 \text{ kNm}$$

$$M_{utx} = 609,85 \text{ kgm} = 6,1 \text{ kNm}$$

$$M_{max} = 6,10 \text{ kN}$$

Momen Retak

$$M_{cr} = f_r \times \frac{I_g}{c} = 3,4 \times \frac{396000000}{60} = 22412807 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 22,4 \text{ kNm} > M_u = 6,10 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

Penulangan Pelat yang Terpasang

Tipe	Keadaan	Tulangan Lentur							
		Arah X (Pendek)			Arah Y (Panjang)				
S2	1	∅	10	-	300	∅	10	-	200
	2	∅	10	-	300	∅	10	-	300
	3	∅	10	-	200	∅	10	-	200
	4	∅	10	-	200	∅	10	-	200
SC1	2	∅	10	-	200	∅	10	-	200
	4	∅	10	-	200	∅	10	-	200
SC2	2	∅	10	-	200	∅	10	-	200
	4	∅	10	-	200	∅	10	-	200

Keterangan :

Keadaan 1 : sebelum komposit

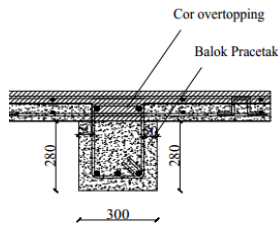
Keadaan 2 : setelah komposit

Keadaan 3 : akibat pengangkatan

Keadaan 4 : tulangan yang terpasang

5.2 Balok Anak

Dalam perhitungan penulangan pada balok anak pracetak melalui tiga tahapan keadaan yaitu sebelum komposit, sesudah komposit dan saat pengangkatan. Lalu dipilih yang paling kritis dari ketiga tahapan tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat 2 dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit



Gambar Potongan balok anak

A. Bentang Bersih Dimensi Pracetak

Bentang bersih, l_n ,

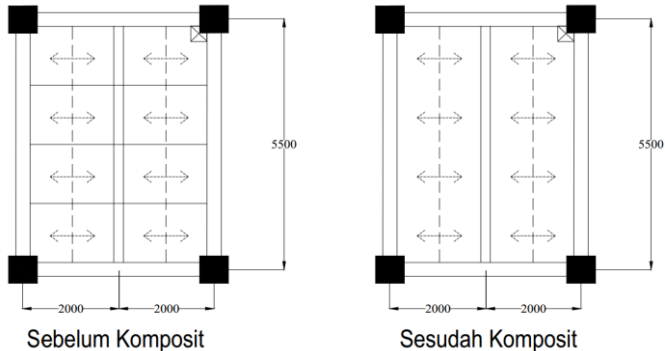
$$l_n = 550 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 520 \text{ cm}$$

B. Data Perencanaan

l	=	5200	mm	
bw	=	300	mm	
d_1	=	280	mm	
d_2	=	400	mm	
decking	=	50	mm	
fc beton	=	30	Mpa	
fy baja tul. Utama	=	390	Mpa	
fy baja sengkang	=	240	Mpa	
tul. Lentur	=	16	mm	
tul. Geser	=	10	mm	
BJ beton	=	2400	kg/m ³	
tebal pelat	=	120	mm	
Dimensi Pelat	=	2000	mm	x 1300 mm
Tebal Pelat	=	120	mm	
Beban Pekerja	=	133	kg	
Beban Hunian	=	192	kg/m ²	
Berat	=	1497,6	kg	

C. Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah beban sendiri pada balok anak dan distribusi beban merata dari pelat. Distribusi pembebanan setelah komposit merupakan pelat satu arah yang mana beban yang terjadi adalah beban persegi panjang yang terbagi menjadi 2 (sisi kanan dan sisi kiri)



Gambar Distribusi Pembebanan Balok Anak

1. Sebelum Komposit

Pada kondisi ini topping terpasang namun belum berkomposit.

* **Beban Mati**

$$\begin{aligned}\text{Beban sendiri} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,28 \text{ m} \\ &= 202 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban pelat} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,12 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 576 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\text{Beban total (DL)} = 778 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \times 778 \text{ kg/m} = 933 \text{ kg/m}$$

* **Beban Hidup**

$$\text{beban pekerja} = 133 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 \text{ kg} = 213 \text{ kg}$$

2. Sesudah Komposit

* **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,30 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \\ &= 288 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,12 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 576 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penggantung +} & \\ \text{Plafond} &= 21,9 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 43,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Keramik} = 20,5 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 41 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 20 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 40 \text{ kg/m}$$

$$\text{ME} = 19 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 38 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban total (DL)} = 1026,8 \text{ kg/m}$$

* **Beban Hidup**

$$\text{Beban hunian} : 192 \text{ kg/m}^2 \times 2,0 \text{ m} = 384 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Beban total (LL)} = 384 \text{ Kg/m}$$

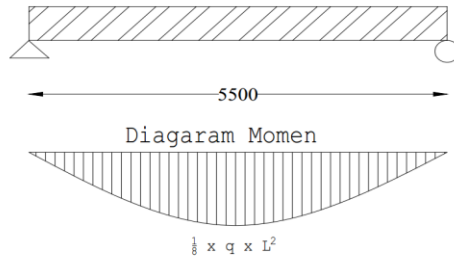
* **Beban Ultimate**

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \times \text{DL} + 1,6 \times \text{LL} \\ &= 1,2 \times 1027 + 1,6 \times 384 = 1846,6 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

D. Perhitungan Momen dan Geser

1. Sebelum Komposit

Asumsi sebelum komposit saat pemasangan pracetak menggunakan asumsi balok 2 tumpuan sederhana



$$M_{u \text{ lap}} = \frac{1}{8} \times q_u \times l^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times l$$

$$M_{u \text{ lap}} = \frac{1}{8} \times 933 \times 5,2^2 + \frac{1}{4} \times 213 \times 5,2$$

$$M_{u \text{ lap}} = 3430,6 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ max}} = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 933,12 \text{ kg/m} \times 5,2 \text{ m}$$

$$V_{u \text{ max}} = 2426,1 \text{ Kg}$$

2. Sesudah Komposit

$$M_{u \text{ lap}} = \frac{1}{8} \times q_u \times l^2 = \frac{1}{8} \times 1846,6 \text{ kg/m} \times (5,2 \text{ m})^2$$

$$M_{u \text{ lap}} = 6241,4 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ max}} = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 1846,6 \text{ kg/m} \times 5,2 \text{ m}$$

$$V_{u \text{ max}} = 4801,1 \text{ Kg}$$

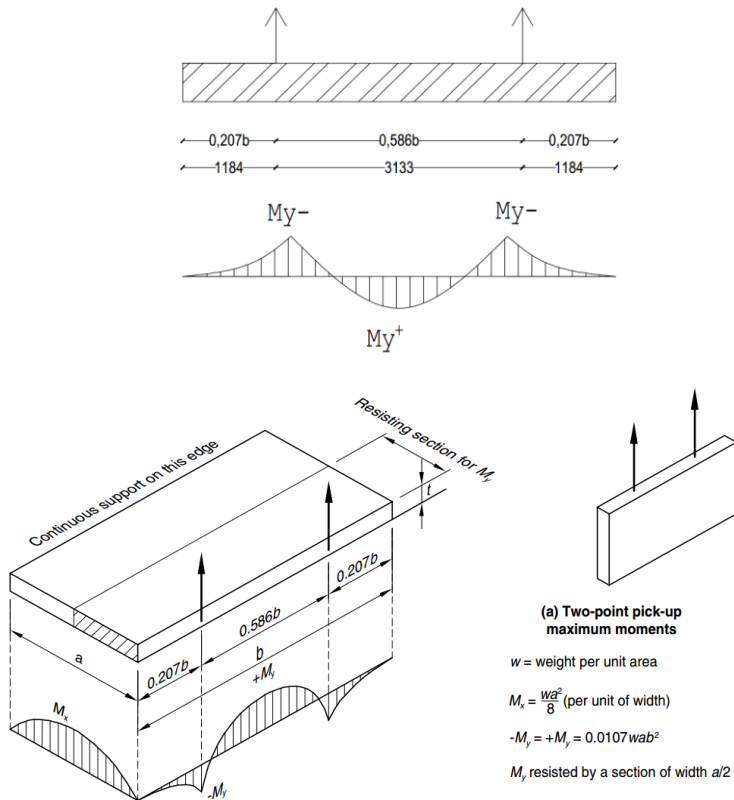
3. Saat Pengangkatan

Sesuai PCI 7th Edition Chapter 8 fig.8.3.1

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

$$b = \text{panjang} = 5,2 \text{ m}$$

$$a = \text{tinggi} = 0,28 \text{ m}$$



w = BJ Beton x lebar balok

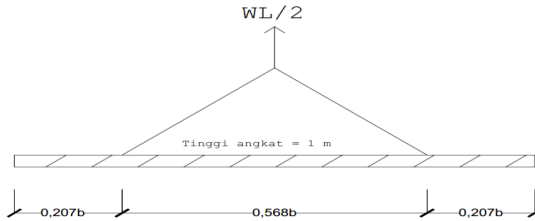
$$w = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} = 720 \text{ kg/m}^2$$

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

$$M_y^+ = M_y^- = 0,0107 \times 720 \text{ kg/m}^2 \times 0,28 \text{ m} \times [5,2 \text{ m}]^2$$

$$M_y^+ = M_y^- = 58,329 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat pengangkatan 45°



$$My' = \frac{P \times y_c}{\tan \theta} = \frac{w \times a \times b \times y_c}{\tan \theta},$$

$$y_c = \frac{1}{2} l_{\text{balok}} = \frac{1}{2} 300 = 150 \text{ mm}$$

$$My' = \frac{720 \text{ kg/m}^2 \times 0,28 \text{ m} \times 5,2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}}{\tan 45}$$

$$My' = 157 \text{ kgm}$$

$$M_{y \text{ total}} = My + My' = 58,3 \text{ kgm} + 157 \text{ kgm}$$

$$M_{y \text{ total}} = 215,58 \text{ kgm} = 21558 \text{ kgcm}$$

E. Penulangan Balok Anak

1. Penulangan Lentur

SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 tentang β_1

dengan $f_c' = 30$ Mpa dan $f_y = 390$ Mpa

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right) \\ &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \\ &= 0,8357\end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (Ps. B.8.4.2 dan Ps. 10.3) mencari rasio tulangan maksimum terhadap penampang beton sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,0331 \\ \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,03 = 0,0248\end{aligned}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 tentang ρ_{\min} dan menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2 untuk rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) mencari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036 \\ \rho_{\min} &= \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{30}}{390} = 0,0035\end{aligned}$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0036$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294$$

a. Tulangan lentur Sebelum Komposit

$$M_u = 3430,6 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 280 - \left(50 + 10 + \frac{1}{2} 16 \right) = 212 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3430,6 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 212^2} = 2,83 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 2,83}{390}} \right) = 0,0077$$

$$\rho = 0,0077$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,0077 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0077 \times 300 \times 212$$

$$A_s = 490 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 16 maka $A_b = 201,14 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{490}{201} = 2,44 \approx 3$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 3 \times 201 = 603,43 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{280 - 2 \times 50 - 3 \times 16}{3 - 1} = 66 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 66 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

*** Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{603,43 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 30,8 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{30,8}{0,84} = 36,8 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 212 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{212 - 36,8}{36,81} \right) \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0143 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{36,8}{212} = 0,17 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 603 \times 390 \times \left(212 - \frac{30,8}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 41644470 \text{ Nmm} = 4164,4 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 4164,4 \text{ kgm} > M_u = 3431 \text{ kgm (OK)}$$

Maka dipakai tulangan lapangan 3 D 16

Menurut SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.1 dipasang paling sedikit 2 batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah

Maka dipakai tulangan atas 2 D 16

b. Tulangan Lentur Sesudah Komposit

$$M_u = 6241,4 \text{ kgm}$$

maka dipilih yang paling kritis $M_u = 6241,4 \text{ kgm}$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 400 - \left(50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \right) = 332 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{6241,4 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 332^2} = 2,1 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 2,1}{390}} \right] = 0,0056$$

$$\rho = 0,0056$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,0056 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0056$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0056 \times 300 \times 332$$

$$A_s = 560 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 16 maka $A_b = 201,14 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{560}{201} = 2,78 \approx 3$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 3 \times 201 = 603,43 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{400 - 2 \times 50 - 3 \times 16}{3 - 1} = 126 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 126 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{(OK)}$$

Periksa Kuat Momen Rencana sesuai Tulangan Terpasang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{603,43 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 30,8 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{30,8}{0,84} = 36,8 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 332 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{332 - 36,8}{36,81} \right) \times 0,003 = 8,02$$

$$\epsilon_t = 0,0241 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{36,8}{332} = 0,11 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 603 \times 390 \times \left(332 - \frac{30,8}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 67060881 \text{ Nmm} = 6706,1 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 6706,1 \text{ kgm} > M_u = 6241 \text{ kgm (OK)}$$

Maka dipakai tulangan lapangan 3 D 16

Menurut SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.1 dipasang paling sedikit 2 batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah

Maka dipakai tulangan tumpuan atas 2 D 16

c. Tulangan Lentur saat Pengangkatan

$$M_u = 215,58 \text{ kgm}$$

maka dipilih yang paling kritis $M_u = 215,58 \text{ kgm}$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 280 - \left(50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \right) = 212 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{215,58 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 212^2} = 0,18 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,18}{390}} \right] = 0,0005$$

$$\rho = 0,0005$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 > \rho = 0,0005 < \rho_{\max} = 0,0248$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0005 = 0,0006$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0006 \times 300 \times 212$$

$$A_s = 38,8 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 16 maka $A_b = 201,14 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{38,8}{201} = 0,19 \approx 1 \approx 2$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 2 \times 201 = 402,29 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{280 - 2 \times 50 - 2 \times 16}{2 - 1} = 148 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 148 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Periksa Kuat Momen Rencana sesuai Tulangan Terpasang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{402,29 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 20,5 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{20,5}{0,84} = 24,5 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 212 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{212 - 24,5}{24,54} \right) \times 0,003 = 7,64$$

$$\epsilon_t = 0,0229 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{24,5}{212} = 0,12 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 402 \times 390 \times \left(212 - \frac{20,5}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 28486948 \text{ Nmm} = 2848,7 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 2848,7 \text{ kgm} > M_u = 216 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$$

2. Penulangan Geser

a. Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$V_u = 2426,11 \text{ kg} = 24,261 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = \phi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 300 \times 212$$

$$\phi V_c = 44415 \text{ N} = 44,4 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} 44,4 = 22,2 \text{ KN} < V_u = 24,3 \text{ KN}$$

Masuk kriteria

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

Maka cukup hanya dibutuhkan tulangan geser minimum

Digunakan tulangan geser $\phi 10$ - 2 kaki maka $A_v = 157 \text{ mm}^2$ pada jarak maksimum dipilih yang terkecil antara

$$s_3 = \frac{A_f \times f_{yt}}{0,35 \times b_w} = \frac{157 \times 240}{0,35 \times 300} = 359 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 359 \text{ mm}$$

maka dipakai tulangan geser 2 $\phi 10$ - 300 mm

b. Tulangan Geser Sesudah Komposit

$$V_u = 4801,06 \text{ kg} = 48,011 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = \phi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 300 \times 332$$

$$\phi V_c = 69555 \text{ N} = 69,6 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} 69,6 = 34,8 \text{ KN} < V_u = 48 \text{ KN}$$

Masuk kriteria

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

Maka cukup hanya dibutuhkan tulangan geser minimum

Digunakan tulangan geser $\phi 10$ - 2 kaki maka $A_f = 157 \text{ mm}^2$

pada jarak maksimum dipilih yang terkecil antara

$$s_2 = \frac{d}{2} = \frac{332}{2} = 166 \text{ mm}$$

$$s_3 = \frac{A_f \times f_{yt}}{0,35 \times b_w} = \frac{157 \times 240}{0,35 \times 300} = 359 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 166 \text{ mm}$$

maka dipakai tulangan geser 2 \emptyset 10 - 150 mm

F. Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Balok Anak

Penulangan balok yang dipakai adalah penulangan yang paling kritis dari ketiga keadaan diatas (keadaan sebelum komposit, akibat pengangkatan dan setelah komposit)

Keadaan 1 : sebelum komposit

Keadaan 2 : setelah komposit

Keadaan 3 : akibat pengangkatan

Keadaan 4 : tulangan terpasang

Tipe	Keadaan	Tulangan					
		Lentur				Geser	
		Atas		Bawah			
BA1	1	2 D	16	3 D	16	2 \emptyset	10 - 300
	2	2 D	16	3 D	16	2 \emptyset	10 - 150
	3	2 D	16	2 D	16	2 \emptyset	10 - 150
	4	2 D	16	3 D	16	2 \emptyset	10 - 150

G. Kontrol Elemen Pracetak

Dalam tugas akhir ini balok anak menggunakan metode pracetak sehingga beberapa tinjauan dan kontrol harus diperhitungkan. Berikut data umum perencanaannya :

Mutu Baja, f_y	=	390 MPa
Mutu Baja, f_u	=	559 MPa
Mutu beton, f_c	=	30 MPa
Mutu beton, f_c (3 hari)	=	$0,4 \times f_c = 0,4 \times 30$ MPa
	=	12 MPa (PBBI ps.4.1)
Mutu beton, f_c (7 hari)	=	$0,65 \times f_c = 0,65 \times 30$ MPa
	=	19,5 MPa
Mutu beton, f_c (14 hari)	=	$0,88 \times f_c = 0,88 \times 30$ MPa
	=	26,4 MPa
Berat jenis beton	=	2400 kg/m ³

Beberapa kontrol yang ditinjau pada komponen pracetak yaitu :

- * Kontrol pengangkatan
- * Kontrol penumpukan
- * Kontrol pemasangan
- * Kontrol pengecoran

Menghitung beban total komponen balok induk pracetak :

$$\text{Panjang bersih} = 5200 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok, } b_w = 300 \text{ mm}$$

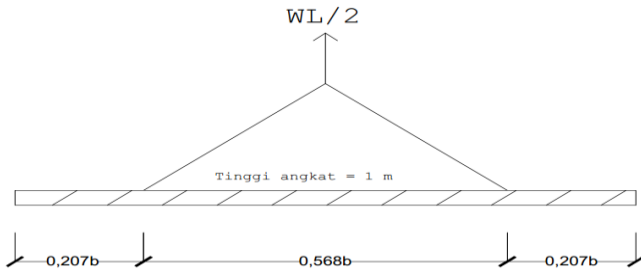
$$\text{tinggi balok, } h = 280 \text{ mm}$$

sehingga

$$q = 0,3 \times 0,28 \times 2400 = 202 \text{ kg/m}$$

$$w = q_u \times L = 202 \times 5,2 = 1048 \text{ kg}$$

1 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan



Pengangkatan Balok Anak Pracetak menggunakan 2 titik angkat pada saat beton umur 3 hari sehingga :

$$f_{ci \text{ 3hari}} = 12 \text{ Mpa}$$

Tegangan ijin

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 3hari}}} = 0,62 \times \sqrt{12} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,15 \text{ MPa} = 21,5 \text{ kg/cm}^2$$

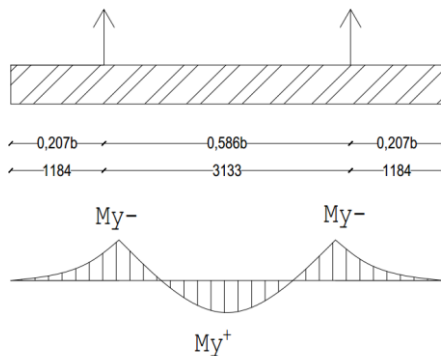
Menghitung Momen Pengangkatan

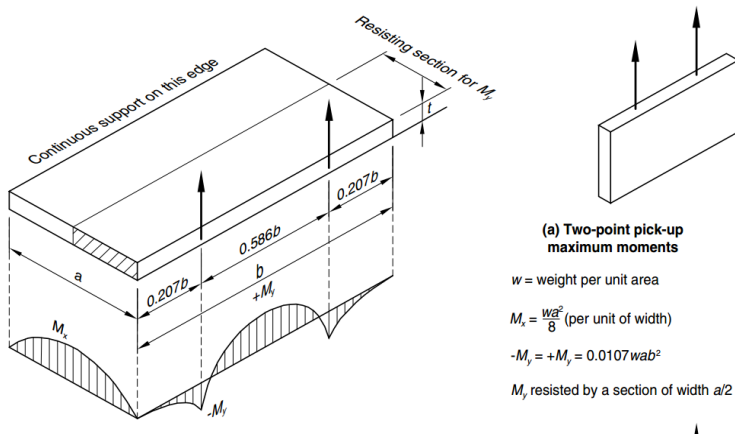
Sesuai PCI 7th Edition Chapter 8 fig.8.3.1

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

$$b = \text{panjang} = 5,2 \text{ m}$$

$$a = \text{tinggi} = 0,28 \text{ m}$$





w = BJ Beton x lebar balok

$$w = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} = 720 \text{ kg/m}^2$$

Sesuai PCI Handbook 7th Edition fig²8.3.4 terdapat 2 titik angkat dan sudut pengangkatan sebesar 60° dan faktor kejut akibat pengangkatan pada tabel 8.3.1 sehingga harus dikalikan faktor pengali

$$\text{Faktor tali sling } 60^\circ = 1,16 \quad (\text{PCI Ps.8.3.4})$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 \quad (\text{PCI Ps.8.3.4})$$

$$w = 720 \times 1,16 \times 1,5 = 1252,8 \text{ kg/m}^2$$

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

$$M_y^+ = M_y^- = 0,0107 \times 1253 \text{ kg/m}^2 \times 0,28 \text{ m} \times \left[5,2 \text{ m} \right]^2$$

$$M_y^+ = M_y^- = 101,49 \text{ kgm} = 10149 \text{ kgcm}$$

Momen Tahanan

Sesuai PCI 7th edition

M_y ditahan oleh penampang selebar $a/2$

$$W_y = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2 = \frac{1}{6} \times \frac{0,28}{2} \times \left(\frac{300}{1000} \right)^2$$

$$W_y = 0,0021 \text{ m}^3 = 2100 \text{ cm}^3$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{10149}{2100} = 4,83 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 4,83 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 21,5 \text{ kg/cm}^2 \quad (\mathbf{OK})$$

Maka tegangan beton saat pengangkatan sudah memenuhi, sehingga diberikan tulangan minimum sebagai berikut :

Data perancangan,

$$\text{Tulangan lentur (-)} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan geser} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Decking top} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Decking side} = 50 \text{ mm}$$

Menentukan tinggi efektif, d

$$d = \text{tinggi balok} - \text{decking} - \text{tulangan lentur}/2$$

$$d = 280 - 20 - 10 / 2 = 255 \text{ mm}$$

Menentukan, m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 12} = 38,235$$

Menentukan kebutuhan tulangan lentur saat pengangkatan,

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{101,49 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 255^2} = 0,06 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{38,2} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 38,2 \times 0,06}{390}} \right] = 0,0001$$

$$\rho = 0,0001$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0001 \times 300 \times 255$$

$$A_s = 11,4 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 10 maka $A_b = 78,571 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{11,4}{78,6} = 0,14 \approx 2$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 2 \times 78,6 = 157,14 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{280 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1} = 160 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 160 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

*** Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{157,14 \times 390}{0,85 \times 12 \times 300} = 20 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 157 \times 390 \times \left(255 - \frac{20}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 13512727 \text{ Nmm} = 1351,3 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 1351,3 \text{ kgm} > M_u = 101 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$$

Maka dipakai tulangan atas 2 D 10

*** Perhitungan Tulangan Angkur Angkat Balok**

Pembebanan

Berat Balok Induk Pracetak

$$w = 1048 \text{ kg}$$

Beban Hidup Pekerja

$$P = 133 \text{ kg}$$

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

$$q_u = 1,2 \times 1048 + 1,6 \times 133$$

$$q_u = 1470,8 \text{ kg} = 14708 \text{ N}$$

Sesuai PCI Handbook 7th Edition fig.8.3.4 terdapat 2 titik angkat dan sudut pengangkatan sebesar 60° dan faktor kejut akibat pengangkatan pada tabel 8.3.1 sehingga harus dikalikan faktor pengali

$$\text{Faktor tali sling } 60^\circ = 1,16 \quad (\text{PCI Ps.8.3.4})$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 \quad (\text{PCI Ps.8.3.4})$$

$$w = 1471 \times 1,16 \times 1,5 = 2559,2 \text{ kg} = 25592 \text{ N}$$

Beban yang diterima 1 titik angkat :

$$P = \frac{w}{n} = \frac{2559,2}{2} = 1279,6 \text{ kg}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.1.2. Untuk Futa tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$Futa = 1,9 f_y = 1,9 \times 390 = 741 \text{ Mpa}$$

$$Futa = 860 \text{ Mpa}$$

Maka digunakan Futa = 559 Mpa

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.1.2 dijelaskan bahwa gaya tarik pada angkur harus lebih kecil dari kekuatan nominal angkur.

$$\text{Digunakan tulangan D } 10 \text{ , } A_s = 78,6 \text{ mm}^2$$

$$N_{sa} = A_{se} \times F_{uta} = 78,6 \times 559$$

$$N_{sa} = 43921,429 \text{ N} = 4392,1429 \text{ kg} > P = 1279,6 \text{ kg}$$

Menurut SNI:03:2847:2013 lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ($Kc = 10$, Angkur cor didalam) maka

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left[\frac{Nb}{Kc \lambda_a \sqrt{f_c}} \right]^2} = \sqrt[3]{\left[\frac{25591,6416}{10 \cdot 1 \cdot \sqrt{12}} \right]^2}$$

$$h_{ef} = 81,722 \text{ mm}$$

dengan

$$\lambda_a = 1 \quad \lambda = 1 \times 1 = 1$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

λ_a = kegagalan beton angkur yang dicor didalam

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dapat dipasang sedalam 90 mm dari permukaan pelat pracetak

$$h_{ef} = 90 \text{ mm}$$

Menurut PCI Handbook 7th Edition fig.6.5.1 panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{90}{0,7} = 129 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 \quad h_{ef} = 1,5 \times 90 = 135 \text{ mm}$$

$$\text{Maka digunakan } d_e = 135 \text{ mm} = 140 \text{ mm}$$

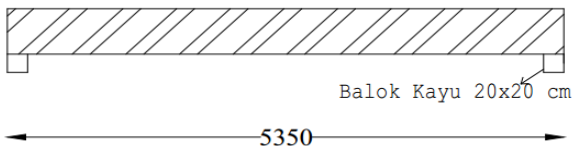
2 Kontrol Tegangan saat Penumpukan

Penumpukan balok anak pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur beton 3 hari

$$f_{ci \text{ 3 hari}} = 12 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 3 hari}}} = 0,62 \times \sqrt{12} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,15 \text{ Mpa} = 21,5 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat penumpukan ditambahkan koefisien beban 1,2 sehingga berat sendiri balok

$$q_u = 1,2 \times 202 = 241,92 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 242 \text{ kg/m} \times (5,2 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 5,2 \text{ m}$$

$$M = 1094,3 \text{ kgm} = 109433 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 0,3 \times \left(\frac{280}{1000}\right)^2 = 0,0039 \text{ m}^3$$

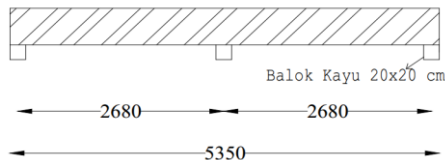
$$W = 0,0039 \text{ m}^3 = 3920 \text{ cm}^3$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{109433}{3920} = 27,917 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 27,9 \text{ kg/cm}^2 > f_r = 21,5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(NOT OK)}$$

Tegangan melampau ijin maka ditambah balok kayu ditengah bentang



$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 242 \text{ kg/m} \times (2,6 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 2,6 \text{ m}$$

$$M = 342,74 \text{ kgm} = 34274 \text{ kgcm}$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{34274}{3920} = 8,7434 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 8,74 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 21,5 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan penyangga dari balok kayu 20/20

luas bidang kontak,

$$A = 0,2 \times 0,3 = 0,06 \text{ m}^2 = 60000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{P}{3} = \frac{1,2 \times 2400 \times 0,3 \times 0,28 \times 5,2 + 1,6 \times 133}{3}$$

$$\frac{P}{3} = \frac{1258 + 213}{3} = 490,26 \text{ kg} = 4902,6 \text{ N}$$

$$f = \frac{P}{3} \times \frac{1}{A} = \frac{4902,6}{60000} = 0,0817 \text{ Mpa}$$

Jumlah penumpukan

$$n = \frac{f_r}{f \text{ SF}} = \frac{2,147743001}{0,0817 \times 3} = 8,7616 \approx 9 \text{ tumpukan}$$

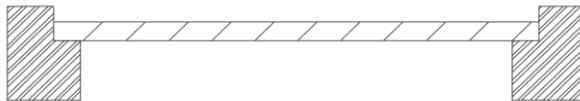
3. Kontrol Tegangan saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan saat beton berumur 7 hari

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,62 \times \sqrt{19,5} = 2,74 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,74 \text{ Mpa} = 27,4 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat pemasangan ditambahkan koefisien beban 1,2DL dan 1,6LL sehingga berat sendiri pelat

$$q_u = 1,2 \times 202 = 241,92 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 242 \text{ kg/m} \times (5,2 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 5,2 \text{ m}$$

$$M = 1094,3 \text{ kgm} = 109433 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 0,3 \times \left(\frac{280}{1000}\right)^2 = 0,0039 \text{ m}^3$$

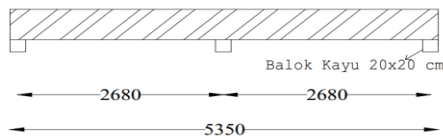
$$W = 0,0039 \text{ m}^3 = 3920 \text{ cm}^3$$

Kontrol tegangan

$$\sigma_x = \frac{M}{W} = \frac{109433}{3920} = 27,917 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_x = 27,9 \text{ kg/cm}^2 > f_r = 27,4 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(NOT OK)}$$

Tegangan melampau ijin maka ditambah ditengah bentang penyangga untuk menopang kekuatan balok anak



$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 242 \text{ kg/m} \times (2,6 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 2,6 \text{ m}$$

$$M = 342,74 \text{ kgm} = 34274 \text{ kgcm}$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{34274}{3920} = 8,7434 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 8,74 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 27,4 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(OK)}$$

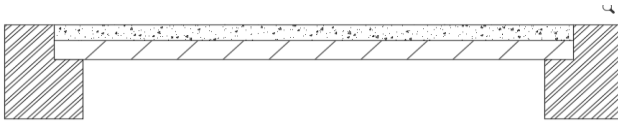
4. Kontrol Tegangan saat Pengecoran

Pemasangan pelat pracetak dilakukan saat beton berumur 7 hari

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,62 \times \sqrt{19,5} = 2,74 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,74 \text{ Mpa} = 27,4 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat pengecoran ditambahkan koefisien beban 1,2DL dan 1,6LL sehingga berat sendiri pelat

$$\text{Berat Balok} = 2400 \times 0,3 \times 0,28 = 201,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Pelat} = 2400 \times 0,12 \times 2 = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Total} = 777,6 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \times 778 = 933 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 933 \times 5,2^2 + \frac{1}{4} \times 213 \times 5,2$$

$$M = 3430,6 \text{ kgm} = 343059 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 0,3 \times \left(\frac{400}{1000} \right)^2 = 0,008 \text{ m}^3$$

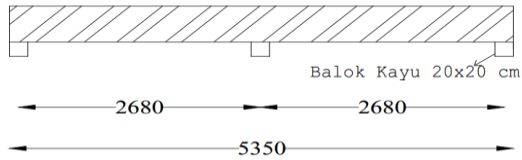
$$W = 0,008 \text{ m}^3 = 8000 \text{ cm}^3$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{343059}{8000} = 42,882 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 42,9 \text{ kg/cm}^2 > f_r = 27,4 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{NOT OK})$$

Tegangan melampau ijin maka ditambah ditengah bentang penyangga untuk menopang kekuatan balok anak



$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 933 \text{ kg/m} \times (2,6 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} \times 933 \text{ kg} \times 2,6 \text{ m}$$

$$M = 1395 \text{ kgm} = 139501 \text{ kgcm}$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{139501}{8000} = 17,438 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 17,4 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 27,4 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

5. Kontrol Lendutan

• Sebelum Komposit

Data perencanaan,

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 0,7 f_c = 0,7 \times 30 = 21 \text{ Mpa}$$

$$\text{tinggi balok} = 280 \text{ mm}$$

$$\text{lebar balok} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang balok} = 5200 \text{ mm}$$

$$I_x = 548800000 \text{ mm}^4$$

$$Q_u = 933,12 \text{ kg/m} = 9,33 \text{ N/mm}$$

$$P_u = 213 \text{ kg} = 2128 \text{ N}$$

$$E = 21538,11 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{5200}{360} = 14,4 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I} + \frac{1}{48} \frac{Pu}{E} \frac{L^3}{I}$$

$$\Delta = \frac{5 \times 9,33 \times 5200^4}{384 \times 21538,11 \times 548800000} + \frac{1 \times 2128 \times 5200^3}{48 \times 21538,11 \times 548800000}$$

$$\Delta = 8,04 \text{ mm} < 14,4 \text{ mm} = \Delta_{ijin} \quad (\text{OK})$$

- **Sesudah Komposit**

Data perencanaan,

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{tinggi balok} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{lebar balok} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang balok} = 5200 \text{ mm}$$

$$I_x = 1600000000 \text{ mm}^4$$

$$Q_u = 1846,6 \text{ kg/m} = 18,47 \text{ N/mm}$$

$$E = 25742,96 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{5200}{360} = 14,4 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I}$$

$$\Delta = \frac{5 \times 18,47 \times 5200^4}{384 \times 25742,96 \times 1600000000}$$

$$\Delta = 4,27 \text{ mm} < 14,4 \text{ mm} = \Delta_{ijin} \quad (\text{OK})$$

Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Balok Anak

Penulangan balok yang dipakai adalah penulangan yang paling kritis dari ketiga keadaan diatas (keadaan sebelum komposit, akibat pengangkatan dan setelah komposit)

Keadaan 1 : sebelum komposit

Keadaan 2 : setelah komposit

Keadaan 3 : akibat pengangkatan

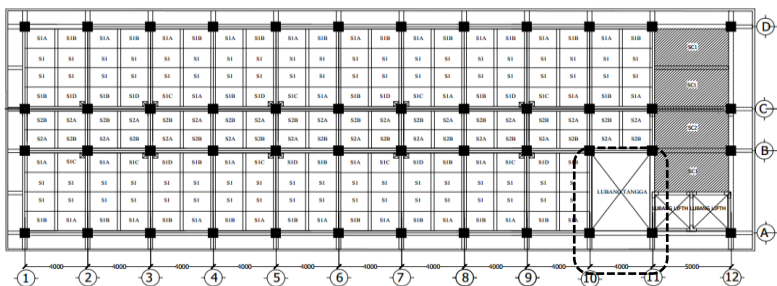
Keadaan 4 : tulangan terpasang

Tipe	Keadaan	Tulangan							
		Lentur				Geser			
		Atas		Bawah					
BA1	1	2 D	16	3 D	16	2 D	10	-	300
	2	2 D	16	3 D	16	2 D	10	-	150
	3	2 D	16	2 D	16	2 D	10	-	300
	4	2 D	16	2 D	16	2 D	10	-	150

5.3 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari elemen konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai satu dengan lantai yang lain. Tangga merupakan elemen penting yang harus ada pada bangunan bertingkat, baik sebagai tangga utama maupun tangga darurat

Dalam perencanaan ini, karena elevasi tiap lantai mempunyai ketinggian dan ukuran yang sama (satu tipe tangga) maka perencanaan tangga dihitung dalam satu perhitungan



Gambar Denah Lokasi Tangga

SNI 03 1746 2000 pasal 5.2.2.1 tentang tangga

Maksimum ketinggian anak tangga adalah 18 cm

Minimum ketinggian anak tangga adalah 10 cm

Kedalaman anak tangga minimum adalah 28 cm

Ketinggian maksimum antar bordes tangga adalah 3,7 m

Menurut Buku Balok dan Pelat Beton Bertulang oleh Ali Asroni halaman 235 :

untuk tangga perumahan dan bangunan gedung pada umumnya, diambil sudut kemiringan antara 30° - 35° , atau kemiringan 1:1,7 sampai 1:1,4. (halaman 235)

Menurut Buku Balok dan Pelat Beton Bertulang oleh Ali Asroni (halaman 237) :

$$2 \times T + I = 61 \text{ sampai } 65 \text{ cm}$$

dengan ,

T = tinggi bidang injakan (optrede)

I = lebar bidang injakan (antrede)

A. Data Perencanaan

Tinggi Lantai	=	400 cm
Tinggian Bordes	=	200 cm
Tebal Pelat Tangga	=	15 cm
Tebal Pelat Bordes	=	15 cm
Panjang Total Tangga	=	550 cm
Lebar Total Tangga	=	400 cm
Lebar Bordes	=	190 cm
Panjang Bordes	=	400 cm
Mutu Beton	=	30 Mpa
Mutu Baja	=	390 Mpa
Beban Hidup	=	479 kg/m ²
Beban Pegangan	=	73 kg/m ²
Berat Jenis Beton	=	2400 kg/m ³
Decking	=	20 mm
Tulangan Lentur	=	16 mm
Tulangan Susut	=	10 mm

Menentukan ukuran anak tangga

Kemiringan tangga

$$\tan \alpha = \frac{T}{I} = \frac{200}{360} = 0,56 \quad , \quad \alpha = 29,1^\circ$$

$$\text{jadi } T = 0,56 \times I$$

$$\text{diambil satu langkah orang} = 61 \text{ cm}$$

$$2 \times T + I = 61 \text{ cm}$$

$$2 \times 0,56 \times I + I = 61 \text{ cm}$$

$$2,11 \times I = 61 \text{ cm}$$

$$I = 28,895 \text{ cm}$$

$$\text{dipakai } I = 29 \text{ cm}$$

$$T = 0,56 \times I$$

$$T = 0,56 \times 29$$

$$T = 16,1 \text{ cm} \quad \text{dipakai } T = 16 \text{ cm}$$

B. Menentukan Pembebanan Tangga

a. Tanjakan tangga

Beban mati

- Berat pelat tanjakan tangga tebal 150 mm

$$: 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$$
- Berat anak tangga (T/2)

$$: \frac{0,16}{2} \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 192 \text{ kg/m}^2$$
- Keramik + spesi

$$: 40,5 \text{ kg/m}^2 = 40,5 \text{ kg/m}^2$$
- Berat susunan tangga = 89 kg/m²
- Beban Mati Tambahan = 322 kg/m²
- Beban total (DL) = 682 kg/m²

Beban hidup

- Tangga dan jalan keluar = 488 kg/m²
 - Beban total (LL) = 488 kg/m²
- $$q_u = 1,2 \times \text{DL} + 1,6 \times \text{LL}$$
- $$= 1,2 \times 681,5 + 1,6 \times 488$$
- $$= 1598,6 \text{ kg/m}^2 = 16,0 \text{ kN/m}^2$$

b. Bordes

Beban mati

- Berat pelat bordes

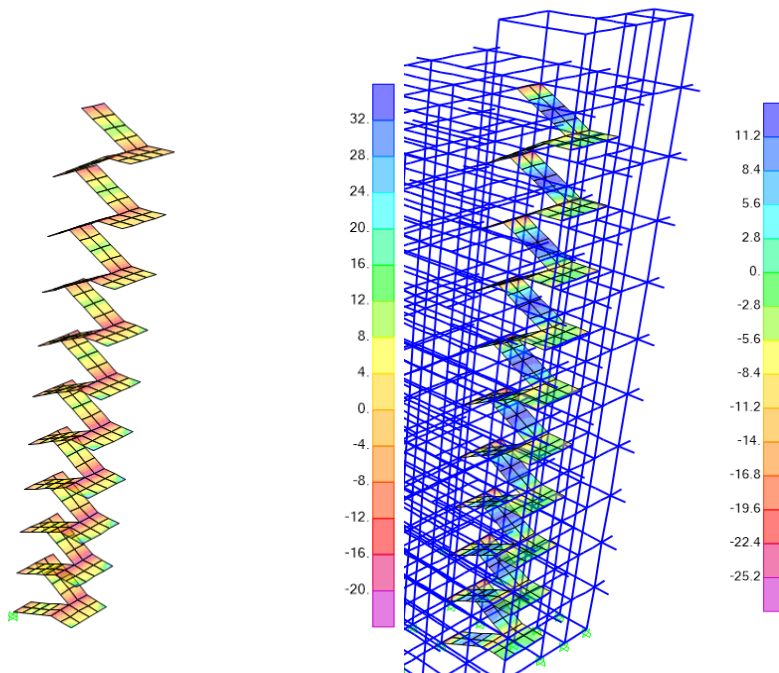
$$: 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$$
- Keramik + spesi = 40,5 kg/m²
- Berat susunan tangga = 89 kg/m²
- Beban Mati Tambahan = 130 kg/m²
- Beban total (DL) = 490 kg/m²

Beban hidup

- Tangga dan jalan keluar = 488 kg/m²
 - Beban total (LL) = 488 kg/m²
- $$q_u = 1,2 \times DL + 1,6 \times LL$$
- $$= 1,2 \times 489,5 + 1,6 \times 488$$
- $$= 1368,2 \text{ kg/m}^2 = 13,7 \text{ kN/m}^2$$

C. Menentukan Momen Tangga

Perhitungan analisa struktur tangga menggunakan bantuan program SAP2000 yang menyatu dengan bangunan dengan menggunakan kombinasi pembebanan gempa :



Permodelan Tangga SAP2000

Dari hasil running program SAP 2000 didapatkan Momen daerah lapangan dan tumpuan terbesar dari kombinasi gempa:

Tanjakan Tangga

$$M_{u \text{ lap}} = 22,82 \text{ kNm}$$

$$M_{u \text{ tump}} = 44,102 \text{ kNm}$$

Bordes

$$M_{u \text{ lap}} = 2,3 \text{ kNm}$$

$$M_{u \text{ tump}} = 34,46 \text{ kNm}$$

Perhitungan Tulangan

SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 tentang β_1

dengan $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right) \\ &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \\ &= 0,8357 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (Ps. B.8.4.2 dan Ps. 10.3) mencari rasio tulangan maksimum terhadap penampang beton sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,0331 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,03 = 0,0248$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 tentang ρ_{\min} dan menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2 untuk rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) mencari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{30}}{390} = 0,0035$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0036$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294$$

D. Penulangan Tanjakan Tangga

Tulangan Lapangan Tanjakan Tangga

$$M_u = 22,82 \text{ kNm} = 2282 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 150 - \left(20 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \right) = 112 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2282 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 112^2} = 2,02 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 2,02}{390}} \right] = 0,0054$$

$$\rho = 0,0054$$

$$\rho_{\min} = 0,0036 < \rho = 0,0054 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0054 \times 1000 \times 112$$

$$A_s = 606 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 16 maka $A_b = 201 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{201}{606} \times 1000 = 332 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 150 = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 332 \text{ mm}$$

Maka dipasang D 16 - 300 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{201}{300} \times 1000 = 670,48 \text{ mm}^2$$

Periksa Kuat Momen Rencana sesuai Tulangan Terpasang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{670,48 \times 390}{0,85 \times 30 \times 1000} = 10,3 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 670 \times 390 \times \left(112 - \frac{10,3}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 25151146 \text{ Nmm} = 2515,1 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 2515,1 \text{ kgm} > M_u = 2282 \text{ kgm (OK)}$$

Hitung Kebutuhan Tulangan Susut dan Suhu

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.1 tentang tulangan susut dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$ maka $\rho = 0,0018$

$$A_{sh} = \rho \times b \times h = 0,0018 \times 1000 \times 150$$

$$A_{sh} = 270 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$, $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{270} \times 1000 = 291,01 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.2 tentang syarat spasi tulangan susut slab $< 5.t_{\text{pelat}}$ atau 450 mm

$$s = 5 \times 150 = 750 \text{ mm} \text{ atau } s = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 291 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 200$

$$A_{sh \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 262 \text{ mm}^2$$

Tulangan Tumpuan Tanjakan Tangga

$$M_u = 44,102 \text{ kNm} = 4410,2 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 150 - \left(20 + 10 + \frac{1}{2} 16 \right) = 112 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{4410,2 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 112^2} = 3,91 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 3,91}{390}} \right) = 0,0109$$

$$\rho = 0,0109$$

$$\rho_{\min} = 0,0036 < \rho = 0,0109 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0109 \times 1000 \times 112$$

$$A_s = 1224 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 16 maka $A_b = 201 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{201}{1224} \times 1000 = 164 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 150 = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 164 \text{ mm}$$

Maka dipasang D 16 - 150 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{201}{150} \times 1000 = 1341 \text{ mm}^2$$

Periksa Kuat Momen Rencana sesuai Tulangan Terpasang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1341 \times 390}{0,85 \times 30 \times 1000} = 20,5 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}\emptyset M_n &= 0,9 \times 1341 \times 390 \times \left(112 - \frac{20,5}{2} \right) \\ \emptyset M_n &= 47889065 \text{ Nmm} = 4788,9 \text{ kgm} \\ \emptyset M_n &= 4788,9 \text{ kgm} > M_u = 4410 \text{ kgm} \quad (\mathbf{OK})\end{aligned}$$

Hitung Kebutuhan Tulangan Susut dan Suhu

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.1 tentang tulangan susut dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$ maka $\rho = 0,0018$

$$\begin{aligned}A_{sh} &= \rho \times b \times h = 0,0018 \times 1000 \times 150 \\ A_{sh} &= 270 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$, $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{270} \times 1000 = 291,01 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.2 tentang syarat spasi tulangan susut slab $< 5 \cdot t_{\text{pelat}}$ atau 450 mm

$$\begin{aligned}s &= 5 \times 150 = 750 \text{ mm} \text{ atau } s = 450 \text{ mm} \\ s_{\min} &= 291 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{sh \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 393 \text{ mm}^2$$

E. Penulangan Pelat Bordes

Tulangan Lapangan Pelat Bordes

$$M_{u \text{ lap}} = 2,3 \text{ kNm} = 230 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik $0,9$.

$$d = 150 - \left(20 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \right) = 112 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{230 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 112^2} = 0,2 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,2}{390}} \right] = 0,0005$$

$$\rho = 0,0005$$

$$\rho_{\min} = 0,0036 > \rho = 0,0005 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0036 \times 1000 \times 112$$

$$A_s = 402 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 16 maka $A_b = 201 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{201}{402} \times 1000 = 500 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 150 = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 450 \text{ mm}$$

Maka dipasang $\emptyset 13 - 400 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{201}{400} \times 1000 = 502,86 \text{ mm}^2$$

Periksa Kuat Momen Rencana sesuai Tulangan Terpasang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{502,86 \times 390}{0,85 \times 30 \times 1000} = 7,69 \text{ mm}$$

$$\emptyset Mn = \emptyset \times A_s \times f_y \times \left[d - \frac{a}{2} \right]$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \times 503 \times 390 \times \left[112 - \frac{7,69}{2} \right]$$

$$\emptyset Mn = 19089600 \text{ Nmm} = 1909 \text{ kgm}$$

$$\emptyset Mn = 1909 \text{ kgm} > Mu = 230 \text{ kgm (OK)}$$

Hitung Kebutuhan Tulangan Susut dan Suhu

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.1 tentang tulangan susut dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$ maka $\rho = 0,0018$

$$A_{sh} = \rho \times b \times h = 0,0018 \times 1000 \times 150$$

$$A_{sh} = 270 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$, $Ab = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{Ab}{As} \times 1000 = \frac{78,6}{270} \times 1000 = 291,01 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.2 tentang syarat spasi tulangan susut slab $< 5.t_{\text{pelat}}$ atau 450 mm

$$s = 5 \times 150 = 750 \text{ mm} \text{ atau } s = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 291$$

Maka dipasang $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{sh \text{ pakai}} = \frac{Ab}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{200} \times 1000 = 393 \text{ mm}^2$$

Tulangan Tumpuan Pelat Bordes

$$M_{u \text{ tum}} = 34,46 \text{ kNm} = 3446 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 150 - \left(20 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 16 \right) = 112 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{3446 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 112^2} = 3,05 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 3,05}{390}} \right] = 0,0084$$

$$\rho = 0,0084$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0036 < \rho = 0,0084 < \rho_{\text{max}} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0084 \times 1000 \times 112$$

$$A_s = 936 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 16 maka $Ab = 201 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{Ab}{As} \times 1000 = \frac{201}{936} \times 1000 = 215 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur utama pada balok / slab $< 3 \cdot t_{\text{pelat}}$

$$3 \times t_{\text{pelat}} = 3 \times 150 = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 215 \text{ mm}$$

Maka dipasang D 16 - 200 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{201}{200} \times 1000 = 1005,7 \text{ mm}^2$$

Periksa Kuat Momen Rencana sesuai Tulangan Terpasang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1005,7 \times 390}{0,85 \times 30 \times 1000} = 15,4 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 1006 \times 390 \times \left(112 - \frac{15,4}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 36821759 \text{ Nmm} = 3682,2 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 3682,2 \text{ kgm} > M_u = 3446 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Hitung Kebutuhan Tulangan Susut dan Suhu

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.1 tentang tulangan susut dengan $f_y = 390 \text{ Mpa}$ maka $\rho = 0,0018$

$$A_{sh} = \rho \times b \times h = 0,0018 \times 1000 \times 112$$

$$A_{sh} = 202 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$, $A_b = 78,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_b}{A_s} \times 1000 = \frac{78,6}{202} \times 1000 = 389,74 \text{ mm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.12.2.2 tentang syarat spasi tulangan susut slab $< 5 \cdot t_{\text{pelat}}$ atau 450 mm

$$s = 5 \times 150 = 750 \text{ mm} \text{ atau } s = 450 \text{ mm}$$

$$s_{\text{min}} = 390$$

Maka dipasang $\emptyset 10$ - 300 mm

$$A_{sh \text{ pakai}} = \frac{A_b}{s} \times 1000 = \frac{78,6}{300} \times 1000 = 262 \text{ mm}^2$$

F. Perencanaan Balok Bordes

Perencanaan dimensi balok bordes

Balok Bordes $L = 400$ cm

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{400}{16} = 25 \text{ cm}$$

Jadi digunakan $h = 40$ cm

$$b_{\min} = \frac{2}{3} L = \frac{2}{3} 40,0 = 26,7 \text{ cm}$$

Jadi digunakan $b = 20$ cm

Data perencanaan balok bordes

Dimensi Balok Bordes = 20 x 40

Diameter Tul.Utama = 16 mm

Diameter Sengkang = 10 mm

Selimut Beton = 40 mm

Mutu Beton = 30 Mpa

Mutu Baja Sengkang = 240 Mpa

Mutu Baja Tul. Utama = 390 Mpa

Pembebanan Bordes

Beban Mati

Berat Sendiri Balok = $0,2 \times 0,4 \times 2400 = 192$ kg/m

Beban Plat Bordes = $490 \times 1,9 = 930$ kg/m

Beban Dinding = $2 \times 0,15 \times 600 = 180$ kg/m

Beban total (DL) Total = 1302 kg/m

Beban hidup

lantai hunian = $488 \times 1,9 = 927$ kg/m

Beban total (LL) = 927 kg/m

Beban ultimate

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \times DL + 1,6 \times LL \\ &= 1,2 \times 1302 + 1,6 \times 927 \\ &= 3046 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Menentukan Momen Balok Bordes**

Balok dianggap terjepit penuh pada 2 tumpuannya

$$M_{u \text{ lap}} = \frac{q_u \times l^2}{24} = \frac{3046 \times 4^2}{24} = 2030,7 \text{ kgm}$$

$$M_{u \text{ tump}} = \frac{q_u \times l^2}{12} = \frac{3046 \times 4^2}{12} = 4061,3 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{q_u \times l}{2} = \frac{3046,0 \times 4}{2} = 6092,0 \text{ kg}$$

- **Menentukan Tulangan Lentur Balok Bordes**

SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 tentang β_1

dengan $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right) \\ &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \\ &= 0,8357 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (Ps. B.8.4.2 dan Ps. 10.3) mencari rasio tulangan maksimum terhadap penampang beton sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,0331 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,03 = 0,0248$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 tentang ρ_{\min} dan menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2 untuk rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) mencari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{30}}{390} = 0,0035$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0036$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294$$

Tulangan Lapangan

$$M_{u \text{ lap}} = 2030,7 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 400 - \left(40 + 10 + \frac{1}{2} 16 \right) = 342 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2030,7 \times 10^4}{0,9 \times 200 \times 342^2} = 0,96 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,96}{390}} \right) = 0,0025$$

$$\rho = 0,0025$$

$$\rho_{\min} = 0,0036 > \rho = 0,0025 < \rho_{\max} = 0,0248$$

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 10.5 sebagai alternatif untuk struktur komponen besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus 1/3 lebih besar dari yang ditentukan.

$$\rho \times \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3} \times \rho = \frac{4}{3} \times 0,0025 = 0,0034$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0034 \times 200 \times 342$$

$$A_s = 230 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\phi 16$ maka $A_b = 201,14 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{230}{201} = 1,14 \approx 2$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 2 \times 201 = 402,29 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 16}{2 - 1} = 288 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 288 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Periksa Kuat Momen Rencana sesuai Tulangan Terpasang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{402,29 \times 390}{0,85 \times 30 \times 200} = 30,8 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{30,8}{0,84} = 36,8 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 342 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{342 - 36,8}{36,81} \right) \times 0,003 = 8,29$$

$$\epsilon_t = 0,0249 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{36,8}{342} = 0,11 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 402 \times 390 \times \left(342 - \frac{30,8}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 46119277 \text{ Nmm} = 4611,9 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 4611,9 \text{ kgm} > M_u = 2031 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$$

Tulangan Tumpuan

$$M_{u \text{ tumpu}} = 4061,3 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 400 - \left(40 + 10 + \frac{1}{2} 16 \right) = 342 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{4061,3 \times 10^4}{0,9 \times 200 \times 342^2} = 1,93 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,93}{390}} \right) = 0,0051$$

$$\rho = 0,0051$$

$$\rho_{\min} = 0,0036 < \rho = 0,0051 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0051 \times 200 \times 342$$

$$A_s = 352 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 16$ maka $A_b = 201,14 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{352}{201} = 1,75 \approx 2$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 2 \times 201 = 402,29 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 16}{2 - 1} = 288 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 288 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{(OK)}$$

Periksa Kuat Momen Rencana sesuai Tulangan Terpasang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{402,29 \times 390}{0,85 \times 30 \times 200} = 30,8 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{30,8}{0,84} = 36,8 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 342 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{342 - 36,8}{36,81} \right) \times 0,003 = 8,29$$

$$\epsilon_t = 0,0249 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{36,8}{342} = 0,11 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 402 \times 390 \times \left(342 - \frac{30,8}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 46119277 \text{ Nmm} = 4611,9 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 4611,9 \text{ kgm} > M_u = 4061 \text{ kgm (OK)}$$

Tulangan Geser

$$V_u = 6091,96 \text{ kg} = 60,92 \text{ kN}$$

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

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 200 \times 342$$

$$\phi V_c = 47767 \text{ N} = 47,8 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} 47,8 = 23,9 \text{ KN} < V_u = 60,9 \text{ KN}$$

Masuk kriteria

$$V_u > \phi V_c$$

Maka dibutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{60,9 - 47,8}{0,75} = 17,5 \text{ kN}$$

$$V_{c1} = 0,33 \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_{c1} = 0,33 \times \sqrt{30} \times 200 \times 342$$

$$V_{c1} = 123632 \text{ N} = 124 \text{ kN}$$

$$V_{c1} > V_s$$

Digunakan tulangan geser $\emptyset 10$ - 2 kaki maka $A_v = 157 \text{ mm}^2$ pada jarak maksimum dipilih yang terkecil antara

$$s_1 = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{V_s} = \frac{157 \times 240 \times 342}{17536,95435} = 735 \text{ mm}$$

$$s_2 = \frac{d}{2} = \frac{342}{2} = 171 \text{ mm}$$

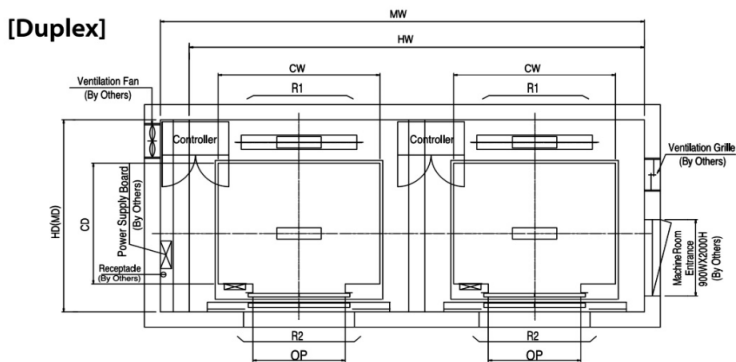
$$s_3 = \frac{A_f \times f_{yt}}{0,35 \times b_w} = \frac{157 \times 240}{0,35 \times 200} = 539 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

jadi dipilih $s = 171 \text{ mm}$ dipakai **150 mm**

5.4 Lift

Dalam perhitungan dimensi dan penulangan balok untuk lift harus memperhatikan faktor keamanan penggunaannya, oleh karena itu untuk pembebanan berdasarkan brosur yang bersertifikasi. Pada Gedung ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh SIGMA ELEVATOR COMPANY dengan data-data spesifikasi sebagai berikut :



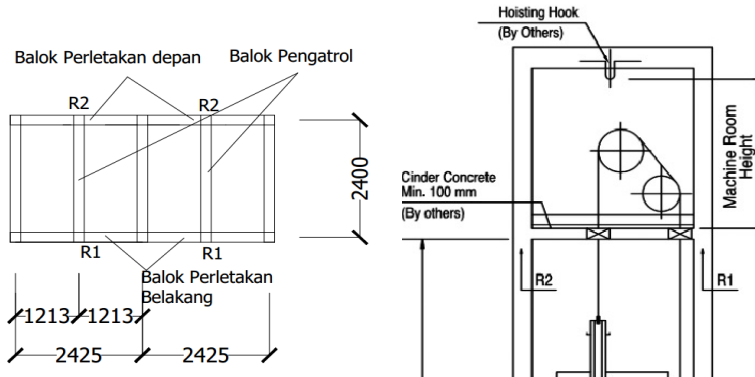
Gambar 4.22 Denah penggunaan lift

Tipe Lift	: IRIS NV
Standar Kapasitas	: 1350 kg atau 20 orang
Kecepatan	: 1 m/s ²
Motor	: 18,5 kW
Lebar Pintu	: 1000 mm
Dimensi Sangkar	
Car Wide (CW)	: 1800 mm
Car Depth (CD)	: 1700 mm
Dimensi Ruang Luncur	
Hoistway Width (HW)	: 4850 mm
Hoistway Depth (HD)	: 2400 mm

Beban Reaksi Ruang Mesin

R1 : 8900 kg

R2 : 6000 kg



A. Data Perencanaan

Balok Penguat	=	2400	mm
Balok Perletakan	=	2425	mm
Tebal Pelat Penumpu	=	120	mm
R1	=	8900	Kg
R2	=	6000	Kg
Mutu Beton	=	30	Mpa
Mutu Baja - Tulangan Utama	=	390	Mpa
Mutu Baja - Sengkang	=	240	Mpa
Tulangan Lentur	=	16	mm
Tulangan Geser	=	10	mm

Balok Lift dibedakan menjadi 2 yaitu balok penguat mesin lift dan balok perletakan lift. Balok Penguat mesin lift berfungsi untuk menaikkan mesin lift kelantai 10 sebelum diletakkan pada balok perletakan mesin lift. Balok perletakan mesin lift menerima beban akibat reaksi (berat lift + orang) sebesar R1 dan R2. Maka dalam hal ini direncanakan balok perletakan lift.

B. Preliminary Desain Balok Lift

Balok Penguat

$$L = 240 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = (1/16) \times 240 \text{ cm} = 15,0 \text{ cm}$$

$$\text{digunakan, } h_{\min} = 40 \text{ cm}$$

$$b = (2/3) \times 15 \text{ cm} = 10,0 \text{ cm}$$

$$\text{digunakan, } b = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Maka dimensi balok lift, } 200 \times 400$$

Balok Perletakan

$$L = 242,5 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = (1/16) \times 243 \text{ cm} = 15,2 \text{ cm}$$

$$\text{digunakan, } h_{\min} = 40 \text{ cm}$$

$$b = (2/3) \times 15,2 \text{ cm} = 10,1 \text{ cm}$$

$$\text{digunakan, } b = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Maka dimensi balok lift, } 200 \times 400$$

C. Pembebanan

Balok Penguat

Beban Mati

$$\text{Berat Balok Sendiri} = 0,2 \times 0,4 \times 24 = 1,92 \text{ kN/m}$$

$$\text{Total (qd + 10\%)} = 2,1 \text{ kN/m}$$

$$q_u = 1,2 \times \text{DL}$$

$$= 1,2 \times 2,1$$

$$= 2,5344 \text{ kN/m}$$

Balok Perletakan Lift

Beban Mati

$$\text{Berat Balok Sendiri} = 0,2 \times 0,4 \times 24 = 1,92 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat Pelat} = 0,12 \times 1,2 \times 24 = 3,456 \text{ kN/m}$$

$$\text{Total (qd + 10\%)} = 5,9 \text{ kN/m}$$

$$q_u = 1,2 \times \text{DL}$$

$$= 1,2 \times 5,9 = 7,0963 \text{ kN/m}$$

Beban terpusat

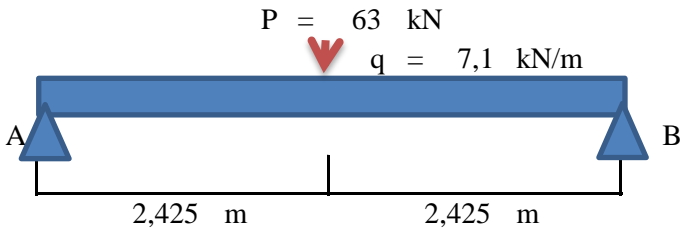
$$\text{Balok Pengontrol} = 2,5344 \times 1,2 = 3,04 \text{ kN}$$

$$R1 = 89 \text{ kN}$$

$$R2 = 60 \text{ kN}$$

D. Analisa Gaya Dalam**Balok Perletakan Depan**

beban terpusat pada balok perletakan lift terdiri R1 + Balok Pengontrol Lift, dengan mekanika sebagai berikut :



Gambar Mekanika Balok Lift

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_A \times 4,85 - 63 \times 2,43 - 0,5 \times 7 \times 4,85^2 = 0$$

$$4,85 V_A - 153 - 83,5 = 0$$

$$V_A = 48,7 \text{ kN (+)}$$

$$V_B = 63 + 34,4 - 48,7 = 48,7 \text{ kN (+)}$$

Lihat kiri potongan

$$D_{x1} = 48,7 - 7,1 \times X_1$$

$$x1 = 0 ,$$

$$D_x = 48,729 \text{ kN} = 4873 \text{ kg}$$

$$x1 = 2,425 \text{ m} ,$$

$$D_x = 31,521 \text{ kN} = 3152 \text{ kg}$$

$$D_{x2} = 48,7 - 63 - 7,1 \times [2,425 + X2]$$

$$x2 = 0$$

$$D_x = -31,521 \text{ kN}$$

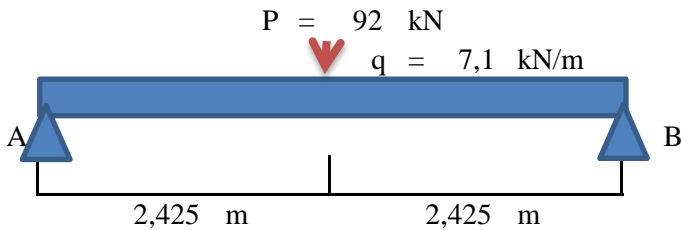
$$x2 = 2,425 \text{ m} ,$$

$$D_x = -48,729 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 M_{x1} &= 48,7 \times X_1 - 0,5 \times 7,1 \times X_1 \times X_1 \\
 x_1 &= 0, \\
 M_A &= 0 \\
 x_1 &= 2,425 \text{ m} \\
 M_{\max} &= 97,303 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Balok Perletakan Belakang

beban terpusat pada balok perletakan lift terdiri R1 + Balok Pengontrol Lift, dengan mekanika sebagai berikut :



Gambar Mekanika Balok Lift

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\begin{aligned}
 V_A \times 4,85 - 92 \times 2,43 - 0,5 \times 7,1 \times 4,85^2 &= 0 \\
 4,85 V_A - 223 - 83,5 &= 0
 \end{aligned}$$

$$V_A = 63,2 \text{ kN } (+)$$

$$V_B = 92 + 34,4 - 63,2 = 63,2 \text{ kN } (+)$$

Lihat kiri potongan

$$D_{x1} = 63,2 - 7,1 \times X_1$$

$$x_1 = 0,$$

$$D_x = 63,229 \text{ kN} = 6323 \text{ kg}$$

$$x_1 = 2,425 \text{ m},$$

$$D_x = 46,021 \text{ kN} = 4602 \text{ kg}$$

$$D_{x2} = 63,2 - 92 - 7,1 \times [2,425 + X_2]$$

$$x_2 = 0$$

$$D_x = -46,021 \text{ kN}$$

$$x_2 = 2,425 \text{ m},$$

$$\begin{aligned}
 D_x &= -63,229 \text{ kN} \\
 M_{x1} &= 63,2 \times X1 - 0,5 \times 7,1 \times X1 \times X1 \\
 x1 &= 0, \\
 M_A &= 0 \\
 x1 &= 2,425 \text{ m} \\
 M_{\max} &= 132,47 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan momen dan geser diambil yang terbesar maka dipakai

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 132,47 \text{ kNm} = 13247 \text{ kgm} \\
 D_{\max} &= 63,229 \text{ kN} = 6323 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

E. Penulangan Balok Lift

Data Perencanaan

Mutu Beton	=	30	Mpa
Mutu Baja Tul. Utama	=	390	Mpa
Mutu Baja Sengkang	=	240	Mpa
Berat Jenis Beton	=	2400	kg/m ³
Tulangan Lentur	=	22	mm
Tulangan geser	=	10	mm
Tebal Selimut Beton	=	40	mm

Penulangan Balok Lift

SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 tentang β_1

dengan $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right) \\
 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \\
 &= 0,8357
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (Ps. B.8.4.2 dan Ps. 10.3) mencari rasio tulangan maksimum terhadap penampang beton sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,0331 \\ \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,03 = 0,0248\end{aligned}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 tentang ρ_{\min} dan menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2 untuk rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) mencari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036 \\ \rho_{\min} &= \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{30}}{390} = 0,0035\end{aligned}$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0036$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294$$

Tulangan Lapangan

$$M_{u \text{ lap}} = 13247 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 400 - \left(40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 \right) = 339 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{13247 \times 10^4}{0,9 \times 200 \times 339^2} = 6,4 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 6,4}{390}} \right] = 0,0193$$

$$\rho = 0,0193$$

$$\rho_{\min} = 0,0036 < \rho = 0,0193 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0193 \times 200 \times 339$$

$$A_s = 1305 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 22$ maka $A_b = 380,29 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{1305}{380} = 3,43 \approx 4$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 4 \times 380 = 1521,1 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{400 - 2 \times 40 - 4 \times 22}{4 - 1} = 77,3 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 77,3 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Periksa Kuat Momen Rencana sesuai Tulangan Terpasang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1521,1 \times 390}{0,85 \times 30 \times 200} = 116 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan \emptyset

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{116}{0,84} = 139 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 339 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{339 - 139}{139,19} \right) \times 0,003 = 1,44$$

$$\epsilon_t = 0,0043 < 0,005 \text{ maka } \emptyset = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{139}{339} = 0,41 > 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 1521 \times 390 \times \left(339 - \frac{116}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 149945695,9 \text{ Nmm} = 14995 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 14995 \text{ kgm} > M_u = 13247 \text{ kgm (OK)}$$

Tulangan Tumpuan

Menurut SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.1 dipasang paling sedikit 2 batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah

Maka dipakai tulangan tumpuan atas 2D22

Tulangan Geser

$$V_{u \text{ tum}} = 6322,92 \text{ kg} = 63,229 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 200 \times 339$$

$$\emptyset V_c = 47348 \text{ N} = 47,3 \text{ kN} < V_u = 63,2 \text{ kN}$$

maka dibutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} = \frac{63,2 - 47,3}{0,75} = 21,2 \text{ kN}$$

$$V_{c1} = 0,33 \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_{c1} = 0,33 \times \sqrt{30} \times 200 \times 339 = 122547 \text{ N}$$

$$V_{c1} = 123 \text{ kN} > V_s = 21,2 \text{ kN}$$

maka

$$s_1 = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{V_s} = \frac{157 \times 240 \times 339}{21175,12} = 604 \text{ mm}$$

$$s_2 = d/2 = 170 \text{ mm}$$

$$s_3 = \frac{A_v \times f_{yt}}{0,35 \times b_w} = \frac{157 \times 240}{0,35 \times 200} = 539 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 170 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

maka dipasang D10-150

Kontrol Lendutan

Data perencanaan,

$$\begin{aligned}
 f_c &= 30 \text{ Mpa} \\
 \text{tinggi balok} &= 400 \text{ mm} \\
 \text{lebar balok} &= 200 \text{ mm} \\
 \text{Panjang balok} &= 4850 \text{ mm} \\
 I_x &= 1066666667 \text{ mm}^4 \\
 Q_u &= 7,0963 \text{ kg/m} = 0,07 \text{ N/mm} \\
 E &= 25742,96 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{4850}{360} = 13,5 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \times \frac{0,07}{25742,96} \times \frac{4850^4}{1066666667}$$

$$\Delta = 0,02 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{1}{48} \frac{P}{E} \frac{L^3}{I}$$

$$\Delta = \frac{1}{48} \times \frac{63229,22}{25742,96} \times \frac{4850^3}{1066666667}$$

$$\Delta = 5,47 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 0,02 + 5,47 = 5,49 \text{ mm}$$

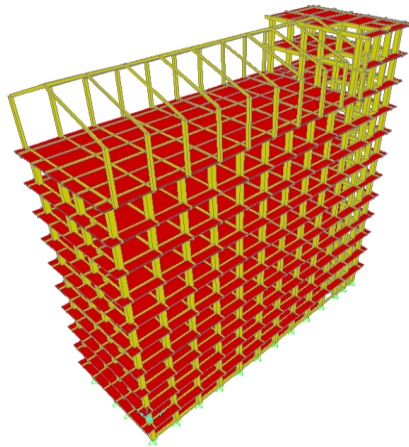
$$\Delta_{\text{total}} = 5,49 \text{ mm} < 13,5 \text{ mm} = \Delta_{\text{ijin}} \quad \text{OK}$$

BAB VI

PERMODELAN STRUKTUR

6.1 Umum

Struktur bangunan yang direncanakan pada permodelan terdiri dari 10 lantai. Permodelan struktur gedung asrama pada tugas akhir ini menggunakan program SAP2000



Gambar Denah permodelan lantai 1- 10

6.2 Perencanaan Beban Angin

Pada pembebanan angin diambil salah satu contoh kasus dimana angin berhembus ke salah satu sisi gedung.

Pembebanan angin pada gedung menggunakan SNI 03-1727-2013 pasal 27 bagian 1 dimana langkah-langkah perencanaan disesuaikan berdasarkan SNI 1727-2013 tabel 27.2-1 seperti berikut

1. Menentukan kategori resiko bangunan gedung lihat SNI 1727 tabel 1.5-1. dikarenakan bangunan adalah gedung asrama maka dikategorikan sebagai kategori resiko IV

2. Menentukan kecepatan angin dasar (V)

Kecepatan angin dasar yang digunakan harus ditentukan dari instansi yang berwenang.

Surabaya (Kota Surabaya)



Kecepatan Angin Kota Surabaya (Sumber www.bmkg.go.id)

Berdasarkan data dari BMKG diatas yang diambil pada 19 Maret 2018 kecepatan angin paling tinggi pada saat malam hari yaitu 19km/jam. Akan tetapi dalam perencanaan ini digunakan kecepatan angin saat kondisi ekstrim yaitu 40 km/jam.

$$V = 40 \text{ km/jam} = 11,1 \text{ m/s} = 24,8 \text{ mil/jam}$$

3. Menentukan parameter beban angin

- a. faktor arah angin, K_d

$$K_d = 0,85$$

- b. kategori eksposur

$$\text{Eksposur} = B$$

- c. faktor topografi, K_{zt}

$$K_{zt} = \left[1 + K_1 \times K_2 \times K_3 \right]^2$$

dikarenakan gedung ini tidak didesain dibukit maupun ditebing maka diambil nilai $K_{zt} = 1$

$$K_{zt} = 1$$

d. faktor efek tiupan angin, G

Berdasarkan analisis SAP2000 dihasilkan

$$T = 1,67 \text{ detik} \quad \text{maka} \quad f = n_1 = 0,6 \text{ Hz}$$

maka struktur bangunan masuk kategori gedung fleksibel

$$G = 0,925 \times \left[\frac{1 + 1,71 I_z \sqrt{g_q^2 \times Q^2 + g_R^2 \times R^2}}{1 + 1,7 g_v \times I_z} \right]$$

dimana

$$I_z = c \times \left(\frac{10}{z} \right)^{1/6} = 0,3 \times \left(\frac{10}{27,1} \right)^{1/6} = 0,25$$

$$h = 45,2 \text{ m}$$

$$g_q = g_v = 3,4$$

$$g_R = \sqrt{2 \times \ln(3600n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \times \ln(3600n_1)}}$$

$$g_R = 4,065$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B \left[0,53 + 0,47 R_L \right]}$$

$$R_n = \frac{7,47 N_1}{[1 + 10,3 N_1]^{5/3}}$$

$$N_1 = \frac{n_1 Lz}{Vz}$$

$$Lz = 1 \left[\frac{z}{33} \right]^E = 97,54 \times \left[\frac{27,1}{33} \right]^{1/3} = 91,4 \text{ m}$$

$$Vz = b \times \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha \times V$$

$$Vz = 0,45 \times \left(\frac{27,1}{10} \right)^{1/4} \times 24,8 = 14,3 \text{ mil/jam}$$

$$N_1 = \frac{0,6 \times 91,4}{14,3} = 3,82$$

$$R_n = \frac{7,47 \times 3,82}{[1 + 10,3 \times 3,82]^{5/3}} = 0,06$$

$$R_1 = R_h \quad \text{atur} \quad \eta = 4,6 \quad n_1 \frac{h}{V_z}$$

$$\eta = 4,6 \times 0,6 \times \frac{45,2}{14,3} = 8,69 > 0$$

maka

$$R_1 = R_h = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2 \times \eta^2} \times (1 - e^{-2\eta})$$

$$R_1 = R_h = \frac{1}{8,69} - \frac{1}{2 \times 8,69^2} \times (1 - e^{-2 \times 8,69})$$

$$R_1 = R_h = 0,1085$$

$$R_1 = R_B \quad \text{atur} \quad \eta = 4,6 \quad n_1 \frac{B}{V_z}$$

$$\eta = 4,6 \times 0,6 \times \frac{13,8}{14,3} = 2,65 > 0$$

maka

$$R_1 = R_B = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2 \times \eta^2} \times (1 - e^{-2\eta})$$

$$R_1 = R_B = \frac{1}{2,65} - \frac{1}{2 \times 2,65^2} \times (1 - e^{-2 \times 2,65})$$

$$R_1 = R_B = 0,3065$$

$$R_1 = R_L \quad \text{atur} \quad \eta = 15,4 \quad n_1 \frac{L}{V_z}$$

$$\eta = 15,4 \times 0,6 \times \frac{45}{14,3} = 29 > 0$$

maka

$$R_1 = R_L = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2 \times \eta^2} \times (1 - e^{-2\eta})$$

$$R_1 = R_L = \frac{1}{29} - \frac{1}{2 \times 29^2} \times (1 - e^{-2 \times 29})$$

$$R_1 = R_L = 0,0338$$

$$\beta = 0,02$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{0,02} \times 0,06 \times 0,11 \times 0,31 \left(0,53 + 0,47 \times 0,03 \right)}$$

$$R = 0,0546$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \times \left(\frac{B + h}{Lz} \right)^{0,63}}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \times \left(\frac{13,8 + 45,2}{91,36} \right)^{0,63}} = 0,82}$$

$$G = 0,93 \times \left[\frac{1 + 1,71 \times 0,25 \sqrt{3,4^2 \times 1^2 + 4^2 \times 0,05^2}}{1 + 1,7 \times 3,4 \times 0,25} \right]$$

$$G = 0,828$$

e. klasifikasi ketertutupan

Bangunan diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup

f. koefisien tekanan internal, $G_{c_{pi}}$

$$G_{c_{pi}} = 0,18 \quad (\text{arah positif mendekat})$$

$$G_{c_{pi}} = -0,18 \quad (\text{arah negatif menjauh})$$

4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas

$$z_g = 365,76 \text{ m (tabel 26.9.1)}$$

$$\alpha = 7$$

$$z = 42 \text{ m}$$

$$Kz = 2,01 \times \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2/\alpha} = 2,01 \times \left(\frac{42}{365,76} \right)^{2/7} = 1,083$$

5. Menentukan tekanan velositas

$$q_h = q_z = 0,613 \times Kz \times Kzt \times Kd \times V^2$$

$$q_h = q_z = 0,613 \times 1,08 \times 1,0 \times 0,85 \times 11,1^2$$

$$q_h = q_z = 69,668 \text{ N/m}^2 = 0,0697 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 pasal 27.1.5 beban angin
 Beban angin yang digunakan dalam desain SPBAU untuk
 bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh
 kecil dari 16 lb/ft²(0,77 kN/m²) dikalikan dengan luas dinding
 bangunan gedung dan 8 lb/ft²(0,38 kN/m²) dikalikan dengan
 luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang
 vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan

$$q_h = q_z = 0,0697 \text{ kN/m}^2$$

Pada dinding : $q = 0,0697 \text{ kN/m}^2 < 0,77 \text{ kN/m}^2$
 maka digunakan $q = 0,77 \text{ kN/m}^2$

Pada atap : $q = 0,0697 \text{ kN/m}^2 < 0,38 \text{ kN/m}^2$
 maka digunakan $q = 0,38 \text{ kN/m}^2$

6. Menentukan koefisien tekanan eksternal (C_p atau C_N)

Gedung memiliki bentuk atap perisai maka

$$B = 13,8 \text{ m}$$

$$L = 45 \text{ m}$$

$$L/B = 3,26$$

maka

dinding sisi angin datang $C_p = 0,8$

dinding sisi angin pergi $C_p = -0,2$

dinding tepi $C_p = -0,7$

$$h = 45,2 \text{ m}$$

$$z = 42 \text{ m}$$

$$h/L = 1,0044 > 1$$

sudut kemiringan atap = $21,2^\circ$

Maka

atap sisi angin datang $C_p = -0,7$ dan $-0,18$

atap sisi angin pergi $C_p = -0,6$

7. Tekanan angin pada tiap permukaan gedung (p)

$$p = q \times GC_p - q_i \times GC_{pi}$$

Untuk Dinding :

a. pada dinding untuk sisi angin datang diambil qz

$$\begin{aligned} p &= qz \times GCp - qi \times GCpi \\ &= 0,77 \times 0,83 \times 0,8 - 0,77 \times 0,18 \\ &= 0,37 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. pada dinding untuk sisi angin pergi diambil qh

$$\begin{aligned} p &= qh \times GCp - qi \times GCpi \\ &= 0,77 \times 0,83 \times [-0,2] - 0,77 \times [-0,18] \\ &= 0,01 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

c. pada dinding untuk sisi angin tepi diambil qh

$$\begin{aligned} p &= qh \times GCp - qi \times GCpi \\ &= 0,77 \times 0,83 \times [-0,7] - 0,77 \times [-0,18] \\ &= -0,3 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk Atap :

a. pada atap sisi angin datang

$$\begin{aligned} p &= qh \times GCp - qi \times GCpi \\ &= 0,38 \times 0,83 \times [-0,7] - 0,38 \times 0,18 \\ &= -0,3 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned} p &= qh \times GCp - qi \times GCpi \\ &= 0,38 \times 0,83 \times [-0,18] - 0,38 \times 0,18 \\ &= -0,1 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. pada atap sisi angin pergi

$$\begin{aligned} p &= qh \times GCp - qi \times GCpi \\ &= 0,38 \times 0,83 \times [-0,6] - 0,4 \times [-0,18] \\ &= -0,1 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

6.3 Perencanaan Gempa Struktur

Beban Gempa ini direncanakan sesuai aturan SNI 1726 2012

- **Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan**

Sesuai SNI 1726 2012 pasal 4.1.2 faktor keutamaan dan kategori resiko bangunan sesuai tabel 1 dan tabel 2

Bangunan : Asrama

Kategori Resiko : II

Faktor Keutamaan : 1

- **Parameter Percepatan Gempa (S_s dan S₁)**

Nilai ini didapat dengan melihat peta gempa yang ada di SNI 1726 2012 atau dengan menggunakan website dari PUSKIM PU

(http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)

Lokasi : Surabaya

dari Peta Gempa Surabaya didapatkan

$$S_s = 0,65$$

$$S_1 = 0,23$$

dari website puskim didapatkan

$$S_s = 0,663$$

$$S_1 = 0,247$$

dipilih

$$S_s = 0,663$$

$$S_1 = 0,247$$

- **Menentukan Kelas Situs (SA-SF)**

Data Borehole DB1 (lihat lampiran data tanah)

Lapisan ke	Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah	N-SPT
1	1	Lumpur dan tanah liat	1
2	7	Lumpur dan tanah liat, abu-abu	4
3	3	Pasir, abu-abu,	5
4	13	Lumpur dan tanah liat	33
5	6	Lumpur dan tanah liat	48

$$N = \frac{\sum d_i}{\sum d_i/N_i} = \frac{1 + 7 + 3 + 13 + 6}{1 + 1,75 + 0,6 + 0,39 + 0,13}$$

$$N = \frac{30}{3,87} = 7,75$$

Dari perhitungan N diatas didapatkan N borehole DB1 = 7,75,.
Maka dapat disimpulkan sesuai dengan SNI 1726 2012 pasal 5.3 tanah tersebut termasuk klasifikasi kelas situs SE (tanah lunak) dengan $N < 15$.

- **Koefisien – Koefisien Situs dan Parameter – Parameter Respons Spectral Percepatan**

$$S_s = 0,663 \quad \text{maka} \quad F_a$$

$$F_a = \frac{\{0,663 - 0,75\}}{\{0,5 - 0,75\}} \times \{1,7 - 1,2\} + 1,2 = 1,37$$

$$S_1 = 0,247 \quad \text{maka} \quad F_v$$

$$F_v = \frac{\{0,247 - 0,3\}}{\{0,2 - 0,3\}} \times \{3,2 - 2,8\} + 2,8 = 3,01$$

$$S_{ms} = F_a \times S_s = 1,37 \times 0,663 = 0,911$$

$$S_{m1} = F_v \times S_1 = 3,01 \times 0,247 = 0,744$$

$$SDS = \frac{2}{3} \times S_{ms} = \frac{2}{3} \times 0,91 = 0,6073$$

$$SD1 = \frac{2}{3} \times S_{m1} = \frac{2}{3} \times 0,74 = 0,496$$

$$T_0 = 0,2 \times \frac{SD1}{SDS} = 0,2 \times \frac{0,496}{0,6073} = 0,1633$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} = \frac{0,496}{0,6073} = 0,8167$$

- **Menentukan Spektrum Respon Desain**

maka kurva spektrum respons desain

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan

$$\text{Jika } T < T_0 \text{ , } T < 0,1633 \text{ , } T = 0$$

$$S_a = SDS \times \left[0,4 + 0,6 \times \frac{T}{T_0} \right]$$

$$S_a = 0,61 \times \left(0,4 + 0,6 \times \frac{0}{0,16} \right) = 0,2429$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS}

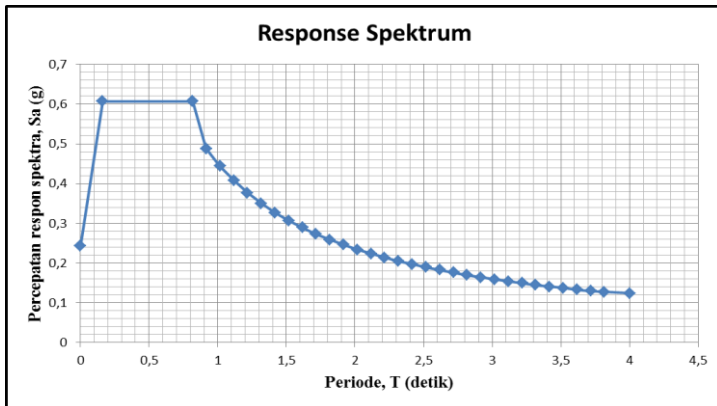
$$\text{Jika } T_0 \leq T \leq T_s, \quad 0,1633 \leq T \leq 0,8167$$

$$S_a = SDS = 0,6073$$

3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan

$$T > T_s, \quad T > 0,8167 \quad \text{misal } T = 1$$

$$S_a = \frac{SD1}{T} = \frac{0,496}{1} = 0,496$$



Gambar Desain respon spektrum

- **Kategori Desain Seisimic**

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti tabel 6 dan tabel 7 SNI 1726 2012 pasal 6.5

Berdasarkan perhitungan sebelumnya

$$S_{DS} = 0,6073$$

$$S_{D1} = 0,496$$

$$\text{Kategori Resiko} = \text{II}$$

Maka dengan melihat tabel 6 dan 7 SNI 1726 2012 pasal 6.5 dapat disimpulkan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek adalah D dan Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik adalah D

- **Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R, Cd dan Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa**

Penentuan Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa dapat dilihat pada tabel 9 pasal 7.2.2 Sni 1726 2012

$$R = 8$$

$$Cd = 5,5$$

$$\Omega_0 = 3$$

- **Menentukan Periode Getar Struktur**

Dari hasil analisa struktur menggunakan SAP2000 didapat nilai periode getar fundamental struktur

$$T_c = 1,427 \text{ detik}$$

- **Menentukan Perkiraan Periode Waktu Getar Alami Fundamental**

Berdasarkan SNI 1726 2012 Pasal 7.8.2 perkiraan perioda alami fundamental (T_a) ditentukan dengan parameter C_t dan x diambil dari tabel 15 SNI 1726 2012

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

$$T_a = 0,0466 \times 40^{0,9} = 1,289 \text{ detik}$$

- **Perhitungan Batas Atas Periode Struktur**

Batas atas periode struktur didapatkan dengan mengalikan nilai periode fundamental perkiraan dengan koefisien C_u . Berdasarkan nilai S_{D1} yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya.

$$S_{D1} = 0,496$$

$$C_u = 1,4$$

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 1,289 = 1,8045 \text{ detik}$$

$$C_u \times T_a = 1,8045 > T_c = 1,427 \text{ detik}$$

Jika $T_c > C_u.T_a$ maka digunakan $T = C_u.T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$ maka digunakan $T = T_c$

Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

maka

$$T = 1,427 \text{ detik}$$

- **Perhitungan Koefisien Respon Seismik**

Berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.8.1.1 nilai koefisien respons seismic (C_s)

$$C_s = \frac{\left(\frac{S_{DS}}{R} \right)}{\left(\frac{I}{1} \right)} = \frac{\left(\frac{0,61}{8} \right)}{\left(\frac{1}{1} \right)} = 0,0759135$$

tidak perlu melebihi

$$C_{s_{\max}} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I} \right)} = \frac{0,495976}{1,43 \left(\frac{8}{1} \right)} = 0,0434$$

tidak kurang dari

$$C_{s_{\min}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$C_{s_{\min}} = 0,044 \times 0,61 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_{s_{\min}} = 0,0267 \geq 0,01$$

Maka dipakai

$$C_s = 0,0434$$

- **Perhitungan Gaya Geser Dasar Seismic**

$$w \text{ beban mati total} = 68610 \text{ kN}$$

$$w \text{ beban hidup total} = 28374 \text{ kN}$$

$$30 \% w \text{ beban hidup total} = 8512,1772 \text{ kN}$$

$$W = 68610 + 8512,1772 = 77122,238 \text{ kN}$$

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,04 \times 77122,238 \text{ kN} = 3350,6 \text{ kN}$$

- **Arah Pembebanan Gempa**

Menurut SNI 1726-2012 Pasal 12.6.3.3 Analisa dinamis bangunan struktur terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga). Pengaruh pembebanan gempa rencana arah utama harus dianggap efektif

100% dan dianggap bersamaan dengan pengaruh beban gempa yang arahnya tegak lurus 30%.

- Faktor keutamaan (I_e) pada hunian (Ps. 4.1.2)

$$I_e = 1$$

- Faktor modifikasi (R^a) Rangka beton bertulang pemikul momen khusus (Ps. 7.2.2) memiliki

$$R = 8$$

maka gaya gempa respon spektrum memiliki faktor skala,

$$\frac{I_e \times g}{R} = \frac{1 \times 9,8}{8} = 1,225 \quad \text{untuk 100\% arah utama}$$

$$\text{dan, } 1,225 \times 0,3 = 0,3675 \quad \text{untuk 30\% arah tegak lurus}$$

6.4 Kombinasi Beban

Menurut SNI 1726:2012 Ps 4.2 struktur harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi beban sebagai berikut :

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

Menurut SNI 1726:2012 Ps 8.3.1.3 Pengaruh gempa pada kombinasi dasar untuk desain kekuatan :

5. $(1,2D + 0,2S_{DS}) + 1E + L$
7. $(0,9D - 0,2S_{DS}) + 1E$

Dimana, $0,2 \times S_{DS} = 0,2 \times 0,61 = 0,12$ maka,

5. $1,32 D + 1E + L$
7. $0,78 D + 1E$

Menurut SNI 1726:2012 Ps 7.4.2.1 pengaruh beban gempa E harus ditentukan sesuai berikut :

- a. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5

$$E = E_h + E_v$$

- b. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7

$$E = E_h - E_v$$

Dengan

$$E_h = \rho \times Q_E$$

$$E_h = 1,3 \quad Q_E$$

$$E_v = 0,2 \quad S_{DS} \times D$$

$$E_v = 0,2 \times 0,61 \times D = 0,12 \quad D$$

Dimana,

E_h = Pengaruh beban gempa horizontal

E_v = Pengaruh beban gempa vertical

ρ = Faktor redundansi = 1,3 (Ps. 7.3.4.2)

Q_E = Pengaruh gaya gempa horizontal dari V

D = pengaruh beban mati

Sehingga

- a. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5

$$E = E_h + E_v$$

$$E = 1,3 \quad Q_E + 0,12 \quad D$$

- b. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7

$$E = E_h - E_v$$

$$E = 1,3 \quad Q_E - 0,12 \quad D$$

Sehingga kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisa program SAP2000 sebagai berikut,

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

5. $1,32D + 1,3E + 0,12 D + L = 1,44D + 1,3E + L$
6. $0,9D + 1W$
7. $0,78D + 1,3E - 0,12D = 0,66D + 1,3E$

6.5 Kombinasi Ragam

Dalam SNI 1726 2012 Nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, harus dikombinasikan menggunakan metoda akar kuadrat jumlah kuadrat (SRSS) atau metoda kombinasi kuadrat lengkap (CQC), sesuai dengan SNI 1726. Metoda CQC harus digunakan untuk masing-masing nilai ragam di mana ragam berjarak dekat mempunyai korelasi silang yang signifikan di antara respons translasi dan torsi.

Tabel 5.3. Periode Struktur

Output case	Stepnum	Period
MODAL	1	1,427382
MODAL	2	1,376476
MODAL	3	1,320921
MODAL	4	0,459871
MODAL	5	0,438872

Dari tabel diatas dapat dihitung selisih untuk masing – masing ragam (mode), misal diambil 5 ragam pertama :

$$\begin{aligned}
 T_1 - T_2 &= 1,43 - 1,38 / 1,43 \times 100\% = 4\% \\
 T_2 - T_3 &= 1,38 - 1,32 / 1,38 \times 100\% = 4\% \\
 T_3 - T_4 &= 1,32 - 0,46 / 1,32 \times 100\% = 65\% \\
 T_4 - T_5 &= 0,46 - 0,44 / 0,46 \times 100\% = 5\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hitungan tersebut terlihat bahwa selisih waktu getar struktur rata – rata berjarak dekat (<15%), sehingga tetap dipakai kombinasi ragam cara CQC.

6.6 Kontrol Permodelan Struktur

Berdasarkan SNI 1726 2012, hasil analisa struktur dari Program SAP2000 harus dikontrol melalui suatu batasan tertentu. Hal tersebut dilakukan untuk meninjau kelayakan struktur dalam memikul beban – beban yang bekerja. Kontrol – kontrol tersebut antara lain :

- **Kontrol Gaya Dasar Statik**

Berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.9.4, nilai akhir V_{dinamik} harus lebih besar sama dengan 85% V_{statik} . Maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$

Load Case	Case Type	Global FX	Global FY
		(KN)	(KN)
RSX	LinRespSpec	2590,60	804,65
RSY	LinRespSpec	777,20	2682,10
EQX	LinStatic	-3334,56	0,000001788
EQY	LinStatic	1,661E-09	-3480,88

Arah –X (dibaca kolom global FX, diambil nilai absolut)

$$V_{\text{dinamik}} (\text{RSX}) = 2590,60 \text{ KN}$$

$$V_{\text{statik}} (\text{EQX}) = 3334,56 \text{ KN}$$

$$0,85 V_{\text{statik}} (\text{EQX}) = 2834,38 \text{ KN}$$

$$V_{\text{dinamik}} < 0,85 V_{\text{statik}}$$

Arah –Y (dibaca kolom global FY, diambil nilai absolut)

$$V_{\text{dinamik}} (\text{RSY}) = 2682,10 \text{ KN}$$

$$V_{\text{statik}} (\text{EQY}) = 3480,88 \text{ KN}$$

$$0,85 V_{\text{statik}} (\text{EQY}) = 2958,75 \text{ KN}$$

$$V_{\text{dinamik}} < 0,85 V_{\text{statik}}$$

Dari hasil hitungan tersebut, tampak bahwa gaya geser dasar ragam spectrum respon masih dibawah syarat 85% dari gaya geser dasar ragam pertama. Oleh karena itu dalam analysis case masing

– masing arah dalam response spectrum perlu diberikan tambahan factor pengali sebesar $0,85 V_{\text{statik}}/V_{\text{dinamik}}$ sebagai berikut :

$$\text{Arah X} = \frac{2834,38}{2590,60} = 1,0940992$$

$$\text{Arah Y} = \frac{2958,75}{2682,10} = 1,1031448$$

Hasil Running setelah dikalikan faktor pengali

Load Case	Case Type	Global FX	Global FY
		(KN)	(KN)
RSX	LinRespSpec	2836,71	881,09
RSY	LinRespSpec	858,03	2961,04
EQX	LinStatic	-3334,56	0,000001788
EQY	LinStatic	1,661E-09	-3480,88

dilakukan pemeriksaan kembali

Arah -X (dibaca kolom global FX, diambil nilai absolut)

$$V_{\text{dinamik}} (\text{RSX}) = 2836,71 \text{ KN}$$

$$V_{\text{statik}} (\text{EQX}) = 3334,56 \text{ KN}$$

$$0,85 V_{\text{statik}} (\text{EQX}) = 2834,38 \text{ KN}$$

$$V_{\text{dinamik}} > 0,85 V_{\text{statik}}$$

Arah -Y (dibaca kolom global FY, diambil nilai absolut)

$$V_{\text{dinamik}} (\text{RSY}) = 2961,04 \text{ KN}$$

$$V_{\text{statik}} (\text{EQY}) = 3480,88 \text{ KN}$$

$$0,85 V_{\text{statik}} (\text{EQY}) = 2958,75 \text{ KN}$$

$$V_{\text{dinamik}} > 0,85 V_{\text{statik}}$$

Berdasarkan perhitungan diatas setelah dilakukan analisis ulang maka gempa dinamik telah memenuhi persyaratan pada SNI 1726 2012 pasal 7.9.4.

- **Kontrol Rasio Partisipasi Massa**

Menurut SNI 1726:2012 Ps 7.9.1 Perhitungan analisa dinamis harus mempunyai kombinasi partisipasi massa paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah.

Tabel 5.2. Rasio Partisipasi Massa

Output case	Stepnum	Sum UX	Sum UY
MODAL	1	0,74942	2,705E-08
MODAL	2	0,74942	0,74466
MODAL	3	0,75663	0,74467
MODAL	4	0,84985	0,74467
MODAL	5	0,84985	0,85082
MODAL	6	0,85044	0,85151
MODAL	7	0,88635	0,85151
MODAL	8	0,88635	0,88491
MODAL	9	0,88642	0,88805
MODAL	10	0,90602	0,88805
MODAL	11	0,90602	0,9012
MODAL	12	0,90603	0,90769

Dari tabel diatas partisipasi massa arah X sebesar 90,46% pada dan partisipasi arah Y sebesar 90,65%. Sehingga analisis struktur telah memenuhi syarat yaitu melebihi 90%.

- **Kontrol Periode Fundamental Struktur**

Dalam mencegah struktur gedung yang terlalu fleksibel maka nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$C_t = 0,0466 \quad (\text{SNI 1726:2012 Tb. 15})$$

$$x = 0,9 \quad (\text{SNI 1726:2012 Tb. 15})$$

$$h_n = 40 \quad \text{m}$$

$$S_{D1} = 0,6073 \quad \text{Maka } C_u = 1,4 \quad (\text{SNI 1726:2012 Tb. 14})$$

maka perioda fundamental pendekatan,

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times h_n^x \\ &= 0,0466 \times 40^{0,90} = 1,29 \text{ detik} \\ T_{a \text{ atas}} &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 1,29 = 1,805 \text{ detik} \\ T_{\text{sap}} &= 1,427 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari hasil SAP didapatkan $T = 1,4118$ maka memenuhi persyaratan getar alami fundamental karena perioda frekuensi struktur yaitu, $T_a < T < T_{a \text{ atas}}$

- **Kontrol Simpangan Antar Lantai**

Pembatasan dilakukan bertujuan untuk mencegah kerusakan atau kehancuran struktur saat beban gempa diterapkan.

Menurut SNI 1726:2012 Ps. 7.12 simpangan ijin pada rangka pemikul momen yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Kategori Resiko} &= \text{II} \\ \Delta_a &= 0,02h_{sx} \text{ (SNI 1726:2012 Tb. 16)} \\ \rho &= 1,3 \text{ (faktor redundansi Ps. 7.3.4.2)} \end{aligned}$$

Sehingga kontrol simpangan antar lantai,

$$\Delta < \frac{\Delta_a}{\rho} \text{ (SNI 1726-2102 pasal 12.1.1)}$$

Menurut SNI 1726:2012 Ps. 7.9.3 untuk masing-masing lantai harus ditinjau simpangan yang terjadi,

$$\begin{aligned} \Delta_1 \text{ untuk lantai 1, } \delta_1 &= \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I_e} \\ \Delta_2 \text{ untuk lantai 2, } \delta_2 &= \frac{C_d \times (\delta_{e2} - \delta_{e1})}{I_e} \end{aligned}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} C_d &= 5,5 \text{ (SNI 1726:2012 Tb. 9)} \\ I_e &= 1 \text{ (SNI 1726:2012 Ps. 4.1.2)} \\ \delta_{e1} &= \text{Simpangan akibat gempa lantai 1} \\ \delta_{e2} &= \text{Simpangan akibat gempa lantai 2} \end{aligned}$$

Dari analisa akibat beban lateral (beban gempa response spektrum) dengan program SAP2000, diperoleh simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

Tabel 5.6. Gempa arah X, Simpangan arah X

Lantai	elevasi (m)	δ_{ei} (mm)	δ_i (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	Ket
10	40	31,05	0,98	5,39	61,54	ok
9	36	30,07	1,61	8,86	61,54	ok
8	32	28,46	2,31	12,71	61,54	ok
7	28	26,15	2,93	16,12	61,54	ok
6	24	23,22	3,50	19,25	61,54	ok
5	20	19,72	3,98	21,89	61,54	ok
4	16	15,74	4,39	24,15	61,54	ok
3	12	11,35	4,59	25,25	61,54	ok
2	8	6,76	4,36	23,98	61,54	ok
1	4	2,40	2,40	13,20	61,54	ok
BS	0	0,00	0,00	0,00	61,54	ok

Tabel 5.7. Gempa arah X, Simpangan arah Y

Lantai	elevasi (m)	δ_{ei} (mm)	δ_i (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/\rho$ (mm)	Ket
10	40	9,36	0,44	2,42	61,54	ok
9	36	8,92	0,62	3,41	61,54	ok
8	32	8,30	0,78	4,29	61,54	ok
7	28	7,52	0,94	5,17	61,54	ok
6	24	6,58	1,06	5,83	61,54	ok
5	20	5,52	1,16	6,38	61,54	ok
4	16	4,36	1,24	6,82	61,54	ok
3	12	3,12	1,27	6,99	61,54	ok
2	8	1,85	1,18	6,49	61,54	ok
1	4	0,67	0,67	3,68	61,54	ok
BS	0	0,00	0,00	0,00	61,54	ok

Tabel 5.8. Gempa arah Y, Simpangan arah X

Lantai	elevasi (m)	δe_i (mm)	δ_i (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	Ket
10	40	9,39	0,30	1,65	61,54	ok
9	36	9,09	0,49	2,70	61,54	ok
8	32	8,60	0,69	3,80	61,54	ok
7	28	7,91	0,88	4,84	61,54	ok
6	24	7,03	1,06	5,83	61,54	ok
5	20	5,97	1,21	6,66	61,54	ok
4	16	4,76	1,32	7,26	61,54	ok
3	12	3,44	1,40	7,70	61,54	ok
2	8	2,04	1,32	7,26	61,54	ok
1	4	0,72	0,72	3,96	61,54	ok
BS	0	0,00	0,00	0,00	61,54	ok

Tabel 5.7. Gempa arah Y, Simpangan arah Y

Lantai	elevasi (m)	δe_i (mm)	δ_i (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	Ket
10	40	30,89	1,44	7,92	61,54	ok
9	36	29,45	2,03	11,17	61,54	ok
8	32	27,42	2,60	14,30	61,54	ok
7	28	24,82	3,09	17,00	61,54	ok
6	24	21,73	3,51	19,31	61,54	ok
5	20	18,22	3,84	21,12	61,54	ok
4	16	14,38	4,09	22,50	61,54	ok
3	12	10,29	4,17	22,94	61,54	ok
2	8	6,12	3,91	21,51	61,54	ok
1	4	2,21	2,21	12,15	61,54	ok
BS	0	0,00	0,00	0,00	61,54	ok

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

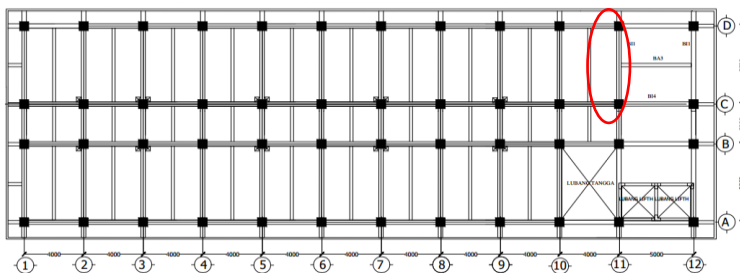
BAB VII PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA

7.1 Balok Induk

Balok induk merupakan komponen struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan ke kolom. Dalam tugas akhir ini perencanaan balok menggunakan metode pracetak, beberapa kondisi harus ditinjau sesuai dengan keadaan pembebanan yang terjadi seperti kondisi sebelum komposit, setelah komposit dan pengangkatan.

Pada tugas akhir ini penggunaan balok induk menggunakan metode pracetak dengan desain rectangular beam. Pada desain balok induk dimodifikasi berupa sayap sebagai konsol setempat yang digunakan sebagai tumpuan balok anak.

perhitungan tulangan balok induk dengan dimensi 30/60 elevasi ± 12 . berikut gambar denah balok induk memanjang yang digunakan dalam perhitungan.



Gambar. 5.6 Denah Balok Induk

A. Perencanaan balok induk

Berikut data perencanaan untuk perhitungan pembebanan dan penulangan pada balok induk,

l	=	5500	mm
bw	=	300	mm
bf	=	200	mm
h_1 (composite)	=	600	mm
h_2	=	480	mm
H_f	=	200	mm
Decking	=	50	mm
f_c beton	=	30	Mpa
f_y baja	=	390	Mpa
d tul. Lentur	=	22	mm
d tul. Geser	=	13	mm
ρ_j beton	=	2400	kg/m ³
Beban hidup	=	192	kg/m ²
Beban pekerja	=	133	kg
Dimensi Kolom	=	600	x 600 mm

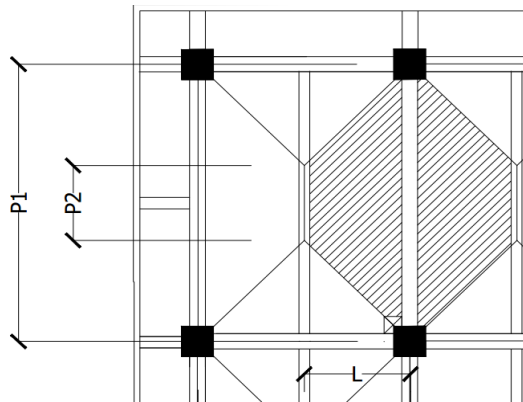
B. Perhitungan Momen dan Geser

Beban yang bekerja pada balok induk adalah beban sendiri pada balok induk dan distribusi beban merata dari pelat dengan kondisi sebelum komposit atau sesudah komposit.

- **Sebelum komposit**

Distribusi pembebanan sebelum komposit menggunakan asumsi tributari pembebanan trapesium, dengan beban terbesar yang ditunjukkan saat pengecoran dilakukan.

Menurut Ps 13.6.8 untuk balok dengan $a = 1$ (slab dengan 4 tumpuan disisinya). Maka diproporsikan untuk menahan beban terfaktor pada daerah tributari yang dibatasi oleh garis 45° .



Gambar 5.7 Luas Tributari Balok Induk

menghitung luas tributari pembebanan pada balok induk,

$$L = 2000 \text{ mm} = 2,00 \text{ m}$$

$$P1 = 5500 \text{ mm} = 5,5 \text{ m}$$

$$P2 = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Luas 1} = \frac{7 \times 2}{2} = 7 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 2} = \frac{7 \times 2}{2} = 7 \text{ m}^2$$

$$\text{luas total} = 14 \text{ m}^2$$

Menghitung beban mati (pendekatan)

$$\text{- Berat pelat} = \frac{2400 \times 0,12 \times 14}{5,5} = 733 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat balok} = 2400 \times 0,48 \times 0,3 = 346 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat korbel} = 2400 \times 0,2 \times 0,2 = 96 \text{ kg/m}$$

$$Q_d = 1175 \text{ kg/m}$$

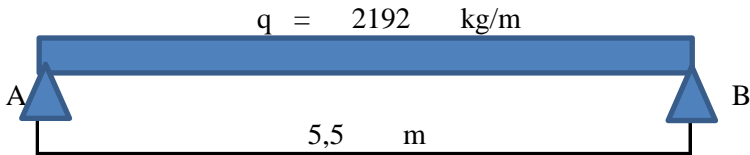
Menghitung beban hidup (pendekatan)

$$q_l = \frac{192 \times 14}{5,5} = 489 \text{ kg/m}$$

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

$$= 1,2 \times 1175 + 1,6 \times 489 = 2191,6 \text{ Kg/m}$$

Mekanika Balok Induk



Gambar 5.8 Mekanika balok induk

Menghitung momen maksimum,

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times 2192 \times 5,5^2 = 8287 \text{ kgm}$$

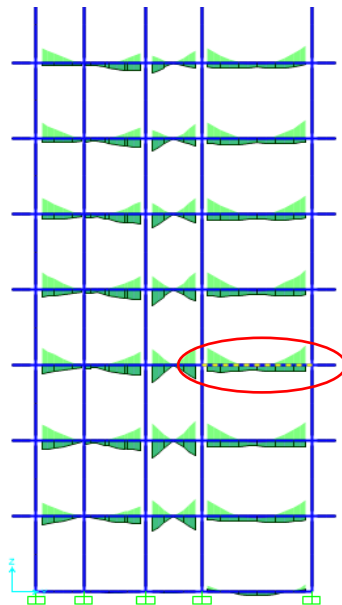
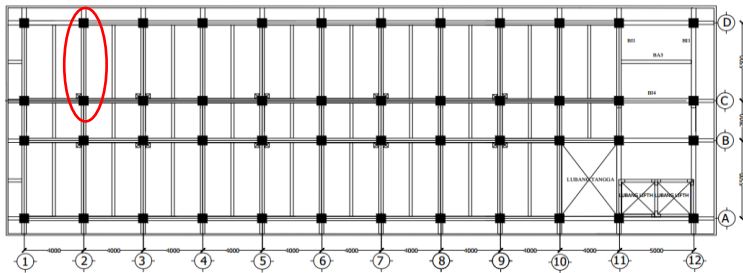
$$V_{\max} = \frac{1}{2} \times q \times l$$

$$V_{\max} = \frac{1}{2} \times 2192 \times 5,5 = 6027 \text{ kgm}$$

- **Setelah komposit**

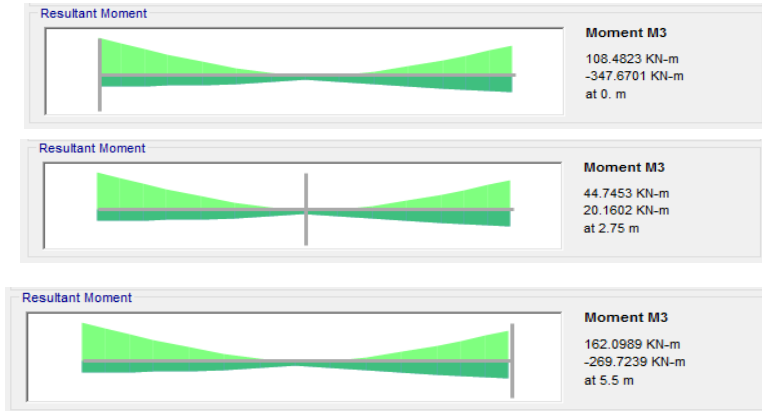
Pembebanan setelah komposit pada balok induk menggunakan analisa program aplikasi sap2000. dalam hal ini penggunaan momen yang terjadi melalui kombinasi pembebanan yang kritis (Envelope) dari Balok yang memiliki momen terbesar (Frame 426).

Balok pada frame 426 pada pada lantai ketiga dari struktur portal gedung yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar Portal grid 2

Hasil Analisa Struktur



Momen Balok Induk

Data pada gambar diatas dikonversi menjadi tabel agar mudah untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 5.10. Gaya dalam analisa Sap2000

kondisi	Lokasi	Arah goyangan	Mu (kNm)
1	interior (negatif)	kanan	269,72
2	interior (positif)	kiri	162,09
3	eksterior (negatif)	kiri	347,67
4	eksterior (positif)	kanan	108,48
5	tengah (positif)	kanan dan kiri	44,74

E. Penulangan Balok Induk

1. Penulangan Lentur

SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 tentang β_1

dengan $f_c' = 30$ Mpa dan $f_y = 390$ Mpa

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right) \\ &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \\ &= 0,8357\end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (Ps. B.8.4.2 dan Ps. 10.3) mencari rasio tulangan maksimum terhadap penampang beton sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,0331\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,03 = 0,0248$$

SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1 tentang ρ_{\min} dan menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2 untuk rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) mencari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{30}}{390} = 0,0035$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0036$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294$$

a. Tulangan lentur Sebelum Komposit

$$M_u = 8287 \text{ kgm}$$

SNI 03:2847:2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 480 - \left(50 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 22 \right) = 406 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{8287 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 406^2} = 1,86 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,86}{390}} \right) = 0,005$$

$$\rho = 0,005$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,005 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,005 \times 300 \times 406$$

$$A_s = 604 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 22 maka $A_b = 380,29 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{604}{380} = 1,59 \approx 2$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 2 \times 380 = 760,57 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{480 - 2 \times 50 - 2 \times 22}{2 - 1} = 336 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 336 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

*** Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760,57 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 38,8 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{38,8}{0,84} = 46,4 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 406 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{406 - 46,4}{46,40} \right) \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0233 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{46,4}{406} = 0,11 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 761 \times 390 \times \left(406 - \frac{38,8}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 103210397 \text{ Nmm} = 10321 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 10321 \text{ kgm} > M_u = 8287 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Maka dipakai tulangan lapangan 2 D 22

Menurut SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.1 dipasang paling sedikit 2 batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah

Maka dipakai tulangan atas 2 D 22

b. Tulangan lentur Sesudah Komposit

KONDISI 1

$$M_u = 269,72 \text{ kNm} = 26972 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 600 - \left(50 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 22 \right) = 526 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{26972 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 526^2} = 3,61 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 3,61}{390}} \right] = 0,01$$

$$\rho = 0,01$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,01 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,01 \times 300 \times 526$$

$$A_s = 1582 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 22 maka $A_b = 380,29 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{1582}{380} = 4,16 \approx 5$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 5 \times 380 = 1901,4 \text{ mm}^2$$

SNI 03:2847:2013 pasal 7.6 tentang syarat spasi tulangan lentur

Menurut 03:2847:2013 pasal 10.6 Untuk membatasi retak akibat

lentur pada balok spasi antar tulangan, s tidak boleh melebihi :

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{f_s} - 2,5 \text{ Cc}$$

$$f_s = \frac{2}{3} \times f_y = \frac{2}{3} \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 50 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{260} - 2,5 \times 50 = 284 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm} \text{ atau } 284 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{600 - 2 \times 50 - 5 \times 22}{5 - 1} = 97,5 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 97,5 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \text{ atau } 284 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

* Periksa Kuat Momen Rencana

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1901,4 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 96,9 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{96,9}{0,84} = 116 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 526 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{526 - 116}{115,99} \right) \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0106 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{116}{526} = 0,22 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 1901 \times 390 \times \left(526 - \frac{96,9}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 318705681 \text{ Nmm} = 31871 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 31871 \text{ kgm} > M_u = 26972 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Maka dipakai tulangan lapangan 5 D 22

KONDISI 2

$$M_u = 162,09 \text{ kNm} = 16209 \text{ kgm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 21.5.2.2 kekuatan momen positif yang disediakan oleh muka joint tidak kurang dari setengah momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut.

$$M_u = 162,09 \text{ kNm} > 0,5 \times 269,72 = 134,86 \text{ kNm}$$

maka dipakai $M_u = 162,09 \text{ kNm} = 16209 \text{ kgm}$

SNI 03:2847:2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 600 - \left(50 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 22 \right) = 526 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{16209 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 526^2} = 2,17 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 2,17}{390}} \right] = 0,0058$$

$$\rho = 0,0058$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,0058 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0058$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0058 \times 300 \times 526$$

$$A_s = 919 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 22 maka $A_b = 380,29 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{919}{380} = 2,42 \approx 3$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 3 \times 380 = 1140,9 \text{ mm}^2$$

SNI 03:2847:2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

Menurut 03:2847:2013 pasal 10.6 Untuk membatasi retak akibat lentur pada balok spasi antar tulangan, s tidak boleh melebihi :

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{f_s} - 2,5 \text{ Cc}$$

$$f_s = \frac{2}{3} \times f_y = \frac{2}{3} \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 50 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{260} - 2,5 \times 50 = 284 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm} \text{ atau } 284 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{600 - 2 \times 50 - 3 \times 22}{3 - 1} = 217 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 217 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \text{ atau } 284 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

* Periksa Kuat Momen Rencana

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1140,9 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 58,2 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{58,2}{0,84} = 69,6 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 526 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{526 - 69,6}{69,59} \right) \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0197 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{69,6}{526} = 0,13 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 1141 \times 390 \times \left(526 - \frac{58,2}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 198986802 \text{ Nmm} = 19899 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 19899 \text{ kgm} > M_u = 16209 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Maka dipakai tulangan lapangan 3 D 22

KONDISI 3

$$M_u = 347,67 \text{ kNm} = 34767 \text{ kgm}$$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 600 - \left[50 + 13 + \frac{1}{2} 22 \right] = 526 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{34767 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 526^2} = 4,65 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 4,65}{390}} \right] = 0,0133$$

$$\rho = 0,0133$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,0133 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0133 \times 300 \times 526$$

$$A_s = 2096 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 22 maka $A_b = 380,29 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{2096}{380} = 5,51 \approx 6$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 6 \times 380 = 2281,7 \text{ mm}^2$$

SNI 03:2847:2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

Menurut 03:2847:2013 pasal 10.6 Untuk membatasi retak akibat lentur pada balok spasi antar tulangan, s tidak boleh melebihi :

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{f_s} - 2,5 \text{ Cc}$$

$$f_s = \frac{2}{3} \times f_y = \frac{2}{3} \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

$$\text{Cc} = 50 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{260} - 2,5 \times 50 = 284 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm} \text{ atau } 284 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{600 - 2 \times 50 - 6 \times 22}{6 - 1} = 73,6 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 73,6 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \text{ atau } 284 \text{ mm (OK)}$$

*** Periksa Kuat Momen Rencana**

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2281,7 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 116 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{116}{0,84} = 139 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 526 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{526 - 139}{139,19} \right) \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0083 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{139}{526} = 0,26 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 2282 \times 390 \times \left(526 - \frac{116}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 374683424 \text{ Nmm} = 37468 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 37468 \text{ kgm} > M_u = 34767 \text{ kgm (OK)}$$

Maka dipakai tulangan lapangan 6 D 22

KONDISI 4

$$M_u = 108,48 \text{ kNm} = 10848 \text{ kgm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2.2 kekuatan momen positif yang disediakan oleh muka joint tidak kurang dari setengah momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut.

$$M_u = 108,48 \text{ kNm} > 0,5 \times 347,67 = 173,84 \text{ kNm}$$

maka dipakai $M_{u \text{ lap}} = 173,84 \text{ kNm} = 17384 \text{ kgm}$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 600 - \left(50 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 22 \right) = 526 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{17384 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 526^2} = 2,33 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 2,33}{390}} \right] = 0,0063$$

$$\rho = 0,0063$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,0063 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0063$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0063 \times 300 \times 526$$

$$A_s = 989 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 22 maka $A_b = 380,29 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{989}{380} = 2,6 \approx 3$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 3 \times 380 = 1140,9 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur Menurut 2847:2013 Ps. 10.6 Untuk membatasi retak akibat lentur pada balok spasi antar tulangan, s tidak boleh melebihi :

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{f_s} - 2,5 \text{ Cc}$$

$$f_s = \frac{2}{3} \times f_y = \frac{2}{3} \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 50 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{260} - 2,5 \times 50 = 284 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm} \text{ atau } 284 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{600 - 2 \times 50 - 3 \times 22}{3 - 1} = 217 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 217 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \text{ atau } 284 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

* Periksa Kuat Momen Rencana

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1140,9 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 58,2 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan \emptyset

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{58,2}{0,84} = 69,6 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 526 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{526 - 69,6}{69,59} \right) \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0197 > 0,005 \text{ maka } \emptyset = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{69,6}{526} = 0,13 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 1141 \times 390 \times \left(526 - \frac{58,2}{2} \right)$$

$$\emptyset M_n = 198986802 \text{ Nmm} = 19899 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 19899 \text{ kgm} > M_u = 17384 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Maka dipakai tulangan lapangan 3 D 22

KONDISI 5

$$M_u = 44,74 \text{ kNm} = 4474 \text{ kgm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 21.5.2.2 kekuatan momen positif pada sembarang penampang sepanjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat momen maximum yang disediakan pada muka salah satu joint tersebut.

$$M_u = 44,74 \text{ kNm} > 0,25 \times 347,67 = 86,918 \text{ kNm}$$

maka dipakai $M_{u \text{ lap}} = 86,918 \text{ kNm} = 8691,8 \text{ kgm}$

SNI 03 2847 2013 pasal 9.3.2.2 faktor reduksi penampang terkendali tarik 0,9.

$$d = 600 - \left[50 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 22 \right] = 526 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{8691,8 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 526^2} = 1,16 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,16}{390}} \right] = 0,0031$$

$$\rho = 0,0031$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 > \rho = 0,0031 < \rho_{\max} = 0,0248$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 300 \times 526$$

$$A_s = 554 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 22 maka $A_b = 380,29 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{554}{380} = 1,46 \approx 2$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 2 \times 380 = 760,57 \text{ mm}^2$$

SNI 03:2847:2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur Menurut 03:2847:2013 pasal 10.6 Untuk membatasi retak akibat lentur pada balok spasi antar tulangan, s tidak boleh melebihi :

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{f_s} - 2,5 C_c$$

$$f_s = \frac{2}{3} \times f_y = \frac{2}{3} \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 50 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 380 \times \frac{280}{260} - 2,5 \times 50 = 284 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm atau } 284 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{600 - 2 \times 50 - 2 \times 22}{2 - 1} = 456 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 456 \text{ mm} > 450 \text{ mm atau } 284 \text{ mm (OK)}$$

* Periksa Kuat Momen Rencana

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{760,57 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 38,8 \text{ mm}$$

Periksa nilai ϵ_t dan ϕ

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{38,8}{0,84} = 46,4 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 526 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times 0,003 = \left(\frac{526 - 46,4}{46,40} \right) \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,031 > 0,005 \text{ maka } \phi = 0,9$$

atau

$$\frac{c}{d_t} = \frac{46,4}{526} = 0,09 < 0,375 \text{ maka penampang terkendali tarik}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 761 \times 390 \times \left(526 - \frac{38,8}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 135245665 \text{ Nmm} = 13525 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 13525 \text{ kgm} > M_u = 8691,8 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Maka dipakai tulangan lapangan 2 D 22

Maka Kebutuhan Tulangan Balok

Lokasi	Mu	As	Terpasang			As'	ϕM_n
	(kNm)	(mm ²)				(mm ²)	(kNm)
Tumpuan Interior	-269,72	1582,2	5	D	22	1901,4	318,71
	162,09	918,85	3	D	22	1140,9	198,99
Tumpuan Exterior	-347,67	2096	6	D	22	2281,7	374,68
	108,48	988,95	3	D	22	1140,9	198,99
Lapangan	44,74	554,04	2	D	22	760,57	135,25

C. Cek Persyaratan Geometri struktur lentur SRPMK

a. $l_n \geq 4 d$

$$d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - db/2$$

$$d = 600 - 50 - 13 - 22 / 2 = 526 \text{ mm}$$

$$4 d = 4 \times 526 = 2104 \text{ mm}$$

$$l_n = \text{panjang balok} - 2 (1/2 \text{ lebar kolom})$$

$$l_n = 5500 - 600 = 4900 \text{ mm} > 4d = 2104 \text{ mm}$$

(OK)

b. $b_w \geq 0,3 h$ atau 250

$$b_w = 300 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$$

$$b_w = 300 \text{ mm} > 0,3 \times 600 = 180 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- c. Lebar penampang, b_w , tidak boleh lebar kolom pendukung ditambah jarak pada tiap sisi kolom yang sama atau lebih kecil dari nilai terkecil antara lebar kolom atau $3/4$ kali tinggi kolom.

Maka

$$b_w = 300 \text{ mm} < 600 + 2 \left[\frac{3}{4} \times 600 \right] = 1500 \text{ mm}$$

$$b_w = 300 \text{ mm} < 1500 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

D. Persyaratan untuk tulangan lentur SRPMK

- a. Persyaratan terhadap luas tulangan untuk tulangan lentur

$$A_s \min = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} \times 300 \times 526$$

$$A_s \min = 566,46 \text{ mm}^2$$

$$A_s \max = 0,025 b_w d = 0,025 \times 300 \times 526$$

$$A_s \max = 3945 \text{ mm}^2$$

di setiap potongan penampang balok kedua syarat ini sudah terpenuhi

- b. Kuat lentur positif pada muka kolom $\geq 1/2$ kuat lentur negatif pada muka tersebut

$$M_n^+ = 318,71 \text{ kNm} \geq 0,5 M_n^- = 159,35 \text{ kNm (OK)}$$

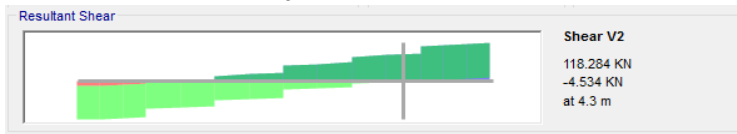
- c. $M_n^+_{\text{lap}}$ atau $M_n^-_{\text{lap}} \geq \frac{1}{4} M_n$ terbesar di setiap titik

$$M_n^+_{\text{lap}} = 135,25 \text{ kNm} \geq \frac{1}{4} 318,71 = 79,676 \text{ kNm (OK)}$$

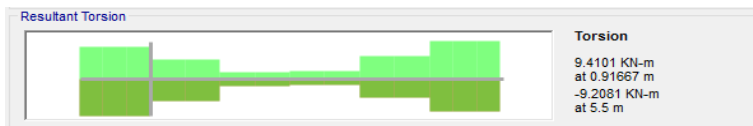
D. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi

1. Balok memikul gaya geser terfaktor

$$V_u = 118,28 \text{ kN}, \text{ jarak kritis } d = 1,2 \text{ m dari muka kolom}$$



$$T_u = 9,41 \text{ kNm}, \text{ jarak kritis } d = 1,2 \text{ m dari muka kolom}$$



2. Periksa apakah dibutuhkan tulangan geser dan tulangan torsi

- a. Tulangan geser diperlukan apabila
- $V_u > \phi V_c/2$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \cdot 0,17 \cdot \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ \phi V_c &= 0,75 \times 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 300 \times 526 \\ \phi V_c &= 110199,04 \text{ N} = 110,2 \text{ kN} \\ \frac{\phi V_c}{2} &= \frac{110}{2} = 55,1 \text{ kN} < V_u = 118,28 \text{ kN}\end{aligned}$$

maka dibutuhkan tulangan geser

- b. Tulangan Torsi diperlukan apabila

$$\begin{aligned}T_u &> \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \sqrt{f_c'} \left[\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right] \\ A_{cp} &= 300 \times 600 = 180000 \text{ mm}^2 \\ P_{cp} &= 2 \times [300 + 600] = 1800 \text{ mm} \\ \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \sqrt{f_c'} \left[\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right] \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \times \left[\frac{180000^2}{1800} \right] \\ &= 6137231,3 \text{ Nmm} = 6,1372 \text{ kNm} < T_u = 9,41 \\ &\text{maka dibutuhkan tulangan torsi}\end{aligned}$$

3. Desain untuk geser

$$a. V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{118,28 - 110,2}{0,75}$$

$$V_s = 10,775 \text{ kN}$$

- b.
- $V_{s_{\max}} = 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$

$$V_{s_{\max}} = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 526$$

$$V_{s_{\max}} = 570442,09 \text{ N} = 570,44 \text{ kN} > V_s = 10,8$$

(OK)

$$c. \frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{10774,61}{390 \times 526} = 0,05 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_v}{2s} = \frac{0,05}{2} = 0,0263 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad 1 \text{ kaki}$$

4. Desain untuk torsi

a. $T_u = 9,41 \text{ kN}$

Menentukan besaran - besaran yang diperlukan dalam perhitungan torsi dengan mengansumsikan tebal selimut beton adalah 50 mm dan menggunakan tulangan sengkang berdiameter 13mm

$x_o =$ lebar as ke as tulangan sengkang

$$x_o = 300 - 2 \times (50 + 13 / 2) = 187 \text{ mm}$$

$y_o =$ tinggi as ke as tulangan sengkang

$$y_o = 600 - 2 \times (50 + 13 / 2) = 487 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = x_o \times y_o = 187 \times 487 = 91069 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \times 91069 = 77409 \text{ mm}^2$$

$$p_h = 2 \times (x_o + y_o) = 2 \times (187 + 487)$$

$$p_h = 1348 \text{ mm}$$

b. Periksa kecukupan penampang

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \geq \phi \left\{ \left(\frac{V_c}{bw \cdot d}\right) + 0,66 \sqrt{f_c} \right\}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{118280}{300 \times 526}\right)^2 + \left(\frac{9410 \times 1348}{1,7 \times 91069^2}\right)^2} = 0,74955694$$

$$\phi V_c = 110,2 \text{ kN} \text{ maka}$$

$$V_c = 110,2 / 0,75 = 146,93 \text{ kN}$$

$$\phi \left\{ \left(\frac{V_c}{bw \cdot d}\right) + 0,66 \sqrt{f_c} \right\}$$

$$= 0,75 \left\{ \left(\frac{146,93}{300 \times 526}\right) + 0,66 \times \sqrt{30} \right\} = 2,71$$

maka

$$\sqrt{\left[\frac{V_u}{b_w d}\right]^2 + \left[\frac{T_u \quad Ph}{1,7 \quad Aoh^2}\right]^2} \geq \phi \left\{ \left[\frac{V_c}{b_w d}\right] + 0,66 \sqrt{f_c} \right\}$$

$$= 0,74955694 < 2,711925006 \quad \mathbf{OK}$$

(dimensi penampang mencukupi)

c. Tentukan kebutuhan tulangan sengkang tertutup

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \quad A_o \quad f_{yt} \quad \cot \theta}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{9,41}{0,75} = 12,5 \text{ kNm}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{12546666,7}{2 \times 77409 \times 390 \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,2078 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad \mathbf{1 \text{ kaki}}$$

d. Tentukan kebutuhan tulangan memanjang

$$A_l = \left[\frac{A_t}{s}\right] Ph \left[\frac{f_{yt}}{f_y}\right] \cot^2 \theta$$

$$A_l = 0,21 \times 1348 \times \frac{390}{390} \times \cot^2 45$$

$$A_l = 280,11 \text{ mm}^2 \quad 1$$

Periksa terhadap $A_l \text{ min}$

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \sqrt{f_c} \quad A_{cp}}{f_y} - \left[\frac{A_t}{s}\right] Ph \left[\frac{f_{yt}}{f_y}\right]$$

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \times \sqrt{30} \times 180000}{390} - 0,21 \times 1348 \times 1$$

$$A_{l \text{ min}} = 781,63 \text{ mm}^2$$

Sehingga A_l diambil yang terbesar = 781,63 mm²

e Menentukan luas tulangan memanjang

Tulangan memanjang didistribusikan pada keliling penampang. Luas total tulangan memanjang untuk pemikul torsi adalah :

$$A_l = 781,63 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1/4 A_l pada sisi atas dan bawah, sisi kanan dan kiri penampang balok

$$\frac{1}{4} A_l = \frac{1}{4} \times 782 = 195 \text{ mm}^2$$

* Distribusi torsi sisi vertikal

Pada perhitungan sebelumnya untuk kebutuhan tulangan lentur

Lokasi	Mu	As	Terpasang			As'
	(kNm)	(mm ²)				(mm ²)
Tumpuan Interior	-269,72	1582,2	5	D	22	1901,4
	162,09	918,85	3	D	22	1140,9
Tumpuan Exterior	-347,67	2096	6	D	22	2281,7
	108,48	988,95	3	D	22	1140,9
Lapangan	44,74	554,04	2	D	22	760,57

tulangan perlu ditambah dengan tulangan torsi

Lokasi	Mu	As	1/4 A_l	As+1/4 A_l
	(kNm)	(mm ²)	(mm ²)	(mm ²)
Tumpuan Interior	-269,72	1582,2	195,41	1777,62
	162,09	918,85	195,41	1114,26
Tumpuan Exterior	-347,67	2096	195,41	2291,41
	108,48	988,95	195,41	1184,35
Lapangan	44,74	554,04	195,41	749,45

Lokasi	As+1/4 A_l		As'	As rev
	(mm ²)		(mm ²)	(mm ²)
Tumpuan Interior	1777,62	<	1901,43	1901,43
Interior	1114,26	<	1140,86	1140,86

Tumpuan	2291,41	>	2281,71	2291,41
Exterior	1184,35	>	1140,86	1184,35
Lapangan	749,45	<	760,57	760,57

As rev (mm ²)	Terpasang			As' rev (mm ²)
1901	5	D	22	1901
1141	3	D	22	1141
2291	7	D	22	2662
1184	4	D	22	1521
761	2	D	22	761

* Distribusi Torsi Sisi Horizontal

Tulangan torsi pada sisi kanan dan kiri balok induk

butuh tulangan $1/4A_l$ $A_s = 195 \text{ mm}^2$

dipasang kanan 1 D 16 dengan

$A_s = 201 \text{ mm}^2 > 195,41 \text{ mm}^2$ **OK**

d. Sisi tengah bagian kiri

butuh tulangan $1/4A_l$ $A_s = 195 \text{ mm}^2$

dipasang kiri 1 D 16 dengan

$A_s = 201 \text{ mm}^2 > 195,41 \text{ mm}^2$ **OK**

Maka Kebutuhan Tulangan Balok setelah penambahan Tulangan Torsi

Lokasi	Mu	As	Terpasang			As'	ØMn
	(kNm)	(mm ²)				(mm ²)	(kNm)
Tumpuan	-269,72	1582,2	5	D	22	1901,4	318,71
Interior	162,09	918,85	3	D	22	1140,9	198,99
Tumpuan	-347,67	2096	7	D	22	2662	437,13
Exterior	108,48	988,95	4	D	22	1521,1	265,32
Lapangan	44,74	554,04	2	D	22	760,57	135,25

D. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal SRPMK

Gaya geser rencana dihitung berdasarkan persamaan

$$V_{ki} = \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{ln} + \frac{q_u l_n}{2}$$

$$V_{ka} = \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{ln} - \frac{q_u l_n}{2}$$

Nilai Mpr dihitung sebagai berikut

Untuk tulangan 5 D 22 disisi atas :

$$a = \frac{A_s \times 1,25 f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1901,4 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 121 \text{ mm}$$

$$Mpr = A_s \times 1,25 f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mpr = 1901 \times 1,25 \times 390 \times \left(526 - \frac{121}{2} \right)$$

$$Mpr = 431415018,7 \text{ Nmm} = 431,42 \text{ kNm}$$

Untuk tulangan 3 D 22 disisi bawah :

$$a = \frac{A_s \times 1,25 f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1140,9 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 72,7 \text{ mm}$$

$$Mpr = A_s \times 1,25 f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mpr = 1141 \times 1,25 \times 390 \times \left(526 - \frac{72,7}{2} \right)$$

$$Mpr = 272327123,9 \text{ Nmm} = 272,33 \text{ kNm}$$

dengan

$$q_u = 1,2 q_D + 1 q_L$$

Mencari Beban Mati dan Hidup per satuan panjang

$$\text{Luas Tributari} = 14 \text{ m}^2$$

Beban Mati tidak terfaktor

Berat Sendiri Balok

$$w_b = 0,3 \times 0,6 \times 2400 = 432 \text{ kg/m}$$

Berat Sendiri Pelat

$$w_{sib} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

Beban Mati tambahan (superimposed)

$$\text{Penggantung dan Plafond} = 21,9 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik} = 20,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 20 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{Beban Mati tambahan (superimposed)} = 81,4 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Mati Tambahan + Berat Pelat} = 369 \text{ kg/m}^2$$

Beban Mati Total per satuan panjang (pendekatan)

$$qD = \left[(369 \text{ kg/m}^2 \times 14 \text{ m}^2) / 5,5 \text{ m} \right] + 432 \text{ kg/m}$$

$$qD = 1372 \text{ kg/m} = 13,7 \text{ kN/m}$$

Beban Hidup

$$qL = \left[192 \text{ kg/m}^2 \times 14 \text{ m}^2 \right] / 5,5 \text{ m} = 489 \text{ kg/m}$$

$$qL = 489 \text{ kg/m} = 4,89 \text{ kN/m}$$

maka

$$q_u = 1,2 \times 13,7 + 1 \times 4,89 = 21,4 \text{ kN/m} \quad \text{maka}$$

$$V_{ki} = \frac{431,42 + 272,33}{4,9} + \frac{21,4 \times 4,9}{2} = 195,94 \text{ kN}$$

$$V_{ka} = \frac{431,42 + 272,33}{4,9} - \frac{21,4 \times 4,9}{2} = 91,302 \text{ kN}$$

Gaya geser maksimum yang ditimbulkan oleh gempa adalah

$$= \frac{431,42 + 272,33}{4,9} = 143,62 \text{ kN}$$

dimana nilai ini lebih besar daripada 50% gaya geser total

$$= \frac{1}{2} \times 195,94 = 97,97 \text{ kN}$$

sehingga V_c dapat diambil sama dengan nol. Selanjutnya,

$$V_u = \emptyset \quad V_s = \emptyset \quad V_c = \emptyset \quad V_s = 0$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{196}{0,75} = 261,25 \text{ kN}$$

$$0,66 \sqrt{f_c} b_w d = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 526$$

$$0,66 \sqrt{f_c} b_w d = 570442,09 \text{ N} = 570,44 \text{ kN}$$

$$V_s = 261,25 \text{ kN} < 0,66 \sqrt{f_c} b_w d = 570,44 \text{ kN}$$

Ok (Penampang mencukupi)

Perhitungan luasan tulangan

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{261253,3551}{390 \times 526} = 1,27 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

sehingga kebutuhan tulangan untuk torsi dan geser

$$2 \times \frac{A_t}{s} = 2 \times 0,2078 = 0,42 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2}{s} \frac{A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 0,42 + 1,27 = 1,69 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jika dipakai sengkang tertutup dengan diameter 13 mm (2 kaki), maka jarak antar sengkang adalah

$$s = \frac{2 \times 132,79}{1,69} = 157,22 \text{ mm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 11.5.6 untuk spasi tulangan torsi transversal tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$a. \frac{ph}{8} = \frac{1348}{8} = 168,5 \text{ mm}$$

$$b. 300 \text{ mm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 21.5.3 Jarak Maksimum sengkang tertutup sepanjang 2h (2 x 600 = 1200 mm) tidak boleh melebihi nilai terkecil dari

$$* d/4 = 526 / 4 = 131,5 \text{ mm}$$

$$* 6db = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$* 150 \text{ mm}$$

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

Sehingga dapat dipasang sengkang tertutup 2D13 - 100 mm hingga sepanjang 1200 mm dari muka tumpuan. Dan sengkang tertutup pertama dipasang sejarak 50 mm dari muka tumpuan.

Cek kapasitas geser yang disediakan oleh penampang

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{2 \times 133 \times 390 \times 526}{100}$$

$$V_s = 544793,23 \text{ N} = 544,79 \text{ kN} > 195,94 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

Pada jarak 1200 mm dari muka tumpuan hingga ke bagian lapangan, bekerja gaya geser sebesar :

$$V_u = 195,94 - 21,4 \times 1,2 = 170,31 \text{ kN}$$

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

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 300 \times 526 = 146932 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{170,31}{0,75} - 146,93 = 80,154 \text{ kN}$$

$$0,33 \sqrt{f_c'} b_w d = 0,33 \times \sqrt{30} \times 300 \times 526$$

$$0,33 \sqrt{f_c'} b_w d = 285221,04 \text{ N} = 285,22 \text{ kN}$$

$$V_s = 80,154 \text{ kN} < 0,33 \sqrt{f_c'} b_w d = 285,22 \text{ kN}$$

Perhitungan luasan tulangan

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{80153,68002}{390 \times 526} = 0,39 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

sehingga kebutuhan tulangan untuk torsi dan geser

$$2 \times \frac{A_t}{s} = 2 \times 0,2078 = 0,42 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2}{s} \frac{A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 0,42 + 0,39 = 0,81 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jika dipakai sengkang tertutup dengan diameter 13 mm (2 kaki), maka jarak antar sengkang adalah

$$s_1 = \frac{2 \times 132,79}{0,81} = 329,36 \text{ mm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 11.5.6 untuk spasi tulangan torsi transversal tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$* \frac{ph}{8} = \frac{1348}{8} = 168,5 \text{ mm}$$

$$* 300 \text{ mm}$$

Jika digunakan $D = 13 \text{ mm}$ maka jarak ditentukan nilai terkecil antara :

$$* s_2 = d/2 = 526 / 2 = 263 \text{ mm}$$

$$* s_3 = \frac{A_v f_{yt}}{0,35bw} = \frac{2 \times 133 \times 390}{0,35 \times 300} = 986,41 \text{ mm}$$

$$* s_4 = 600 \text{ mm}$$

jadi dipilih s pakai = 150 mm dipasang 2 $D = 13 - 150$
Cek kapasitas geser yang disediakan oleh penampang

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{2 \times 133 \times 390 \times 526}{150}$$

$$V_s = 363195,49 \text{ N} = 363,2 \text{ kN} > 170,31 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

E. Cut Off Point (Pemutusan Tulangan Lentur)

Dari diagram momen balok, tulangan perlu untuk momen negatif diujung-ujung balok dapat dipotong dititik-titik dimana tulangan sudah tidak diperlukan lagi

Untuk menentukan cut off point diambil yang terbesar :

$$a. \frac{1}{4} l_n = \frac{1}{4} \times 2200 = 550 \text{ mm}$$

$$b. 2 h = 2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$$

$$c. l_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c}} \right) d_b$$

$$\Psi_t = 1,3 \text{ (SNI 03:2847:2013 ps. 12.2.4)}$$

$$\Psi_e = 1 \text{ (tulangan tidak dilapisi ekposi)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$l_d = \left(\frac{390 \times 1,3 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 22$$

$$l_d = 1198 \text{ mm}$$

Maka diambil $l_d = 1200 \text{ mm}$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 12.10.3 tulangan harus menerus melampaui titik dimana tulangan tersebut tidak diperlukan lagi untuk menahan lentur untuk jarak yang sama d atau 12 db dipilih yang paling besar.

$$l_d + d = 1200 + 526 = 1726 \text{ mm}$$

$$l_d + 12 \text{ db} = 1200 + 12 \times 22 = 1464 \text{ mm}$$

Maka diambil Cut Off Point = $1726 \approx 1800 \text{ mm}$

E. Desain Lap Splices (Sambungan Lewatan)

Menurut SNI 03:2847:2013 dimana l_d ditentukan berdasarkan persamaan pada tabel pasal 12.2.2 sebagai berikut

$$l_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c}} \right) db$$

$$\Psi_t = 1,3 \text{ (SNI 03:2847:2013 ps. 12.2.4)}$$

$$\Psi_e = 1 \text{ (tulangan tidak dilapisi ekspresi)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$l_d = \left(\frac{390 \times 1,3 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 22$$

$$l_d = 1198 \text{ mm}$$

diambil $l_d = 1200 \text{ mm}$

E. Kait

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 21.7.5 panjang penyaluran (Kait) untuk batang tulangan dalam kondisi tarik dengan kait 90° pada beton normal yaitu nilai terbesar dari 3 persamaan berikut ini

$$* \quad l_{dh} = \frac{f_y \times db}{5,4 \times \sqrt{f_c'}} = \frac{390 \times 22}{5,4 \times \sqrt{30}} = 290 \text{ mm}$$

$$* \quad l_{dh} = 150 \text{ mm}$$

$$* \quad l_{dh} = 8 \text{ db} = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 12.5.1 untuk panjang penyaluran dengan kait 90° pada kondisi tarik dengan panjang kait

minimal 12db. Maka :

$$\begin{aligned}
 * \quad l_{dh} &= \left(\frac{0,24 \Psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} \right) db \\
 &= \frac{0,24 \times 1 \times 390}{1 \times \sqrt{30}} \times 22 \\
 &= 376 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka diambil $l_{dh} = 376 \text{ mm} \approx 380 \text{ mm}$

Perpanjangan kait

$$\begin{aligned}
 * \quad 12 \text{ db} &= 12 \times 22 = 264 \text{ mm} \\
 &\approx 270 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 12.5.1 Jari-jari bengkokan minimum yang diukur pada bagian dalam tulangan dengan ukuran D10 hingga D25 adalah 4db

$$4 \text{ db} = 4 \times 22 = 88 \text{ mm} \approx 90 \text{ mm}$$

F. Kontrol Lendutan

• Sebelum Komposit

Data perencanaan,

$$\begin{aligned}
 f_{ci \text{ 7 hari}} &= 0,65 f_c = 0,65 \times 30 = 19,5 \text{ Mpa} \\
 \text{tinggi balok} &= 480 \text{ mm} \\
 \text{lebar balok} &= 300 \text{ mm} \\
 \text{Panjang balok} &= 5500 \text{ mm} \\
 I_x &= 2764800000 \text{ mm}^4 \\
 Q_u &= 2191,6 \text{ kg/m} = 21,92 \text{ N/mm} \\
 P_u &= 133 \text{ kg} = 1330 \text{ N} \\
 E &= 20754,64 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan lendutan

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{5500}{360} = 15,3 \text{ mm} \\
 \Delta &= \frac{5}{384} \frac{q}{E} \frac{L^4}{I} + \frac{1}{48} \frac{P_u}{E} \frac{L^3}{I} \\
 \Delta &= \frac{5}{384} \times \frac{21,92}{20754,64} \times \frac{5500^4}{2764800000} + \dots
 \end{aligned}$$

$$\Delta = \frac{1 \times 1330 \times 5500^3}{48 \times 20754,64 \times 2764800000} \text{ mm} < 15,3 \text{ mm} = \Delta_{ijin} \quad (\text{OK})$$

• Sesudah Komposit

Data perencanaan,

$$\begin{aligned} f_c &= 30 \text{ Mpa} \\ \text{tinggi balok} &= 600 \text{ mm} \\ \text{lebar balok} &= 300 \text{ mm} \\ \text{Panjang balok} &= 5500 \text{ mm} \\ I_x &= 5400000000 \text{ mm}^4 \\ Q_u &= 2493,5 \text{ kg/m} = 24,94 \text{ N/mm} \\ E &= 25742,96 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Tributari

$$\text{Luas 1} = \frac{7 \times 2}{2} = 7 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 2} = \frac{7 \times 2}{2} = 7 \text{ m}^2$$

$$\text{luas total} = 14 \text{ m}^2$$

Menghitung beban mati (pendekatan)

$$\begin{aligned} - \text{ Berat balok} &= 2400 \times 0,6 \times 0,3 = 432 \text{ kg/m} \\ - \text{ Berat korbel} &= 2400 \times 0,15 \times 0,15 = 54 \text{ kg/m} \\ - \text{ Berat pelat} &= \frac{2400 \times 0,12 \times 14}{5,5} = 733,09 \text{ kg/m} \\ - \text{ Penggantung} &= \frac{21,9 \times 14}{5,5} = 55,745 \text{ kg/m} \\ &+ \text{ Plafond} \\ - \text{ Keramik} &= \frac{20,5 \times 14}{5,5} = 52,182 \text{ kg/m} \\ - \text{ Spesi} &= \frac{20 \times 14}{5,5} = 50,909 \text{ kg/m} \\ - \text{ ME} &= \frac{19 \times 14}{5,5} = 48,364 \text{ kg/m} \\ &Q_d = 1426,3 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Menghitung beban hidup (pendekatan)

$$q_l = \frac{192 \times 14}{5,5} = 489 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \times DL + 1,6 \times LL \\ &= 1,2 \times 1426 + 1,6 \times 489 = 2493,5 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

Perhitungan lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{5500}{360} = 15,3 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{q L^4}{E I}$$

$$\Delta = \frac{5 \times 24,94 \times 5500^4}{384 \times 25742,96 \times 5400000000}$$

$$\Delta = 2,14 \text{ mm} < 15,3 \text{ mm} = \Delta_{ijin} \quad (\text{OK})$$

G. Penanganan Elemen Pracetak Balok Induk

Dalam tugas akhir ini balok induk menggunakan metode pracetak sehingga beberapa tinjauan dan kontrol harus diperhitungkan.

Berikut data umum perencanaannya :

Mutu Baja, f_y = 390 MPa

Mutu Baja, f_u = 559 MPa

Mutu beton, f_c = 30 MPa

Mutu beton, f_c (3 hari) = $0,4 \times f_c = 0,4 \times 30 \text{ MPa}$
= 12 MPa (PBBI ps.4.1)

Mutu beton, f_c (7 hari) = $0,65 \times f_c = 0,65 \times 30 \text{ MPa}$
19,5 MPa

Mutu beton, f_c (14 hari) = $0,88 \times f_c = 0,88 \times 30 \text{ MPa}$
26,4 MPa

Berat jenis beton = 2400 kg/m^3

Beberapa kontrol yang ditinjau pada komponen pracetak yaitu :

- * Kontrol pengangkatan
- * Kontrol penumpukan

- * Kontrol pemasangan
- * Kontrol pengecoran

Menghitung beban total komponen balok induk pracetak :

Panjang bersih = 4900 mm

Lebar balok, b_w = 300 mm

Lebar korbel, b_f = 150 mm

tinggi balok, h = 480 mm

tinggi korbel, h_f = 150 mm

sehingga

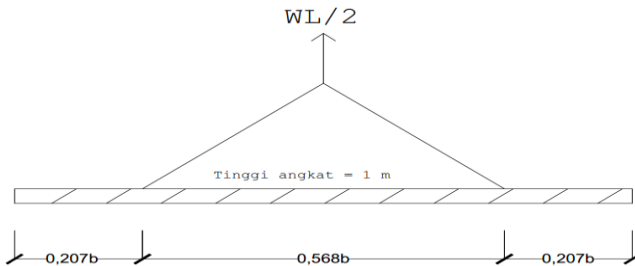
$$q_1 = 2 \times 0,15 \times 0,15 \times 2400 = 108 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 0,3 \times 0,48 \times 2400 = 346 \text{ kg/m}$$

$$q = q_1 + q_2 = 108 + 346 = 454 \text{ kg/m}$$

$$w = q \times L = 454 \times 4,9 = 2223 \text{ kg}$$

1 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan



Pengangkatan Balok Induk Pracetak menggunakan 2 titik angkat pada saat beton umur 3 hari sehingga :

$$f_{ci \text{ 3hari}} = 12 \text{ Mpa}$$

Tegangan ijin

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 3hari}}} = 0,62 \times \sqrt{12} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,15 \text{ MPa} = 21,5 \text{ kg/cm}^2$$

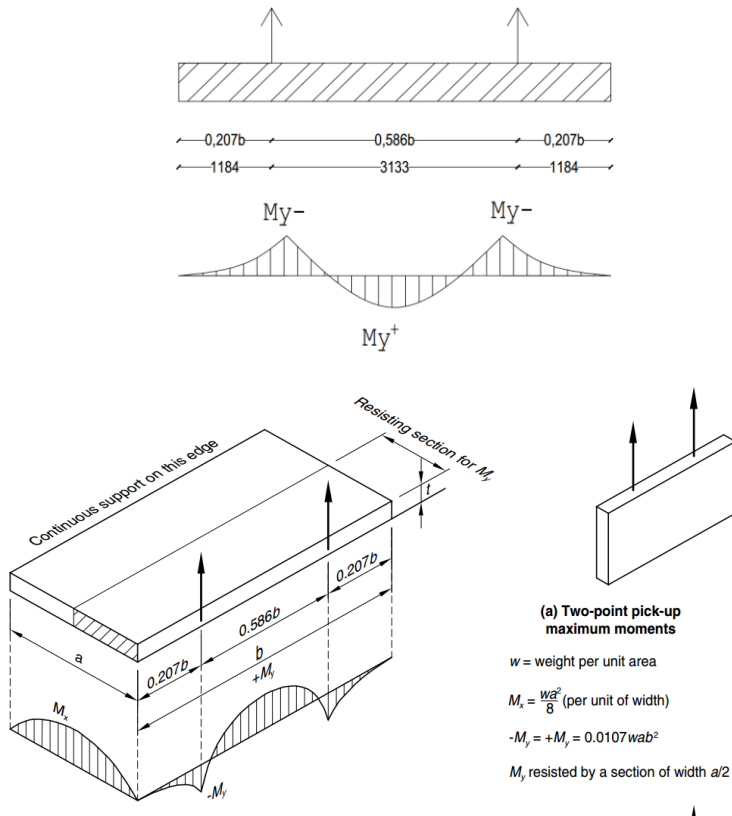
Menghitung Momen Pengangkatan

Sesuai PCI 7th Edition Chapter 8 fig.8.3.1

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

$$b = \text{panjang} = 5,5 \text{ m}$$

$$a = \text{tinggi} = 0,48 \text{ m}$$



w = BJ Beton x lebar balok

$$w = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} = 720 \text{ kg/m}^2$$

Sesuai PCI Handbook 7th Edition fig.8.3.4 terdapat 2 titik angkat dan sudut pengangkatan sebesar 60° dan faktor kejut akibat pengangkatan pada tabel 8.3.1 sehingga harus dikalikan faktor pengali

$$\text{Faktor tali sling } 60^\circ = 1,16 \quad (\text{PCI Ps.8.3.4})$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 \quad (\text{PCI Ps.8.3.4})$$

$$w = 720 \times 1,16 \times 1,5 = 1252,8 \text{ kg/m}^2$$

$$My^+ = My^- = 0,0107 \times w \times a \times b$$

$$My^+ = My^- = 0,0107 \times 1253 \text{ kg/m}^2 \times 0,48 \text{ m} \times \left[5,5 \text{ m} \right]^2$$

$$My^+ = My^- = 194,64 \text{ kgm} = 19464 \text{ kgcm}$$

Momen Tahanan

Sesuai PCI 7th edition

My ditahan oleh penampang selebar $a/2$

$$Wy = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2 = \frac{1}{6} \times \frac{0,48}{2} \times \left(\frac{300}{1000} \right)^2$$

$$Wy = 0,0036 \text{ m}^3 = 3600 \text{ cm}^3$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_y = \frac{My}{Wy} = \frac{19464}{3600} = 5,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 5,41 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 21,5 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Maka tegangan beton saat pengangkatan sudah memenuhi, sehingga diberikan tulangan minimum sebagai berikut :

Data perencanaan,

$$\text{Tulangan lentur (-)} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan geser} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Decking top} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Decking side} = 50 \text{ mm}$$

Menentukan tinggi efektif, d

$$d = \text{tinggi balok} - \text{decking} - \text{tulangan lentur}/2$$

$$d = 480 - 20 - 13 / 2 = 453,5 \text{ mm}$$

Menentukan, m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 12} = 38,235$$

Menentukan kebutuhan tulangan lentur saat pengangkatan,

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{194,64 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 454^2} = 0,04 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{38,2} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 38,2 \times 0,04}{390}} \right) = 9E-05$$

$$\rho = 9E-05$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 9E-05 \times 300 \times 454$$

$$A_s = 12,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D 13 maka $A_b = 132,79 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_b} = \frac{12,2}{133} = 0,09 \approx 2$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 2 \times 133 = 265,57 \text{ mm}^2$$

SNI 03 2847 2013 pasal 7.6.5 tentang syarat spasi tulangan lentur

$$25 \text{ mm} < s < 450 \text{ mm}$$

$$s = \frac{h - \text{decking} - \text{jumlah diameter tulangan}}{\text{tulangan pakai} - 1}$$

$$s = \frac{480 - 2 \times 50 - 2 \times 13}{2 - 1} = 354 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 354 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\mathbf{OK})$$

* Periksa Kuat Momen Rencana

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{265,57 \times 390}{0,85 \times 12 \times 300} = 33,8 \text{ mm}$$

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 266 \times 390 \times \left(454 - \frac{33,8}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 40695712 \text{ Nmm} = 4069,6 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 4069,6 \text{ kgm} > M_u = 195 \text{ kgm} \quad (\mathbf{OK})$$

Maka dipakai tulangan atas 2 D 13

*** Perhitungan Tulangan Angkur Angkat Balok**

Pembebanan

Berat Balok Induk Pracetak

$$w = 2223 \text{ kg}$$

Beban Hidup Pekerja

$$P = 133 \text{ kg}$$

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

$$q_u = 1,2 \times 2223 + 1,6 \times 133$$

$$q_u = 2880 \text{ kg} = 28800 \text{ N}$$

Sesuai PCI Handbook 7th Edition fig.8.3.4 terdapat 2 titik angkat dan sudut pengangkatan sebesar 60° dan faktor kejut akibat pengangkatan pada tabel 8.3.1 sehingga harus dikalikan faktor pengali

$$\text{Faktor tali sling } 60^\circ = 1,16 \quad (\text{PCI Ps.8.3.4})$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5 \quad (\text{PCI Ps.8.3.4})$$

$$w = 2880 \times 1,16 \times 1,5 = 5011,1 \text{ kg} = 50111 \text{ N}$$

Beban yang diterima 1 titik angkat :

$$P = \frac{w}{n} = \frac{5011,1}{2} = 2505,6 \text{ kg}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.1.2. Untuk Futa tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$Futa = 1,9 f_y = 1,9 \times 390 = 741 \text{ Mpa}$$

$$Futa = 860 \text{ Mpa}$$

Maka digunakan Futa = 559 Mpa

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.1.2 dijelaskan bahwa gaya tarik pada angkur harus lebih kecil dari kekuatan nominal angkur.

$$\text{Digunakan tulangan D } 22, \quad A_s = 380 \text{ mm}^2$$

$$N_{sa} = A_{se} \times F_{uta} = 380 \times 559$$

$$N_{sa} = 212579,71 \text{ N} = 21257,971 \text{ kg} > P = 2505,6 \text{ kg}$$

Menurut SNI:03:2847:2013 lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ($K_c = 10$, Angkur cor didalam) maka

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left[\frac{Nb}{K_c \lambda_a \sqrt{f_c}} \right]^2} = \sqrt[3]{\left[\frac{50111,4432}{10 \cdot 1 \cdot \sqrt{12}} \right]^2}$$

$$h_{ef} = 127,91 \text{ mm}$$

dengan

$$\lambda_a = 1 \quad \lambda = 1 \times 1 = 1$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

λ_a = kegagalan beton angkur yang dicor didalam

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dapat dipasang sedalam 150 mm dari permukaan pelat pracetak

$$h_{ef} = 150 \text{ mm}$$

Menurut PCI Handbook 7th Edition fig.6.5.1 panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{150}{0,7} = 214 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 \quad h_{ef} = 1,5 \times 150 = 225 \text{ mm}$$

Maka digunakan $d_e = 230 \text{ mm}$

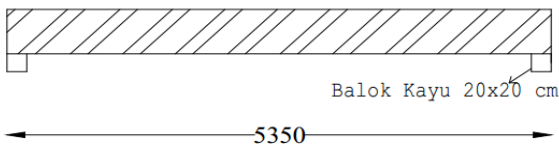
2 Kontrol Tegangan saat Penumpukan

Penumpukan balok induk pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur beton 3 hari

$$f_{ci \text{ 3 hari}} = 12 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 3 hari}}} = 0,62 \times \sqrt{12} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,15 \text{ Mpa} = 21,5 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat penumpukan ditambahkan koefisien beban 1,2 sehingga berat sendiri balok

$$q_u = 1,2 \times 454 = 544,32 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 544 \text{ kg/m} \times (5,5 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 5,5 \text{ m}$$

$$M = 2350,8 \text{ kgm} = 235081 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 0,3 \times \left[\frac{480}{1000} \right]^2 = 0,0115 \text{ m}^3$$

$$W = 0,0115 \text{ m}^3 = 11520 \text{ cm}^3$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{235081}{11520} = 20,406 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 20,4 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 21,5 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan penyangga dari balok kayu 30/30

luas bidang kontak,

$$A = 0,3 \times 0,3 = 0,09 \text{ m}^2 = 90000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{P}{2} = \frac{1,2 \times 454 \times 5,5 + 1,6 \times 133}{2}$$

$$\frac{P}{2} = \frac{2994 + 213}{2} = 1603,3 \text{ kg} = 16033 \text{ N}$$

$$F = \frac{P}{2} \times \frac{1}{A} = \frac{16033}{90000} = 0,1781 \text{ Mpa}$$

Jumlah penumpukan

$$n = \frac{f_r}{F \text{ SF}} = \frac{2,147743001}{0,1781 \times 3} = 4,0188 \approx 4 \text{ tumpukan}$$

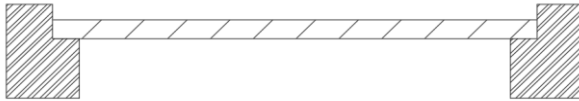
3. Kontrol Tegangan saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan saat beton berumur 7 hari

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,62 \times \sqrt{19,5} = 2,74 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,74 \text{ Mpa} = 27,4 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat pemasangan ditambahkan koefisien beban 1,2DL dan 1,6LL sehingga berat sendiri pelat

$$q_u = 1,2 \times 454 = 544,32 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 544 \text{ kg/m} \times \left(5,5 \text{ m} \right)^2 +$$

$$\frac{1}{4} \times 213 \text{ kg} \times 5,5 \text{ m}$$

$$M = 2350,8 \text{ kgm} = 235081 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 0,3 \times \left(\frac{480}{1000} \right)^2 = 0,0115 \text{ m}^3$$

$$W = 0,0115 \text{ m}^3 = 11520 \text{ cm}^3$$

Kontrol tegangan

$$\sigma_x = \frac{M}{W} = \frac{235081}{11520} = 20,406 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_x = 20,4 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 27,4 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

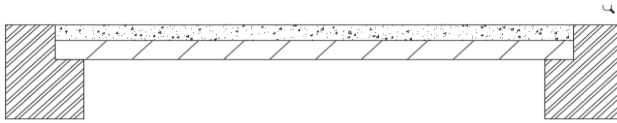
4. Kontrol Tegangan saat Pengecoran

Pemasangan pelat pracetak dilakukan saat beton berumur 7 hari

$$f_{ci \text{ 7 hari}} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f_{ci \text{ 7 hari}}} = 0,62 \times \sqrt{19,5} = 2,74 \text{ MPa}$$

$$f_r = 2,74 \text{ Mpa} = 27,4 \text{ kg/cm}^2$$



Pada saat pengecoran ditambahkan koefisien beban 1,2DL dan 1,6LL sehingga berat sendiri pelat

$$\text{Berat Balok} = \quad \quad \quad = 453,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Pelat} = 2400 \times 0,12 \times 2 = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Total} = \quad \quad \quad = 1029,6 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \times 1030 = 1236 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 1236 \times 5,5^2 + \frac{1}{4} \times 213 \times 5,5$$

$$M = 4964,4 \text{ kgm} = 496441 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 0,3 \times \left[\frac{480}{1000} \right]^2 = 0,0115 \text{ m}^3$$

$$W = 0,0115 \text{ m}^3 = 11520 \text{ cm}^3$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{496441}{11520} = 43,094 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 43,1 \text{ kg/cm}^2 > f_r = 27,4 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(NOT OK)}$$

Tegangan belum memenuhi syarat maka diperlukan peranca ditengah bentang untuk mengurangi momen yang terjadi, maka :

$$L = 5,5 \text{ m} / 2 = 2,75 \text{ m}$$

$$q_u = 1,2 \times 1030 = 1236 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 133 = 213 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L$$

$$M = \frac{1}{8} \times 1236 \times 2,75^2 + \frac{1}{4} \times 213 \times 2,75$$

$$M = 1314,3 \text{ kgm} = 131425 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 0,3 \times \left(\frac{480}{1000}\right)^2 = 0,0115 \text{ m}^3$$

$$W = 0,0115 \text{ m}^3 = 11520 \text{ cm}^3$$

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{131425}{11520} = 11,408 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 11,4 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 27,4 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Balok Induk

Penulangan balok yang dipakai adalah penulangan yang paling kritis dari beberapa keadaan diatas (keadaan sebelum komposit, akibat pengangkatan dan setelah komposit)

Tabel 5.14 Rekapitulasi tulangan balok induk

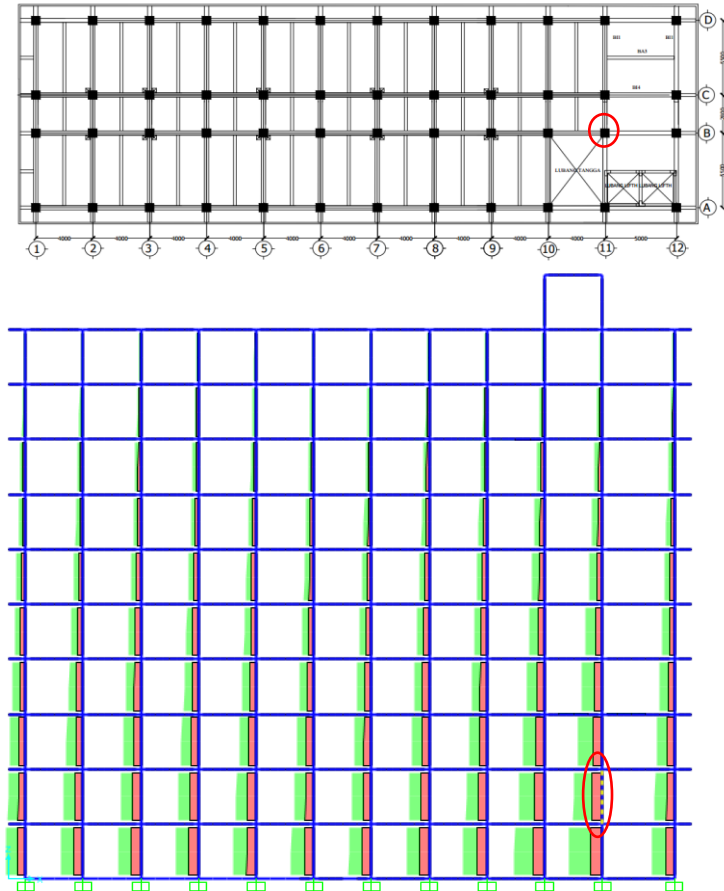
Tipe	Dimensi			hf	Panjang
	bw	bf	hw		
B1	300	-	600	200	5500
B2	300	200	600	200	4000
B3	300	-	600	-	2800
B4	300	-	600	-	5000

Tipe	Lentur			Geser	
	Tumpuan	Lapangan	Angkat	Tumpuan	Lapangan
B1	7D22	2D22	2D22	D13-100	D13-150
B2	6D22	3D22	2D22	D13-100	D13-150
B3	6D22	4D22	2D22	D13-100	D13-150
B4	6D22	2D22	2D22	D13-100	D13-150

Tipe	Tul. Torsi	Tul. Angkur	Tul. Penyaluran (mm)		
			Tarik	Tekan	Kait
B1	2D16	D22	380	380	270
B2	2D16	D22	380	380	270
B3	2D16	D22	380	380	270
B4	2D16	D22	380	380	270

7.2 Kolom

Pada tugas akhir ini kolom menggunakan metode konvensional. Untuk perhitungan desain penulangan digunakan kolom di lantai 2 dengan beban axial yang terbesar.



Gambar Portal grid B

- **Perencanaan Kolom**

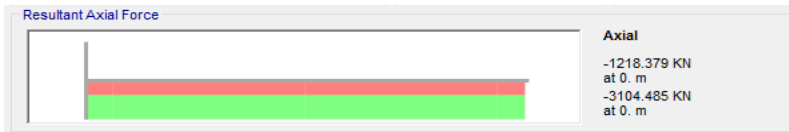
Berikut data perencanaan untuk perhitungan pembebanan dan penulangan pada tinjauan kolom,

Tipe kolom	=	K6060 (F405)
Dimensi kolom (arah x)	=	600 mm
Dimensi kolom (arah y)	=	600 mm
Tinggi kolom	=	4000 mm
Mutu beton (f_c)	=	30 mPa
Mutu baja (F_y)	=	390 mPa
Decking	=	40 mm
D. tulangan Lentur	=	25 mm
D. tulangan geser	=	13 mm

- **Analisa gaya dalam**

Pembebanan dan analisa gaya dalam pada kolom menggunakan analisa program aplikasi sap2000. penggunaan gaya aksial dan gaya momen yang terjadi melalui kombinasi pembebanan yang kritis yaitu Envelope (frame 405) sebagai berikut,

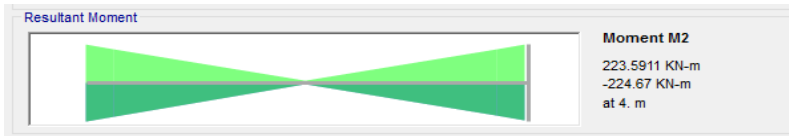
Gaya Axial Kolom Lantai 2



Momen Bawah Kolom Lantai 2

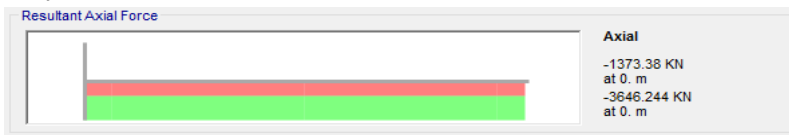


Momen Atas Kolom Lantai 2



Gambar Gaya Dalam Kolom Atas (frame 574)

Gaya Aksial Kolom Lantai 1



Momen Bawah Kolom Lantai 1



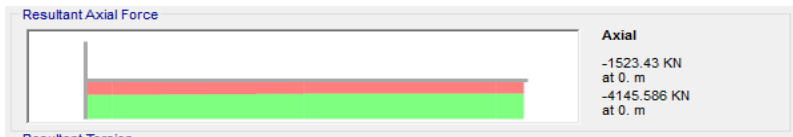
Momen Atas Kolom Lantai 1



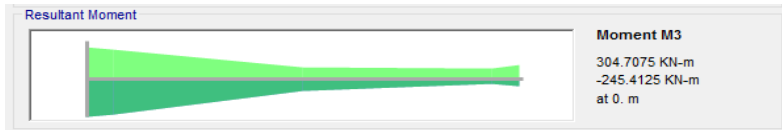
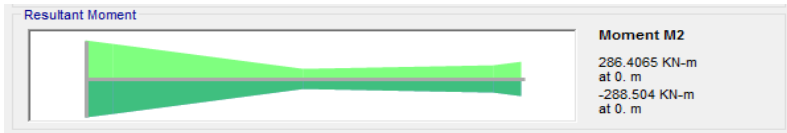


Gambar Gaya Dalam Kolom Desain (frame 405)

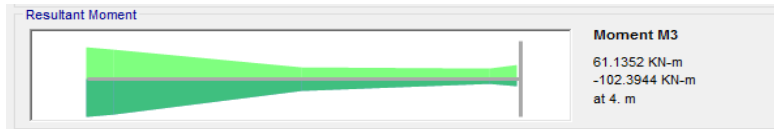
Gaya Aksial Kolom Lantai Dasar



Momen Bawah Kolom Lantai Dasar



Momen Atas Kolom Lantai Dasar



Gambar Gaya Dalam Kolom Bawah (frame 260)

Berdasarkan gambar bisa di ambil nominal gaya aksial dan gaya momen di masing-masing letak kolom yang ditabelkan seperti berikut ini,

Tabel Gaya dalam kolom

No	Letak kolom	Gaya aksial (kN)	Gaya momen (kNm)	
			Bawah	Atas
1	Kolom atas (Lantai 2)	3104,49	235,43	223,59
			-227,01	-224,67
2	Kolom desain (Lantai 1)	3646,24	262,43	217,28
			-248,16	219,51
3	Kolom bawah (Lantai Dasar)	4145,59	304,71	131,29
			-288,50	-129,12

- **Cek terhadap syarat $A_g \cdot f_c' / 10$**

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.6.1 persyaratan SRPMK yang menahan gaya tekan aksial terfaktor (P_u) melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$

$$P_u = 3646,2 \text{ kN} > A_g \cdot f_c' / 10$$

$$A_g \cdot f_c' / 10 = \frac{600 \times 600 \times 30}{10} = 1080000 \text{ N}$$

$$A_g \cdot f_c' / 10 = 1080000 \text{ N} = 1080 \text{ kN}$$

$$P_u = 3646,2 \text{ kN} > A_g \cdot f_c' / 10 = 1080 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

Karena $P_u > A_g \cdot f_c' / 10$ maka komponen struktur tersebut didesain sebagai komponen struktur yang memikul beban aksial dan lentur, dan karena merupakan bagian dari SRPMK, sesuai SNI 03:2847:2013 ps. 21.6.1.1 dan 21.6.1.2 maka harus diperiksa terhadap persyaratan :

* Dimensi terkecil penampang

$$= 600 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

* Perbandingan $b/h > 0,4$

$$b/h = 600 / 600 = 1 > 0,4 \quad \mathbf{OK}$$

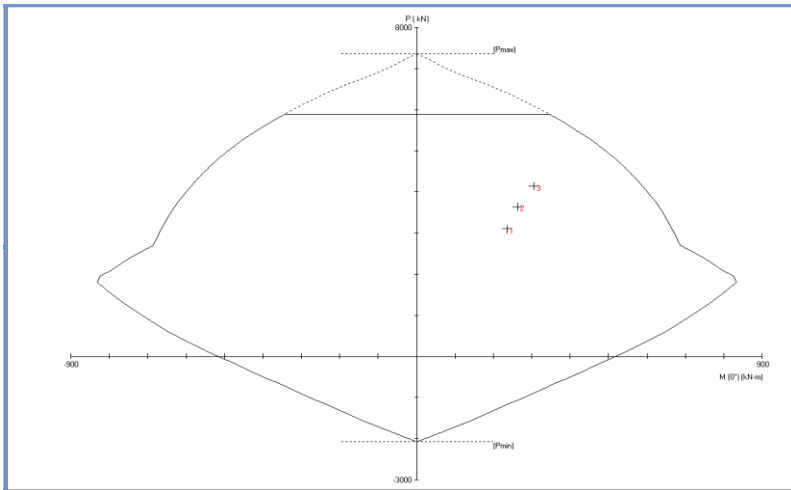
- **Cek terhadap ρ_g**

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.6.3.1 luas tulangan memanjang tidak boleh kurang dari 0,01 Ag atau lebih besar dari 0,06Ag.

Sebagai desain awal, digunakan penampang berukuran 600x600 mm², dengan tulangan 12D25. Maka :

$$\rho_g = \frac{12 \times 491,07}{600 \times 600} = 0,0164$$

Nilai rasio tulangan ρ_g yang disyaratkan adalah antara 0,01 - 0,06, sehingga persyaratan ini sudah terpenuhi. Diagram interaksi penampang kolom ini ditunjukkan pada gambar



Gambar Interaksi P-M PCACOL

-

- **Periksa terhadap persyaratan kolom kuat balok lemah**

Menurut SNI 03:2847:2013 ps.21.6.2.2 kekuatan lentur kolom harus memenuhi :

$$\Sigma M_{nc} \geq \frac{6}{5} \Sigma M_{nb}$$

Untuk goyangan kekanan, kuat lentur nominal dari ujung balok (tumpuan) pada titik atas kolom, diperoleh dari nilai ϕM_n yang ditelah dihitung dan jangan lupa dibagi dengan faktor 0,9 dalam tabel dibawah

Lokasi	Mu	As	Terpasang			As'	ϕM_n
	(kNm)	(mm ²)				(mm ²)	(kNm)
Tumpuan Exterior	-269,72	1582,2	5	D	22	1901,4	318,71
	162,09	918,85	3	D	22	1140,9	198,99
Tumpuan Interior	-347,67	2096	6	D	22	2281,7	374,68
	108,48	988,95	3	D	22	1140,9	198,99
Lapangan	44,74	554,04	2	D	22	760,57	135,25

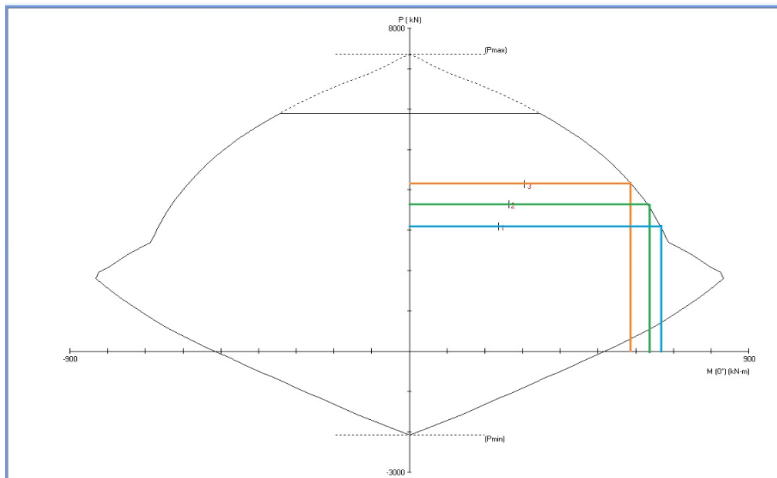
$$M_{nb} = 318,71 / 0,9 = 354,12 \text{ kNm}$$

$$M_{nb} = 198,99 / 0,9 = 221,1 \text{ kNm}$$

maka dari hasil ini diperoleh

$$\frac{6}{5} \Sigma M_{nb} = \frac{6}{5} \left(354,12 + 221,1 \right) = 690,26 \text{ kNm}$$

Menentukan nilai ΣM_{nc} menggunakan diagram interaksi yang dihasilkan melalui program bantu PCACOL,



Menurut diagram interaksi yang telah disediakan hasil output program bantu PCACOL, $\emptyset M_n$ bisa didapatkan dengan menarik tegak lurus garis dari $\emptyset P_n$.

No	Letak kolom	Gaya aksial (kN)	$\emptyset M_n$ (kNm)
1	Kolom atas	3104,49	664
2	Kolom desain	3646,24	628,9
3	Kolom bawah	4145,59	587,6

Untuk keduanya, nilai \emptyset yang digunakan adalah sebesar 0,65, sehingga untuk hubungan balok kolom sebelah atas kolom desain nilai ΣM_{nc} adalah

$$\Sigma M_{nc} = \frac{664 + 628,9}{0,65} = 1989,1 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_{nc} = 1989,1 \text{ kNm} > \frac{6}{5} \Sigma M_{nb} = 690,26 \text{ kNm (OK)}$$

untuk hubungan balok kolom sebelah bawah kolom desain nilai ΣM_{nc} adalah

$$\Sigma M_{nc} = \frac{587,6 + 628,9}{0,65} = 1871,5 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_{nc} = 1871,5 \text{ kNm} > \frac{6}{5} \Sigma M_{nb} = 690,26 \text{ kNm (OK)}$$

- **Perhitungan Transversal Kolom (Confinement)**

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.6.4.4 Perhitungan Transversal Kolom yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan persamaan dibawah ini :

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \frac{bc \times fc}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,09 \frac{bc \times fc}{f_{yt}}$$

dengan,

bc = ukuran inti penampang diukur hingga sisi terluar
senggang tertutup

$$bc = 600 - 2 \times [40 + 0,5 \times 13] = 507 \text{ mm}$$

Ach = luas inti penampang

$$Ach = [600 - 2 \times 40]^2 = 270400 \text{ mm}^2$$

maka nilai Ash/s dihitung dari kedua persamaan diatas :

$$\frac{Ash}{s} = 0,3 \frac{507 \times 30}{390} \times \left[\frac{600 \times 600}{270400} - 1 \right]$$

$$\frac{Ash}{s} = \mathbf{3,8769} \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{Ash}{s} = 0,09 \frac{507 \times 30}{390} = 3,51 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

jadi diambil nilai terbesar yaitu = 3,8769 mm²/mm

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.4.6.3 Syarat spasi jarak tulangan transversal :

$$\begin{aligned} * \frac{1}{4} \text{ dimensi terkecil komponen struktur} &= \frac{1}{4} \times 600 \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * 6 \text{ kali diameter tulangan memanjang} &= 6 \times 25 \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * s_0 &= 100 + \frac{350 - h_x}{3} \text{ , nilai } h_x \text{ dapat diperkirakan} \\ &\text{ sebesar } 1/3hc \end{aligned}$$

$$\frac{1}{3} h_c = \frac{1}{3} \times 507 = 169 \text{ mm}$$

yang lebih kecil dari syarat yaitu 350 mm. sehingga besar s₀:

$$s_0 = 100 + \frac{350 - 169}{3} = 160,33 \text{ mm}$$

$$* s_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Sehingga jarak maksimum tulangan transversal yang dapat diambil adalah 150 mm

Luas sengkang tertutup yang dibutuhkan adalah

$$\text{Ash} = 3,8769 \times 150 = 582 \text{ mm}^2$$

Misal digunakan sengkang tertutup berdiameter 13 mm,

$$3 \text{ kaki } D \ 13 = 398 \text{ mm}^2 < 582 \text{ mm}^2 \text{ (not OK)}$$

maka jarak dipakai 100 mm

$$\begin{aligned} \text{Ash} &= 3,8769 \times 100 = 387,69 \text{ mm}^2 \\ &= 387,69 \text{ mm}^2 < 398,36 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps.21.6.4.1 Sengkang tertutup ini dipasang hingga sejarak l_0 dari muka hubungan balok kolom, dimana l_0 diambil dari nilai terbesar antara :

a. Tinggi penampang komponen struktur pada muka hubungan balok kolom = 600 mm

b. 1/6 dari bentang bersih komponen struktur

$$\frac{1}{6} \times 4000 = 666,67 \text{ mm}$$

c. 450 mm

jadi sepanjang jarak 700 mm dari muka hubungan balok kolom harus disediakan sengkang tertutup 3 kaki D13 - 100 mm.

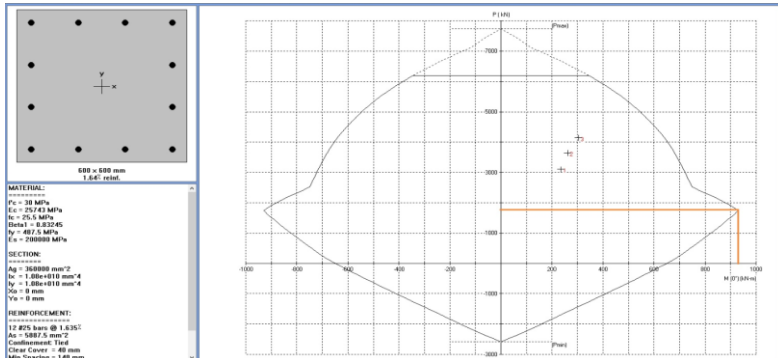
Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.6.4.5 Diluar daerah tersebut diijinkan dipasang sengkang tertutup berjarak 150 mm atau $6 \times db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

● Desain Tulangan Geser terhadap Gaya Geser

a. Gaya geser yang berhubungan dengan sendi plastis dikedua ujung kolom

$$V_e = \frac{M_{\text{prc atas}} + M_{\text{prc bawah}}}{l_u}$$

Nilai M_{pr} untuk kolom ditentukan dengan menganggap kuat tarik pada tulangan memanjang sebesar minimum $1,25f_y$ dan faktor reduksi $\phi = 1$. Dari diagram interaksi pada gambar diperoleh maksimum M_{pr} kolom sebesar 930 kNm sehingga :



$$V_e = \frac{930}{3,5} + \frac{930}{3,5} = 531,43 \text{ KN}$$

b. hasil langkah a diatas tidak perlu melebihi dari :

$$V_e = \frac{M_{prb \text{ atas}} \times DF_{atas} + M_{prb \text{ bawah}} \times DF_{bawah}}{I_n}$$

Mprb adalah kuat lentur maksimum dari balok yang merangka pada hubungan balok kolom, di ujung atas dan bawah dari kolom yang ditinjau. Nilai Mprb diambil seperti pada contoh sebelumnya. Dengan mengasumsikan bahwa kolom sebelah atas dan bawah dari kolom yang didesain mempunyai kekakuan yang sama, maka faktor distribusi DF, untuk sisi atas dan bawah dapat diambil sama sebesar 0,5. Sehingga :

$$V_e = \frac{M_{prb \text{ atas}} \times DF_{atas} + M_{prb \text{ bawah}} \times DF_{bawah}}{I_u}$$

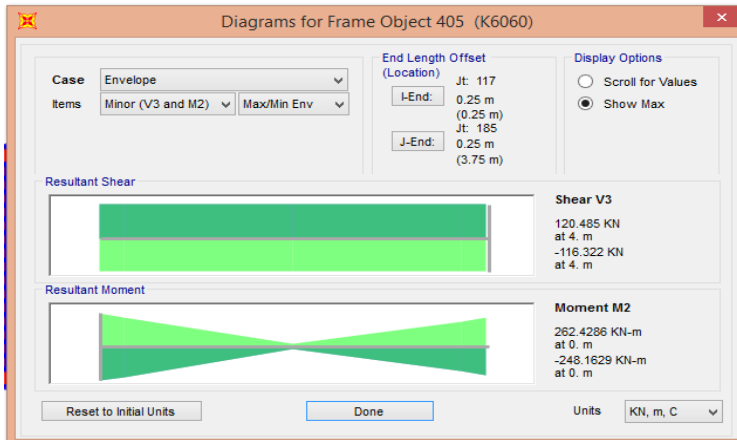
$$M_{prb \text{ atas}} = 504,22 + 354,12 = 858,34 \text{ kNm}$$

$$M_{prb \text{ bawah}} = 504,22 + 354,12 = 858,34 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{858,34 \times 0,5 + 858,34 \times 0,5}{4}$$

$$V_e = 214,59 \text{ kN}$$

- c. Nilai V_e dari langkah a dan b tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor hasil analisis



$$V_u = 120,45 \text{ kN}$$

sehingga dari kegia V_e diatas, diambil

$$V_e = 214,59 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps.21.6.5.2 nilai $V_c=0$ apabila :

- a. Gaya geser yang timbul, V_e , mewakili 1/2 atau lebih kekuatan geser perlu maksimum V_u

$$V_e = 215 \text{ kN}$$

$$0,5 V_u = 0,5 \times 120 = 60,2 < V_e \quad (\mathbf{OK})$$

- b. Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , kurang dari $A_g \cdot f_c / 10$

$$P_u = 3646,2 \text{ kN}$$

$$A_g \cdot f_c / 10 = \frac{600 \times 600 \times 30}{10} = 1080000 \text{ N}$$

$$= 1080000 \text{ N} = 1080 \text{ kN}$$

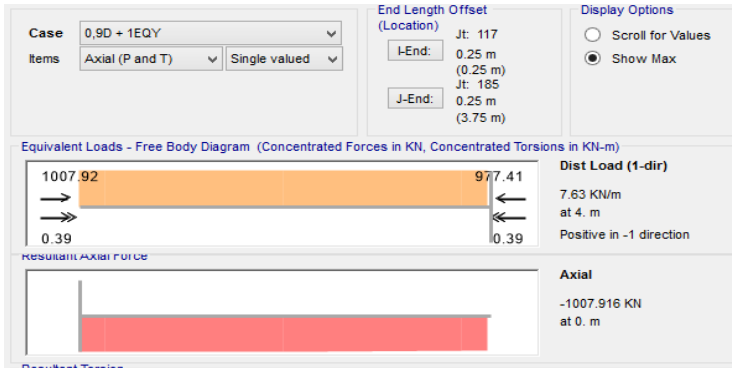
$$P_u = 3646,2 \text{ kN} > A_g \cdot f_c / 10 = 1080 \text{ kN}$$

$$A_g \cdot f_c / 10 = 1080 \text{ kN} < P_u \quad (\mathbf{not OK})$$

Maka V_c diperhitungkan, selanjutnya sesuai SNI 03:2847:2013 ps. 11.2.1.2 dengan mengasumsikan kuat geser yang disumbang oleh beton, V_c , maka :

$$V_c = 0,17 \left[1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right] \lambda \sqrt{f_c'} \quad b_w \quad d$$

Nilai N_u , diambil dari nilai gaya aksial terfaktor terkecil hasil kombinasi pembebanan pada kolom yang didesain,



$$P_u = 1007,9 \text{ kN}$$

$$A_g = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$d = 600 - 40 - 13 - 0,5 \times 25 = 534,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \times \left[1 + \frac{1007900}{14 \times 360000} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 600 \times 535 = 358329,51 \text{ N} = 358,33 \text{ kN}$$

$$0,5 V_c = 0,5 \times 358,33 = 179,16 \text{ kN}$$

Cek Apakah dibutuhkan tulangan geser

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{214,59}{0,75} = 286,11 \text{ kN} > 0,5 V_c$$

$$0,5 V_c < \frac{V_u}{\phi} < V_c \text{ sehingga } V_s = 0$$

Maka perlu tulangan geser minimum, sesuai SNI 03:2847:2013 ps.11.4.6.3

Karena sebelumnya telah dipasang confinement 3D13-100mm, maka

$$\begin{aligned}
 A_{v_{\min}} &= 0,062 \sqrt{f_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \\
 &= 0,062 \times \sqrt{30} \times \frac{600 \times 100}{390} \\
 &= 52,244 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

tapi tidak boleh kurang dari

$$\frac{0,35 b_w S}{f_{yt}} = \frac{0,35 \times 600 \times 100}{390} = 53,846 \text{ mm}^2$$

$$\text{maka } A_{v_{\min}} = 53,846 \text{ mm}^2$$

Sudah disediakan tulangan confinement dari langkah diatas yaitu 3 kaki D13 - 100 mm dengan ,

$$A_{sh} = 398,36 \text{ mm}^2 > A_{v_{\min}} \quad (\text{OK})$$

- **Desain Tulangan diluar daerah sendi plastis**

Untuk daerah diluar l_0 , maka nilai V_c ditentukan berdasarkan persamaan :

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c} b_w d$$

Nilai N_u , diambil dari nilai gaya aksial terfaktor terkecil hasil kombinasi pembebanan pada kolom yang didesain,

$$P_u = 1007,9 \text{ kN}$$

$$A_g = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{1007900}{14 \times 360000} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times$$

$$600 \times 535 = 358329,51 \text{ N} = 358,33 \text{ kN}$$

$$V_c = 358,33 \text{ kN} > V_u = 120 \text{ kN}$$

karena V_c sudah melebihi V_u diluar panjang l_0 , maka pada daerah diluar l_0 dapat dipasang tulangan sengkang dengan jarak $d/2$

$$d/2 = 534,5 / 2 = 267,25 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Namun persyaratan jarak tulangan transversal diluar daerah l_0 menyatakan bahwa jarak antara tulangan tidak boleh melebihi 150 mm, sehingga tetap harus dipasang 150 mm. Dari perhitungan confinement jarak diluar sendi plastis yaitu 150 mm

- **Desain Lap Splices (Sambungan Lewatan)**

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.6.3.3 Lap splice hanya boleh dipasang ditengah tinggi kolom dan harus diikat dengan tulangan sengkang (confinement). Sepanjang lap splices (sambungan lewatan), spasi tulangan transversal dipasang sesuai spasi tulangan confinement

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.17.2.2 digunakan sambungan lewatan kelas B jika semua tulangan disalurkan di lokasi yang sama .

Panjang sambungan lewatan kelas B = $1,3 l_d$
 diameter tulangan tekan = 25 mm

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 12.16 untuk mencari panjang sambungan lewatan kondisi tekan adalah

$$l_{sc} = 0,071 f_y db = 0,071 \times 390 \times 25 \\ = 692,25 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Nilai ini tidak boleh lebih kecil daripada syarat panjang penyaluran dalam kondisi tekan. Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 12.3.2 yang diambil nilai terbesar dari persamaan berikut ini :

$$l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} db = \frac{0,24 \times 390}{1 \times 30} \times 25 \\ = 427,22 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 f_y db = 0,043 \times 390 \times 25 \\ = 419,25 \text{ mm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 dimana l_d ditentukan berdasarkan persamaan pasal 12.2.3 sebagai berikut

$$l_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \Psi_s}{1,1 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

dimana,

c_b = diambil yang terkecil dari :

- a. Jarak spasi pusat tulangan ke muka kolom
 = decking + tul. Geser + 0,5 tul. Lentur
 = 40 + 13 + 0,5 x 25 = 65,5 mm
- b. Jarak setengah spasi pusat ke pusat tulangan yang disalurkan

$$\begin{aligned} &= \frac{b - 2 \text{ decking} - n \times d_{\text{tulangan}}}{2(n-1)} \\ &= \frac{600 - 2 \times 40 - 4 \times 25}{2 \times (4 - 1)} \\ &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai = 65,5 mm

$K_{tr} = 0$ (penyederhanaan desain)

$$\text{nilai } \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} = \frac{65,5 + 0}{25} = 2,62 > 2,5$$

$$\text{maka diambil } \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} = 2,5$$

$\Psi_t = 1,3$ (SNI 03:2847:2013 ps. 12.2.4)

$\Psi_e = 1$ (tulangan tidak dilapisi ekposi)

$\Psi_s = 1$ (Tulangan diameter 25)

sehingga

$$l_d = \left(\frac{390 \times 1,3 \times 1 \times 1}{1,1 \times 1 \times \sqrt{30} \times 2,5} \right) \times 25$$

$$l_d = 842 \text{ mm}$$

dari perhitungan diatas diambil yang terbesar

dipakai $l_{dc} = 841,5 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Panjang sambungan lewatan kelas B} &= 1,3 \times 841,5 \\ &= 1094 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka digunakan panjang penyaluran = 1000 mm

5.3.6 Rekapitulasi kolom

Tabel 5.17 Rekapitulasi tulangan kolom

Tipe	Dimensi			Tul.	Tul.
	Lebar	Lebar	Tinggi	Lentur	Penyaluran
K1	600	600	4000	12D25	1000

Tipe	Tul. Geser		
	Lo	diluar Lo	HBK
K1	4D13 - 100	4D13 - 150	4D13 - 150

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

7.3 Hubungan Balok Kolom SRPMK

Data Perencanaan,

Diameter tulangan utama kolom, d_b = 25 mm

Mutu Beton, f_c' = 30 Mpa

1. Dimensi Balok = 300 x 600

Dimensi Kolom = 600 x 600

Ukuran luas efektif HBK

$$A_j = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

Panjang HBK diukur sejajar dengan tulangan longitudinal balok adalah

$$= 600 \text{ mm}$$

nilai ini sudah lebih besar daripada 20 kali tulangan

$$= 20d_b = 20 \times 25 = 500 \text{ mm}$$

2. Hitung kebutuhan tulangan transversal. Dengan menganggap terdapat empat buah balok yang merangka pada keempat sisi HBK dan lebar balok (=300 mm) menutupi 3/4 lebar kolom (=3/4x600=450mm), maka jumlah tulangan transversal dapat diambil 1/2 dari kebutuhan tulangan transversal pada daerah sendi plastis kolom, atau,

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{1}{2} \times 3,23 = 1,615 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jarak tulangan transversal diambil 200 mm, sehingga

$$A_{sh} = 1,615 \times 200 = 323 \text{ mm}^2$$

dipasang 4 kaki D13-200mm

$$A_{sh} = 4 \times 133 = 531,14 \text{ mm}^2 > 323 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

3. Periksa terhadap gaya geser terhadap HBK

Gambar menunjukkan diagram badan bebas HBK yang mengalami goyangan kekanan.

Balok memiliki kuat lentur maksimum

$$M_{pr-} = 853,77 \text{ kNm}$$

$$M_{pr+} = 525,53 \text{ kNm}$$

Karena kolom dianggap memiliki kekuatan yang sama, maka faktor distribusi, DF, diambil sebesar 0,5 dan momen yang timbul pada HBK adalah :

$$M_c = 0,5 \times 853,77 + 525,53 = 689,65 \text{ kNm}$$

Gaya geser dari kolom sebelah atas adalah sebesar :

$$V_{\text{goyangan}} = \frac{689,65 + 689,65}{3,5} = 394,09 \text{ kN}$$

Luas tulangan atas adalah 7D25

$$A_s = 7 \times 491,07 = 3437,5 \text{ mm}^2$$

Sehingga gaya yang bekerja pada tulangan atas pada sebelah kiri HBK adalah :

$$T_1 = 1,25 A_s f_y = 1,25 \times 3438 \times 400$$

$$T_1 = 1718750 \text{ N} = 1718,8 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada beton disisi kiri HBK, sebesar

$$C_1 = T_1 = 1718,8 \text{ kN}$$

Dengan cara yang sama, untuk sisi kanan HBK (4D25),

$$A_s = 4 \times 491,07 = 1964,3 \text{ mm}^2$$

$$T_2 = C_2 = 1,25 \times 1964,3 \times 400$$

$$T_2 = 982143 \text{ N} = 982,14 \text{ kN}$$

Selanjutnya dengan meninjau keseimbangan gaya dalam arah horizontal diperoleh :

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{\text{goyangan}}$$

$$V_j = 1718,8 + 982,14 - 394,09 = 2306,8 \text{ kN}$$

Kuat Geser dari HBK yang dikekang ke empat sisinya adalah

$$V_n = 1,7 \sqrt{f_c} A_j = 1,7 \times \sqrt{30} \times 360000$$

$$V_n = 3352062,1 \text{ N} = 3352,1 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n = 0,85 \times 3352,1 = 2849,3 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n = 2849,3 \text{ kN} > V_j = 2306,8 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

Jadi dimensi pada HBK mencukupi, dan dipasang 4 kaki D13 dengan jarak 200 mm pada daerah hubungan balok kolom

BAB VIII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

8.1 Umum

Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang amat penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang terjadi dari elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Pada pembahasan ini akan dilakukan perhitungan sambungan antara lain :

- * Sambungan Balok Induk dengan Kolom
- * Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak
- * Sambungan Pelat dengan Balok Anak
- * Sambungan Pelat Pracetak dengan Pelat Pracetak
- * Sambungan Pelat Pracetak dengan Pelat Cor Insitu

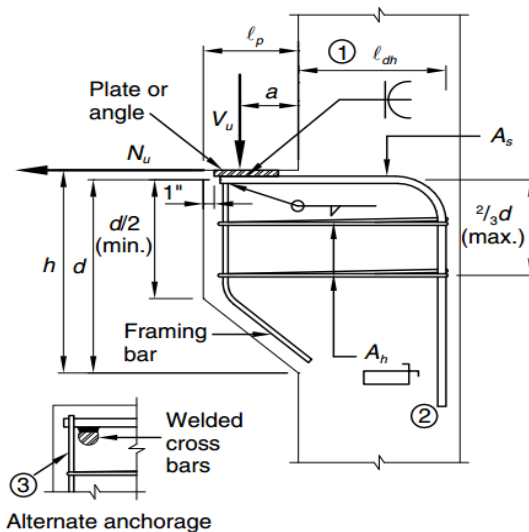
Sambungan pracetak tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban tetapi juga harus mampu secara efektif mengintegrasikan komponen-komponen tersebut sehingga struktur tersebut secara keseluruhan dapat berperilaku monolit. Sambungan perlu ditinjau dari segi praktis, ekonomis, serviceability.

8.2 Sambungan Balok Induk dan Kolom

Dalam hal ini sambungan menggunakan konsol pendek yang diasumsikan monolit pada kolom dan beton adalah beton normal

Data Perencanaan Konsol Kolom

l_p	=	300 mm
a_v	=	225 mm
h	=	400 mm
b	=	300 mm
decking	=	40 mm
Mutu beton, f_c	=	30 Mpa
Mutu baja, f_y	=	390 Mpa
diameter tul. Lentur	=	16 mm
diameter tul. Geser	=	10 mm
tinggi efektif konsol, d	=	$h \text{ konsol} - \text{decking} - d.\text{lentur}/2$
	=	$400 - 40 - 0,5 \times 16$
	=	352 mm



Dari perhitungan sebelumnya didapatkan V_e pada balok yaitu,

$$V_e = 227 \text{ kN} \quad \text{untuk } \phi = 0,75 \quad (2847 \text{ ps.11.8.3.1})$$

$$N_u = 0,2 \times V_u \quad (2847 \text{ ps. 11.8.3.4})$$

$$= 0,2 \times 227 = 45,4 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_e}{\phi} = \frac{227}{0,75} = 302,67 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.8.2 untuk joint pada metode pracetak sebagai penahan gempa harus memenuhi persyaratan rangka momen khusus sebagai berikut :

a. V_n tidak boleh kurang dari 2 V_e

$$V_n = 303 \text{ kN} < 2 \times V_e = 2 \times 227$$

$$V_n = 303 \text{ kN} < 454 \text{ kN} \quad (\text{not OK})$$

Maka dalam hal ini dipakai $V_n = 454 \text{ kN}$

b. sambungan mekanis tulangan beton harus ditempatkan tidak lebih dekat dari $h/2$ dari muka joint

$$h / 2 = 400 / 2 = 200 \text{ mm}$$

* Cek Dimensi Penampang

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.1 dalam menentukan dimensi korbek harus memenuhi :

a. $\frac{A_v}{d}$ tidak lebih besar dari 1

$$\frac{225}{352} = 0,64 < 1 \quad (\text{OK})$$

b. dikenai gaya tarik horisontal terfaktor N_u tidak lebih besar dari V_u

$$N_u = 0,2 \times V_u = 0,2 \times 227$$

$$= 45,4 \text{ kN} < V_u = 227 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

Kontrol

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.2.1 dimensi korbel harus melebihi gaya geser terfaktor yang bekerja sehingga V_n tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' b_w d &= 0,2 \times 30 \times 300 \times 352 \\ &= 633600 \text{ N} \\ &= 634 \text{ kN} > V_n = 454 \text{ kN} \quad (\mathbf{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3,3+0,08f_c) b_w d &= [3,3 + 0,08 \times 30] \times 300 \\ &\quad \times 352 \\ &= 601920 \text{ N} \\ &= 602 \text{ kN} > V_n = 454 \text{ kN} \quad (\mathbf{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11 b_w d &= 11 \times 300 \times 352 \\ &= 1161600 \text{ N} \\ &= 1161,6 \text{ kN} > V_n = 454 \text{ kN} \quad (\mathbf{OK}) \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3 menentukan momen terfaktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_u &= V_u a + N_u (h - d) \\ &= 227000 \times 225 + 45400 \times (400 - 352) \\ &= 53254200 \text{ Nmm} \\ &= 53,254 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.2 menentukan A_{vf} sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{\mu f_y} \\ &= \frac{454000}{1,4 \times 390} \\ &= 831,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.3 menentukan A_f mengacu ps. 10.2 sebagai berikut :

$$A_f = \frac{M_u}{0,85 \phi f_y d}$$

$$= \frac{53254200}{0,85 \times 0,75 \times 390 \times 352}$$

$$= 608,51 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.4 menentukan A_n mengacu ps. 10.2 sebagai berikut :

$$A_n = \frac{N_u}{\phi f_y}$$

$$= \frac{45400}{0,75 \times 390}$$

$$= 155,21 \text{ mm}^2$$

Perhitungan tulangan A_s :

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.5 menentukan A_s tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari :

$$A_{s1} = A_f + A_n = 608,51 + 155,21$$

$$= 763,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{2}{3} A_{vf} + A_n = \frac{2}{3} \times 831,5 + 155,21$$

$$= 709,55 \text{ mm}^2$$

maka $A_{s \text{ perlu}} = 763,72 \text{ mm}^2$

dimana menurut SNI 03:2847:2013 ps.11.8.5 kedua persamaan tersebut tidak boleh kurang dari

$$A_{s \text{ min}} = 0,04 \frac{f_c'}{f_y} b_w d$$

$$= 0,04 \times \frac{30}{390} \times 300 \times 352$$

$$= 324,92 \text{ mm}^2 < A_{s \text{ perlu}} = 763,72 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Digunakan tulangan lentur D 16 maka $A_b = 201,14 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{764}{201} = 3,8 \approx 4$$

digunakan 4 D 16 $A_{s \text{ pakai}} = 4 \times 201 = 804,57 \text{ mm}^2$

Perhitungan tulangan Ah :

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.4 menentukan Ah tidak boleh kurang dari :

$$A_{h1} = \frac{1}{2} \left(A_s - A_n \right) = \frac{1}{2} \left(763,72 - 155,21 \right) \\ = 304,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{h2} = \frac{1}{3} A_{vf} = \frac{1}{3} \times 831,5 = 277,17 \text{ mm}^2$$

maka $A_{h \text{ perlu}} = 304,25 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,571 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{h \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{304}{78,6} = 3,87 \approx 4$$

digunakan 4 $\emptyset 10$ $A_{h \text{ pakai}} = 4 \times 78,6 = 314,29 \text{ mm}^2$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.4 Ah harus disebarakan secara merata dalam batas $2/3d$

$$\frac{2}{3} d = \frac{2}{3} \times 352 = 235 \text{ mm}$$

Pelat Landasan Korbel Balok Induk

Kontrol kuat tumpuan untuk balok induk pada kolom sebagai berikut

$$A_f = l_p \times b_w$$

$$A_f = 300 \times 300 = 90000 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps.22.5.5 kekuatan tumpu desain beton adalah :

$$\emptyset B_n \geq B_u$$

dengan

$$B_n = 0,65 f_c' A_f = 0,65 \times 30 \times 90000 \\ = 1755000 \text{ N} = 1755 \text{ kN} > V_u = 227 \text{ kN}$$

Kontrol tegangan beton pada tumpuan

$$f_{c_{7\text{hari}}} = 0,65 \times f_{c'} = 0,65 \times 30 = 19,5$$

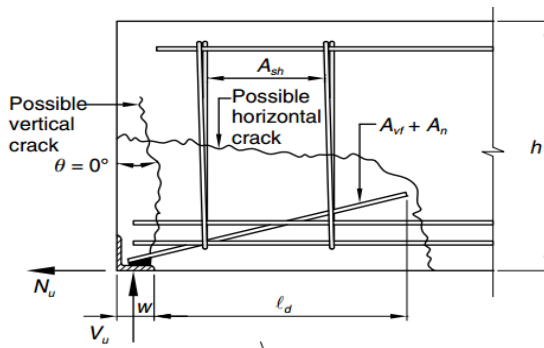
$$f_r = 0,65 \times \sqrt{f_{c'}} = 0,65 \times \sqrt{19,5} = 2,8703 \text{ Mpa}$$

$$V_u = 227 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{V_u}{A} = \frac{227000}{90000} = 2,52 < f_r = 2,87 \text{ Mpa (OK)}$$

Tumpuan Ujung Balok Induk (Reinforced Concrete Bearing)

Menurut PCI Design Handbook 7th Edition section 5.6.2 tentang reinforced concrete bearing.



Data Perencanaan

$$V_u = 51 \text{ kip} = 227000 \text{ N} = 227 \text{ kN}$$

$$N_u = 10,2 \text{ kip} = 45400 \text{ N} = 45,4 \text{ kN}$$

$$\text{lebar balok} = 11,8 \text{ in} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi balok} = 23,6 \text{ in} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Bearing Pad} = 3,94 \text{ in} \times 11,8 \text{ in}$$

$$= 100 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$$

$$f_c = 4351 \text{ psi} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 56566 \text{ psi} = 390 \text{ Mpa}$$

$$A_{cr} = b \times h = 11,8 \times 23,6 = 279 \text{ in}^2$$

$$V_{n \max} = 1000 \lambda A_{cr} = 1000 \times 1 \times 279 / 1000 = 279 \text{ kip}$$

$$V_{u \max} = \phi V_{n \max} = 0,75 \times 279 = 209 \text{ kip} > 51 \text{ kip (OK)}$$

$$\mu_e = \frac{\phi 1000 \lambda A_{cr} \mu}{V_u} = \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 279 \times 1,4}{51031,64861} = 5,74 > \max \mu_e = 3,4 \text{ (PCI tabel 5.3.1)}$$

maka dipakai $\max \mu_e = 3,4$

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\phi f_y \mu_e} = \frac{51031,64861}{0,75 \times 56566 \times 3,4} = 0,35 \text{ in}^2$$

$$A_n = \frac{N_u}{\phi f_y} = \frac{10206,32972}{0,75 \times 56566} = 0,24 \text{ in}^2$$

$$A_{vf} + A_n = 0,35 + 0,24 = 0,59 \text{ in}^2 = 383,46 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D 16 maka $A_b = 201,14 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_b} = \frac{383}{201} = 1,91 \approx 2$$

digunakan 2 D 16 $A_{\text{pakai}} = 2 \times 201 = 402,29 \text{ mm}^2$

Menentukan l_d

Menurut PCI Edisi 7 dari Design adis 15.4.4 untuk menentukan panjang l_d adalah pada tabel berikut

Bar size, #	$f_c = 3000 \text{ psi}$			$f_c = 4000 \text{ psi}$			$f_c = 5000 \text{ psi}$			$f_c = 6000 \text{ psi}$						
	Tension			Com-pression	Tension			Com-pression	Tension			Com-pression				
	l_d	$1.3l_d$	$1.5l_d$	l_d	l_d	$1.3l_d$	$1.5l_d$	l_d	l_d	$1.3l_d$	$1.5l_d$	l_d	l_d			
3	16	21	25	8	14	18	21	8	13	17	19	8	12	15	17	8
4	22	28	33	11	19	25	28	9	17	22	25	9	15	20	23	9
5	27	36	41	14	24	31	36	12	21	28	32	11	19	25	29	11
6	33	43	49	16	28	37	43	14	25	33	38	14	23	30	35	14
7	48	62	72	19	42	54	62	17	37	48	56	16	34	44	51	16
8	55	71	82	22	47	62	71	19	42	55	64	18	39	50	58	18
9	62	80	93	25	54	70	80	21	48	62	72	20	44	57	66	20
10	70	90	104	28	60	78	90	24	54	70	81	23	49	64	74	23
11	77	100	116	31	67	87	100	27	60	78	90	25	55	71	82	25

Untuk $f_c = 4351,2$ psi

$$l_d = 24 \text{ in}$$

$$A_{cr} = l_d \times b = 24 \times 11,8 = 283 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} V_u &= [A_{vf} + A_n] f_y = 0,59 \times 56566 \\ &= 33621 \text{ kip} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_e &= \frac{\emptyset 1000 \lambda A_{cr} \mu}{V_u} \\ &= \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 283 \times 1,4 \times 1}{33620,85085} \end{aligned}$$

$$= 8,85 > \max \mu_e = 3,4 \text{ (PCI tabel 5.3.1)}$$

maka dipakai $\max \mu_e = 3,4$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{[A_{vf} + A_n] f_y}{\mu_e f_{ys}} = \frac{33620,85085}{3,4 \times 56566} = 0,17 \text{ in}^2 \\ &= 112,78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,571 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{sh \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{113}{78,6} = 1,44 \approx 2$$

digunakan 2 $\emptyset 10$ $A_{sh \text{ pakai}} = 2 \times 78,6 = 157,14 \text{ mm}^2$

Kait Tulangan Konsol

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 21.7.5 panjang penyaluran

(Kait) untuk batang tulangan dalam kondisi tarik dengan kait 90° pada beton normal yaitu nilai terbesar dari 3 persamaan berikut ini

$$* \quad l_{dh} = \frac{f_y \times db}{5,4 \times \sqrt{f_c'}} = \frac{390 \times 16}{5,4 \times \sqrt{30}} = 211 \text{ mm}$$

$$* \quad l_{dh} = 150 \text{ mm}$$

$$* \quad l_{dh} = 8 db = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 12.5.1 untuk panjang penyaluran dengan kait 90° pada kondisi tarik dengan panjang kait minimal 12db. Maka :

$$\begin{aligned}
 * \quad l_{dh} &= \frac{0,24 \Psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} \text{ db} \\
 &= \frac{0,24 \times 1 \times 390}{1 \times \sqrt{30}} \times 16 \\
 &= 273 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka diambil $l_{dh} = 273 \text{ mm} \approx 280 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 * \quad 12 \text{ db} &= 12 \times 16 = 192 \text{ mm} \\
 &\approx 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 7.2 tabel 7.2 Jari-jari bengkokan minimum yang diukur pada bagian dalam tulangan dengan ukuran D10 hingga D25 adalah 4db

$$4 \text{ db} = 4 \times 16 = 64 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$$

8.3 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Pada perencanaan sambungan balok induk dan balok anak digunakan konsol setempat. Balok Anak diletakkan pada konsol yang berada pada Balok Induk

Data Perencanaan Konsol Balok Induk

l_p	=	200 mm
a_v	=	150 mm
h	=	200 mm
b	=	200 mm
decking	=	40 mm
Mutu beton, f_c	=	30 Mpa
Mutu baja, f_y	=	390 Mpa
diameter tul. Lentur	=	13 mm
diameter tul. Geser	=	10 mm
tinggi efektif konsol, d	=	$h \text{ konsol} - \text{decking} - d.\text{lentur}/2$
	=	$200 - 40 - 0,5 \times 13$
	=	153,5 mm

Pembebanan dan analisa gaya dalam pada korbel balok induk menggunakan perhitungan V_u pada balok anak pada bab sebelumnya, yaitu :

$$\begin{aligned} V_u &= 4631,4 \text{ kg} \\ &= 46,3 \text{ kN} \text{ untuk } \phi = 0,75 \quad (2847 \text{ ps.11.8.3.1}) \\ N_u &= 0,2 \times V_u \quad (2847 \text{ ps. 11.8.3.4}) \\ &= 0,2 \times 46,3 = 9,26 \text{ kN} \\ V_n &= \frac{V_u}{\phi} = \frac{46,314}{0,75} = 61,752 \text{ kN} \end{aligned}$$

*** Cek Dimensi Penampang**

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.1 dalam menentukan dimensi korbel harus memenuhi :

a. $\frac{A_v}{d}$ tidak lebih besar dari 1

$$\frac{150}{154} = 0,98 < 1 \quad (\mathbf{OK})$$

b. dikenai gaya tarik horisontal terfaktor N_u tidak lebih besar dari V_u

$$\begin{aligned} N_u &= 0,2 \times V_u = 0,2 \times 46,3 \\ &= 9,26 \text{ kN} < V_u = 46,3 \text{ kN} \quad (\mathbf{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.2.1 dimensi korbel harus melebihi gaya geser terfaktor yang bekerja

sehingga V_n tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' b_w d &= 0,2 \times 30 \times 200 \times 154 \\ &= 184200 \text{ N} \\ &= 184 \text{ kN} > V_n = 61,8 \text{ kN} \quad (\mathbf{OK}) \\ (3,3+0,08f_c) b_w d &= [3,3 + 0,08 \times 30] \times 200 \\ &\quad \times 154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 174990 \text{ N} \\
 &= 175 \text{ kN} > V_n = 61,8 \text{ kN} \quad (\mathbf{OK}) \\
 11 \quad b_w d &= 11 \times 200 \times 154 \\
 &= 337700 \text{ N} \\
 &= 337,7 \text{ kN} > V_n = 61,8 \text{ kN} \quad (\mathbf{OK})
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Konsol

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3 menentukan momen terfaktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u a + N_u (h - d) \\
 &= 46314 \times 150 + 9262,8 \times (200 - 154) \\
 &= 7377820,2 \text{ Nmm} \\
 &= 7,3778 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.2 menentukan A_{vf} sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_u}{\phi \mu f_y} \\
 &= \frac{46314}{0,75 \times 1,4 \times 390} \\
 &= 113,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.3 menentukan A_f mengacu ps. 10.2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_f &= \frac{M_u}{0,85 \phi f_y d} \\
 &= \frac{7377820,2}{0,85 \times 0,75 \times 390 \times 154} \\
 &= 193,32 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.4 menentukan A_n mengacu ps. 10.2 sebagai berikut :

$$A_n = \frac{N_u}{\phi f_y}$$

$$= \frac{9262,8}{0,75 \times 390}$$

$$= 31,668 \text{ mm}^2$$

Perhitungan tulangan As :

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.5 menentukan As tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari :

$$A_{s1} = A_f + A_n = 193,32 + 31,668$$

$$= 224,99 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{2}{3} A_{vf} + A_n = \frac{2}{3} \times 113,1 + 31,668$$

$$= 107,07 \text{ mm}^2$$

maka $A_{s \text{ perlu}} = 224,99 \text{ mm}^2$

dimana menurut SNI 03:2847:2013 ps.11.8.5 kedua persamaan tersebut tidak boleh kurang dari

$$A_{s \text{ min}} = 0,04 \frac{f_c'}{f_y} b_w d$$

$$= 0,04 \times \frac{30}{390} \times 200 \times 154$$

$$= 94,462 \text{ mm}^2 < A_{s \text{ perlu}} = 224,99 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Digunakan tulangan lentur D 13 maka $A_b = 132,79 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{225}{133} = 1,69 \approx 2$$

digunakan 2 D 13 $A_{s \text{ pakai}} = 2 \times 133 = 265,57 \text{ mm}^2$

Perhitungan tulangan Ah :

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.4 menentukan A_h tidak boleh kurang dari :

$$A_{h1} = \frac{1}{2} \left(A_s - A_n \right) = \frac{1}{2} \left(224,99 - 31,668 \right)$$

$$= 96,66 \text{ mm}^2$$

$$A_{h2} = \frac{1}{3} A_{vf} = \frac{1}{3} \times 113,1 = 37,7 \text{ mm}^2$$

maka $A_{h \text{ perlu}} = 96,66 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,571 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{96,7}{78,6} = 1,23 \approx 2$$

digunakan 2 D 10 $A_{s \text{ pakai}} = 2 \times 78,6 = 157,14 \text{ mm}^2$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.4 A_h harus disebarakan secara merata dalam batas $2/3d$

$$\frac{2}{3} d = \frac{2}{3} \times 154 = 102 \text{ mm}$$

Pelat Landasan Korbel Balok Anak

Kontrol kuat tumpuan untuk balok anak pada korbel balok induk sebagai berikut

$$A_f = l_p \times b_w$$

$$A_f = 200 \times 200 = 40000 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps.22.5.5 kekuatan tumpu desain beton adalah :

$$\emptyset B_n \geq B_u$$

dengan

$$\begin{aligned} B_n &= 0,65 f_c' A_f = 0,65 \times 30 \times 40000 \\ &= 780000 \text{ N} = 780 \text{ kN} > V_u = 46,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan beton pada tumpuan

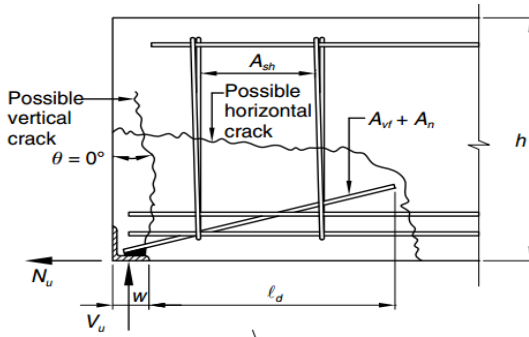
$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c'} = 0,7 \times \sqrt{30} = 3,8341 \text{ Mpa}$$

$$V_u = 46,3 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{V_u}{A} = \frac{46314}{40000} = 1,16 < f_r = 3,83 \text{ Mpa (OK)}$$

Tumpuan Ujung Balok Anak (Reinforced Concrete Bearing)

Menurut PCI Design Handbook 7th Edition section 5.6.2 tentang reinforced concrete bearing.



Data Perencanaan

$$V_u = 10,4 \text{ kip} = 46314 \text{ N} = 46,314 \text{ kN}$$

$$N_u = 2,08 \text{ kip} = 9262,8 \text{ N} = 9,2628 \text{ kN}$$

$$\text{lebar balok} = 7,87 \text{ in} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi balok} = 15,7 \text{ in} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Bearing Pad} = 3,94 \text{ in} \times 7,87 \text{ in}$$

$$= 100 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$$

$$f_c = 4351,2 \text{ psi} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 56566 \text{ psi} = 390 \text{ Mpa}$$

$$A_{cr} = b \cdot h = 7,87 \times 15,7 = 124 \text{ in}^2$$

$$V_{n \max} = 1000 \lambda A_{cr} = 1000 \times 1 \times 124 / 1000$$

$$= 124 \text{ kip}$$

$$V_{u \max} = \phi V_{n \max}$$

$$= 0,75 \times 124 = 93 \text{ kip} > 10,4 \text{ kip} \quad (\text{OK})$$

$$\mu_e = \frac{\phi 1000 \lambda A_{cr} \mu}{V_u}$$

$$= \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 124 \times 1,4}{10411,80517}$$

$$= 12,5 > \max \mu_e = 3,4 \quad (\text{PCI tabel 5.3.1})$$

maka dipakai $\max \mu_e = 3,4$

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\phi f_y \mu_e} = \frac{10411,80517}{0,75 \times 56566 \times 3,4} = 0,07 \text{ in}^2$$

$$A_n = \frac{N_u}{\phi f_y} = \frac{2082,361034}{0,75 \times 56566} = 0,05 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} A_{vf} + A_n &= 0,07 + 0,05 = 0,12 \text{ in}^2 \\ &= 78,237 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 16 maka $A_b = 201,14 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_b} = \frac{78,2}{201} = 0,39 \approx 1$$

digunakan 1 D 16 $A_{\text{pakai}} = 3 \times 201 = 603,43 \text{ mm}^2$

Menentukan l_d

Menurut PCI Edisi 7 dari Design aids 15.4.4 untuk menentukan panjang l_d adalah pada tabel berikut

Bar size, #	$f_c = 3000 \text{ psi}$				$f_c = 4000 \text{ psi}$				$f_c = 5000 \text{ psi}$				$f_c = 6000 \text{ psi}$							
	Tension			Com- pres- ion	Tension			Com- pres- ion	Tension			Com- pres- ion	Tension			Com- pres- ion				
	l_d	$1.3/l_d$	$1.5/l_d$	l_d	l_d	$1.3/l_d$	$1.5/l_d$	l_d	l_d	$1.3/l_d$	$1.5/l_d$	l_d	l_d	$1.3/l_d$	$1.5/l_d$	l_d	l_d	$1.3/l_d$	$1.5/l_d$	l_d
3	16	21	25	8	14	18	21	8	13	17	19	8	12	15	17	8				
4	22	28	33	11	19	25	28	9	17	22	25	9	15	20	23	9				
5	27	36	41	14	24	31	36	12	21	28	32	11	19	25	29	11				
6	33	43	49	16	28	37	43	14	25	33	38	14	23	30	35	14				
7	48	62	72	19	42	54	62	17	37	48	56	16	34	44	51	16				
8	55	71	82	22	47	62	71	19	42	55	64	18	39	50	58	18				
9	62	80	93	25	54	70	80	21	48	62	72	20	44	57	66	20				
10	70	90	104	28	60	78	90	24	54	70	81	23	49	64	74	23				
11	77	100	116	31	67	87	100	27	60	78	90	25	55	71	82	25				

Untuk $f_c = 4351,2 \text{ psi}$

$$l_d = 24 \text{ in}$$

$$A_{cr} = l_d \times b = 24 \times 7,87 = 189 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} V_u &= (A_{vf} + A_n) f_y = 0,12 \times 56566 \\ &= 6859,5 \text{ kip} \end{aligned}$$

$$\mu_e = \frac{\phi 1000 \lambda A_{cr} \mu}{V_u}$$

$$= \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 189 \times 1,4 \times 1}{6859,542231}$$

$$= 28,9 > \max \mu_e = 3,4 \text{ (PCI tabel 5.3.1)}$$

maka dipakai $\max \mu_e = 3,4$

$$A_{sh} = \frac{[A_{vf} + A_n] f_y}{\mu_e f_{ys}} = \frac{6859,542231}{3,4 \times 56566} = 0,04 \text{ in}^2$$

$$= 23,011 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 10$ maka $A_b = 78,571 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{sh \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{23}{78,6} = 0,29 \approx 1$$

digunakan 1 $\emptyset 10$ $A_{sh \text{ pakai}} = 3 \times 78,6 = 235,71 \text{ mm}^2$

* Perhitungan Tulangan Angkur

Dalam sambungan balok induk dan balok anak tidak mengikuti persyaratan SRPMK dikarenakan balok anak tidak sebagai struktur utama. Tetapi desain sambungan harus mampu menahan gaya geser dan aksial yang terjadi

Diperoleh N_u dan V_u balok anak dari perhitungan bab sebelumnya

$$V_u = 40,01 \text{ kN}$$

Data perencanaan,

$$\text{Mutu Baja, } f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu Baja, } f_u = 559 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu Beton} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tulangan angkur} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Kedalaman tanam, } h_{ef} = 150 \text{ mm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.4.3 faktor reduksi untuk kekuatan angkur

$$\emptyset = 0,65 \text{ (beban geser kondisi A)}$$

$$F_{uta} = 0,65 \times 559 = 363 \text{ Mpa}$$

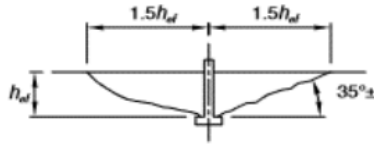
Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.1.2 F_{uta} tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$F_{uta} = 1,9 f_y = 1,9 \times 390 = 741 \text{ Mpa}$$

$$F_{uta} = 860 \text{ Mpa}$$

maka dipakai $F_{uta} = 363 \text{ Mpa}$

Menentukan jarak angkur,



Jarak angkur korbek balok induk

Batas tepi terdekat = 200 mm

Batas tepi jika dilihat dari arah retakan,

$$c_a = \frac{h_{ef}}{\tan 35^\circ} = \frac{150}{0,4738} = 316,58 \text{ mm}$$

$$c_a = 1,5 h_{ef} = 1,5 \times 150 = 225 \text{ mm}$$

sehingga dipilih $c_{a1} = 200 \text{ mm}$ dan $c_{a2} = 317 \text{ mm}$

Angkur Kondisi Geser

* Kuat Nominal Angkur Baut terhadap Geser

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.6.1.2 kekuatan nominal angkur dalam kondisi geser tidak boleh melebihi

Tulangan Angkur D 22 , $A_{se} = 380 \text{ mm}^2$

$$V_{sa} = A_{se} \times F_{uta} = 380 \times 363 \text{ (angkur tunggal)}$$

$$= 138176,81 \text{ N}$$

$$= 138,18 \text{ kN} > V_u = 40,01 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

* Kuat Jebol Beton terhadap Geser

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.6.2.1 kekuatan jebol beton nominal dalam kondisi geser untuk angkur berkepala dan

baut cor didalam

$$\begin{aligned} V_b &= 3,7 \lambda_a \sqrt{f_c} c_{a1}^{1,5} \\ &= 3,7 \times 1 \times \sqrt{30} \times 200^{1,5} \\ &= 57320,154 \text{ N} = 57,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$A_{vco} = 4,5 \quad c_{a2}^2 = 5 \times 200^2 = 180000 \quad \text{mm}^2$$

$$A_{vc} = n \times A_{vco} = 1 \times 180000 = 180000 \quad \text{mm}^2$$

$$\Psi_{ed} = 1 \quad (\text{tidak boleh lebih besar dari 1})$$

$$\Psi_{ec} = 1,25 \quad (c_{a2} > 1,5c_{a1})$$

$$\Psi_{cp} = 1 \quad (\text{batang tulangan ulir } > D13)$$

menentukan kuat jebol beton terhadap tarik

$$\begin{aligned} V_{cb} &= \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \Psi_{ed} \Psi_{ec} \Psi_{cp} V_b \\ &= \frac{180000}{180000} \times 1 \times 1,25 \times 1 \times 57320,154 \\ &= 71650,192 \text{ N} \\ &= 71,65 \text{ kN} > V_u = 40,01 \text{ kN} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

* Kuat Cabut Beton terhadap Geser

Menurut SNI 03:2847:2013 Lampiran D.5.2.2 kekuatan nominal angkur dalam kondisi geser untuk jenis angkur berkepala dan baut berkait dicor didalam

$$K_{cp} = 2 \quad (\text{hef} > 65 \text{ mm})$$

$$N_b = k_c \lambda_a \sqrt{f_c} h_{ef}^{1,5}$$

dimana

$$k_c = 10 \quad \text{untuk angkur cor didalam}$$

$$\lambda_a = 1 \quad \text{untuk beton normal}$$

maka

$$\begin{aligned} N_b &= 10 \times 1 \times \sqrt{30} \times 150^{1,5} \\ &= 100623,06 \text{ N} = 100,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$A_{nco} = 9 \quad h_{ef}^2 = 9 \times 150^2 = 202500 \quad \text{mm}^2$$

$$A_{nc} = n \times A_{nco} = 1 \times 202500 = 202500 \quad \text{mm}^2$$

$$\begin{aligned} \Psi_{ed} &= 0,7 + 0,3 \frac{d_{e_{\min}}}{1,5 A_{nco}} \\ &= 0,7 + 0,3 \frac{200}{1,5 \times 202500} \\ &= 0,7 < 1 \quad (\text{OK}) \quad \text{tidak boleh lebih besar dari 1)} \end{aligned}$$

$$\Psi_{ec} = 1,25 \quad (c_{a2} > 1,5c_{a1})$$

$$\Psi_{cp} = 1 \quad (\text{batang tulangan ulir } > D13)$$

Menentukan kuat jebol beton terhadap tarik

$$\begin{aligned} N_{cbg} &= \frac{A_{nc}}{A_{nco}} \Psi_{ed} \Psi_{ec} \Psi_{cp} N_b \\ &= \frac{202500}{202500} \times 0,7 \times 1,25 \times 1 \times 100623,06 \\ &= 88070 \text{ N} = 88,07 \text{ kN} \end{aligned}$$

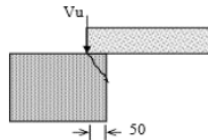
$$N_{cp} = N_{cbg} = 88,07 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{cp} &= K_{cp} N_{cp} = 2 \times 88,07 \\ &= 176,14 \text{ kN} > V_u = 40,01 \text{ kN} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

8.4 Sambungan Pelat dan Balok Anak

* Kontrol Tegangan Tumpuan Akibat Pelat

Pelat Pracetak yang harus ditinjau adalah tumpuannya pada balok saat pemasangan dan pengecoran untuk menjamin agar tidak retak atau runtuh



Gambar Tumpuan Pelat pada Balok

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 4.6.2.2 Jarak tumpuan pada komponen pracetak untuk beton polos paling sedikit yaitu 50 mm untuk slab dan 75 mm untuk Balok

Perhitungan kekuatan tumpu pelat pada balok anak

$$V_u = B_u = 707 \text{ kg} = 7065,4 \text{ N} = 7,07 \text{ kN}$$

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$b = 1300 \text{ mm}$$

$$a = 50 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 0,65$$

$$f_{ci\ 7\text{hari}} = 0,65 f_c = 0,65 \times 25 = 16,25 \text{ Mpa}$$

$$A = a \times b = 1300 \times 50 = 65000 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 22.5.5 kekuatan tumpu desain beton pada pracetak tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned} B_n &= \phi \ 0,85 \ f_{ci\ 7\text{hari}} \ A \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 16,3 \times 65000 \\ &= 583578,13 \text{ N} \\ &= 583,58 \text{ kN} > B_u = 7,07 \text{ kN} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan beton pada tumpuan,

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_c} = 0,62 \times \sqrt{16,3} = 2,50 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{V_u}{A} = \frac{7065,4}{65000} = 0,11 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = 0,11 \text{ MPa} < f_r = 2,50 \text{ MPa} \quad \text{(OK)}$$

8.5 Sambungan Pelat Pracetak dengan Pelat Topping Cor Insitu (Penghubung Geser)

Penghubung geser diperlukan untuk mengikat pelat pracetak dan pelat topping yang mampu mentransfer gaya - gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan yang menjadi gaya geser horizontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen komposit dalam memikul beban

data perencanaan

tebal pelat topping,	=	5	cm
tebal pelat pracetak	=	7	cm
sumbu netral, X	=	6	cm
mutu pelat topping	=	25	Mpa
mutu pelat pracetak	=	25	MPa
mutu baja	=	240	MPa
lebar efektif topping	=	130	cm
panjang efektif	=	180	cm
decking	=	2	cm
tulangan pelat	=	ϕ 10 - 200	mm

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 17.5.3 geser horizontal dapat ditentukan dengan jalan menghitung perubahan aktual gaya tekan atau tarik pada kedua elemen komposit.

$$V_u = C = T$$

$$\begin{aligned} C_x &= 0,85 f_c A_{top} \\ &= 0,85 \times 25 \times 1300 \times 50 \\ &= 1381250 \text{ N} = 1381,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_y &= 0,85 f_c A_{top} \\ &= 0,85 \times 25 \times 1800 \times 50 \\ &= 1912500 \text{ N} = 1912,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_x &= A_s f_y \\ &= 6 \times 78,6 \times 240 \\ &= 113142,86 \text{ N} = 113,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_y &= A_s f_y \\ &= 8 \times 78,6 \times 240 \\ &= 150857,14 \text{ N} = 150,86 \text{ kN} \end{aligned}$$

maka dipilih yang terkecil

$$V_u = 113,14 \text{ kN}$$

SNI 7833-2012 pasal 5.3.3.4 dan SNI 03:2847:2013 ps.17.5.3.4 bila V_u melebihi $\phi(3,5b_v d)$ maka desain untuk geser horizontal menggunakan metode desain friksi geser

$$\begin{aligned} d &= 120 - 20 - 0,5 \times 10 = 95 \text{ mm} \\ \phi 3,5 b_v d &= 0,75 \times 3,5 \times 1300 \times 95 \\ &= 324188 \text{ N} = 324,19 \text{ kN} > V_u \end{aligned}$$

Maka desain geser horizontal tidak menggunakan metode desain friksi

Cek Tulangan Penghubung Geser

dicoba dipasang 2 kaki $\phi 10 - 150 \text{ mm}$
pada penampang melintang berjumlah 2 buah

$$A_v = 2 \times 2 \times \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2 = 314 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.4.6.3 $A_{v \min}$

$$\begin{aligned} A_{v \min} &= 0,062 \sqrt{f_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \\ &= 0,062 \times \sqrt{25} \times \frac{1300 \times 150}{240} = \\ &= 251,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

tapi tidak boleh kurang dari

$$\frac{0,35 b_w s}{f_{yt}} = \frac{0,35 \times 1300 \times 150}{240} = 284 \text{ mm}^2$$

maka dipakai

$$A_{v \min} = 284 \text{ mm}^2 < A_v = 314 \text{ mm}^2 \quad (\mathbf{OK})$$

$$\rho_v = \frac{A_v}{b_w s} = \frac{314}{1300 \times 150} = 0,0016117$$

Kapasitas Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{nh} &= [1,8 + 0,6 \rho_v f_y] \lambda b_w d \\ &= [1,8 + 0,6 \times 0,0016 \times 240] \times 1 \times 1300 \\ &\quad \times 95 \\ &= 250962,86 \text{ N} = 250,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_{nh} = 0,75 \times 250,96 = 188,22 \text{ kN}$$

$$V_u = 113 \text{ kN} < \emptyset V_{nh} = 188 \text{ kN} < 324,19 \text{ kN}$$

$$V_u < \emptyset V_{nh} < \emptyset 3,5 b_w d \quad (\mathbf{OK})$$

8.6 Sambungan Pelat Pracetak dengan Pelat Pracetak

Pelat 2 arah memperhitungkan momen X dan momen Y. Maka perlu ditinjau arah tersebut. Pelat precast perlu direncanakan untuk memikul geser yang terjadi antara komponen pelat pracetak. Sambungan direncanakan menggunakan plate and bar diaphragm shear connection seperti pada gambar berikut:

Sambungan pada sisi atas pelat

$$\text{Mutu kawat las} = \text{E60XX}$$

$$F_{\text{EXX}} = p_w = 430 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi pelat sambung} &= 100 \times 60 \times 10 \\ \text{Dimensi pelat yang ditanam} &= 150 \times 40 \times 10 \end{aligned}$$

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari pelat sambung dengan $t = 10$ mm, mengacu saran Blodgett (1996) tinggi las direncanakan 75% tebal pelat sambung, diambil tinggi las = 8 mm. Nilai tersebut telah melebihi dari tinggi las minimum yang dipersyaratkan SNI 1729:2015 tabel J2.4.

$$\begin{aligned} \text{tebal las, } t_w &= 8 \text{ mm} \\ l_w &= 100 \text{ mm} \\ \text{diameter tulangan} &= 13 \text{ mm} \\ A_s &= 133 \text{ mm} \\ \text{sudut} &= 20^\circ \\ f_y &= 390 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dalam sistem sambungan ini ada 3 kapasitas geser yang harus diperhatikan (Kim Elliot, 2002) :

1. Tahanan tarik dari pelat yang tertanam

$$\begin{aligned} V &= n \cdot 0,95 \cdot A_s \cdot 0,5 \cdot f_y \cdot \cos\beta \cdot \cos\gamma \\ &= 2 \times 0,95 \times 133 \times 0,5 \times 390 \times \cos 20^\circ \\ &= 43442 \text{ N} = 43,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Kapasitas las dari tulangan yang tertanam

$$\begin{aligned} V &= n \cdot p_w \cdot l_w \cdot t_w \\ &= 2 \times 430 \times 100 \times 8 \\ &= 688000 \text{ N} = 688 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Kapasitas geser dari pelat sambung

$$\begin{aligned} V &= \frac{p_w \cdot l_w \cdot t_w}{1 + \frac{4 \cdot e}{l_w}} = \frac{430 \times 100 \times 8}{1 + \frac{4 \times 60}{100}} \\ &= 101176,47 \text{ N} = 101 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka diambil yang paling kritis,

$$V_n = 43442 \text{ N} = 43,4 \text{ kN}$$

Sambungan pada sisi bawah pelat

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari pelat sambung dengan $t = 10$ mm, mengacu saran Blodgett (1996) tinggi las direncanakan 75% tebal pelat sambung, diambil tinggi las = 8 mm. Nilai tersebut telah melebihi dari tinggi las minimum yang dipersyaratkan SNI 1729:2015 tabel J2.4.

Mutu kawat las = E60XX

$F_{EXX} = p_w = 430$ Mpa

Dimensi pelat siku = L 100 x 100 x 6

Sesuai SNI 1729:2015 pasal J2.4, kuat las desain per mm panjang adalah

$\phi R_n = \phi \times F_{nw} \times A_{we}$

Panjang las (L) = 100 mm

Mutu kawat las = E60XX

$F_{EXX} = 430$ Mpa

$F_{nw} = 0,6 F_{EXX} = 0,6 \times 430 = 258$ Mpa

$A_{we} = t \times L = 8 \times 100 = 800$ mm²

maka

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times F_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times 258 \times 800 \\ &= 154800 \text{ N} = 155 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari geser nominal (V_n) sisi atas dan bawah pelat, diambil paling kritis yaitu,

$$V_n = 43,4 \text{ kN}$$

Cek Diafragma Pelat

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.11.6 tebal slab diafragma (topping) pada komposit tidak boleh kurang dari 50 mm. Tebal pelat topping perencanaan sebesar 50 mm maka persyaratan ini memenuhi. Dari SNI 03:2847:2013 ps. 21.11.7.1 rasio tulangan minimum untuk diafragma struktur memenuhi 7.12, sehingga penulangan komposit disamakan dengan tulangan pracetak yaitu D10-200 (lentur) dan D10-300 (susut)

Menurut SNI 03:2847:2013 ps.21.11.9.1 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi :

$$A_b = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2 = 78,6 \text{ mm}^2$$

$$\rho_t = \frac{A_b}{A_s} = \frac{78,6}{50 \times 3600} = 0,0004365$$

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} \{ 0,17 \lambda \sqrt{f_{c'}} + \rho_t f_y \} \\ &= 50 \times 3600 \times \{ 0,17 \times \sqrt{35} + 0,0004 \times 390 \} \\ &= 211675 \text{ N} = 212 \text{ kN} > V_n = 43,4 \text{ kN} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.11.9.2 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,66 A_{cv} \sqrt{f_{c'}} \\ &= 0,66 \times 50 \times 3600 \times \sqrt{35} \\ &= 702830,28 \text{ N} \\ &= 702,83 \text{ kN} > V_n = 43,4 \text{ kN} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps.21.11.9.3 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned} V_n &= A_{vf} \times \mu \times f_y \\ &= 1695 \times 1,4 \times 390 \\ &= 925470 \text{ N} = 925,47 \text{ kN} \end{aligned}$$

Panjang Penyaluran Pelat Pracetak

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 21.7.5 panjang penyaluran (Kait) untuk batang tulangan dalam kondisi tarik pada beton normal yaitu nilai terbesar dari 3 persamaan berikut ini :

$$* \quad l_{dh} = \frac{f_y \times db}{5,4 \times \sqrt{f_c}} = \frac{240 \times 10}{5,4 \times \sqrt{30}} = 81,1 \text{ mm}$$

$$* \quad l_{dh} = 150 \text{ mm}$$

$$* \quad l_{dh} = 8 \text{ db} = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 pasal 12.5.1 untuk panjang penyaluran pada kondisi tarik dengan panjang kait minimal 12db. Maka :

$$\begin{aligned} * \quad l_{dh} &= \left(\frac{0,24 \Psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} \right) db \\ &= \frac{0,24 \times 1 \times 240}{1 \times \sqrt{30}} \times 10 \\ &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka diambil $l_{dh} = 150 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB X

METODE PELAKSANAAN

10.1 Metode pelaksanaan

Salah satu syarat kelulusan dalam penulisan tugas akhir terapan harus menyediakan metode pelaksanaan yang berkaitan dengan salah satu komponen struktur. Tujuan dari metode pelaksanaan untuk mengetahui apakah suatu pekerjaan komponen struktur bisa dikerjakan sesuai dengan perencanaan yang telah ditentukan.

Pada metode pelaksanaan ini akan menjelaskan mengenai komponen balok pracetak serta peralatan yang digunakan. Proses yang dilakukan di proyek ini meliputi :

- a. Proses Fabrikasi
- b. Proses transportasi
- c. Proses penumpukan
- d. Proses penyimpanan
- e. Proses pengangkatan
- f. Proses pengecoran
- g. Proses perawatan

- **Fabrikasi**

Proses fabrikasi yaitu proses pembuatan komponen pracetak yang terdiri dari Balok Induk, Balok Anak dan Pelat, dalam hal ini ada beberapa yang harus diperhatikan demi efisiensi biaya dan menjaga komponen agar tidak rusak.

- a. Lokasi yang digunakan tidak jauh dan masih bisa terjangkau menggunakan transportasi melalui darat
- b. Lokasi fabrikasi memiliki lahan yang cukup luas dan lingkungan yang bersih dari material non-struktur.
- c. bekisting pada saat pengecoran komponen pracetak harus disediakan sesuai dengan desain yang telah ditentukan.

- **Transportasi**

Dalam hal ini yang harus diperhatikan yaitu dimensi dan beban total komponen pracetak harus sesuai dengan kapasitas alat transportasi yang digunakan untuk menjaga keamanan saat proses berlangsung.

Diketahui komponen pracetak pada tugas akhir terapan ini memiliki panjang bentang maksimal 5,5 meter (balok induk) dengan beban 1,69 ton. Oleh karena itu, penulis mengambil contoh alat transportasi yaitu produk Truck HINO model FL260TI dengan spesifikasi sebagai berikut,

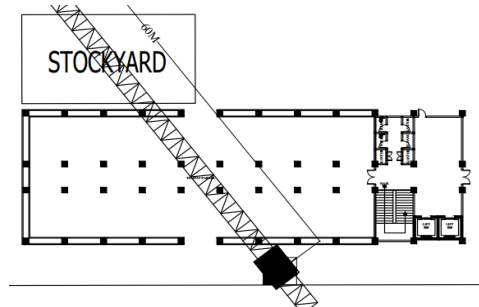
Dimensi (mm)
Jarak Sumbu Roda : 5.760 + 1.300
Cabin to End : -
Total Panjang : 11.275
Total Lebar : 2.460
Total Tinggi : 2.695
Lebar Jejak Depan : 1.925
Lebar Jejak Belakang : 1.855
Julur Depan : 1.255
Julur Belakang : 2.960
Berat Chassis (kg)
Depan : 2.928
Belakang : 3.818
Berat Kosong : 6.746
GVWR / GCWR : 26000

Gambar 10.1. Spesifikasi truk (*sumber: www.hino.co.id*)

Dari spesifikasi diatas maka dimensi alat transportasi sudah memenuhi persyaratan yang diperlukan serta kapasitas angkat beban sudah melebihi beban total komponen balok induk.

- **Penumpukan dan Penyimpanan**

Lokasi penyimpanan pada lokasi proyek perlu diperhatikan untuk menjaga komponen agar tidak rusak dan tidak mengganggu pekerjaan lainnya dengan jumlah penumpukan yang telah ditentukan.



Gambar 10.2. lokasi penyimpanan pracetak

- **Pengangkatan**

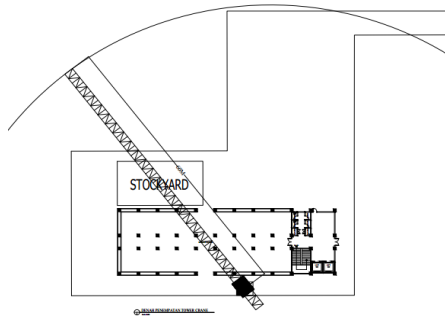
Dalam hal ini yang harus diperhatikan yaitu beban komponen pracetak harus sesuai dengan kapasitas alat pengangkatan yang digunakan untuk menjaga keamanan saat proses berlangsung.

Diketahui komponen pracetak pada tugas akhir terapan ini memiliki beban terbesar yaitu 1,69 ton (balok induk). Oleh karena itu, penulis mengambil contoh alat pengangkatan yaitu tower crane TC6018 dari Tengda Grup dengan spesifikasi sebagai berikut,

Perincian	Parameter
Momen pengorekan	1250kn.m
Radius kerja	2.5-60m
Beban pada puncak	1.8t
Kapasitas beban maksimal	10t
Tinggi kedudukan bebas	50.5m
Tinggi maksimal pemasangan	200m

Gambar 10.3. Kapasitas angkat tower crane

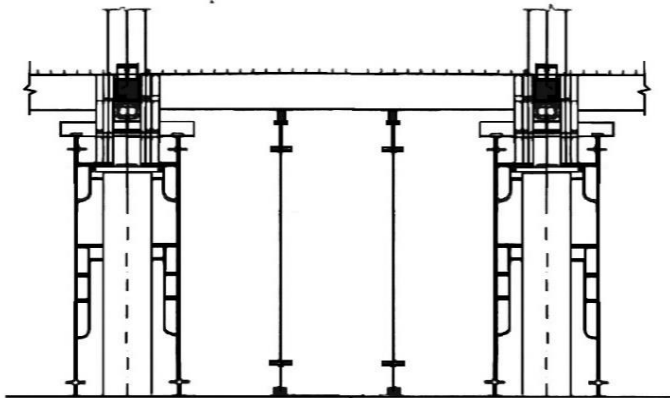
Dari spesifikasi diatas maka dapat alat pengangkatan memenuhi persyaratan yang diperlukan. Lokasi crane dipilih ditengah struktur bangunan agar lebih efisien.



Gambar 10.4. Jangkauan tower crane

- **Pemasangan dan Pengecoran**

Pemasangan balok pracetak jika pengecoran kolom sudah dilakukan dan perancah/scaffolding ditempatkan sesuai dengan perencanaan yang telah ditentukan untuk membantu menunjang balok induk pracetak pada pemasangan di kolom.



Gambar 10.5. Pemasangan balok induk

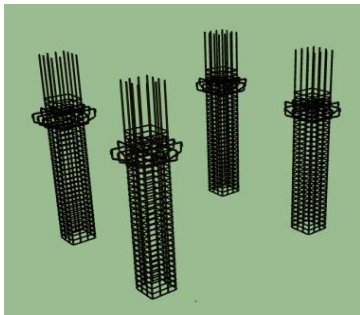
Setelah pemasangan balok induk pada kolom, selanjutnya balok anak lalu pelat dipasang pada tempat yang sudah ditentukan. setelah itu pemasangan tulangan setelah komposit diberikan pada komponen pracetak.

Evaluasi atau pengecekan komponen pracetak secara menyeluruh seperti detail penulangan dan sterilisasi lokasi pengecoran untuk mencegah kesalahan sebelum pengecoran dilakukan.

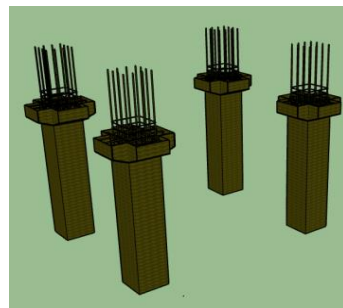
Adapun rincian langkah-langkahnya sebagai berikut :

Langkah 1 : Pekerjaan Kolom

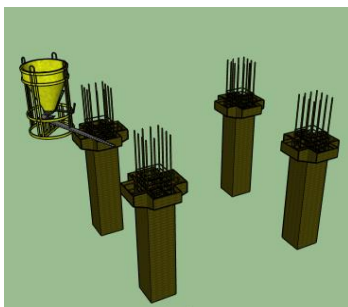
Terdiri dari penulangan, bekisting dan cor kolom.



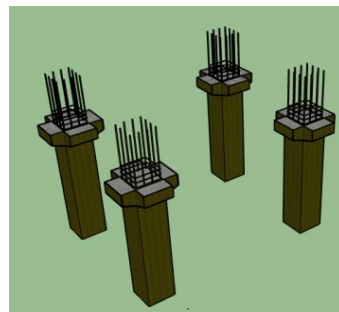
Penulangan Kolom dan Konsol



Pemberian Bekisting



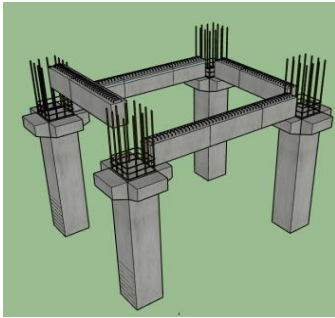
Pengecoran Kolom



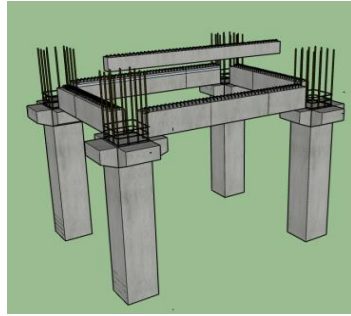
Pelepasan Begisting

Langkah 2 : Instalasi Elemen Pracetak

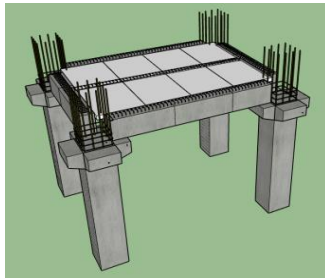
Pemasangan elemen pracetak balok induk, balok anak dan pelat.



Pemasangan Balok Induk



Pemasangan Balok Anak



Pemasangan Pelat

Langkah 3 : Pengecoran Topping insitu

Setelah pemasangan selanjutnya diberi begisting dibagian luar area pengecoran agar tidak beton insitu tidak luber keluar



Pengecoran Topping

- **Perawatan**

Curing atau Perawatan Beton dilakukan saat beton sudah mulai mengeras yang bertujuan untuk menjaga beton tidak cepat kehilangan air dan menjaga kelembaban/suhu beton. sehingga beton dapat mencapai mutu beton yang diinginkan.

Metode yang dilakukan untuk proses perawatan pada komponen pracetak dilakukan saat pengecoran selesai dilakukan yaitu dengan membasahi permukaan beton secara berkala.

10.2 Analisa Durasi Metode Pelaksanaan Metode Pracetak

Analisa waktu pelaksanaan setiap aktivitas pekerjaan dihitung dengan cara membagi volume pekerjaan dengan nilai produktivitas pekerja/alat.

a. Pekerjaan Kolom

Pekerjaan Kolom menggunakan metode konvensional. Tahapan pekerjaan kolom dimulai dengan menentukan waktu pelaksanaan dengan menghitung pemotongan besi, bengkokan dan kait besi, pemasangan tulangan kolom, pemasangan bekisting, pengecoran dan waktu beton setting

Berikut hasil waktu pekerjaan kolom

Aktivitas pelaksanaan di lapangan	durasi (menit)
Persiapan	5
Pemotongan besi	5
pembengkokan dan kait besi	5
pemasangan tulangan kolom	60
pemasangan bekisting	45
pengecoran dan penggetaran	40
waktu setting beton (4 hari)	5760
pembongkaran bekisting	15
curing (1 hari)	1440
Total Durasi	7375

atau = 5 hari

b. Pekerjaan Balok dan Pelat

Balok dan Pelat pracetak difabrikasi di pabrik pracetak(plant). Dalam tahap ini yang dihitung adalah durasi transport dari pabrik pracetak ke tempat pemasangan

Aktivitas pelaksanaan di lapangan	durasi (menit)
Transportasi (5 jam)	300
Pengangkatan ke Stoke Yard	60
Total Durasi	360

c. Pekerjaan Pemasangan Elemen Pracetak

Komponen yang dipracetak adalah balok dan pelat. Tahapan metode pracetak meliputi pemasangan balok pracetak, pemasangan pelat pracetak, pemasangan besi overtopping, pengecoran overtopping dan curing (perawatan beton)

Aktivitas pelaksanaan di lapangan	durasi (menit)
Setting Tower Crane	15
Pengaitan balok pracetak	5
Pengangkatan balok pracetak	15
Pemasangan tulangan atas balok	15
Perbaikan tulangan yang bengkok	5
Pengaitan pelat pracetak	5
Pengangkata pelat pracetak	15
pemasangan besi overtopping pelat	4
Perbaikan tulangan yang bengkok	5
pemasangan bekisting area luar	10
pengecoran overtopping	4
waktu setting beton (4 hari)	5760
pembongkaran bekisting	15
curing (1 hari)	1440
Total Durasi	7313

atau = 5 hari

Hasil analisa dilapangan didapatkan pekerjaan kolom 7375 menit, pekerjaan transport elemen pracetak 360 menit , pekerjaan pemasangan elemen pracetak 7313 menit. Maka :

Pekerjaan Kolom	=	7375 menit
Pekerjaan Transport	=	360 menit
Pekerjaan Ereksi	=	7313 menit
Total	=	15048 menit
	=	10,5 hari

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB XI PENUTUP

11.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan telah melalui perhitungan pada bab-bab sebelumnya. Perancangan tugas akhir terapan ‘Perencanaan Struktur Gedung Asrama Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Jawa Timur dengan Metode Pracetak“ Berikut beberapa poin kesimpulan :

1. Berdasarkan hasil perhitungan data tanah dengan data SPT didapatkan gedung tersebut terletak diatas tanah lunak termasuk klasifikasi kelas situs SE dan gedung tersebut termasuk kedalam kategori desain seismik tipe KDS D sehingga penentuan sistem struktur harus menggunakan sistem SRPMK sesuai SNI 03:2847:2013

2. Hasil Perencanaan Elemen Struktur
 - a. Dimensi Pracetak (sebelum komposit)

* Pelat tipe S1	=	180	/	130	/	7	cm
* Pelat tipe S2	=	180	/	125	/	7	cm
* Balok Anak tipe BA1	=	30	/	28	/	520	cm
* Balok Anak tipe BA2	=	30	/	28	/	250	cm
* Balok Induk tipe B1	=	30	/	48	/	490	cm
* Balok Induk tipe B2A	=	30	/	48	/	340	cm
* Balok Induk tipe B2B	=	30	/	48	/	340	cm
* Balok Induk tipe B3	=	30	/	48	/	220	cm

 - b. Dimensi (setelah komposit)

* Pelat tipe S1	=	180	/	130	/	12	cm
* Pelat tipe S2	=	180	/	125	/	12	cm
* Balok Anak tipe BA1	=	30	/	40	/	520	cm
* Balok Anak tipe BA2	=	30	/	40	/	250	cm
* Balok Induk tipe B1	=	30	/	60	/	490	cm
* Balok Induk tipe B2A	=	30	/	60	/	340	cm

- * Balok Induk tipe B2B = 30 / 60 / 340 cm
- * Balok Induk tipe B3 = 30 / 60 / 220 cm

3. Komponen elemen pracetak sudah dapat diangkat dan ditumpuk pada hari ke 3 setelah pengecoran, sedangkan pemasangan pada struktur bangunan pada hari ke 7 dengan menggunakan satu tumpuan perancah/ scaffolding pada balok utama.
4. Sambungan elemen struktur utama menggunakan sambungan cast insitu. Pada sambungan balok anak - balok induk menggunakan sambungan konsol pendek dan tulangan angkur, sedangkan sambungan balok induk - kolom menggunakan sambungan konsol pendek.
5. Tipe Pondasi menggunakan pondasi dalam tiang pancang. Pondasi tiang pancang berukuran 600x600 mm dengan kapasitas 75 ton. Pondasi menggunakan pilecap dengan ketebalan 750 mm.
6. Metode pelaksanaan untuk transportasi menggunakan merk HINO dengan model FL260TI dengan kapasitas angkut 26 ton dan dimensi 11,275m x 2,46m. Sedangkan untuk tower crane menggunakan TC6018 dengan spesifikasi panjang lengan (boom) 60meter dan kapasitas angkat ujung 1,8 Ton

- * Pelat tipe S1 = 393 kg (1510 pcs)
- * Pelat tipe S2 = 378 kg (400 pcs)
- * Balok Anak tipe BA1 = 1078 kg (190 pcs)
- * Balok Induk tipe B1 = 1693 kg (220 pcs)
- * Balok Induk tipe B2A = 1175 kg (200 pcs)
- * Balok Induk tipe B2B = 1175 kg (190 pcs)
- * Balok Induk tipe B3 = 504 kg (120 pcs)

11.2 Saran

Dari hasil analisa selama proses pengerjaan tugas akhir ini, ada beberapa saran yang dapat disampaikan antara lain :

1. Proses pengerjaan bangunan menggunakan metode pracetak memerlukan pengawasan secara khusus terlebih pada saat penyambungan di lapangan, hal ini dikarenakan pada Struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) penggunaan metode pracetak sangat rawan pada bagian sambungan.
2. Penggunaan alat yang menunjang penanganan komponen pracetak terlebih saat transportasi dan pemasangan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk efesiensi biaya dan pengawasan secara kontinyu untuk menjamin keamanan pekerja.
3. Pada bangunan struktur yang menggunakan kedua metode komponen pracetak dan cor in-site maka diperlukan perencanaan yang akurat dan pengawasan yang ketat.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standar Nasional. 2013. **“SNI 1727 2013 : Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain”**. Bandung.
2. Badan Standar Nasional. 2012. **“SNI 1726 2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung”**. Bandung.
3. Badan Standar Nasional. 2013. **“SNI 2847 2013 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”**. Bandung.
4. Badan Standar Nasional. 2012. **“SNI 7833 2012 : Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung”**. Jakarta.
5. Precast / Prestressed Concrete Institute Design Handbook 7th Edition. 2010. **“PCI 7th : Precast and Prestressed Concrete”**. USA
6. Wulfram I. Ervianto. 2006. **Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Cetak dan Bekisting**. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
7. Iswandi Imran dan Fajar Hendrik. 2014. **Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang**. Bandung : ITB.
8. Agus Setiawan. 2016. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013**. Jakarta : Erlangga.
9. Kim. S. Elliott dan Colin Jolly. 2013. **Multi-storey Precast Concrete Framed structures**. Willey-Blackwell
10. Sianturi,M., Novdin. Desember 2012. **“Tinjauan Penggunaan Balok Pracetak Pada Pembangunan Gedung”** Jurnal Teknik Sipil Vol. 2, No. 1. Universitas Simalungun, Pematangsiantar, Sumatra Utara.
11. Widodo, Jujuk. 2014. **“Analisa Perbandingan Pelaksanaan Pembangunan Menggunakan Beton**

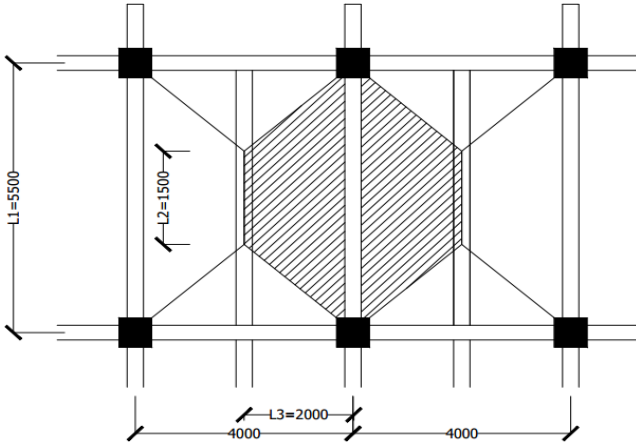
Konvensional Dengan Elemen Beton Pracetak Pada Bangunan Tingkat Tinggi” Jurnal Teknik Sipil Universitas Jember, Jember

12. Kim. S. Elliot. 2002. **Precast Concrete structures**. Jordan Hill, Oxford.
13. Precast / Prestressed Concrete Institute Design Handbook 6th Edition. 2004. **“PCI 6th : Precast and Prestressed Concrete”**. USA.

LEMBAR REVISI

1. Kontrol Gaya Dalam Struktur

A. Kontrol Dengan Membandingkan Momen



Gambar 5.7 Luas Tributari Balok Induk B1

Menghitung luas tributari pembebanan pelat pada balok induk,

$$L1 = 5500 \text{ mm} = 5,5 \text{ m}$$

$$L2 = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$$

$$L3 = 2000 \text{ mm} = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Luas 1} = \frac{(5,5 + 1,5) \times 2}{2} = 7 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 2} = \frac{(5,5 + 1,5) \times 2}{2} = 7 \text{ m}^2$$

$$\text{luas total} = 14 \text{ m}^2$$

$$\text{luas per m'} = \frac{14}{5,5} = 2,55 \text{ m}$$

Menghitung beban mati (pendekatan)

$$\text{- Berat pelat} = 2400 \times 0,12 \times 2,55 = 733 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat balok} = 2400 \times 0,3 \times 0,6 = 432 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat korbel} &= 2400 \times 0,2 \times 0,2 = 5 \text{ kg/m} \\
 \text{Penggantung +} &= 21,9 \text{ kg/m}^2 \times 2,55 \text{ m} = 55,7 \text{ kg/m} \\
 \text{Plafond} & \\
 \text{Keramik} &= 20,5 \text{ kg/m}^2 \times 2,55 \text{ m} = 52,2 \text{ kg/m} \\
 \text{Spesi} &= 20 \text{ kg/m}^2 \times 2,55 \text{ m} = 50,9 \text{ kg/m} \\
 \text{ME} &= 19 \text{ kg/m}^2 \times 2,55 \text{ m} = 48,4 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban total (DL)} &= 1378 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

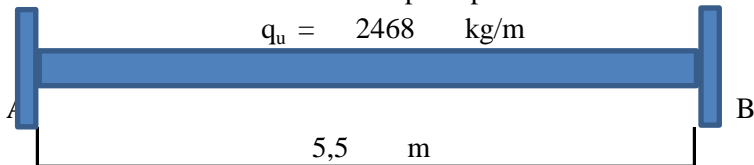
* **Beban Hidup**

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hunian} &: 200 \text{ kg/m}^2 \times 2,55 \text{ m} = 509 \text{ Kg/m} \\
 \text{Beban total (LL)} &= 509 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

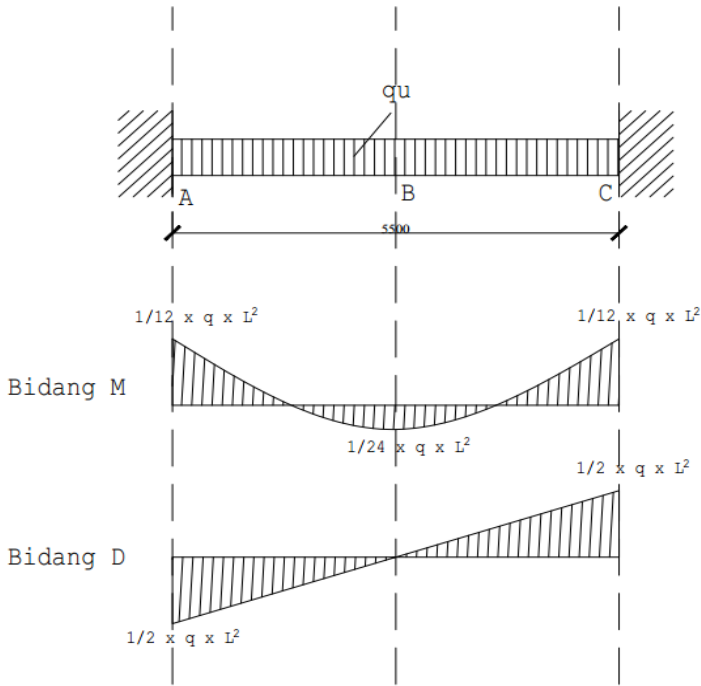
* **Beban Ultimate**

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \times \text{DL} + 1,6 \times \text{LL} \\
 &= 1,2 \times 1378 + 1,6 \times 509 = 2467,6 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

Mekanika Balok Induk Asumsi Jepit-Jepit



Gambar 5.8 Mekanika balok induk



Sumber : PCI Chapter 15:17

Menghitung momen maksimum,

$$M_A = \frac{1}{12} \times q_u \times l^2$$

$$M_A = \frac{1}{12} \times 2468 \times 5,5^2 = 6220,4 \text{ kgm}$$

$$M_A = M_C$$

$$M_B = \frac{1}{24} \times q_u \times l^2$$

$$M_B = \frac{1}{24} \times 2468 \times 5,5^2 = 3110,2 \text{ kgm}$$

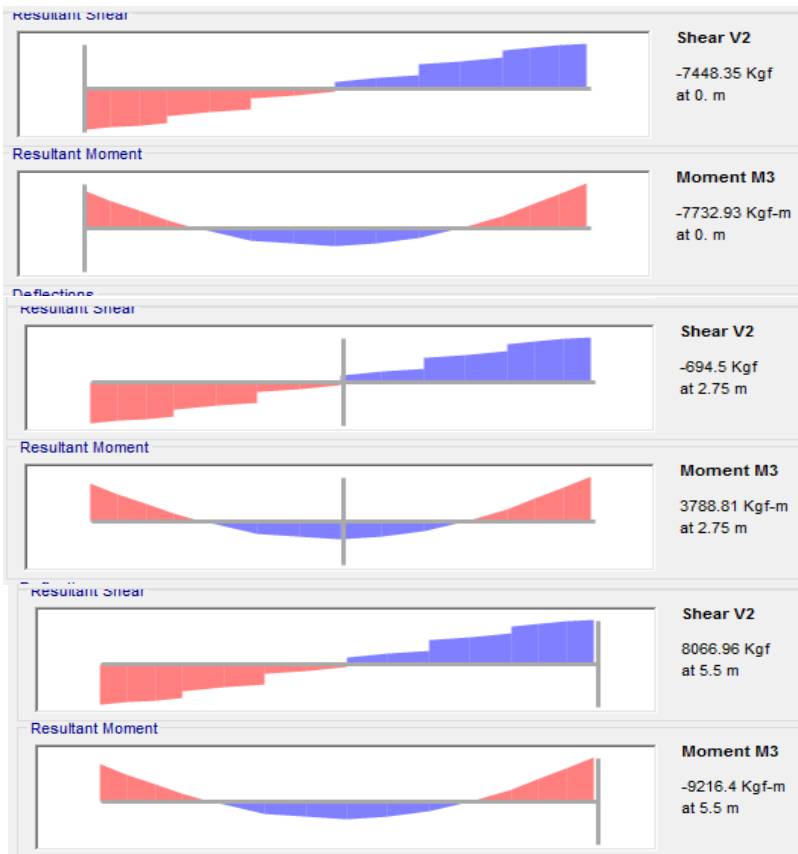
Menghitung Geser Maksimum

$$V_A = \frac{1}{2} \times q_u \times l$$

$$V_A = \frac{1}{2} \times 2468 \times 5,5 = 6785,8 \text{ kgm}$$

$$V_A = V_C$$

dari Hasil SAP didapatkan kombinasi 1,2D + 1,6L
Balok B1 Object 24



didapatkan

$$M_A = 7732 \text{ kgm}$$

$$M_B = 3788 \text{ kgm}$$

$$M_C = 9216 \text{ kgm}$$

$$V_A = 7448 \text{ kg}$$

$$V_C = 8066 \text{ kg}$$

Persentase Perbandingan Hasil Mektek dengan Hasil SAP

$$M_A = \frac{6220}{7732} \times 100 \% = 80,4 \%$$

$$M_B = \frac{3110}{3788} \times 100 \% = 82,1 \%$$

$$M_C = \frac{6220}{9216} \times 100 \% = 67,5 \%$$

$$V_A = \frac{6786}{7448} \times 100 \% = 91,1 \%$$

$$V_C = \frac{6786}{8066} \times 100 \% = 84,1 \%$$

B. Kontrol Dengan Membandingkan Berat Bangunan

Data - data yang diperlukan :

Tebal Pelat : 12 cm

Jumlah Lantai : 10 m

Tinggi tiap lantai : 4 m

1. Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Pelat} &= 16,2 \times 47,4 \times 0,12 \times 2400 \\ &\quad \times 10 \\ &= 2211494,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

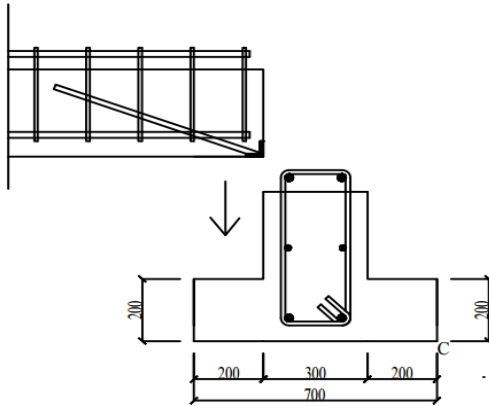
$$\begin{aligned} \text{Balok Induk Melintang} &= 166 \times 0,3 \times 0,6 \times 2400 \\ &\quad \times 10 \\ &= 715392 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Balok Induk Memanjang} = 180 \times 0,3 \times 0,6 \times 2400$$

$$\begin{aligned}
 &= 777600 \text{ kg} \\
 \text{Balok Anak} &= 132 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 \\
 &\quad \times 10 \\
 &= 379872 \text{ kg} \\
 \text{Balok Kantilever} &= 43,2 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 \\
 &\quad \times 10 \\
 &= 124416 \text{ kg} \\
 \text{Plafond + Penggantung} &= 13,8 \times 45 \times 8 \times 10 \\
 &= 49680 \text{ kg} \\
 \text{Mekanikal + Ducting} &= 13,8 \times 45 \times 19,4 \times 10 \\
 &= 120412 \text{ kg} \\
 \text{Keramik} &= 16,2 \times 47,4 \times 20,5 \times 10 \\
 &= 157415 \text{ kg} \\
 \text{Spesi} &= 16,2 \times 47,4 \times 5 \times 10 \\
 &= 38394 \text{ kg} \\
 \text{Hebel} &= 346 \times 4 \times 0,15 \times 600 \times 10 \\
 &= 1244160 \text{ kg} \\
 \text{Kolom} &= 192 \times 0,6 \times 0,6 \times 2400 \\
 &\quad \times 10 \\
 &= 1658880 \text{ kg} \\
 \text{Total Beban Mati} &= 7477715,7 \text{ kg} \\
 \text{Berat 1D dari SAP} &= 7985153,9 \text{ kg} \\
 \text{\% Ratio} &= \frac{\text{Total Beban Mati}}{\text{Berat 1D dari SAP}} \\
 &= \frac{7477715,7}{7913020,2} = 94,5 \text{ \%}
 \end{aligned}$$

2. Kontrol Stabilitas Guling Balok Induk B2B

Pada saat Balok Induk dibebani oleh balok anak perlu dikontrol apakah balok induk kuat menahan balok anak atau tidak guling.



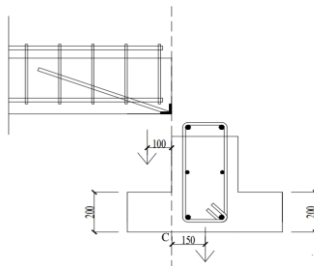
Berat Balok Anak tipe BA1

$$w \text{ balok anak} = 0,3 \times 0,28 \times 5,2 \times 2400 = 1048 \text{ kg}$$

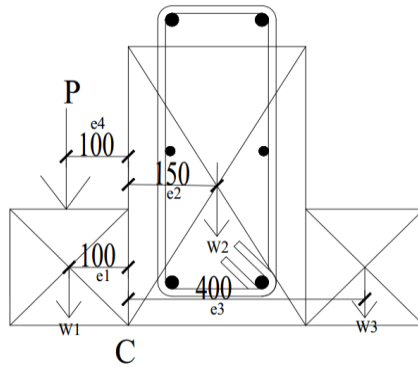
Berat Balok Induk tipe B2B

$$w \text{ balok}, w_2 = 0,3 \times 0,48 \times 3,4 \times 2400 = 1175 \text{ kg}$$

$$w \text{ konsol}, w_1, w_2 = 0,2 \times 0,2 \times 0,3 \times 2400 = 28,8 \text{ kg}$$



Kontrol Stabilitas Guling



Data :

P = reaksi gaya balok anak

$$P = 0,5 \times w_{\text{balok anak}} = 0,5 \times 1048 = 524,16 \text{ kg}$$

$$e_1 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$e_2 = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$e_3 = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$e_4 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Guling} &= P e_4 + w_1 e_1 \\ &= 524,16 \times 0,1 + 28,8 \times 0,1 \\ &= 55,3 \text{ kgm} \end{aligned}$$

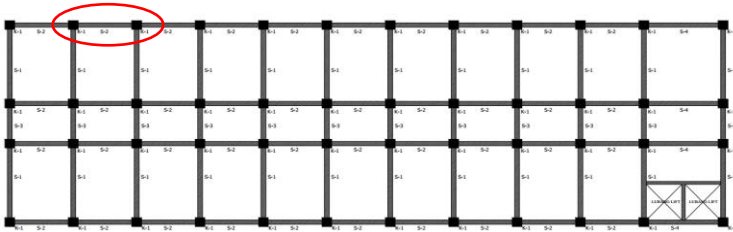
$$\begin{aligned} \text{Momen Tahan} &= w_2 e_2 + w_3 e_3 \\ &= 1175 \times 0,15 + 28,8 \times 0,4 \\ &= 188 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$SF = \frac{\text{Momen Tahan}}{\text{Momen Guling}} = \frac{188}{55,3} = 3,4 > 2 \text{ (OK)}$$

momen tahanan lebih besar dari pada momen guling hal ini menunjukkan bahwa balok induk masih kuat menahan beban dari balok anak (tidak terjadi guling)

3. Perhitungan Sloof

Fungsi utama balok sloof adalah sebagai pengikat antara pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pada pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan



Data - data :

Penurunan Pondasi, ΔS	=	5	mm
Beban Kolom 1, P_u	=	2599000	N
Beban Kolom 2, P_u	=	2646000	N
Beban Dinding 1/2 Bata	=	250	kg/m ²
Panjang Sloof, L	=	4000	mm
lebar sloof, b	=	300	mm
tinggi sloof, h	=	500	mm
tinggi efektif, d	=	425	mm
Inersia, I	=	3125000000	mm ⁴
Mutu Beton, f_c'	=	30	Mpa
Mutu Baja, f_y	=	400	MPa
Elastisitas, E	=	25743	Mpa

Menghitung Kebutuhan Tulangan Sloof

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

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{30}}{400} = 0,0034$$

maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= \rho_{\min} b d = 0,0035 \times 300 \times 500 \\ &= 525 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan berdasarkan beban akibat penurunan pondasi

$$\begin{aligned} \Delta M &= \frac{6 E I \Delta S}{L^2} \\ \Delta M &= \frac{6 \times 25743 \times 312500000 \times 5}{4000^2} \\ &= 150837657 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan atas dan bawah 4 D 22

$$A_s = 4 \times 380 = 1521,1 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c b} = \frac{1521 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} = 79,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y \left[d - \frac{a}{2} \right] \\ &= 1521 \times 400 \times \left[425 - \frac{79,5}{2} \right] \\ &= 234396893,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

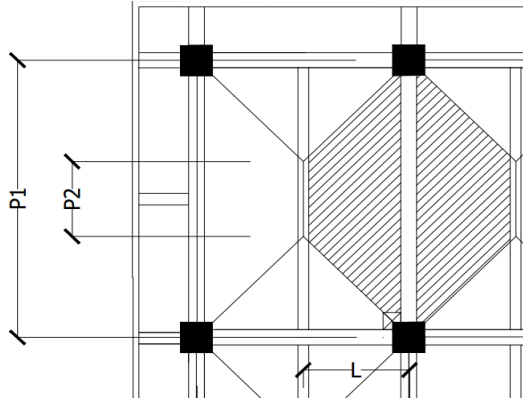
$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,8 \times 234396893,9 \text{ Nmm} \\ &= 187517515 \text{ Nmm} > \Delta M = 150837657 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Perhitungan berdasarkan beban aksial terfaktor dan momen terfaktor yang bekerja pada sloof (nilai maksimum dari 2 kolom ujung sloof)

$$P_{u_{\max}} = 2646000 \text{ N} = 2646 \text{ kN}$$

P yang diterima sloof sebesar 10%

$$= 10 \% \times 2646 = 265 \text{ kN}$$



Gambar 5.7 Luas Tributari Balok Induk

menghitung luas tributari pembebanan pada balok induk,

$$L = 2000 \text{ mm} = 2,00 \text{ m}$$

$$P1 = 4000 \text{ mm} = 4,0 \text{ m}$$

$$P2 = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Luas 1} = \frac{5,5 \times 2}{2} = 5,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas 2} = \frac{5,5 \times 2}{2} = 5,5 \text{ m}^2$$

$$\text{luas total} = 11 \text{ m}^2$$

Menghitung beban mati (pendekatan)

$$\text{- Berat pelat} = \frac{2400 \times 0,12 \times 11}{4} = 792 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat balok} = 2400 \times 0,3 \times 0,5 = 360 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat dinding} = 250 \times 4 = 1000 \text{ kg/m}$$

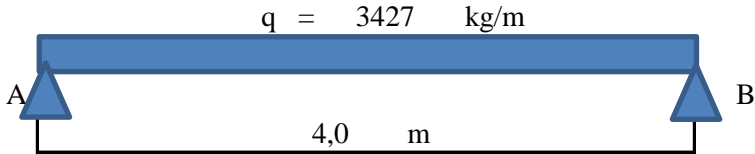
$$Q_d = 2152 \text{ kg/m}$$

Menghitung beban hidup (pendekatan)

$$q_l = \frac{192 \times 11}{4} = 528 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \times DL + 1,6 \times LL \\ &= 1,2 \times 2152 + 1,6 \times 528 = 3427,2 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

Mekanika Balok Induk



Gambar 5.8 Mekanika balok induk

Menghitung momen maksimum,

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times 3427 \times 4^2 = 6854,4 \text{ kgm} = 68,5 \text{ kNm}$$

$$V_{\max} = \frac{1}{2} \times q \times l$$

$$V_{\max} = \frac{1}{2} \times 3427 \times 4 = 6854,4 \text{ kg} = 68,5 \text{ kN}$$

Perhitungan tulangan lentur dilakukan dengan bantuan PCACOL dengan tulangan terpasang

$$8 \text{ D } 22, \quad A_s = 8 \times 380 = 3042 \text{ mm}^2$$

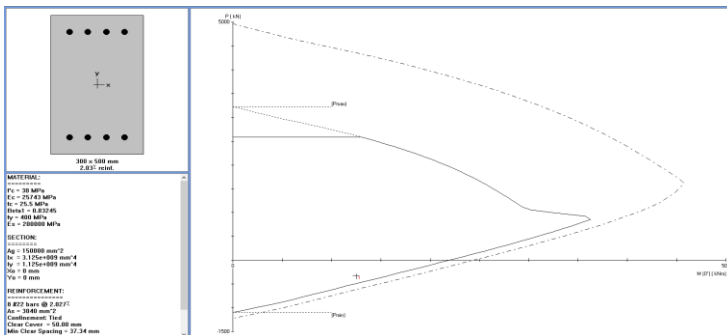


Diagram interaksi dari PCACOL menunjukkan bahwa tulangan 8D22 mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi pada balok sloof

Perhitungan Tulangan Geser

Data -data

$$V_u = 68,5 \text{ kN} = 68544 \text{ N}$$

Tulangan lentur terpasang 4 D 22 , $A_s = 1521 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left[1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right] \lambda \sqrt{f_c} b_w d \\ &= 0,17 \times \left[1 + \frac{264,6}{14 \cdot 150000} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 300 \\ &\quad \times 425 = 118733,82 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = 118733,82 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 118733,82 \\ &= 89050 \text{ N} < V_u = 68544 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka dibutuhkan tulangan geser, perhitungan dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{68544 - 89050}{0,75} \\ &= -27342 \text{ N} = -27 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,33 \sqrt{f_c} b_w d \\ &= 0,33 \times \sqrt{30} \times 300 \times 425 \\ &= 230454 \text{ N} > V_s = -27342 \text{ N} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan geser $\emptyset 13$ - 2 kaki maka $A_f = 266 \text{ mm}^2$ pada jarak maksimum dipilih yang terkecil antara

$$s_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s} = \frac{266 \times 400 \times 425}{-27342} = -1651,2 \text{ mm}$$

$$s_2 = \frac{d}{2} = \frac{425}{2} = 213 \text{ mm}$$

$$s_3 = \frac{A_f \times f_{yt}}{0,35 \times b_w} = \frac{266 \times 400}{0,35 \times 300} = 1012 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 213 \text{ mm}$$

maka dipakai tulangan geser 2 \emptyset 13 - 200 mm



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.2. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-1

PROJECT: Pemb. Gedung Asrama DE (6 Lt) LPMP Jatim.

DATE OF TEST: 2 - 4 November 2016.

GROUND WATER LEVEL: ± 1.00 m

LOCATION: Jl. Ketintang Wiyata Po Box I, Surabaya.

DEPTH: 30.0 m

GROUND SURFACE LEVEL: ± 0.00 m

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	e _o	S _r		
		q	f	TYPE	c	φ	w	LL	PL	LI								
0	Clay and silt, brown, inorganic, trace sand.																	
1																		
2																		
3																		
4	Clay and silt, grey, inorganic, trace to some sand, very soft.																	
5																		
6																		
7																		
8	Sand, grey, fine to coarse grained, contain crushed shells, trace silt, loose.																	
9																		
10																		
11																		
12	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very soft to medium.																	
13																		
14																		
15																		
16	Clay and silt, greyish, brown, trace sand, stiff to very stiff.																	
17																		
18																		
19																		
20	End of Boring																	
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		

NOTE:

0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 35 % = Some
 35 to 50 % = And

☐ = Undisturbed sample
 ⊠ = SPT
 ⊗ = Family UDS
 c = Cohesion intercept, kg/cm²
 φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
 UUJ = Triaxial, Unconsolidated unstrained
 CUJ = Triaxial, Consolidated unstrained
 Vane = Vane shear test
 q_u = Unconfined compression strength, kg/cm²
 QT = Direct shear, quick test.

○ = W_n = Moisture content, %
 ● = W_p = Plastic limit, %
 △ = W_L = Liquid limit, %
 γ = Bulk density, t/m³
 G_s = Specific gravity
 e_o = Void ratio

[Spesifikasi](#)[Keunggulan](#)[Instalasi](#)[Gambar](#)[Sertifikat](#)

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm)	: 600
Tinggi, H (mm)	: 200 ; 400
Tebal, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200
Berat jenis kering, [ρ]	: 530 kg/m ³
Berat jenis normal, [ρ]	: 600 kg/m ³
Kuat tekan, [σ]	: $\geq 4,0$ N/m ²
Konduktifitas termis, [λ]	: 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ³	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

B M Y

GSN05 NS BA1517 M2 V2



ROMAN COLLECTIONS 2016



Mitra 10
Wiyung





PACKAGING INFORMATION

RECTIFICADO

Factory	Size	Pcs/Box	Approx. sqm/box	Approx. Weight/Box (kg)	Boxes/Pallet	Pallets/Container	Approx. Weight/Pallet (Kg)	Boxes/Container	Approx. Gross Weight/Container (Kg)	Approx. Sqm/Container
SRKJ	32.5x32.5	9	0.95	17.3	54 27	20 5	959 492	1215	21645	1155
		5	1.07	19.7	45 20	20 2	912 419	1060	21582	1130
	32.5x65.6	5	1.07	19.7	45 20	20 2	912 419	1060	21582	1130

ROMAN WALL & FLOOR TILE

Factory	Size	Pcs/Box	Approx. sqm/box	Approx. weight/Box (kg)	Boxes/Pallets	Pallets/Container	Approx. gross weight/Pallets	Approx. box/Container	Approx. gross weight/Container (tonne)	Approx. sqm/Container
Wall tiles										
SRKJ	30x60	6	1.08	18.6	72 48	15 1	1364 918	1128	21.4	1218
RCI	25x75	5	0.94	17.5	52 20	20 8	935 375	1200	21.7	1128
SRKJ	20x60	8	0.96	16.8	64 32	19 1	1100 563	1248	21.5	1198
RCI	25x50	8	1	16.2	80 60	10 8	1321 997	1280	21.2	1280
SRKJ/RCI	20x40	12	0.96	14.0	96 72	15 1	1369 1033	1512	21.6	1452
RCI	25x25	16	1	14.0	84	18	1201	1512	21.6	1512
SRKJ	30x30	11	1	16.8	72 24	17 1	1235 428	1248	21.4	1248
Floor tiles										
SRKJ	20x20	25	1	15.3	100	14	1555	1400	21.7	1400
SRKJ	30x30	11	1	15.4	66 33	20 1	1041 533	1353	21.4	1353
SRKJ	33.3x33.3	9	1	16.5	72 36	17 1	1213 619	1260	21.2	1260
RCI	40x40	6	0.96	17.0	80	15	1385	1240	21.5	1190
RCI	50x50	4	1	20.5	72 36	10 8	1501 763	1008	21.1	1008

INTERLOK

Factory	Size	Pcs/Box	Approx. Weight/Box (Kg)	Boxes/Pallet	Pallets/Container	Approx. Weight/Pallet (Kg)	Boxes/Container	Approx. Gross Weight/Container (Kg)	Approx. Sqm/Container
RCI	30x60 cm	6	21.4	40 20	24 1	881 428	960	21.6	990
	40x40 cm	6	17.5	36	33	655	1188	21.6	1140

Perekat Keramik MU-420



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 pasangan keramik lantai (*popping*).
- Dapat diaplikasikan dengan menggunakan sendok semen atau trowel bergerigi (*notch trowel*).
- Tahan terhadap muai-susut.
- Adukan tidak cepat mengering pada saat diapikasi.

Isi Kemasan:

25 Kg

Kebutuhan Air:

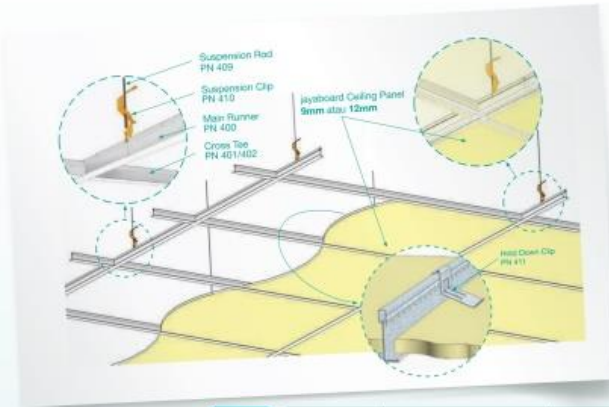
5,5 - 6,0 liter / sak 25 Kg

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





jayabpanel sebaiknya dirangkaikan dengan sistem plafon rangka tampak jayabms.

Ilustrasi Pemasangan/ Aplikasi

Standard Material:

ASTM C-1396: Standard Specification for Gypsum Board

Standard Application:

ASTM C636: Standard Practice for Installation of Metal Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-In Panels

Panduan Data Kinerja

Sistem	Jarak Penggantung (mm)	Jarak Rangka		Maksimal Beban (kg/m ²)	Lay out Pemasangan Rangka
		Jarak Main Runner (mm)	Jarak Cross Tee (mm)		
A	800	1200	600	11.0	
	1000	1200	600	8.7	
	1200	1200	600	7.3	
B	800	1200	600/1200	11.0	
	1000	1200	600/1200	8.7	
	1200	1200	600/1200	7.3	
C	800	1200	600/600	11.0	
	1000	1200	600/600	8.7	
	1200	1200	600/600	7.3	
D	800	600	1200/staggered	21.9	
	1000	600	1200/staggered	17.5	
	1200	600	1200/staggered	14.6	
E	800	600	1200	21.9	
	1000	600	1200	17.5	
	1200	600	1200	14.6	
F	800	600	600	21.9	
	1000	600	600	17.5	
	1200	600	600	14.6	

Catatan : MR = Main Runner
CT = Cross Tee

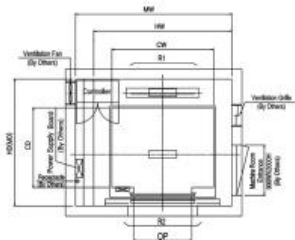
Sumber: Eureka Indonesia 2009

Catatan : Deflection Limit L/360 dengan Design Pressure 0 Pa.

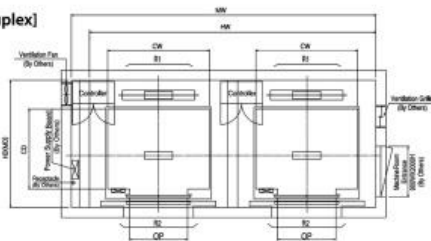
Technical Data

I Hoistway & Machine Room Plan

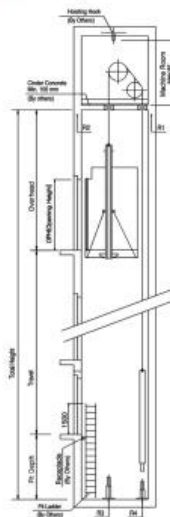
[Simplex]



[Duplex]



I Hoistway Section



I Overhead, Pit & Machine Room Height

Application Regulation [CODE]	Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (mm)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room HT	Required Hook Strength (kg)	
Standard / EN	1	450-1000	Travels100	4200	1400	2300	3000	
		1350	Travels100	4300			4500	
		1150/1600	Travels80	4300			3000	
	1.5	450-1000	Travels100	4400	1450	2300	3000	
		1350	Travels100	4600			4500	
		1150/1600	Travels80	4400			3000	
	1.75	450-1000	Travels100	4500	1600	2300	3000	
		1350	Travels100	4500			4500	
		1150/1600	Travels80	4500			3000	
MS2021	1	410-1025	Travels100	4200	1400	2300	2550	
		1365	Travels100	4300			4500	
		1160/1365	Travels80	4300			3000	
	1.5	410-1025	Travels100	4400	1450	2300	2550	
		1365	Travels100	4400			4500	
		1160/1365	Travels80	4400			3000	
	1.75	410-1025	Travels100	4500	1600	2300	2550	
		1365	Travels100	4500			4500	
		1160/1365	Travels80	4500			3000	
	Standard / EN	2	800-1600	Travels130	5100	1900	2300	4500
		2.5			5300			

Technical Data

I Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
	Person	Load(kg)		CW	CD	Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room	Pit		
						HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD		R1	R2	R3
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
1100			2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700	
		2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[EN Code]

1.0	6	450	700	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
1100			2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700	
		2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[Malaysia]

1.0	6	410	800	1400	830	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4100	2500	4700	3450
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	5450	4300	6600	4700
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	10200	7000	10950	8700	



Square Pile

Technical Specification :

Type : TP 30x30, TP 35x35, TP 40x40, TP 50x50

Length : 6 m up to 15 meter.

Concrete Strength : K-500

Scope Of Work : Design, Production, Delivery.

Type Of Project : High Rise Building, Housing, Bridge.

B(mm)	250 X 250		300 X 300		350 X 350		400 X 400		450 X 450		500 X 500		600 X 600	
W(kg/m)	150		216		294		384		486		600		864	
N(bh)	Mcr	P	Mcr	P	Mcr	P	Mcr	P	Mcr	P	Mcr	P	Mcr	P
4	3,33	49,58	4,38	78,0	5,96	145,00	7,94	206,00	10,37	264,00	-	-	-	-
5	3,87	49,58	4,97	78,0	6,65	145,00	8,73	203,00	11,26	261,00	-	-	-	-
6	4,41	49,58	5,55	78,0	7,34	145,00	9,51	200,00	12,14	258,00	15,27	323,00	23,99	472,00
7	4,94	49,58	6,14	78,0	8,02	145,00	10,29	196,00	13,02	255,00	16,25	320,00	25,28	468,00
8	5,48	49,58	6,73	78,0	8,71	142,00	11,08	193,00	13,90	251,00	17,23	316,00	26,57	465,00
9	-	-	7,32	78,0	9,39	139,00	11,86	190,00	14,78	248,00	18,21	313,00	27,87	461,00
10	-	-	7,90	78,0	10,08	136,00	12,64	187,00	15,66	245,00	19,19	310,00	29,16	458,00
11	-	-	-	-	10,76	132,00	13,43	184,00	16,54	242,00	20,17	307,00	30,45	454,00
12	-	-	-	-	11,45	129,00	14,21	181,00	17,42	239,00	21,15	304,00	31,74	451,00
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,12	301,00	33,04	447,00
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,10	297,00	34,33	444,00

Spesifikasi Tower Crane TC6018

Stationery Tower Crane TC 6018 dapat di artikan sebagai berikut : TC (Tower Crane), 60 (panjang JIB 60 meter) dan 18 (beban pada puncaK jib 1,8 Ton).

Tower Crane TC 6018 ini adalah jenis "Stationery Tower Crane" terbaru dari Tengda Group yang merupakan pengembangan produk dari Taizou Tengda Group. Tower Crane ini dapat di penggunaan untuk mendukung pembangunan gedung-gedung bertingkat, jembatan, proyek konservasi air, bangunan-bangunan perindustrian, dan lainnya.

Perincian		Parameter			
Momen pengorekan		1250kn.m			
Radius kerja		2.5-60m			
Beban pada puncak		1.8t			
Kapasitas beban maksimal		10t			
Tinggi kedudukan bebas		50.5m			
Tinggi maksimal pemasangan		200m			
Pengaturan jarak kerja		48m, 54m, 60m			
Mekanisme pengorekan (VFD+PLC)	Jumlah tali (fall)	2		4	
	Kapasitas angkat (t)	0-2.5	0-5	0-5	0-10
	kecepatan (m/min)	0-80	0-40	0-40	0-20
	Motor	YZPBF250M1-6-45KW			
Mekanisme trolis (VFD+PLC)	Kecepatan (m/min)	0-56			
	Motor	YPBE132S-4-5.5KW			
Mekanisme pemutaran (VFD+PLC)	Kecepatan (m/min)	0-0.6			
	Motor	YTW112M-4-4KW*2			
Kecepatan memanjat (m/min)		0,5			
Beban penahan (t)	48m jib	54m jib	60m jib		
	15,45	17,85	18,9		
Ukuran bagian tiang (L*W*H),m		2*2*3, tipe panel			
Temperatur kerja		-40°C to 60°C			
Kecepatan angin pada kerja (m/s)		20			
Total daya (KW)		60			
Tegangan dan arus kerja		380V/50HZ			
Sudah termasuk dengan mekanisme pemanjat (self erecting/ climbing mast/ hydraulic jack)					

Kode	TC 6018
Tipe baja	Q345B
Manufaktur baja	Ma Steel
Bahan dasar tiang (tower)	Sudut baja: 180°180°18
Merek Mekanisme gerak	Jiangte Drive
Merek motor	Jiangte Motor
Kotak kendali kelistrikan	Schneider
Tipe mekanisme pemutaran	Pemutaran ganda
Kontrol frekwensi	VFD dan PLC Yaskawa

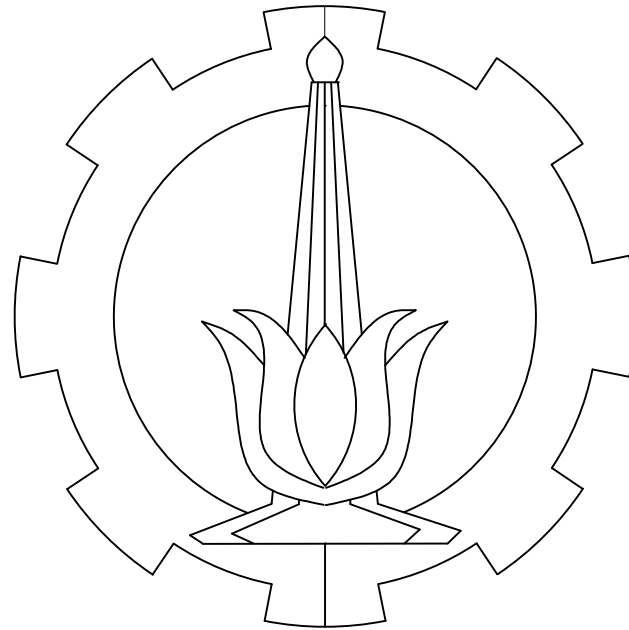


Radius (m)	2.5-24.55	30	35	40	46	48
2 falls(t)	5	2.74	2.62	2.5	2.4	2.3
4 falls(t)	10	6.13	2.67	2.55	2.43	2.33
Radius(m)	50	52	54	56	58	60
2 falls(t)	2.21	2.12	2.04	2	1.9	1.8
4 falls(t)	2.14	2.05	1.97	1.93	1.81	1.72





Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 7 Nopember 1994 dan merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis Bernama Lengkap Faqih Fadilah Abdi ini merupakan lulusan dari SDN Wonokromo III Surabaya, juga pernah bersekolah di SMP Negeri 12 Surabaya, dan SMA Negeri 15 Surabaya. Penulis kemudian diterima di jurusan DIV Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2013 dan terdaftar. Selain itu, penulis juga pernah aktif di kegiatan mahasiswa, menjadi panitia divillage sie perlengkapan yang termasuk agenda tahunan kegiatan besar yang ada di kampus. Penulis juga aktif mengikuti kegiatan karang taruna dan sebagai ketua karang taruna dikampung halamannya yaitu Karang Rejo Gang Baru RT.05 RW.02 Wonokromo, Surabaya. Penulis juga aktif dalam kegiatan keagamaan seperti mengikuti pengajian rutin di masjid Baitul Muttaqin dan juga menjadi remaja masjid. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail : faqihfadilahabdi@gmail.com.



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA LEMBAGA
PENJAMIN MUTU PENDIDIKAN JAWA TIMUR DENGAN
METODE PRACETAK

Mahasiswa :

Faqih Fadilah Abdi

NRP.10111310000064

Dosen pembimbing 1 :

Nur Achmad Husin, ST., MT.

NIP. 19720115 199802 1 001

Dosen pembimbing 2 :

Afif Navir Refani, ST., MT.

NIP. 19840919 201504 1 001

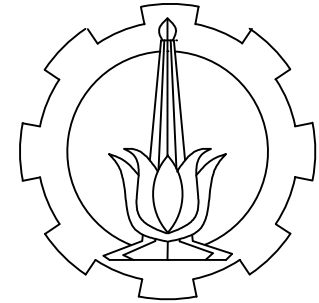
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

DAFTAR GAMBAR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA LEMBAGA PENJAMIN MUTU PENDIDIKAN JAWA TIMUR DENGAN METODE PRACETAK

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
	C O V E R	-	-
	DAFTAR GAMBAR	-	-
ARS	TAMPAK UTARA	1 : 200	01
ARS	TAMPAK TIMUR DAN BARAT	1 : 200	02
ARS	TAMPAK SELATAN	1 : 200	03
ARS	DENAH LANTAI 1	1 : 150	04
ARS	DENAH LANTAI 2-9	1 : 175	05
ARS	DENAH LANTAI ATAP	1 : 150	06
ARS	POTONGAN MEMANJANG	1 : 200	07
ARS	POTONGAN MELINTANG	1 : 200	08
STR	DENAH SLOOF DAN KOLOM LANTAI 1	1 : 150	09
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 2	1 : 150	10
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 3	1 : 150	11
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 4	1 : 150	12
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 5	1 : 150	13
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 6	1 : 150	14
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 7	1 : 150	15
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 8	1 : 150	16
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 9	1 : 150	17
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 10	1 : 150	18
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI ATAP	1 : 150	19
STR	DENAH PENGECORAN LANTAI 1	1 : 150	20
STR	DENAH PELAT LANTAI 2 (PRACETAK)	1 : 150	21
STR	DENAH PELAT LANTAI 3 (PRACETAK)	1 : 150	22
STR	DENAH PELAT LANTAI 4 (PRACETAK)	1 : 150	23
STR	DENAH PELAT LANTAI 5 (PRACETAK)	1 : 150	24
STR	DENAH PELAT LANTAI 6 (PRACETAK)	1 : 150	25
STR	DENAH PELAT LANTAI 7 (PRACETAK)	1 : 150	26

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
STR	DENAH PELAT LANTAI 8 (PRACETAK)	1 : 150	27
STR	DENAH PELAT LANTAI 9 (PRACETAK)	1 : 150	28
STR	DENAH PELAT LANTAI 10 (PRACETAK)	1 : 150	29
STR	DENAH PELAT LANTAI ATAP (PRACETAK)	1 : 150	30
STR	DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 1	1 : 150	31
STR	DENAH PENULANGAN PELAT COR INSITU LANTAI 2-10	1 : 150	32
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE S1-S1C	1 : 25	33
STR	DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE S1D-S2B	1 : 25	34
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK BA1	1 : 25	35
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK ANAK BA2	1 : 25	36
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK B1	1 : 25	37
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK B2A	1 : 25	38
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK B2B	1 : 25	39
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK INDUK B3	1 : 25	40
STR	RESUME BALOK DAN PELAT PRACETAK	1 : 50	41
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM LANTAI 1-6	1 : 50	42
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM LANTAI 7-ATAP	1 : 50	43
STR	PENULANGAN BALOK INDUK S1 DAN S2	1 : 10	44
STR	PENULANGAN SLOOF S1 DAN S2	1 : 10	45
STR	PENULANGAN SLOOF S3 DAN S4	1 : 10	46
STR	PENULANGAN BALOK INDUK B1	1 : 10	47
STR	PENULANGAN BALOK INDUK B2A DAN B2B	1 : 10	48
STR	PENULANGAN BALOK INDUK B3 DAN B4	1 : 10	49
STR	PENULANGAN BALOK ANAK BA1 DAN BA2	1 : 10	50
STR	PENULANGAN BALOK ANAK BA3 DAN BK	1 : 10	51
STR	PENULANGAN TANGGA	1 : 50	52
STR	DETAIL LIFT	1 : 150	53
STR	PORTAL MEMANJANG	1 : 175	54



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

RENCANA TAMPAK UTARA

Kode

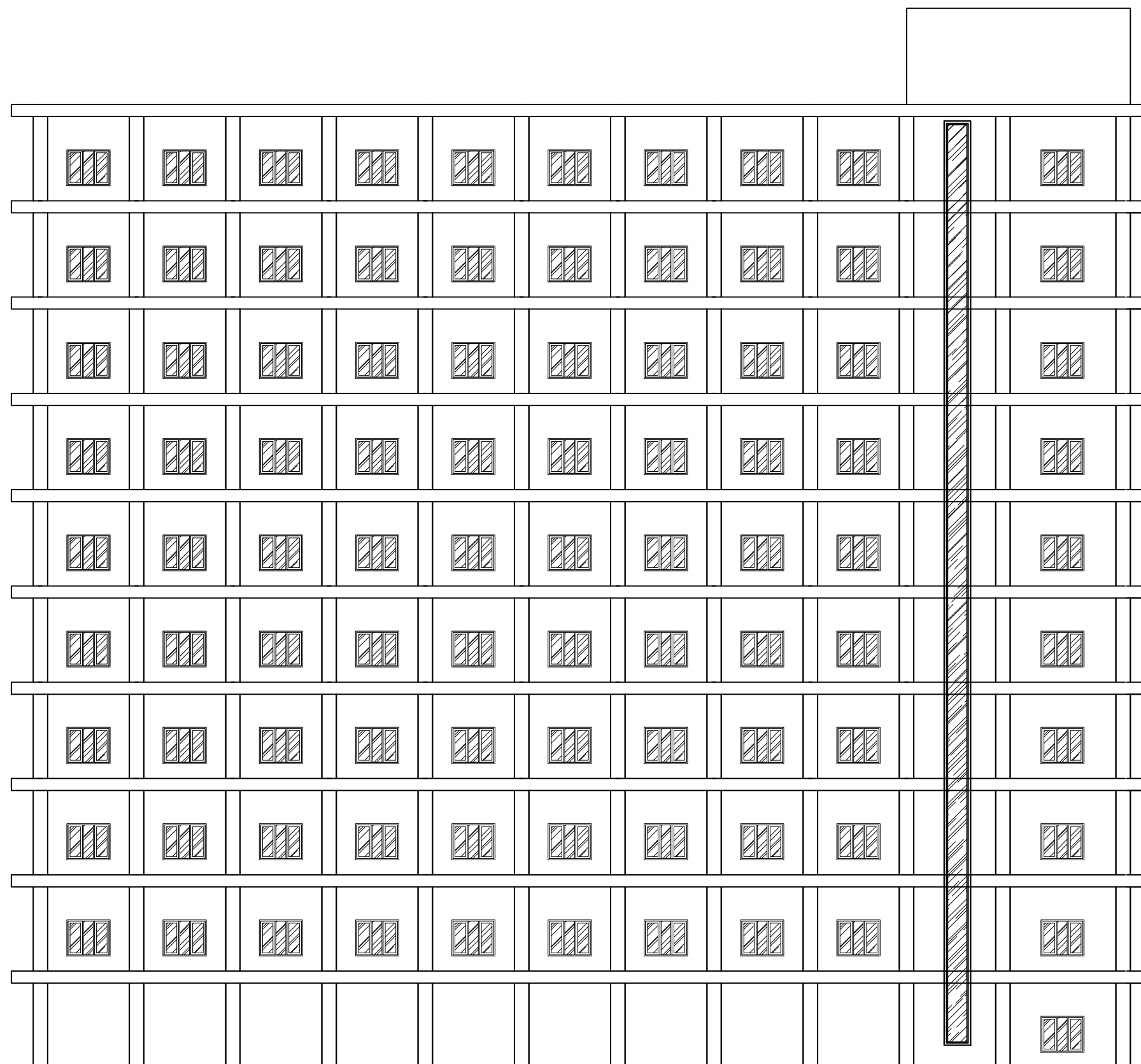
No.
 Gmbr

Jmlh.
 Gmbr

ARS

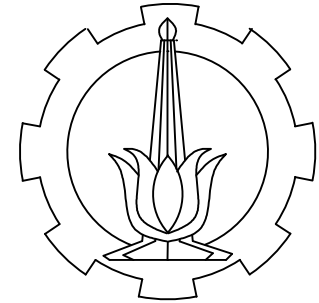
1

65



RENCANA TAMPAK UTARA

Skala 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

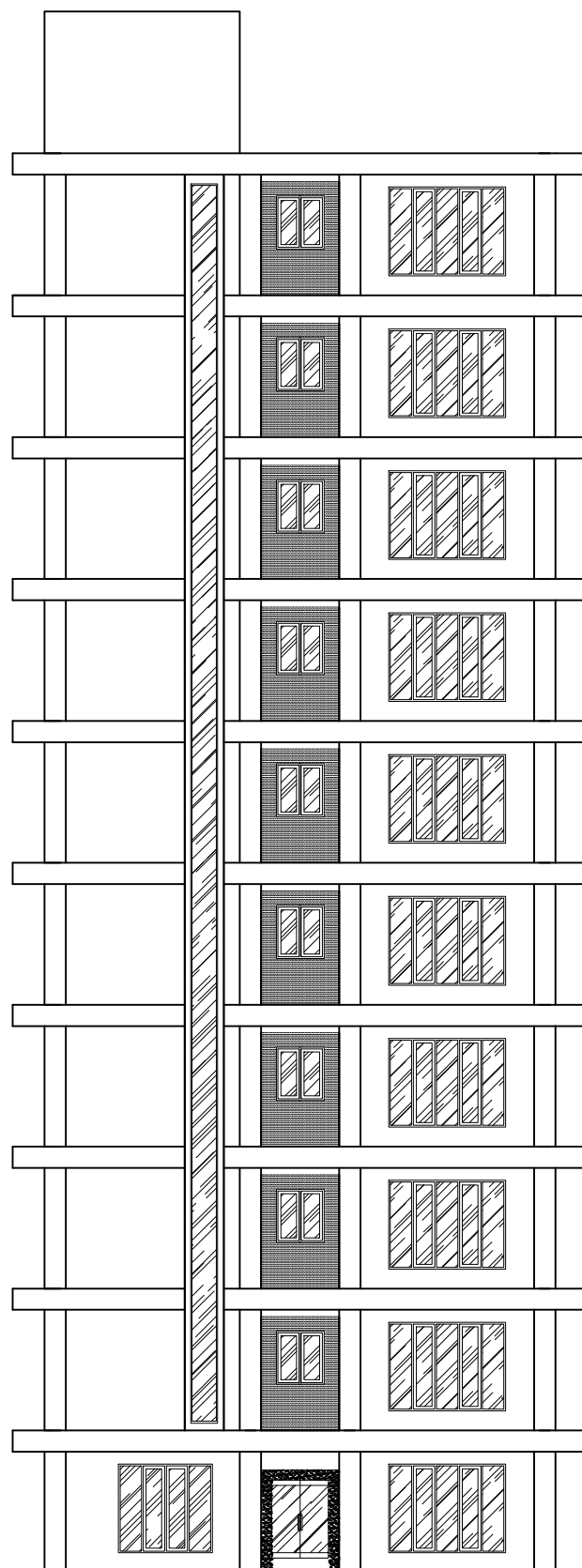
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

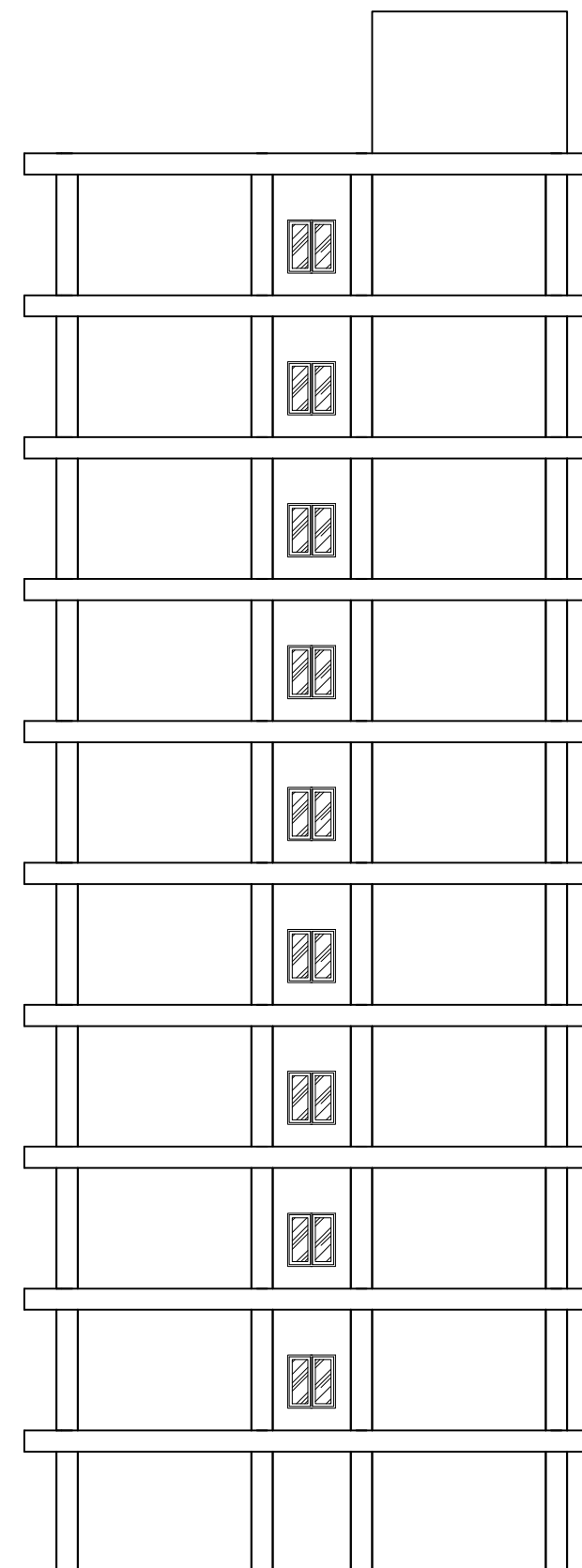
RENCANA TAMPAK TIMUR
 DAN BARAT

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

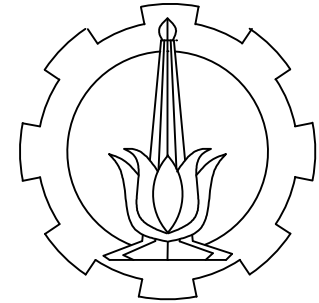
ARS	2	65
-----	---	----



⊕ RENCANA TAMPAK BARAT
 Skala 1:200



⊕ RENCANA TAMPAK TIMUR
 Skala 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

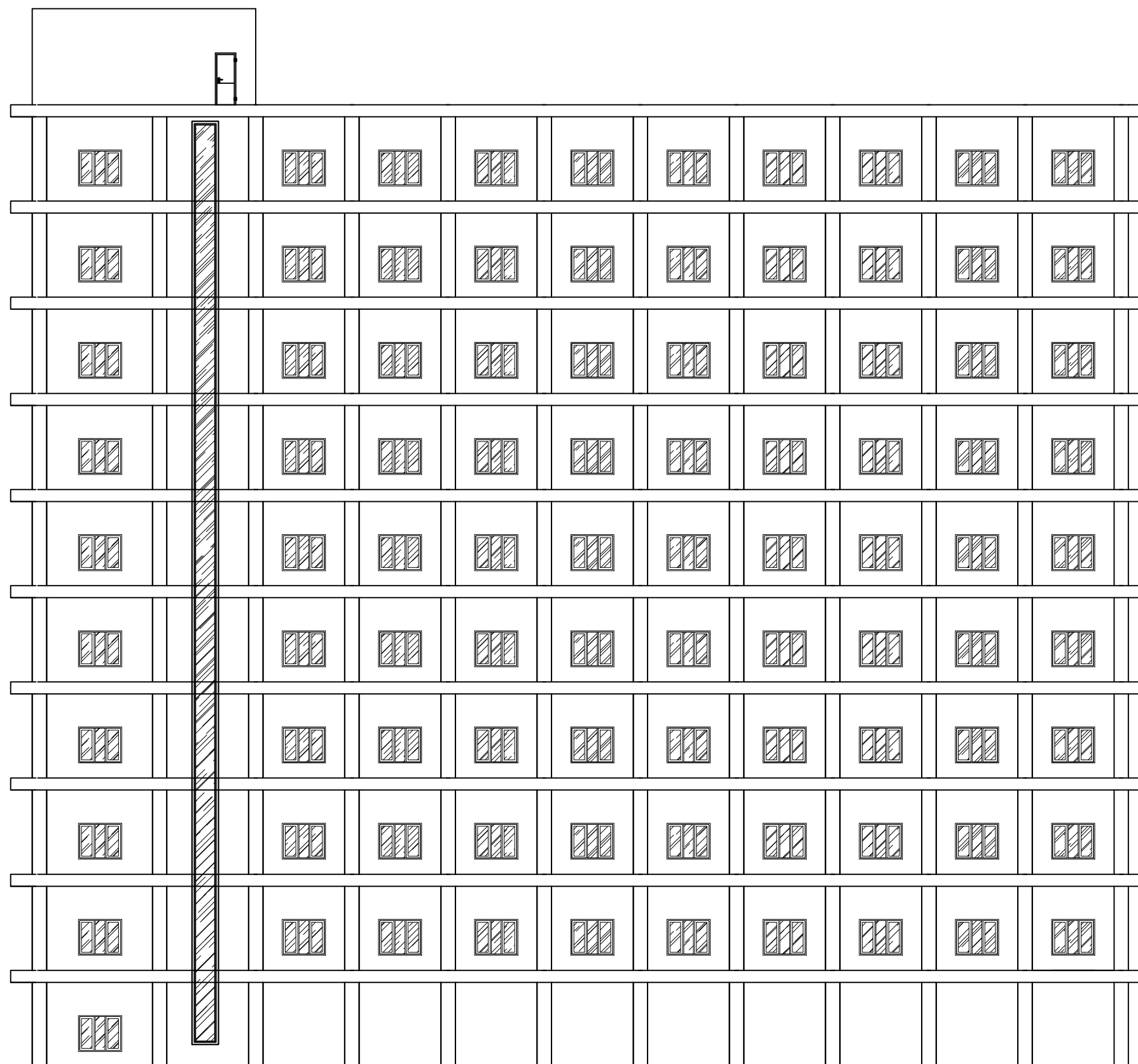
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

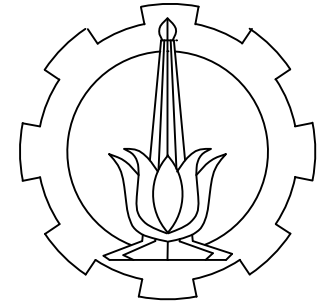
GAMBAR

RENCANA TAMPAK SELATAN

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
ARS	3	65



RENCANA TAMPAK SELATAN
 Skala 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

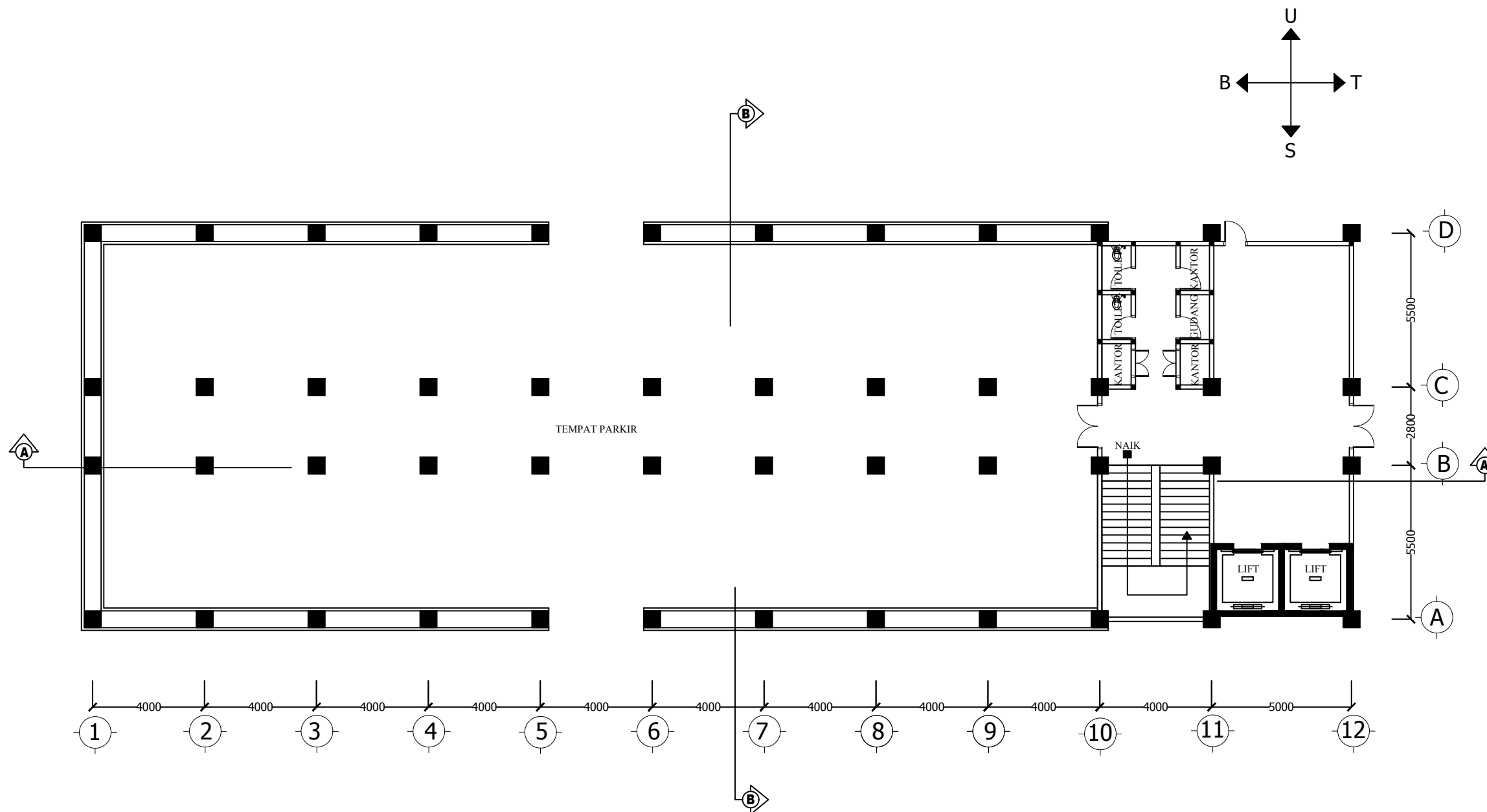
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

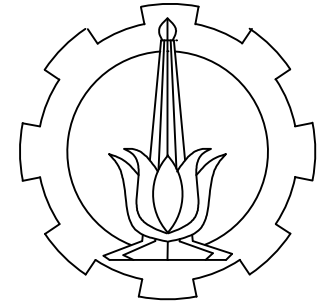
DENAH ARSITEK LANTAI 1

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

ARS	4	65
-----	---	----



DENAH ARSITEK LANTAI 1
 Skala 1:175



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

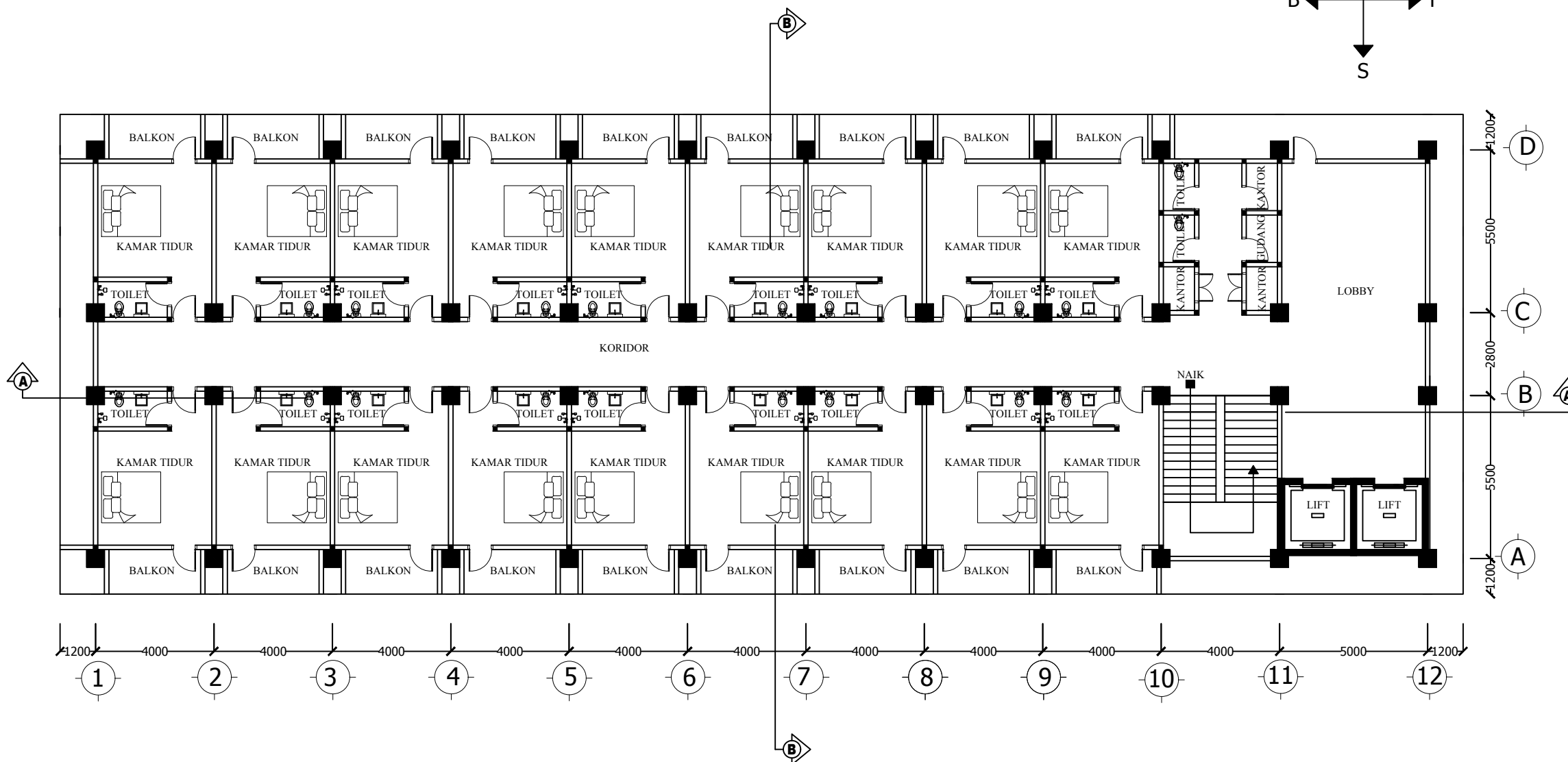
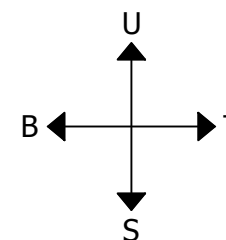
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

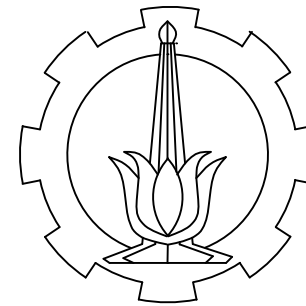
DENAH ARSITEK LANTAI 2-10

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

ARS	5	65
-----	---	----



DENAH ARSITEK LANTAI 2-10
 Skala 1:175



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

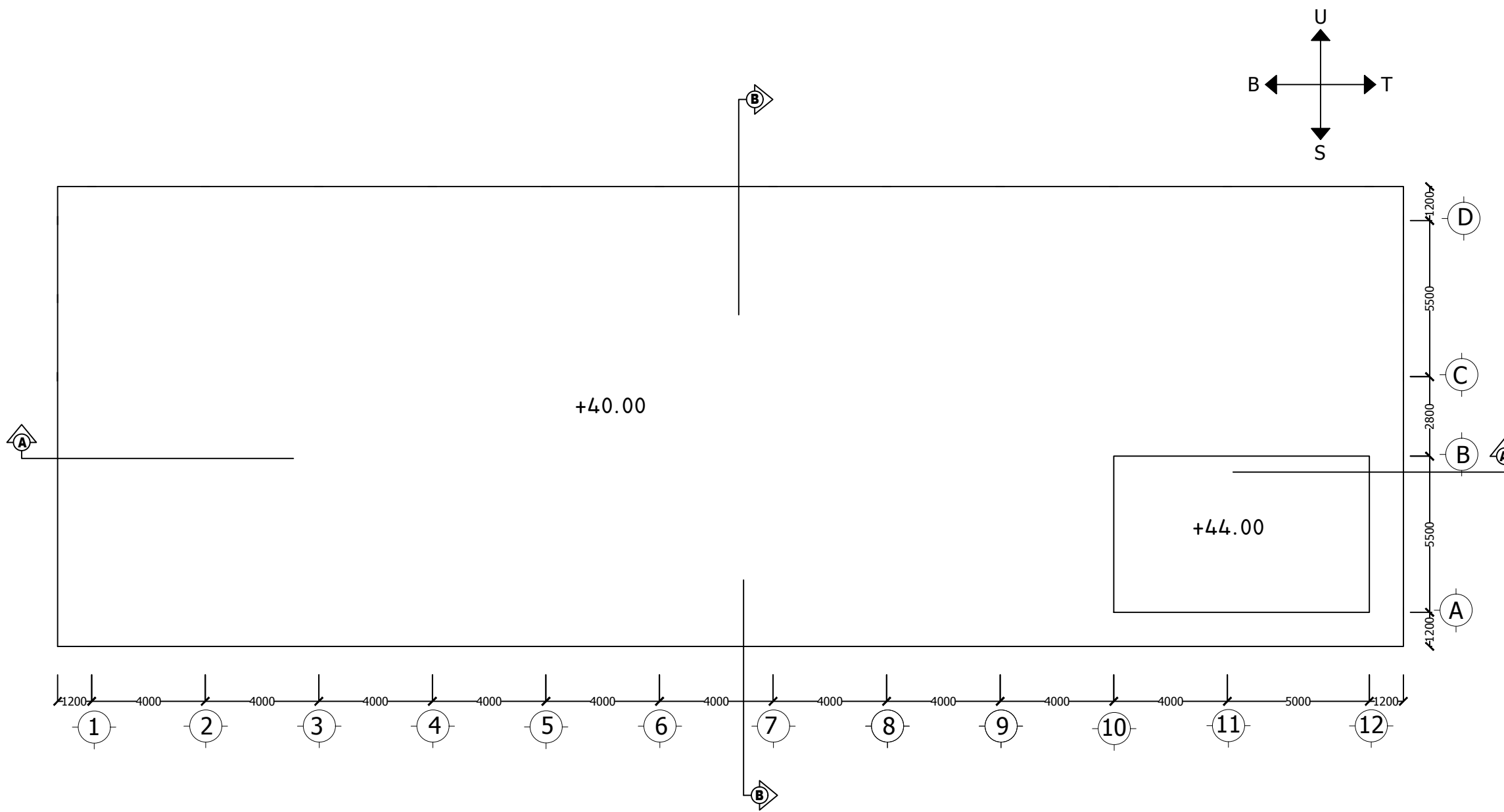
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH ARSITEK LANTAI ATAP

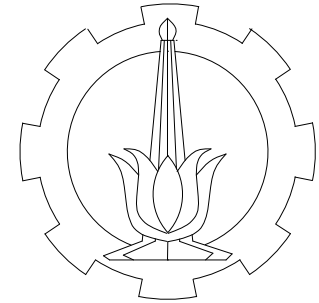
Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
ARS	6	65



 **DENAH ARSITEK LANTAI ATAP**
 Skala 1:175



POTONGAN A-A (MEMANJANG)
Skala 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

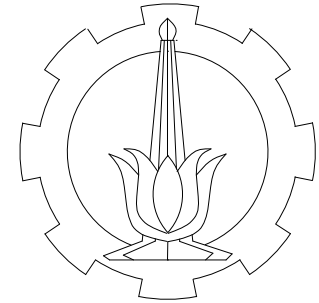
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

POTONGAN A-A (MEMANJANG)

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
ARS	7	65



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

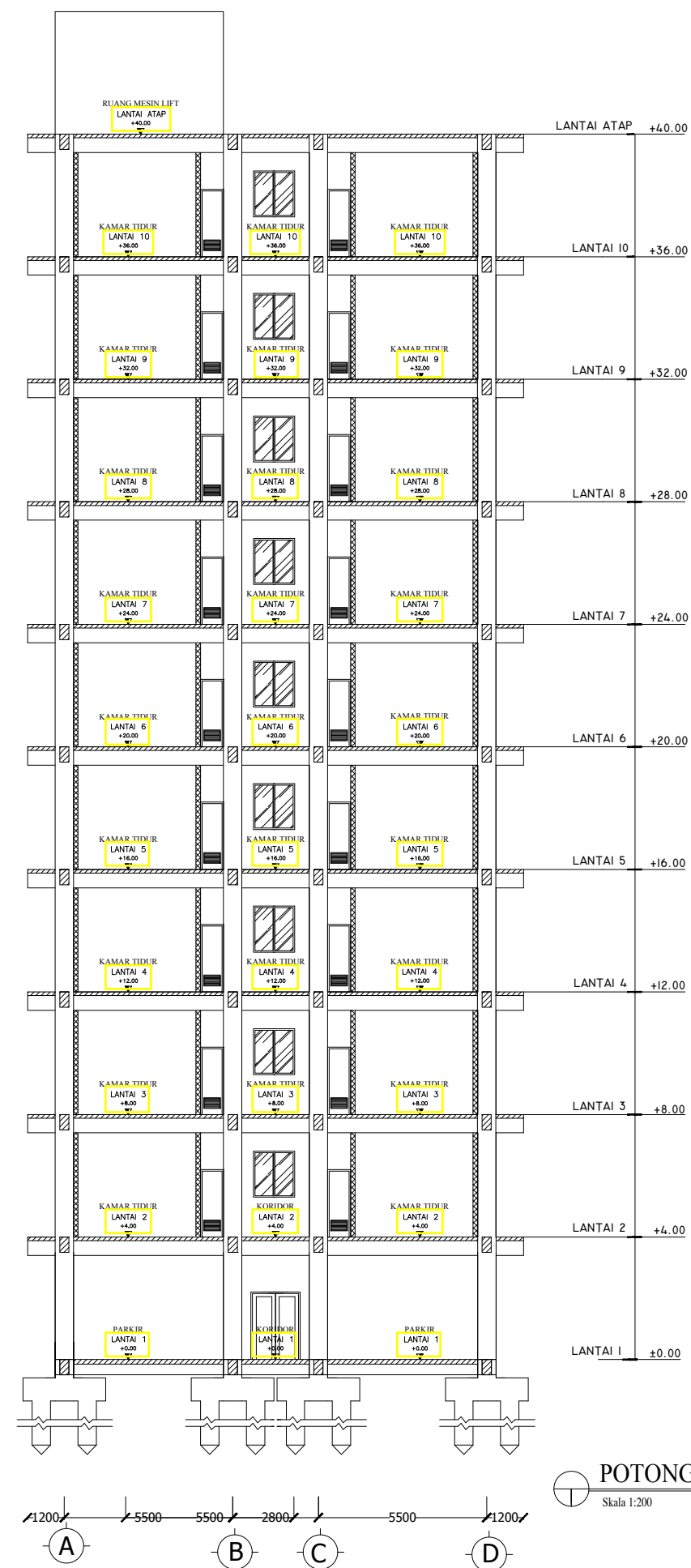
MAHASISWA

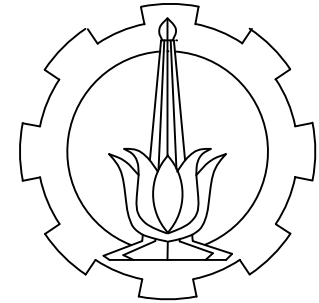
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

POTONGAN B-B (MELINTANG)

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
ARS	8	65





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH SLOOF DAN
 KOLOM LANTAI 1

Kode

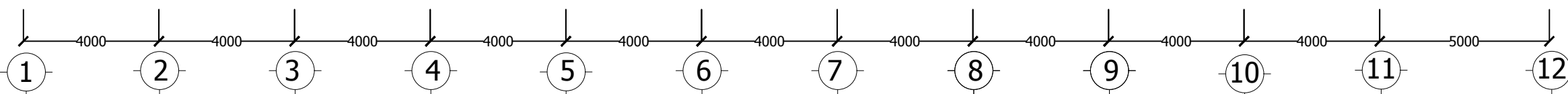
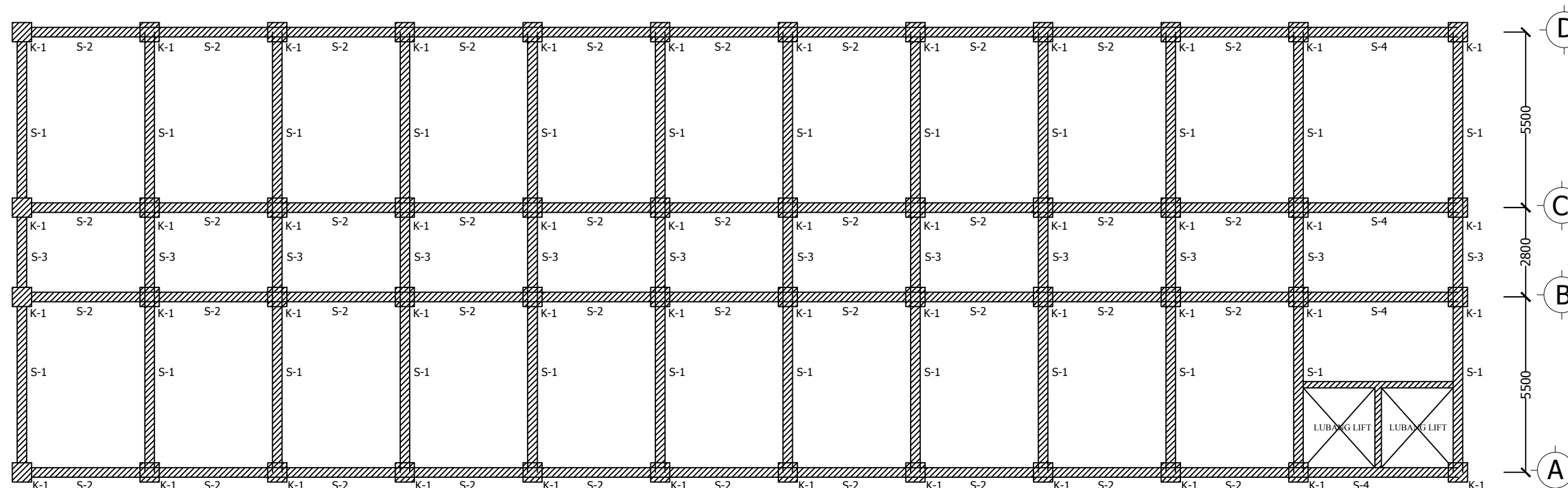
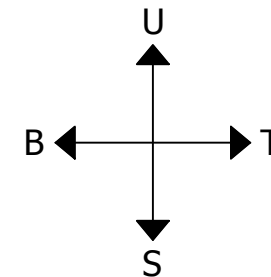
No.
 Gmbr

Jmlh.
 Gmbr

STR

9

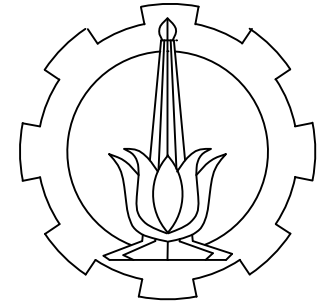
65



DENAH SLOOF DAN KOLOM LANTAI 1
 Skala 1:150

COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
S1	300 x 600	5500
S2	300 x 600	4000
S3	300 x 600	2800
S4	300 x 600	5000
K1	600 x 600	4000



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

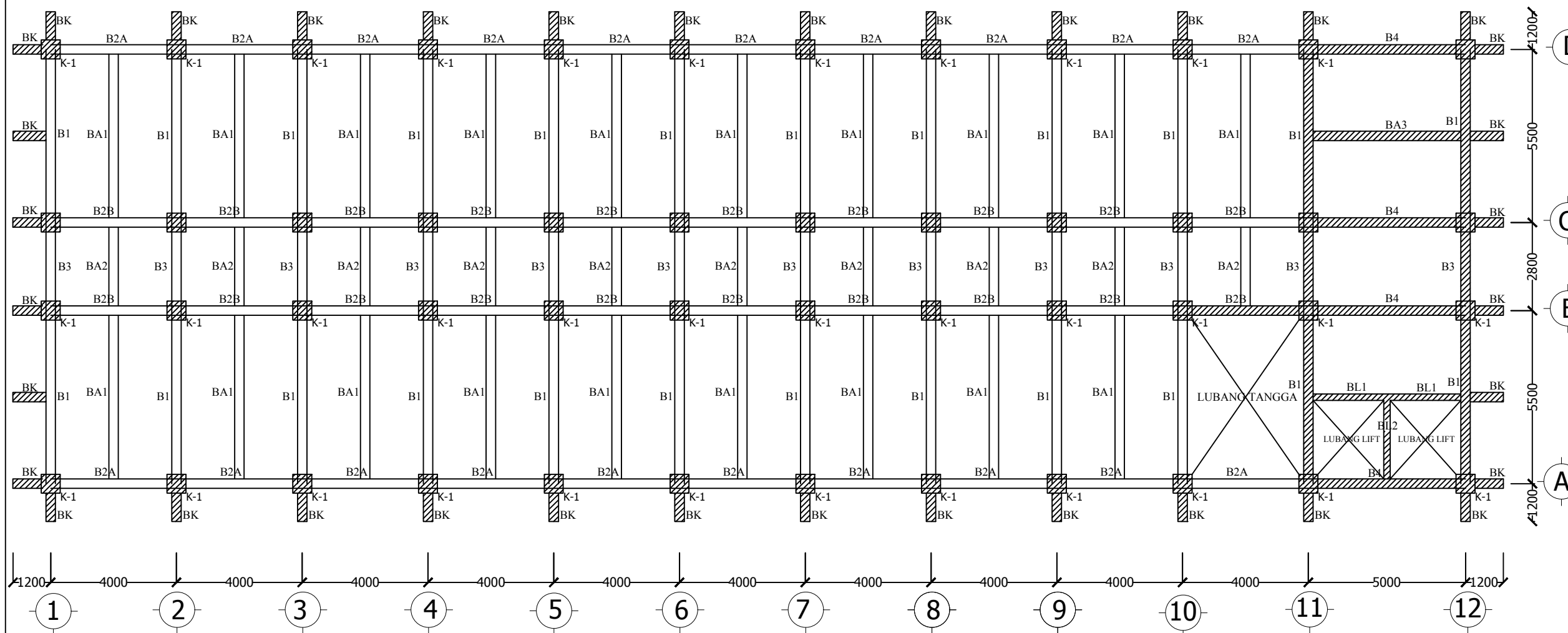
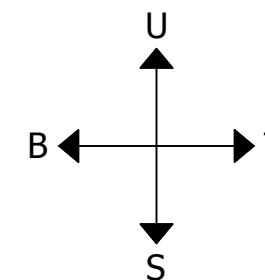
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM LANTAI 2

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	10	65



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 2

Skala 1:150

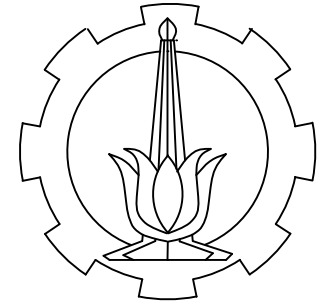
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

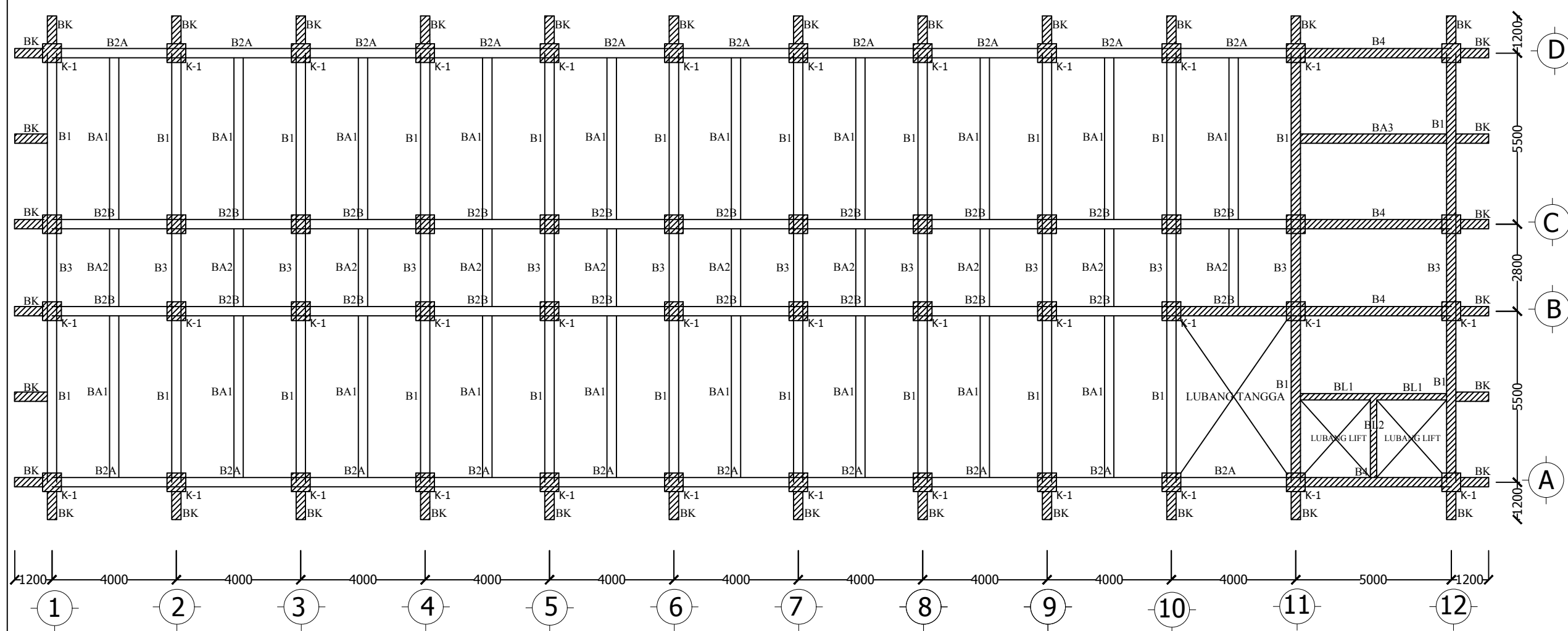
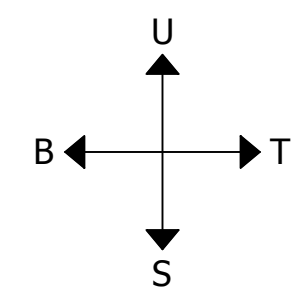
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM LANTAI 3

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	11	65
-----	----	----



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 3
 Skala 1:150

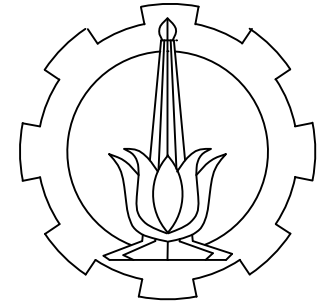
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

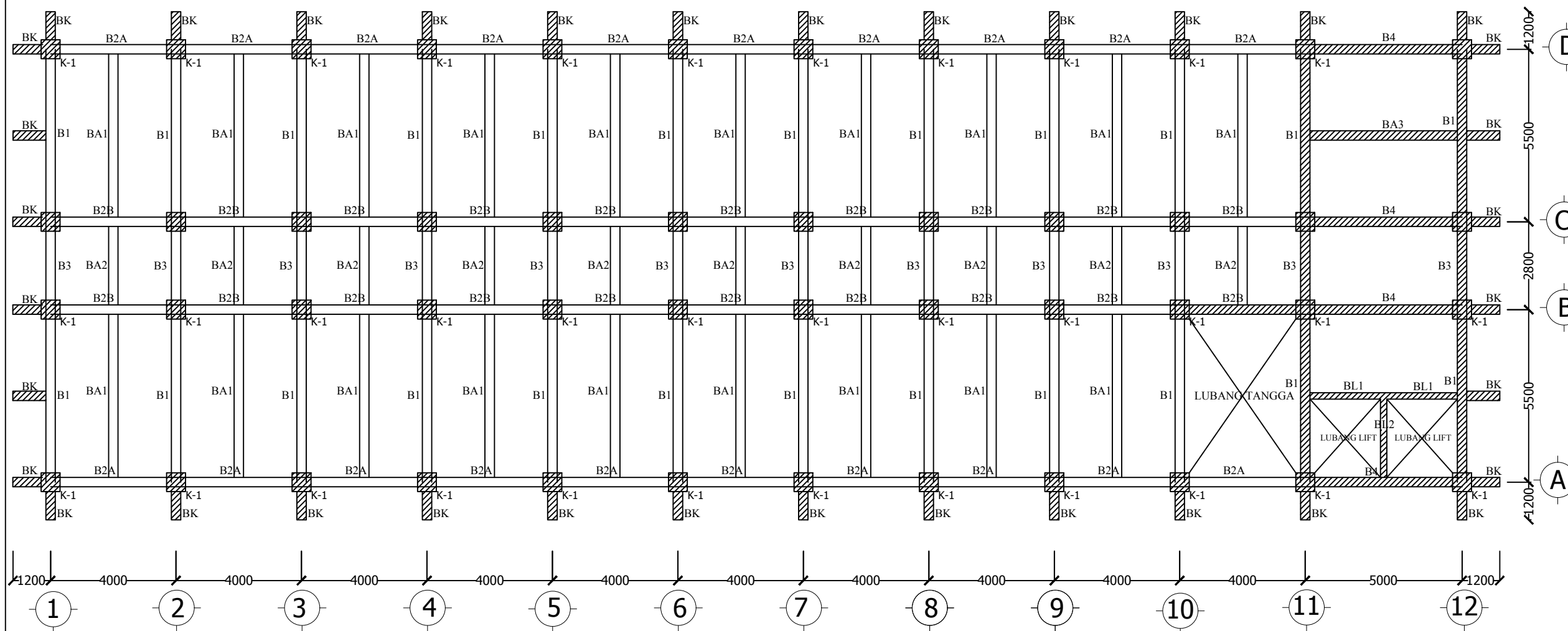
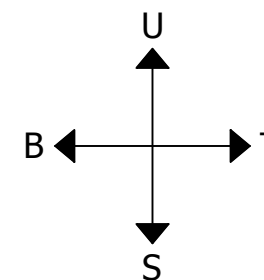
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
KOLOM LANTAI 4

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	12	65
-----	----	----



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 4

Skala 1:150

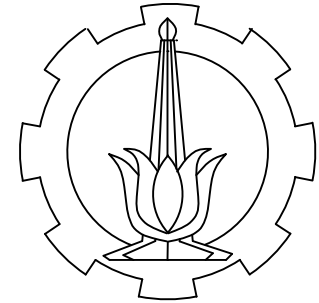
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

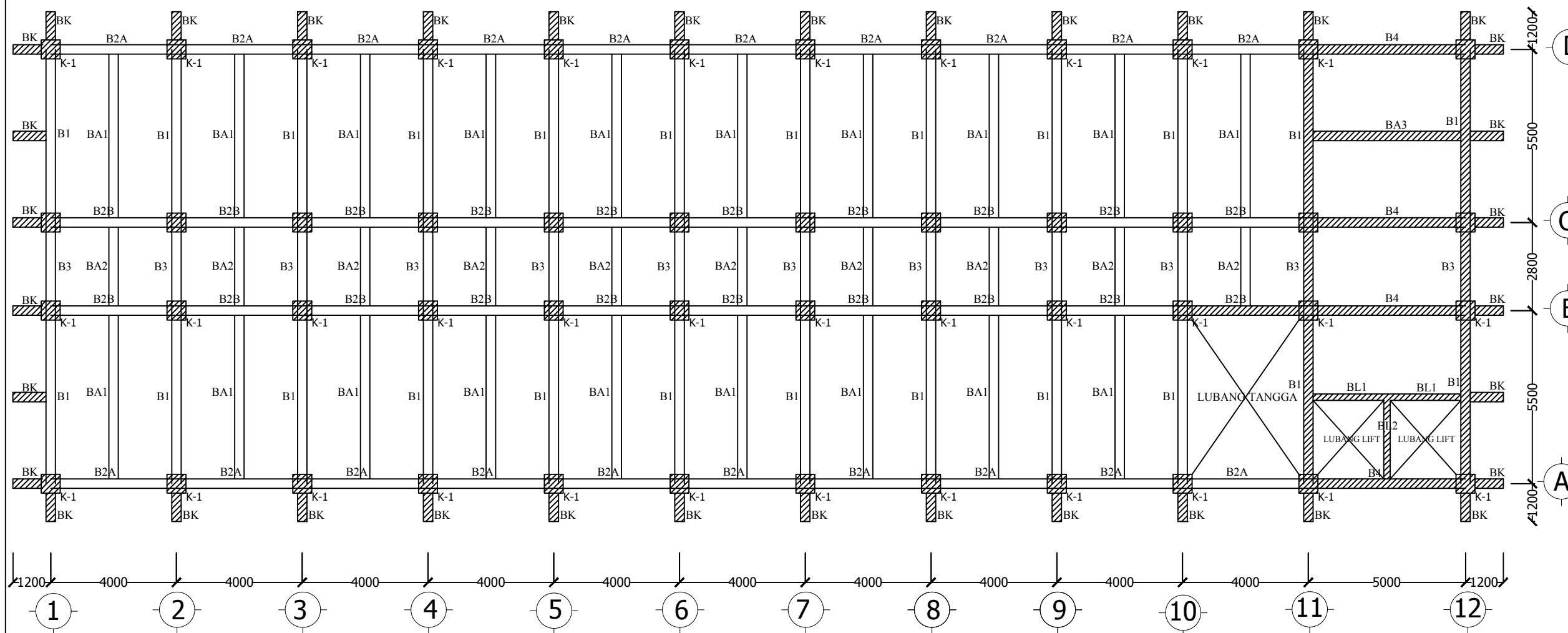
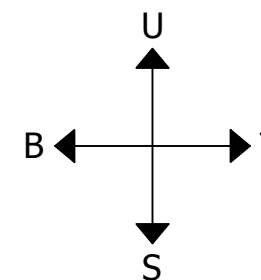
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM LANTAI 5

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	13	65
-----	----	----



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 5

Skala 1:150

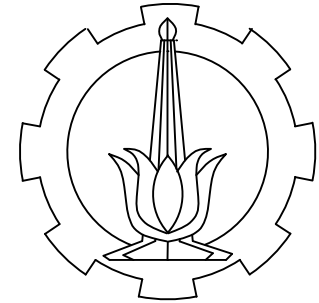
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

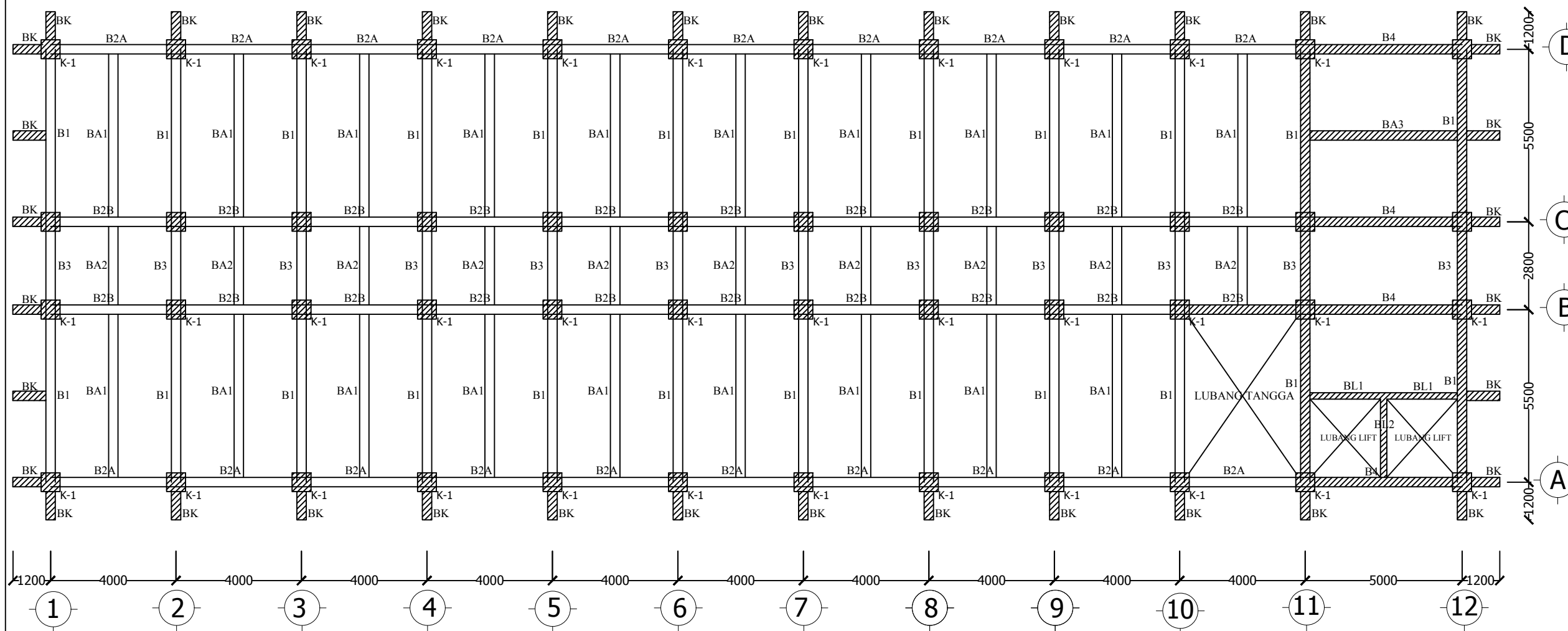
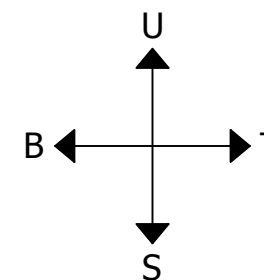
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM LANTAI 6

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	14	65
-----	----	----



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 6

Skala 1:150

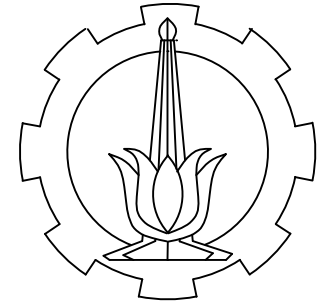
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

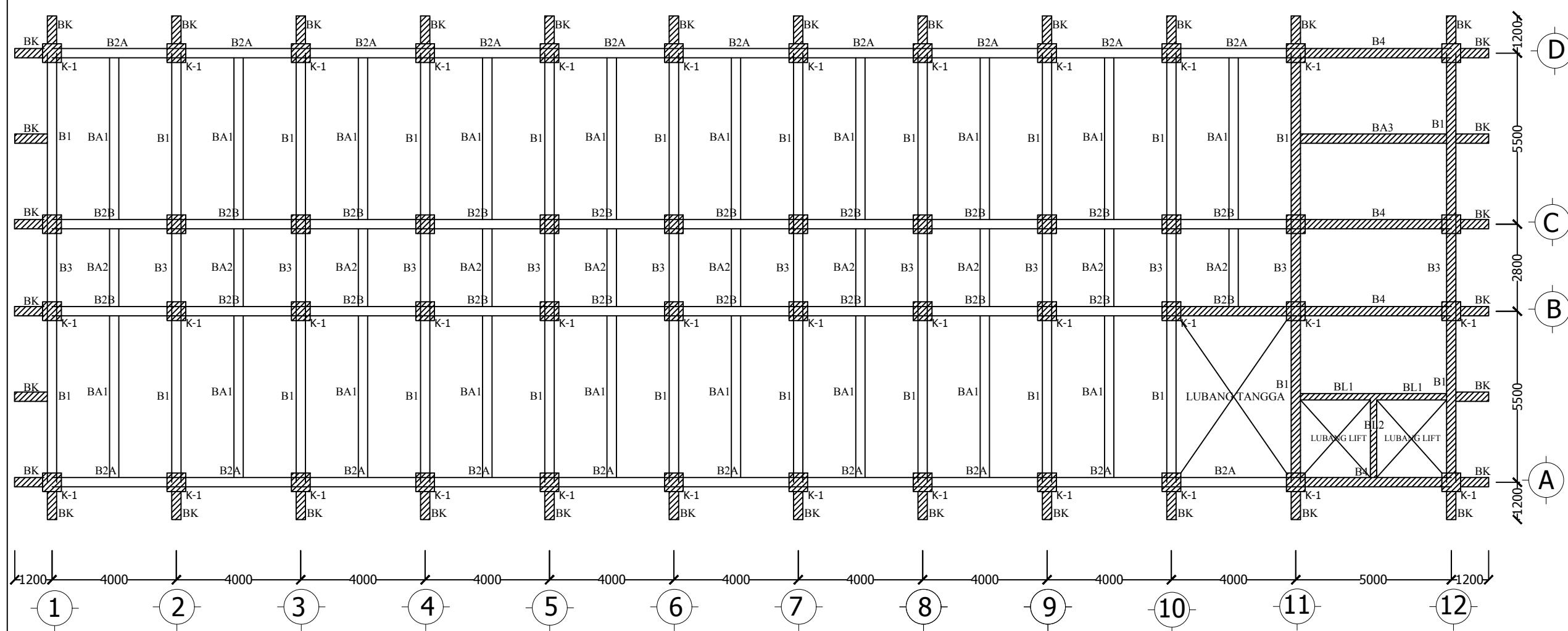
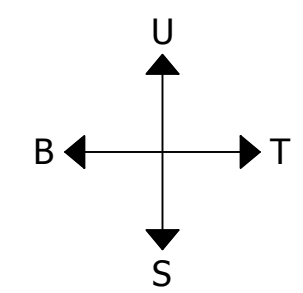
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
KOLOM LANTAI 7

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	15	65
-----	----	----



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 7
Skala 1:150

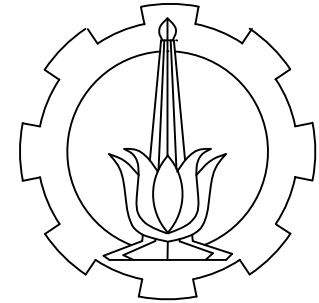
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
KOLOM LANTAI 8

Kode

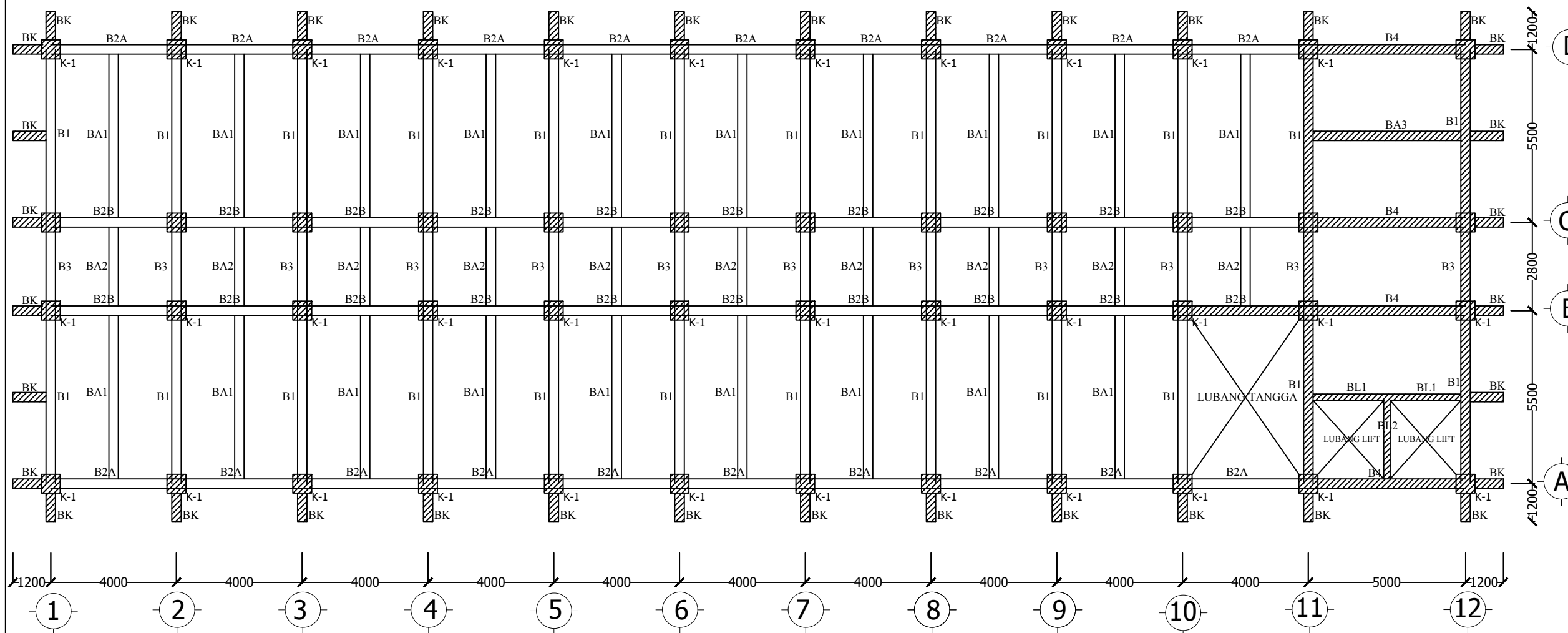
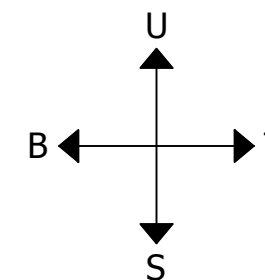
No.
Gmbr

Jmlh.
Gmbr

STR

16

65



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 8

Skala 1:150

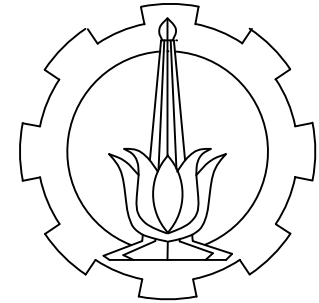
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

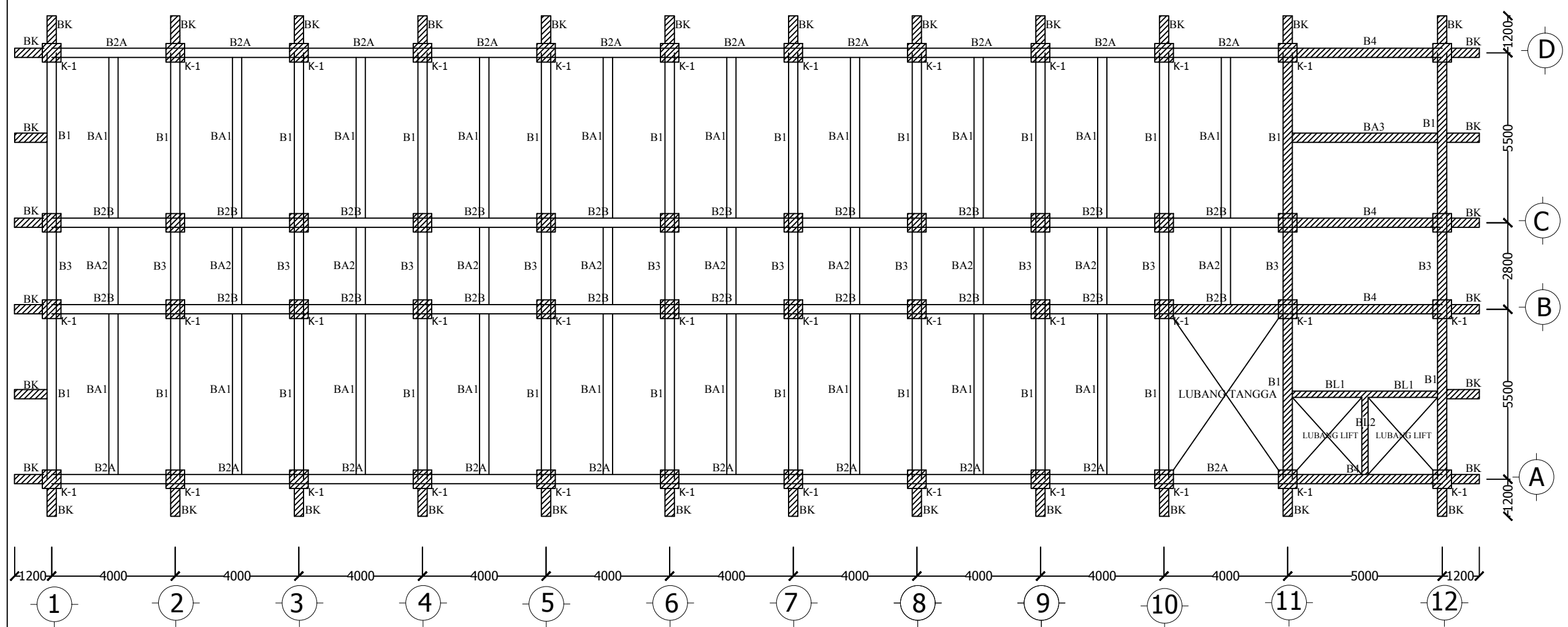
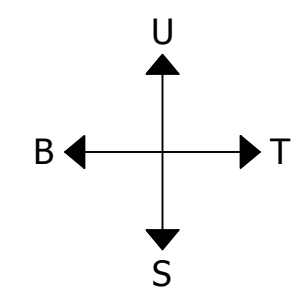
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM LANTAI 9

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	17	65
-----	----	----



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 9
 Skala 1:150

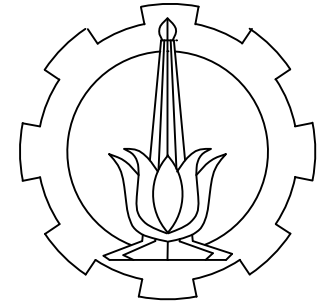
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

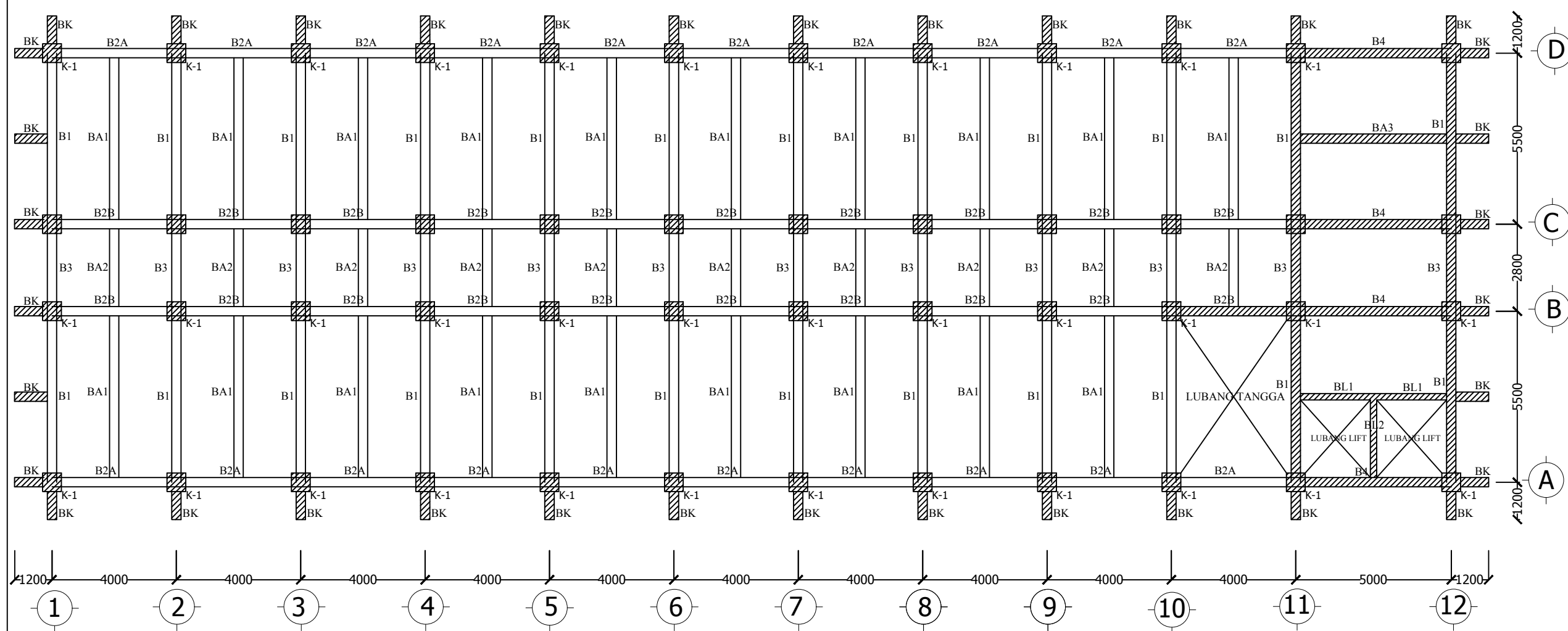
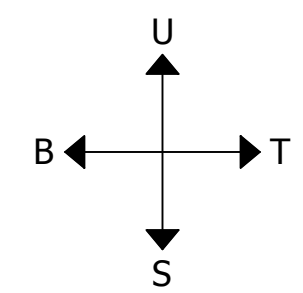
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM LANTAI 10

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	18	65
-----	----	----



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 10
 Skala 1:150

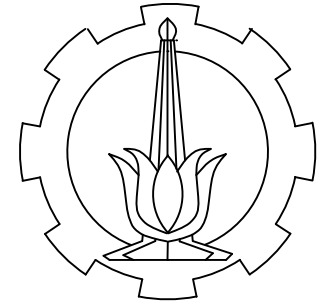
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

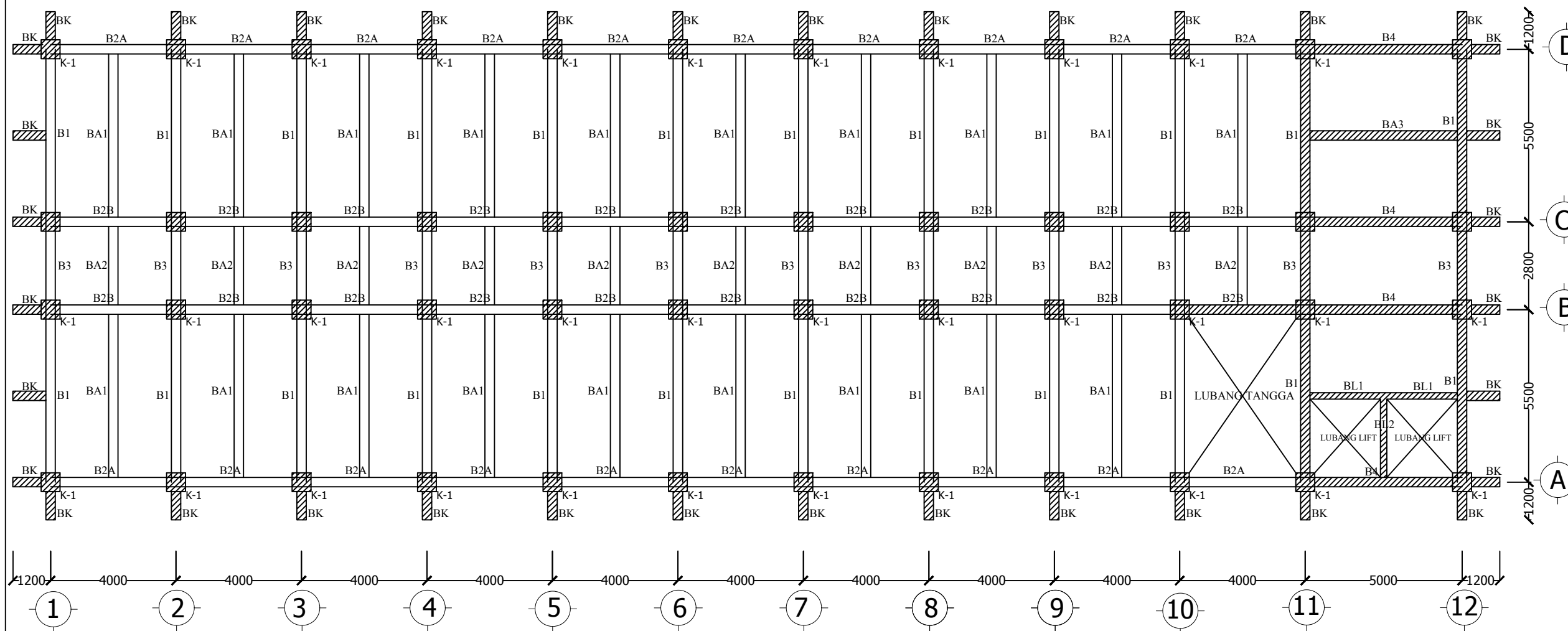
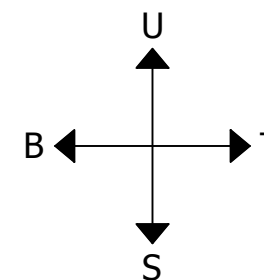
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM LANTAI ATAP

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	19	65
-----	----	----



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI ATAP

Skala 1:150

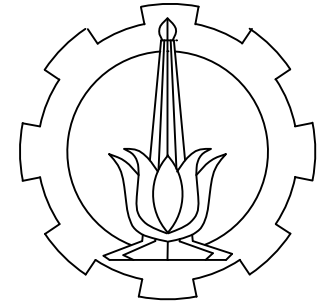
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)
B4	300 x 600	5000
BA3	300 x 400	5000
BK	300 x 400	1200
BL1	200 x 400	5000
BL2	200 x 400	2200
K1	600 x 600	4000

BALOK PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	PANJANG (mm)	w (kg/m)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
B1	300 x 480	4900	345,6	1693,44	22
B2A	300 x 480	3400	345,6	1175,04	20
B2B	300 x 480	3400	345,6	1175,04	19
B3	300 x 480	2200	345,6	760,32	12
BA1	300 x 280	5350	201,6	1078,56	19
BA2	300 x 280	2500	201,6	504	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

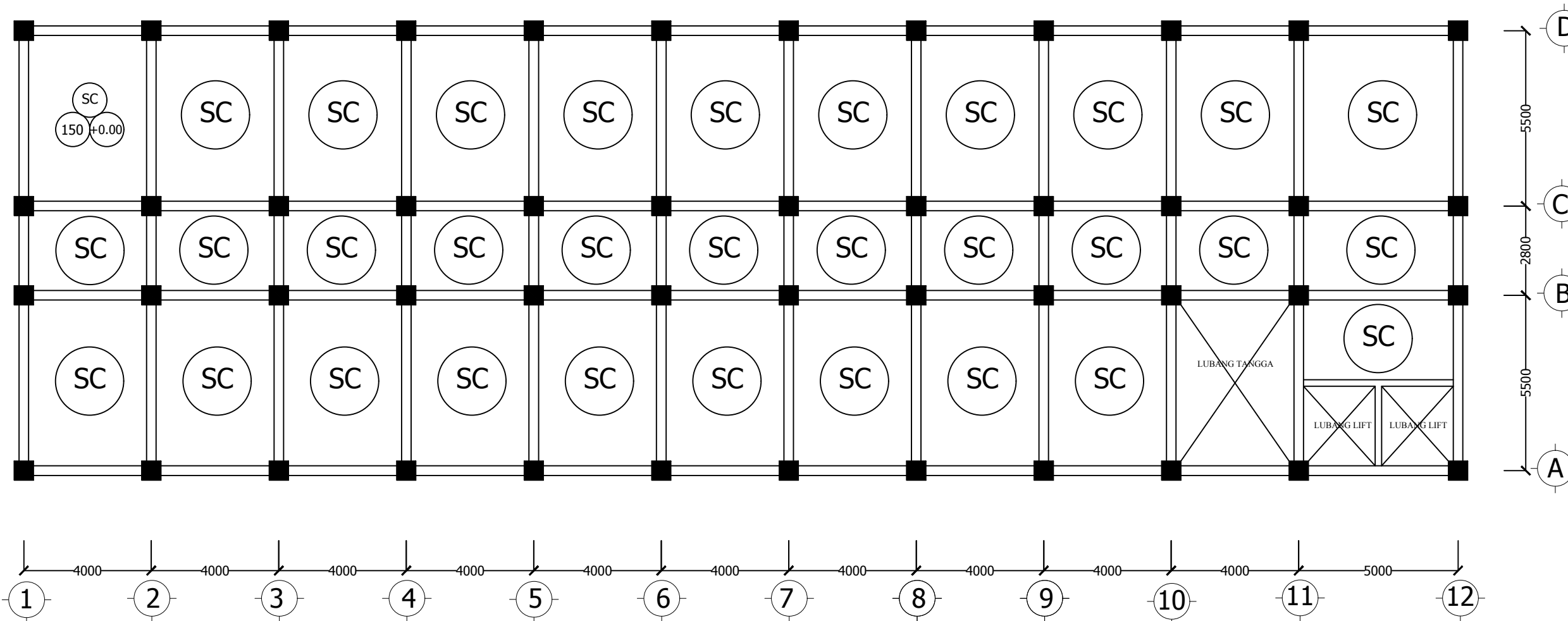
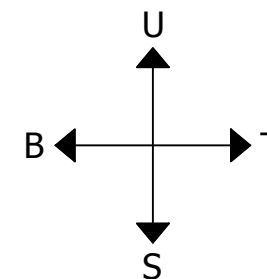
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

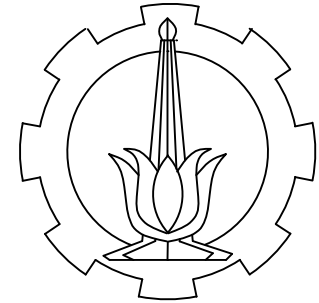
DENAH PENGECORAN
 LANTAI 1

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	20	65



DENAH PELAT LANTAI 1
 Skala 1:150

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

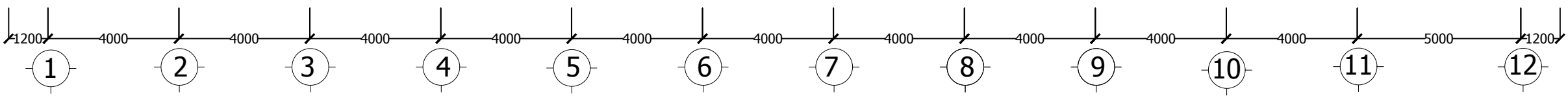
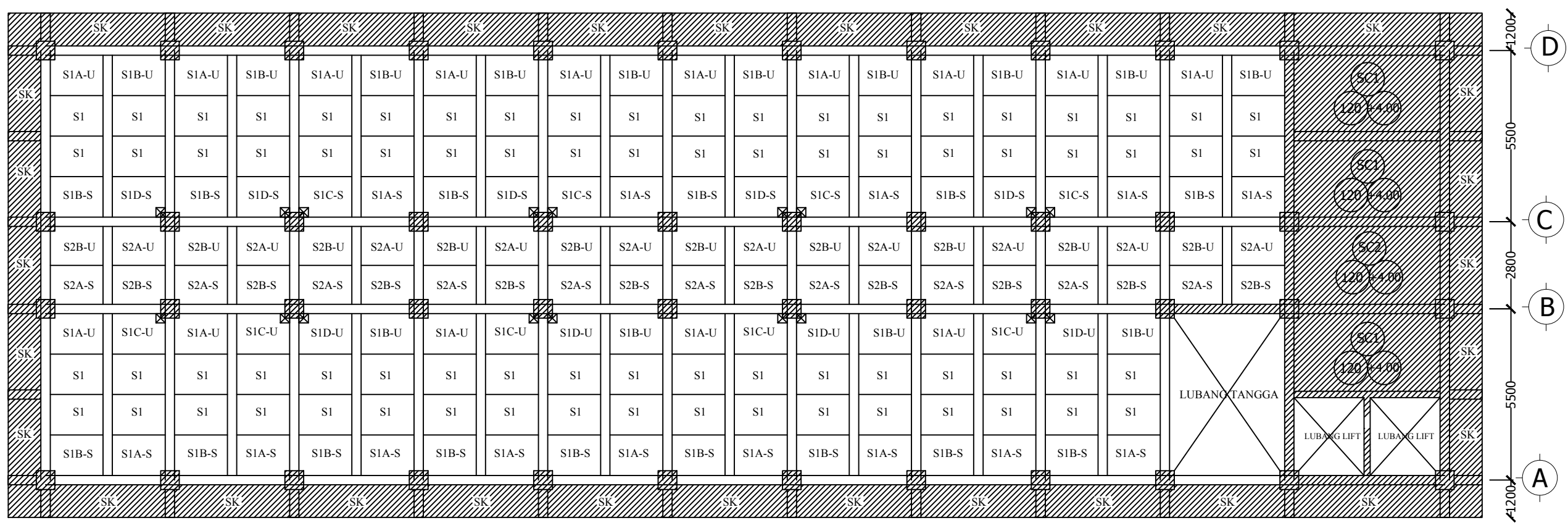
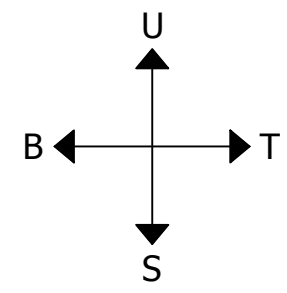
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
 PRECAST LANTAI 2

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	21	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI 2
 Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
 S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
 S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
 S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
 S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
 SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
 SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
 SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

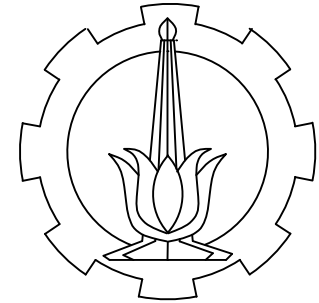
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

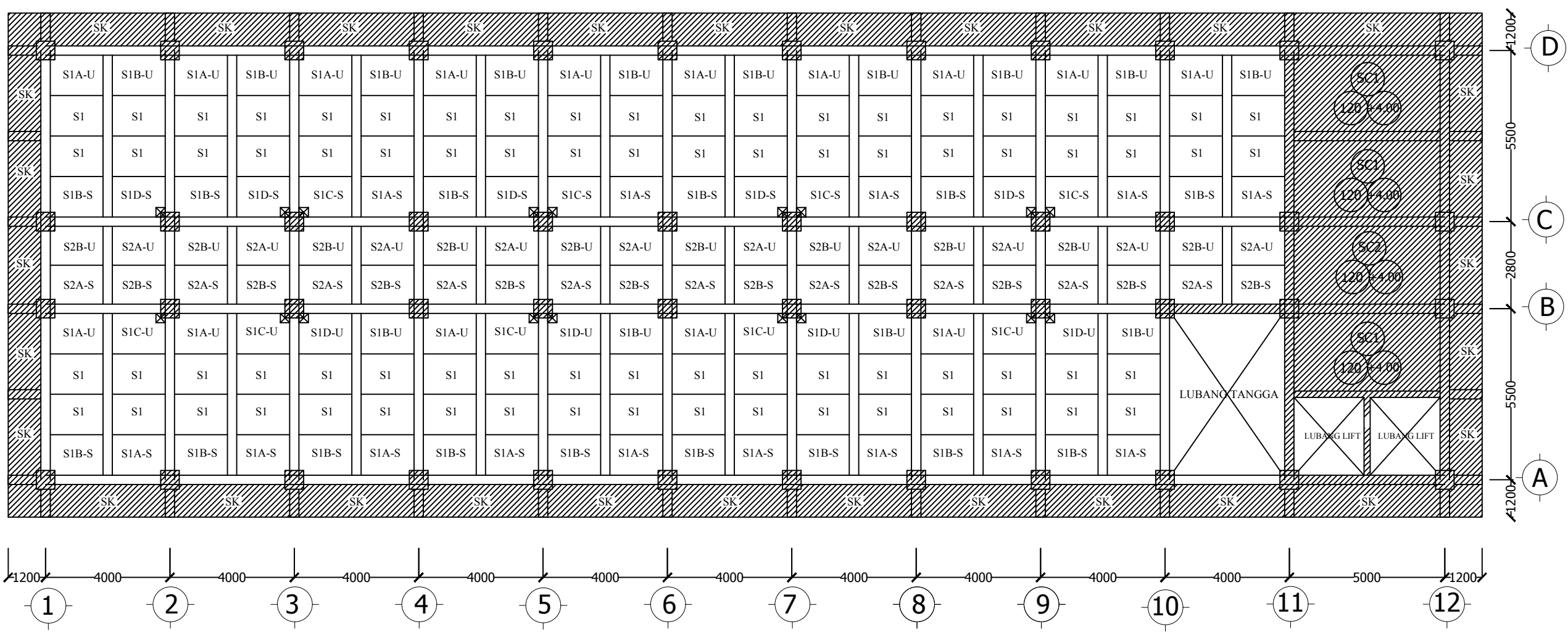
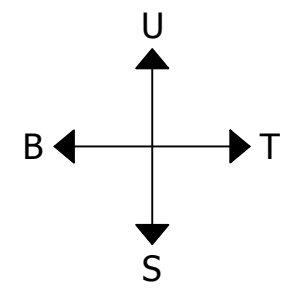
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
 PRECAST LANTAI 3

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	22	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI 3

Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
 S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
 S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
 S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
 S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
 SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
 SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
 SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

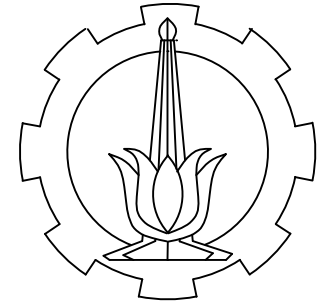
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

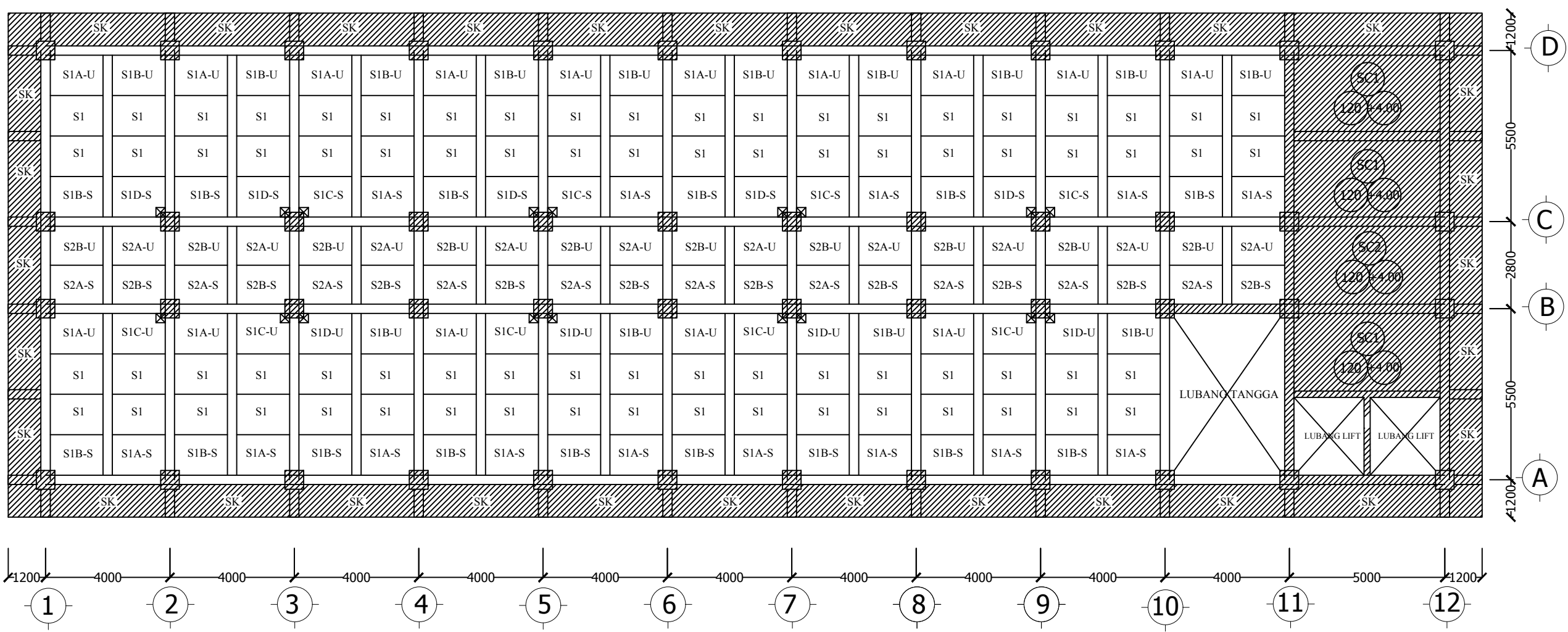
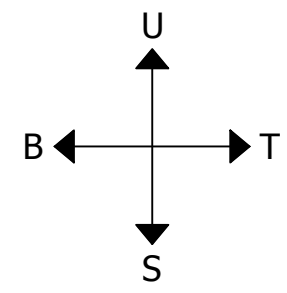
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
PRECAST LANTAI 4

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	23	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI 4

Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

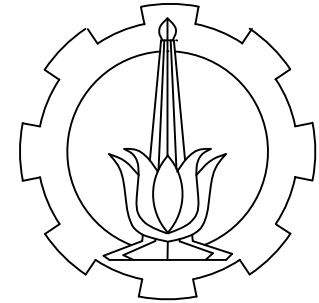
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

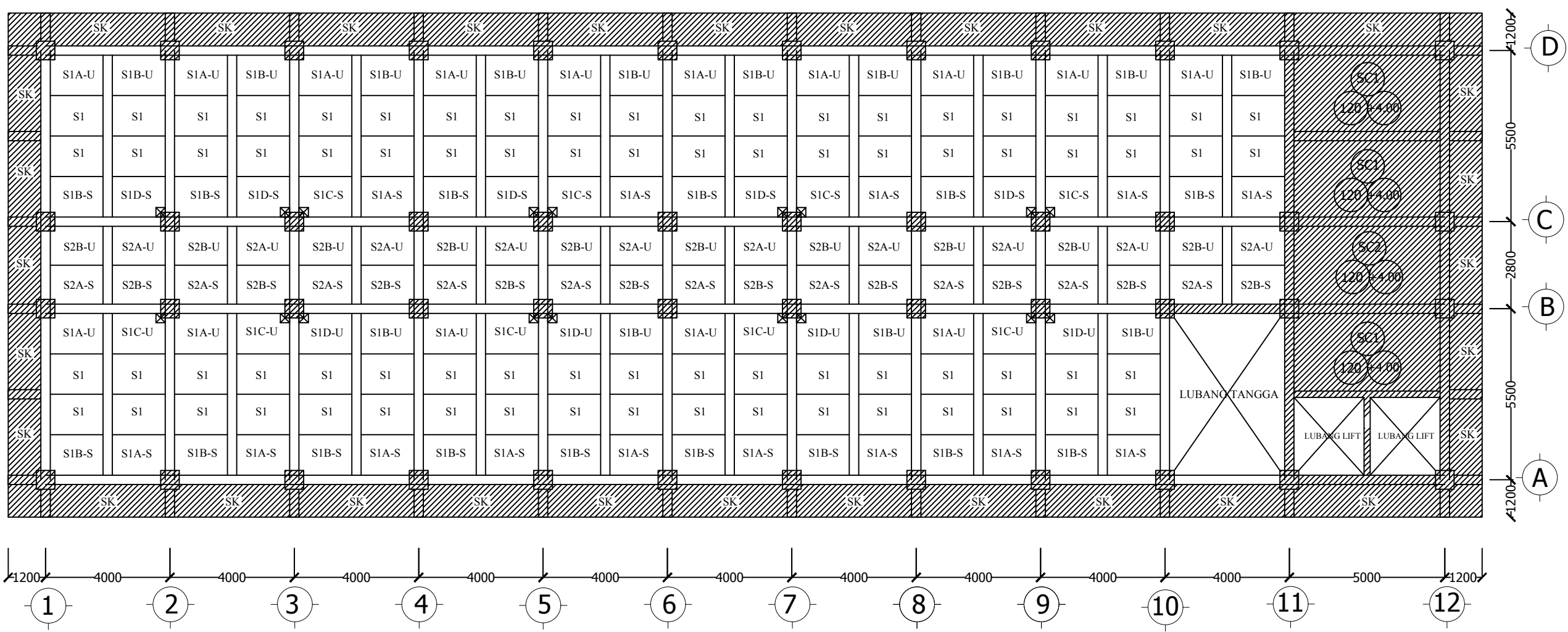
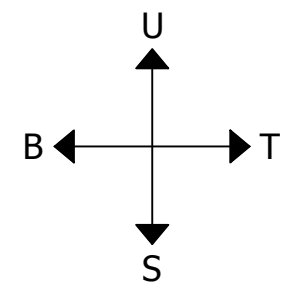
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
PRECAST LANTAI 5

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	24	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI 5

Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

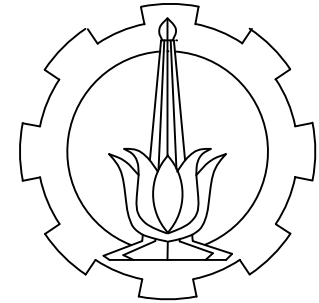
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

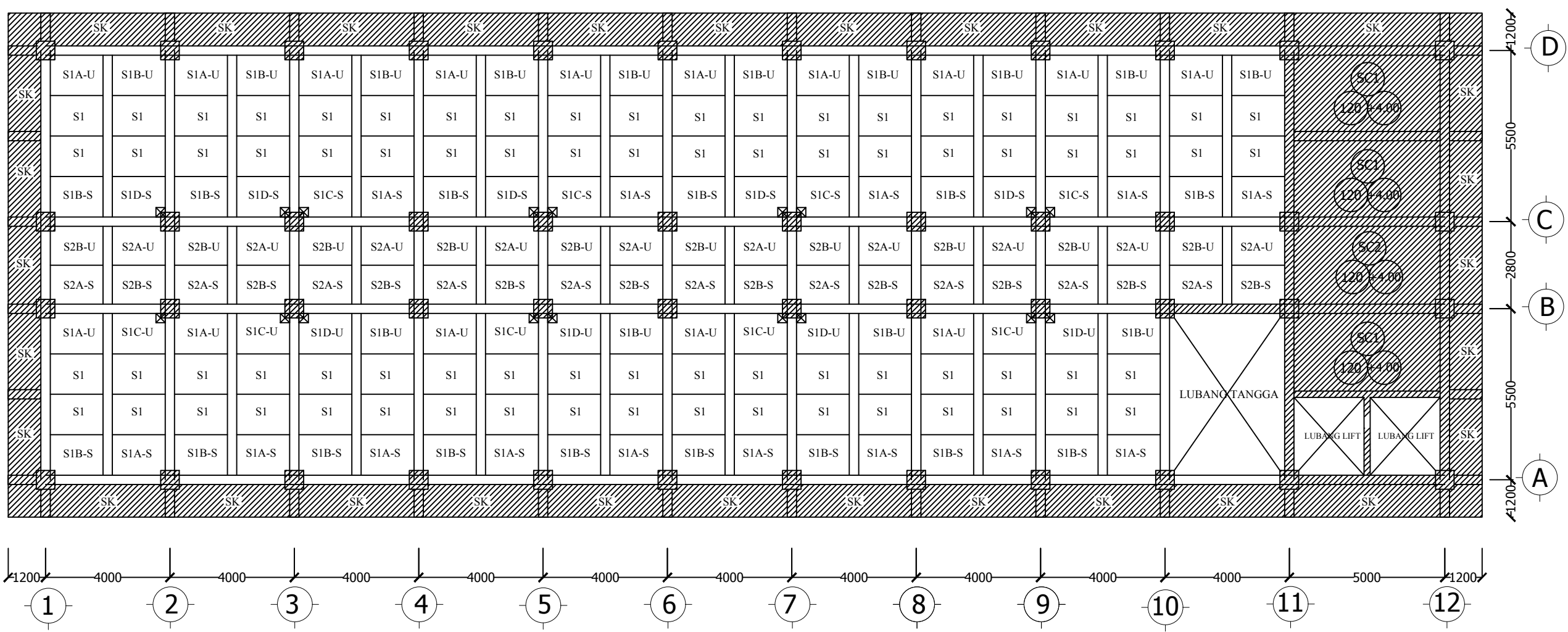
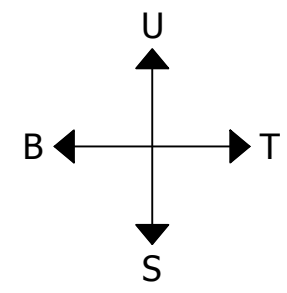
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
 PRECAST LANTAI 6

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	25	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI 6

Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
 S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
 S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
 S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
 S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
 SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
 SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
 SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

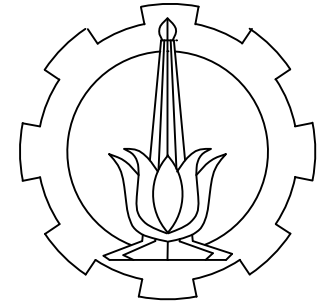
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

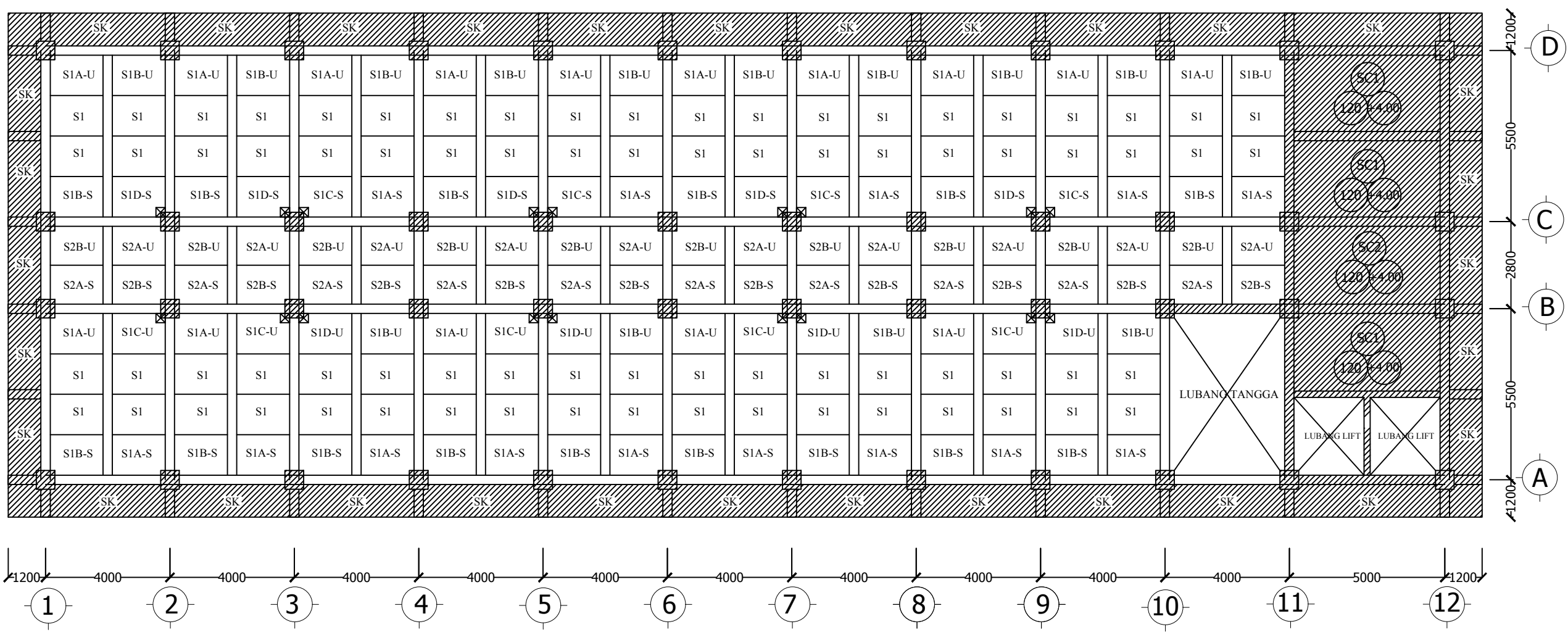
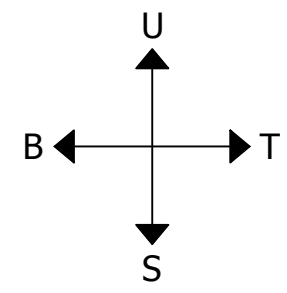
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
 PRECAST LANTAI 7

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	26	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI 7

Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
 S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
 S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
 S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
 S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
 SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
 SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
 SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

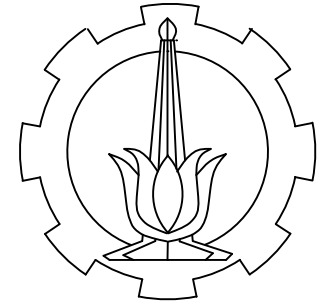
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

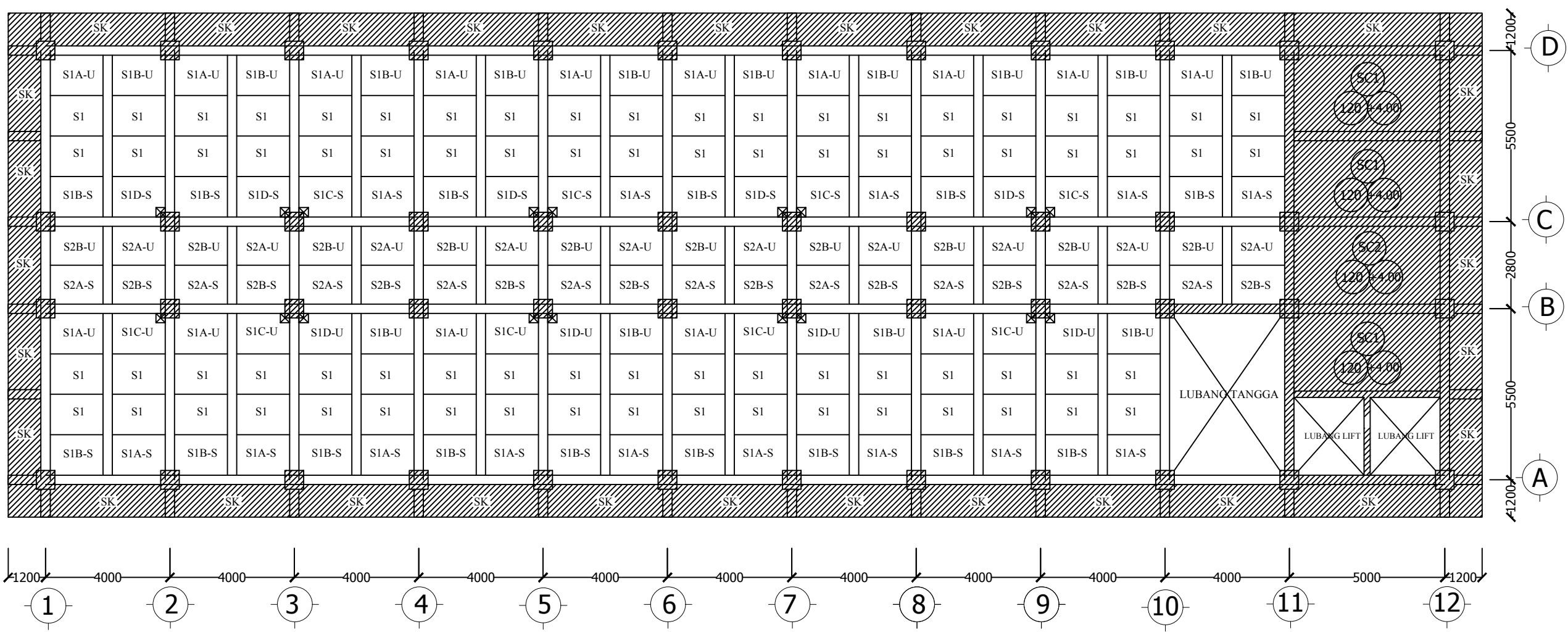
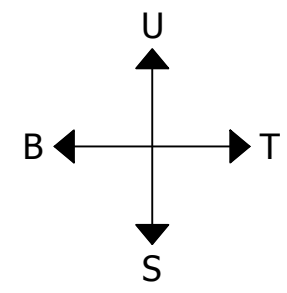
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
PRECAST LANTAI 8

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	27	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI 8

Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

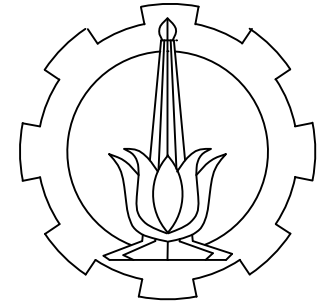
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

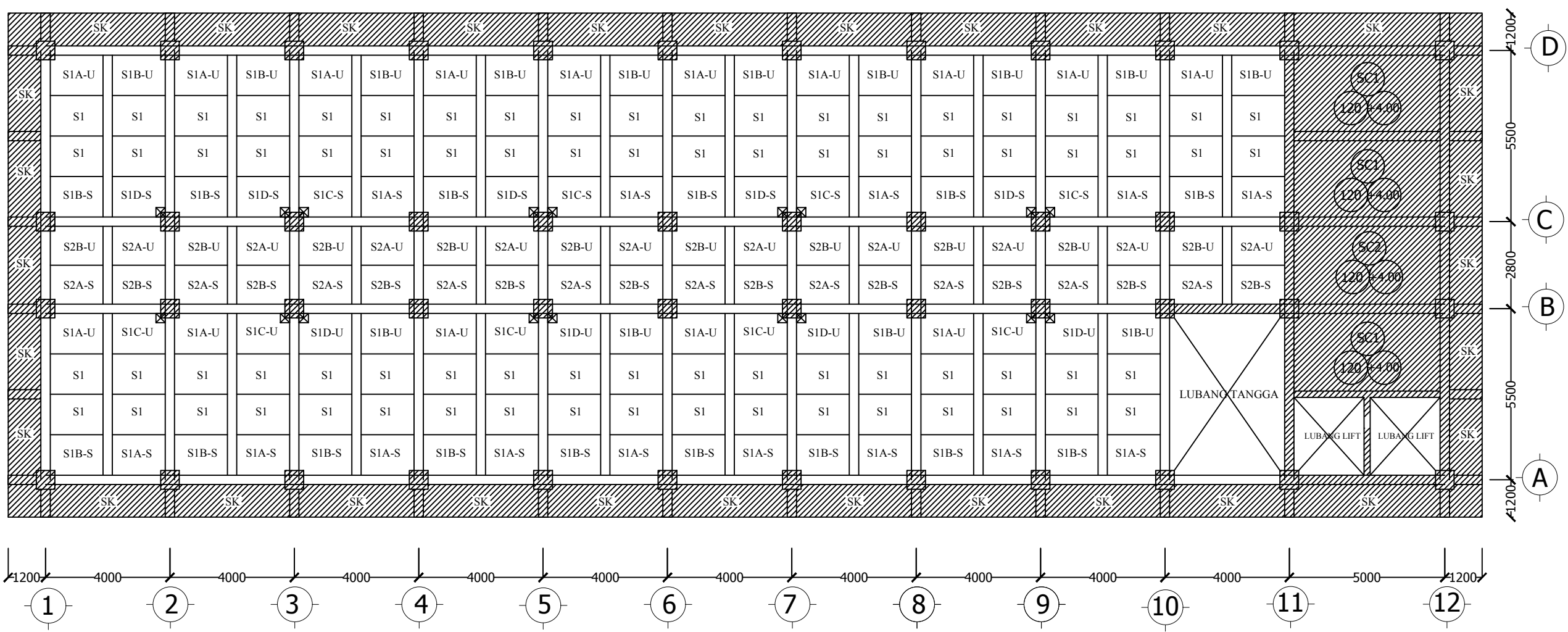
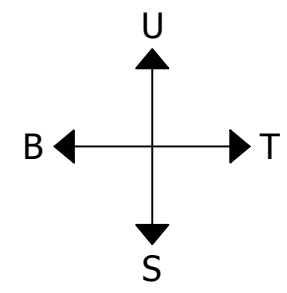
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
PRECAST LANTAI 9

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	28	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI 9

Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

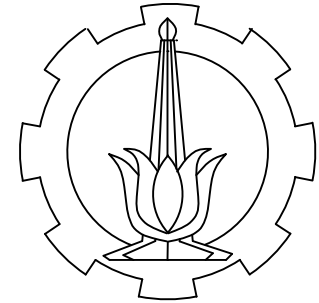
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Precetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

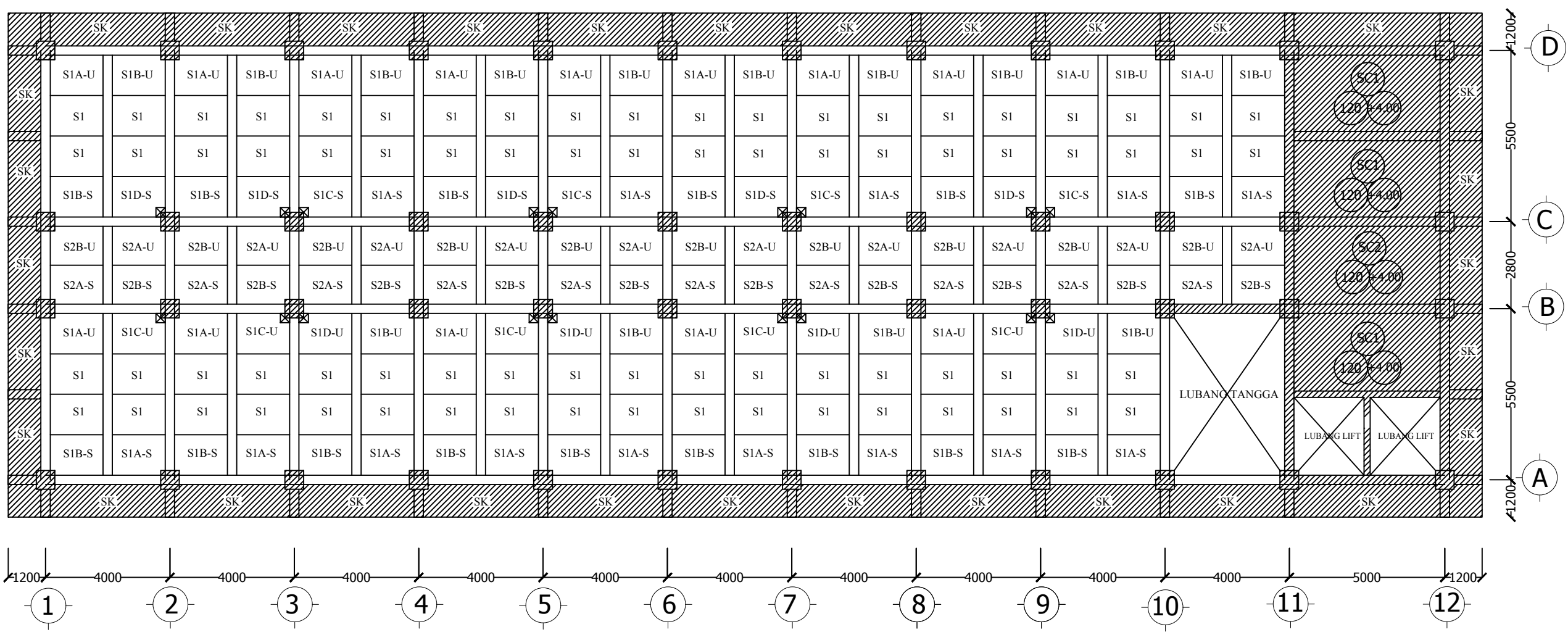
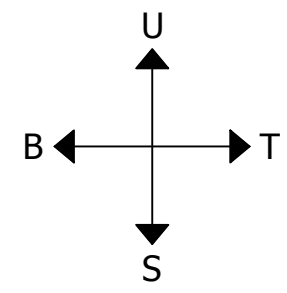
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
 PRECAST LANTAI 10

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	29	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI 10

Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
 S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
 S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
 S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
 S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
 SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
 SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
 SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

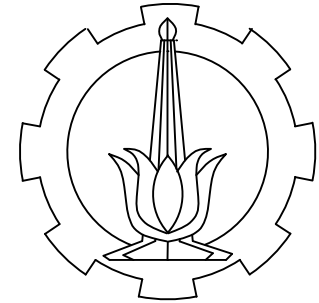
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

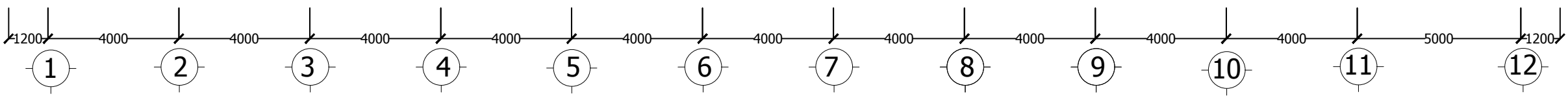
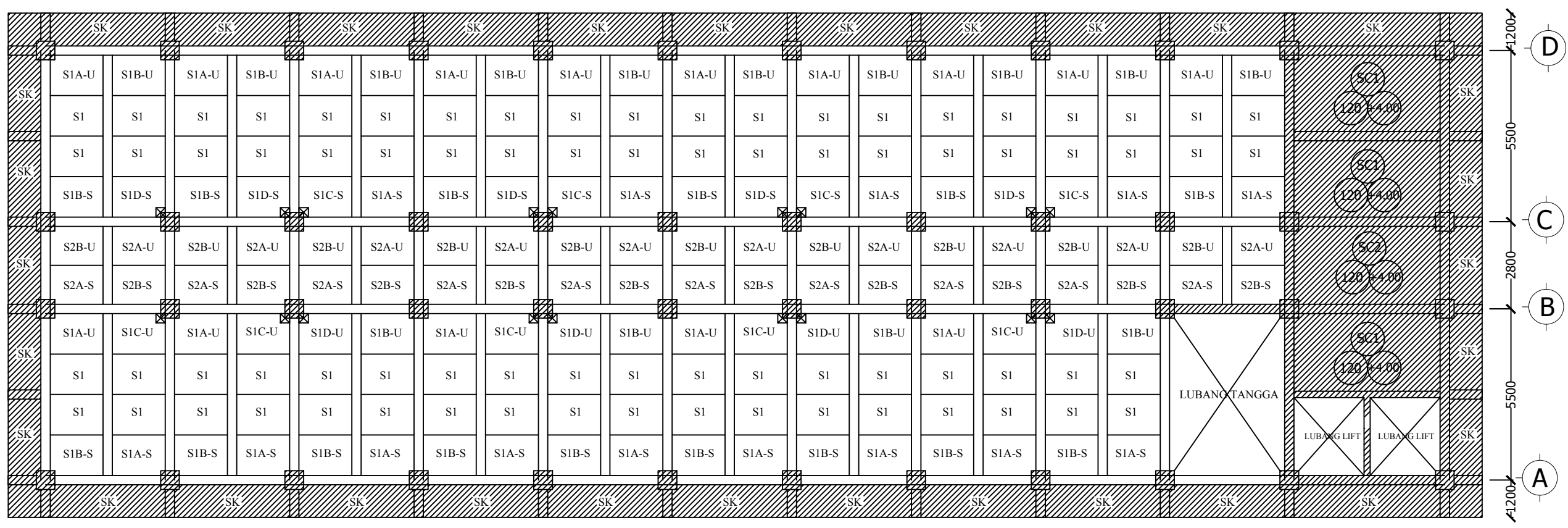
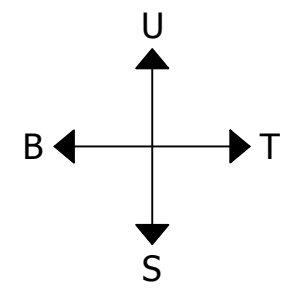
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

DENAH PEMASANGAN
PRECAST LANTAI ATAP

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	30	65
-----	----	----



DENAH PEMASANGAN PRECAST LANTAI ATAP
Skala 1:150

KETERANGAN : S1 = SLAB PRECAST TIPE 1
S1A-U = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH UTARA
S1A-S = SLAB PRECAST TIPE 1A ARAH SELATAN
S2A-U = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH UTARA
S2A-S = SLAB PRECAST TIPE 2A ARAH SELATAN
SC1 = SLAB COR INSITU TIPE 1
SC2 = SLAB COR INSITU TIPE 2
SK = SLAB COR INSITU TIPE KANTILEVER

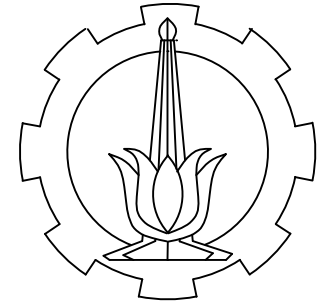
COR INSITU (ARSIRAN)

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
SC1	2250 x 5000	120
SC2	2800 x 5000	120
SK	1200 x 4000	120

PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

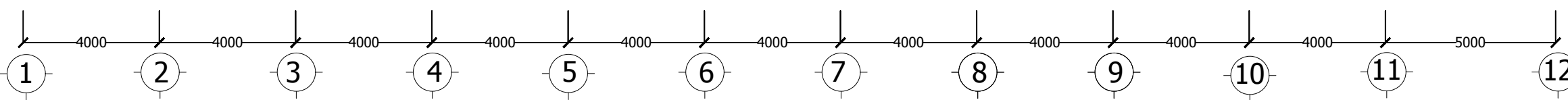
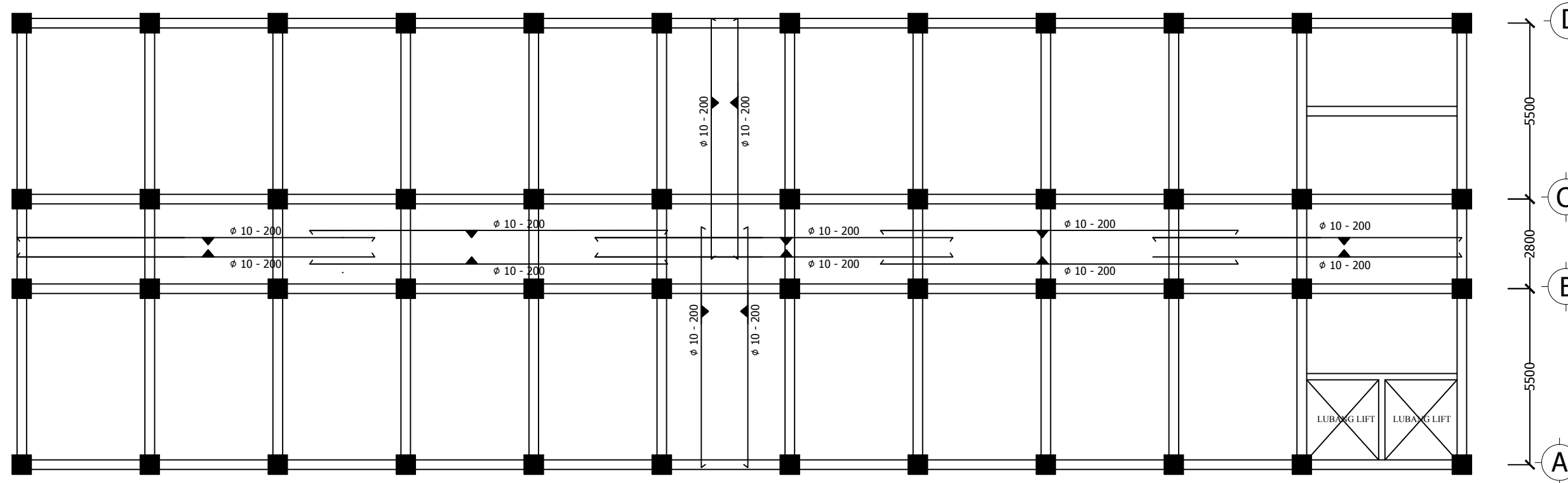
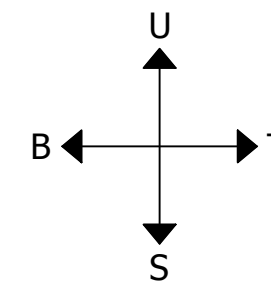
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

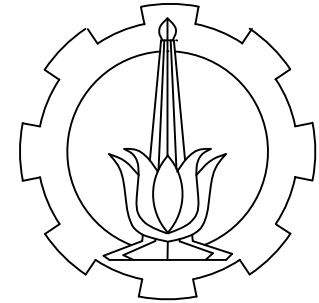
DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 1

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	31	65



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 1
 Skala 1:150

Mutu Beton : $f'_c = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

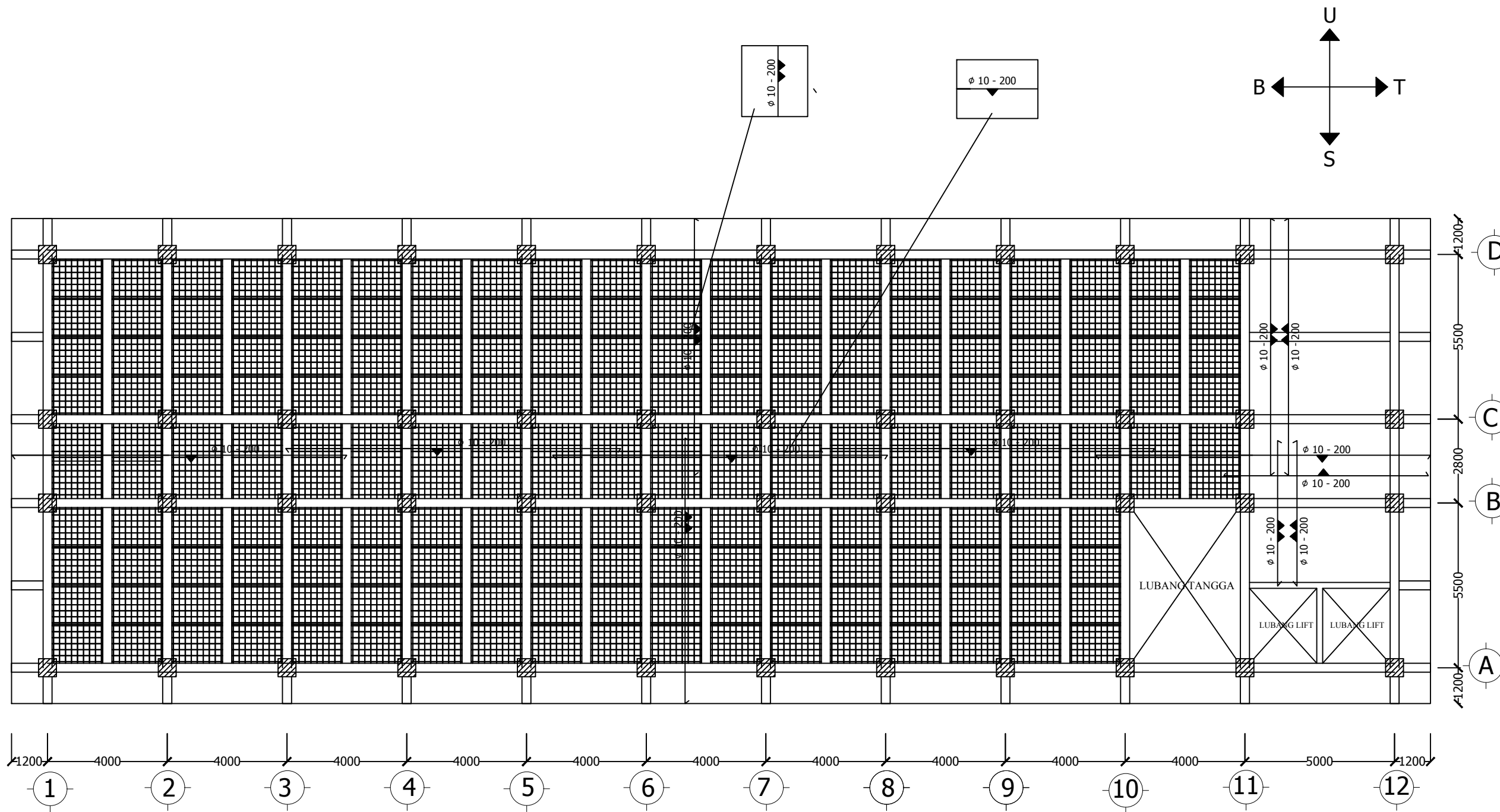
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH PENULANGAN PELAT
 LANTAI 2-ATAP

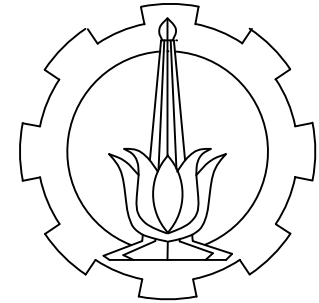
Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	32	65



DENAH PENULANGAN PELAT LANTAI 2-ATAP

Skala 1:150

Mutu Beton : $f_c' = 30$ MPa
 Mutu Baja Polos : U24, $f_y = 240$ MPa
 Mutu Baja Ulir : U39, $f_y = 390$ MPa
 Kapasitas Tower Crane : 1,8 T



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

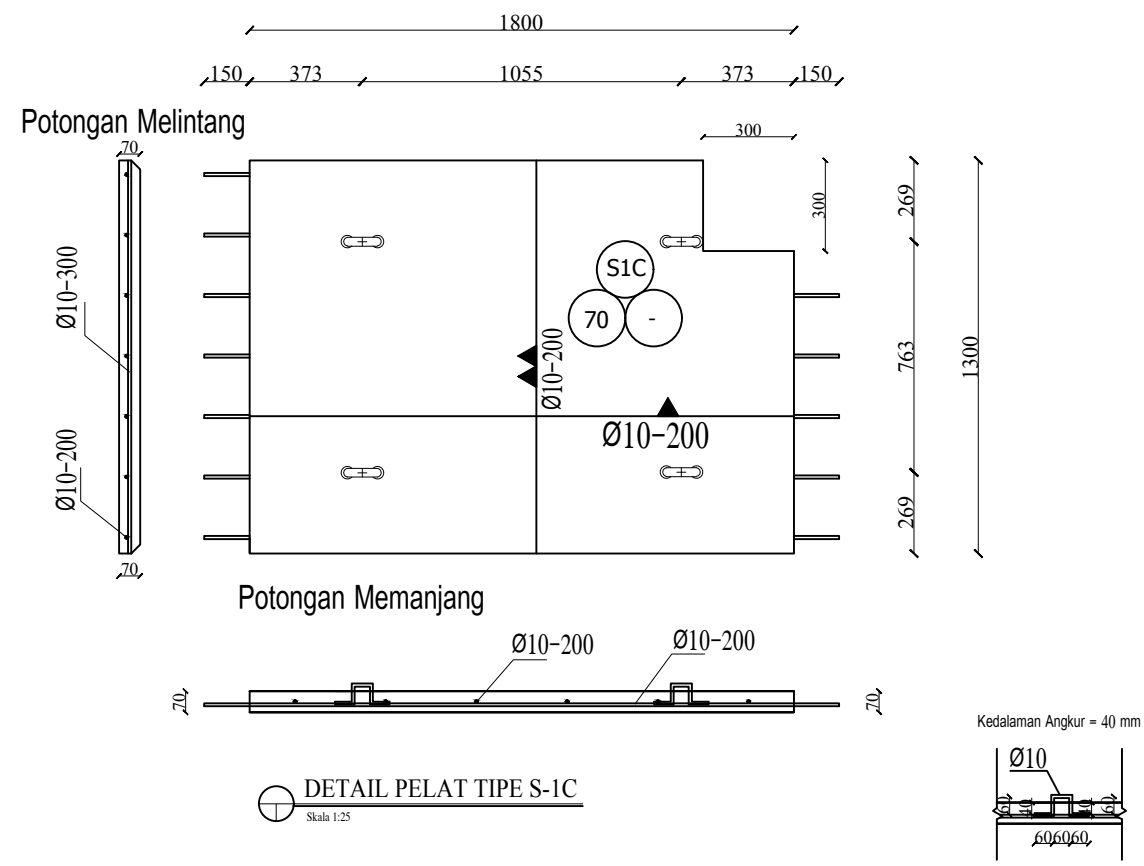
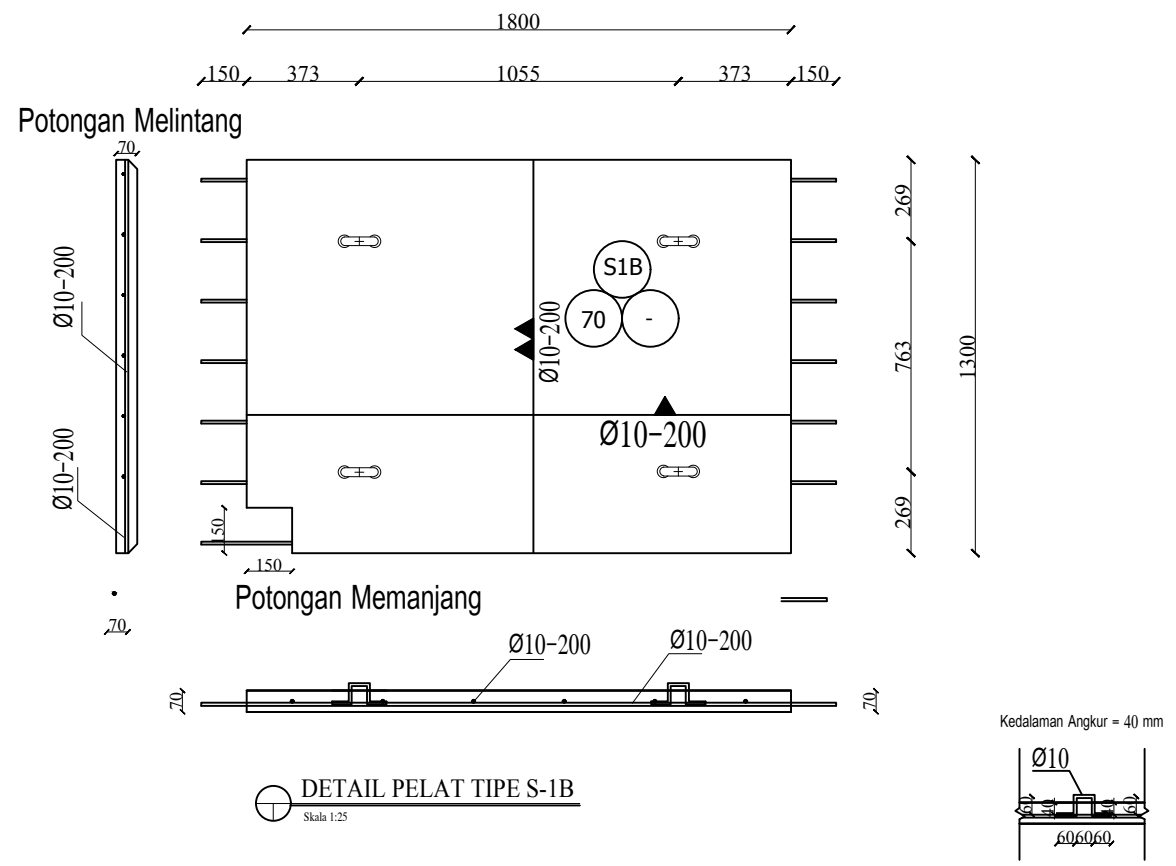
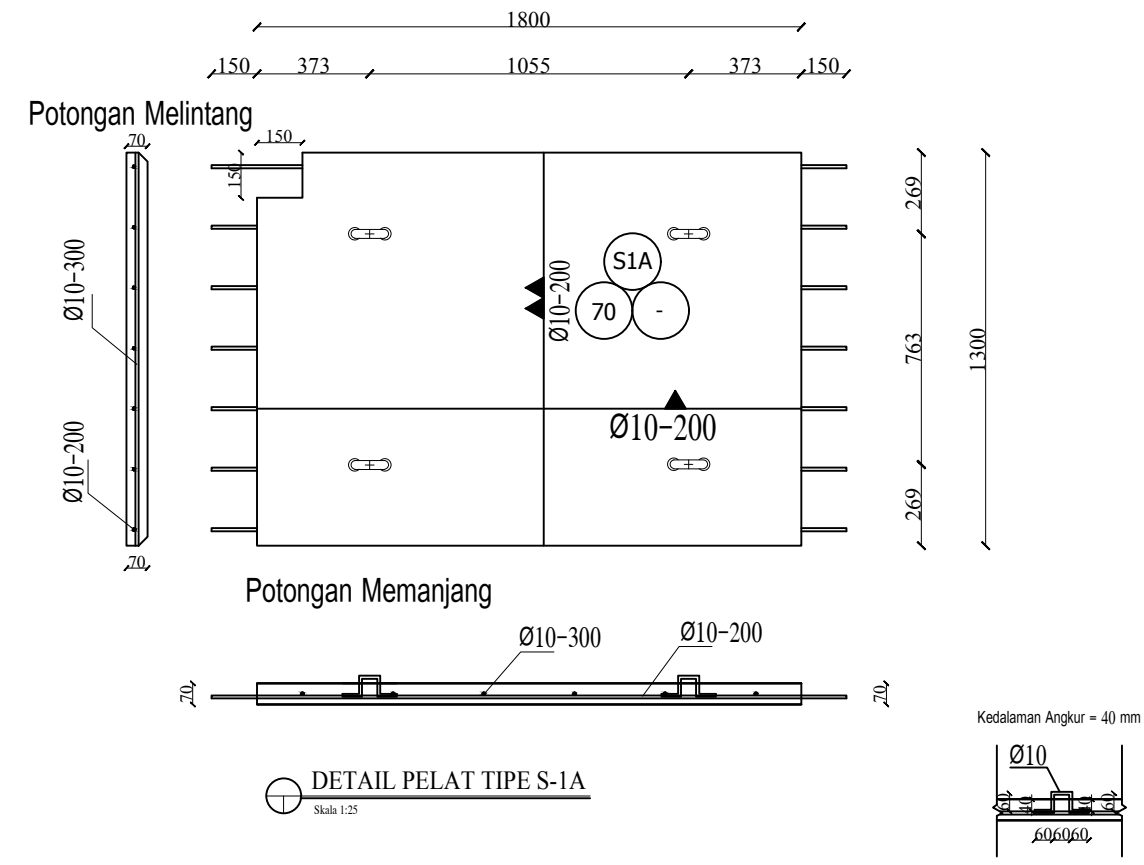
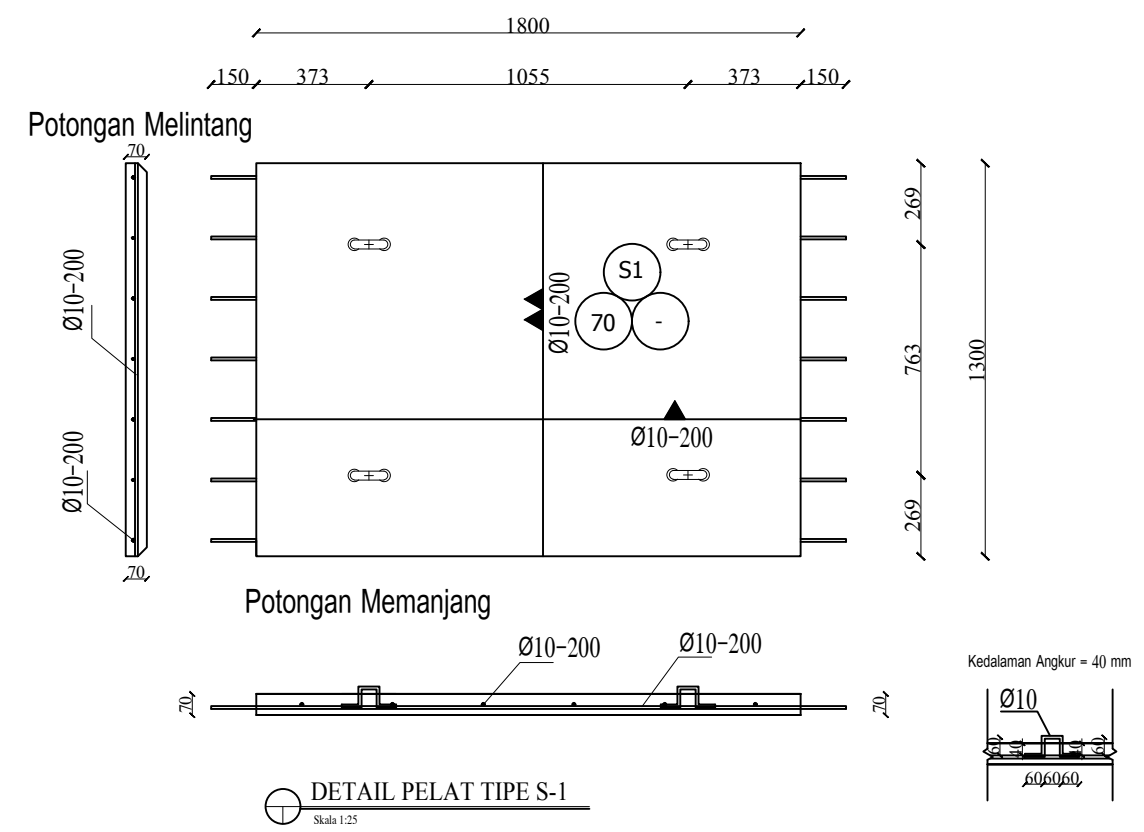
MAHASISWA

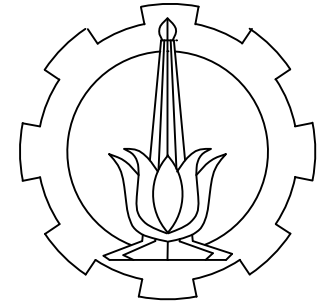
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DETAIL PELAT PRECAST
 S1 - S1C

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	33	65





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001
Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

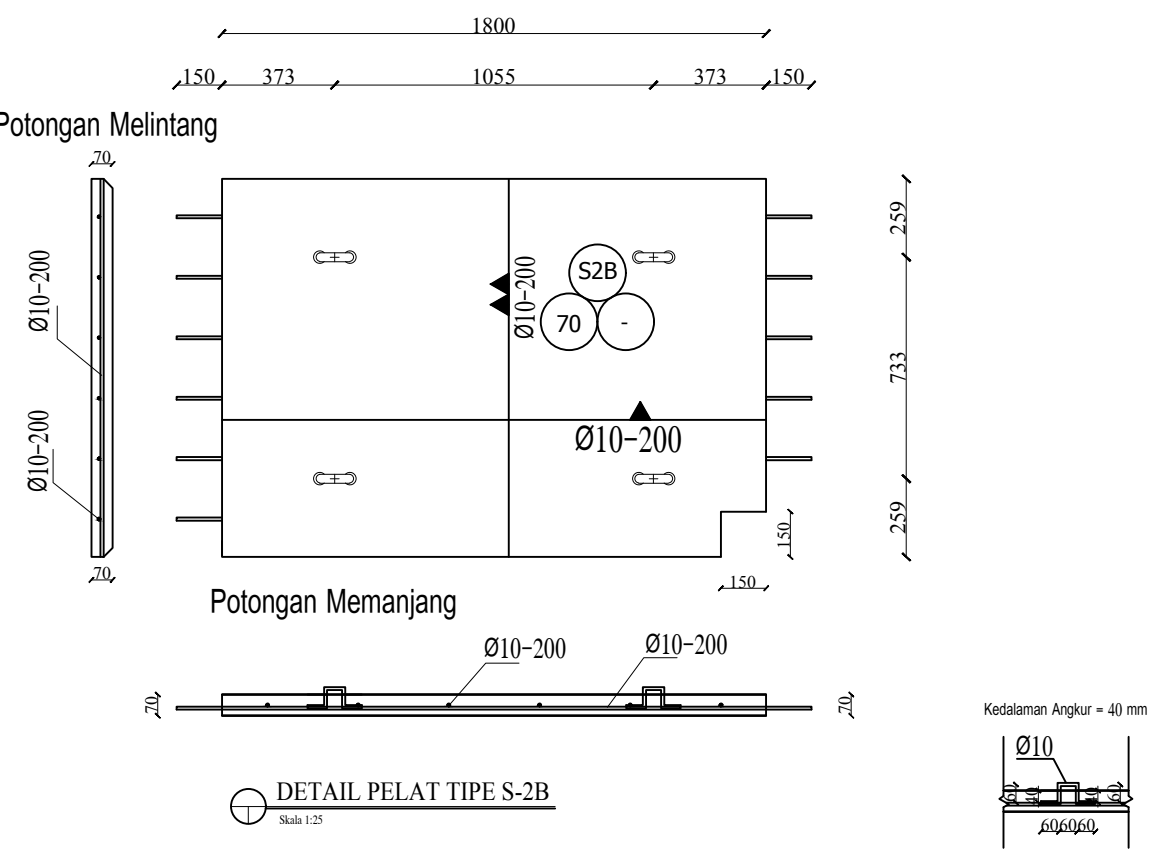
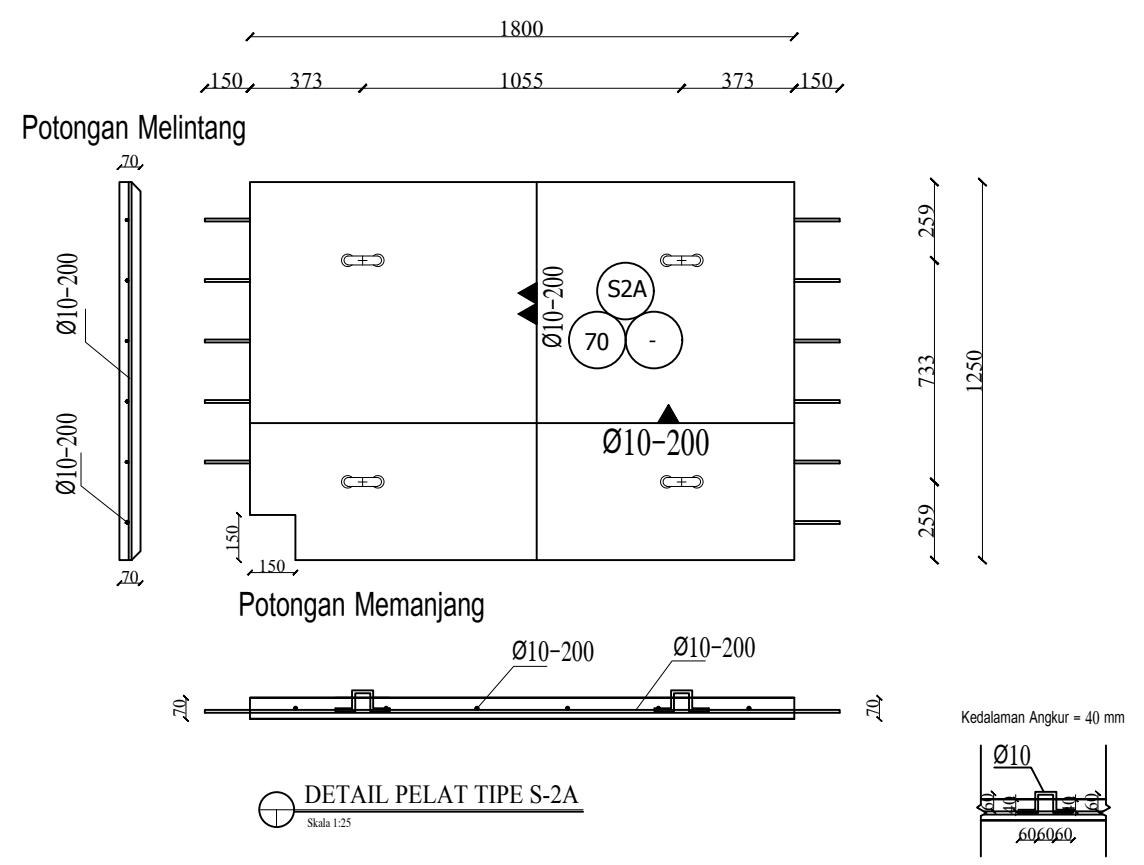
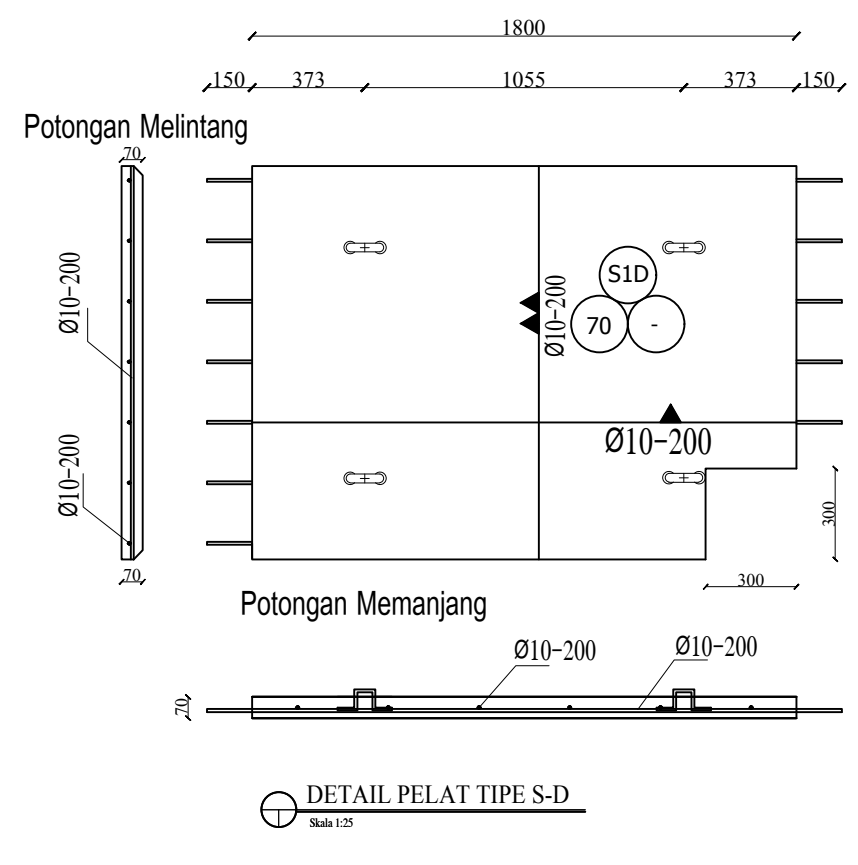
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

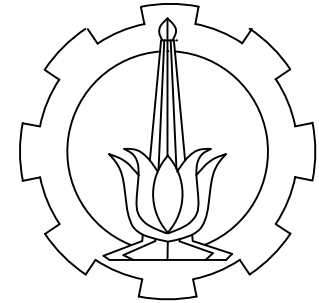
DETAIL PELAT PRECAST
S1D - S2B

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	34	65



RESUME PELAT PRACETAK

TYPE	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (pcs)
S1	1800 x 1300	70	393,12	76
S1A-U	1800 x 1300	70	393,12	15
S1B-U	1800 x 1300	70	393,12	14
S1C-U	1800 x 1300	70	393,12	5
S1D-U	1800 x 1300	70	393,12	4
S2A-U	1800 x 1250	70	378	10
S2B-U	1800 x 1250	70	378	10
S1A-S	1800 x 1300	70	393,12	14
S1B-S	1800 x 1300	70	393,12	15
S1C-S	1800 x 1300	70	393,12	4
S1D-S	1800 x 1300	70	393,12	5
S2A-S	1800 x 1250	70	378	10
S2B-S	1800 x 1250	70	378	10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

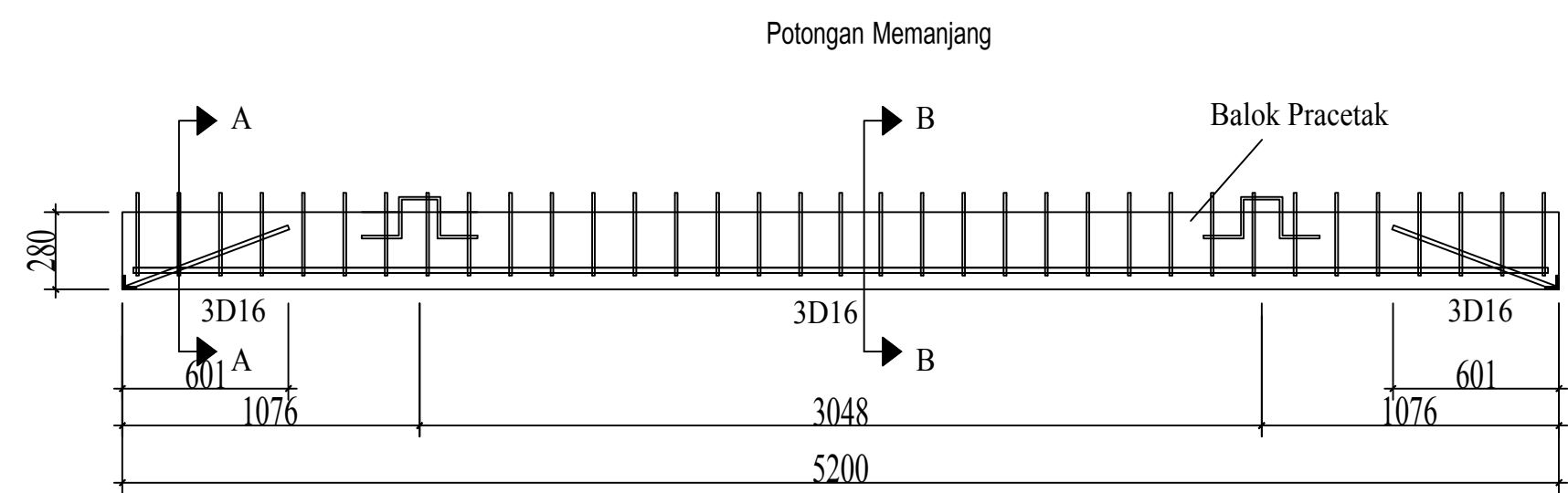
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

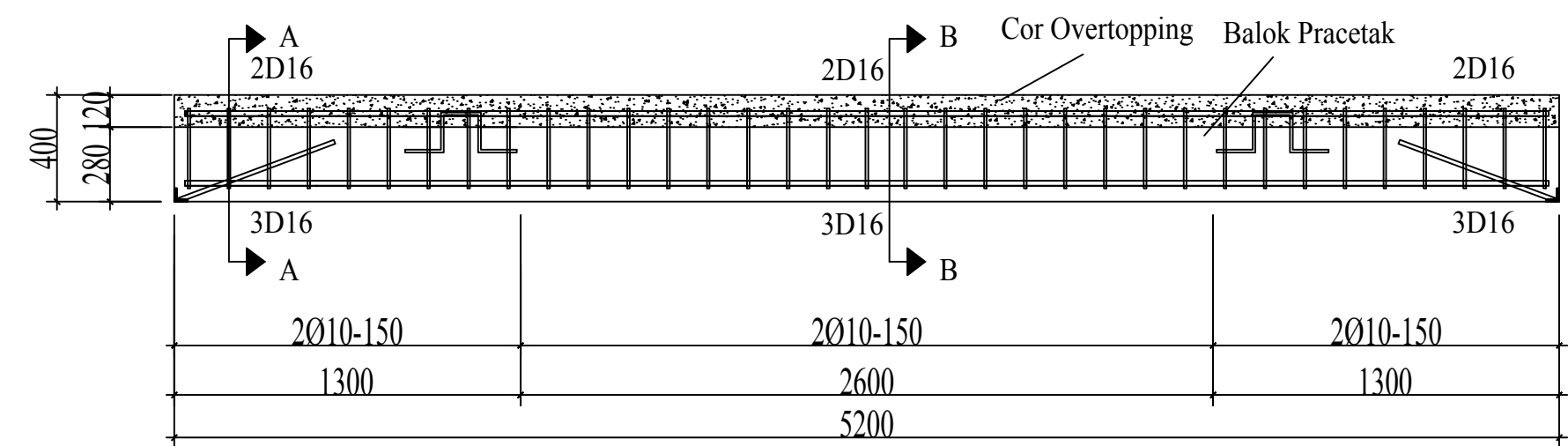
DETAIL BALOK ANAK BA1

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	35	65



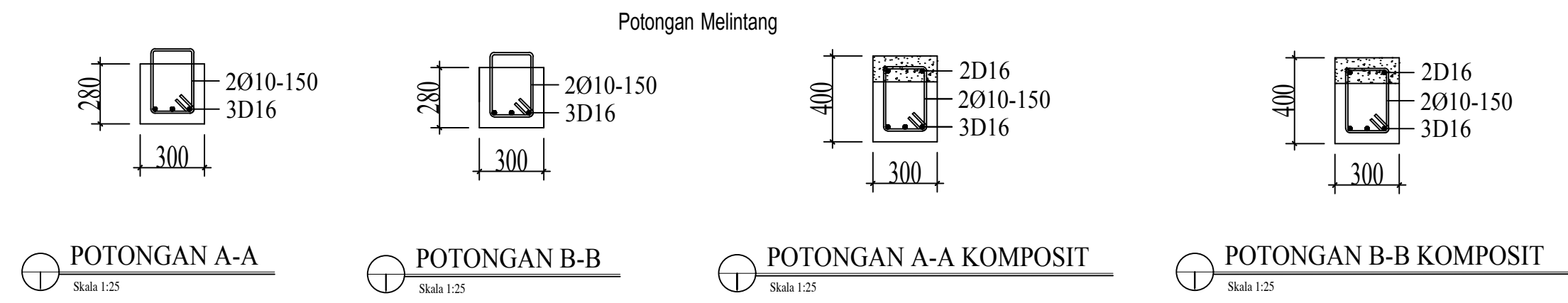
DETAIL BALOK ANAK PRACETAK TIPE BA1

Skala 1:25



DETAIL BALOK ANAK TIPE BA1 SETELAH KOMPOSIT

Skala 1:25

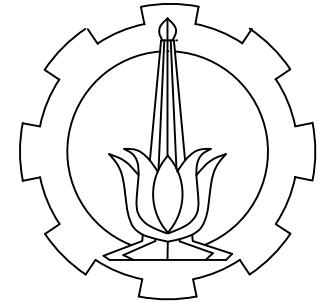


POTONGAN A-A
Skala 1:25

POTONGAN B-B
Skala 1:25

POTONGAN A-A KOMPOSIT
Skala 1:25

POTONGAN B-B KOMPOSIT
Skala 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

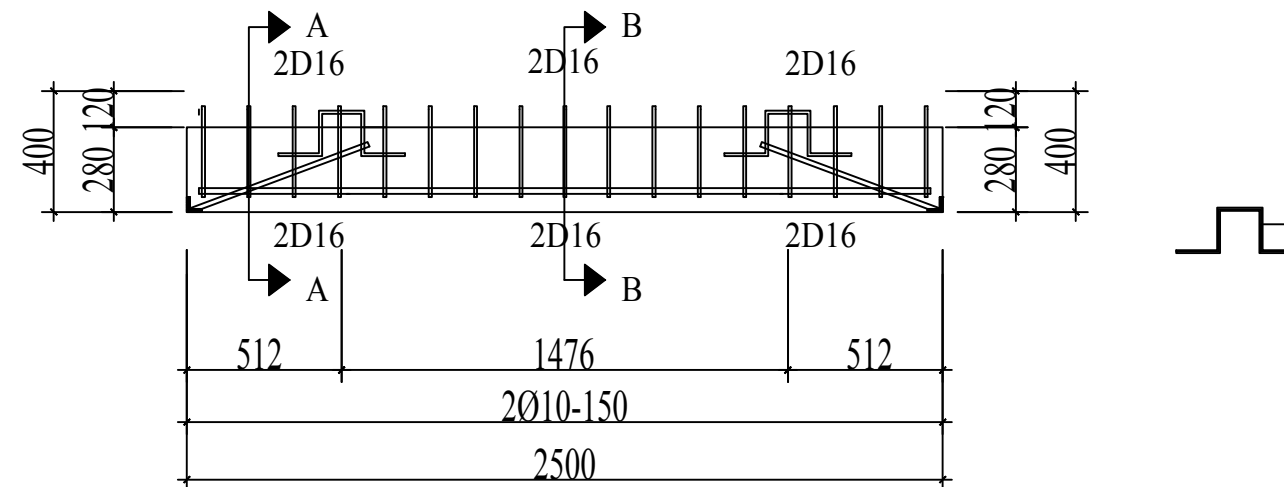
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

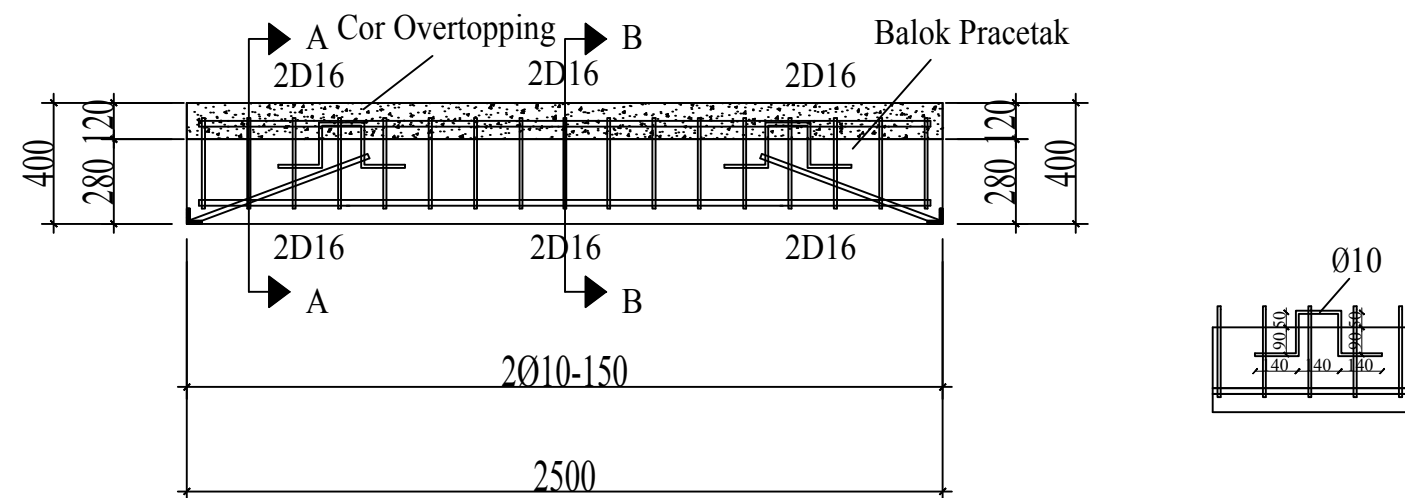
DETAIL BALOK ANAK BA2

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	36	65



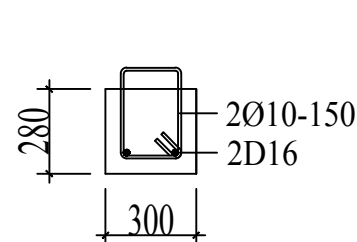
DETAIL BALOK ANAK PRACETAK TIPE BA2

Skala 1:25

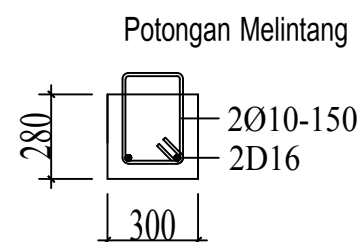


DETAIL BALOK ANAK TIPE BA2 SETELAH KOMPOSIT

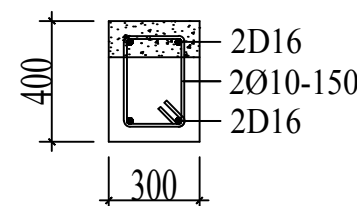
Skala 1:25



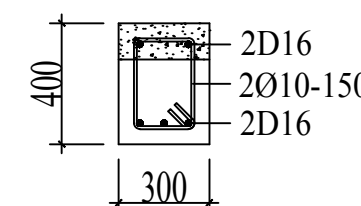
POTONGAN A-A
 Skala 1:25



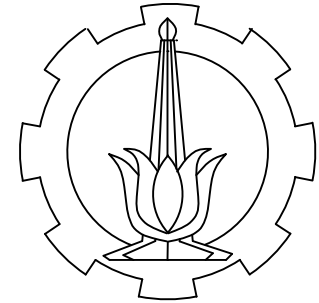
POTONGAN B-B
 Skala 1:25



POTONGAN A-A KOMPOSIT
 Skala 1:25



POTONGAN B-B KOMPOSIT
 Skala 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

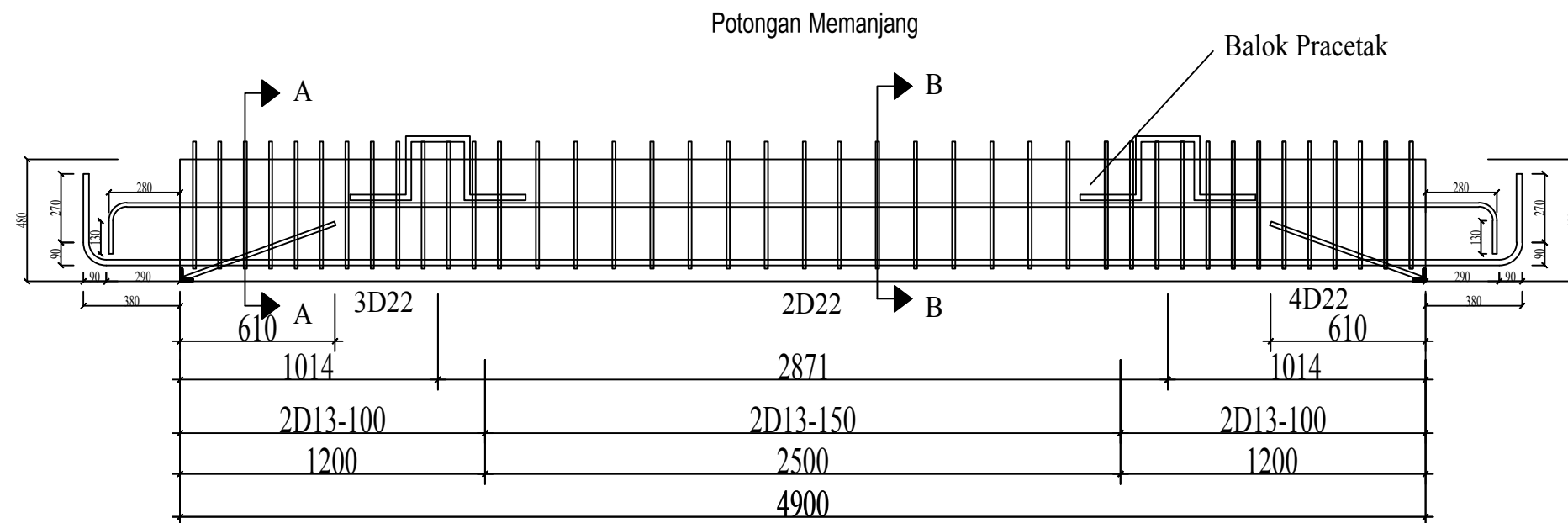
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

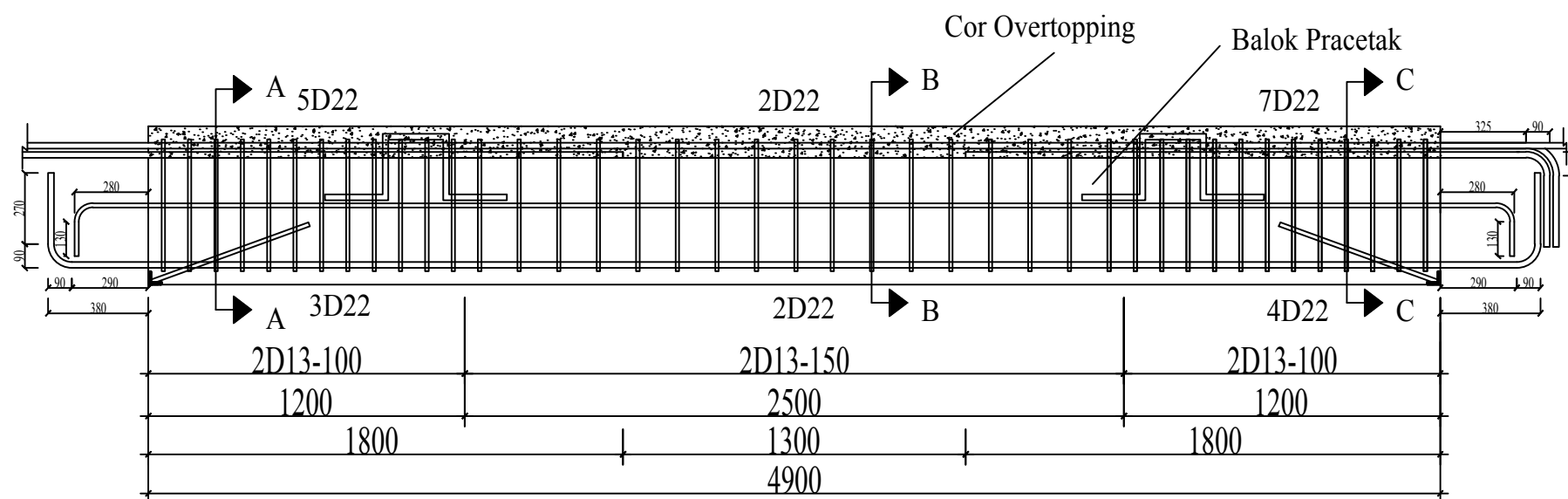
GAMBAR

DETAIL BALOK INDUK B1

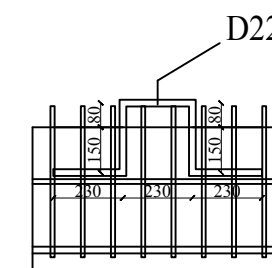
Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	37	65



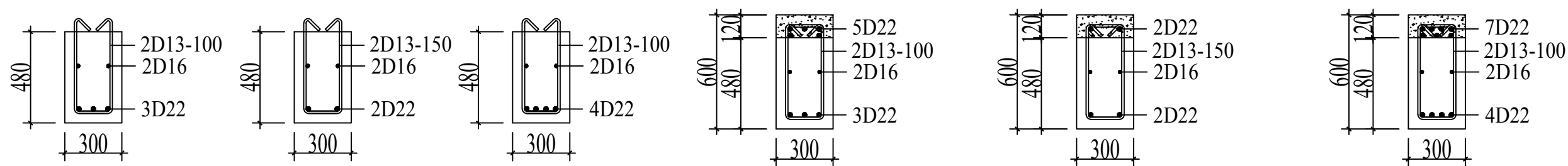
DETAIL BALOK INDUK PRACETAK TIPE B1
 Skala 1:25



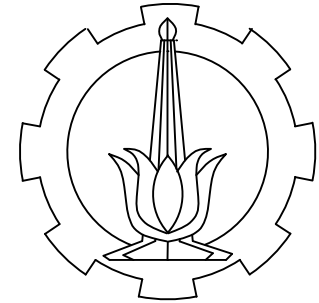
DETAIL BALOK INDUK TIPE B1 SETELAH KOMPOSIT
 Skala 1:25



Potongan Melintang



POTONGAN A-A Skala 1:25 **POTONGAN B-B** Skala 1:25 **POTONGAN C-C** Skala 1:25 **POTONGAN A-A KOMPOSIT** Skala 1:25 **POTONGAN B-B KOMPOSIT** Skala 1:25 **POTONGAN C-C KOMPOSIT** Skala 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

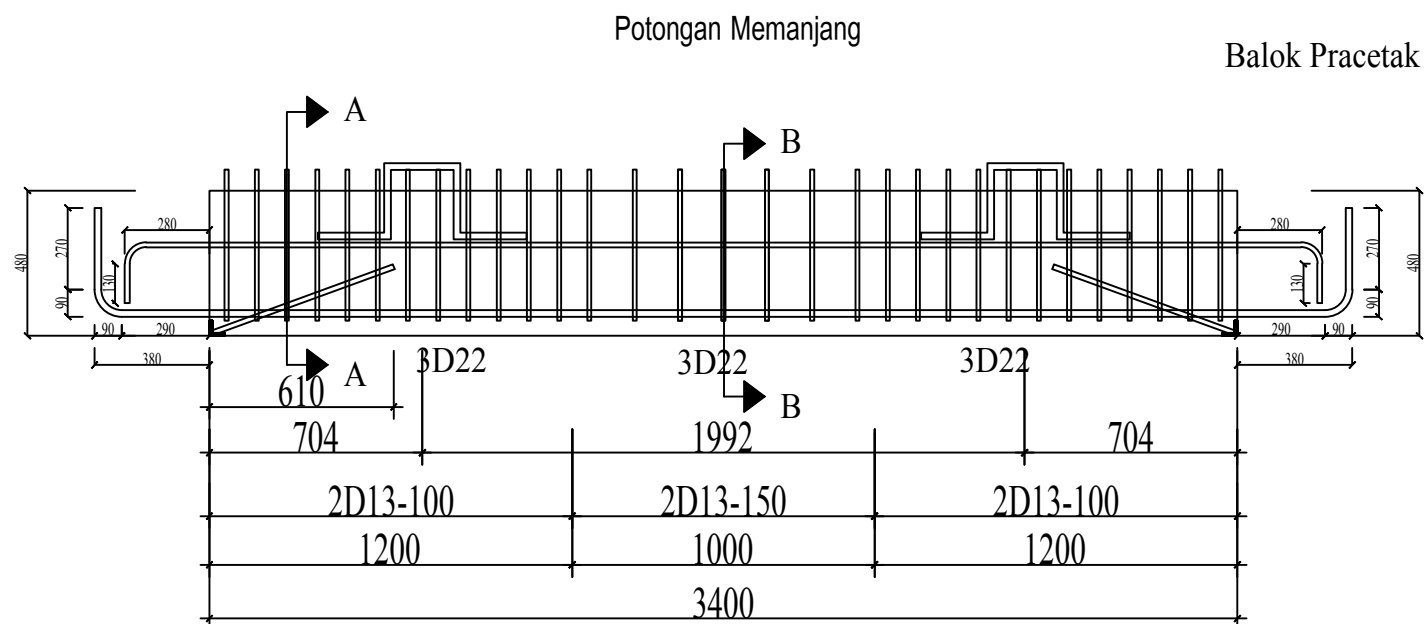
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

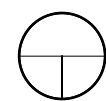
GAMBAR

DETAIL BALOK INDUK B2A

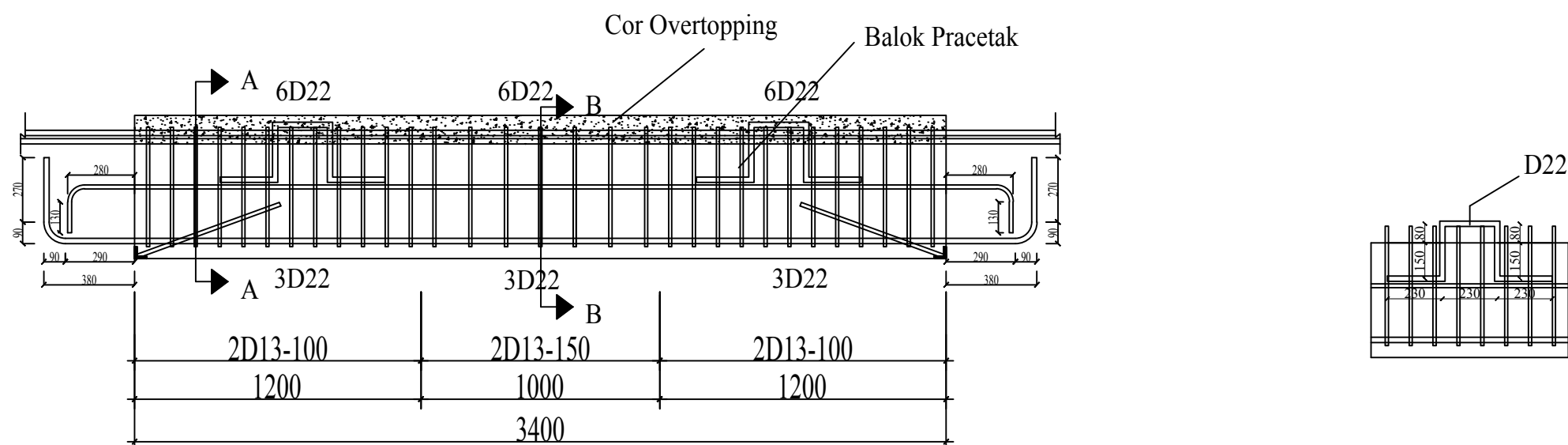
Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	38	65



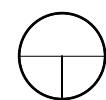
DETAIL BALOK INDUK PRACETAK TIPE B2A



Skala 1:25

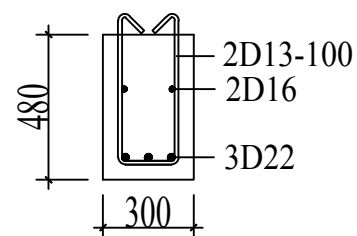


DETAIL BALOK INDUK TIPE B2A SETELAH KOMPOSIT

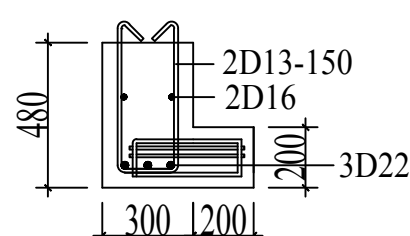


Skala 1:25

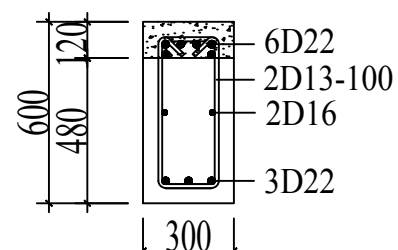
Potongan Melintang



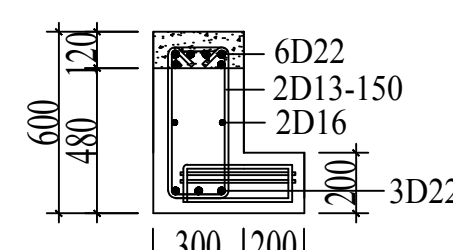
POTONGAN A-A
 Skala 1:25



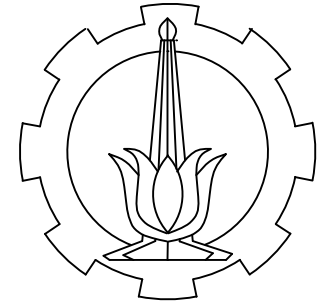
POTONGAN B-B
 Skala 1:25



POTONGAN A-A KOMPOSIT
 Skala 1:25



POTONGAN B-B KOMPOSIT
 Skala 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

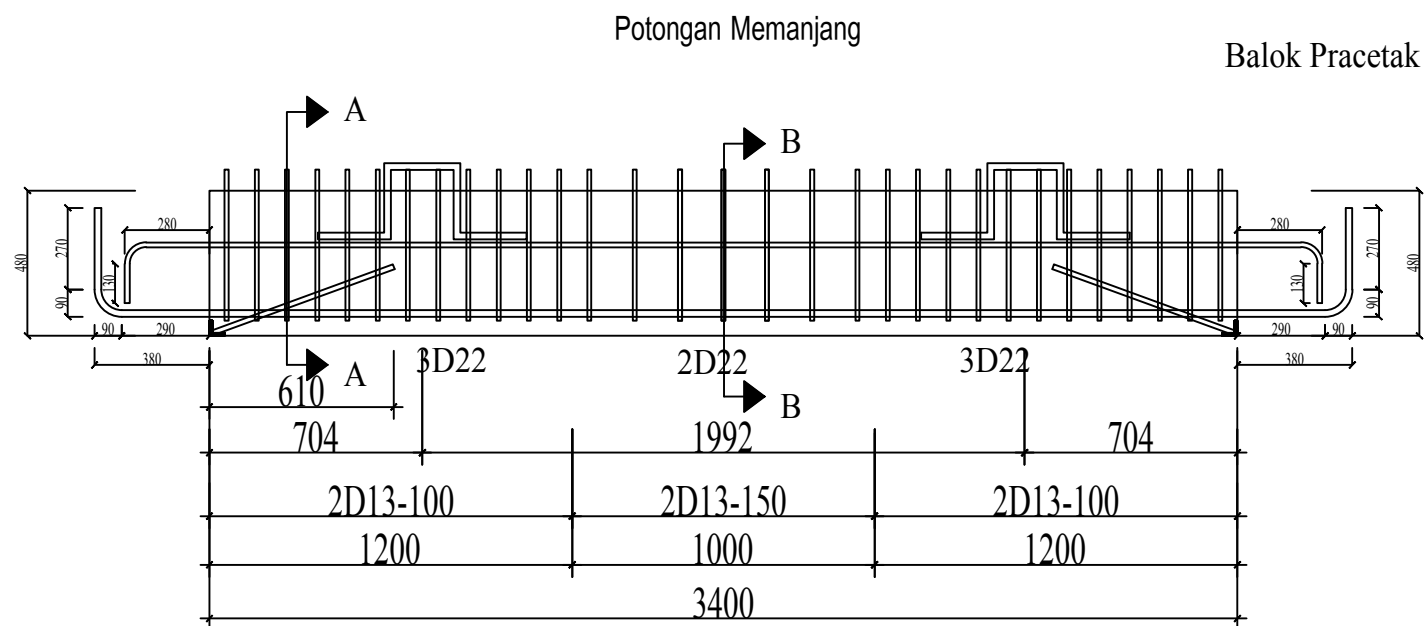
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

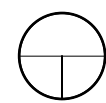
GAMBAR

DETAIL BALOK INDUK B2B

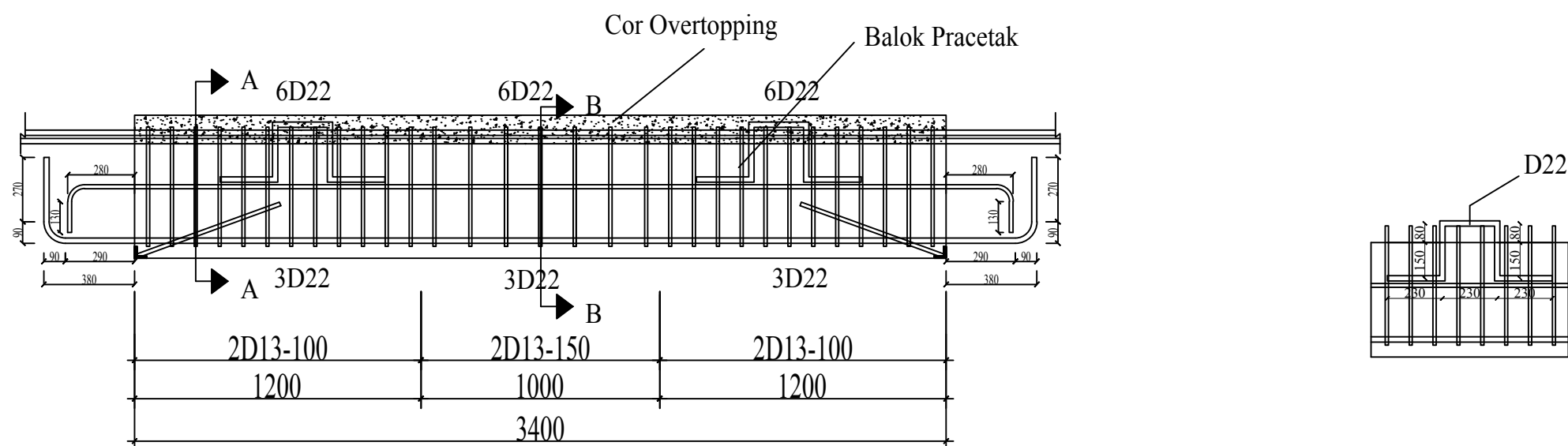
Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	39	65



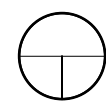
DETAIL BALOK INDUK PRACETAK TIPE B2B



Skala 1:25

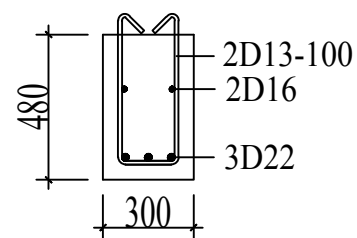


DETAIL BALOK INDUK TIPE B2B SETELAH KOMPOSIT

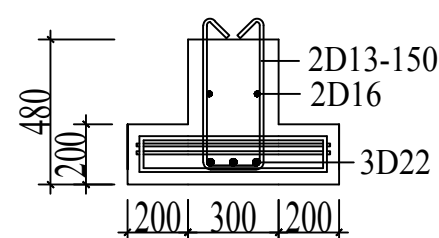


Skala 1:25

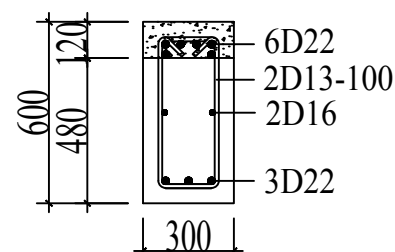
Potongan Melintang



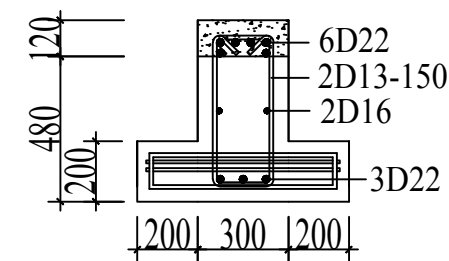
POTONGAN A-A
 Skala 1:25



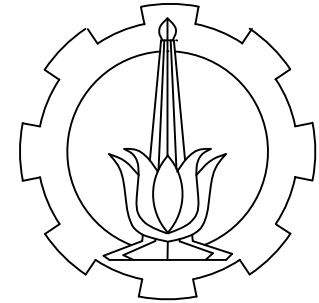
POTONGAN B-B
 Skala 1:25



POTONGAN A-A KOMPOSIT
 Skala 1:25



POTONGAN B-B KOMPOSIT
 Skala 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

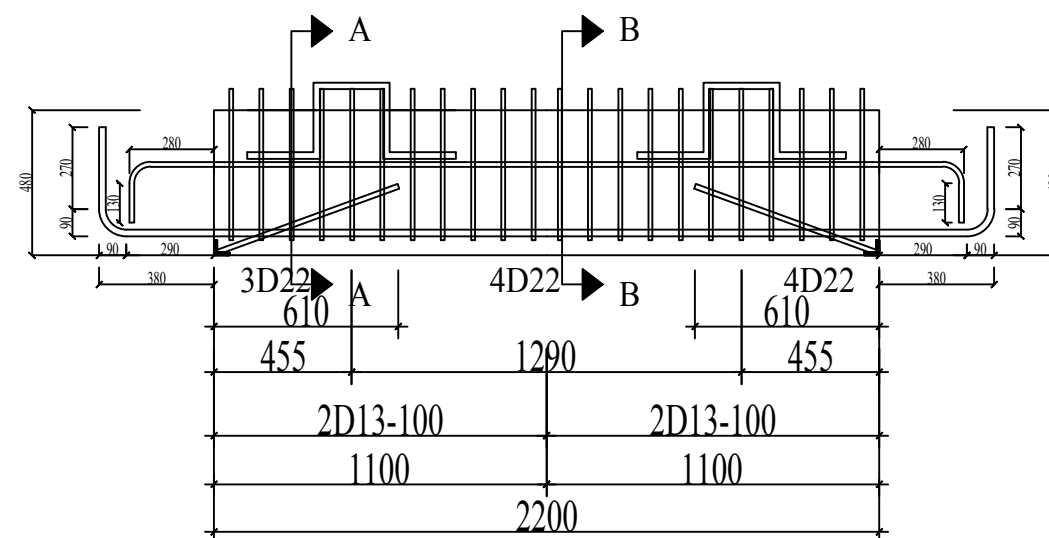
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DETAIL BALOK INDUK B3

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	40	65

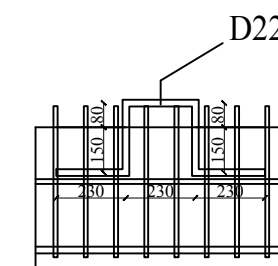
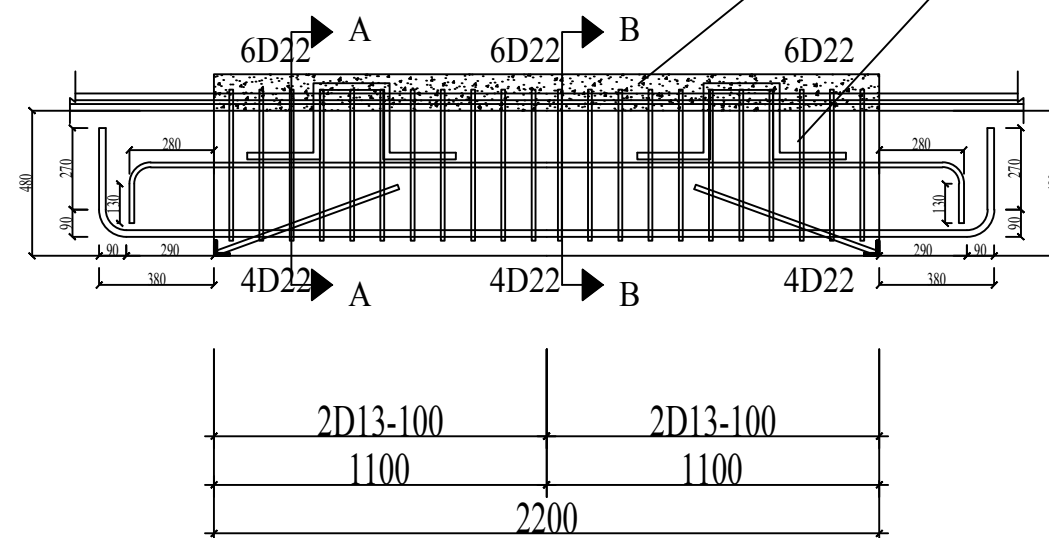
Potongan Memanjang



DETAIL BALOK INDUK PRACETAK TIPE B3

Skala 1:25

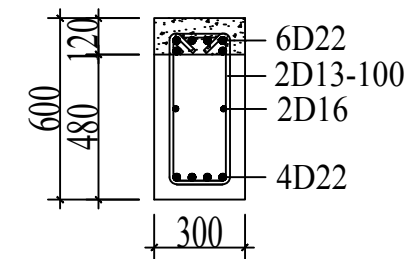
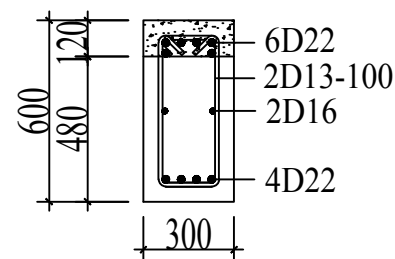
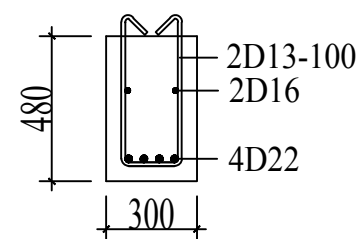
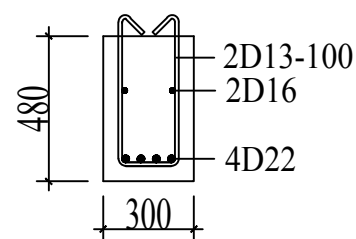
Cor Overtopping
 Balok Pracetak



DETAIL BALOK INDUK TIPE B3 SETELAH KOMPOSIT

Skala 1:25

Potongan Melintang

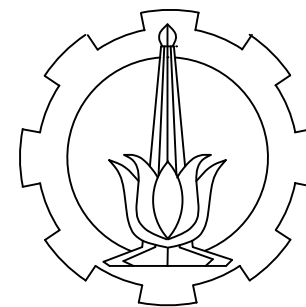


POTONGAN A-A
 Skala 1:25

POTONGAN B-B
 Skala 1:25

POTONGAN A-A KOMPOSIT
 Skala 1:25

POTONGAN B-B KOMPOSIT
 Skala 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

RESUME JUMLAH PRACETAK BALOK DAN PELAT

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

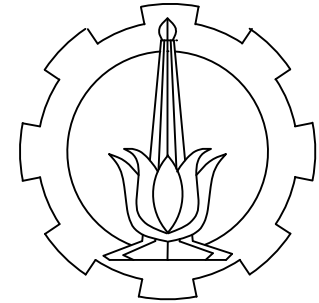
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

RESUME BALOK DAN KOLOM

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	41	65

LANTAI	TYPE PELAT												TYPE BALOK						
	S1	S1A-U	S1B-U	S1C-U	S1D-U	S2A-U	S2B-U	S1A-S	S1B-S	S1C-S	S1D-S	S2A-S	S2B-S	B1	B2A	B2B	B3	BA1	BA2
1	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
2	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
3	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
4	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
5	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
6	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
7	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
8	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
9	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
10	75	15	14	5	4	10	10	14	15	4	5	10	10	22	20	19	12	19	10
JUMLAH	750	150	140	50	40	100	100	140	150	40	50	100	100	220	200	190	120	190	100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

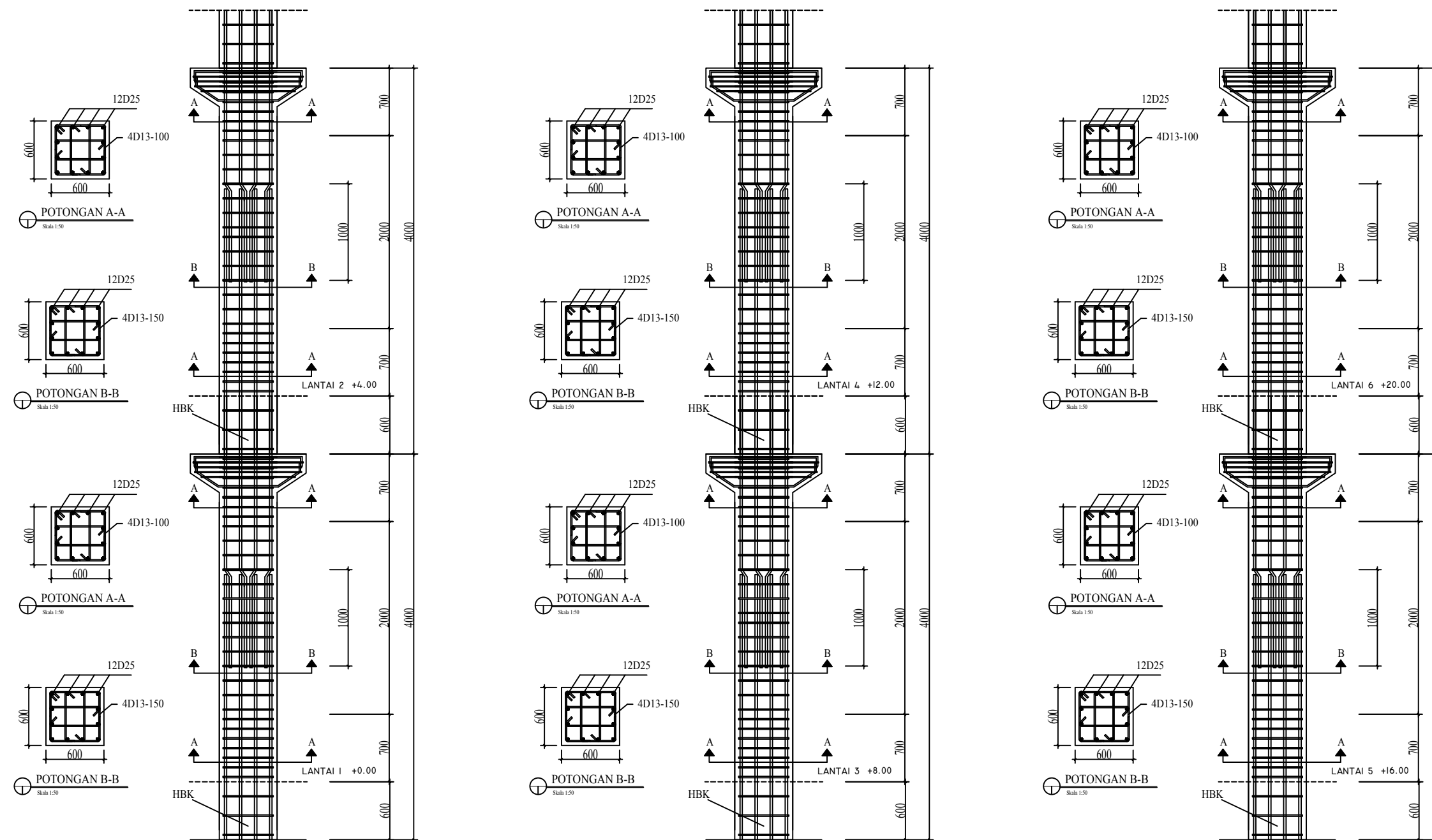
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

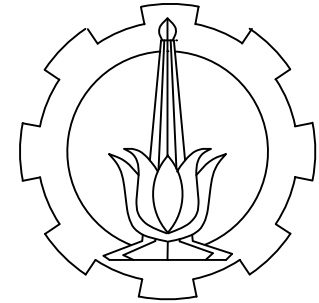
GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM
 LANTAI 1-6

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	42	65



DETAIL PENULANGAN KOLOM LANTAI 1 - 6
 Skala 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

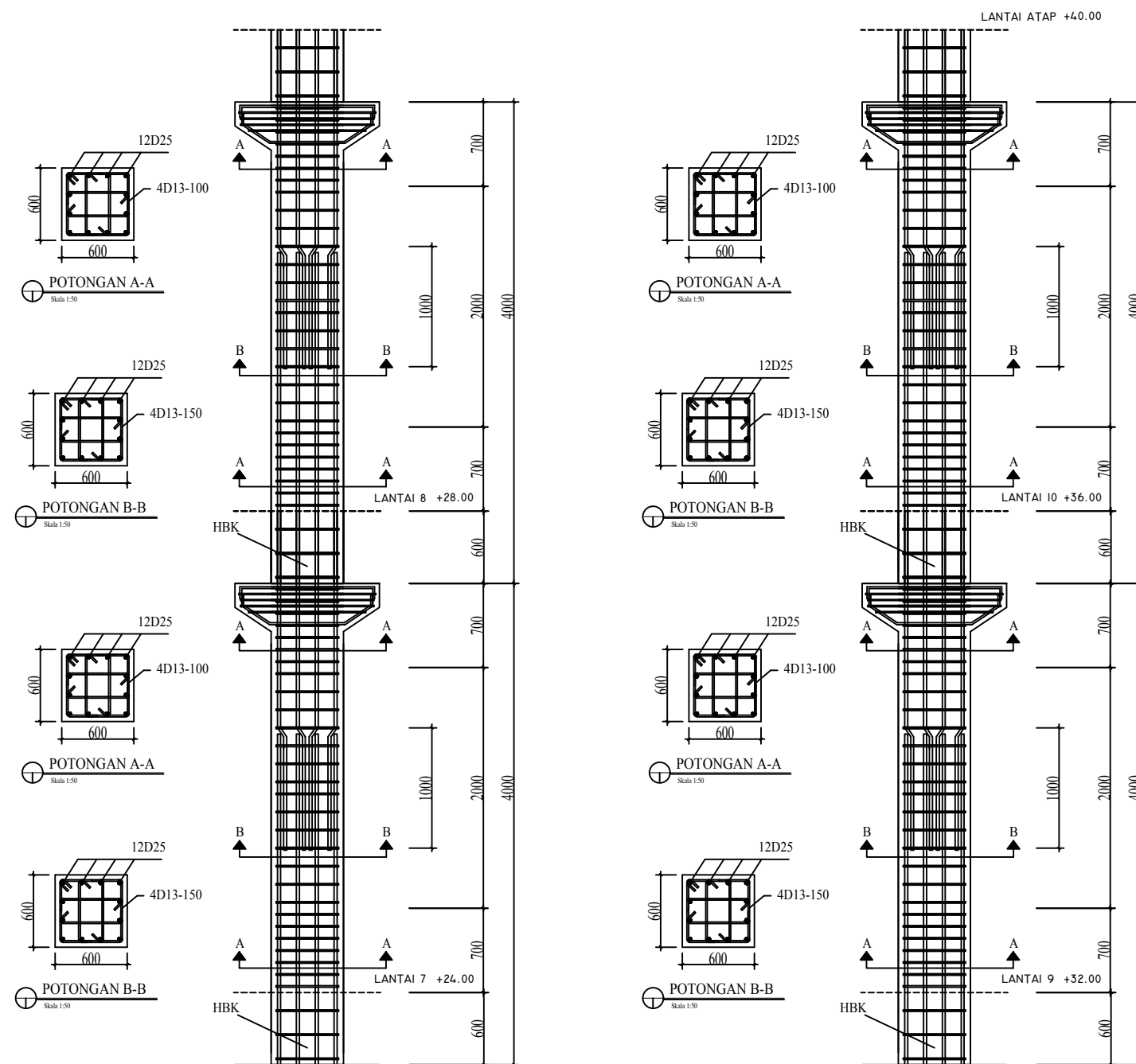
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

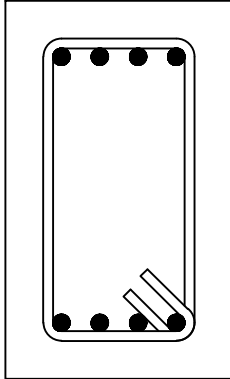
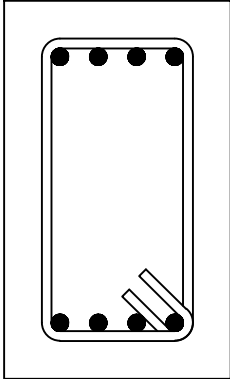
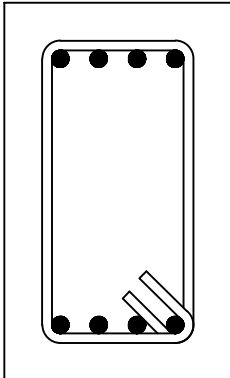
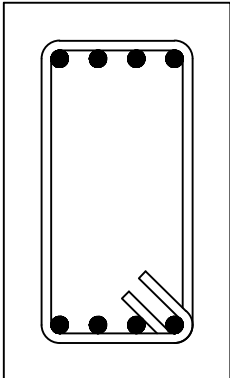
DENAH PELAT (LT. 1)

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	43	65

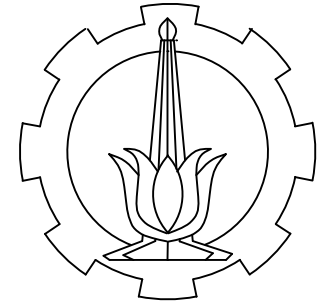


DETAIL PENULANGAN KOLOM LANTAI 7 - ATAP
 Skala 1:50

PENULANGAN SLOOF LANTAI 1

NOTASI	S1		S2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	300 X 500	300 X 500	300 X 500	300 X 500
TULANGAN BARIS ATAS	4 D 22 mm	4 D 22 mm	4 D 22 mm	4 D 22 mm
TULANGAN TORSI	-	-	-	-
TULANGAN BARIS BAWAH	4 D 22 mm	4 D 22 mm	4 D 22 mm	4 D 22 mm
TULANGAN BEUGEL	2D13 - 200 mm	2D13 - 200 mm	2D13 - 200 mm	2D13 - 200 mm
TEBAL SELIMUT BETON	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm

Mutu Beton : f_c' 30 MPa
 Mutu Baja Polos : U24
 Mutu Baja Ulir : U39



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

 Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

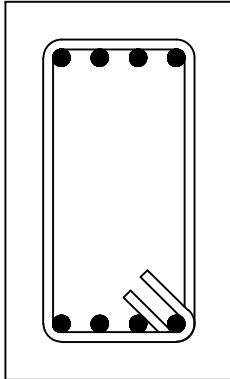
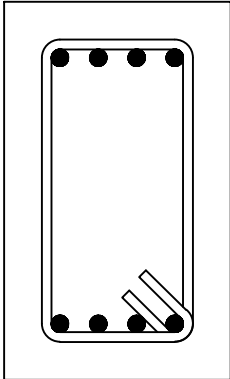
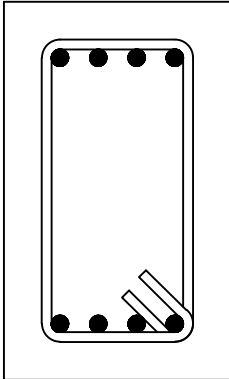
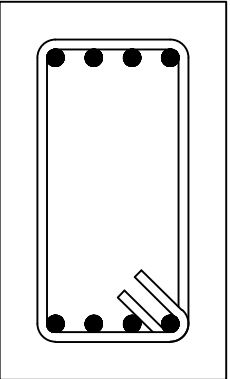
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

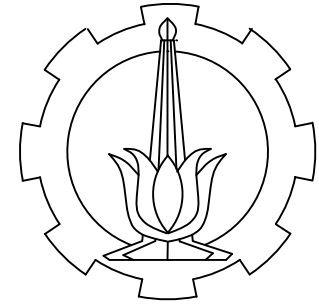
PENULANGAN BALOK INDUK

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	44	65

PENULANGAN SLOOF LANTAI 1

NOTASI	S3		S4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	300 X 500	300 X 500	300 X 500	300 X 500
TULANGAN BARIS ATAS	4 D 22 mm	4 D 22 mm	4 D 22 mm	4 D 22 mm
TULANGAN TORSI	-	-	-	-
TULANGAN BARIS BAWAH	4 D 22 mm	4 D 22 mm	4 D 22 mm	4 D 22 mm
TULANGAN BEUGEL	2D13 - 200 mm	2D13 - 200 mm	2D13 - 200 mm	2D13 - 200 mm
TEBAL SELIMUT BETON	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm

Mutu Beton : f_c' 30 MPa
 Mutu Baja Polos : U24
 Mutu Baja Ulir : U39



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

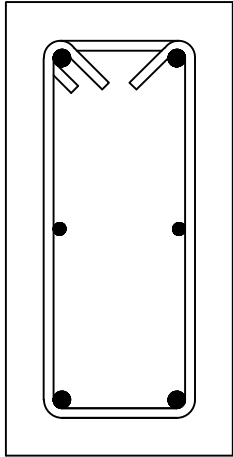
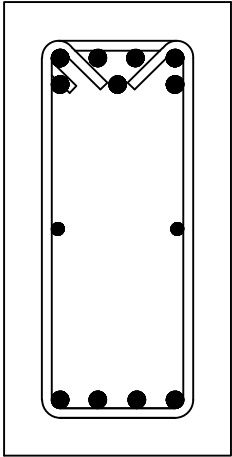
GAMBAR

PENULANGAN BALOK INDUK

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	45	65
------------	-----------	-----------

PENULANGAN BALOK INDUK LANTAI 2-ATAP

NOTASI	B1		
	TUMPUAN SELATAN	LAPANGAN	TUMPUAN UTARA
			
DIMENSI	300 X 600	300 X 600	300 X 600
TULANGAN BARIS ATAS	5 D 22 mm	2 D 22 mm	7 D 22 mm
TULANGAN TORSI	2 D16 mm	2 D16 mm	2 D16 mm
TULANGAN BARIS BAWAH	3 D 22 mm	2 D 22 mm	4 D 22 mm
TULANGAN BEUGEL	2Ø13 - 100 mm	2Ø13 - 150 mm	2Ø13 - 100 mm
TEBAL SELIMUT BETON	50 mm	50 mm	50 mm

Mutu Beton : f_c' 30 MPa
 Mutu Baja Polos : U24
 Mutu Baja Ulir : U39



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

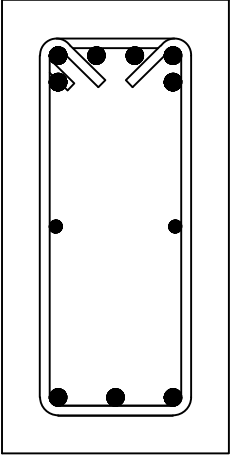
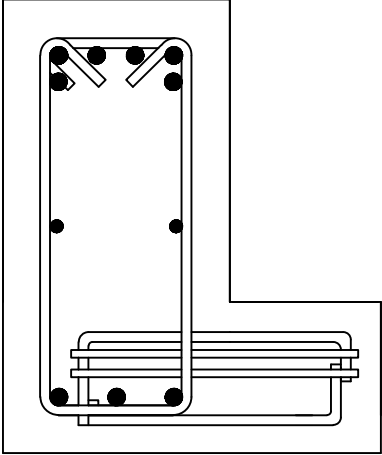
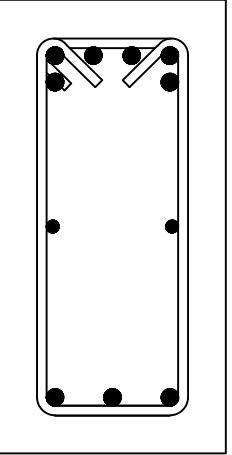
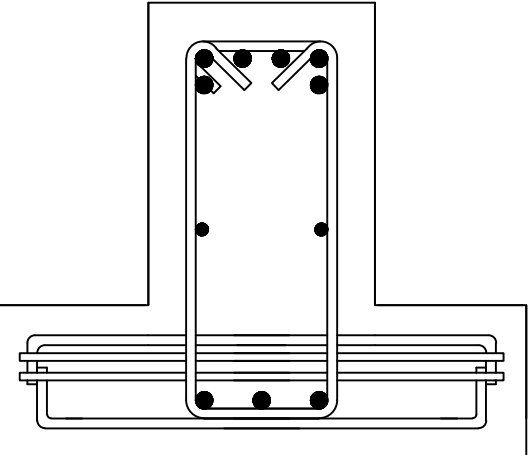
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

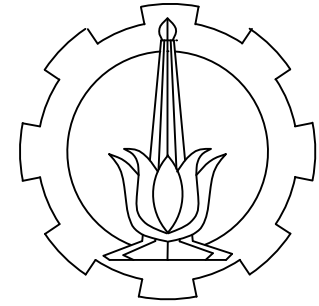
PENULANGAN BALOK INDUK B1

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	46	65

PENULANGAN BALOK INDUK LANTAI 2-ATAP

NOTASI	B2A		B2B	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	300 X 600	300 X 600	300 X 600	300 X 600
TULANGAN BARIS ATAS	6 D 22 mm	6 D 22 mm	6 D 22 mm	6 D 22 mm
TULANGAN TORSI	2 D 16 mm	2 D 16 mm	2 D 16 mm	2 D 16 mm
TULANGAN BARIS BAWAH	3 D 22 mm	3 D 22 mm	3 D 22 mm	3 D 22 mm
TULANGAN BEUGEL	2D13 - 100 mm	2D13 - 150 mm	2D13 - 100 mm	2D13 - 150 mm
TEBAL SELIMUT BETON	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm

Mutu Beton : f_c' 30 MPa
 Mutu Baja Polos : U24
 Mutu Baja Ulir : U39



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

 Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

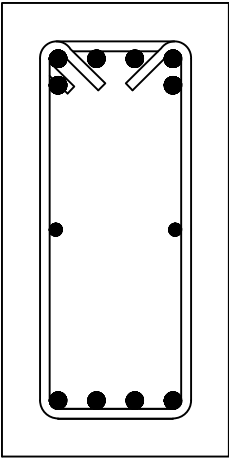
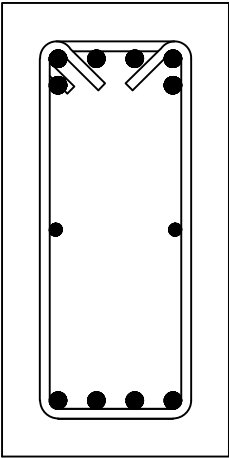
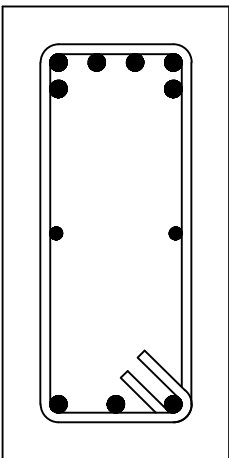
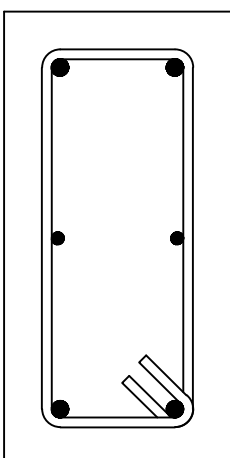
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

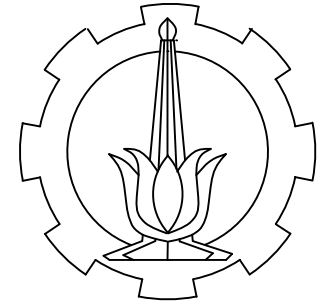
PENULANGAN BALOK INDUK B2A
 dan B2B

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	47	65

PENULANGAN BALOK INDUK LANTAI 2-ATAP

NOTASI	B3		B4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	300 X 600	300 X 600	300 X 600	300 X 600
TULANGAN BARIS ATAS	6 D 22 mm	6 D 22 mm	6 D 22 mm	2 D 22 mm
TULANGAN TORSI	2 D16 mm	2 D16 mm	2 D 16 mm	2 D 16 mm
TULANGAN BARIS BAWAH	4 D 22 mm	4 D 22 mm	3 D 22 mm	2 D 22 mm
TULANGAN BEUGEL	2D13 - 100 mm	2D13 - 150 mm	2D13 - 100 mm	2D13 - 150 mm
TEBAL SELIMUT BETON	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm

Mutu Beton : f_c' 30 MPa
 Mutu Baja Polos : U24
 Mutu Baja Ulir : U39



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

 Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

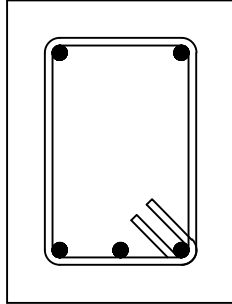
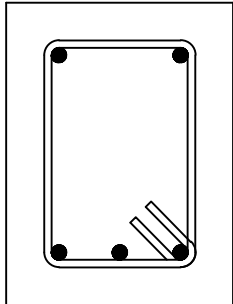
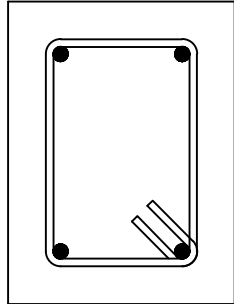
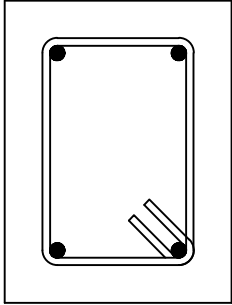
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

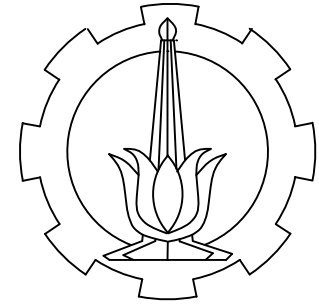
PENULANGAN BALOK INDUK
 B3 dan B4

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	48	65

PENULANGAN BALOK ANAK LANTAI 2 - ATAP

NOTASI	BA1		BA2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	300 X 400	300 X 400	300 X 400	300 X 400
TULANGAN BARIS ATAS	2 D 16 mm	2 D 16 mm	2 D 16 mm	2 D 16 mm
TULANGAN BARIS BAWAH	3 D 16 mm	3 D 16 mm	2 D 16 mm	2 D 16 mm
TULANGAN BEUGEL	2Ø10 - 150 mm	2Ø10 - 150 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 150 mm
TEBAL SELIMUT BETON	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm

Mutu Beton : f_c' 30 MPa
 Mutu Baja Polos : U24
 Mutu Baja Ulir : U39



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

 Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

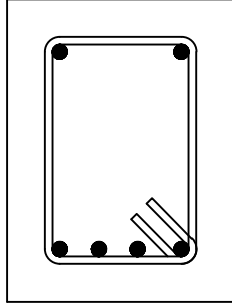
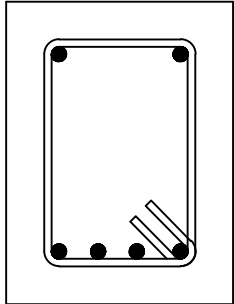
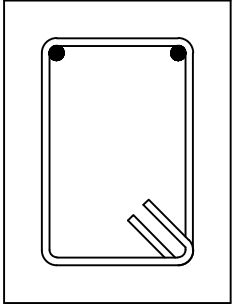
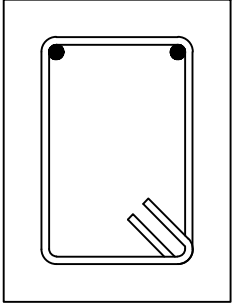
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

PENULANGAN BALOK ANAK

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	49	65

PENULANGAN BALOK ANAK DAN KANTILEVER LANTAI 2 - ATAP

NOTASI	BA3		BK	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
DIMENSI	300 X 400	300 X 400	300 X 400	300 X 400
TULANGAN BARIS ATAS	2 D 16 mm	2 D 16 mm	2 D 16 mm	2 D 16 mm
TULANGAN BARIS BAWAH	4 D 16 mm	3 D 16 mm		
TULANGAN BEUGEL	2Ø10 - 150 mm	2Ø10 - 150 mm	2D13 - 150 mm	2D13 - 150 mm
TEBAL SELIMUT BETON	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm

Mutu Beton : f_c' 30 MPa
 Mutu Baja Polos : U24
 Mutu Baja Ulir : U39



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

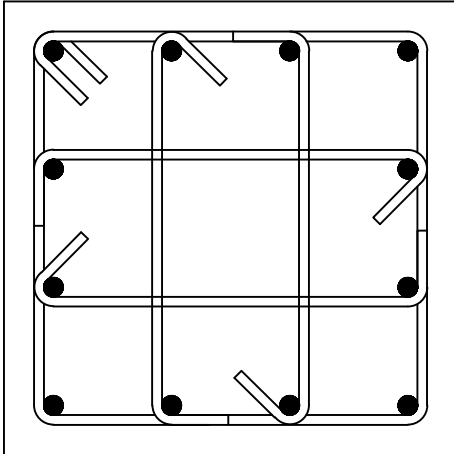
GAMBAR

PENULANGAN BALOK ANAK

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	50	65
-----	----	----

PENULANGAN KOLOM LANTAI 1-10

NOTASI	K-1
	
DIMENSI	600 X 600
TULANGAN POKOK	12 D 25 mm
TULANGAN BEUGEL	UJUNG. 4D13 - 100 mm
	TENGAH 4D13 - 150 mm
TEBAL SELIMUT BETON	40 mm

Mutu Beton : fc 30 MPa
 Mutu Baja Polos : U24
 Mutu Baja Ulir : U39



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

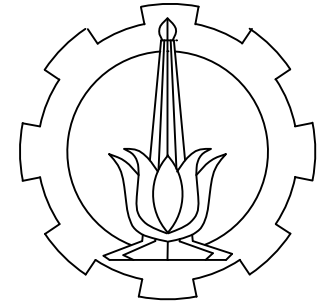
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	51	65



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

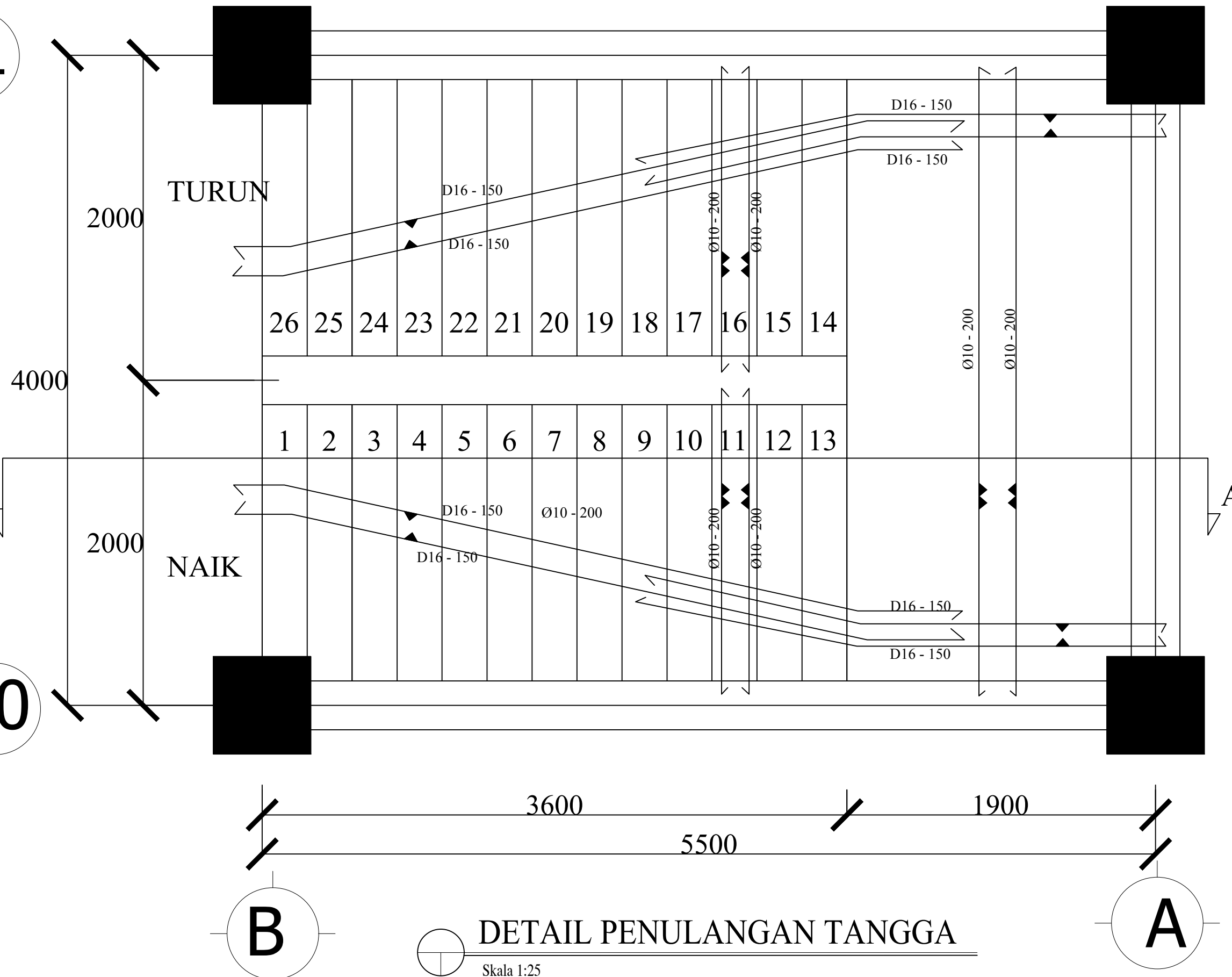
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TANGGA

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	52.1	65

11

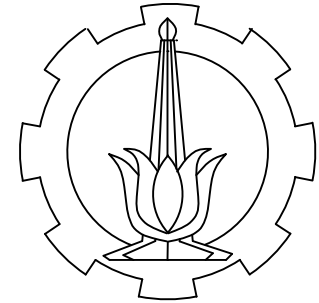


DETAIL PENULANGAN TANGGA

Skala 1:25

B

A



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
 TERAPAN

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

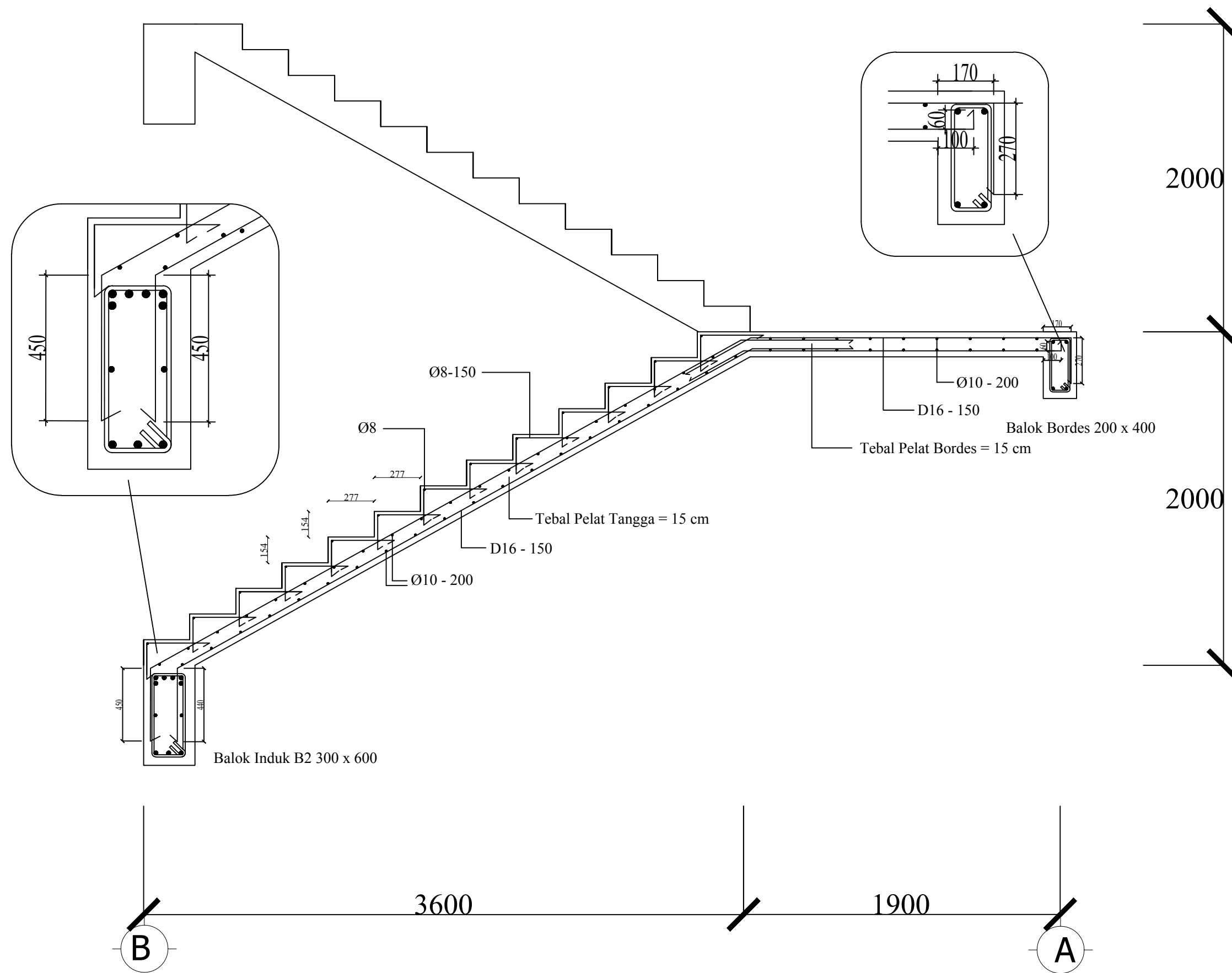
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

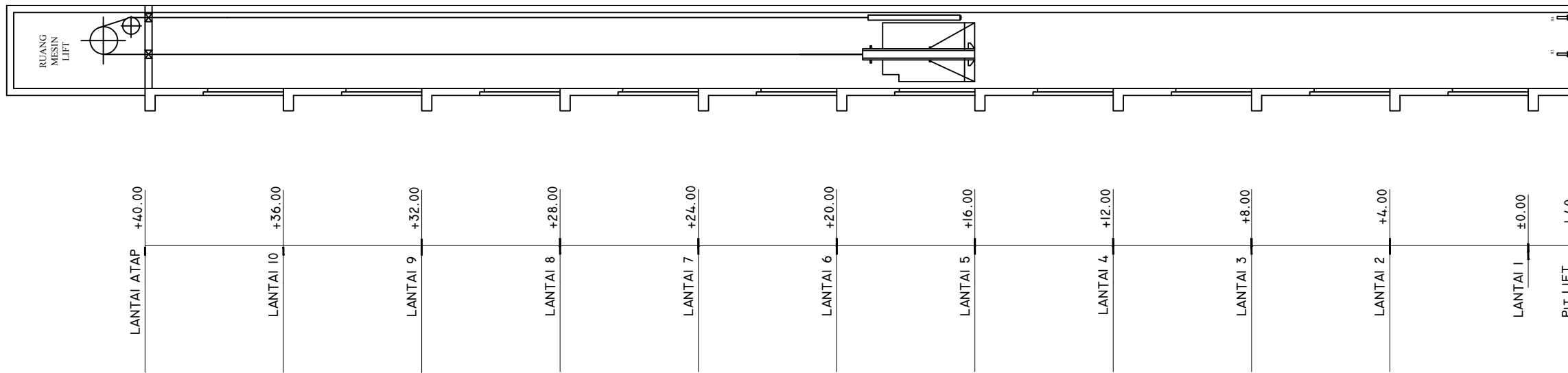
GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TANGGA

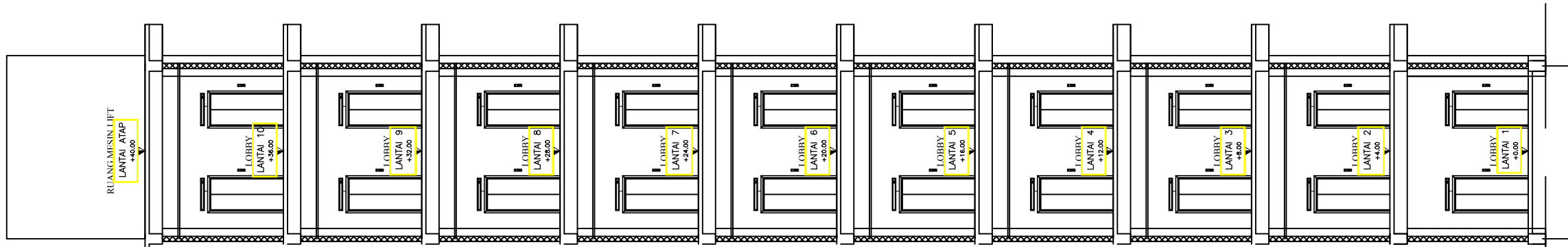
Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	52	65



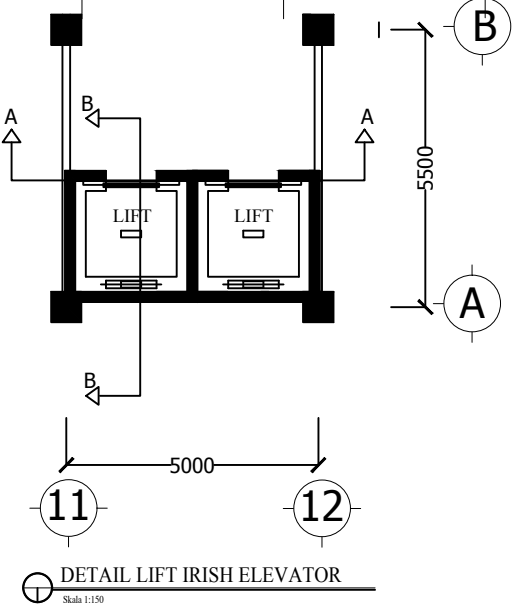
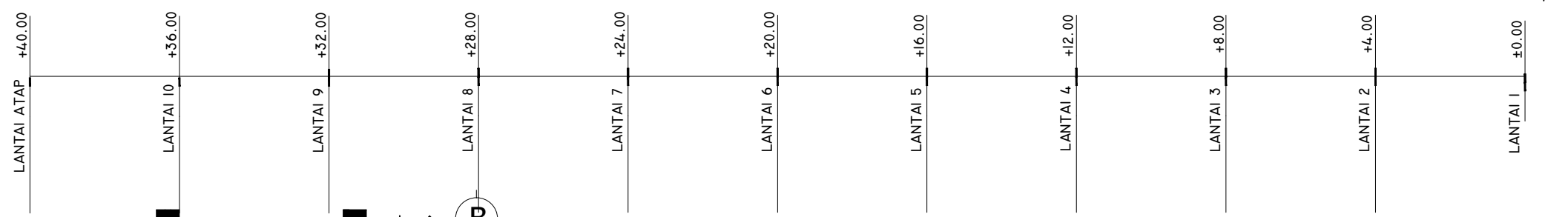
DETAIL POTONGAN A-A
 Skala 1:25



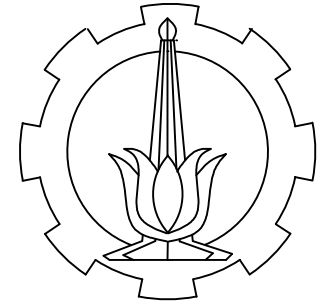
POTONGAN B - B
Skala 1:150



POTONGAN A - A
Skala 1:150



DETAIL LIFT IRISH ELEVATOR
Skala 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
TERAPAN**

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

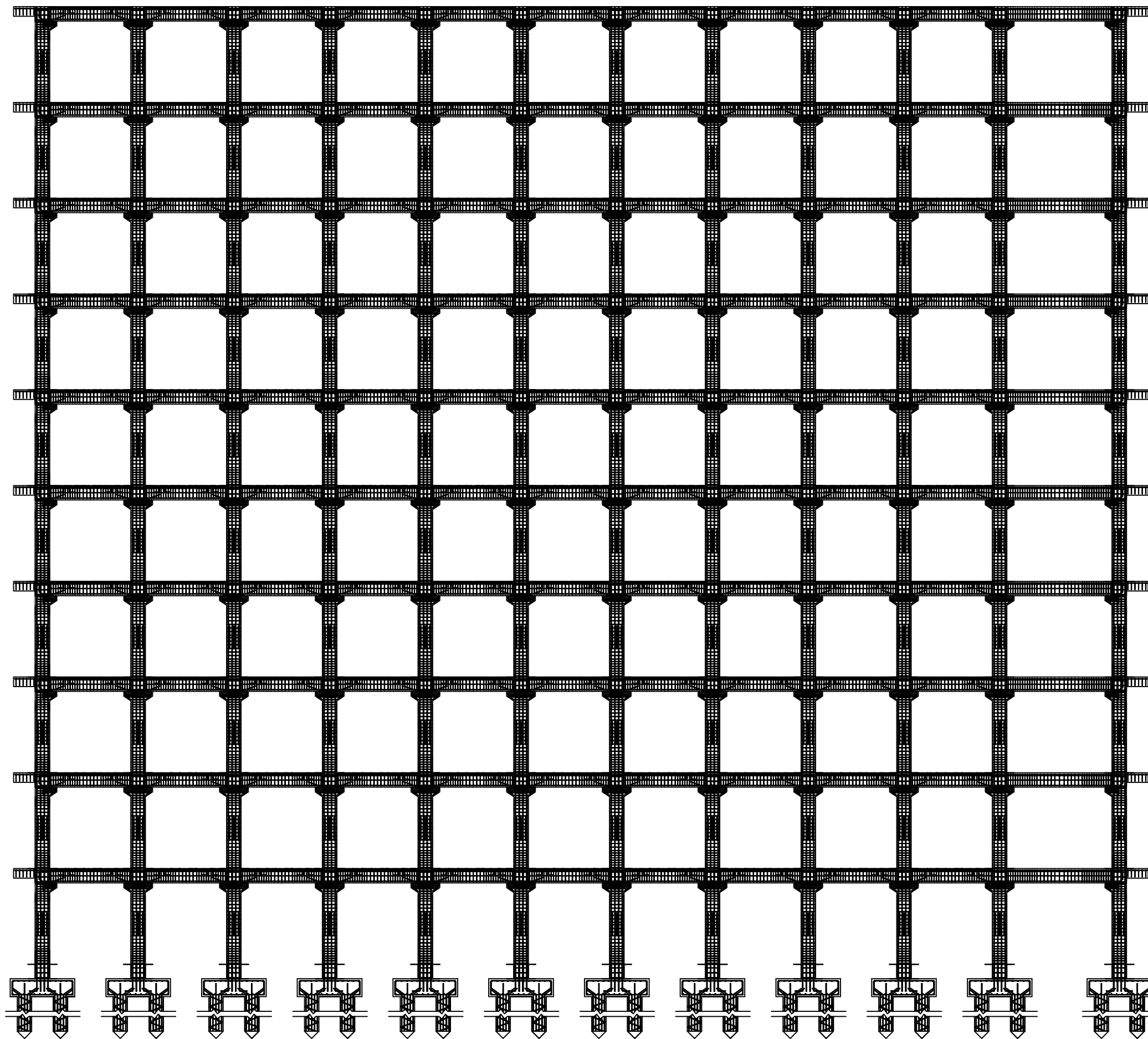
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

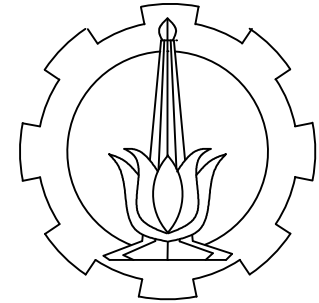
GAMBAR

DETAIL LIFT

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	53	65



LANTAI ATAP	+40.00
LANTAI 10	+36.00
LANTAI 9	+32.00
LANTAI 8	+28.00
LANTAI 7	+24.00
LANTAI 6	+20.00
LANTAI 5	+16.00
LANTAI 4	+12.00
LANTAI 3	+8.00
LANTAI 2	+4.00
LANTAI 1	±0.00



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

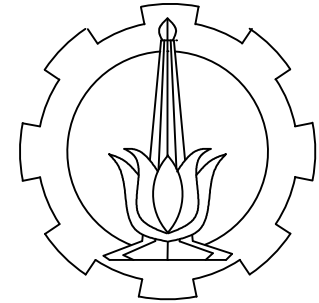
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

PORTAL MEMANJANG

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	54	65



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

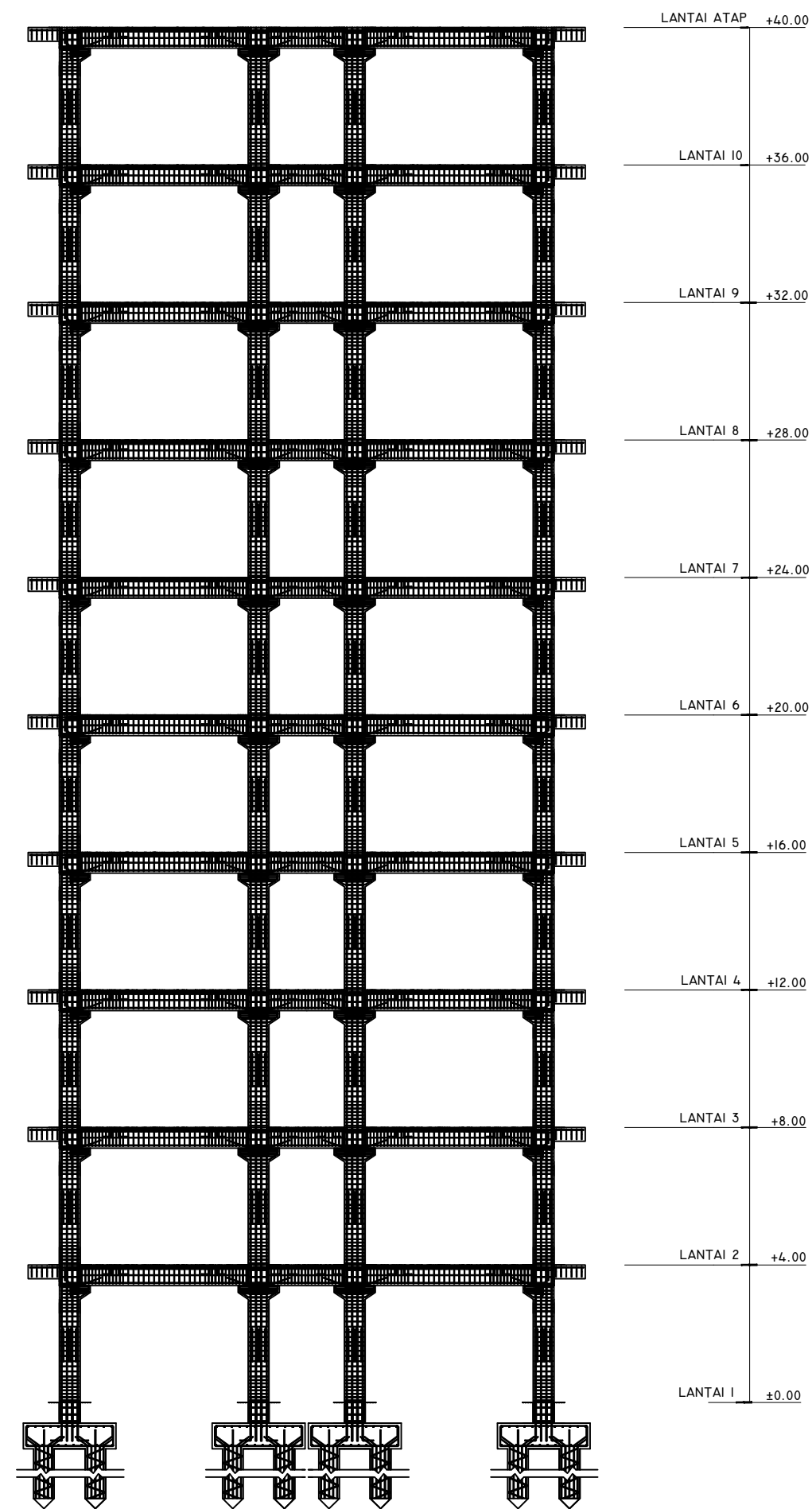
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

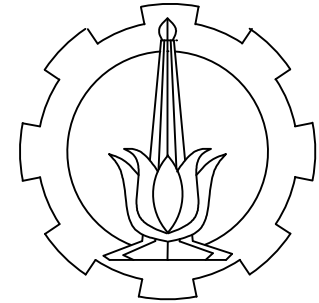
PORTAL MELINTANG

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	55	65
-----	----	----



PORTAL MELINTANG
 Skala 1:175



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

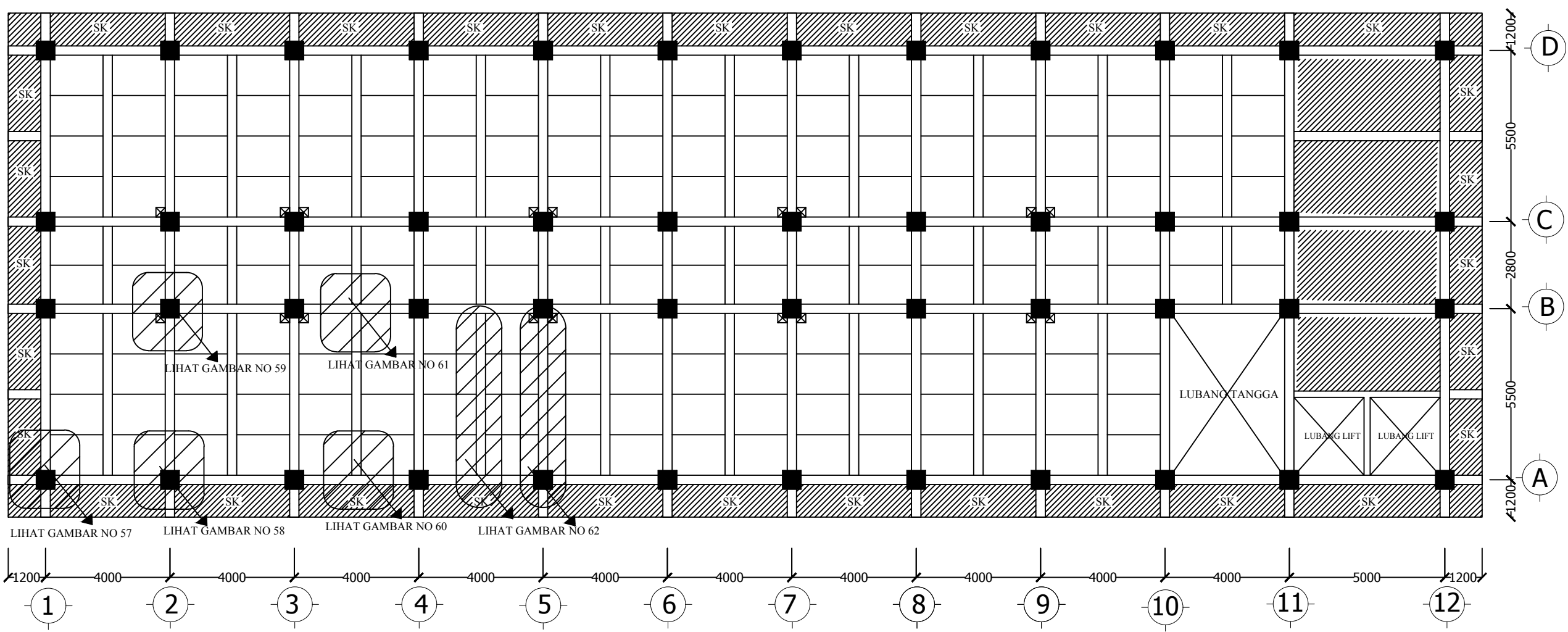
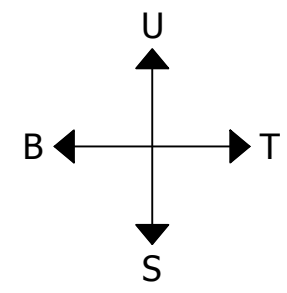
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DENAH SAMBUNGAN
 LANTAI 2

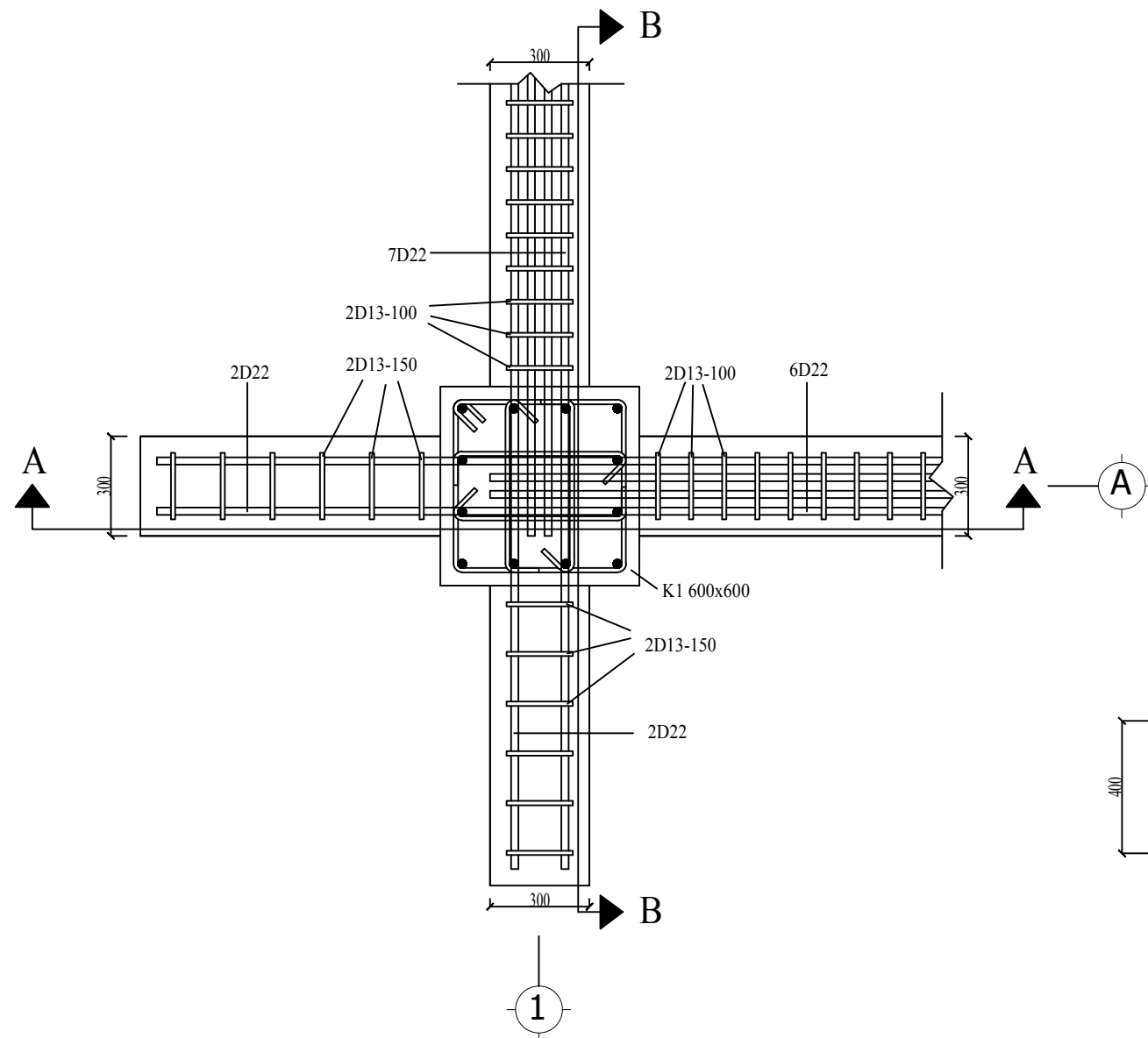
Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	56	65
-----	----	----

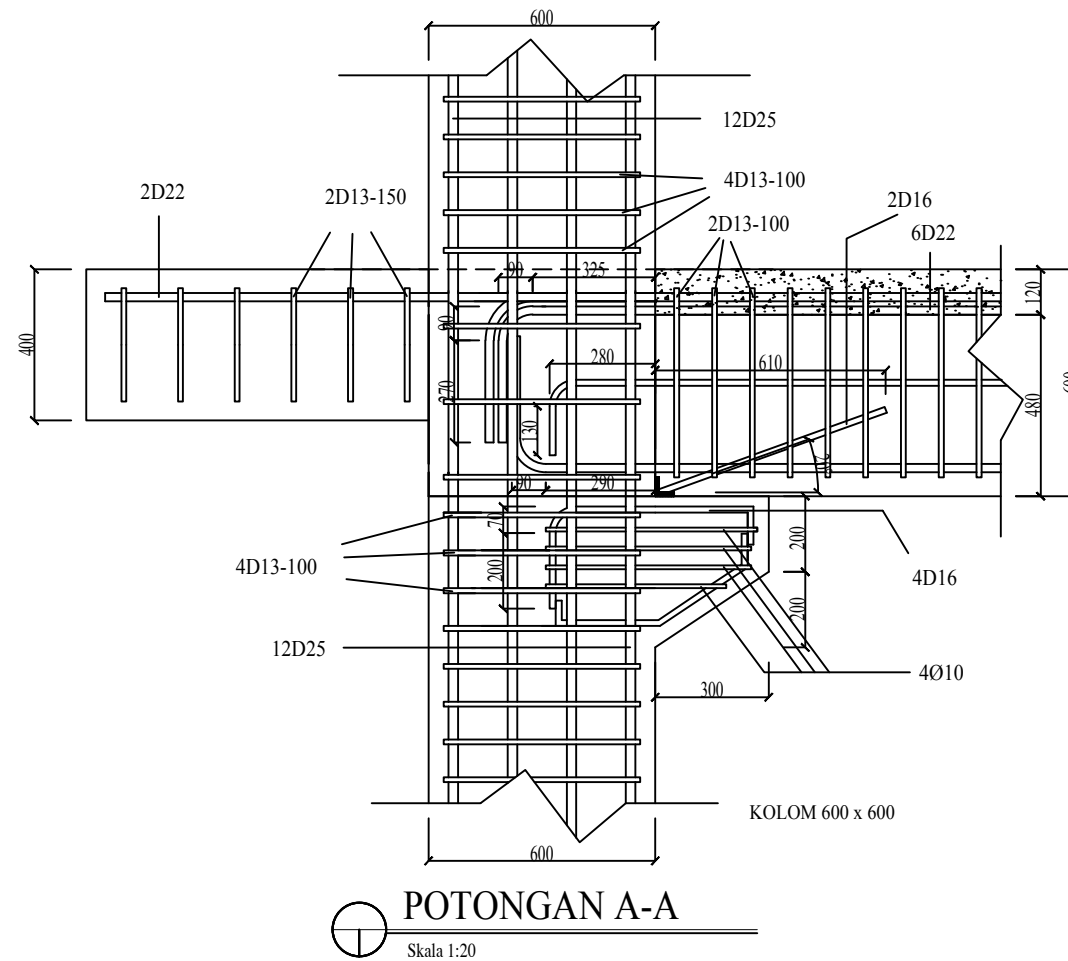


DENAH SAMBUNGAN LANTAI 2
 Skala 1:150

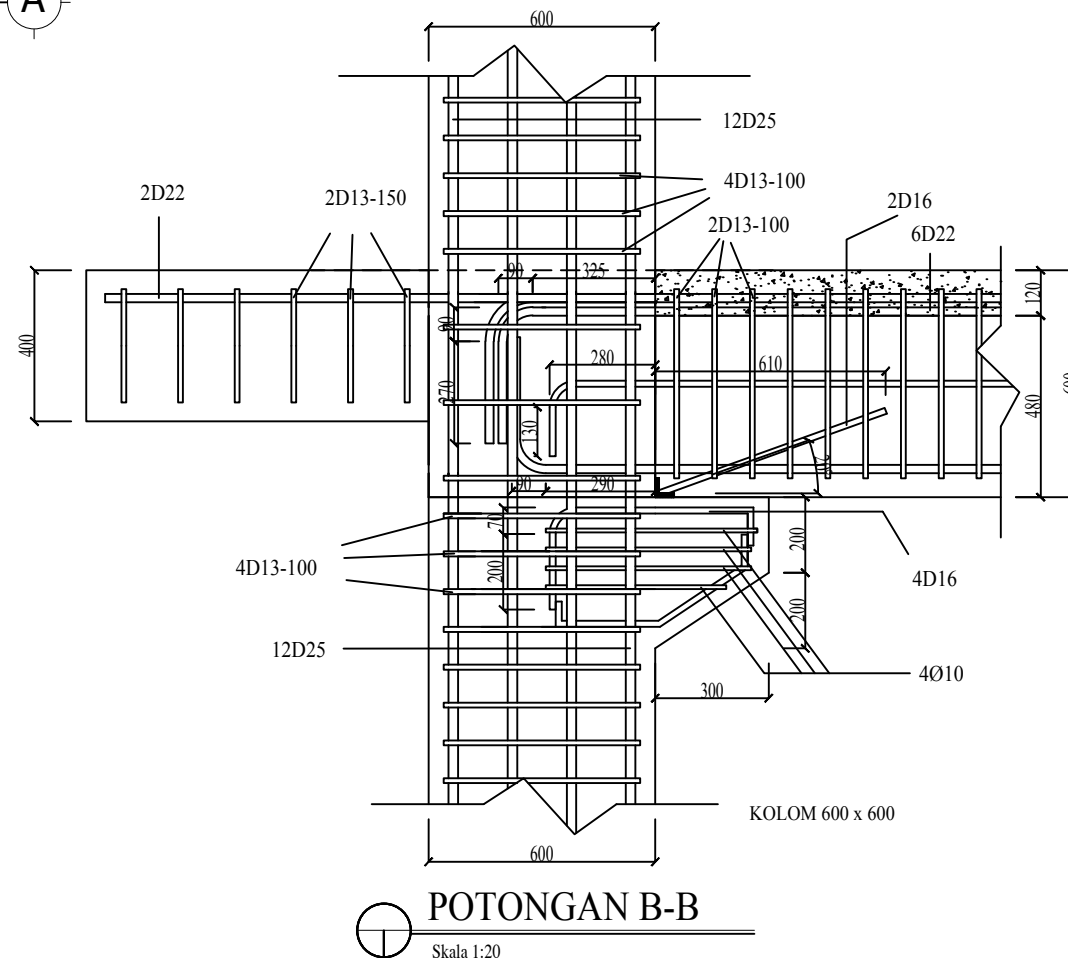
KETERANGAN : DETAIL
GAMBAR INI MERUJUK KE
GAMBAR NO 56



DETAIL SAMBUNGAN BALOK DAN KOLOM AS 1-A LT.2
Skala 1:20



POTONGAN A-A
Skala 1:20



POTONGAN B-B
Skala 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

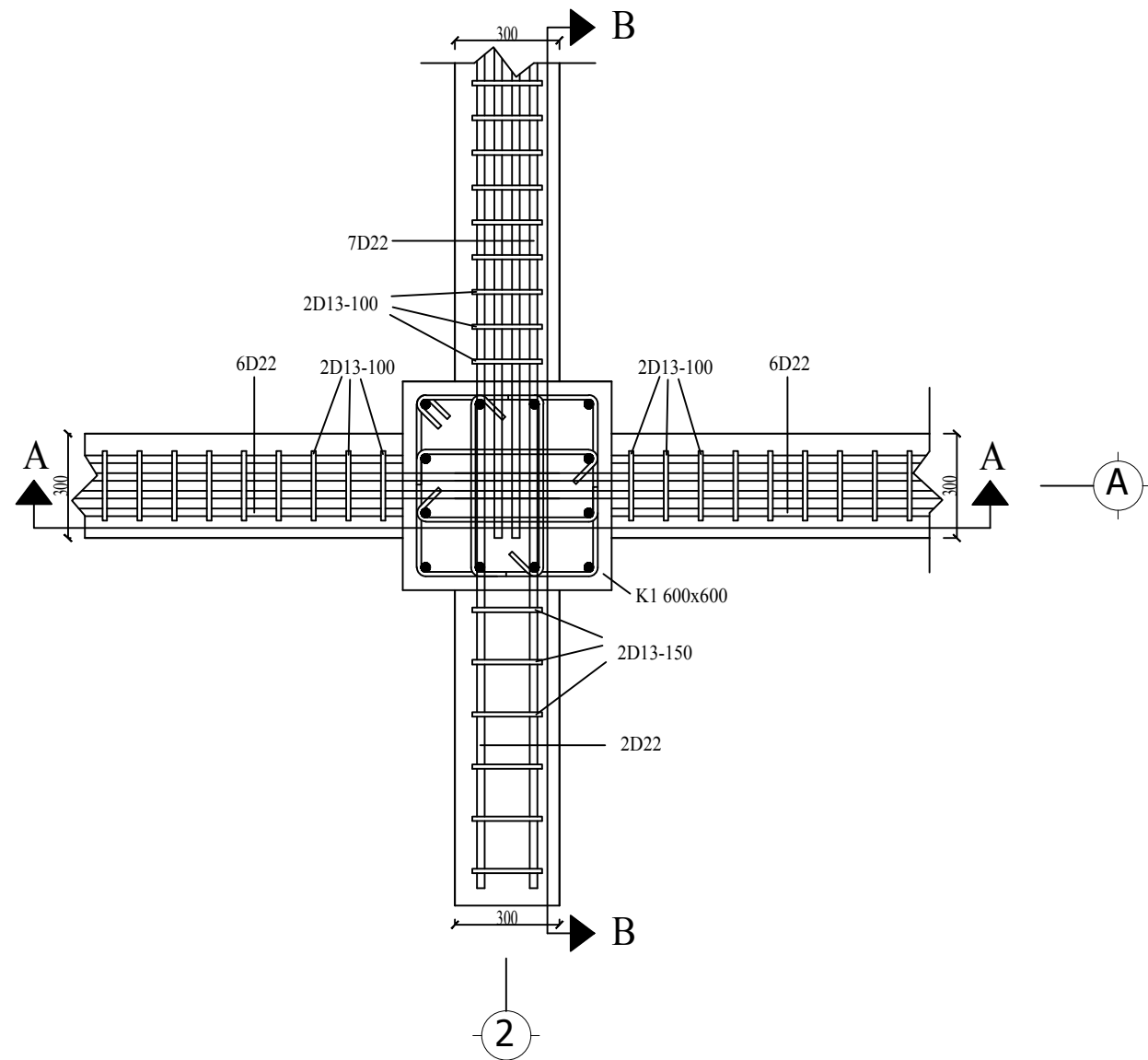
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

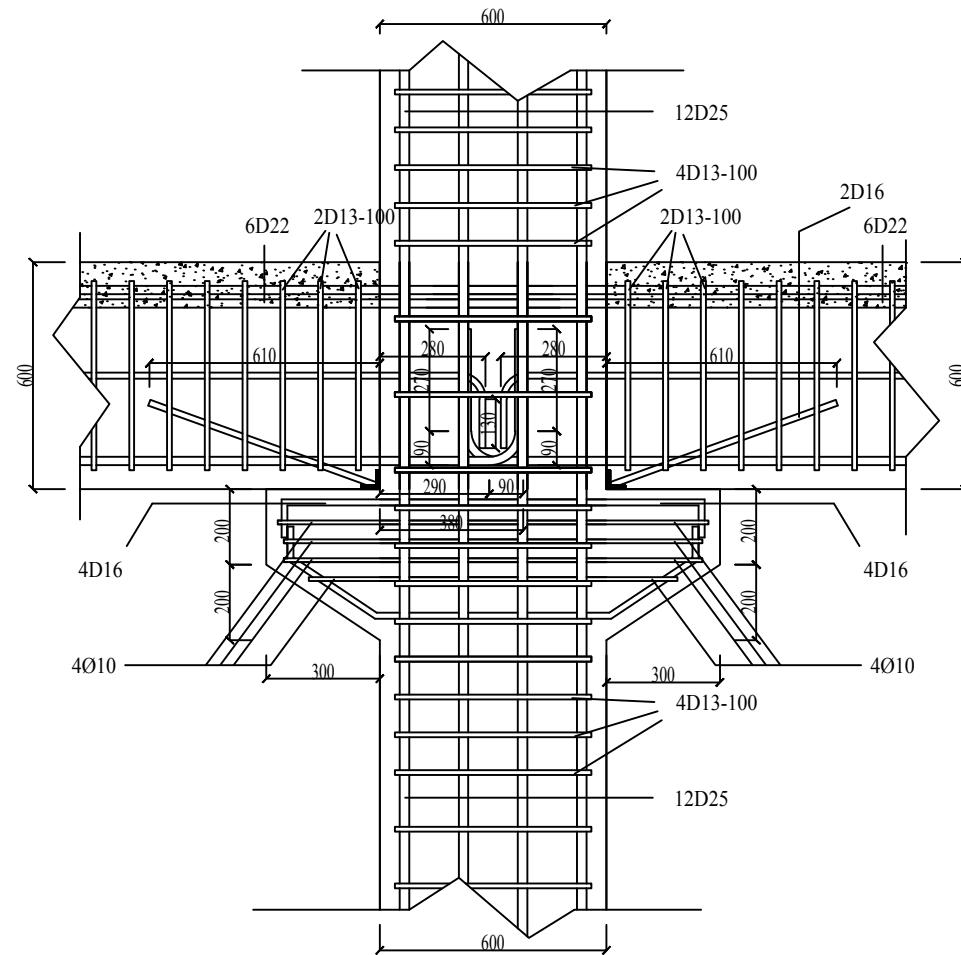
SAMBUNGAN BALOK DAN
KOLOM AS 1-A LANTAI 2

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	57	65

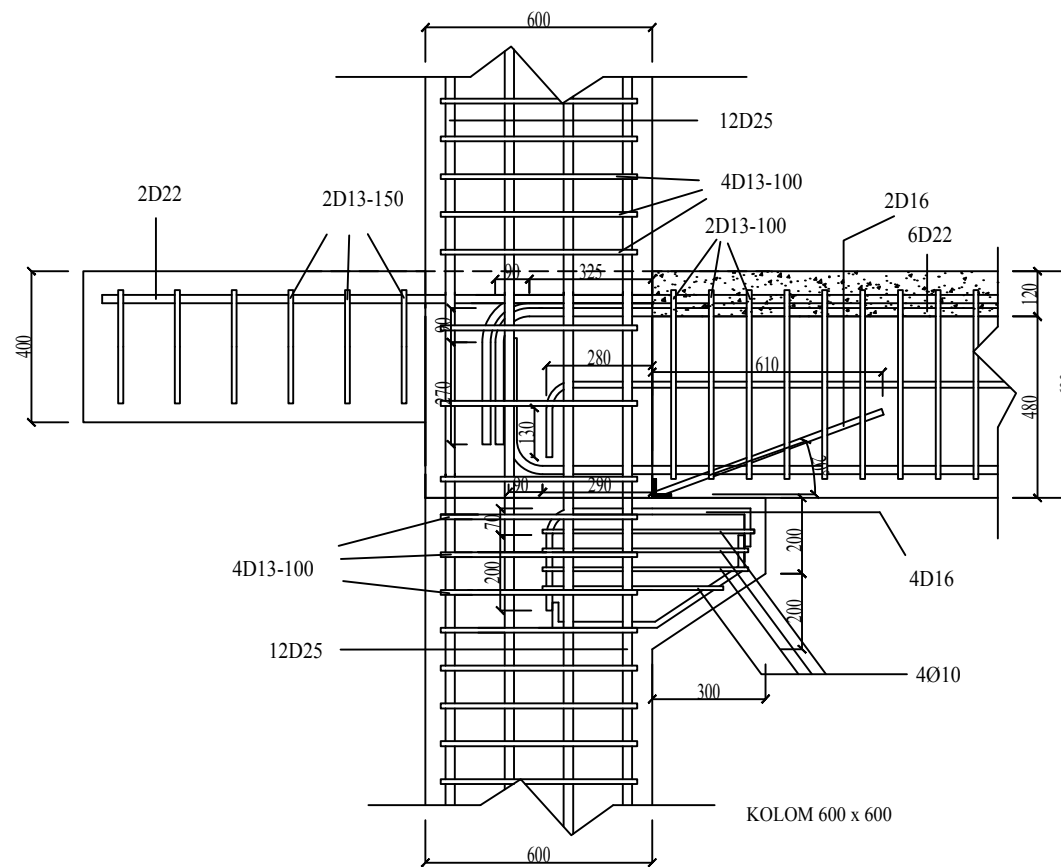
KETERANGAN : DETAIL
GAMBAR INI MERUJUK KE
GAMBAR NO 56



DETAIL SAMBUNGAN BALOK DAN KOLOM AS 2-A LT.2
Skala 1:20



POTONGAN A-A
Skala 1:20



POTONGAN B-B
Skala 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
TERAPAN**

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

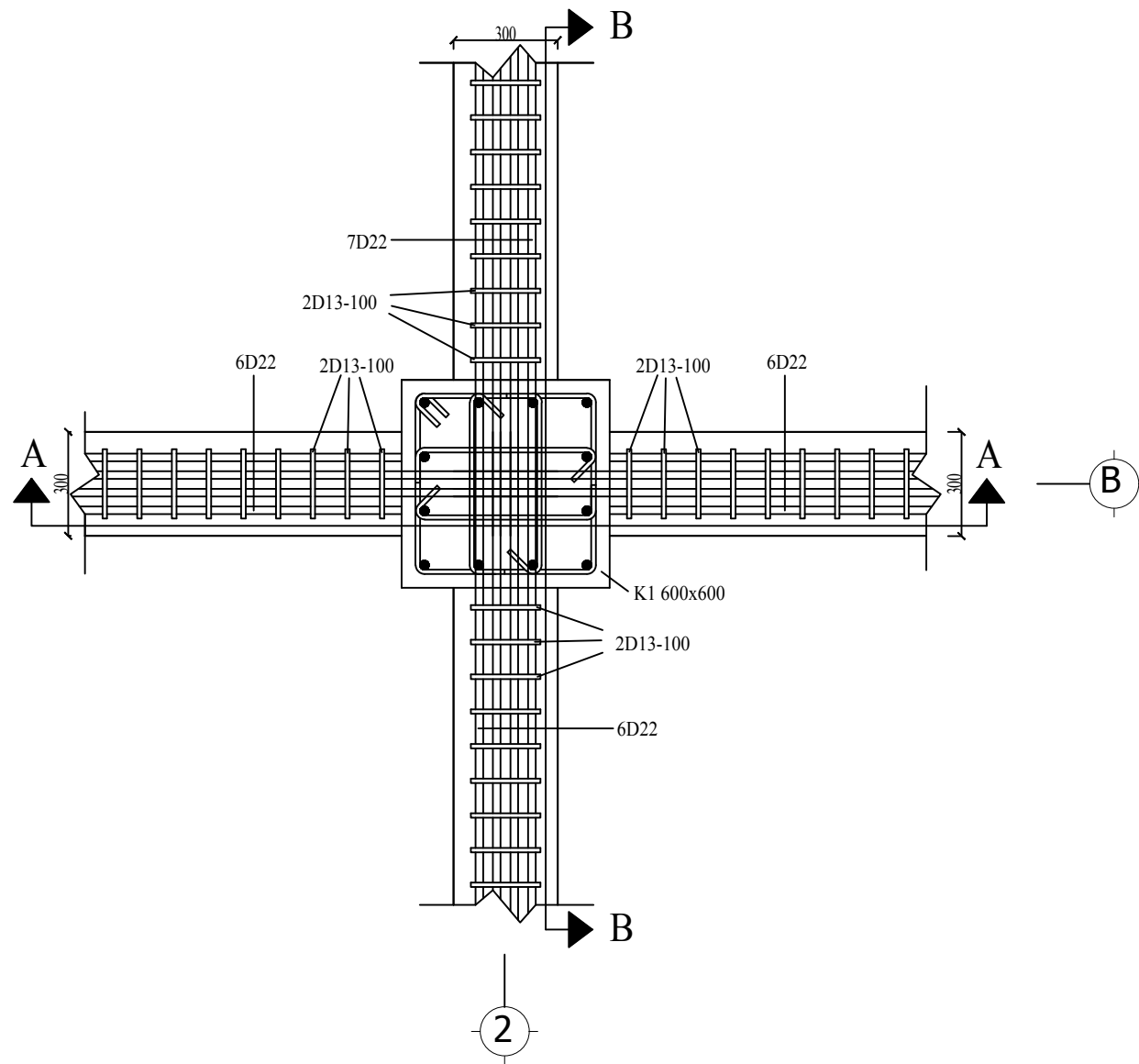
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

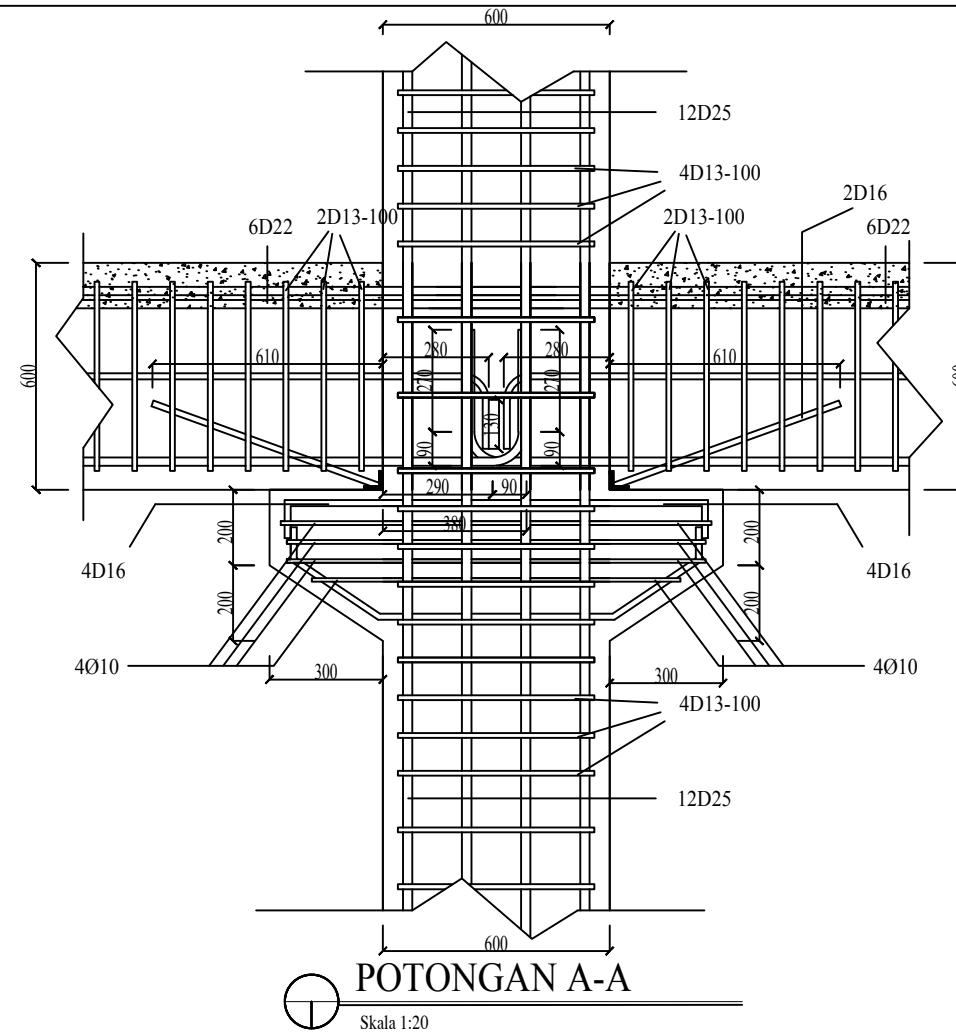
SAMBUNGAN BALOK DAN
KOLOM AS 2-A LANTAI 2

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	58	65

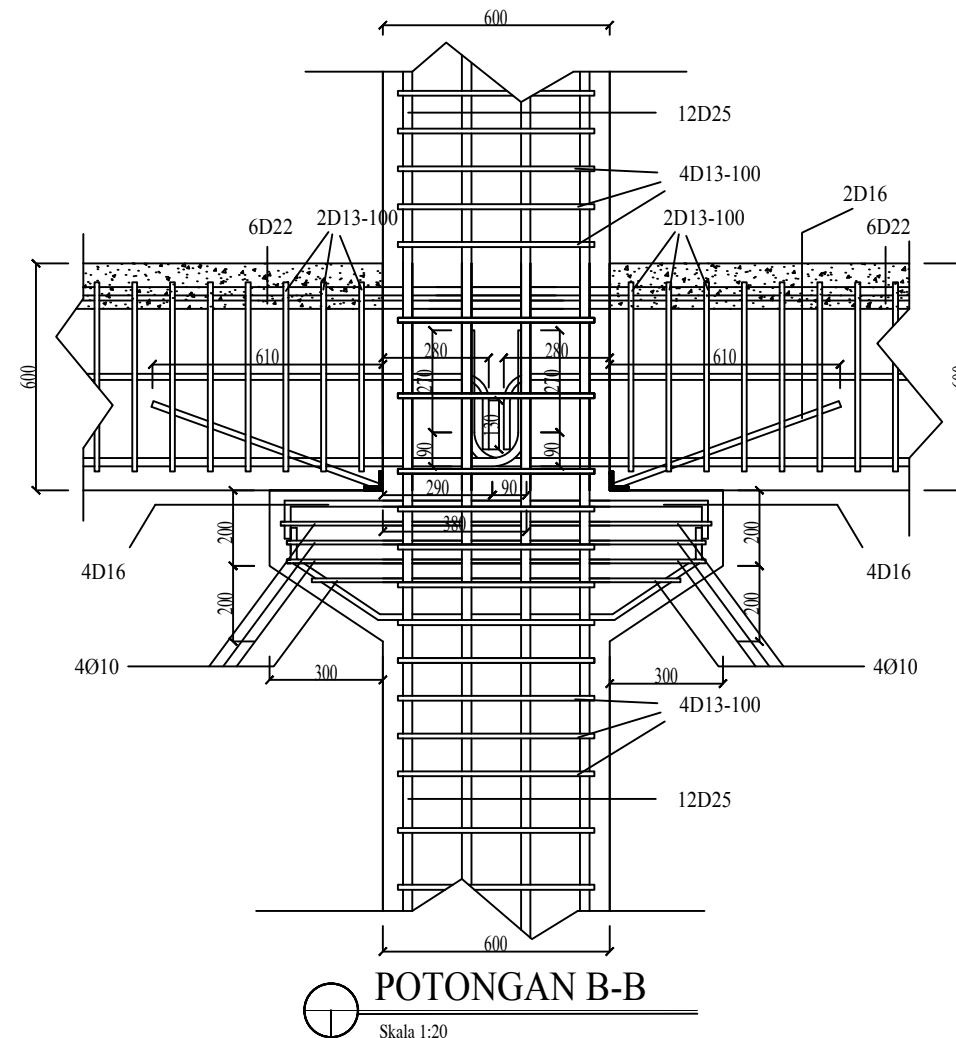
KETERANGAN : DETAIL
GAMBAR INI MERUJUK KE
GAMBAR NO 56



DETAIL SAMBUNGAN BALOK DAN KOLOM AS 2-B LT.2
Skala 1:20



POTONGAN A-A
Skala 1:20



POTONGAN B-B
Skala 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

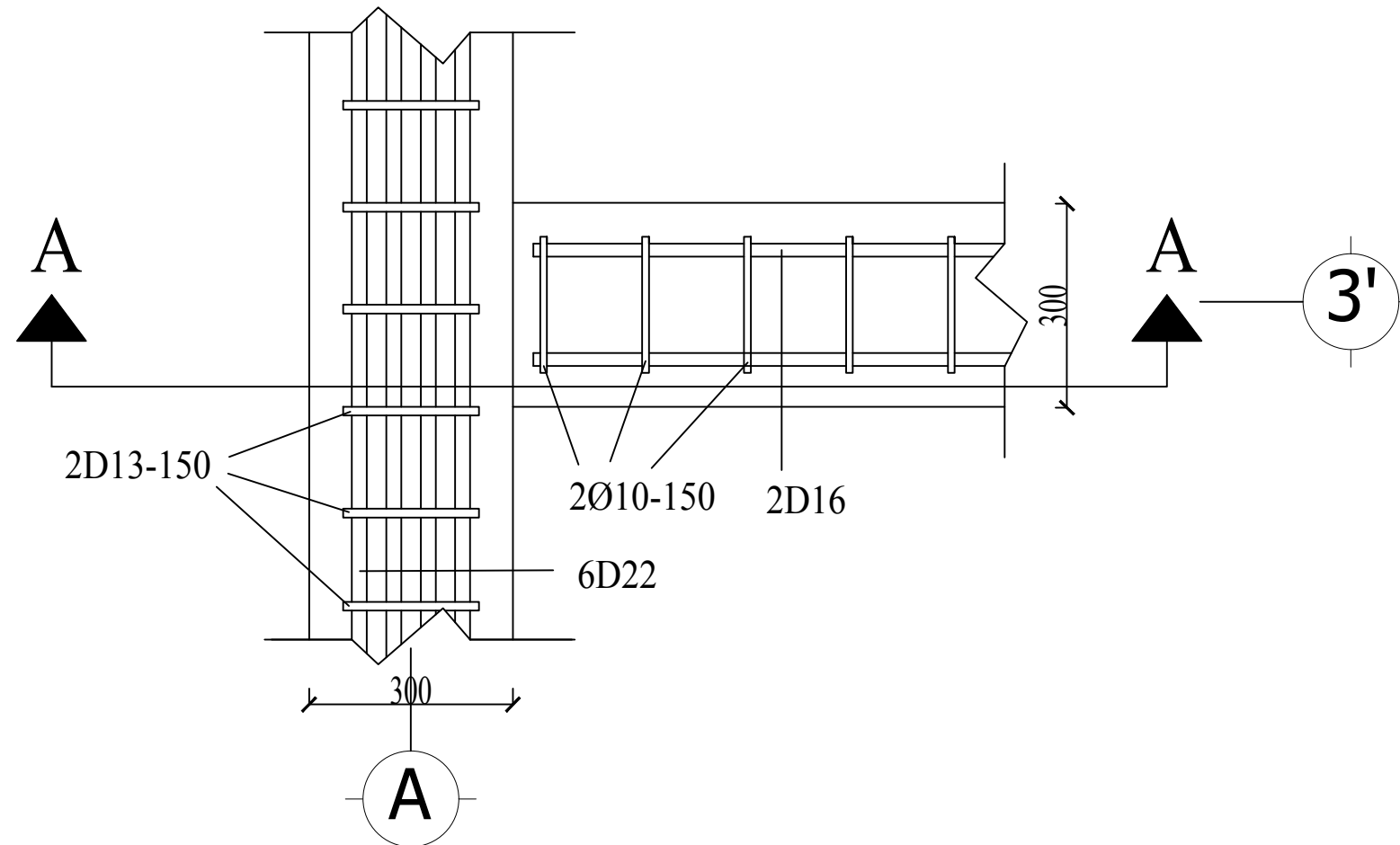
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

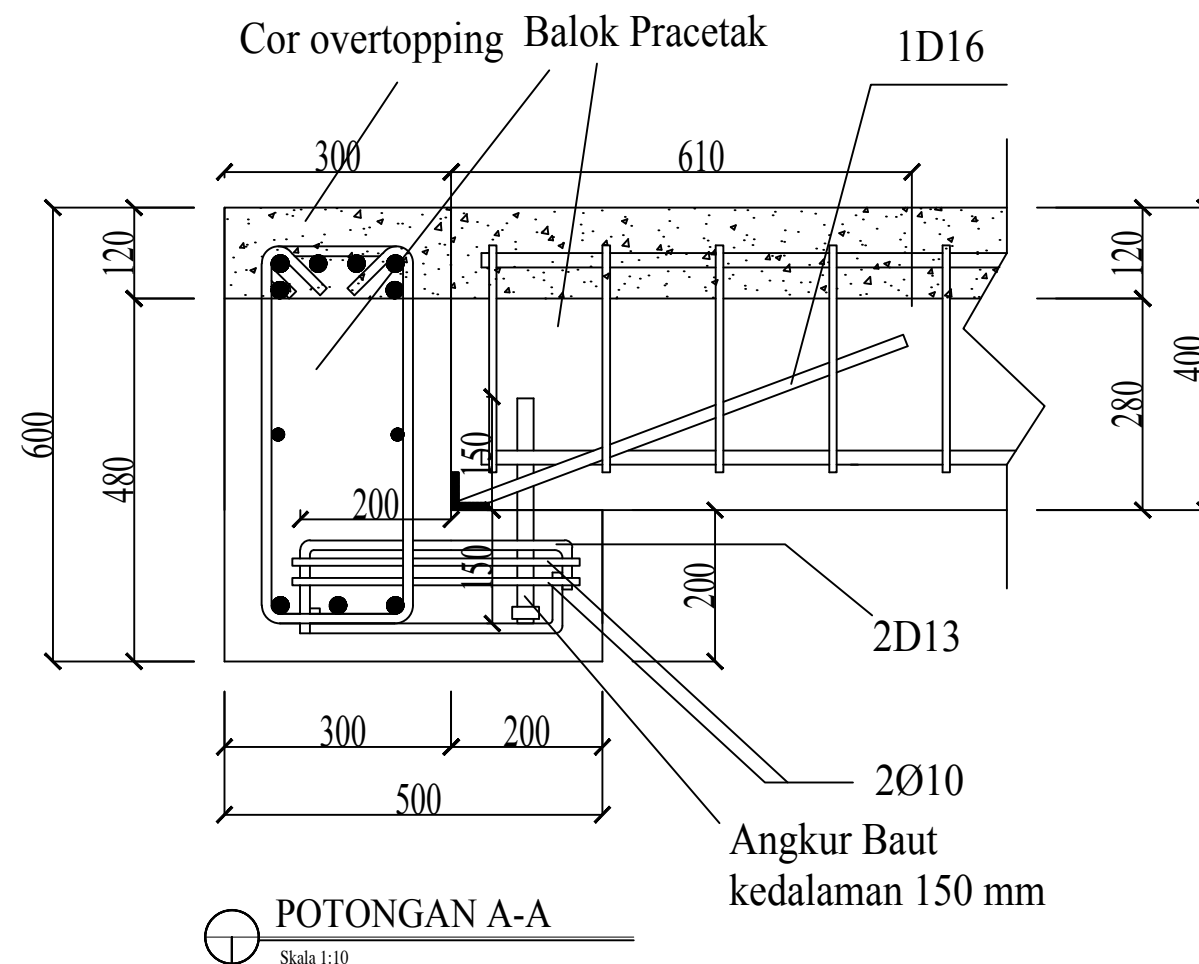
SAMBUNGAN BALOK DAN
KOLOM AS 2-B LANTAI 2

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	59	65

KETERANGAN : DETAIL
GAMBAR INI MERUJUK KE
GAMBAR NO 56



DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN DAN BALOK ANAK AS 3'-A LT.2
Skala 1:10



POTONGAN A-A
Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

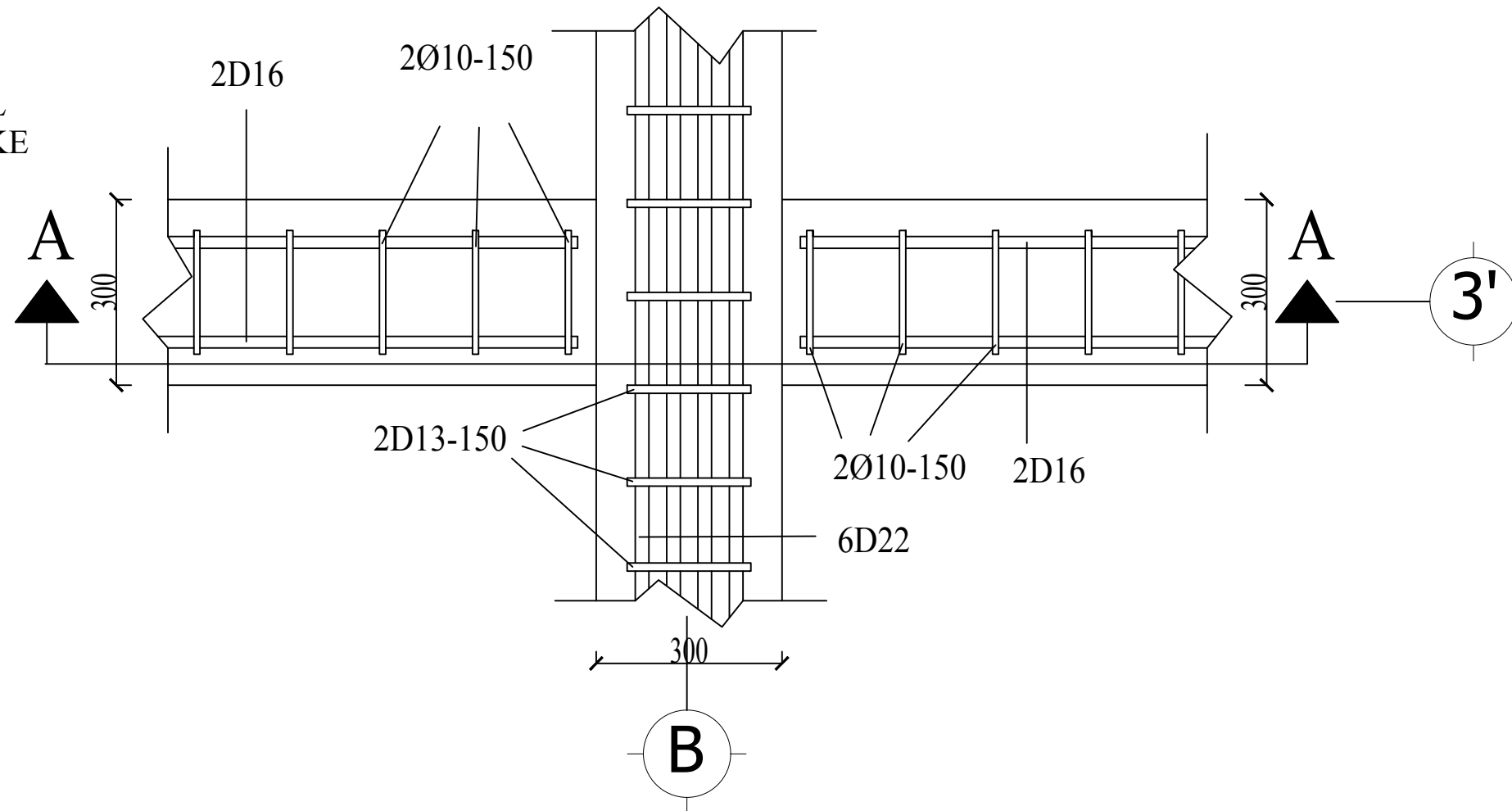
Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

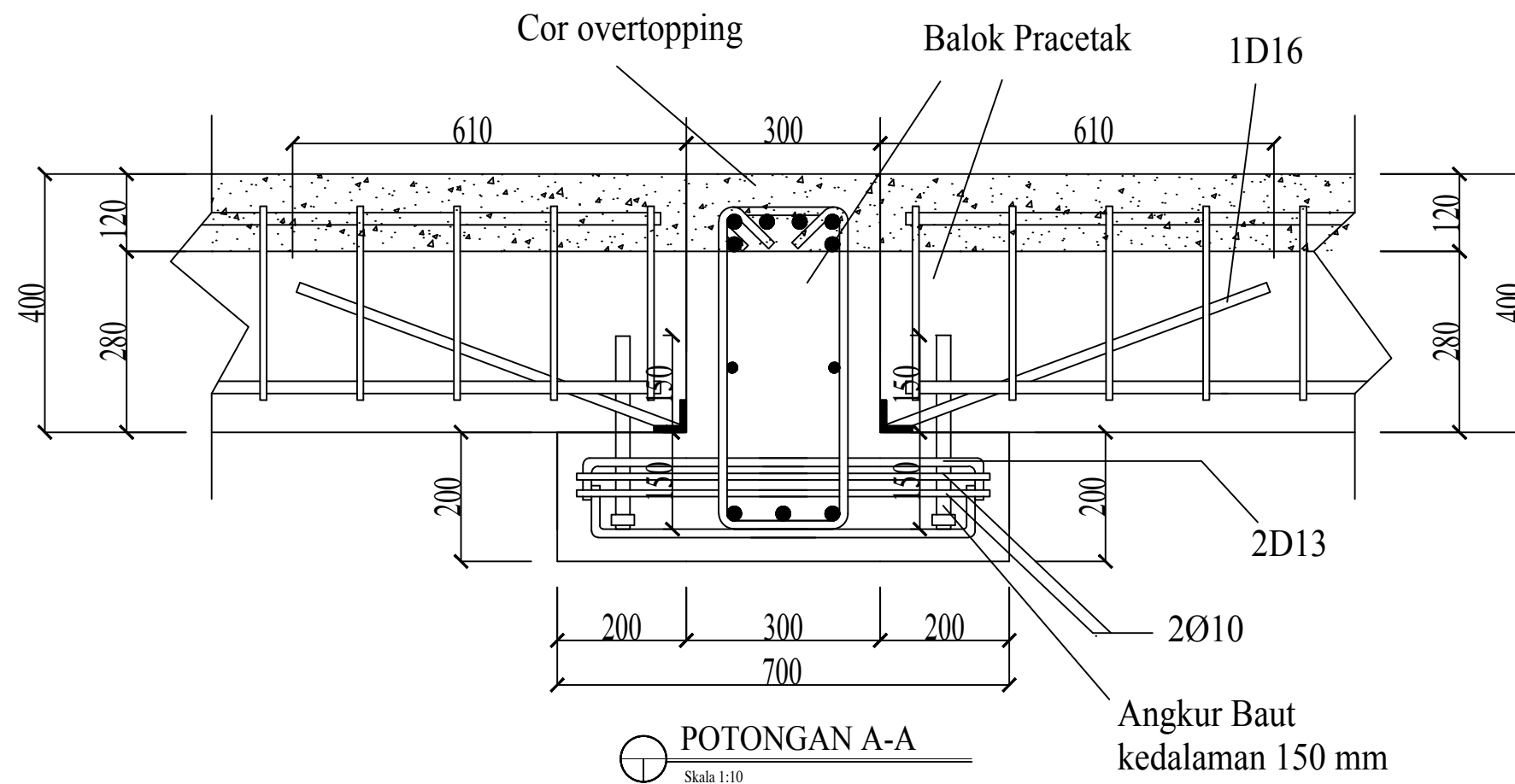
SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN
BALOK ANAK AS 3'-A LANTAI 2

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	60	65

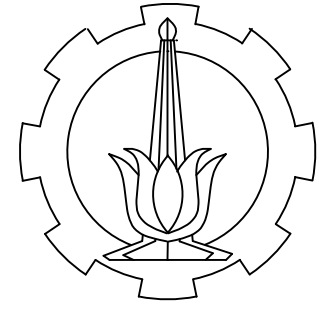
KETERANGAN : DETAIL
GAMBAR INI MERUJUK KE
GAMBAR NO 56



DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN DAN BALOK ANAK AS 3'-B LT.2
Skala 1:10



POTONGAN A-A
Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

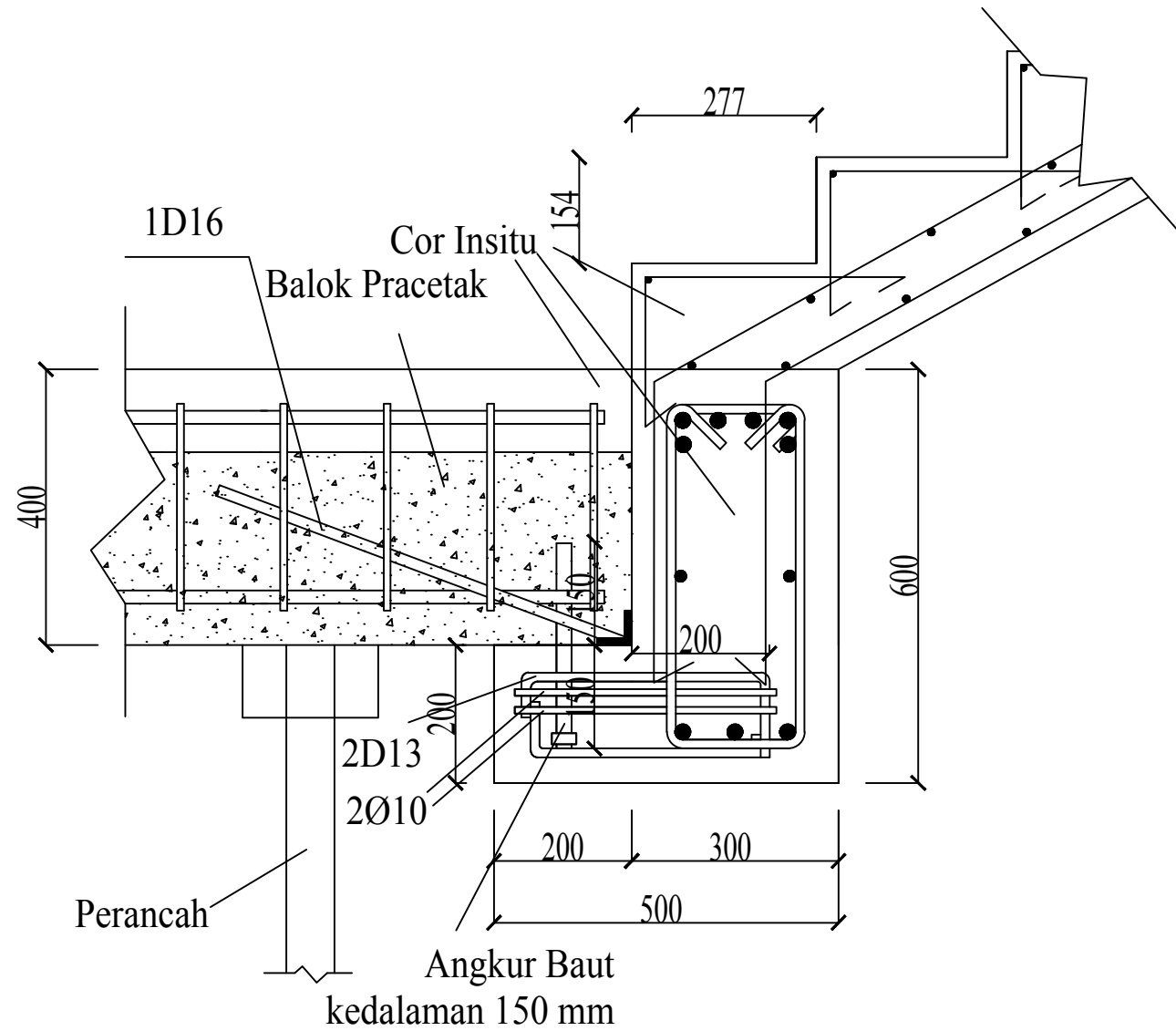
GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN
BALOK ANAK AS 3'-B LANTAI 2

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	61	65
-----	----	----

KETERANGAN : DETAIL
 GAMBAR INI MERUJUK KE
 GAMBAR NO 56



 **Sambungan Balok Anak Pracetak dan Tangga**
 Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

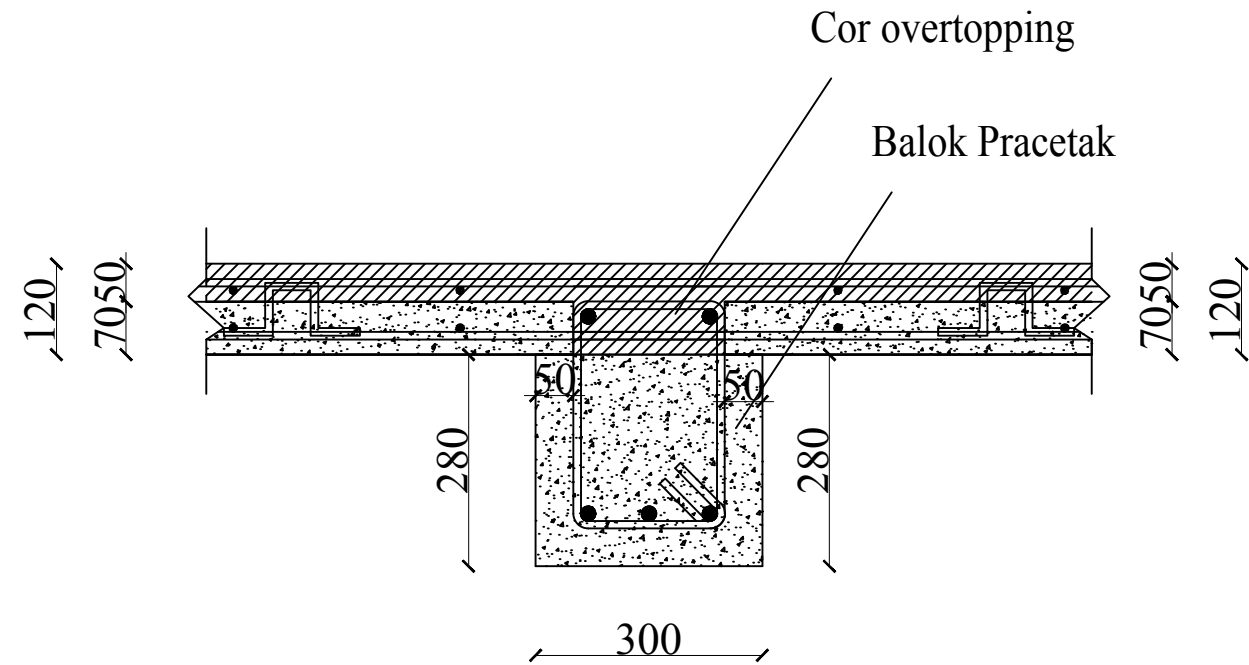
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK
 ANAK PRACETAK DAN TANGGA

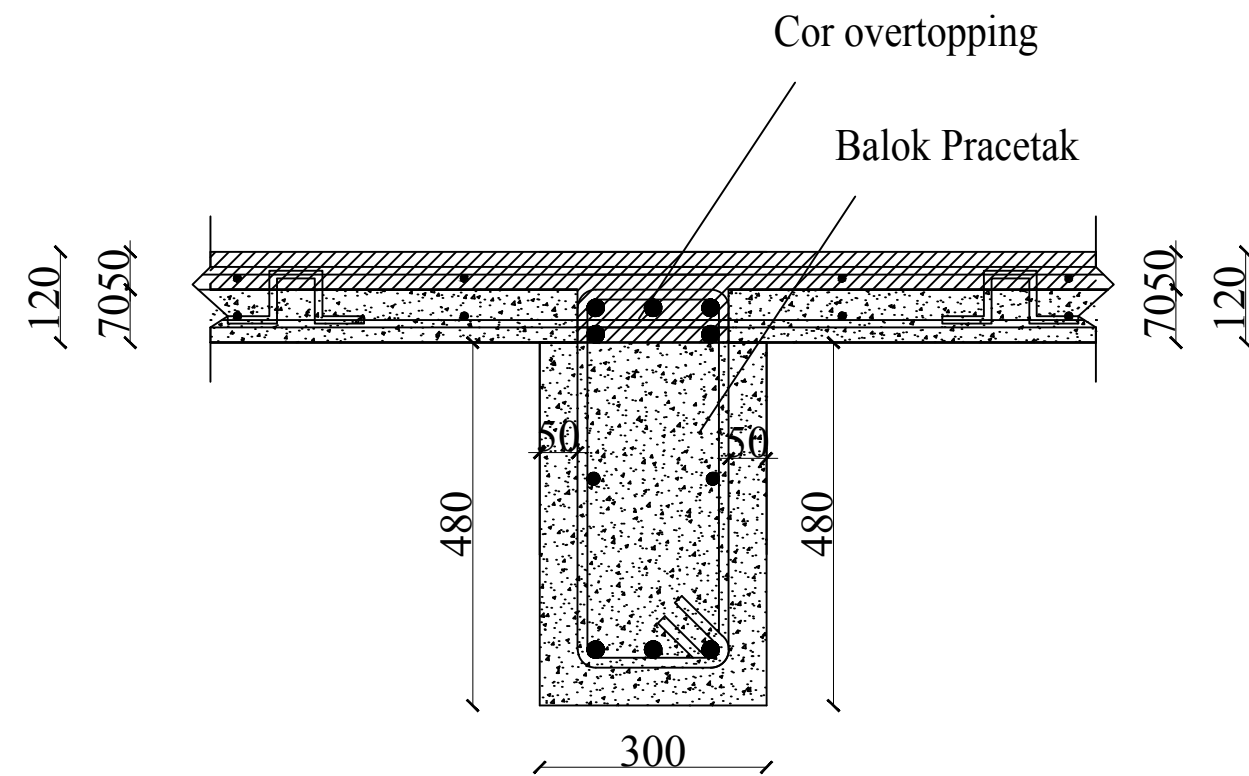
Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	62	65

KETERANGAN : DETAIL
GAMBAR INI MERUJUK KE
GAMBAR NO 56



DETAIL SAMBUNGAN PELAT DAN BALOK ANAK

Skala 1:10



DETAIL SAMBUNGAN PELAT DAN BALOK INDUK

Skala 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

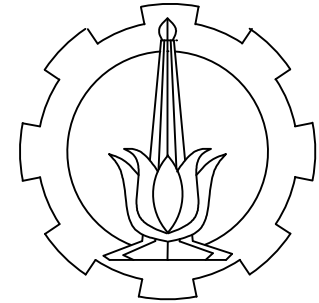
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN PELAT
DENGAN BALOK

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	62	65



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

**Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak**

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

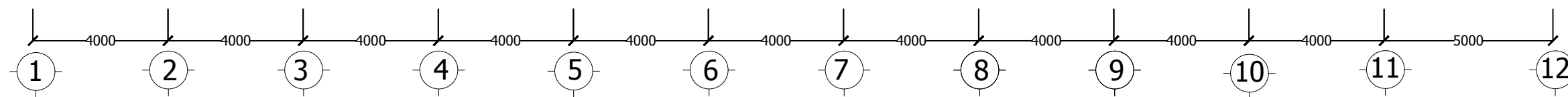
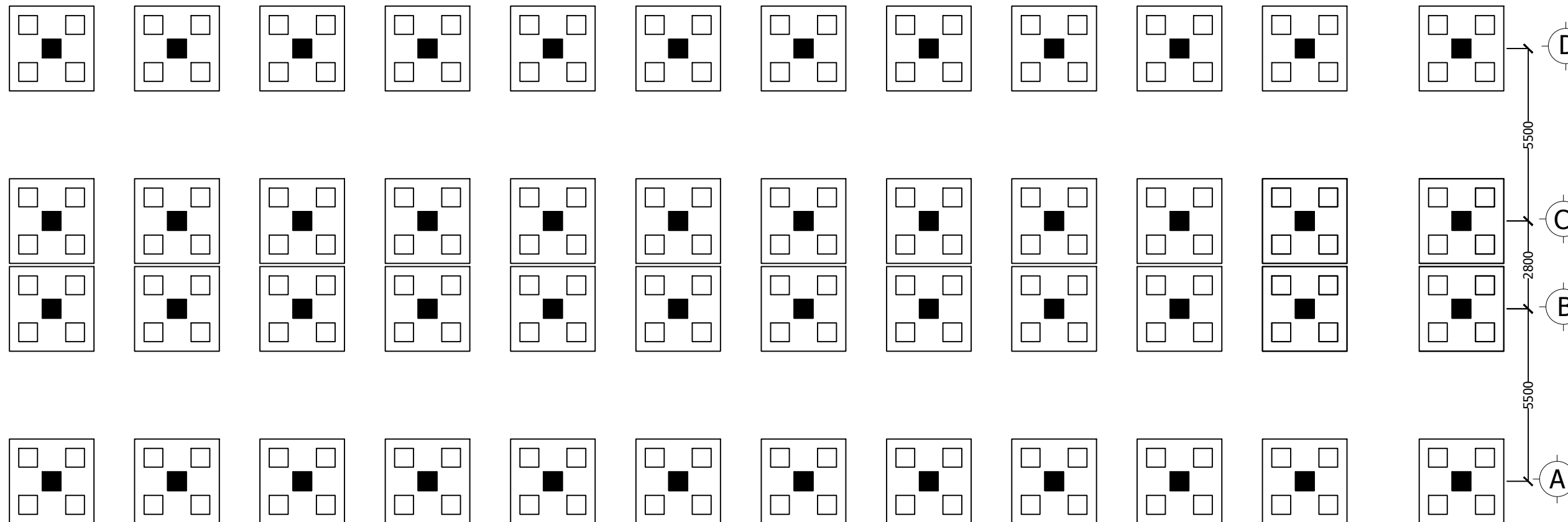
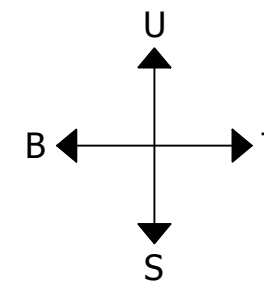
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

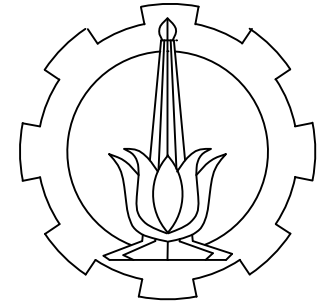
GAMBAR

DENAH SAMBUNGAN
 LANTAI 2

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	63	65



DENAH PONDASI
 Skala 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

**TUGAS AKHIR
 TERAPAN**

Perencanaan Struktur
 Gedung Asrama Lembaga
 Penjamin Mutu Pendidikan
 Jawa Timur dengan
 Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
 19840919 201504 1 001

MAHASISWA

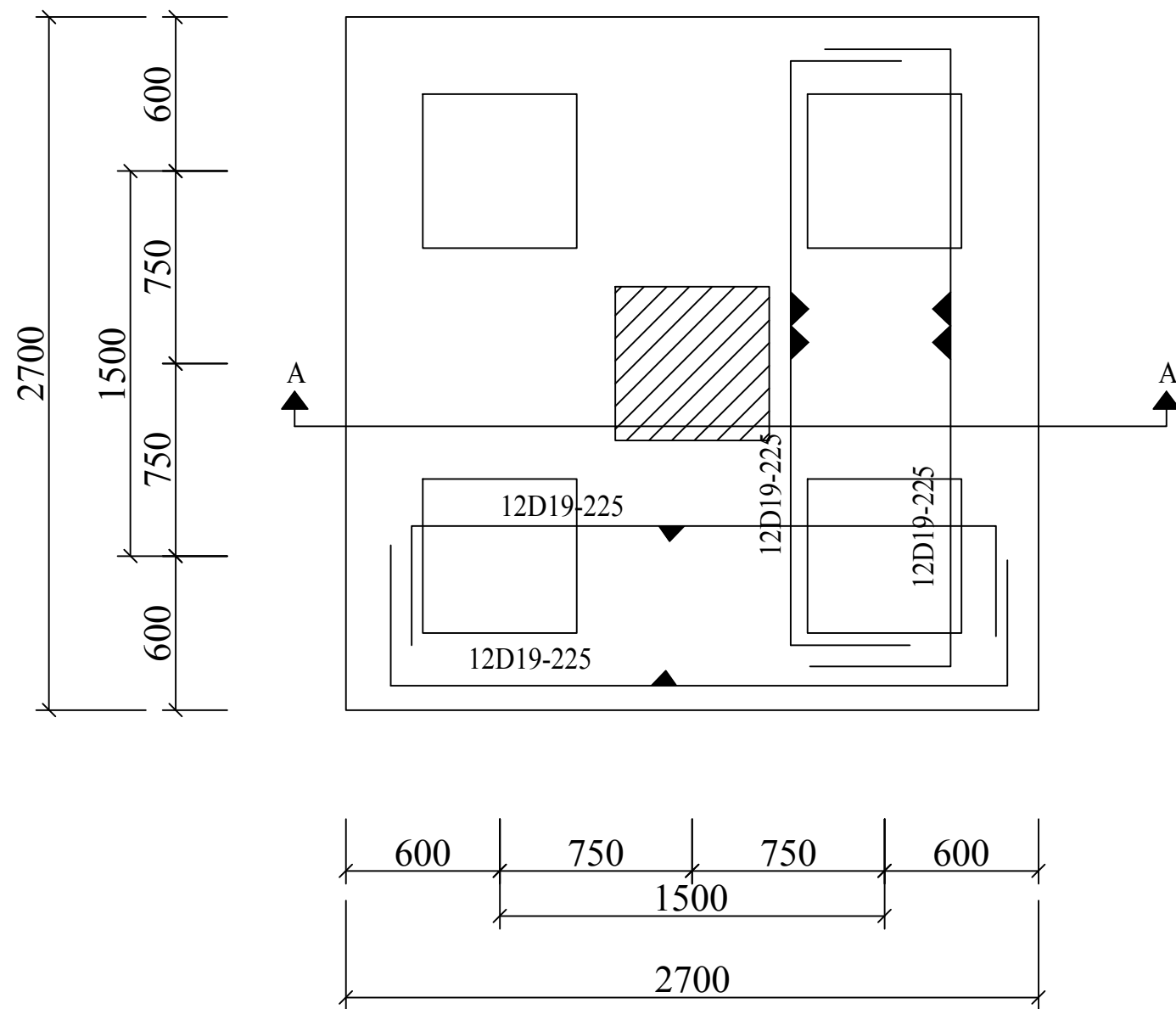
Faqih Fadilah Abdi
 10111310000064

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PILECAP

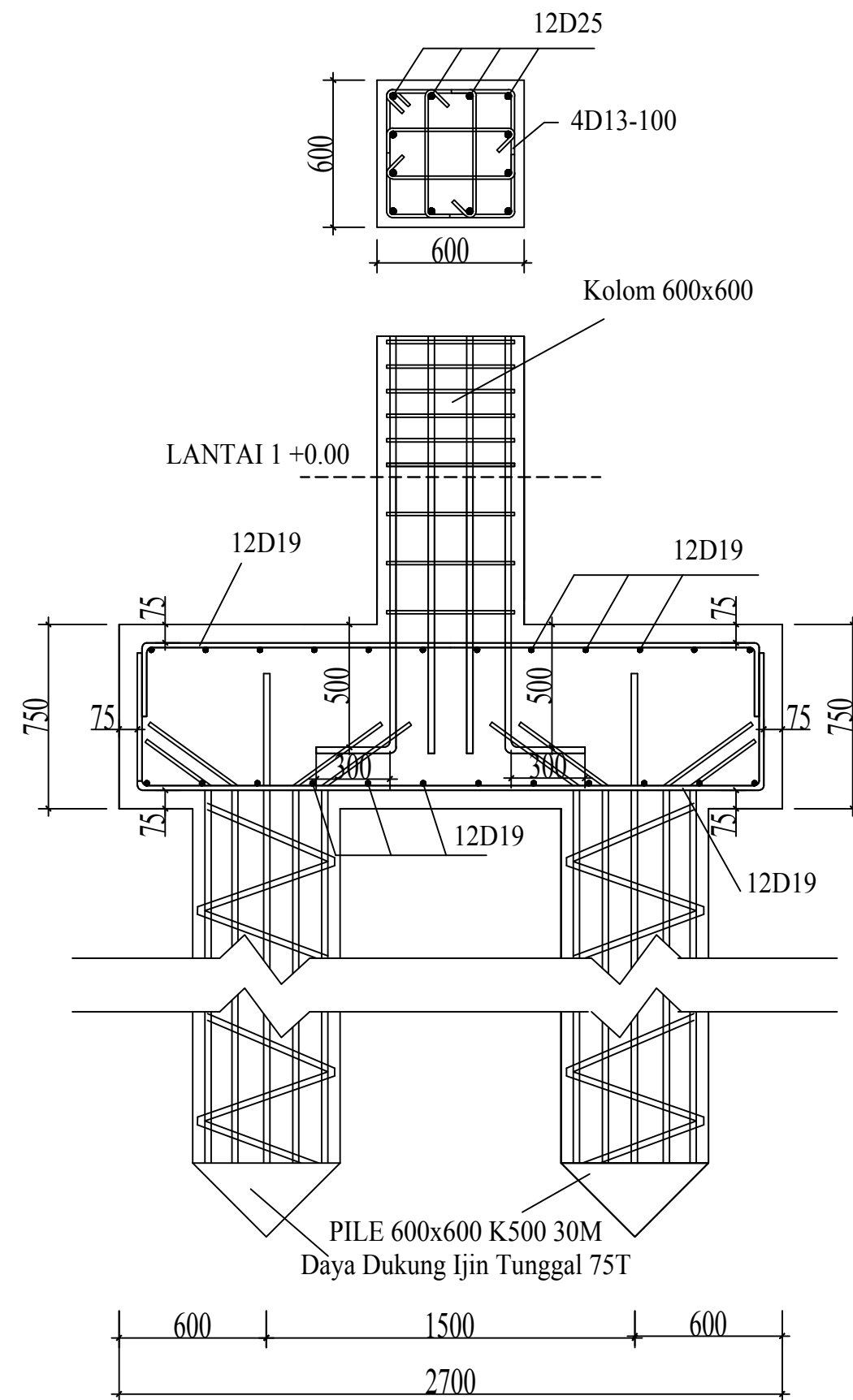
Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
------	----------	------------

STR	64	65
-----	----	----



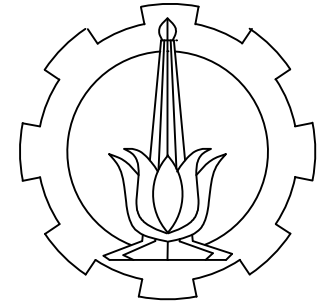
Mutu Beton : fc 40
 Mutu Baja : U39

DETAIL PENULANGAN PILECAP
 Skala 1:25



PILE 600x600 K500 30M
 Daya Dukung Ijin Tunggal 75T

POTONGAN A - A
 Skala 1:25



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

TUGAS AKHIR
TERAPAN

Perencanaan Struktur
Gedung Asrama Lembaga
Penjamin Mutu Pendidikan
Jawa Timur dengan
Metode Pracetak

DOSEN PEMBIMBING

Nur Achmad Husin, ST., MT.
19720115 199802 1 001

Afif Navir Refani, ST., MT.
19840919 201504 1 001

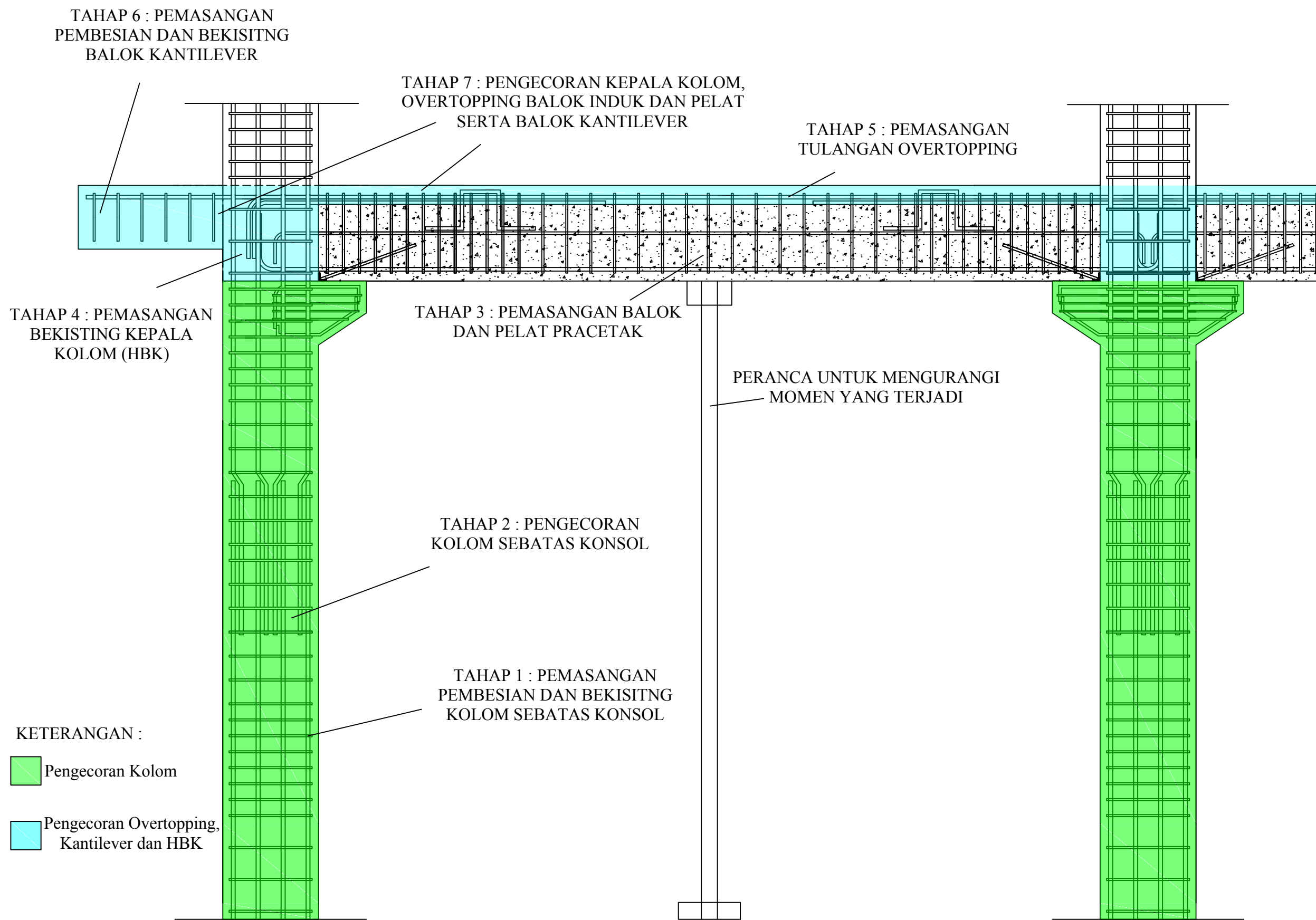
MAHASISWA

Faqih Fadilah Abdi
10111310000064

GAMBAR

METODE PELAKSANAAN

Kode	No. Gmbr	Jmlh. Gmbr
STR	65	65



METODE PELAKSANAAN
Skala 1:25