



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 146599

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL FAVE SURABAYA DENGAN METODE BETON PRACETAK

RAHMAT DWI SUTRISNO
NRP. 10111410000066

Dosen Pembimbing:
NUR ACHMAD HUSIN, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

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



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 146599

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL FAVE SURABAYA DENGAN METODE BETON PRACETAK

**RAHMAT DWI SUTRISNO
NRP. 10111410000066**

**Dosen Pembimbing:
NUR ACHMAD HUSIN, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001**

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



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 146599

STRUCTURAL DESIGN OF SURABAYA FAVE HOTEL USING PRECAST METHOD

**RAHMAT DWI SUTRISNO
NRP. 1011141000066**

**Supervisor
NUR ACHMAD HUSIN, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001**

**DIPLOMA IV OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATIONAL STUDIES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN
“PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL
FAVE SURABAYA DENGAN METODE BETON”
PRACETAK”

TUGAS AKHIR

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



RAHMAT DWI SUTRISNO

NRP. 10111410000066

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

27 JUL 2018



NURACHMAD HUSIN, ST., MT.

NIP. 197201115 199802 1 001



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 : 16 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Gedung Hotel Fave Surabaya Dengan Metode Beton Pracetak		
Nama Mahasiswa	Rahmat Dwi Sutrisno	NRP	1.011141e-013
Dosen Pembimbing 1	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none">- Gambar tulangan atas dan torsi sebelum & sesudah lempont - STR 08 23- Detail sambungan HBK - STR 018- Siku taji di ujung balok pracetak.- cek puntir saat pemasangan balok atas.- Gambar studi patok pelat	 Ir. Munarus Sluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003
<ul style="list-style-type: none">- Gambar yang menunjukkan tebal pelat pracetak.- Detail balok saat lempont ✓ ?- Kontrol balok siku bawah balok tertarik?- Sambungan tumpuan dengan balok pracetak.- Tumpuan masuk ke dalam ada. ✓- Sambungan pelat dengan balok.- Pot A-3 belum	 Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002
	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Munarus Sluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003	Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001	- NIP -



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

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

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Rahmat Dwi Sutrisno 2
 NRP : 11011410000066 2
 Judul Tugas Akhir : Perencanaan Gedung Hotel Fave Surabaya Menggunakan Metode Beton Pracetak
 Dosen Pembimbing : Nur Achmad Husin ST, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	20-02-2018	- Penampang Pakai 1/2, Penampang lebih baik besar, beban dari SISI lebih kecil dan Super lead lebih	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	06-03-2018	- Perhitungan penulangan balok menggunakan tabel dibulis referensi	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	22-03-2018	- beban pekerja dicari referensinya	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A	05-04-2018	- rasio pakai seperti lebih besar	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	12-04-2018	- cek kontrol retak, kontrol lendutan	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	02-05-2018	- Penang penyaluran	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- kombinasi pembebanan menggunakan kombinasi gempa	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Momen ditumpuan balok anak tetup	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Momen tumpuan menggunakan Momen lapangan	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- SAP Ceka di cek antara balok-korbel dengan pelat	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cek momen arah melintang dan memanjang	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cek momen max dan min pada kombinasi Gempa Diribordingkan dan	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gravitasi

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



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Rahmat Dwi Sutrisno 2
NRP : 11011410000066 2
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Gedung Habel Fave Surabaya Menggunakan Metode Beton Pracetak
Dosen Pembimbing : Nur Achmad Husin ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
7	16-Mei-2018	Rumus geser kolom - Diameter terlalu besar - Sndi pasisi gundalan 2h dan 1/4 Ln	Jura AB -	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
8	20-Mei-2018	- Sambungan balok-induk-balok anak c di pci dicari - dv minimal setengah balok yg ditumpu - relat landas tidak wajib ada - diawat animasi untuk metode pelaksanaan		Jura AB -
9	04-Juni-2018	- elevasi tulangan pada balok berbeda atau dibengkokkan - Sambungan semua Sambungan di gambar 3D - gambar detail dibenarkan - Tabel pada gambar (jumlah berat) - Jarak pada gambar dibenarkan - ar siran pada gambar - Ruffor Gambar	Jura AB -	
10	05-Juni-2018	- Jumlah tipe dihitung per lantai - Detail penulangan di hitung total lantai		Jura AB -

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

- tulangan kolom dipotong paling tidak 1/3 lantai



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

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

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

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Rahmat Puri Sutrisno 2
 NRP : 110111410000066 2
 Judul Tugas Akhir : Perencanaan Gedung Hotel Five Surabaya Mendataruban
 Metode Beton Pracetab
 Dosen Pembimbing : Nur Achmad Husin, ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
11	06 - Juni - 2018	- Sambungan balok Kalam diberi As dan denah - Gambar metode pelaksanaan - Denah Arsitek dibuat - Tulisan dibesarkan - Notes pada pelat - urutan As induk - anak pelat - elevasi kerbel	<i>Jurab</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
12	03 - Juli - 2018	- Gambar portal dibetulkan - Detail gambar diberi tabel - Detail portal merujuk pada tabel - Gambar potongan balok diberi keterangan - Gambar jangkakan tower crane diberi eransi eransi tower crane	<i>Achmad</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Terlambat dari jadwal

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL FAVE SURABAYA DENGAN METODE BETON PRACETAK

Nama Mahasiswa : Rahmat Dwi Sutrisno
NRP : 10111410000066
Jurusan : Diploma IV Departemen Teknik
Infrastruktur Sipil FV - ITS
Dosen Pembimbing : Nur Achmad Husin, ST., MT.
NIP : 19720115 199802 1 001

ABSTRAK

Bangunan gedung hotel Fave merupakan gedung beton bertulang yang terletak di kot Surabaya. Bangunan ini terdiri atas 11 lantai dengan struktur atap beton bertulang. Pada tugas akhir terapan ini akan dilakukan desain struktur hotel fave dengan menggunakan sistem struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan metode pracetak. Sistem SRPMK dipilih karena gedung ini berada pada Kategori Desain Sismik D. Sedangkan metode pracetak dipilih karena gedung memiliki lantai yang tipikal.

Desain struktur termasuk perhitungan gempa yang dilakuna akan mengacu pada peraturan yang berlaku seperti SNI dan PCI. Proses perhitungan struktur meliputi analisa pembebanan, pemodelan struktur menggunakan software SAP2000, analisa gaya dalam, perhitungan penulangan, dan pengecekan elemen-elemen struktur. Luaran yang akan dihasilkan dari desain gedung hotel fave ini adalah berupa hasil perhitungan yang meliputi detail penulangan balok, kolom, pelat dan tangga yang dituangkan ke dalam bentuk gambar teknik. Selain itu pada tugas akhir terapan ini juga dibahas langkah – langkah metode pelaksanaan beton pracetak yang digunakan pada bangunan ini.

Hasil perencanaan gedung hotel Fave ini meliputi dimensi dari setiap element struktur. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek. Berdasarkan hasil perhitungan, tebal pelat yang digunakan adalah 14 cm, dan

dimensi kolom 75x75 cm. Selain itu, dimensi balok induk dan balok anak yang digunakan masing-masing adalah 40/70 cm dan 30/50 cm,

Kata kunci: *Beton Pracetak, SRPMK, Sambungan*

STRUCTURAL DESIGN OF SURABAYA FAVE HOTEL USING PRECAST METHOD

Student Name : Rahmat Dwi Sutrisno
NRP : 10111410000066
Department : Diploma IV Civil Infrastructure
Engineering FV - ITS
Supervisor : Nur Achmad Husin, ST., MT.
NIP : 19720115 199802 1 001

ABSTRACT

The Fave hotel building is a reinforced concrete building which located in Surabaya. This building is consisting of 11 storey with reinforced concrete roof system. In this final project, the building was designed with special moment resisting frame system (SRPMK) using precast method. This system is chosen because the building is located in the Seismik Design Category D. Furthermore, the precast method is chosen because the building has a typical structural configuration for each floor.

The codes used in the structural design, including earthquake load calculation are SNI and PCI. The design steps in this final project are consist of load analysis, structural modeling using SAP 2000, structural response analysis, reinforcement calculation and final checking of all structural elements. The output of the design are the calculation result and engineering drawing of all structural elements. Moreover, this final project also discussed about step by step of precast method used in this building.

The design result of The Fave Hotel building is dimension of each structural element. Each element of precast member is connected using wet connection and short console. Based on the design calculation, the slab has 14 cm thickness and column dimension of 75 x 75 cm. Furthermore, the main and secondary beam has dimension of 40/70 cm and 30/50 cm respectively.

Key words: Precast Concrete, SRPMK, Connection

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

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

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

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

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

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

Surabaya, Juli 2018
Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	5
2.2.1 Analisa Spektrum Ragam.....	5
2.2.2 Persyaratan Gaya dan Geometri Komponen Struktur Lentur.....	6
2.2.3 Persyaratan Tulangan Lentur Komponen Struktur Lentur.....	7
2.2.4 Persyaratan Tulangan Transversal Komponen Struktur Lentur.....	8
2.2.5 Persyaratan Kuat Geser Komponen Struktur Lentur...	9
2.2.6 Persyaratan Geometri Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial.....	11

2.2.7 Persyaratan Penulangan Lentur Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial	11
2.2.8 Persyaratan Penulangan Transversal Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial	12
2.2.9 Persyaratan Kuat Geser Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial.....	14
2.2.10 Persyaratan Hubungan Balok-Kolom SRPMK	15
2.2.11 Persyaratan Penulangan Transversal pada Hubungan Balok-Kolom SRPMK	16
2.2.12 Persyaratan Kuat Geser pada Hubungan Balok-Kolom SRPMK	16
2.2.13. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik pada Hubungan Balok-Kolom SRPMK	17
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang Dibangun Menggunakan Beton Pracetak	18
2.4 Pembebanan	18
2.4.1 Beban Mati	18
2.4.2 Beban Hidup.....	18
2.4.3 Beban Angin.....	19
2.4.4 Beban Gempa	19
2.4.5 Kombinasi Pembebanan	28
2.5 Preliminary Design	28
2.5.1 Dimensi Pelat	28
2.5.2 Dimensi Balok	29
2.5.3 Dimensi Kolom	31
2.5.4 Dimensi Tangga	31
2.6 Tinjauan Elemen Pracetak	31

2.6.1 Pelat.....	31
2.6.2 Balok	34
2.7 Tipe - Tipe Sambungan Beton Pracetak	36
2.8 Tipe – Tipe Sambungan Balok ke Kolom.....	39
2.9 Tipe – Tipe Sambungan Pelat ke Pelat	41
2.10 Titik Angkat dan Sokongan	43
2.10.1 Pengangkatan Pelat Pracetak	43
2.10.2 Pengangkatan Balok Pracetak.....	44
2.11 Metode Pelaksanaan Beton Pracetak	45
BAB III METODOLOGI	49
3.1 Pengumpulan Data	50
3.2 Penentuan Kriteria Desain	50
3.3 Preliminary Desain	51
3.4 Perhitungan Beban	51
3.4.1 Beban Mati	52
3.4.2 Beban Hidup.....	52
3.4.3 Beban Angin.....	52
3.4.4 Beban Gempa	52
3.5 Pemodelan Struktur	52
3.6 Penulangan Elemen Struktur	54
3.6.1 Penulangan Lentur Pelat	54
3.6.2 Perhitungan Tulangan Susut Pelat	54
3.6.3 Kontrol Retak Pelat	54
3.6.4 Penulangan Lentur Balok	55
3.6.5 Perhitungan Tulangan Geser Balok	55
3.6.6 Kontrol Torsi Balok.....	55

3.6.7 Perencanaan Tulangan Kolom.....	56
3.6.8 Perencanaan Hubungan Balok Kolom.....	56
3.7 Kontrol Elemen Pracetak.....	57
3.7.1 Kontrol Pengangkatan.....	58
3.7.2 Kontrol Penumpukan.....	61
3.7.3 Kontrol Pemasangan.....	62
3.7.4 Kontrol Komposit.....	62
3.8 Perencanaan Sambungan.....	63
3.8.1 Sambungan Balok – Kolom.....	63
3.8.2 Sambungan Balok Induk – Balok Anak.....	65
3.8.3 Sambungan Balok – Pelat Lantai.....	66
3.8.4 Sambungan Pelat – Pelat.....	66
3.9 Metode Pelaksanaan.....	66
3.10 Gambar Desain.....	67
BAB IV PEMBAHASAN.....	69
4.1 Umum.....	69
4.1.2 Data Perencanaan.....	69
4.1.3 Pembebanan.....	69
4.1.4 Perencanaan Dimensi Balok.....	70
4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat.....	72
4.1.6 Perencanaan Dimensi Kolom.....	73
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder.....	76
4.2.1 Perencanaan Pelat.....	76
4.2.2 Perencanaan Pelat Tangga dan Pelat Bordes.....	107
4.2.2.3 Penulangan Pelat Tangga.....	109
4.2.3 Perencanaan Balok Bordes.....	116

4.2.4 Perencanaan Balok Lift.....	120
4.2.5 Perencanaan Balok Anak.....	128
4.3 Permodelan Struktur.....	158
4.3.1. Umum.....	158
4.3.2 Data Perencanaan.....	158
4.3.3 Pembebanan Struktur.....	159
4.3.4 Kombinasi Pembebanan.....	159
4.3.5 Analisa Beban Gempa.....	160
4.3.5.2. Parameter Percepatan Respons Spektral.....	162
4.3.6. Pembebanan Gempa Dinamis.....	164
4.3.7. Kontrol Desain.....	165
4.4. Perencanaan Struktur Utama.....	173
4.4.1. Perencanaan Balok Induk.....	173
4.4.2. Perencanaan Kolom.....	214
4.4.3. Desain Hubungan Balok Kolom.....	221
4.5 Perencanaan Sambungan.....	223
4.5.1 Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom.....	223
4.5.2 Perencanaan Sambungan Balok Anak dan Balok Induk.....	229
4.5.3 Perencanaan Sambungan Pelat dan Balok.....	237
4.6 Metode Pelaksanaan.....	239
BAB V PENUTUP.....	245
5.1 Kesimpulan.....	245
5.2 Saran.....	246
DAFTAR PUSTAKA.....	247
LAMPIRAN.....	249

BIODATA PENULIS259

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh Sengkang Tertutup yang Dipasng Bertumpuk	9
Gambar 2.2. Tulangan transversal pada kolom.....	13
Gambar 2.3. Luas Penampang Efektif	17
Gambar 2.4. Peta untuk Ss	23
Gambar 2.5. Peta untuk S1	23
Gambar 2.6. Pelat Hollow Core.....	32
Gambar 2.7. Pelat T.....	32
Gambar 2.8. Pelat Komposit	33
Gambar 2.9. Sketsa <i>Shear Connector</i> Pelat Pracetak.....	34
Gambar 2.10. <i>Rectangular Beam</i>	35
Gambar 2.11. <i>Ledger Beam</i>	35
Gambar 2.12. <i>Inverted Tee Beam</i>	35
Gambar 2.13. Sambungan Cor <i>In - Situ</i>	37
Gambar 2.14. Sambungan Las.....	38
Gambar 2.15. Sambungan Baut.....	38
Gambar 2.16. Sambungan Billet.....	39
Gambar 2.17. Sambungan Pelat	40
Gambar 2.18. Sambungan Korbél	41
Gambar 2.19. Sambungan Loop	42
Gambar 2.20. Sambungan Menerus.....	42
Gambar 2.21. Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	43
Gambar 2.22. Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)	44
Gambar 2.23. Pengangkatan Balok Precast	45
Gambar 2.24. Metode Konstruksi Arah Vertikal	47
Gambar 2.25. Metode Konstruksi Arah Horizontal	48
Gambar 3.1. Diagram Alir.....	50
Gambar 3.2. Permodelan Struktur Kondisi Eksisting Bangunan	53
Gambar 3.3. Diagram Alir Perhitungan Penulangan Komponen Lentur.....	54
Gambar 3.4. Diagram Alir Kontrol Elemen Pracetak	58
Gambar 3.5. Pengangkatan Elemen Pelat Pracetak dengan 4 buah titik angkat.....	59

Gambar 3.6. Pengangkatan Elemen Balok Pracetak dengan 2 buah titik angkat	60
Gambar 3.7. Penumpukan dengan 2 Titik Tumpu	61
Gambar 3.8. Penumpukan dengan 3 Titik Tumpu	61
Gambar 3.9. Kontrol Pemasangan	62
Gambar 3.10. Kontrol Komposit	63
Gambar 3.11. (a) Sambungan Balok – Kolom, (b) Detail Tulangan Sambungan Balok – Kolom.....	64
Gambar 3.12. Parameter geometri konsol pendek	65
Gambar 3.13. Sambungan balok induk dengan balok anak	65
Gambar 3.14. Sambungan balok induk dengan pelat.....	66
Gambar 4.1. Luas Tributary Kolom	74
Gambar 4.2 Pelat Tipe P2 (320 x 720 cm)	78
Gambar 4.3 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)	82
Gambar 4.4 Pengangkuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak.....	91
Gambar 4.5 Denah tangga	108
Gambar 4.6 Denah Lift.....	122
Gambar 4.7 Denah Pembebanan Lift.....	123
Gambar 4.8 Denah Balok Anak.....	129
Gambar 4.9 Pengangkuran Tulangan Angkat Balok Anak Pracetak	153
Gambar 4.10 Peta untuk Ss	160
Gambar 4.11Peta untuk S1	161
Gambar 4.12 Percepatan Respons Spektral	163
Gambar 4.13 Periode Bangunan Hasil SAP	167
Gambar 4.14Perencanaan Balok.....	174
Gambar 4.15 Pengangkuran Tulangan Angkat Balok Induk Pracetak.....	209
Gambar 4.16 Kolom yang Direncanakan	215
Gambar 4.17 Hasil PCA-COL.....	217
Gambar 4.18 Geometrik Konsol Pendek	224
Gambar 4.19 Detail Tulangan dengan Kait	227
Gambar 4.20 Rencana Tulangan pada Balok Induk.....	227
Gambar 4.21 Jarak Angkur pada Balok Induk.....	233
Gambar 4.22 Rencana Tulangan pada Balok Anak	235

Gambar 4.23 Tumpuan Pelat pada Balok	238
Gambar 4.24 Pengerjaan Kolom	241
Gambar 4.25 Instalasi Elemen.....	242
Gambar 4.26 Pemasangan Sambungan.....	243
Gambar 4.27 Pengecoran Topping	244

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Faktor Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	6
Tabel 2.2. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa.....	20
Tabel 2.3. Faktor Keutamaan Gempa.....	23
Tabel 2.4. Klasifikasi Situs Tanah.....	24
Tabel 2.5. Koefisien Situs Fa.....	25
Tabel 2.6. Koefisien Situs Fv.....	25
Tabel 2.7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek.....	26
Tabel 2.8. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik.....	27
Tabel 2.9. Tebal Minimum Pelat dan Balok.....	30
Tabel 4.1. Dimensi Balok Induk.....	71
Tabel 4.2. Dimensi Balok Anak.....	72
Tabel 4.3 Tulangan Terpasang pada Pelat.....	107
Tabel 4.4 Spesifikasi Lift.....	121
Tabel 4.5 Tulangan Terpasang Balok Anak.....	158
Tabel 4.6 Koefisien Situs Fa.....	161
Tabel 4.7 Koefisien Sits Fv.....	162
Tabel 4.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek.....	163
Tabel 4.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik.....	163
Tabel 4.10 Partisipasi Massa Ragam.....	165
Tabel 4.11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	166
Tabel 4.12 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung.....	167
Tabel 4.13 Berat Total Bangunan.....	168
Tabel 4.14 Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>).....	169
Tabel 4.15 Mpr pada Balok induk.....	196
Tabel 4.16 Tulangan Terpasang pada Balok Induk.....	213
Tabel 4.17 <i>Required Development Lengths</i>	228
Tabel 4.18 <i>Required Development Lengths</i>	236

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode pracetak merupakan metode pelaksanaan dimana pada metode ini beton dicetak terlebih dahulu dengan ukuran yang telah ditentukan sehingga dapat mempercepat pekerjaan konstruksi. Menurut Kepala Badan Pembinaan Konstruksi Kementerian PU, teknologi beton pracetak dan prategang dapat menjawab kebutuhan produksi masal dan cepat serta mutu tetap dipertanggung jawabkan (Tjitrosoma, 2012).

Metode pracetak memiliki beberapa kelebihan antara lain kecepatan pelaksanaan, kontrol kualitas berupa dimensi dan mutu material lebih akurat, kemudahan dalam pelaksanaan dan tidak membutuhkan tempat penyimpanan yang luas (Ervianto,2006). Dengan kelebihan tersebut maka semakin banyak penggunaan metode pracetak pada pembangunan konstruksi di Indonesia terutama penggunaan metode pracetak pada struktur lantai gedung tinggi yang memiliki elemen-elemen dengan ukuran yang tipikal. Akan tetapi, dalam penggunaan metode pracetak ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain perlunya pendetailan pada sambungan antar komponen pracetak dimana komponen-komponen pracetak harus dicetak secara akurat agar penyambungan antar komponen pracetak tidak menjadi masalah. Selain itu proses pengangkutan dan pemasangan juga harus diperhatikan sehingga struktur pracetak dapat bekerja secara maksimal dan tidak terjadi kerusakan pada beton pracetak.

Hotel Fave merupakan salah satu bangunan tinggi yang terletak di Jl. Raya Kali Rungkut No. 23-25, Kali Rungkut, Rungkut, Surabaya. Hotel ini memiliki 11 lantai dengan tipe lantai yang tipikal sehingga terdapat elemen yang dimensinya sama antara satu lantai dengan lantai yang lainnya seperti elemen balok dan pelat. Dengan melihat latar belakang diatas makatugas akhir terapan ini mengangkat judul “Perencanaan Gedung Hotel Fave Surabaya Dengan Metode Beton Pracetak”. Gedung ini akan

dimodifikasi menggunakan beton pracetak pada elemen pelat dan balok.

Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem ini digunakan berdasarkan data tanah yang didapatkan dan melakukan perhitungan kategori desain seismik sesuai SNI 1726-2012. Berdasarkan perhitungan kategori desain seismik diperoleh kategori desain seismik D, dimana berdasarkan SNI 1726-2012 kriteria desain yang sesuai dengan kategori desain seismik D adalah sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus.

Desain struktur termasuk perhitungan gempa yang dilakukan akan mengacu pada peraturan yang berlaku seperti SNI dan PCI. Proses perhitungan struktur meliputi analisa pembebanan, pemodelan struktur menggunakan *software* SAP2000, analisa gaya dalam, perhitungan penulangan, dan pengecekan elemen-elemen struktur. Luaran yang akan dihasilkan dari desain gedung hotel fave ini adalah berupa hasil perhitungan yang meliputi detail penulangan balok, kolom, pelat dan tangga yang kemudian akan dituangkan ke dalam bentuk gambar teknik. Selain itu pada tugas akhir terapan ini juga akan dibahas metode pelaksanaan dengan beton pracetak antara elemen balok dan kolom.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul pada metode beton pracetak ini antara lain:

1. Bagaimana perhitungan struktur gedung menggunakan metode beton pracetak ?
2. Bagaimana detail sambungan pada pelat pracetak dan balok pracetak ?
3. Bagaimana metode pelaksanaan penyambungan antar komponen pelat pracetak, balok pracetak dan kolom ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini antara lain:

1. Menghasilkan perhitungan struktur gedung menggunakan metode pracetak.
2. Menghasilkan detail sambungan pada pelat dan balok pracetak.
3. Mendapatkan detail metode pelaksanaan penyambungan antar komponen balok pracetak dan kolom.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan yang diberikan pada tugas akhir ini antara lain:

1. Perencanaan menggunakan beton pracetak biasa (*non prestressed*).
2. Komponen struktur yang menggunakan beton pracetak adalah pelat dan balok.
3. Tidak meninjau analisa biaya (RAB).
4. Tidak meninjau lama pekerjaan konstruksi.
5. Tidak menghitung pondasi.
6. Perencanaan tidak termasuk sistem utilitas, kelistrikan, dan sanitasi.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari perencanaan ini adalah :

1. Memahami perancangan dengan metode beton pracetak pada struktur gedung bertingkat.
2. Dapat merancang detail sambungan pracetak.
3. Menambah wawasan khususnya bagi penulis tentang metode beton pracetak (*precast*).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton pracetak adalah beton yang proses pengecorannya dan perawatannya dilakukan di lokasi yang bukan tempat akhirnya (Elliot, 2002). Menurut SNI-2847-2013, beton pracetak adalah elemen struktur yang dicetak ditempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur.

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

SNI 1726-2012 telah mengatur bahwa suatu bangunan gedung harus memiliki sistem struktur yang sesuai dengan kategori desain seismik (KDS). Untuk bangunan dengan kategori desain seismik B, C, D, E dan F, sistem struktur yang digunakan adalah system rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Namun, Tabel 9 SNI 1726-2012 mengatur lebih detail terkait penggunaan system struktur untuk suatu KDS tertentu. Hal ini diperlihatkan pada Tabel 2.1 dimana pada umumnya untuk kategori B menggunakan sistem struktur rangka pemikul momen biasa (SRPMB) dan kategori C menggunakan sistem struktur rangka pemikul momen menengah (SRPMM). Adapun persyaratan untuk SRPMK akan dibahas pada sub-bab berikut.

2.2.1 Analisa Spektrum Ragam

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.2 besarnya gaya gempa merupakan pembagian nilai spektrum respon dengan (R/I_e). Dimana pada sistem struktur rangka pemikul momen khusus yang memiliki nilai faktor modifikasi respon $R = 8$ menurut SNI 1726-2012 tabel 9 memiliki gaya geser gempa yang lebih kecil dari sistem rangka yang lainnya.

Tabel 2.1. Faktor Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya selamik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kual- lebih sistem, Ω_g^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan bafasaan tinggi struktur, h_n (m) ^c					
				Kategori desain selamik					
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e	F ^e
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2%	2%	2%	TB	TB	10	TB	TB	
25. Rangka baja dengan bresing terkeang temadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	48	48	30	
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30	
C. Sistem rangka pemikul momen									
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5%	TB	TB	48	30	Ti	
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4%	3	4	TB	TB	10 ^d	Ti ^f	Ti ^f	
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3%	3	3	TB	TB	Ti ^f	Ti ^f	Ti ^f	
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	Ti	Ti	Ti	
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	Ti	Ti	Ti	Ti	
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB	
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	Ti	Ti	Ti	
10. Rangka baja dan beton komposit terkeang parsial pemikul momen	6	3	5%	48	48	30	Ti	Ti	
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	Ti	Ti	Ti	Ti	
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3%	3 ^a	3%	10	10	10	10	10	

2.2.2 Persyaratan Gaya dan Geometri Komponen Struktur Lentur

Komponen struktur lentur didefinisikan sebagai komponen struktur dimana gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur (P_u) tidak boleh melebihi $A_g f_c' / 10$ (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1.1) dengan A_g adalah luas penampang komponen struktur. Untuk persyaratan geometri yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

1. Bentang bersih untuk komponen struktur (l_n) $< 4 \times$ tinggi efektifnya (d). (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1.2)
2. Lebar komponen, (b_w) $> 0,3$ tinggi komponen struktur (h) dan 250 mm. (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1.3)
3. Lebar komponen struktur, (b_w) $< c + 2 \times (0,75$ tinggi komponen struktur (h)). Dimana c adalah lebar kolom (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1.4)

2.2.3 Persyaratan Tulangan Lentur Komponen Struktur Lentur

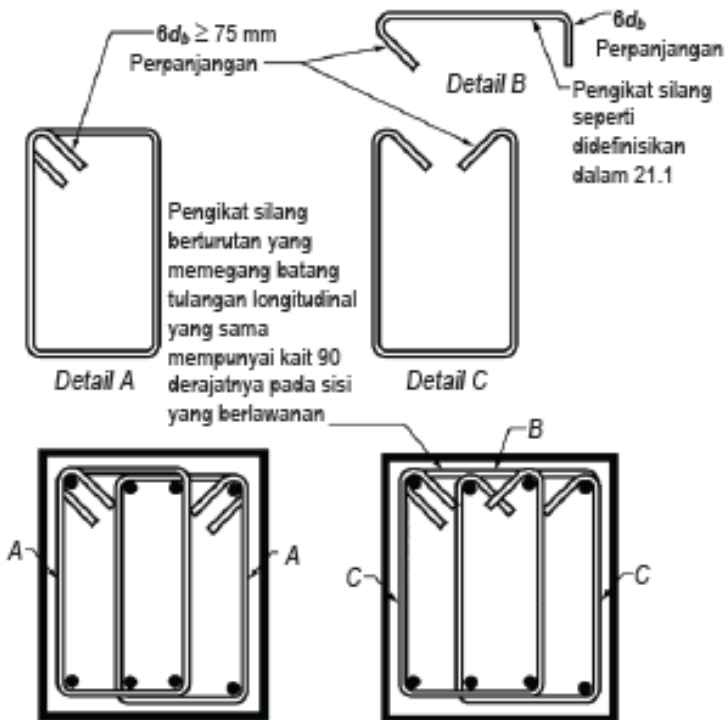
Persyaratan untuk tulangan lentur yang perlu diperhatikan pada struktur SRPMK antara lain:

1. Luas tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari luas tulangan minimum yaitu $A_{s,min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \times b_w \times d$ dan tidak lebih kecil $\frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$. (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1)
2. Rasio tulangan, (ρ) < 0,025. (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1)
3. Minimum dua batang tulangan harus dipasang menerus pada kedua sisi atas dan bawah. (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.1)
4. $M_{muka\ joint}^+ > \frac{1}{2} M_{muka\ joint}^-$ (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2)
5. $M_{sebarang\ penampang}^{+/-} > \frac{1}{4} M_{maks\ salah\ satu\ muka\ joint}$ (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2)
6. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan:
 - (a) Dalam joint;
 - (b) Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka joint;
 - (c) Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka. (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.3)

2.2.4 Persyaratan Tulangan Transversal Komponen Struktur Lentur

Tulangan transversal pada komponen lentur dibutuhkan untuk menahan geser. Adapun persyaratan yang perlu diperhatikan dalam struktur SRPMK antara lain:

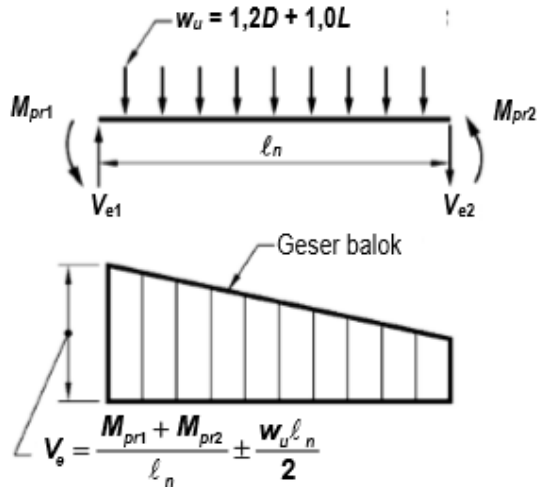
1. Sengkang tertutup harus dipasang pada daerah berikut :
 - (a) $2h$ diukur dari muka tumpuan;
 - (b) Sepanjang daerah $2h$ pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis. (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.1)
2. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari:
 - (a) $d/4$;
 - (b) $6 \times$ diameter terkecil batang tulangan lentur utama (D);
 - (c) 150 mm(SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.2)
3. Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari $d/2$ sepanjang bentang komponen struktur. (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.4)
4. Sengkang atau pengikat yang diperlukan untuk menahan geser harus dipasang sepanjang bentang komponen struktur (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.5)
5. Tulangan sengkang tertutup dapat dipasang sebagai tulangan tunggal atau bertumpuk di mana, sengkang tertutup yang dipasang bertumpuk memanfaatkan tulangan pengikat silang. (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.6)



Gambar 2.1. Contoh Sengkang Tertutup yang Dipasng Bertumpuk

2.2.5 Persyaratan Kuat Geser Komponen Struktur Lentur

Gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka tumpuan. (SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.1)



Dimana:

V_e = Gaya geser ultimit balok akibat gempa

M_{pr1} = Moment pada perletakan 1 akibat goyangan ke kiri (atau kanan)

M_{pr2} = Moment pada perletakan 2 akibat goyangan ke kiri (atau kanan)

w_u = Gaya akibat beban gravitasi

l_n = Panjang bentang bersih balok

Momen ujung M_{pr} dihitung berdasarkan tegangan tarik baja sebesar $1,25 f_y$. Tulangan transversal yang ditempatkan sepanjang $2h$, harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ selama:

(a) $V_e \geq \frac{1}{2} V_{maks}$

(b) $P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20}$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.5.4.2)

2.2.6 Persyaratan Geometri Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial

Komponen struktur yang didefinisikan pada sub-bab ini adalah komponen struktur kolom yang menerima kombinasi lentur dan beban aksial. Dimana gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur (P_u) tidak boleh melebihi $A_g f_c / 10$ (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1) dengan A_g adalah luas penampang komponen struktur. Untuk persyaratan geometri yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

1. Dimensi terkecil ≥ 300 mm. (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1.1)
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus $\geq 0,4$. (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1.2)

2.2.7 Persyaratan Penulangan Lentur Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial

Persyaratan untuk tulangan lentur yang perlu diperhatikan pada struktur SRPMK antara lain:

1. Kuat lentur minimum kolom harus memenuhi $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$ dimana ΣM_{nc} adalah Momen kapasitas kolom ΣM_{nb} adalah Momen kapasitas balok (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2.2)
2. Luas tulangan memanjang (A_{st}) $\geq 0,01$ luas penampang dan (A_{st}) $\leq 0,06$ luas penampang. (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1)
3. Pada kolom dengan sengkang tertutup bulat, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6. (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.2)
4. Sambungan lewatan hanya diizinkan dalam setengah pusat panjang komponen struktur, harus didesain sebagai sambungan lewatan tarik, dan harus dilingkupi dalam tulangan transversal. (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.3)

2.2.8 Persyaratan Penulangan Transversal Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial

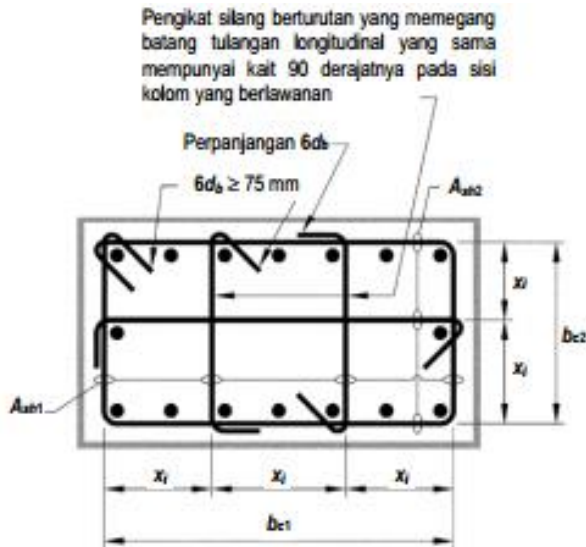
Persyaratan untuk tulangan transversal yang perlu diperhatikan pada struktur SRPMK antara lain:

1. Tulangan transversal dipasang sepanjang sendi plastis yang tekecil dari:
 - (a) Tinggi komponen struktur pada muka joint;
 - (b) $\frac{1}{6} l_{n_{kolom}}$ dimana l_n adalah bentang bersih komponen struktur;
 - (c) 450 mm
(SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.1)
2. Spasi tulangan transversal pada sendi plastis tidak boleh melebihi yang terkecil dari:
 - (a) $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur minimum;
 - (b) 6 x diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil;
 - (c) s_o , dimana

$$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3)

Nilai s_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm. Untuk nilai h_x seperti dijelaskan pada gambar berikut.



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

Gambar 2.2. Tulangan transversal pada kolom

3. Rasio volume tulangan spiral atau sengkang bulat, ρ_s , tidak boleh kurang dari

$$\rho_s = 0,12 \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

dan tidak boleh kurang dari

$$\rho_s = 0,45 \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4)

4. Luas penampang total tulangan sengkang persegi, A_{sh} , tidak boleh kurang dari

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

Dan

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

(SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4)

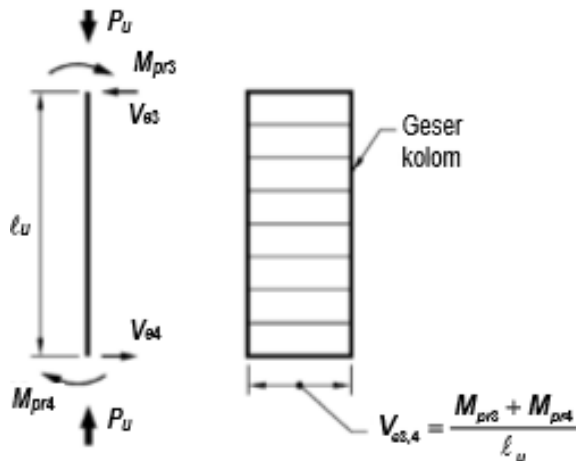
Dimana:

- s = Spasi tulangan transversal
 bc = dimensi kolom dikurangi dua kali tebal selimut ditambah diameter tulangan transversal
 Ach = Luas penampang inti kolom dari sisi luar ke sisi luar tulangan Sengkang
 Ag = Luas penampang kolom
 f_{yt} = Kuat leleh tulangan transversal

5. Diluar sendi plastis, spasi tulangan transversal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:
 (a) $6 \times$ tulangan longitudinal kolom terkecil;
 (b) 150;

2.2.9 Persyaratan Kuat Geser Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial

Gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka hubungan balok-kolom di setiap ujung komponen struktur. Namun momen M_{pr} kolom tidak perlu melebihi M_{pr} balok yang merangka ke dalam hubungan balok kolom. Dalam semua kasus V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur berikut. (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.1)



Tulangan transversal yang dipasang pada daerah sendi plastis, harus diproporsikan untuk menahan geser harus dilakukan dengan mengasumsikan $V_c = 0$ selama:

- (a) $V_e \geq \frac{1}{2} V_{maks}$
 - (b) $P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20}$
- (SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.2)

2.2.10 Persyaratan Hubungan Balok-Kolom SRPMK

Pada perencanaan hubungan balok-kolom, menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.7.2.1 gaya pada tulangan lentur di muka hubungan balok-kolom ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25f_y$. Beberapa persyaratan geometri yang harus dipenuhi untuk hubungan balok-kolom SRPMK sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.7.2.3 adalah sebagai berikut:

- (a) Untuk beton normal, dimensi kolom pada hubungan balok-kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar pada balok;

- (b) Untuk beton ringan, dimensi minimumnya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter tulangan longitudinal terbesar pada balok.

2.2.11 Persyaratan Penulangan Transversal pada Hubungan Balok-Kolom SRPMK

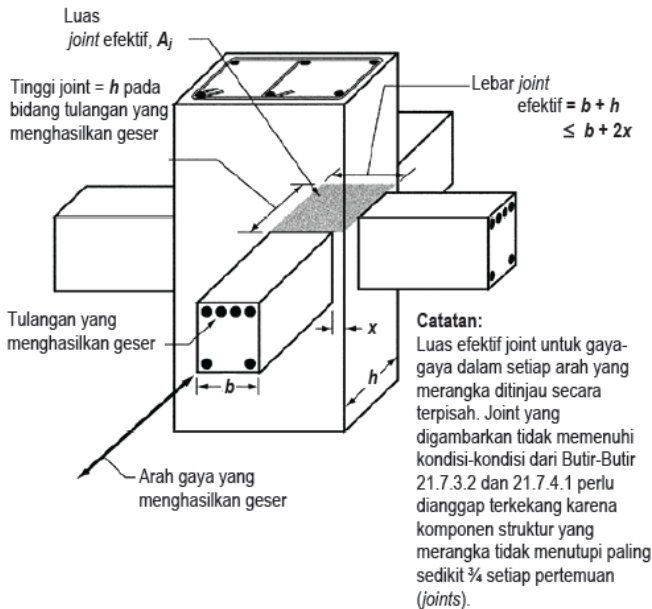
Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.7.3.1 tulangan transversal yang terpasang pada sendi plastis kolom harus dipasang juga pada daerah hubungan balok-kolom. Bila dimensi lebar balok yang merangka pada keempat sisi hubungan balok-kolom memiliki dimensi tiga per empat dimensi lebar kolom, maka tulangan transversal yang harus dipasang didaerah hubungan balok-kolom boleh direduksi setengah dari yang dipasang pada daerah sendi plastis kolom dan spasi yang diizinkan pada kondisi tersebut diperbesar menjadi 150 mm serta tulangan ini harus dipasang mulai dari sisi terbawah balok yang merangka ke hubungan balok-kolom. (SNI 2847:2013 Pasal 21.7.3.2)

2.2.12 Persyaratan Kuat Geser pada Hubungan Balok-Kolom SRPMK

Untuk beton berat normal, V_n hubungan balok-kolom tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari:

- (a) Untuk hubungan balok-kolom yang terkekang pada keempat sisinya $V_n = 1,7\sqrt{f_c'}A_j$;
- (b) Untuk hubungan balok-kolom yang terkekang pada ketiga sisinya atau kedua sisinya yang berlawanan $V_n = 1,2\sqrt{f_c'}A_j$;
- (c) Untuk hubungan balok-kolom yang lainnya $V_n = 1,2\sqrt{f_c'}A_j$.

Dimana A_j adalah luas penampang efektif yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3. Luas Penampang Efektif

2.2.13. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik pada Hubungan Balok-Kolom SRPMK

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.7.5.1 Untuk ukuran batang tulangan \emptyset -10 sampai D-36, panjang penyaluran, l_{dh} , untuk batang tulangan dengan kait 90 derajat tidak kurang dari:

- $8d_b$,
- 150 mm dan
- $l_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f_c}}$.

Selain itu pada SNI 2847:2013 Pasal 12.5.2 untuk batang tulangan ulir l_{dh} harus sebesar $(\frac{0,24 \psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c}}) d_b$ dengan ψ_e diambil 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi dan λ diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kondisi lainnya ψ_e dan λ diambil sebesar 1.

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang Dibangun Menggunakan Beton Pracetak

Sistem rangka pemikul momen khusus dengan sambungan daktilail yang dibangun menggunakan beton pracetak, menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.8.2 harus memenuhi V_n sambungan yang dihitung dengan rumus $A_{vf} \times f_y \times \mu$ harus lebih kecil dari $2V_e$ dengan V_e dihitung berdasarkan rumus pada sub-bab 2.2.5.

Dimana:

A_{vf} = Luas tulangan geser

f_y = Kuat leleh tulangan geser

μ = Koefisien friksi

2.4 Pembebanan

2.4.1 Beban Mati

Definisi beban mati menurut SNI 03-1727-2013 pasal 3.1.1 yaitu berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

Beban mati yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir Terapan ini menggunakan peraturan SNI 03-1727-2013 pasal 3.1 dimana dalam pasal tersebut dijelaskan bahwa dalam perancangan harus digunakan berat bahan yang sebenarnya. Namun, apabila tidak ada informasi maka dipergunakan nilai yang disetujui berbagai pihak yang berwenang.

2.4.2 Beban Hidup

Definisi beban hidup menurut SNI 03-1727-2013 pasal 4.1 yaitu beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir Terapan ini menggunakan SNI 03-1727-2013.

2.4.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan pada SNI 03-1727- 2013 pasal 26.

2.4.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Menurut SNI 1726-2013, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewat besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 %. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui:

a. Kategori Risiko Bangunan Gedung

Kategori risiko bangunan gedung dibedakan sesuai dengan fungsi dari bangunan tersebut. Banyak faktor yang mempengaruhi dari tingkat kategori risiko bangunan seperti tingkat risiko terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, potensi menyebabkan dampak ekonomi dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat apabila terjadi kegagalan, serta keharusan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan sesuai SNI 03-1726-2012 tabel 1.

Tabel 2.2. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

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

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

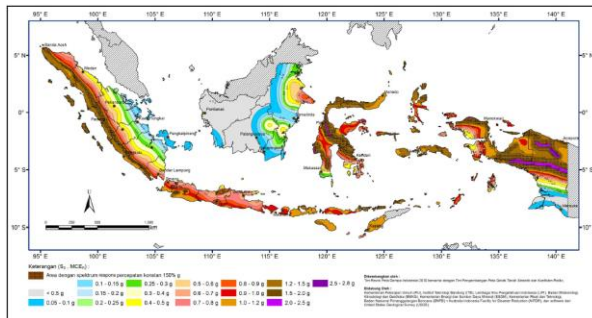
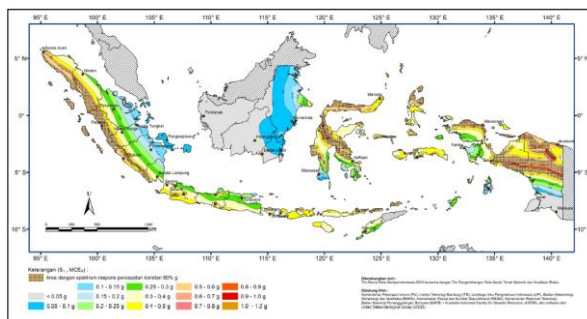
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang termasuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV
---	----

Tabel 2.3. Faktor Keutamaan Gempa

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

b. Parameter Percepatan Batuan Dasar

Parameter percepatan batuan dasar periode pendek (S_s) dan parameter percepatan batuan dasar periode 1 detik (S_1) menggunakan gambar 9 dan 10 pada SNI 1726-2012.

Gambar 2.4. Peta untuk S_s Gambar 2.5. Peta untuk S_1

c. Klasifikasi Situs Tanah

Dalam SNI 03-1726-2012 Pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai N rata-rata berdasarkan data hasil uji tanah SPT. SNI 03-1726-2012 pasal 5 mengklasifikasikan situs tanah ke dalam 6 kelompok. Pengelompokan berdasarkan:

Tabel 2.4. Klasifikasi Situs Tanah

Kelas Situs	v_s (m /	N atau N_{ch}	s_u (kPa)
SA (Batuan Keras)	> 1500	N/A	N
SB (Batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (Tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$		

SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis resoin spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik
--	--

*N/A = Not Applicable

Klasifikasi situs berdasarkan S_s

Tabel 2.5. Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER)				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,3	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS	SS	SS	SS	SS

Klasifikasi situs berdasarkan S_1

Tabel 2.6. Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS	SS	SS	SS	SS

Dalam SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 untuk menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode satu detik (SM1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

$$SMS = F_a.SS$$

$$SM1 = F_v.S1$$

Dalam SNI 03-1726-2012 pasal 6.3 untuk menentukan parameter percepatan respon spektra desain untuk periode pendek (SDS) dan periode satu detik (SD1) harus ditentukan melalui rumus sebagai berikut:

$$SDS = 2/3.SMS$$

$$SD1 = 2/3.SM1$$

d. Kategori Desain Seismik

Semua struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter percepatan respon spektra desain untuk periode pendek (SDS) dan periode satu detik (SD1).

Tabel 2.7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

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

Tabel 2.8. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai SD1	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD1 < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SD1 < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD1 < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD1$	D	D

e. Spektrum Respon Desain

Dalam SNI 03-1726-2012 pasal 6.4 untuk membuat kurva spectrum respon desain:

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

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

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

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

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

$$S_a = S_{DS}$$

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

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

2.4.5 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 03-1727-2013 pasal 2.3.2 kombinasi untuk kekuatan perlu harus paling tidak sama dengan kekuatan terfaktor.

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

Menurut SNI 03-1727-2013 pasal 2.4.1 kombinasi beban nominal untuk menggunakan desain tegangan izin.

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

Keterangan:

- D = beban mati
 L = beban hidup
 Ex = beban gempa arah X
 Ey = beban gempa arah Y
 Lr = beban hidup atap

2.5 Preliminary Design

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

2.5.1 Dimensi Pelat

Dalam menentukan dimensi pelat langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Pelat satu arah sesuai dengan menggunakan rumus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)). Sedangkan untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.1.

2. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi syarat SNI 2847:2013, persamaan 9-12 dan persamaan 9-13 yaitu :

- a. Untuk lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak kurang dari 125 mm

- b. Untuk lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak kurang dari 90 mm

dimana:

ℓ_n = Bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm)

h = Tebal pelat (mm)

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

f_y = Tegangan leleh baja (MPa)

α_f = Rasio kekuatan lentur

α_{fm} = Nilai rata-rata α_f untuk keempat sisi pelat

2.5.2 Dimensi Balok

Perencanaan menggunakan metode balok pracetak dengan ketentuan tebal minimum balok total (pracetak dan *overtopping*) apabila nilai lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur

beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa. Sedangkan untuk mutu selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan $\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$.

Tabel 2.9. Tebal Minimum Pelat dan Balok

Tebal minimum, h				
Komponen Struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p>CATATAN: panjang bentang dalam mm. nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan mutu 420 mpa. untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasian sebagai berikut:</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_e, di antara 1440 sampai 1840 kg/m^3, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_e)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.</p> <p>(b) Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$</p>				

Menentukan tinggi minimum balok

- $h_{\min} = \frac{L}{16}$ (Balok Induk)
- $h_{\min} = \frac{L}{21}$ (Balok Anak)

Keterangan :

- h_{\min} = Tinggi balok (mm)
 L = Panjang balok (mm)
 f_y = Tenggangan leleh baja (MPa)

Menentukan lebar minimum balok

- Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.1.3 dimana, $b_w \geq 250$ mm dan $b_w \geq 0,3h$

2.5.3 Dimensi Kolom

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

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'} \quad (\text{SNI 2847:13 pasal 9.3.2.2})$$

Dimana :

- A = Luas penampang kolom
- W = Beban aksial yang diterima kolom
- θ = Faktor reduksi
- f_c' = Kuat tekan beton

2.5.4 Dimensi Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi

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

Dimana :

t = Tinggi injakan

i = Lebar injakan

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

2.6 Tinjauan Elemen Pracetak

2.6.1 Pelat

Pelat merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. (Asroni, 2010). Dalam *Multi Storey Precast, Kim S Elliot & Collin*, pelat pracetak dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Pelat Precast Berlubang (*Hollow-Core Slab*)

Hollow-core slab telah menjadi salah satu jenis elemen plat precast yang sering digunakan dewasa ini terutama di negara-negara Eropa. Hal ini tidak lepas dari keunggulan yang dimiliki *Hollow-core slab* dibanding jenis yang lain, antara lain: lebih

ringan, tingkat durabilitas tinggi, dan ketahanan terhadap api sangat tinggi.



Gambar 2.6. Pelat Hollow Core

2. Plat T Ganda (*Double-tee slab*)

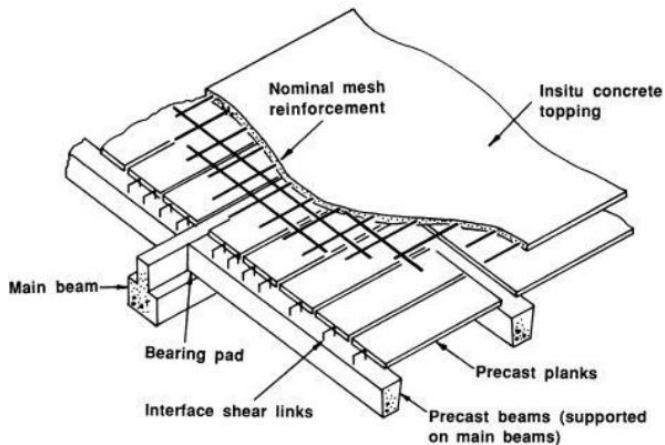
Double-tee slab dapat menahan gaya lebih baik dibandingkan *Hollow-core slab*. Ujung dari struktur ini dibuat tebal yang lebih kecil dari tebal plat, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi tebalnya keseluruhan plat. Ujung dari plat selalu dibuat kotak, walaupun dalam praktiknya dapat dibuat spesifik sesuai dengan tipe sayap struktur.



Gambar 2.7. Pelat T

3. Lantai Papan Komposit (*Composite plank floor*)

Prinsip dari *composite plank floor* sangat simple yaitu beton *precast* berbentuk kotak disandarkan pada penahan dan digunakan sebagai bekisting permanen yang siap untuk dilakukan pengecoran in situ di atasnya. Keuntungan dari pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memerlukan lahan yang luas. Perencanaan menggunakan plat ini harus dipertimbangkan dengan denah gedung yang dimiliki dimana harus memiliki bentuk tipikal sehingga penggunaan elemen akan lebih efisien.



Gambar 2.8. Pelat Komposit

Untuk pelat pracetak yang diberi topping cor di atasnya, berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.11.4, slab dengan lapisan atas komposit yang dicor di tempat di atas lantai atau atap pracetak diizinkan untuk digunakan sebagai diafragma struktural, asalkan slab lapisan atas ditulangi.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.11.6, slab beton dan slab dengan lapisan atas komposit yang bekerja sebagai diafragma struktural yang digunakan untuk menyalurkan gaya-gaya gempa tidak boleh kurang dari tebal 50 mm.

Diafragma struktural yang digunakan untuk menyalurkan gaya-gaya gempa, menggunakan *Shear Connector* sebagai media untuk menyalurkan gaya-gaya gempa yang terjadi pada diafragma. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.11.9 kuat geser nominal, V_n , diafragma struktural tidak boleh melampaui :

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

Selain itu pada SNI 2847:2013 pasal 21.11.9.2 dan pasal 21.11.9.2 kuat geser nominal, V_n , diafragma struktural tidak boleh melampaui :

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

dan

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

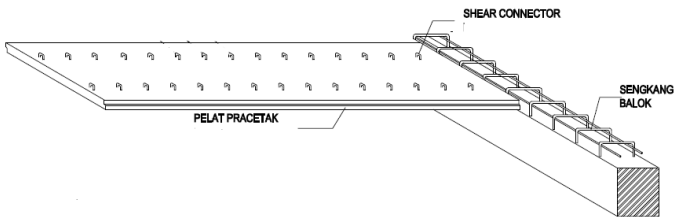
Dimana :

A_{cv} = Luas Penampang Bruto Diafragma

A_{vf} = Luas Tulangan Geser

λ = 1 (untuk beton normal)

μ = 1 (Koefisien friksi)



Gambar 2.9. Sketsa *Shear Connector* Pelat Pracetak

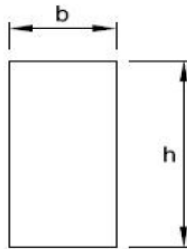
2.6.2 Balok

Balok merupakan salah satu elemen struktur dari portal yang memiliki arah bentang horisontal. Beban yang bekerja pada balok adalah beban lentur, beban torsi, sehingga diperlukan tulangan untuk menahan beban-beban tersebut (Asroni, 2010).

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

1. Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)

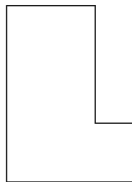
Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



Gambar 2.10. *Rectangular Beam*

2. Balok berpenampang L (*Ledger Beam*)

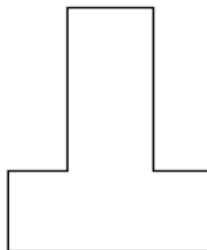
Bentuk balok ini biasa digunakan untuk perletakan pelat yang berada di tepi bangunan



Gambar 2.11. *Ledger Beam*

3. Balok berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*)

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



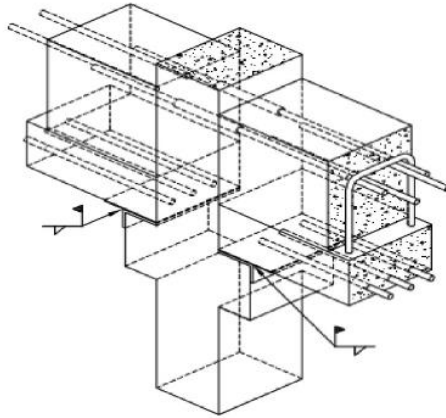
Gambar 2.12. *Inverted Tee Beam*

2.7 Tipe - Tipe Sambungan Beton Pracetak

Sambungan merupakan bagian yang sangat penting dalam mentransfer gaya-gaya yang bekerja antar elemen pracetak, sehingga dapat menciptakan kestabilan. (Tjahyono dan Purnomo, 2004). Penempatan dan kekuatan sambungan perlu direncanakan dengan baik karena kekuatan elemen pracetak juga bergantung pada sambungannya. Kegagalan suatu struktur diharapkan tidak terjadi pada sambungannya, sehingga perlu didetailkan dengan teliti. Sambungan yang baik adalah kuat, layak, serta tepat dalam pemasangannya. Terdapat beberapa jenis sambungan dalam teknologi pracetak. Secara umum, terdapat 3 macam sambungan yang sering digunakan antara lain:

1. Sambungan dengan cor *in - situ*

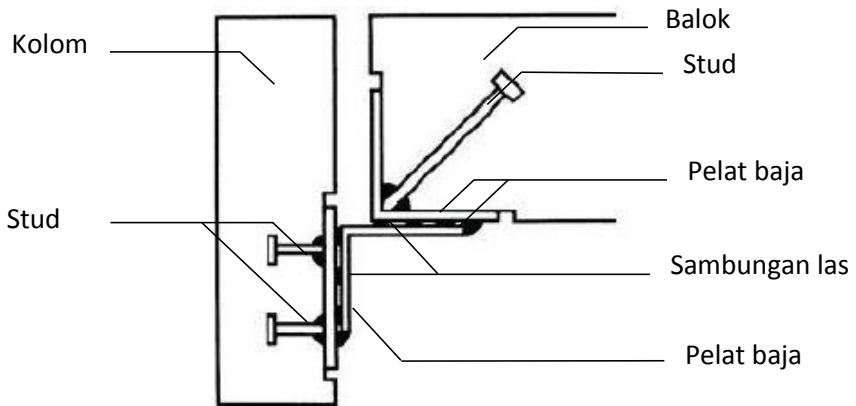
Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung/penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan topping. Elemen pracetak yang telah berada di tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang utuh. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah (*wet conncetion*). Sambungan ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya.



Gambar 2.13. Sambungan Cor *In - Situ*

2. Sambungan dengan las

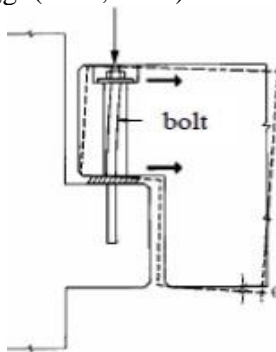
Jenis sambungan ini menggunakan plat baja yang ditanam terlebih dahulu dalam beton pracetak. Kedua plat ini selanjutnya akan disambung atau disatukan dengan bantuan las. Melalui plat baja inilah gaya-gaya akan diteruskan menuju komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutupi plat sambung tersebut dengan selimut beton sesuai dengan peraturan yang berlaku. Namun, kualitas las sangat tergantung oleh kemampuan pengelasnya. Ketika melakukan las di luar ruangan, pengelas harus memiliki pengetahuan yang luas mengenai elektroda yang digunakan pada kondisi cuaca tertentu, dan kualitas material pengelasaanya. Dan juga akan ada beberapa hal yang menyulitkan untuk melakukan penyambungan las seperti memperbaiki plat kecil dengan hanya memiliki akses tangga, kabel yang berat dan ketiadaan penjepit. Tingkat suhu pada saat pengelasan sedikit banyak akan mempengaruhi kualitas beton didekatnya. Dalam penyambungan jenis ini alat sambung yang digunakan yaitu plat yang dimasukkan ke dalam beton yang akan disambung yang selanjutnya akan dilakukan pengecoran untuk mengurasi korosi pada plat baja (Faizi, 2017).



Gambar 2.14. Sambungan Las

3. Sambungan Dengan Baut

Sambungan baut menjadi salah satu tipe sambungan yang paling mudah dan aman dalam penggunaannya, namun dengan syarat dan toleransi yang tinggi. Jenis sambungan ini dibedakan berdasarkan beban yang ditahannya, antara lain pada elemen tarik, perpanjangan tulangan dan hubungan antara balok, pada jenis ini baut berfungsi untuk menahan gaya geser. Dalam penyambungan cara ini diperlukan plat baja sebagai landasan guna disambung dengan baut mutu tinggi (Faizi, 2017).



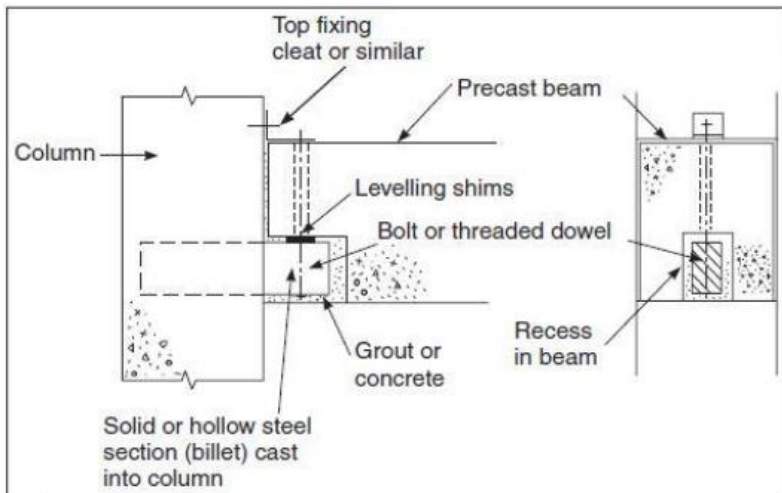
Gambar 2.15. Sambungan Baut

2.8 Tipe – Tipe Sambungan Balok ke Kolom

Sambungan balok ke kolom adalah sambungan yang paling penting dalam struktur rangka pracetak. Jenis sambungan ini membutuhkan tidak sedikit pemikiran dalam spesifikasi, desain, dan konstruksinya salah satunya pada jenis sambungan yang disembunyikan di dalam balok. Dalam perencanaan sambungan ini harus mengikuti sifat dari balok pada saat mengalami lentur, yaitu dengan cara mengontrol defleksi yang terjadi, syarat stabilitas kolom dalam rangka dan kapasitas tekuk kolom (Faizi, 2017). Berikut beberapa sambungan balok ke kolom.

1. Sambungan *Billet*

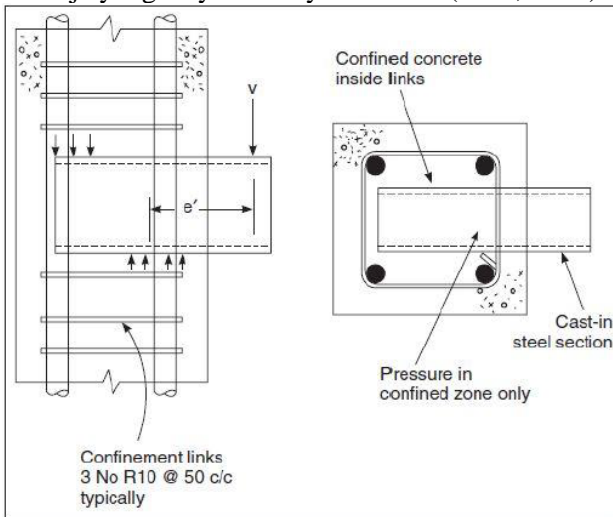
Tipe sambungan ini termasuk sambungan tersembunyi, karena posisinya di dalam balok. Sambungan ini baik untuk peruntukan bangunan yang membutuhkan estetika yang tinggi karena letaknya yang tidak kasat mata. Sambungan ini menggunakan besi ulir atau baut yang dimasukkan melewati lubang yang telah dibuat antara balok dan *billet*. Bagian yang kosong di sekitar *billet* akan ditutup dengan *grouting*.



Gambar 2.16. Sambungan Billet

2. Sambungan Pelat

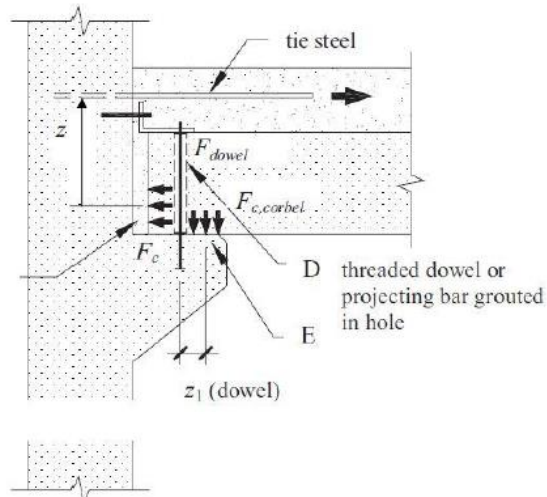
Sambungan pelat adalah nama sambungan dengan cara memasukan plat tipis ke dalam kolom untuk mentransfer gaya geser, dan aksial terkadang gaya lendutan dan torsi yang terjadi pada kolom. Pelat yang dimasukan bisa solid, tabung atau cor di tempat, lebar minimum yang disyaratkan yaitu 50 mm serta ketebalan baja yang disyaratkan yaitu 6 mm (Faizi, 2017).



Gambar 2.17. Sambungan Pelat

3. Sambungan Korbek

Sambungan ini adalah salah satu proyeksi dari kantilever dengan bentang pendek, terletak pada muka kolom dan menjadi pendukung elemen pracetak horizontal di atasnya. Sambungan ini digunakan ketika hal terkait estetika sambungan tidak diutamakan. Jarak terektif pembebanan pada beton corbel yaitu $A_v < 0.6d$. Tebal muka corbel tidak boleh lebih setengah dari lebar bagian samping corbel. Tebal corbel minimal harus 500 mm.

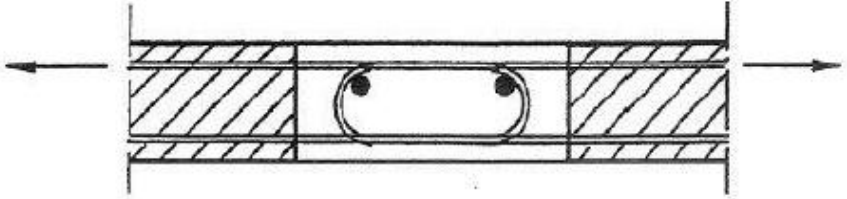


Gambar 2.18. Sambungan Korbrel

2.9 Tipe – Tipe Sambungan Pelat ke Pelat

1. Sambungan Loop

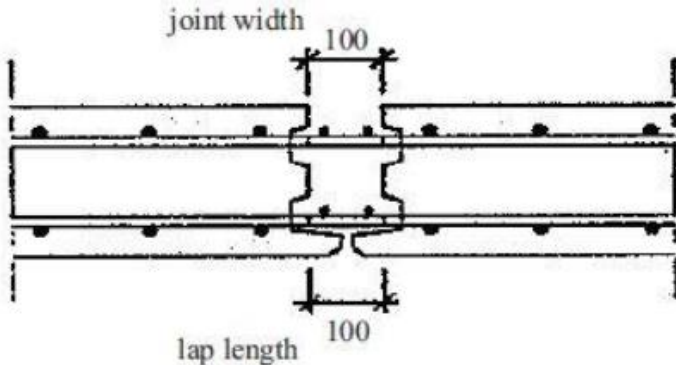
Sambungan loop dapat digunakan untuk menyalurkan gaya tarik, lendutan dan momen. Ini biasanya digunakan pada plat solid yang membutuhkan penerusan, walaupun, dalam praktiknya tipe sambungan ini sulit dalam hal pengerjaannya. Kegagalan sambungan dapat terjadi dikarenakan beberapa hal seperti pecahnya tulangan, hancurnya beton di joint, dan pemisahan beton di daerah sambungan loop. Pendesain bertujuan untuk mencegah hancurnya beton sebelum kegagalan pada tulangan, dengan desain yang baik maka akan membuat elemen yang di sampung oleh tipe sambungan ini menjadi lebih daktail (Faizi, 2017).



Gambar 2.19. Sambungan Loop

2. Sambungan Menerus

Sambungan menerus adalah ketika dua tulangan saling meneruskan untuk membuat tulangan menjadi satu garis. Panjang dari tulangan yang diteruskan tergantung dari ukuran, kuat beton, dan spasinya. desain sambungan berdasarkan prinsip kesetimbangan daktilitas. *Joint* pada sambungan di asumsikan sebagai komponen yang mudah rapuh sehingga harus diberikan kapasitas yang cukup untuk meastikan bahwa lentur atau tarik yang menyebabkan keretakan tidak terjadi di *joint* melainkan di elemen sambungan betonnya., di mana daktilitas dapat di dapat dengan tulangan biasa (Faizi, 2017).



Gambar 2.20. Sambungan Menerus

2.10 Titik Angkat dan Sokongan

2.10.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini:

1. Empat Titik Angkat

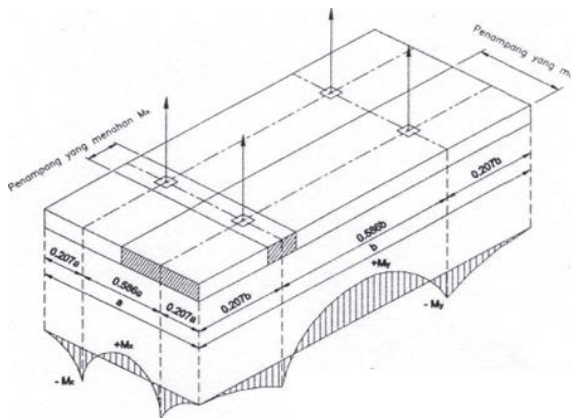
Maksimum Momen (pendekatan):

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

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

Dimana :

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



Gambar 2.21. Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)

2. Delapan titik angkat

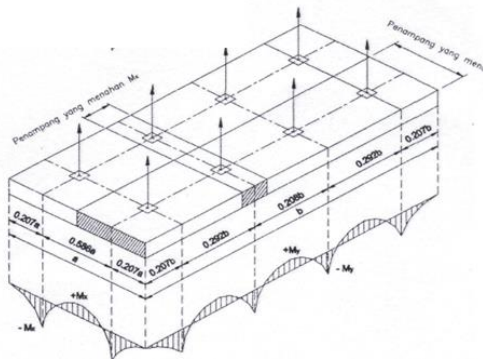
Maksimum Momen (pendekatan):

$$+M_x = -M_y = 0,0054 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0027 w a b^2$$

Dimana :

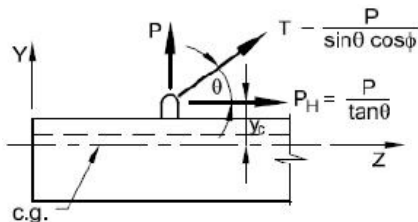
- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dari $15t$ atau $b/4$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$

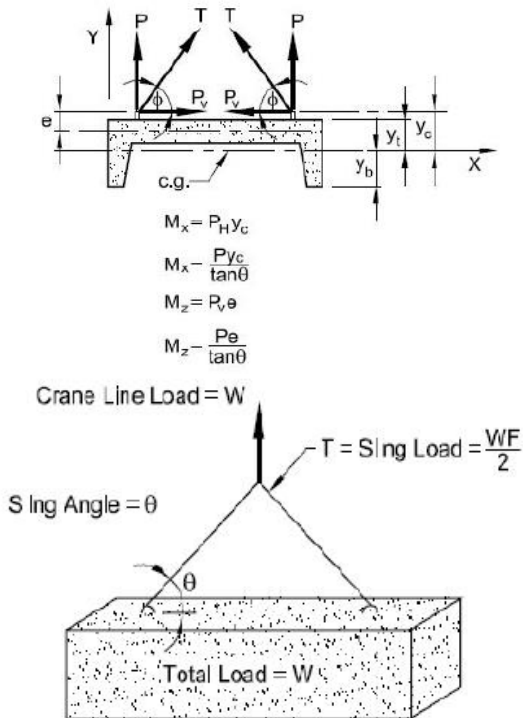


Gambar 2.22. Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)

2.10.2 Pengangkatan Balok Pracetak

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





Gambar 2.23. Pengangkatan Balok Precast

2.11 Metode Pelaksanaan Beton Pracetak

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam membangun suatu konstruksi beton pracetak adalah sebagai berikut :

- a. Rangkaian kegiatan produksi yang dilakukan pada proses produksi:
 1. Pembangunan rangka tulangan
 2. Pembuatan cetakan
 3. Pembuatan campuran beton
 4. Pengecoran beton
 5. Perawatan beton (curing)
 6. Penyempurnaan akhir

7. Penyimpanan

b. Transportasi dan alat angkat

Transportasi merupakan kegiatan pengangkatan elemen pracetak dari pabrik ke lokasi pemasangan. Sistem transportasi ini sangat berpengaruh terhadap waktu, efisiensi konstruksi dan biaya. Yang harus diperhatikan dalam sistem transportasi ini adalah :

1. Spesifikasi alat transportasi
2. Rute transportasi
3. Perijinan

Alat angkat adalah alat untuk memindahkan elemen beton pracetak dari tempat penumpukan ke posisi perakitan. Alat angkut dikategorikan sebagai berikut :

1. *Mobile crane*
2. *Telescopic crane*
3. *Tower crane*
4. *Portal crane*

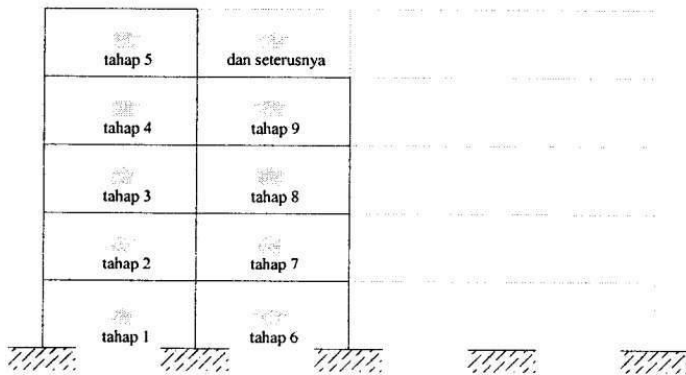
c. Pelaksanaan konstruksi (Erection)

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

1. Metode Vertikal

Metode konstruksi dengan metode vertikal adalah kegiatan penyatuan komponen beton pracetak yang dilaksanakan pada arah vertikal struktur bangunan yang mempunyai kolom menerus dari lantai dasar

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

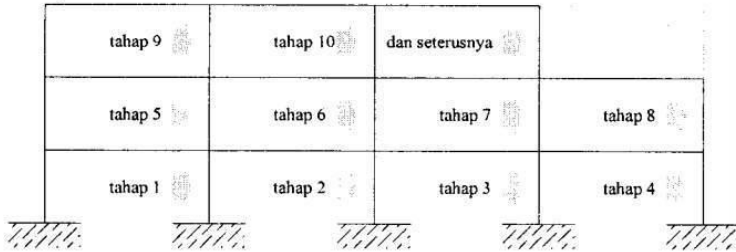


Gambar 2.24. Metode Konstruksi Arah Vertikal

2. Metode Horizontal

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses *erection* yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur

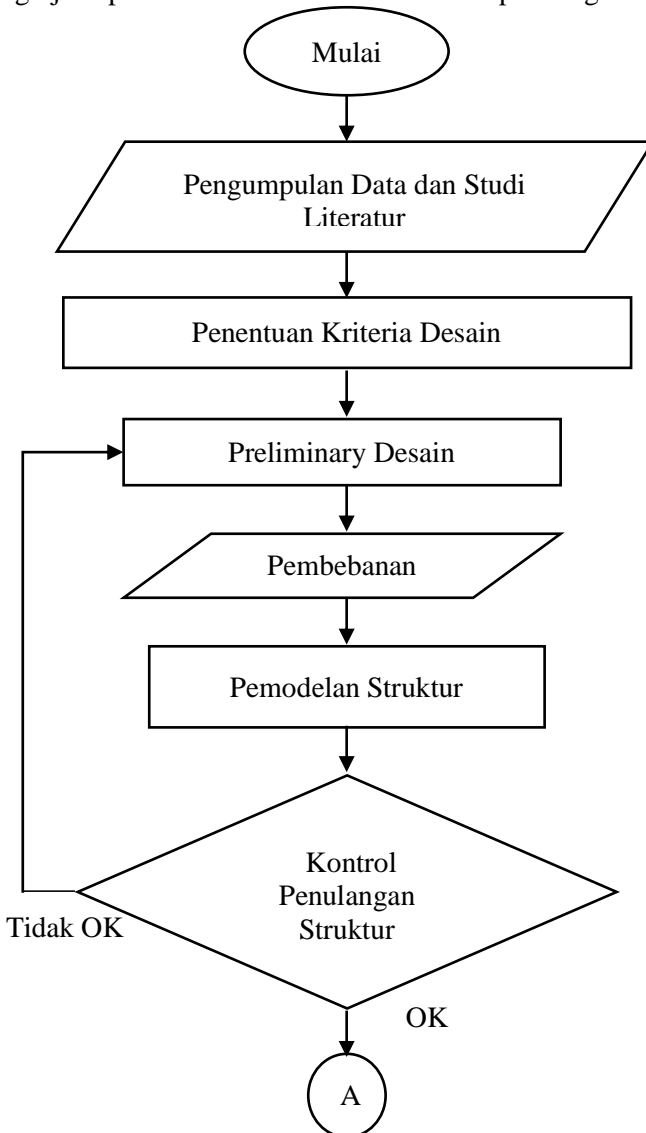
bangunan yang terdiri dari komponen kolom *precast* dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk pengerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah *in-situ concrete joint*.

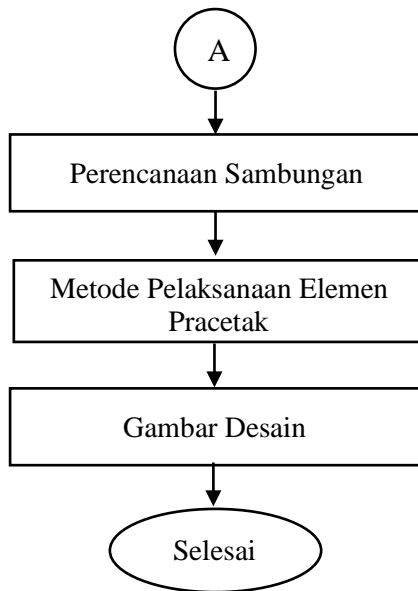


Gambar 2.25. Metode Konstruksi Arah Horizontal

BAB III METODOLOGI

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





Gambar 3.1. Diagram Alir

3.1 Pengumpulan Data

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

1. Data Tanah (Terlampir)
Berdasarkan data tanah yang didapatkan, kedalaman maksimum mencapai ± 50 m, dimana dari hasil perhitungan, nilai N-SPT dari data tersebut diperoleh nilai sebesar 4,28.
2. Data Gambar
 - Gambar Struktur : Terlampir

3.2 Penentuan Kriteria Desain

Metode precast dipilih karena konfigurasi struktur gedung tipikal pada setiap lantainya. Bangunan ini direncanakan akan

dibangun di kota Surabaya dengan kelas situs SE (tanah lunak) dimana nilai N-SPT yang di dapat dari data tanah sebesar 4,28. Berdasarkan Peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010, Surabaya memiliki percepatan batuan dasar periode pendek, S_s sebesar 0,6 dan percepatan batuan dasar periode 1 detik S_1 sebesar 0,25 sehingga diperoleh parameter percepatan respon spektra desain untuk perioda pendek, SDS sebesar 0,6 dan parameter percepatan respon spektra desain untuk perioda 1, SD1 sebesar 0,5. Berdasarkan SNI 1726-2012 tabel 6 dan tabel 7 maka ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik D.

Sedangkan dalam pemilihan sistem struktur digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Dimana sistem harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian. Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 9 didapatkan bahwa kriteria desain yang sesuai dengan kategori desain seismik yang ada adalah sebagai sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus.

3.3 Preliminary Desain

Preliminary Design ini dilakukan dengan memperkirakan dimensi awal dari struktur sesuai dengan ketentuan SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

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

3.4 Perhitungan Beban

Dalam melakukan analisa dan perancangan desain sebuah struktur perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan pembebanan struktur tersebut. Perilaku sebuah struktur dapat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain perlakuan pembebanan dan kombinasinya. Beban-beban yang diinput tersebut meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin.

3.4.1 Beban Mati

Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

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

3.4.2 Beban Hidup

Beban hidup yang dihitung sudah termasuk perlengkapan ruangan dan rincian pembebanan gedung hotel sesuai dengan SNI 03-1727-2013 tabel 4.

3.4.3 Beban Angin

Beban angin ditentukan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 pasal 26. Beban angin digunakan untuk merencanakan Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) pada bangunan gedung.

3.4.4 Beban Gempa

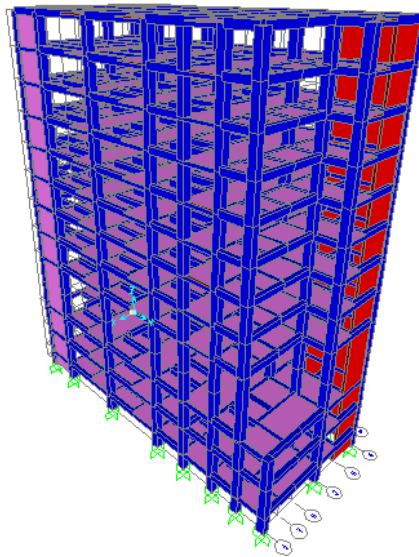
Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamis menggunakan respon spektrum. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamis sesuai SNI 03-1726-2012. Lokasi gempa yang ditinjau pada daerah Surabaya.

3.5 Pemodelan Struktur

Dalam tugas akhir ini elemen struktur gedung hotel Fave memiliki beberapa komponen pracetak. Analisa struktur akan dilakukan dengan batuan program SAP 2000 terdapat beberapa

pendekatan pemodelan yang digunakan. Saat pemasangan dan akhir konstruksi (setelah diberi topping) balok induk dimodelkan sebagai balok sederhana di atas dua tumpuan dan balok anak dilakukan *release* terhadap balok induk, dikarenakan sambungan tidak menggunakan sambungan momen. Pelat dimodelkan sebagai beban yang dipikul oleh elemen balok. Pada saat pemasangan distribusi beban adalah setengah dari kiri dan setengah dari kanan. Sedangkan pada akhir konstruksi distribusinya berupa beban segitiga ataupun trapesium.

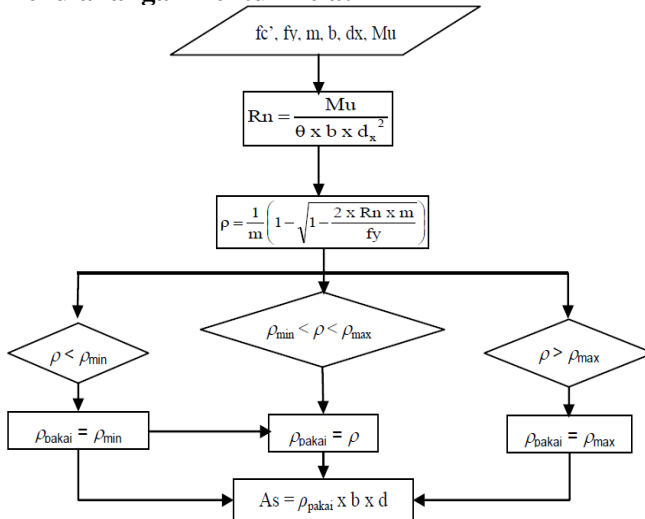
Output dari permodelan ini adalah gaya dalam yang terjadi pada balok, pelat, dan kolom, yang akan digunakan untuk melakukan kontrol perilaku struktur.



Gambar 3.2. Permodelan Struktur Kondisi Eksisting Bangunan

3.6 Penulangan Elemen Struktur

3.6.1 Penulangan Lentur Pelat



Gambar 3.3. Diagram Alir Perhitungan Penulangan Komponen Lentur

3.6.2 Perhitungan Tulangan Susut Pelat

Kebutuhan tulangan susut di atur dalam SNI 2847:13 Pasal 7.12.2.1 dimana tulangan susut harus disediakan minimum memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton, dan tidak kurang dari 0,0014.

- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 adalah 0,0020
- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 adalah 0,0018
- Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen adalah $\left(\frac{0.0018 \times 420}{f_y}\right)$

3.6.3 Kontrol Retak Pelat

Berdasarkan SNI-2847-2013 pasal 14.8.2.4 tulangan dari komponen struktur harus memberikan kekuatan desain

$$\phi M_n \geq M_{cr}$$

dimana M_{cr} harus diperoleh menggunakan modulus hancur, f_r , yang diberikan pada SNI-2847-2013 pasal 9.5.3.2

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

dan

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f_c'}$$

Dimana:

M_{cr} = momen retak

f_r = modulus hancur beton

I_g = momen inersia penampang beton bruto

y_t = jarak dari sumbu pusat penampang bruto ke muka Tarik

λ = faktor modifikasi ($\lambda = 1,0$ untuk beton berat normal)

3.6.4 Penulangan Lentur Balok

Balok merupakan komponen struktur yang terkena beban lentur. Tata cara perhitungan penulangan lentur untuk komponen balok dapat dilihat pada diagram alir perhitungan komponen lentur dan harus memenuhi ketentuan SRPMK yang tercantum dalam sub-bab 2.2.2 sampai 2.2.4.

3.6.5 Perhitungan Tulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai sub-bab 2.25.

3.6.6 Kontrol Torsi Balok

Perencanaan tulangan torsi harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 11.5. yaitu $T_u < \phi \times 0,83 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}}\right)$.

Dimana:

ϕ = 0,75 (SNI 2847:2013 ps 9.3.2.3)

T_U = Kekuatan torsi terfaktor

A_{cp} = Luas penampang beton
 p_{cp} = Keliling penampang beton

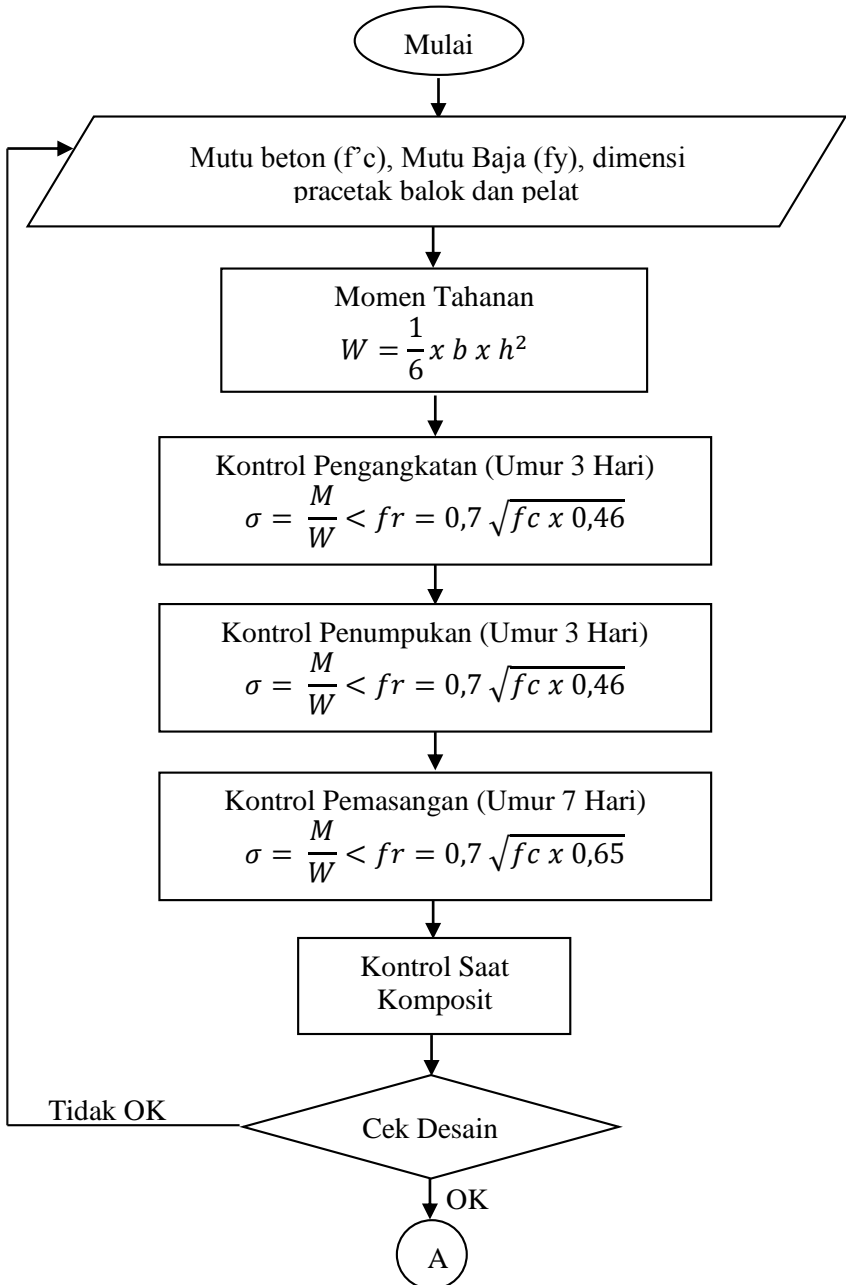
3.6.7 Perencanaan Tulangan Kolom

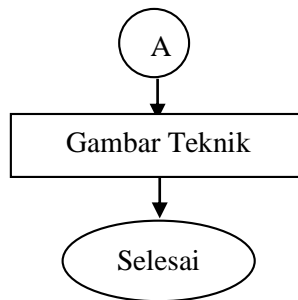
Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan dan beban lentur harus sesuai sub-bab 2.2.6 sampai 2.2.9.

3.6.8 Perencanaan Hubungan Balok Kolom

Perencanaan hubungan balok kolom harus sesuai dengan sub-bab 2.2.10 sampai 2.2.12.

3.7 Kontrol Elemen Pracetak





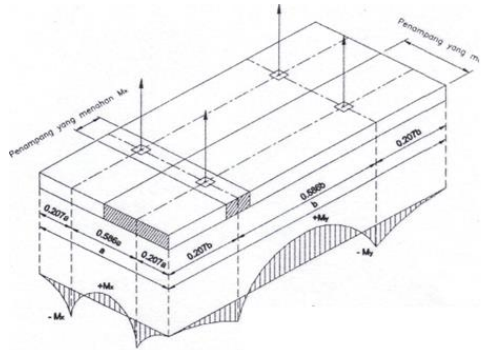
Gambar 3.4. Diagram Alir Kontrol Elemen Pracetak

Keterangan :

- b = Lebar elemen pracetak
- h = Tebal elemen pracetak
- M = Momen ultimate elemen
- f_r = Modulus hancur beton
- f'_c = Kuat tekan beton

3.7.1 Kontrol Pengangkatan

Pengangkatan beton pracetak dilakukan pada beton berumur 3 hari yang kemudian dibawa ke proyek. Elemen pelat pracetak direncanakan menggunakan 4 titik angkat seperti pada gambar 3.4, sedangkan elemen balok pracetak menggunakan 2 titik angkat seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Pengangkatan Elemen Pelat Pracetak dengan 4 buah titik angkat

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

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

Keterangan :

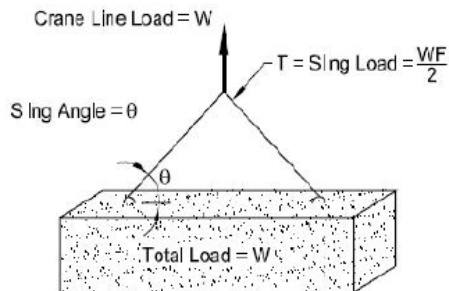
M_x = Momen sumbu x

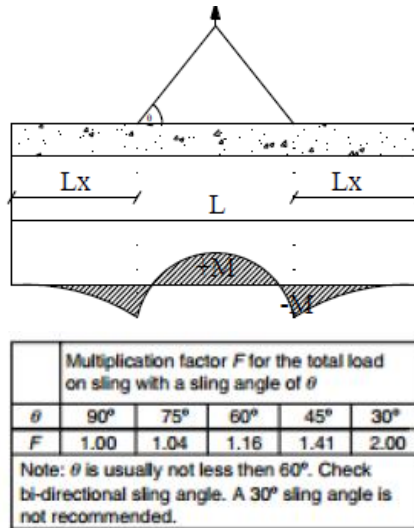
M_y = Momen sumbu y

w = Momen tahanan

a = Lebar elemen pracetak

b = Panjang elemen pracetak





Gambar 3.6. Pengangkatan Elemen Balok Pracetak dengan 2 buah titik angkat

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

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

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

Keterangan

q_u = Beban ultimate yang bekerja saat pengangkatan

L = Panjang elemen balok pracetak

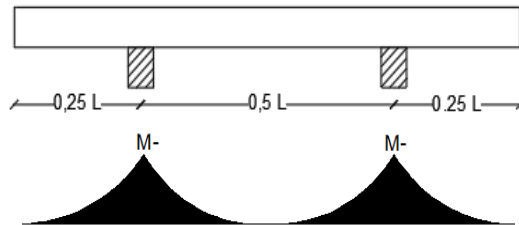
θ = Sudut yang dibentuk saat pengangkatan

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

Y_c = $Y_t + \text{decking}$

3.7.2 Kontrol Penumpukan

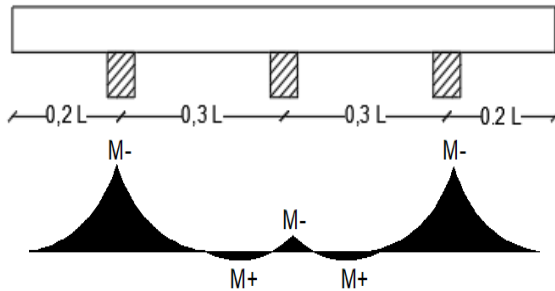
Penumpukan pada elemen pracetak terjadi pada saat beton diangkat menggunakan truck dari pabrik ke lokasi proyek dan pada saat penumpukan di *stock yard*. Beban yang bekerja saat penumpukan ini adalah berat sendiri dari elemen pracetak dan beban pekerja.



Gambar 3.7. Penumpukan dengan 2 Titik Tumpu

$$M_T = \frac{q_u x (0.5L)^2}{8}$$

$$M_L = \frac{q_u x (0.5L)^2}{10} + \frac{Pux0.5L}{4}$$



Gambar 3.8. Penumpukan dengan 3 Titik Tumpu

$$M_T = \frac{q_u x (0.6L)^2}{8}$$

$$M_L = \frac{q_u x (0.6L)^2}{10} + \frac{Pux0.6L}{4}$$

Keterangan:

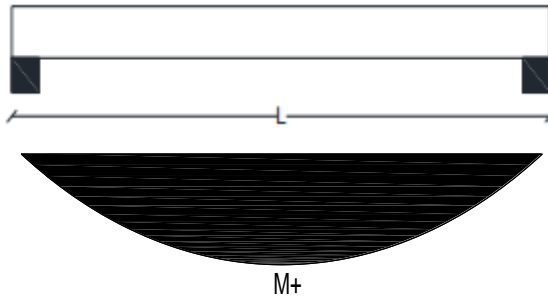
q_u = beban ultimate yang bekerja

P_u = beban pekerja

L = Panjang elemen pracetak

3.7.3 Kontrol Pemasangan

Pemasangan elemen pracetak pada posisi sebenarnya dilakukan saat umur beton 7 hari. Beban yang bekerja adalah berat sendiri precast dan pekerja.



Gambar 3.9. Kontrol Pemasangan

$$M_T = \frac{q_u x L^2}{8}$$

$$M_L = \frac{q_u x L^2}{10} + \frac{P_u x L}{4}$$

Keterangan:

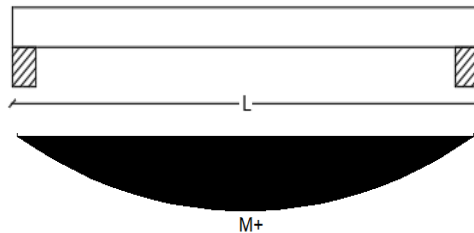
q_u = beban ultimate yang bekerja

P_u = beban pekerja

L = Panjang elemen pracetak

3.7.4 Kontrol Komposit

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



Gambar 3.10. Kontrol Komposit

$$M_T = \frac{q_u x L^2}{8}$$

$$M_L = \frac{q_u x L^2}{10} + \frac{P_u x L}{4}$$

Keterangan:

q_u = beban ultimate yang bekerja

P_u = beban pekerja

L = Panjang elemen pracetak

3.8 Perencanaan Sambungan

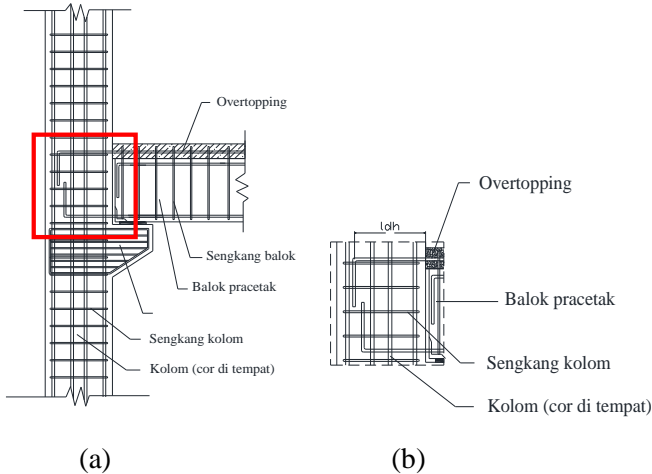
Kelemahan konstruksi pracetak adalah terletak pada sambungan yang relatif kurang kaku atau monolit, sehingga lemah terhadap beban lateral khususnya dalam menahan beban gempa, mengingat Indonesia merupakan daerah dengan intensitas gempa yang cukup tinggi.

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

3.8.1 Sambungan Balok – Kolom

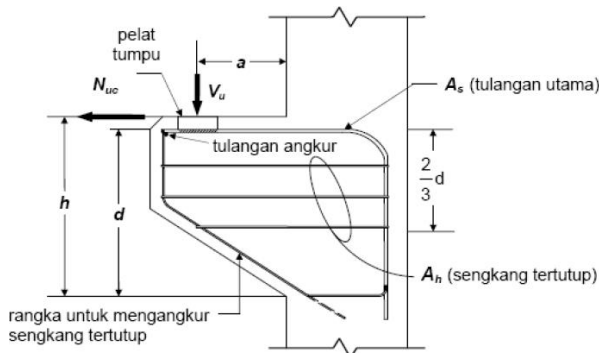
Perencanaan Sambungan antara balok pracetak dengan kolom harus bersifat kaku atau monolit. Pada sambungan ini memanfaatkan konsol pendek, balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom, perencanaan didasarkan atas SNI 2847:2013 pasal 11.8 dengan pendetailan tulangan sambungan yang

dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.13. Untuk perencanaan kolom kuat – balok lemah (*strong column weak beam*) direncanakan berdasarkan sub-bab 2.2.10 sampai 2.2.13.



Gambar 3.11. (a) Sambungan Balok – Kolom, (b) Detail Tulangan Sambungan Balok – Kolom

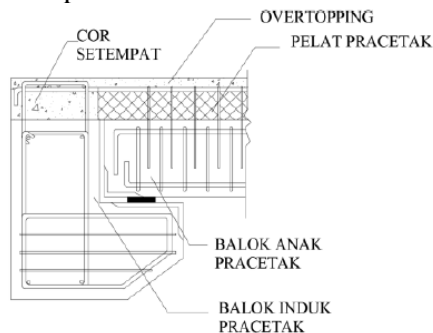
Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



Gambar 3.12. Parameter geometri konsol pendek

3.8.2 Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya 1/180 kali bentang bersih komponen plat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:2013 pasal 13.7.3. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.

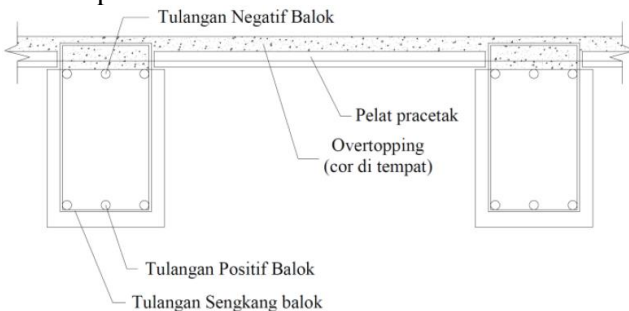


Gambar 3.13. Sambungan balok induk dengan balok anak

3.8.3 Sambungan Balok – Pelat Lantai

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

1. Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 2847:2013 pasal 7.13.
2. Sambungan balok pracetak dengan pelat pracetak menggunakan sambungan basah yang diberi *overtopping*. Umumnya *overtopping* setebal 50 mm sampai 100 mm.



Gambar 3.14. Sambungan balok induk dengan pelat

3.8.4 Sambungan Pelat – Pelat

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

3.9 Metode Pelaksanaan

Pada bagian ini akan dibahas metode pelaksanaan penyambungan antar komponen pracetak secara rinci. Luaran yang akan dihasilkan pada bagian ini berupa rincian dan Standar

Operasional Pelaksanaan (SOP) yang dilengkapi dengan gambar detail pada masing-masing tahapan penyambungan. Karena keterbatasan waktu maka metode pelaksanaan penyambungan antar komponen yang akan dibahas adalah penyambungan antara balok dan kolom.

3.10 Gambar Desain

Hasil perhitungan yang telah dilakukan akan dituangkan dalam gambar. Berikut ini hasil gambar yang akan digambar

1. Gambar Arsitektur
 - Denah
 - Potongan
2. Gambar Struktur
 - Sloof
 - Balok
 - Kolom
 - Pelat
 - Tangga
3. Gambar Penulangan
 - Penulangan Sloof
 - Penulangan Balok
 - Penulangan Kolom
 - Penulangan Pelat
 - Penulangan tangga
4. Gambar Detail
 - Detail Sambungan
 - Detail Panjang Penyaluran

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Umum

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary baiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

4.1.2 Data Perencanaan

Pada perencanaan gedung Hotel Fave Surabaya dimodifikasi menggunakan beton pracetak dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Nama bangunan : Hotel Fave Surabaya
- Alamat : Jl. Raya Kali Rungkut No 23-25, Kali Rungkut, Rungkut, Surabaya
- Fungsi : Hotel
- Jumlah lantai : 12 Lantai
- Tinggi bangunan : 40,6 m
- Luas area proyek : 396 m²
- Mutu beton ($f'c$) : 35 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 390 Mpa

4.1.3 Pembebanan

1. Beban Mati

- Beton bertulang : 2400 Kg/m³
- Bata Ringan Citicon (15 cm) : 90 Kg/m²
- Penggantung +Plafond : 6,5 Kg/m²
- Keramik : 20 Kg/m²
- Spesi : 5 Kg/m²
- Ducting & plumbing : 19 Kg/m²

2. Beban Hidup

- Beban Pekerja : 200 Kg/m²
- Lantai Hotel : 192 Kg/m²
- Tangga dan Bordes : 479 Kg/m²

3. Beban Gempa

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

4.1.4 Perencanaan Dimensi Balok

Modifikasi pada tugas akhir ini menggunakan balok pracetak dengan bentuk penampang kotak. Perencanaan balok dilakukan dalam dua tahap, yang pertama balok pracetak yang diproduksi oleh pabrik kemudian pada tahap kedua dilakukan overtopping yaitu melakukan pengecoran balok di tempat. Sehingga ada dua ukuran balok yaitu balok sebelum komposit (balok pracetak) dan balok sesudah komposit.

Dimensi balok yang direncanakan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 pada tabel 9.5(a) merupakan ukuran balok secara utuh (sesudah komposit).

4.1.4.1 Dimensi Balok Induk

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

- Dimensi Balok BI 1, $L = 6$ m

$$h_{min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) = \frac{6000}{16} \times \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) = 35,9 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3} \times h_{min} = \frac{2}{3} \times 35,9 = 23,9 \text{ cm}$$

$h_{min} = 35,9$ cm digunakan $h = 65$ cm

$b_{min} = 23,9$ cm digunakan $b = 50$ cm

- Dimensi Balok BI 2, $L = 7,2$ m

$$h_{min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) = \frac{7200}{16} \times \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) = 43,1 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3} \times h_{min} = \frac{2}{3} \times 43,1 = 28,7 \text{ cm}$$

$$h_{min} = 43,1 \text{ cm digunakan } h = 70 \text{ cm}$$

$$b_{min} = 28,7 \text{ cm digunakan } b = 40 \text{ cm}$$

Tabel 4.1. Dimensi Balok Induk

Kode Balok	Bentang	h min	b min	h pakai	b pakai	Dimensi
Induk	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
BI 1	600	35.893	23.929	70	40	40/70
BI 2	720	43.071	28.714	70	40	40/70
BI 3	700	41.875	27.917	70	40	40/70
BI 4	275	16.451	10.967	70	40	40/70
BI 5	300	17.946	11.964	70	40	40/70
BI 6	320	19.143	12.762	70	40	40/70

4.1.4.2 Dimensi Balok Anak

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

- Dimensi Balok BA 1, $L = 7 \text{ m}$

$$h_{min} = \frac{L}{21} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) = \frac{7000}{21} \times \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) = 41,9 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3} \times h_{min} = \frac{2}{3} \times 41,9 = 27,9 \text{ cm}$$

$$h_{min} = 41,9 \text{ cm digunakan } h = 50 \text{ cm}$$

$$b_{min} = 27,9 \text{ cm digunakan } b = 30 \text{ cm}$$

- Dimensi Balok BA 2, $L = 3,5 \text{ m}$

$$h_{min} = \frac{L}{21} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) = \frac{3500}{21} \times \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) = 20,8 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3} \times h_{min} = \frac{2}{3} \times 20,8 = 13,9 \text{ cm}$$

$$h_{min} = 20,8 \text{ cm digunakan } h = 50 \text{ cm}$$

$$b_{min} = 13,9 \text{ cm digunakan } b = 30 \text{ cm}$$

Tabel 4.2. Dimensi Balok Anak

Kode Balok Anak	Bentang (cm)	h min (cm)	b min (cm)	h pakai (cm)	b pakai (cm)	Dimensi (cm)
BA 1	700	41.875	27.917	50	30	30/50
BA 2	350	20.938	13.958	50	30	30/50
BA 3	275	16.451	10.967	50	30	30/50

4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat

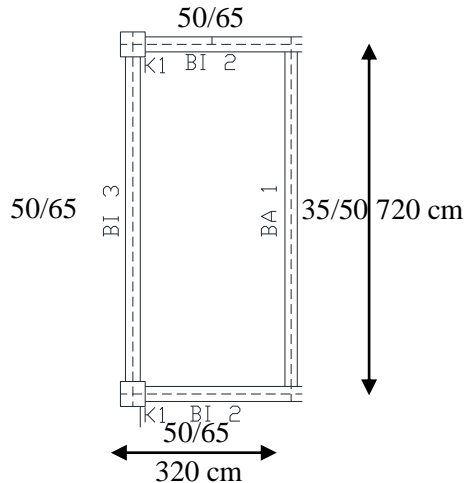
Penentuan tebal minimum pelat satu arah harus sesuai dengan SNI 2784-2013 Pasal 9.5.2 tabel 9.5(a), sedangkan untuk pelat dua arah harus sesuai dengan SNI 2784-2013 Pasal 9.5.3. Pelat yang direncanakan berupa pelat satu arah dengan 7 tipe pelat dengan ukuran sebagai berikut:

- Pelat tipe P1 : 300 x 700 cm
- Pelat tipe P2 : 320 x 700 cm
- Pelat tipe P3 : 200 x 700 cm
- Pelat tipe P4 : 275 x 720 cm
- Pelat tipe P5 : 160 x 350 cm
- Pelat tipe P6 : 150 x 350 cm
- Pelat tipe P7 : 137,5 x 300 cm

Semua tipe pelat tersebut direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu beton ($f'c$) : 35 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 390 Mpa
- Tebal Rencana : 14 cm

Dalam perencanaan ini, pelat berupa pelat pracetak yang kemudian pada saat pemasangan elemen pracetak diberi overtopping. Dalam tugas akhir ini pelat tipe P2 memiliki dimensi terbesar yaitu 320 x 700 cm digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat. Berikut ini contoh perhitungan dimensi tebal pelat.



$$L_n = 720 - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 680 \text{ cm}$$

$$S_n = 320 - \left(\frac{40}{2} + \frac{30}{2} \right) = 285 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{680}{285} = 2,3 \quad \beta > 2 \text{ maka tipe pelat satu arah}$$

Tebal minimum pelat satu arah harus sesuai dengan SNI 2784-2013 Pasal 9.5.2 tabel 9.5(a). Tebal minimum pelat apabila lendutan tidak dihitung:

$$h = \frac{L}{28} = \frac{320}{28} = 11,43 \text{ cm}$$

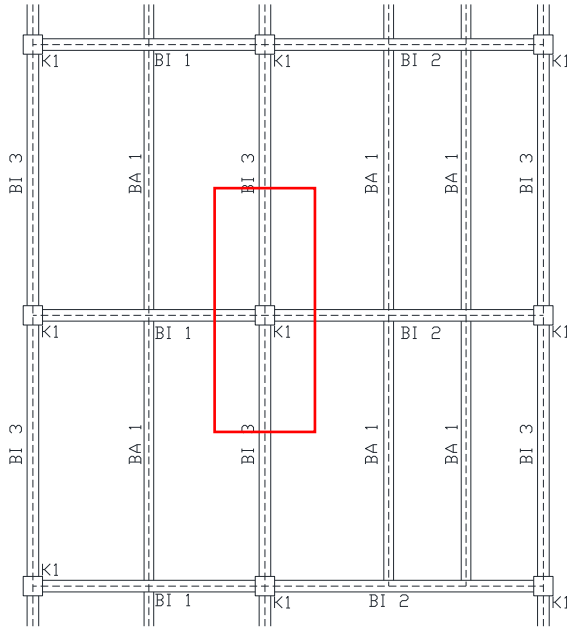
Maka tebal pelat diambil 14 cm.

4.1.6 Perencanaan Dimensi Kolom

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

- Tebal Pelat = 14 cm = 140 mm
- Jumlah Lantai = 12 lantai
- Tinggi lantai 1 ke lantai 3 = 3 m
- Tinggi lantai 3 ke lantai 4 = 6 m

- Tinggi lantai 4 – atap = 3 m
- Dimensi Balok Induk = Tabel 4.1
- Dimensi Balok Anak = Tabel 4.2



Gambar 4.1. Luas Tributary Kolom

Pembebanan kolom menggunakan luas tributary seperti berikut ini:

1. Beban mati lantai 2 – atap
 - Pelat = $3,2 \times 7 \times 0,14 \times 2400\text{kg/m}^3 \times 12$
= 82790,4 kg
 - Balok Induk Mem. = $7 \times 0,4 \times 0,7 \times 2400\text{kg/m}^3 \times 12$
= 51744 kg
 - Balok Induk Mel. = $7,2 \times 0,4 \times 0,7 \times 2400\text{kg/m}^3 \times 12$
= 53222,4 kg
 - Balok Anak = $7 \times 0,3 \times 0,5 \times 2400\text{kg/m}^3 \times 12$
= 32340 kg

- Penggantung + Penggantug = $3,2 \times 7 \times 6.5 \text{kg/m}^2 \times 12$
= 1881,6 kg
- Ducting & Plumbing = $3,2 \times 7 \times 19 \text{kg/m}^2 \times 12$
= 4681,6 kg
- Keramik = $3,2 \times 7 \times 20 \text{kg/m}^2 \times 12$
= 5376 kg
- Spesi = $3,2 \times 7 \times 5 \text{kg/m}^2 \times 12$
= 1344 kg
- Aspal (1cm) = $3,2 \times 7 \times 0,01 \times 1400 \text{kg/m}^3$
= 313,6
DL = 2472255,6 kg

2. Beban hidup lantai 2 – atap

- Pelat = $3,2 \times 7 \times 192 \text{ kg/m}^2 \times 12$
= 51609,6 kg
LL = 51609,6 kg

Berdasarkan SNI 1727-2013 koefisien reduksi untuk beban hidup struktur yang menumpu 2 lantai atau lebih besar 20%. Jadi total beban hidup :

$$\begin{aligned} \text{LL} &= 80\% \times 51609,6 \text{ kg} \\ &= 41287,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi Berat Total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (2472255,6) + 1,6 (41287,68) \\ &= 364988,93 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi $\phi = 0,65$. Sehingga dimensi kolom :

$$A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{364988,93}{0,65 \times 350} = 1442,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} b = h, \text{ maka } b^2 &= 1604,5 \text{ cm}^2 \\ &= 40 \text{ cm} \approx 75 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi digunakan dimensi kolom $b \times h = 75 \times 75 \text{ cm}$

4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

4.2.1 Perencanaan Pelat

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 14 cm dengan tebal pelat pracetak 8 cm dan overtopping 6 cm. Desain pelat direncanakan pada beberapa keadaan yaitu sebelum dan sesudah komposit.

1. Sebelum Komposit

Keadaan ini merupakan keadaan awal pelat dimana pelat pracetak dan komponen *overtopping* belum menyatu. Perletakan pelat dianggap sebagai tertumpu sederhana.

2. Sesudah Komposit

Keadaan ini merupakan keadaan dimana pelat pracetak dan komponen overtopping sudah memikul beban bersama-sama dan merupakan satu kesatuan struktur yang monolit. Perletakan pelat dianggap perletakan terjepit elastis.

4.2.1.1 Data Perencanaan

Dari hasil preliminary design didapatkan perencanaan pelat sebagai berikut :

Tebal pelat total	=	14	cm
Tebal pelat pracetak	=	8	cm
Tebal topping	=	6	cm
Mutu beton (f'_c)	=	35	MPa
Mutu baja tul lentur	=	390	MPa
Mutu baja tul geser	=	240	MPa
Diameter tul rencana	=	D10	mm
Selimut beton	=	20	mm

4.2.1.2 Pembebanan Pelat Lantai

1. Sebelum Komposit

Dalam pembebanan sebelum komposit beban mati yang bekerja hanya berat sendiri pelat pracetak dan beban topping saat sudah dilakukan pengecoran. Untuk beban hidupnya yang bekerja merupakan beban kerja yaitu berat orang yang bekerja dan

peralatan saat pemasangan pelat pracetak maupun saat pengecoran overtopping.

- Beban Mati (DL)

Berat sendiri	$= 0,08 \times 2400$	$= 192 \text{ kg/m}^2$
Berat overtopping	$= 0,06 \times 2400$	$= 144 \text{ kg/m}^2 +$
		$DL = 336 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup

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

2. Sesudah Komposit

Beban yang bekerja pada pelat sesudah komposit adalah berat keseluruhan pelat 14 cm dan beban mati lainnya. Untuk beban hidup yang bekerja merupakan beban hidup hotel.

- Beban mati (DL)

Berat sendiri	$= 0,14 \times 2400$	$= 336 \text{ kg/m}^2$
Plafon + penggantung		$= 6.5 \text{ kg/m}^2$
Spesi		$= 20 \text{ kg/m}^2$
Keramik		$= 5 \text{ kg/m}^2$
Ducting Plumbing		$= 19 \text{ kg/m}^2 +$
		$DL = 387 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup

Beban hotel	$LL = 192 \text{ kg/m}^2$
-------------	---------------------------

4.2.1.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1 adalah:

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

Berikut adalah kombinasi pembebanan pelat

- Keadaan 1 sebelum komposit, ada beban pekerja

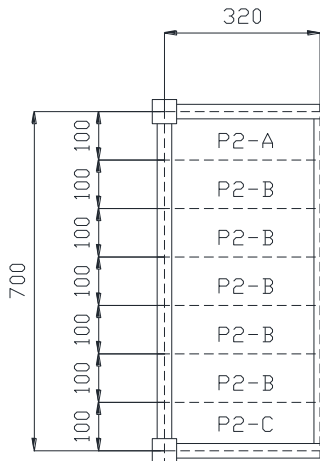
$Q_u = 1,2 (192) + 1,6 (200)$	$= 550,4 \text{ kg/m}^2$
-------------------------------	--------------------------
- Keadaan 2 sebelum komposit, overtopping telah terpasang

$Q_u = 1,2 (336) + 1,6 (200)$	$= 723,2 \text{ kg/m}^2$
-------------------------------	--------------------------
- Keadaan 3 setelah komposit

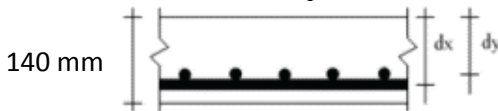
$Q_u = 1,2 (387) + 1,6 (192)$	$= 771 \text{ kg/m}^2$
-------------------------------	------------------------

4.2.1.4 Perhitungan Tulangan

Perhitungan penulangan pelat direncanakan dalam tiga kondisi yaitu tahap pelat sebelum komposit, saat pengangkatan, dan tahap pelat sesudah komposit. Dari hasil ketiga penulangan tersebut dipilih tulangan yang paling kritis untuk direalisasikan di lapangan. Semua tipe pelat menggunakan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan. Perhitungan pelat tipe P2 dengan dimensi 320 x 700 cm dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya.



Gambar 4.2 Pelat Tipe P2 (320 x 720 cm)



$$L_n = 700 - 40/2 - 40/2 = 660 \text{ cm}$$

$$S_n = 320 - 40/2 - 30/2 = 285 \text{ cm}$$

$$\beta = L_n/S_n = 660/287,5 = 2,3 > 2 \text{ maka pelat satu arah}$$

Berdasarkan SNI 7833 – 2012 Gambar R4.6.2

$$\begin{aligned} \text{Panjang Landasan} &= \frac{ln}{180} > 50 \text{ mm} \\ &= \frac{2775}{180} = 15,4 \text{ mm} < 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang landasan 50 mm

$$\begin{aligned} \text{Dimensi pracetak} &= 285 \text{ cm} + (5 \times 2) \times 100 \text{ cm} \\ &= 295 \times 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

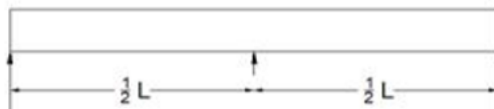
- Kondisi sebelum komposit
 $D_x = 80 - 20 - 10/2 = 55 \text{ mm}$
 $D_y = 80 - 20 - 10 - 10/5 = 45 \text{ mm}$
- Kondisi sesudah komposit
 $D_x = 140 - 20 - 10/2 = 115 \text{ mm}$
 $D_y = 140 - 20 - 10 - 10/5 = 95 \text{ mm}$
- Untuk mutu beton $f_c = 35 \text{ Mpa}$ berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah
 $\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28)/7 > 0,65$
 $\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28)/7 > 0,65 = 0,8$

Maka batasan harga rasio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35 \left(\frac{600}{600 + 390} \right)}{390} = 0,037 \\ \rho_{max} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,037 = 0,027 \\ \rho_{min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_{c'}}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{390} = 0,0037 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,11 \end{aligned}$$

1. Penulangan Sebelum Komposit

Perencanaan penulangan pelat sebelum komposit menggunakan 3 tumpuan.



Penulangan Arah X

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

$$\begin{aligned} M_{Lap} &= 1/8 \times Q_u \times Lx^2 \\ &= 1/8 \times 723,2 \times 1,475^2 \\ &= 196,67 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{196,67 \times 10000}{0,85 \times 1000 \times 55^2} = 0,81$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,11) \times 0,81}{390}} \right) \\ &= 0,0021 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &= \rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max} \\ &= 0,0037 > 0,0021 < 0,027 \text{ memenuhi} \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5.3 sebagai alternatif unuk komponen struktur besar dan masif luas tulangnyaang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0021 = 0,0027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,0027 \times 1000 \times 55 \\ &= 151,09 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Dicoba digunakan tulangan D10
A D10 = $0,25 \pi d^2 = 78,54 \text{ mm}^2$
- Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{A_s} = \frac{1000 \times 78,54}{153,64} = 518,821 \text{ mm}$$

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

dipakai $s = 200 \text{ mm}$

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

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

- Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

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

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

As pakai = 392,699 mm² > As min (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan lentur Ø10-200

Penulangan Arah Y

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

$$As = \rho_{\text{susut}} b d \\ = 0,0018 \times 1000 \times 35 = 81 \text{ mm}^2$$

- Dicoba digunakan tulangan D10

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

- Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{As} = \frac{1000 \times 78,54}{63} = 1246,66 \text{ mm}$$

Syarat: $s \leq 5h$ atau $s \leq 450 \text{ mm}$ (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2)

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

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

dipakai $s = 300 \text{ mm}$

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

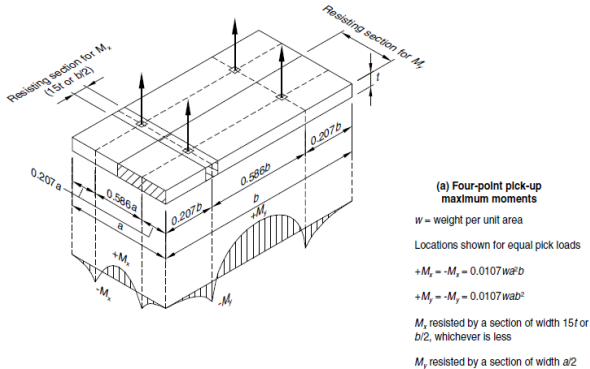
As pakai > As perlu (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan susut Ø10-300

2. Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

Dalam pemasangan pelat pracetak, perlu diingat bahwa pelat akan mengalami pengangkatan elemen (*erection*). Besarnya momen dan pengaturan jarak tulangan angkat sesuai dengan buku *PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed*

Concrete seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini dimana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan, yaitu:



Gambar 4.3 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)

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

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

Pada pelat tipe P2: 100 cm x 295 cm ($L_x = 1$ m, $L_y = 2,95$ m)

Sehingga $a = 1$ m dan $b = 2,95$ m

$$w = 230,4 \text{ kg/m}^2$$

Maka:

$$M_x = 0,0107 \times 230,4 \times 1^2 \times 2,95 = 7,27 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0,0107 \times 230,4 \times 1 \times 2,95^2 = 21,45 \text{ kgm}$$

Penulangan Arah X

$$M_{ux} = 7,27 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{7,27 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 55^2} = 0,030$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,030}{390}} \right) = 0,0001$$

Syarat: $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$
 $0,0038 > 0,0001 < 0,0277$

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

$$\rho_{pakai} = 1,3 \rho_{perlu} \\ = 1,3 \times 0,0001 = 0,00012$$

$$As = \rho b d \\ = 0,00012 \times 1000 \times 55 = 5,59 \text{ mm}^2$$

- Dicoba digunakan tulangan D10

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

- Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{As} = \frac{1000 \times 78,54}{5,59} = 14034,9 \text{ mm}$$

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

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

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

dipakai $s = 200 \text{ mm}$

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

$As_{pakai} > As_{perlu}$ (Memenuhi)

- Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} 1000 \times 55 = 208,57 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 1000 \times 55 = 197,43 \text{ mm}^2$$

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

Jadi dipakai tulangan lentur Ø10-200

Penulangan Arah Y

$$Muy = 21,45 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{21,45 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 45^2} = 0,131$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,191}{390}} \right) = 0,0003$$

Syarat: $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$
 $0,0038 > 0,0003 < 0,0277$

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

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0003 = 0,00044 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,00044 \times 1000 \times 45 = 19,90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Dicoba digunakan tulangan D10

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

- Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{As} = \frac{1000 \times 78,54}{19,9} = 3944,87 \text{ mm}$$

Syarat: $s \leq 5h$ atau $s \leq 450 \text{ mm}$ (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2)
 $s \leq 5(80)$ atau $s \leq 450 \text{ mm}$
 $s \leq 400$ atau $s \leq 450 \text{ mm}$

dipakai $s = 300 \text{ mm}$

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

$$As_{pakai} > As_{perlu} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{fc'}}{fy} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} 1000 \times 45 = 170,65 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 1000 \times 45 = 161,53 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 261,799 \text{ mm}^2 > As_{min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan lentur Ø10-300

3. Penulangan Sesudah Komposit

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan tabel PBI. Pada penulangan lentur pelat sesudah komposit hanya pada arah X (arah pendek pelat) sedangkan pada arah Y (arah panjang pelat) merupakan tulangan pembagi.

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{660}{285} = 2,3$$

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

$$Q_u = 771 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{lx(+)} &= 0,001 Q_u L_x^2 X \\ &= 0,001 \times 771 \times 2,82^2 \times 41 = 252,275 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly(+)} &= 0,001 Q_u L_x^2 X \\ &= 0,001 \times 771 \times 2,82^2 \times 11 = 67,683 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx(-)} &= 0,001 Q_u L_x^2 X \\ &= 0,001 \times 771 \times 2,82^2 \times 83 = 510,70 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty(-)} &= 0,001 Q_u L_x^2 X \\ &= 0,001 \times 771 \times 2,82^2 \times 57 = 350,725 \text{ kgm} \end{aligned}$$

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

Penulangan Arah X

$$M_u = 510,70 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{510,70 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 115^2} = 0,48$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,48}{390}} \right) = 0,0012$$

Syarat: $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$
 $0,0038 > 0,0012 < 0,0277$

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

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0012 = 0,0016 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,0016 \times 1000 \times 115 = 186,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Dicoba digunakan tulangan D10

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

- Jarak tulangan

$$s = \frac{b \times A_{D10}}{As} = \frac{1000 \times 78,54}{186,59} = 420,98 \text{ mm}$$

Syarat:

$$s \leq 3h \text{ atau } s \leq 450 \text{ mm (SNI 2847:2013 Pasal 10.5.4)}$$

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

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

dipakai $s = 150 \text{ mm}$

$$As_{pakai} = \frac{b \times A_{D10}}{s} = \frac{1000 \times 78,54}{150} = 523,599 \text{ mm}^2$$

$As_{pakai} > As_{perlu}$ (Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

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

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

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

Jadi dipakai tulangan lentur Ø10-150

Penulangan Arah Y

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

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

Dicoba digunakan tulangan D10

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

Jarak tulangan

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

Syarat: $s \leq 5h$ atau $s \leq 450 \text{ mm}$ (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2)

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

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

dipakai $s = 300 \text{ mm}$

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

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

Jadi dipakai tulangan susut Ø10-300

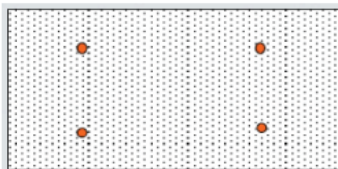
4.2.1.5 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

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

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

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

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



$a = 1 \text{ m}$

$b = 2,95 \text{ m}$

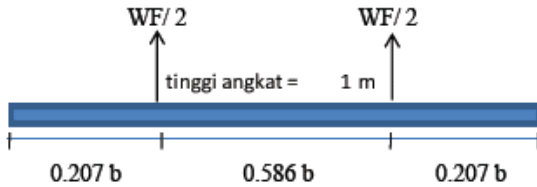
$$P = \frac{a b T_{Prestcast} B_{Jbeton}}{4} = \frac{1 \times 2,95 \times 0,08 \times 2400}{4} = 134,6 \text{ kg}$$

- Tegangan Arah Y (arah panjang)

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

$$M_y = 0,0107 \times 230,4 \times 1 \times 2,95^2 = 21,45 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



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

$$M_y' = \frac{P \times Y_c}{\tan \theta} = \frac{134,6 \times 0,04}{\tan 45} = 5,38 \text{ kgm}$$

Faktor Kejut = 1,5

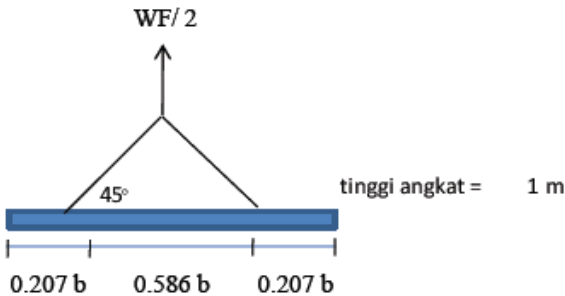
$$M_y \text{ total} = 1,5 \times (M_y + M_y') = 1,5 \times (21,45 + 5,38) = 40,24 \text{ kgm}$$

- Tegangan Arah X (arah pendek)

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

$$M_x = 0,0107 \times 230,4 \times 1^2 \times 2,95 = 7,27 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



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

$$M_{x'} = \frac{P \times Y_c}{\tan \theta} = \frac{134,6 \times 0,04}{\tan 45} = 5,38 \text{ kgm}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M_x \text{ total} = 1,5 \times (M_x + M_{x'}) = 1,5 \times (7,27 + 5,38) = 18,975 \text{ kgm}$$

- Menghitung Momen Tahanan

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

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

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

$$b/2 = 2,95/2 = 147,5 \text{ cm}$$

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

- M_y ditahan oleh penampang selebar $a/2$

$$a/2 = 100/2 = 50 \text{ cm}$$

$$W_y = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2 = \frac{1}{6} \times 50 \times 8^2 = 533,33 \text{ cm}^3$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{x_{\text{tot}}}}{W_x} = \frac{1897,5}{1280} = 1,48 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,87 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{y_{\text{tot}}}}{W_y} = \frac{4024}{533,33} = 7,55 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,87 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

4.2.1.6 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

- Pembebanan

Beban Mati (DL)

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

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

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

Beban Hidup (LL)

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

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 211,2 + 1,6 \times 200 = 573,44 \text{ kg/m}^2 \\ P_u &= Q_u \times a \times b \\ &= 573,44 \times 1 \times 2,95 = 1691,65 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Menghitung tulangan angkat

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

Beban yang diterima satu titik angkat:

$$P = \frac{1691,65}{4} \times 1,41 = 596,31 \text{ kg}$$

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

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

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{596,31}{2600} = 0,22 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat D10 mm

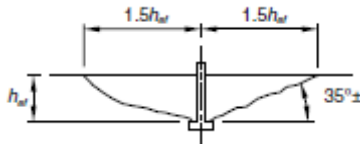
A_s pakai = $78,54 \text{ mm}^2 = 0,7854 \text{ cm}^2 > 0,22 \text{ cm}^2$ (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan angkat $\emptyset 10$

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

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{kc \sqrt{f'c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{16916,5}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 43,36 \text{ mm}$$

Maka tulangan angkur dipasang 50 mm dari permukaan pelat pracetak.



Gambar 4.4 Pengukuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak Menurut *PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete figure 6.5.1* panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari,

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

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

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

- Menghitung kebutuhan strand

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

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

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

F_{pu} = 250 ksi = 1725 MPa

A = $0,036$ = $23,2 \text{ mm}^2$

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

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

Kontrol: $P < F_{strand}$

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

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

4.2.1.7 Penulangan Stud Pelat Lantai

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

tempat. Untuk mengikat elemen pracetak dan elemen cor di tempat maka dipakai tulangan stud.

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

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.11.9.1 sampai 21.11.9.3 pelat pracetak yang diberi topping di atasnya diizinkan digunakan sebagai diafragma dimana kuat geser tidak boleh melebihi:

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

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

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

Dimana nilai A_{cv} sesuai dengan Pasal 21.11.9.1 adalah :

$$A_{cv} = b \times t \text{ pelat total} = 1000 \times 140 = 140000 \text{ mm}^2$$

Pada metode pracetak harus memperhatikan distribusi gaya dalam pada komponen pracetak dengan lapisan *topping*nya. Sehingga, penyaluran gaya geser horisontal harus dipastikan pada permukaan kontak elemen yang dihubungkan.

$$V_u \text{ SAP} = 30727 \text{ N (V3 balok induk akibat kombinasi 1,2D + 1L + 1EX)}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 17.5.3 Desain penampang yang dikenai geser horisontal:

$$V_{nh} = 30727 \text{ N} < 0,55 b_v d = 0,55 \times 1000 \times 95 = 52250 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

Menurut SNI 21.11.6 tebal slab diafragma pada komposit tidak boleh kurang dari 50 mm.

Tebal plat perencanaan sebesar 60 mm \geq 50 mm OK

Menurut SNI Pasal 21.11.7.1 Rasio tulangan minimum untuk diafragma struktur memenuhi 7.12 . Sehingga penulangan

komposit disamakan dengan tulangan pracetak yaitu D10-150 (Lentur) & D10-300 (Pembagi).

Menurut SNI 2847 2013 Pasal 21.11.9.1 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi:

$$\begin{aligned} A_{cv} &= \text{Tebal } \textit{Overtopping} \times b \\ &= 60 \times 1000 \\ &= 60000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan pasal 11.9.9.2 SNI 2847:2013, ρ_t dapat diambil 0,0025.

$$\begin{aligned} V_n &= A_{cv} (0,17 \lambda \sqrt{f_c'} + \rho_t f_y) \\ &= 60000 ((0,17 \times 1 \times \sqrt{35}) + (0,0025 \times 390)) \\ &= 120344 \text{ N} > 30727 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847 2013 Pasal 21.11.9.2 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi:

$$\begin{aligned} V_n &= 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{f_c'} \\ &= 0,66 \times (60000) \times \sqrt{35} \\ &= 234277 \text{ N} > 30727 \text{ N} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847 2013 Pasal 21.11.9.3 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi:

$$\begin{aligned} \mu &= 1,4 \lambda & \lambda &= 1 \text{ (untuk beton normal)} \\ \mu &= 1,4 (1) = 1,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= A_{vf} \times \mu \times f_y \\ &= (\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2) \times 1,4 \times 390 \\ &= 43982,4 \text{ N} > 30727 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan stud menggunakan tulangan angkat yang sebelumnya telah direncanakan menggunakan diameter 10 mm dengan f_y 390 MPa dan jarak antar tulangan pada sumbu X dan sumbu Y masing-masing 0,568 m dan 1,73 m.

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

$$S \text{ maks} = 4 t = 4 \times 140 = 560 \text{ mm}$$

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

Diambil nilai terkecil maka jarak antar stud tidak boleh melebihi 560 mm. karena jarak antar tulangan angkat melebihi jarak maksimum yang ditentukan oleh SNI maka perlu direncanakan tulangan stud tambahan untuk menahan gaya geser pada pelat pracetak.

Direncanakan tulangan stud = D8 mm

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

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

$$\begin{aligned} V_{nh} &= A_{cv} \times (0,17 \lambda \sqrt{f_c'} + \rho_t f_y) \\ &= 140000 \times (0,17 \times 1 \times \sqrt{35} + 0,0025 \times 390) \\ &= 120344 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{nh} &= 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{f_c'} \\ &= 0,66 \times 140000 \times \sqrt{35} = 234277 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{nh} &= A_{vf} \times f_y \times \mu \\ &= 2 \times 50,265 \times 390 \times 1,4 = 87964,8 \text{ N} \end{aligned}$$

Dipakai yang terkecil, maka $V_n = 87964,8 \text{ N}$

$V_u \text{ SAP} = 30727 \text{ N}$ (V3 balok induk akibat kombinasi 1,2D + 1L + 1EX)

$V_u \text{ SAP} < V_n$ maka dipakai tulangan minimum

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

$$S \text{ maks} = 4 t = 4 \times 140 = 560 \text{ mm}$$

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

Dipakai $S = 500 \text{ mm}$

SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.3

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

$$A_{v_{min}} = 0,062 \sqrt{35} \frac{1000 \times 500}{240} > \frac{0,35 \times 1000 \times 500}{240}$$

$$A_{v_{min}} = 764,16 \text{ mm}^2 > 729,16 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan stud $\text{Ø}8\text{-}500$

Stud direncanakan menggunakan produk HILTI dengan ketentuan kedalaman stud pada beton pracetak dan *overtopping* dipasangi sebesar 6 db sehingga kedalaman masuk stud sebesar $6 \times 8 = 48 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$.

4.2.1.8 Panjang Penyaluran Pelat

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

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

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

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

Maka panjang penyaluran dipakai 150 mm

4.2.1.9 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan

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

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

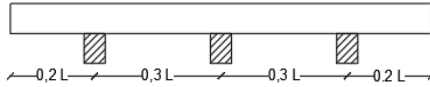
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

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

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

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

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



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

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

Faktor kejut = 1,5

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

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

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

Faktor kejut = 1,5

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

Kontrol Tegangan

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

(Memenuhi)

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

(Memenuhi)

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan balok kayu sebagai penyangga dengan dimenso 5/10

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

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

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

Jumlah tumpukan

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

4.2.1.10 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

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

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

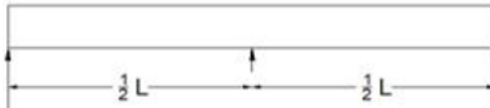
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

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

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

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

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 2,95 = 1,475 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 24301,475^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 1,475 = 161,8 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 242,79 \text{ kgm} = 24279 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 230 \times 1,475^2 = 54,8 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 82,23 \text{ kgm} = 8223 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{24279}{1066,67} = 22,4 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{8223}{106,67} = 7,7 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

4.2.1.11 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran

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

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

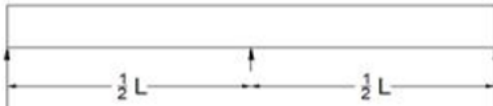
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

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

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

$$W = 1/6 a t = 1/6 \times 100 \times 14^2 = 3593,33 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 2,95 = 1,475 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 443,5 \times 1,475^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 1,475$$

$$= 214,48 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 321,73 \text{ kgm} = 32173 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 443,5 \times 1,475^2 = 120,61 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 189,09 \text{ kgm} = 18909 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{Iap}}{W} = \frac{32173}{3593,33} = 8,95 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{18909}{3593,33} = 5,26 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

4.2.1.12 Kontrol Kapasitas Lentur Retak dan Lendutan

1. Kontrol Kapasitas Lentur Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \\ &= \frac{329,7 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\ &= 5,148 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times As \times fy \times \left(d_x - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \times 392,7 \times 390 \times \left(45 - \frac{5,148}{2} \right) \\ &= 5847889,42 \text{ N.mm} \geq M_u = 1966765 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

(Memenuhi)

2. Kontrol Retak Sebelum Komposit

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

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

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

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 80^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 42666666,67 \text{ mm}^4 \\
 M_{cr} &= \frac{f_r \times I}{y_t} \\
 &= \frac{2,488 \times 42666666,67}{\left(\frac{80}{2}\right)} \\
 &= 2653587,12 \text{ N.mm} > M_u = 1966765 \text{ N.mm} \\
 &\hspace{15em} (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

3. Kontrol Lendutan Sebelum Komposit

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

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1/8 \times QDL \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 336 \times 1,4325^2 \\
 &= 91,376 \text{ kgm} \\
 &= 913760 \text{ Nmm} \\
 I_g &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 80^3 \\
 &= 42666666,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}
 \frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) &= 0 \\
 \frac{1000 \times x^2}{2} - 10,605 \times 329,7 \times (55 - x) &= 0
 \end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned}
 I_{cr} &= \frac{bx^3}{3} + n \times A_s \times (d - x)^2 \\
 &= \frac{1000 \times 17,36^3}{3} + 10,605 \times 329,7 \times (55 - 17,63)^2 \\
 &= 7642576,827 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_e &= \left(\frac{M_{cr}}{M_{ux}}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{ux}}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g \\
 &= \left(\frac{2653587,12}{913760}\right)^3 \times 42666666,67 + \left[1 - \left(\frac{2653587,12}{913760}\right)^3\right] 7642576,827 \\
 &= 865404751,5 \text{ mm}^4 > I_g = 42666666,67 \text{ mm}^4 \\
 \text{Maka digunakan } I_g &= 42666666,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{16,1} \\
 &= 18858,658 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= DL + LL \\
 &= 336 + 200 \\
 &= 536 \text{ kg/m} \approx 5,36 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\
 &= \frac{5 \times 5,36 \times 1,475^4}{384 \times 18858,658 \times 42666666,67} \\
 &= 0,41 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \frac{l}{240} &= \frac{1475}{240} \\
 &= 6,146 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\Delta_i = 0,45 \text{ mm} < 6,146 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

4. Kontrol Kapasitas Lentur Sebelum Komposit Saat Pengangkatan

- Penulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} \\
 &= \frac{329,7 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 5,148 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 392,7 \times 390 \times \left(55 - \frac{5,148}{2}\right) \\
 &= 7226263,19 \text{ N.mm} \geq M_{ux} = 72725,76 \text{ N.mm} \\
 &\hspace{15em} (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \\
 &= \frac{329,7 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 5,148 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times As \times fy \times \left(d_x - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 0,85 \times 392,7 \times 390 \times \left(45 - \frac{5,148}{2}\right) \\
 &= 5847889,415 \text{ N.mm} \geq M_{uy} = 214540,992 \text{ N.mm} \\
 &\hspace{15em} (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

5. Kontrol Retak Sebelum Komposit Saat Pengangkatan

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dikapai x = 17,63 mm

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

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

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

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

$$= \left(\frac{2653587,12}{214520,992}\right)^3 \times 42666666,67 + \left[1 - \left(\frac{2653587,12}{214520,992}\right)^3\right] 7642576,827$$

$$= 66197869770 \text{ mm}^4 > I_g = 42666666,67 \text{ mm}^4$$

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

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

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

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

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

7. Kontrol Kapasitas Lentur Setelah Komposit

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} \\
 &= \frac{523,599 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} \\
 &= 6,864 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi \times As \times fy \times \left(d_x - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \times 523,599 \times 390 \times \left(115 - \frac{6,864}{2} \right) \\
 &= 15496505,85 \text{ N.mm} \geq M_{ux} = 5107041.356 \text{ N.mm} \\
 &\text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

8. Kontrol Retak Setelah Komposit

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

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

$$\begin{aligned}
 &= 24,5 \text{ MPa} \\
 f_r &= 0,62 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \quad ; \quad \lambda = 1 \text{ (beton normal)} \\
 &= 0,62 \times 1 \times \sqrt{24,5} \\
 &= 3,068 \text{ MPa} \\
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 140^3 \\
 &= 228666666,67 \text{ mm}^4 \\
 M_{cr} &= \frac{f_r \times I}{y_t} \\
 &= \frac{3,068 \times 228666666,67}{\left(\frac{140}{2}\right)} \\
 &= 10024888,54 \text{ N.mm} \\
 M_{ux} &= 5107041,356 \text{ Nmm} < 10024888,54 \text{ Nmm} \\
 &\quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

9. Kontrol Lendutan Setelah Komposit

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

$$\begin{aligned}
 M_u &= 5107041.356 \text{ N.mm} \\
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 1000 \times 140^3 \\
 &= 228666666,67 \text{ mm}^4 \\
 M_{cr} &= \frac{f_r \times I}{y_t} \\
 &= \frac{3,068 \times 228666666,67}{\left(\frac{140}{2}\right)} \\
 &= 10024888,54 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \frac{bx^2}{2} - n \times A_s(d - x) &= 0 \\
 \frac{1000x^2}{2} - 8,597 \times 523,599 (115 - x) &= 0
 \end{aligned}$$

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

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

Dipakai $x = 27,98$

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

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

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

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

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

$$\left. \left(\frac{10024888,54}{5107041,356} \right)^3 \right] 41388434,262$$

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

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

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{24,5} \\ &= 23263,81 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= DL + LL \\ &= 387 + 192 \\ &= 579 \text{ kg/m} \approx 5,79 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_i &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_e} \\ &= \frac{5 \times 5,79 \times 2,95^4}{384 \times 2326,81 \times 228666666,67} \\ &= 1,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

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

Tabel 4.3 Tulangan Terpasang pada Pelat

Tipe Pelat	Ukuran Pelat		Tulangan Terpasang		Stud	Tulangan Angkat
	Ly (m)	Lx (m)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan Pembagi (mm)		
P1	7	3	Ø10-150	Ø10-300	Ø8-500	Ø10
P2	7	3.2	Ø10-150	Ø10-300	Ø8-500	Ø10
P3	7	2	Ø10-150	Ø10-300	Ø8-500	Ø10
P4	7.2	2.75	Ø10-150	Ø10-300	Ø8-500	Ø10
P5	3.5	1.6	Ø10-150	Ø10-300	Ø8-500	Ø10
P6	3.5	1.5	Ø10-150	Ø10-300	Ø8-500	Ø10
P7	3	1.375	Ø10-150	Ø10-300	Ø8-500	Ø10

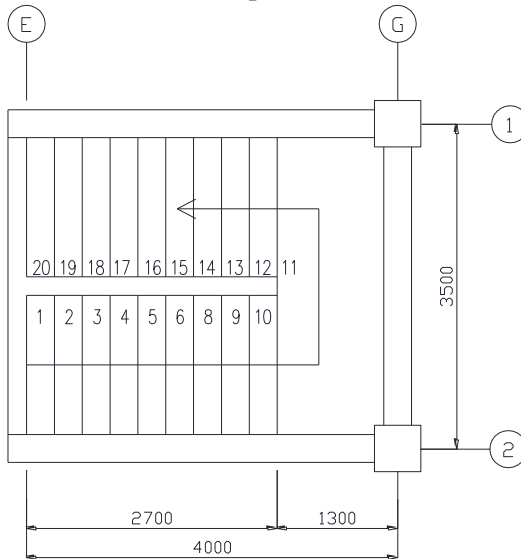
4.2.2 Perencanaan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

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

Data-data perencanaan penulangan pelat tangga adalah sebagai berikut :

- Mutu Beton = 35 Mpa
- Mutu Baja (Fyl) = 390 Mpa
- Mutu Baja (Fyg) = 240 Mpa
- Tinggi Antar Lantai = 3000 mm
- Tinggi Bordes = 1500 mm
- Lerbar Bordes = 1300 mm
- Lebar Anak Tangga = 1750 mm
- Lebar Injakan (i) = 300 mm
- Tinggi Injakan (t) = 175 mm
- Tebal Pelat Tangga (tp) = 140 mm
- Tebal Pelat Bordes = 140 mm
- Tebal Selimut = 20 mm
- Diameter Tul. Lentur = 16 mm
- Jumlah Injakan (n) = $\frac{1500}{175} = 9$ buah
- Jumlah Injakan = $9 - 1 = 8$ buah

- Panjang Tangga - Bordes = $300 \times 9 = 2700 \text{ mm}$
- Kemiringan Tangga (α) = $\text{arc tan } \frac{1500}{2700} = 29,05^\circ$
- Syarat : $60 \leq (2t+i) \leq 65$ = $60 \leq (65) \leq 65 \text{ (OK)}$
- Syarat : $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ = $25^\circ \leq 29,05^\circ \leq 40^\circ \text{ (OK)}$
- $tr = \frac{i}{2} \times \sin 29,05^\circ$ = $7,2 \text{ cm}$
- Tebal Pelat Rata-rata = $tp + tr = 14 + 7,2 = 21,2 \text{ cm} = 22 \text{ cm}$



Gambar 4.5 Denah tangga

4.2.2.1 Pembebanan Tangga

1. Pembebanan Pelat Tangga

- **Beban Mati:**
 - Berat Keramik = 20 kg/m^2
 - Berat Spesi = 5 kg/m^2
 - Berat Peggangan = $1,75 \times 2,57 = 4,5 \text{ kg/m}^2$
 - Total qDL** = $29,5 \text{ kg/m}^2$

- **Beban Hidup:**
Beban hidup tangga qLL = 479 kg/m²

2. Pembebanan Pelat Bordes

- **Beban Mati:**
Berat Keramik = 20 kg/m²
Berat Spesi = 5 kg/m²
Berat Pegangan = 1,75 x 2,57 = 4.5 kg/m²
Total qDL = 29,5 kg/m²
- **Beban Hidup:**
Beban hidup tangga qLL = 479 kg/m²

4.2.2.2 Perhitungan Gaya-Gaya Pelat

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

1. Momen Pelat Tangga

- Mu = 12716 kgm (1,2D + 1L + 1Ex)

2. Momen Pelat Bordes

- Mu = 6580,7 kgm (1,2D + 1L + 1Ex)

4.2.2.3 Penulangan Pelat Tangga

a. Penulangan Arah X (Tulangan Utama)

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat rata - rata - decking} - \frac{D}{2} \\ &= 220 - 20 - \frac{16}{2} \\ &= 192 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk mutu beton $F_c' = 35$ Mpa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_{cr}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 400} \right) \\ &= 0.037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.037 \\ &= 0.0277\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{0,25\sqrt{F_c'}}{F_y} \\ &= \frac{0,25\sqrt{35}}{390} \\ &= 0.0038\end{aligned}$$

Pada awal perencanaan, direncanakan faktor reduksi (ϕ) = 0.9

$$\begin{aligned}Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\ &= \frac{127160000}{0.9 \times 1000 \times 192^2} \\ &= 3.83\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{F_y}{0.85 \times F_c'} \\ &= \frac{390}{0.85 \times 35} \\ &= 13.11\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13.11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.11 \times 3.83}{390}} \right) \\ &= 0.0095\end{aligned}$$

$$\begin{array}{lclcl} \rho_{min} & : & \rho_{perlu} & : & \rho_{max} \\ 0.00380 & < & 0.0106 & < & 0.0277 \end{array}$$

Maka, ρ pakai = 0.0106

- **Tulangan Utama**

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho b d \\ &= 0,0106 \times 1000 \times 192 \\ &= 2027.16 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D 16 mm

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

$$= 201.06 \text{ mm}^2$$

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

$$(s) = \frac{1000 \times 201.06}{2027.16}$$

$$(s) = 101.18 \text{ mm}$$

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

$$s \leq 3(220) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 660 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $s = 100 \text{ mm}$

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

$$= \frac{1000 \times 201.06}{100}$$

$$= 2116.44 \text{ mm}^2 > \text{As Perlu} = 2027.16 \text{ mm}^2$$

(OKE)

- **Cek syarat minimum tulangan**

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

$$\text{As min} = \frac{0.25\sqrt{f_c'}}{F_y} b w . d = \frac{0.25\sqrt{35}}{390} 1000 \times 192$$

$$= 728.13 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{1.4 \times b w \times d}{F_y} = \frac{1.4 \times 1000 \times 192}{390}$$

$$= 689.23 \text{ mm}^2$$

Maka, dipakai tulangan D16 – 100 mm

$$\text{As pakai} = 2010.62 \text{ mm}^2 > \text{As min} = 728.13 \text{ mm}^2 \quad \text{(OKE)}$$

b. Penulangan Arah Y (Tulangan Susut)

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

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

$$d_y = \text{tebal pelat rata - rata - decking} - D - \frac{\emptyset}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 220 - 20 - 16 - \frac{10}{2} \\
 &= 179 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- **Tulangan Susut**

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho b d \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 189 \\
 &= 322 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D 10 mm

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 10^2 \\
 &= 78.5398 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{\text{As Perlu}} \\
 (s) &= \frac{1000 \times 78.5398}{322} \\
 (s) &= 243.76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat : $s \leq 5h$ atau 450 mm (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2)

$s \leq 5(220)$ atau 450 mm

$s \leq 1100$ mm atau 450 mm

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

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{s} \\
 &= \frac{1000 \times 78.5398}{200} \\
 &= 392,69 \text{ mm}^2 > \text{As Perlu} = 322 \text{ mm}^2 \quad \text{(OKE)}
 \end{aligned}$$

4.2.2.4 Penulangan Pelat Bordes

a. Penulangan Arah X (Tulangan Utama)

$$\begin{aligned}
 dx &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\
 &= 140 - 20 - \frac{16}{2} \\
 &= 112 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk mutu beton $F_c' = 35$ Mpa berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah :

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 400} \right) \\ &= 0.037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.037 \\ &= 0.0277\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{0.25 \sqrt{F_c'}}{F_y} \\ &= \frac{0.25 \sqrt{35}}{390} \\ &= 0.0038\end{aligned}$$

Pada awal perencanaan, direncanakan faktor reduksi (ϕ) = 0.9

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{65807000}{0.9 \times 1000 \times 112^2} \\ &= 5.83\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{F_y}{0.85 \times F_c'} \\ &= \frac{390}{0.85 \times 35} \\ &= 13.11\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13.11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.11 \times 5.83}{390}} \right) \\ &= 0.0169\end{aligned}$$

$$\begin{array}{llll} \rho_{min} & : & \rho_{perlu} & : & \rho_{max} \\ 0.00370 & < & 0.0169 & < & 0.026775 \end{array}$$

Maka, ρ pakai = 0.0169

- **Tulangan Utama**

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho b d \\ &= 0,0169 \times 1000 \times 112 \\ &= 1881.05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D 16 mm

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ &= 201.06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{\text{As Perlu}} \\ (s) &= \frac{1000 \times 201.06}{1881.05} \\ (s) &= 106.88 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $s \leq 3h$ atau 450 mm (SNI 2847:2013 Ps. 10.5.4)
 $s \leq 3(140)$ atau 450 mm
 $s \leq 420$ mm atau 450 mm

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $s = 100$ mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{s} \\ &= \frac{1000 \times 201.06}{100} \\ &= 2010.62 \text{ mm}^2 > \text{As Perlu} = 1881.05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(OKE)

- **Cek syarat minimum tulangan**

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

$$\text{As min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'} }{F_y} b w . d = \frac{0.25 \sqrt{35}}{390} 1000 \times 112$$

$$= 690.21 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{1.4 \times b w \times d}{F_y} = \frac{1.4 \times 1000 \times 112}{390} \\ &= 653.33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, dipakai tulangan D16 – 100 mm

As pakai = 2010.62 mm² > As min = 690.21 mm² **(OKE)**

b. Penulangan Arah Y (Tulangan Susut)

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

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 0.0018 \\ dy &= h - \text{decking} - D - \frac{\emptyset}{2} \\ &= 140 - 20 - 160 - \frac{10}{2} \\ &= 99 \text{ mm}\end{aligned}$$

• **Tulangan Susut**

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho b d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 99 \\ &= 178 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D 10 mm

$$\begin{aligned}\text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 78.5398 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{\text{As Perlu}} \\ (s) &= \frac{1000 \times 78.5398}{178} \\ (s) &= 440.582 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat : $s \leq 5h$ atau 450 mm (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2)

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

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

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $s = 300 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= \frac{b \times \text{As tulangan}}{s} \\ &= \frac{1000 \times 78.5398}{300} \\ &= 261.79 \text{ mm}^2 > \text{As Perlu} = 178 \text{ mm}^2 \quad \text{(OKE)}\end{aligned}$$

4.2.3 Perencanaan Balok Bordes

4.2.3.1 Perencanaan Dimensi Balok Bordes

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{350}{16} = 21.875 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h_{min} = \frac{2}{3} 21.875 = 14.58 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi balok bordes 30 x 40 cm

4.2.3.2 Pembebanan Balok Bordes

- **Beban Mati:**

$$\text{Berat Pelat Bordes} = 1,3 \times 0,14 \times 2400 = 374 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Keramik} = 1,3 \times 20 = 26 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Spesi} = 1,3 \times 5 = 6.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Pegangan} = 1,3 \times 1,75 \times 2,57 = 5.85 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Dinding} = 1,5 \times 90 = 135 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total qDL} = 547.35 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup:**

$$\text{Beban hidup qLL} = 1,3 \times 479 = 622,7 \text{ kg/m}$$

4.2.3.3 Perhitungan Gaya – Gaya Balok Bordes

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

- $M_u = 12142,95 \text{ kgm} (1,2D + 1L + 1Ex)$

- $V_u = 9980,4 \text{ kgm} (1,2D + 1L + 1Ex)$

4.2.3.4 Penulangan Lentur Balok Bordes

Data perencanaan penulangan balok bordes :

1. Diameter tulangan utama = D16 mm

2. Diameter sengkang = $\phi 10$ mm

3. Selimut beton = 50 mm

$$d = h - \text{decking} - \phi - \frac{D}{2}$$

$$= 400 - 50 - 10 - \frac{16}{2}$$

$$= 332 \text{ mm}$$

Untuk mutu beton $F_c' = 35$ Mpa berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah :

$$\beta_1 = 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\}$$

$$= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\}$$

$$= 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right)$$

$$= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 400} \right)$$

$$= 0.037$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$= 0.75 \times 0.037$$

$$= 0.0277$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{F_c'}}{F_y}$$

$$= \frac{0.25\sqrt{35}}{390}$$

$$= 0.0038$$

➤ Tulangan Lentur

Pada awal perencanaan, direncanakan faktor reduksi (ϕ) = 0.9

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{121429500}{0.9 \times 300 \times 332^2}$$

$$= 4.08$$

$$= 4.08$$

$$m = \frac{F_y}{0.85 \times F_c'}$$

$$= \frac{390}{0.85 \times 35}$$

$$= 13.11$$

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

$$= \frac{1}{13.11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.11 \times 4.08}{390}} \right)$$

$$= 0.0113$$

$$\rho \text{ min} \quad : \quad \rho \text{ perlu} \quad : \quad \rho \text{ max}$$

$$0.00370 \quad < \quad 0.0113 \quad < \quad 0.026775$$

Maka, ρ pakai = 0.0113

$$\text{As perlu} = \rho b d$$

$$= 0,0113 \times 300 \times 332$$

$$= 1125.37 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D 16 mm

$$\text{As tulangan} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 16^2$$

$$= 201.062 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}}$$

$$= \frac{1125.37}{201.062} = 5.59 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} = 6 \times \text{As tulangan}$$

$$= 6 \times 201.062$$

$$= 1206.37 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 1125.37 \text{ mm}^2$$

(OKE)

- **Syarat minimum tulangan**

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

$$\text{As min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{F_y} b w \cdot d = \frac{0.25 \sqrt{35}}{390} 300 \times 332$$

$$= 337.72 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{1.4 \times b w \times d}{F_y} = \frac{1.4 \times 300 \times 332}{390}$$

$$= 357.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai} = 1206,37 \text{ mm}^2 > \text{As min} = 357,54 \text{ mm}^2 \quad \text{(OKE)}$$

Tulangan tumpuan bawah diambil 0.5 dari tulangan atas, sehingga digunakan tulangan :

$$\text{Tulangan atas} = 6D16$$

$$\text{Tulangan bawah} = 3D16$$

➤ **Tulangan Geser**

$$V_u = 99804 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b_w \times d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 332 \\ &= 98206.9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta V_c &= 0.75 \times 98206.9 \\ &= 73655.19 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.5\theta V_c &= 0.5 \times 73655.19 \\ &= 36827.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smin} &= \frac{1}{3} b_w \times d \\ &= \frac{1}{3} 300 \times 332 \\ &= 33200 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta(V_c + V_{smin}) &= 0.75 \times (98206.9 + 33200) \\ &= 98555.19 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \times b_w \times d &= \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 300 \times 332 \\ &= 33205.92 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \times b_w \times d) &= 0.75 \times (98206.9 + 33205.92) \\ &= 98559.63 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{2}{3} \sqrt{f_c} \times b_w \times d &= \frac{2}{3} \sqrt{35} \times 300 \times 332 \\ &= 66400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c} \times b_w \times d) &= 0.75 \times (98206.9 + 66400) \\ &= 123459.63 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c} \times b_w \times d) &> V_u > \theta(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \times b_w \times d) \\ 123459.63 &> 99804 > 98559.63 \text{ (Kondisi 5)} \end{aligned}$$

Kondisi di atas diperlukan tulangan geser. Batas spasi tulangan geser menurut SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.1 :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{d}{4} \text{ mm} && \text{atau} && 300 \text{ mm} \\ &= \frac{332}{4} \text{ mm} && \text{atau} && 300 \text{ mm} \\ &= 83 \text{ mm} && \text{atau} && 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta V_s \text{ perlu} &= V_u - \theta V_c \\ &= 99804 - 73655.19 \\ &= 26148.8 \text{ N} \end{aligned}$$

Dipakai 2 kaki diameter 10 mm

$$\begin{aligned} A_v \text{ pakai} &= 2 \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 157.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{\theta V_s} \\ &= \frac{157.08 \times 390 \times 332}{26148.8} \\ &= 777.81 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai $S = 80 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \theta V_s \text{ pakai} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{S} \\ &= \frac{157.08 \times 390 \times 332}{80} \\ &= 254234 \text{ N} > \theta V_s \text{ perlu} = 26148.8 \text{ N} \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Jadi digunakan sengkang D10 – 80 mm 2 kaki

4.2.4 Perencanaan Balok Lift

Perencanaan yang dilakukan pada lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data-data yang digunakan adalah sebagai berikut :

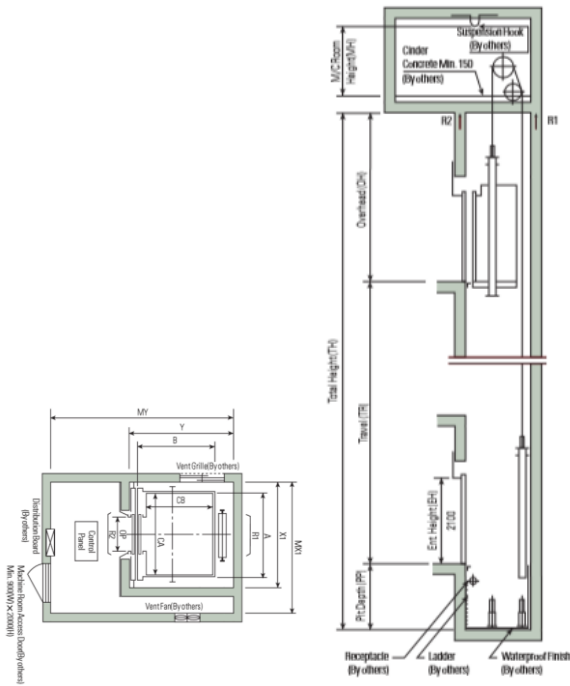
1. Tipe Lift = Hyundai Elevator
2. Standard Kapasitas = 600 kg
3. Kapasitas = 9 orang

4. Kecepatan = 1 m/s
5. Lebar Pintu = 900 mm
6. Dimensi Sangkar (Car Size)
 - a. Car Width (CW) = 1400 mm
 - b. Car Depth (CD) = 1100 mm
7. Dimensi Ruang Luncur (Hoistway Size)
 - a. Hoistway Width (HW) = 1800 mm
 - b. Hoistway Depth (HD) = 1800 mm
8. Beban Reaksi Ruang Mesin
 - a. R1 = 4100 kg
 - b. R2 = 2450 kg

Berikut akan disajikan spesifikasi lift yang digunakan dalam perencanaan bangunan.

Tabel 4.4 Spesifikasi Lift

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	CWT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg				Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	2 Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	2000	5400	4500	
	8	550		800	Rear	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900
	9	600		800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100
	900	Rear		1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600						
1.5	10	700		800	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2700	6800	5400
	11	750		900	Side	1100 x 1650	1160 x 1942	1850	3700	2100	2000	4000	3900	4550	2800	7100	5600
	12	900		900	Side	1100 x 2000	1160 x 2192	1850	3700	2500	2000	4000	4300	5100	3750	8100	6300
1.75	15	1000		900	Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4250	5450	4300	8600	6600
	17	1150		1100	Rear	2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600				
	20	1350		1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700
	24	1600		1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500
2.0	12	900		1200	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2450	5000	2750	2450	5000	4500	8500	6800	12600	10400
	15	1000	900	Side	1200 x 1800	1300 x 2007	2200	4500	2250	2500	4500	4300	12030	6650	9000	7500	
	17	1150	1000	Side	1200 x 1900	1300 x 2107	2200	4500	2350	2500	4500	4400	12800	6950	9400	8000	
	20	1350	1000	Rear	1600 x 1500	1700 x 1707	2250	4600	2300	2550	4600	4400	12800	6950	9400	8000	
2.5	17	1150	1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2200	4500	2650	2500	4500	4700	13080	7150	11000	8700	
	20	1350	1100	Rear	2000 x 1250	2100 x 1557	2650	5400	2150	2950	5400	4200					
	24	1600	1000	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2300	4700	2750	2600	4700	4800					
	24	1600	1100	Rear	2000 x 1500	2100 x 1707	2650	5400	2300	2950	5400	4400	14350	7650	12200	9500	
			1100	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2500	5100	2750	2800	5100	4800	15100	8100	12600	10400	
			1200	Rear	2100 x 1650	2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600	4500					

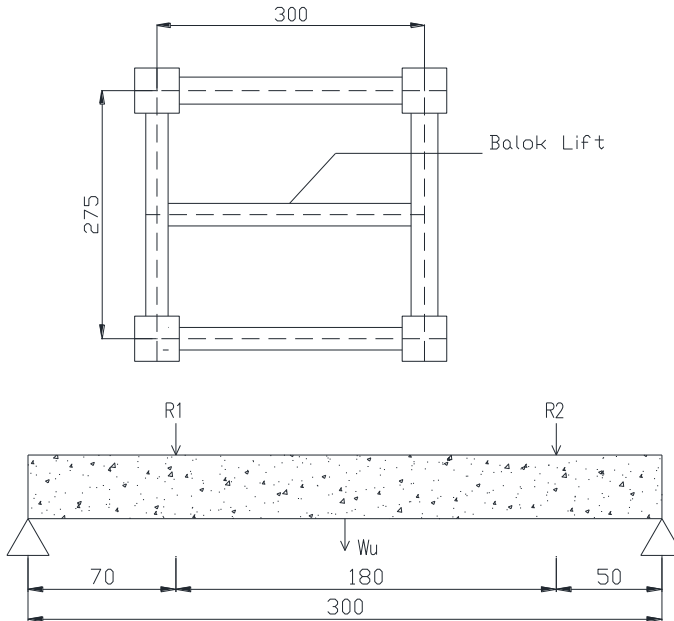


Gambar 4.6 Denah Lift

Data perencanaan penulangan balok lift adalah sebagai berikut :

- | | |
|-----------------------|--------------|
| 1. Dimensi Balok Lift | = 25 x 30 cm |
| 2. Tebal Decking | = 50 mm |
| 3. Tulangan Lentur | = D16 mm |
| 4. Tulangan Geser | = D10 mm |
| 5. Mutu Baja (Fyl) | = 390 Mpa |
| 6. Mutu Baja (Fyg) | = 240 Mpa |
| 7. Mutu Baja (Fc') | = 35 Mpa |

4.2.4.1 Pembebanan Balok Lift



Gambar 4.7 Denah Pembebanan Lift

Berikut adalah pembebanan yang diterima oleh balok lift :

➤ **Beban Mati (DL) :**

Berat balok lift $= 0.25 \times 0.3 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}$

Pelat 12 cm $= 0.12 \times 0.7 \times 2400 = 201.6 \text{ kg/m}$

Total DL $= 389.6 \text{ kg/m}$

➤ **Beban Ultimate (Wu) = 1.4 DL**
 $= 1.4 \times 389.6$
 $= 534.24 \text{ kg/m}$

Beban Terpusat R1 $= 4100 \text{ kg}$

Beban Terpusat R2 $= 2450 \text{ kg}$

$\Sigma MB = 0$

$$V_a.L - P1.L - P2.L - W_u.1/2L = 0$$

$$V_a \cdot 3 - 4100 \cdot 2.3 - 2450 \cdot 0.5 - 534.24 \cdot 1.5 = 0$$

$$V_a = 2828.78 \text{ kg} \quad (\text{keatas})$$

$$V_b = 2828.78 - 2450 - 4100 - (534.24 \times 3) \\ = -5323.93 \text{ kg} \quad (\text{keatas})$$

Kontrol :

$$\Sigma V = 0$$

$$2828.78 + 5323.93 - 4100 - 2450 - (534.24 \times 3) = 0$$

$$0 = 0 \quad (\text{OKE})$$

Distribusi beban terpusat P pada setiap perletakan :

$$V_a P1 = 2450 \times \frac{2.3}{3} = 1878.33 \text{ kg}$$

$$V_b P1 = 2450 - 1533.33 = 571.67 \text{ kg}$$

$$V_a P2 = 3600 \times \frac{0.5}{3} = 683.33 \text{ kg}$$

$$V_b P2 = 3600 - 600 = 3416.67 \text{ kg}$$

$$D_{AB} = 0$$

$$4100 - (532.24 \times L1) - 1878.33 - 683.33 = 0$$

$$L1 = 2.75 \text{ m} \quad (\text{dari titik A})$$

$$M_u = (1/8 \cdot Q_u \cdot L^2) + V_a P1 \cdot L + V_a P2 \cdot L \\ = (1/8 \times 534.24 \times 3^2) + (1878.33 \times 2.75) + (683.33 \\ \times 2.7\text{m}) \\ = 7457.73 \text{ kgm}$$

$$V_u = (1/2 \cdot Q_u \cdot L) + V_a P1 + V_a P2 \\ = (1/8 \times 534.24 \times 3) + 1878.33 + 683.33 \\ = 3363.02 \text{ kg}$$

4.2.4.2 Penulangan Balok Lift

$$d = h - \text{decking} - \phi - \frac{D}{2} \\ = 300 - 50 - 10 - \frac{16}{2} \\ = 232 \text{ mm}$$

Untuk mutu beton $Fc' = 35$ Mpa berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah :

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (Fc' - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 400} \right) \\ &= 0.037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.037 \\ &= 0.0277\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{0.25\sqrt{Fc'}}{F_y} \\ &= \frac{0.25\sqrt{35}}{390} \\ &= 0.0038\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{F_y}{0.85 \times Fc'} \\ &= \frac{390}{0.85 \times 35} \\ &= 13.11\end{aligned}$$

a) Tulangan Lentur

Pada awal perencanaan, direncanakan faktor reduksi (ϕ) = 0.8

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{74577302.59}{0.8 \times 250 \times 232^2} \\ &= 5.99\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13.11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.11 \times 5.99}{400}} \right) \\ &= 0.0141\end{aligned}$$

$$\begin{array}{lclclcl} \rho \text{ min} & : & \rho \text{ perlu} & : & \rho \text{ max} \\ 0.0038 & < & 0.0141 & < & 0.0277 \end{array}$$

Maka, ρ pakai = 0.0141

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho b d \\ &= 0,0141 \times 250 \times 232 \\ &= 819.32 \end{aligned}$$

mm^2
Digunakan Tulangan D 16 mm

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ &= 201.062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} \\ &= \frac{819.32}{201.062} = 4.07 \text{ buah} \\ &\approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 5 \times \text{As tulangan} \\ &= 5 \times 201.062 \\ &= 1005.309 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \quad \text{(OKE)} \end{aligned}$$

- **Syarat minimum tulangan**

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

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{0.25\sqrt{f_c'}}{F_y} b w \cdot d &= \frac{0.25\sqrt{35}}{390} 250 \times 232 \\ & &= 263.95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{1.4 \times b w \times d}{F_y} &= \frac{1.4 \times 250 \times 232}{390} \\ & &= 249.85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = 1005.31 \text{ mm}^2 > \text{As min} = 263.95 \text{ mm}^2 \quad \text{(OKE)}$$

Tulangan tumpuan bawah diambil 0.5 dari tulangan atas, sehingga digunakan tulangan :

$$\text{Tulangan atas} = 5D16$$

Tulangan bawah = 3D16

b) Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 33630.27 \text{ N} \\ V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b w \times d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 250 \times 232 \\ &= 57188.7712 \text{ N} \\ \theta V_c &= 0.75 \times 57188.7712 \\ &= 42891.5784 \text{ N} \\ 0.5 \theta V_c &= 0.5 \times 42891.5784 \\ &= 21445.7892 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.5 \theta V_c &< V_u < \theta V_c \\ 21445.789 < 33630.27 < 42891.6 \text{ N (Kondisi 2)} \end{aligned}$$

Kondisi di atas cukup dipasang tulangan geser minimum. Batas spasi tulangan geser menurut SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.1 :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{d}{2} \text{ mm} && \text{atau} && 600 \text{ mm} \\ &= \frac{232}{2} \text{ mm} && \text{atau} && 600 \text{ mm} \\ &= 116 \text{ mm} && \text{atau} && 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dicoba jarak $\phi 10 - 100$ mm dengan mutu baja (F_y) = 240 Mpa

- **Cek Syarat Minimum Tulangan**

Syarat tulangan geser minimum ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.6.3

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= \frac{0.062 \sqrt{F_c'}}{F_y} b w \times s \\ &= \frac{0.062 \sqrt{35}}{240} 250 \times 100 \\ &= 38.208 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{0.35 \times bw \times s}{F_y} \\ &= \frac{0.35 \times 250 \times 100}{240} \\ &= 36.583 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 10^2 \\ &= 78.540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 2 kaki

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 2 \times 78.540 \\ &= 157.080 \text{ mm}^2 > \text{As min} = 38.208 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)} \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan sengkang dengan diameter $\phi 10 - 100$ mm 2 kaki.

4.2.5 Perencanaan Balok Anak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu pada dua titik tumpu, titik tumpu pertama berada di balok induk serta titik tumpu kedua berada di balok anak.

4.2.5.1 Data Perencanaan

Dimensi balok anak	: 30 x 50 cm
Dimensi balok anak pracetak	: 30 x 38 cm
Tebal decking	: 50 mm
Tulangan lentur	: D19
Tulangan geser	: D10
Mutu beton (f_c')	: 35 MPa
Mutu baja lentur (f_y)	: 390 MPa
Mutu baja geser (f_y)	: 240 MPa

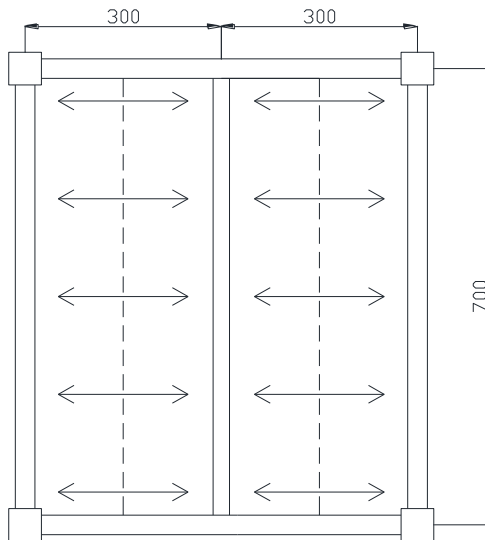
Dalam perhitungan bab ini akan direncanakan dalam tiga tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit akibat pengangkatan, penulangan sebelum komposit, dan penulangan

sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara ketiga keadaan tersebut.

4.2.5.2 Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata yang terjadi pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata yang berada di atas pelat).

Distribusi pembebanan sebelum komposit merupakan pelat satu arah, dengan demikian beban yang terjadi adalah persegi panjang yaitu terbagi menjadi dua.



Gambar 4.8 Denah Balok Anak

$$L_x = 700 - (40/2 + 40/2) = 660 \text{ cm}$$

$$L_y = 300 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang landasan} = L_n/180 = 38,89 \text{ mm} < 75 \text{ mm}$$

Sehingga, dipakai panjang landasan 75 mm

Jadi, panjang balok pracetak = 660 cm

A. Saat Pengangkatan

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok} = 0,36 \times 0,3 \times 2400 = 259,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban kejut} = 0,5 \times 259,2 = 129,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 388,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban total} = 1,4 \text{ DL}$$

$$= 1,4 \times 388,8$$

$$\text{Qu} = 544,32 \text{ kg/m}$$

B. Sebelum Komposit

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok} = 0,36 \times 0,30 \times 2400 = 259,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban pelat pracetak} = 2 \text{ (1/2 q L)}$$

$$= 2 \times 0,5 \times 0,08 \times 2400 \times 3 = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban overtopping} = 2 \text{ (1/2 q L)}$$

$$= 2 \times 0,5 \times 0,06 \times 2400 \times 3 = 432 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban mati (DL)} = 1267,2 \text{ kg/m}$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pelat} = 2 \text{ (1/2 q L)}$$

$$= 2 \times 0,5 \times 192 \times 3 = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban hidup (LL)} = 576 \text{ kg/m}$$

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

$$= 1,2 \times 1267,2 + 1,6 \times 576$$

$$\text{Qu} = 2442,2 \text{ kg/m}$$

C. Sesudah Komposit

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat balok} = 0,30 \times 0,50 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat} = 0,14 \times 3 \times 2400 = 1008 \text{ kg/m}$$

$$\text{Penggantung \& plafond} = 6,5 \times 3 = 19,5 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ducting \& plumbing} &= 19 \times 3 &&= 57 \text{ kg/m} \\
 \text{Keramik \& spesi} &= 25 \times 3 &&= 75 \text{ kg/m} \\
 \hline
 \text{Total beban mati (DL)} &&&= 1519,5 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

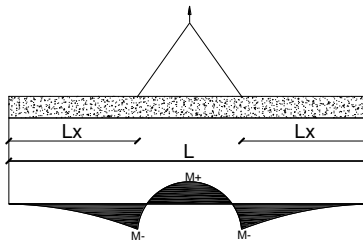
2. Beban Hidup (LL)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hidup pelat} &= 2 (1/2 q L) \\
 &= 2 \times 0,5 \times 192 \times 3 &&= 576 \text{ kg/m} \\
 \hline
 \text{Total beban hidup (LL)} &&&= 576 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 1519,5 + 1,6 \times 576 \\
 \text{Qu} &= 2745 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

4.2.5.3 Perhitungan Gaya - Gaya Balok Anak

A. Saat Pengangkatan



$$\begin{aligned}
 M_{+(lap)} &= \frac{Qu \times L^2}{8} \times 1 - 4X + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta} \\
 M_{-(tump)} &= \frac{Qu (X^2 \times L^2)}{2} \\
 X &= \frac{1 + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left(1 + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta} \right)} \right)}
 \end{aligned}$$

Kondisi sebelum komposit:

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

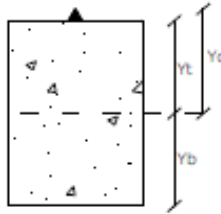
$$h = 36 \text{ cm}$$

$$L = 660 \text{ cm}$$

$$Y_t = Y_b = 19 \text{ cm}$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 24 \text{ cm}$$

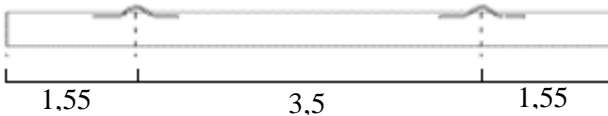
Sudut pengangkatan = 45°



$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 24}{660 \times \tan 45}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{19}{19} \left(1 + \frac{4 \times 24}{660 \times \tan 45} \right)} \right)} = 0,235$$

$$X \times L = 0,235 \times 660 = 155 \text{ cm} = 1,55 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 6,6 - 2 (1,55) = 3,5 \text{ m}$$



Beban yang bekerja pada balok anak pada waktu pengangkatan:

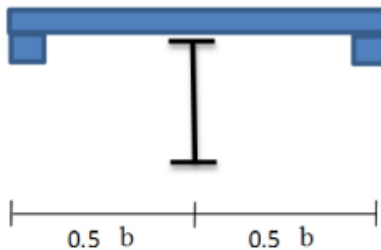
$$M_{+(lap)} = \frac{544,32 \times 6,6^2}{8} \times 1 - 4 (0,235) + \frac{4 \times 0,24}{6,6 \times \tan 45}$$

$$M_{+(lap)} = 976,16 \text{ kgm}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{544,32 (0,235^2 \times 6,6^2)}{2} = 728,42 \text{ gm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} Qu L = \frac{1}{2} \times 544,32 \times 6,6 = 1796,26 \text{ kg}$$

B. Sebelum Komposit



Asumsi saat pemasangan balok pracetak menggunakan scaffolding di tengah bentang, sehingga perhitungan momen:

$$M_{+(lap)} = \frac{1}{8} Qu (0,5 L)^2 = \frac{1}{8} x 2442,2 x (3,3)^2$$

$$M_{+(lap)} = 3324,5 \text{ kgm}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{1}{10} Qu (0,5 L)^2 = \frac{1}{10} x 2442,2 x (3,3)^2$$

$$M_{-(tump)} = 2659,59 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} Qu (0,5 L) = \frac{1}{2} x 2442,2 x (3,3) = 4029,69 \text{ kg}$$

C. Sesudah Komposit

$$M_{+(lap)} = \frac{1}{8} Qu L^2 = \frac{1}{8} x 2745 x 6,6^2 = 14946,53 \text{ kgm}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{1}{10} Qu L^2 = \frac{1}{10} x 2745 x 6,6^2 = 11957,22 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} Qu L = \frac{1}{2} x 2745 x 6,6 = 9058,5 \text{ kg}$$

4.2.5.2 Penulangan Balok Anak

Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$$

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

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

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

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

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

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

1. Penulangan Balok Anak Saat Pengangkatan

- Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 360 - 50 - 10 - (1/2)19 = 290,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 976,16 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{976,16 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 290,5^2} = 0,42$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,42}{390}} \right) = 0,0011$$

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

$$0,0038 > 0,0011 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5.3 sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned}\rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0011 = 0,0014\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As &= \rho b d \\ &= 0,0014 \times 300 \times 290,5 = 125,36 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{125,36}{201,06} = 0,44 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} = 125,36 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 290,5 = 330,5 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 290,5 = 312,8 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} = 142 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 142 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D19

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{283,53}{283,53} = 1 \text{ buah}$$

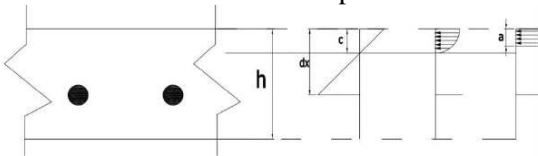
Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 283,53 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{567,06 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 24,78 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{24,78}{0,8} = 30,97 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{310,5}{30,97} - 1 \right) = 0,027$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 567,06 \times 390 \left(290,5 - \frac{1}{2} \times 24,78 \right)$$

$$\phi M_n = 55294763 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

5529,47 kgm > 976,16 kgm (Memenuhi)

- Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 360 - 50 - 10 - (1/2)19 = 290,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 728,42 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{728,42 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 290,5^2} = 0,32$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,32}{390}} \right) = 0,0008$$

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

$$0,0038 > 0,0008 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5.3 sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,0008 = 0,001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,001 \times 300 \times 310,5 = 93,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{93,08}{283,53} = 0,30 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} = 85,78 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 290,5 = 330,5 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 290,5 = 312,8 \text{ mm}^2$$

As pakai > As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} = 142 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 142 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D19

- Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{283,53}{283,53} = 1 \text{ buah}$$

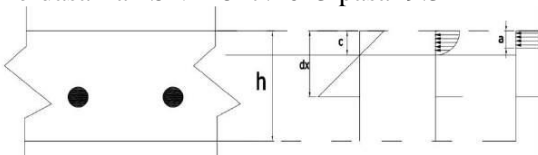
Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{\text{pakai}} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}} = 283,53 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{567,06 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 24,78 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{24,78}{0,8} = 30,97 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{310,5}{30,97} - 1 \right) = 0,027$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 567,06 \times 390 \left(290,5 - \frac{1}{2} \times 24,78 \right)$$

$$\phi M_n = 55294763 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$5529,47 \text{ kgm} > 728,42 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Tulangan Geser Akibat Pengangkatan

$$V_u = 17962,56 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 290,5 = 85931,05 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 85931,05 = 64448,29 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 64448,29 = 32224,15 \text{ N}$$

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

$$17962,56 \text{ N} \leq 32224,15 \text{ N}$$

Sehingga, tidak diperlukan tulangan geser

- Kontrol Lendutan

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

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

$$I_e = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 360^3 = 1166400000 \text{ mm}^4$$

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

$$\Delta = \frac{5 Qu L^4}{384 Ec Ie} = \frac{5 \times 3,88 \times 6600^4}{384 \times 18858,658 \times 1166400000} = 5,52 \text{ mm}$$

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

$$\frac{L}{240} = \frac{6600}{240} = 27,50 \text{ mm}$$

$$\Delta = 5,52 \text{ mm} \leq 27,50 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

2. Penulangan Balok Anak Sebelum Komposit

- Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 360 - 50 - 10 - (1/2)19 = 290,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 3324,49 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{3112,49 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 290,5^2} = 1,45$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,45}{390}} \right) = 0,0038$$

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

$$0,0038 < 0,0038 < 0,0277$$

$$As = \rho b d$$

$$= 0,0038 \times 300 \times 290,5 = 334,45 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{334,45}{283,53} = 1,17 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} = 334,45 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013

pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 290,5 = 330,5 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 290,5 = 312,8 \text{ mm}^2$$

As pakai > As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} = 142 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 142 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D19

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As^t = 0,5 \times 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{283,53}{283,53} = 1 \text{ buah}$$

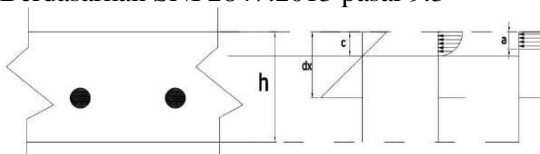
Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{\text{pakai}} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}} = 283,53 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{567,06 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 24,78 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{24,78}{0,8} = 30,97 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{310,5}{30,97} - 1 \right) = 0,027$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 567,06 \times 390 \left(290,5 - \frac{1}{2} \times 24,78 \right)$$

$$\phi M_n = 55294763 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$5529,47 \text{ kgm} > 3324,49 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 360 - 50 - 10 - (1/2)19 = 290,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 2659,59 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{2659,59 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 290,5^2} = 1,31$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,31}{390}} \right) = 0,0034$$

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

$$0,0038 > 0,0034 < 0,0277$$

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

$$\rho_{pakai} = 1,3 \rho_{perlu}$$

$$= 1,3 \times 0,0034 = 0,0045$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,0045 \times 300 \times 290,5 = 390,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{390,28}{283,53} = 1,37 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$A_s \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 390,28 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 290,5 = 330,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 290,5 = 312,8 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 2(19)}{2 - 1} = 142 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 142 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 2D19

- Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$A_s' = 0,5 \times 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{283,53}{283,53} = 1 \text{ buah}$$

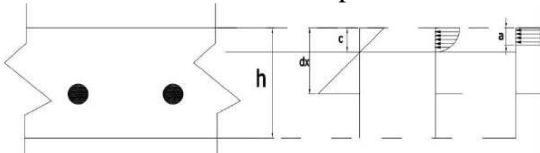
Dipakai 2 buah tulangan

$$A_s \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu} = 283,53 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{567,06 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 24,77 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{24,77}{0,8} = 30,97 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{310,5}{30,97} - 1 \right) = 0,0271$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 567,56 \times 390 \left(290,5 - \frac{1}{2} \times 24,77 \right)$$

$$\phi M_n = 55294763 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$5529,47 \text{ kgm} > 2490,23 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$V_u = 40296,96 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 290,5 = 85931,05 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 85931,05 = 64448,29 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 64448,29 = 32224,15 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$$

$$34442,6 \text{ N} < 40296,96 \text{ N} \leq 64448,29 \text{ N}$$

Sehingga, dibutuhkan tulangan geser minimum

$$\Phi V_s = \phi V_c - V_u$$

$$= 64448,29 - 40296,29$$

$$= 24155 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = 1/3 b_w d$$

$$= 1/3 \times 300 \times 290,5$$

$$= 29050 \text{ N} > 24155 \text{ N} \text{ maka dipakai } V_s \text{ min}$$

Dipakai diameter sengkang 10 mm dengan 2 kaki

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$= \frac{157,08 \times 240 \times 290,5}{29050}$$

$$= 376,99 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq d/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 290,5/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 145,25 \text{ mm} \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser 2D10-100

- Kontrol Lentutan

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

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

$$I_e = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 290^3 = 1166400000 \text{ mm}^4$$

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

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 18,432 \times 3300^4}{384 \times 18858,658 \times 1164600000} = 1,29 \text{ mm}$$

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

$$\frac{L}{240} = \frac{3300}{240} = 13,75 \text{ mm}$$

$$\Delta = 1,29 \text{ mm} \leq 13,75 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

3. Penulangan Balok Anak Sesudah Komposit

- Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 500 - 50 - 10 - (1/2)19 = 430,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 14946,5 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{14946,5 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 430,5^2} = 3,36$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 3,36}{390}} \right) = 0,0092$$

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

$$0,0038 < 0,0092 < 0,0277$$

$$As = \rho b d$$

$$= 0,0092 \times 300 \times 430,5 = 1183,67 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{1183,67}{283,53} = 4,18 \approx 5 \text{ buah}$$

Dipakai 5 buah tulangan

$$As_{pakai} = 5 \times 283,53 = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} = 1183,67 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{fy} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} 300 \times 430,5 = 489,78 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{fy} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 430,5 = 436,6 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 5(19)}{5 - 1} = 21,25 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} > 21,25 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$$

Tidak memenuhi, Sehingga dipakai 2 lapis tulangan

Jadi, dipakai tulangan 5D19

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 1417,11 = 708,78 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{708,78}{283,53} = 2,4 \approx 3 \text{ buah}$$

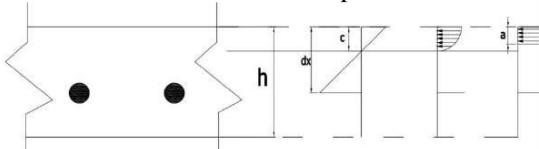
Dipakai 3 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 3 \times 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 708,78 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1417,63 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 61,94 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{61,94}{0,8} = 77,43 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{430,5}{77,43} - 1 \right) = 0,0137$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 1417,64 \times 390 \left(430,5 - \frac{1}{2} \times 49,55 \right)$$

$$\phi M_n = 176712400 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$17671,24 \text{ kgm} > 14946,5 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 500 - 50 - 10 - (1/2)19 = 530,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 11957,2 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{11957,2 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 530,5^2} = 2,6$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 2,6}{390}} \right) = 0,072$$

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

$$0,0038 < 0,072 < 0,0277$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,072 \times 300 \times 530,5 = 934,56 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{934,56}{283,53} = 3,3 \approx 5 \text{ buah}$$

Dipakai 5 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 5 \times 283,53 = 1417,63 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ perlu} = 934,56 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 300 \times 330,5 = 376,01 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 300 \times 330,5 = 355,92 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{300 - 2(50) - 2(10) - 5(19)}{5 - 1} = 21,25 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} > 21,25 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$$

Tidak Memenuhi, Sehingga dipakai 2 lapis tulangan

Jadi, dipakai tulangan 5D19

- Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 1417,11 = 708,78 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{708,78}{283,53} = 2,4 \approx 3 \text{ buah}$$

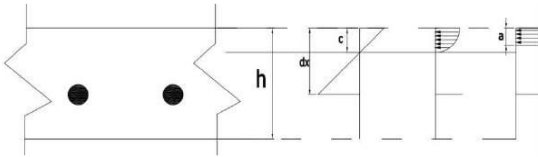
Dipakai 3 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 3 \times 283,53 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 708,78 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur dan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1417,63 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 61,94 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{61,94}{0,8} = 77,43 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{430,5}{77,43} - 1 \right) = 0,0137$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 1417,64 \times 390 \left(430,5 - \frac{1}{2} \times 49,55 \right)$$

$$\phi M_n = 176712400 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$17671,24 \text{ kgm} > 11957,2 \text{ kgm}$$

- Tulangan Geser Sesudah Komposit

$$V_u = 96075 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 430,5 = 129890,48 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 129890,48 = 97417,86 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 97417,86 = 48708,93 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$48708,93 \text{ N} \leq 96075 \text{ N} \leq 97417,86 \text{ N}$$

Sehingga dibutuhkan tulangan geser minimum

$$\begin{aligned}\Phi V_s &= \phi V_c - V_u \\ &= 97417,86 - 96075 \\ &= 1342,86 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_s \text{ min} &= 1/3 b w d \\ &= 1/3 \times 300 \times 430,5 \\ &= 43050 \text{ N} > 1342,86 \text{ N} \text{ maka dipakai } V_s \text{ min}\end{aligned}$$

Dipakai diameter sengkang 10 mm dengan 2 kaki

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\ &= \frac{157,08 \times 240 \times 430,5}{43050} \\ &= 376,99 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S \text{ maks} \leq d/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 430,5/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 215,25 \text{ mm} \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser 2D10-200

$$S = \frac{3 A_s f_y}{b w} = \frac{3 \times 157,08 \times 240}{300} = 376,99 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq d/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 430,5/2 \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \text{ maks} \leq 215,25 \text{ mm} \text{ atau } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser 2D10-200

- Kontrol Lentutan

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

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,06 \text{ MPa} = 30,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_e = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 500^3 = 3125000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_{ci}} = 4700 \sqrt{24,5} = 23263,81$$

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 20,955 \times 6600^4}{384 \times 23263,81 \times 3125000000} = 9,01 \text{ mm}$$

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

$$\frac{L}{240} = \frac{6600}{240} = 27,5 \text{ mm}$$

$$\Delta = 9,01 \text{ mm} \leq 27,5 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

4.2.5.3 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan balok anak pracetak dilakukan dengan 2 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

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

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

$$W = \frac{1}{6} bh^2 = \frac{1}{6} \times 300 \times 360^2 = 6480000 \text{ mm}^3$$

$$M_{+(lap)} = 9761600 \text{ Nmm}$$

$$M_{-(tump)} = 7284200 \text{ Nmm}$$

Momen yang terjadi

$$\sigma_{max} = \frac{M^+}{W} = \frac{9761600}{6480000} = 1,5 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

$$\sigma_{min} = \frac{M^-}{W} = \frac{7284200}{6480000} = 1,12 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

4.2.5.4 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

- Pembebanan

Beban Mati (DL)

$$\text{Beban balok pracetak} = 259,2 \text{ kg/m}$$

$$qD = 259,2 \times 6,6 = 1711 \text{ kg}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Pekerja} \quad qL = 200 \text{ kg/m}^2$$

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

$$= 1,2 \times 1711 + 1,6 \times 200 = 2372,86 \text{ kg}$$

- Menghitung tulangan angkat

Sesuai dengan *PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete* terdapat 2 titik angkat dan sudut angkat sebesar 45° sehingga harus dikalikan faktor $F = 1,41$

Beban yang diterima satu titik angkat:

$$P = \frac{2372,86}{2} \times 1,41 = 1672,86 \text{ kg}$$

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

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

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{1672,86}{2600} = 0,64 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat D10 mm

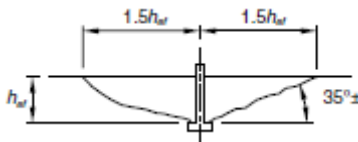
As pakai = $78,54 \text{ mm}^2 = 0,7854 \text{ cm}^2 > 0,64 \text{ cm}^2$ (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan angkat $\varnothing 10$

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

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c \sqrt{f_c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2372,86}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 55,5 \text{ mm}$$

Maka tulangan angkur dipasang 60 mm dari permukaan balok pracetak.



Gambar 4.9 Pengankuran Tulangan Angkat Balok Anak Pracetak

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

$$d_e = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{60}{\tan 35} = 85,7 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 h_{ef} = 1,5 \times 60 = 90 \text{ mm}$$

Maka digunakan $d_e = 90 \text{ mm}$

- Menghitung kebutuhan strand

$P = 1672,86 \text{ kg}$ (beban 1 titik angkat)

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

Diameter = $5/16 \text{ in} = 0,790 \text{ cm}$

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

$A = 0,0058 = 37,4 \text{ mm}^2$

$F_{strand} = 1725 \times 37,4 = 6451,5 \text{ kg}$

Maka gaya yang dipikul 1 strand = $6451,5/2 = 3225,75 \text{ kg}$

Kontrol: $P < F_{strand}$

$1672,8 \text{ kg} < 3225,75 \text{ kg}$ (Memenuhi)

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

4.2.5.4 Kontrol Tegangan Akibat Penumpukan

Penumpukan balok anak pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

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

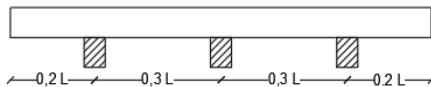
$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$

$Q_d = 1,2 (0,30 \times 0,36 \times 2400) = 311 \text{ kg/m}$

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

$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 30 \times 36^2 = 6480 \text{ cm}^3$

$L = 0,3 L = 0,3 \times 6,6 = 1,98 \text{ m}$



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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 311 \times 1,98^2 + \frac{1}{4} \times 311 \times 1,98 = 280,11 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 420,67 \text{ kgm} = 42607 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 311 \times 1,98^2 = 152,89 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 228,34 \text{ kgm} = 22834 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{43607}{6480} = 6,48 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{22834}{6480} = 3,52 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan balok kayu sebagai penyangga dengan dimensi 5/10

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang kontak, } A &= 0,05 \times 3 \times 0,3 = 0,045 \text{ m}^2 \\ &= 45000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 1,2 (6,6 \times 2400 \times 0,30 \times 0,36) + 1,6 (200) = 2372,86 \text{ kg} \\ &= 23728,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{23728,6}{45000} = 0,55 \text{ MPa}$$

Jumlah tumpukan

$$n = \frac{f_r}{f \times SF} = \frac{2,48}{0,55 \times 3} = 1 \text{ tumpukan}$$

4.2.5.4 Kontrol Tegangan Akibat Pemasangan

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

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

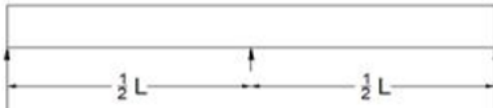
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Qd = 1,2 (0,30 \times 0,36 \times 2400) = 311 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 30 \times 36^2 = 6480 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,6 = 3,3 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 311 \times 3,3^2 + \frac{1}{4} \times 311 \times 3,3 = 602,54 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 904,31 \text{ kgm} = 90431 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 311 \times 3,3^2 = 423,93 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 635,39 \text{ kgm} = 63539 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{90431}{6480} = 7,23 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{63539}{7220} = 5,08 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

4.2.5.4 Kontrol Tegangan Akibat Pengecoran

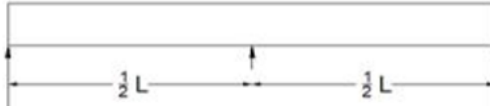
Pengecoran balok anak pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

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

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

$$Qd = 1,2 (0,30 \times 0,5 \times 2400) = 423 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 Pu &= 1,6 (200) = 320 \text{ kg} \\
 W &= 1/6 b h^2 = 1/6 \times 30 \times 50^2 = 12500 \text{ cm}^3 \\
 L &= 0,5 b = 0,5 \times 6,6 = 3,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 423 \times 3,3^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,3 = 724,64 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 1086,97 \text{ kgm} = 108697 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 432 \times 3,3^2 = 588,06 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 882,09 \text{ kgm} = 88209 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{108697}{12500} = 8,69 \text{ kg/cm}^2 < fr = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{88209}{12500} = 7,05 \text{ kg/cm}^2 < fr = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

Tabel 4.5 Tulangan Terpasang Balok Anak

Tipe Balok	L	B	H	Tulangan Lentur Tumpuan		Tulangan Lentur Lapangan		Sengkang	Tulangan Angkat
	mm	mm	mm	Atas	Bawah	Atas	Bawah		
BA1	7000	300	500	3D19	5D19	3D19	5D19	2D13-100	Ø10
BA2	3500	300	500	2D19	3D19	2D19	3D19	2D13-100	Ø10
BA3	3000	300	500	2D19	3D19	2D19	3D19	2D13-100	Ø10

4.3 Permodelan Struktur

4.3.1. Umum

Dalam perencanaan desain gedung bertingkat perlu diperhitungkan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa yang akan diterima gedung tersebut. Pembebanan gravitasi pada perencanaan desain ini mengacu pada SNI 1727:2013 dan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012.

4.3.2 Data Perencanaan

Pada perencanaan gedung Hotel Fave Surabaya dimodifikasi menggunakan beton pracetak dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Nama bangunan : Hotel Fave Surabaya
- Fungsi : Hotel
- Jumlah lantai : 12 Lantai
- Tinggi Lantai 1-3 : 3 meter
- Tinggi Lantai 3-4 : 6 meter
- Tinggi Lantai 4-11 : 3 meter
- Tinggi bangunan : 40,6 m
- Luas area proyek : 396 m²
- Mutu beton (f'c) : 35 Mpa
- Mutu baja (fy) : 390 Mpa
- Dimensi balok induk : 40 x 70 cm
- Dimensi balok anak : 30 x 50 cm
- Dimensi kolom : 75 x 75 cm

- Kategori Desain Seismik : D

4.3.3 Pembebanan Struktur

Pembebanan gravitasi struktur pada sistem rangka pemikul momen khusus hanya diterima oleh rangka. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur.

1. Beban Mati Lantai 2-11

- Penggantung +Plafond = 6,5 Kg/m²
 - Keramik = 20 Kg/m²
 - Spesi = 5 Kg/m²
 - Ducting & plumbing = 19 Kg/m²
- DL = 55,5 Kg/m²

2. Beban Mati Lantai Atap

- Penggantung +Plafond = 6,5 Kg/m²
 - Aspal = 14 Kg/m²
 - Spesi = 5 Kg/m²
 - Ducting & plumbing = 19 Kg/m²
- DL = 49,5 Kg/m²

3. Beban Hidup

- Lantai Hotel : 192 Kg/m²
- Tangga dan Bordes : 479 Kg/m²

4.3.4 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 03-1727-2013 pasal 2.3.2 kombinasi untuk kekuatan perlu harus paling tidak sama dengan kekuatan terfaktor.

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

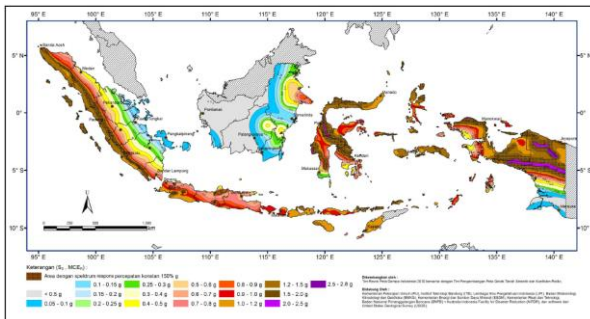
Keterangan:

- D = beban mati
 L = beban hidup
 Ex = beban gempa arah X
 Ey = beban gempa arah Y
 Lr = beban hidup atap

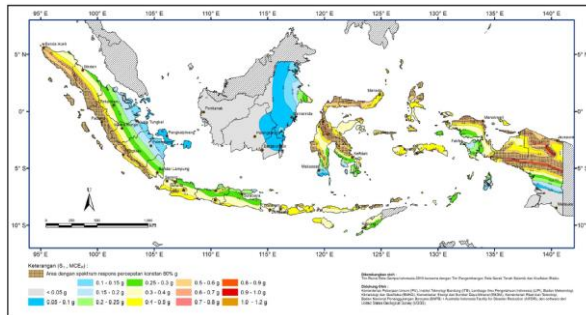
4.3.5 Analisa Beban Gempa

4.3.5.1. Percepatan Respons Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.1.1 parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun. Penentuan nilai faktor S_s dan S_1 berdasarkan SNI 1726:2012 gambar 9 dan 10 seperti berikut.



Gambar 4.10 Peta untuk S_s



Gambar 4.11 Peta untuk S1

Lokasi bangunan yang berada di Surabaya maka dapat ditentukan nilai $S_s = 0,6g$ dan $S1 = 0,25g$.

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.2 penentuan respons spectral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan percepatan pada getaran perioda 1 detik (F_v). Nilai F_a didapat berdasarkan SNI 1726:2017 Tabel 4 dan F_v pada tabel 5.

Tabel 4.6 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER)				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,3	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 4.7 Koefisien Sits Fv

Kelas Sits	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda 1 detik, S1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS	SS	SS	SS	SS

Dari data tersebut didapatkan

$$S_s = 0,6 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,25 \text{ g}$$

$$F_a = 1,7 - \frac{0,6-0,5}{0,75-0,6} (1,7 - 1,2) = 1,5$$

$$F_v = 3,2 - \frac{0,25-0,2}{0,3-0,25} (3,2 - 2,8) = 3$$

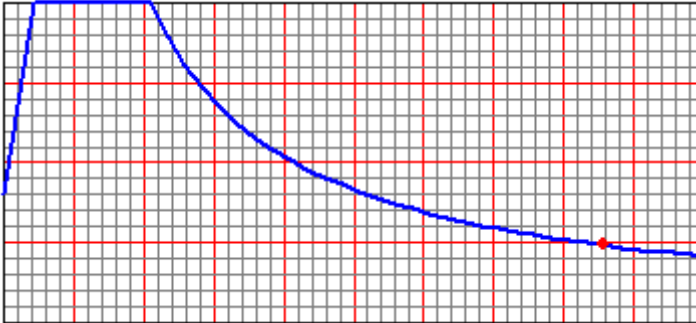
$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_s \quad (\text{SNI 1726:2012 persamaan 6.2-1}) \\ &= 1,5 \times 0,6 \\ &= 0,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \times S_1 \quad (\text{SNI 1726:2012 persamaan 6.2-2}) \\ &= 3 \times 0,25 \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

4.3.5.2. Parameter Percepatan Respons Spektral

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} \quad (\text{SNI 1726:2012 persamaan 6.2-3}) \\ &= \frac{2}{3} 0,9 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} S_{M1} \quad (\text{SNI 1726:2012 persamaan 6.2-4}) \\ &= \frac{2}{3} 0,75 \\ &= 0,5 \end{aligned}$$



Gambar 4.12 Percepatan Respons Spektral

Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 1, Hotel Fave ini dikelompokkan dalam kategori resiko II. Dengan nilai $S_{DS} = 0,6$ dan $S_{D1} = 0,5$, menurut SNI 1726:2012 tabel 6 dan 7 didapatkan Surabaya merupakan kategori D.

Tabel 4.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

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

Tabel 4.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai SD1	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD1 < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SD1 < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD1 < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD1$	D	D

Karena bangunan hotel ini termasuk kategori D, maka dipilih kriteria desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

4.3.6. Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur gedung Hotel Fave Surabaya ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.3.6.1. Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang baik dalam arah x maupun y secara bolak-balik dan berkala. Arah pembebanan gempa direncanakan efektif 100% pada arah utama dan 30% pada arah tegak lurus arah utama dan terjadi bersamaan.

- Gempa respon spektrum X :
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa respon spektrum Y :
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektivitas arah X

4.3.6.2. Faktor Reduksi Gempa (R)

Bangunan gedung ini direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen khusus. Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 9 didapatkan nilai pembesaran defleksi (C_d) = 5,5 , nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8 , dan nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 3.

4.3.6.3. Faktor Keutamaan (I_e)

Menurut SNI 1726:2012 pasal 4.1.2 pengaruh beban gempa rencana terhadap bangunan tersebut dikalikan faktor keutamaan (I_e). Bangunan rumah sakit dikelompokkan dalam kategori resiko IV. Berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 2, didapatkan nilai $I_e = 1,0$.

4.3.7. Kontrol Desain

Setelah dilakukan permodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Dari hasil analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan perencanaan penulangan struktur.

4.3.7.1. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 hasil analisis didapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah.

Tabel 4.10 Partisipasi Massa Ragam

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.542782	0.72	0.028
MODAL	Mode	2	1.442189	0.751	0.798
MODAL	Mode	3	1.190508	0.801	0.799
MODAL	Mode	4	0.458094	0.86	0.802
MODAL	Mode	5	0.424382	0.863	0.864
MODAL	Mode	6	0.355161	0.868	0.864
MODAL	Mode	7	0.238027	0.893	0.864
MODAL	Mode	8	0.215551	0.893	0.893
MODAL	Mode	9	0.182152	0.893	0.893
MODAL	Mode	10	0.18058	0.898	0.893
MODAL	Mode	11	0.171196	0.945	0.893
MODAL	Mode	12	0.157322	0.945	0.914

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X 94,5% pada moda ke 11 dan partisipasi massa arah Y 90,4% pada moda ke 12. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan memenuhi syarat partisipasi massa ragam paling sedikit 90%.

4.3.7.2. Kontrol Waktu Getar Fundamental

Untuk mendapatkan struktur bangunan yang kaku, nilai waktu getar alami (T) dari struktur harus dibatasi sesuai SNI 1726:2012. Berdasarkan SNI 1726:2012 persamaan 26 didapatkan periode minimum sebagai berikut:

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

Dimana,

T_a = periode fundamental struktur (sekon)

C_t dan x = koefisien berdasarkan SNI 1726:2012 tabel 15

h_n = ketinggian struktur (meter)

Tabel 4.11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

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

$$\begin{aligned} T &= C_t \times h_n^x \\ &= 0,0466 \times 36^{0,9} \\ &= 1,192 \end{aligned}$$

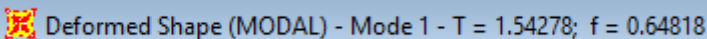
Untuk periode maksimum nilai peroda tersebut dikali faktor C_u .

Tabel 4.12 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

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

Dengan $S_{D1} = 0,5$ maka didapat koefisien $C_u = 1,4$

$$\begin{aligned} T &= T_a \times 1,4 \\ &= 1,192 \times 1,4 \\ &= 1,669 \end{aligned}$$



Gambar 4.13 Periode Bangunan Hasil SAP

Periode terbesar yang didapat dari analisis SAP = 1,542 detik. Periode tersebut memenuhi batas atas periode yaitu 1,669 detik dan batas bawah 1,192 detik.

4.3.7.3. Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum (*Base Shear*)

Nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respon statik. Nilai gaya geser statik dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 persamaan 21 sebagai berikut:

$$V = C_s \times W$$

Dimana,

V = gaya geser seismik

C_s = koefisien respon seismik

W = berat seismik

Koefisien respon seismik diperoleh dari perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{DS}}{R/I_e} && \text{(SNI 1726:2012 pers. 22)} \\
 &= \frac{0,6}{8/1} \\
 &= 0,075
 \end{aligned}$$

Nilai C_s tidak lebih dari :

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{DS}}{T(R/I_e)} && \text{(SNI 1726:2012 pers. 23)} \\
 &= \frac{0,6}{1,192(8/1)} \\
 &= 0,052
 \end{aligned}$$

Nilai C_s tidak kurang dari :

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{0,5 S_1}{R/I_e} \\
 &= \frac{0,5 \times 0,25}{8/1} \\
 &= 0,015
 \end{aligned}$$

Sehingga diambil nilai $C_s = 0,052$

Dari hasil analisis, diperoleh berat total struktur Gedung Hotel Fave Surabaya sebagai berikut :

Tabel 4.13 Berat Total Bangunan

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D + 1L	Combination	0.00000274	-1.189E-07	4579660.11

$$\begin{aligned}
 V_{statik} &= C_s \times W \\
 &= 0,052 \times 4579660,11 \\
 &= 240053,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) sebagai berikut :

Tabel 4.14 Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
Gempa X	LinRespSpec	Max	212266.31	73015.96
Gempa Y	LinRespSpec	Max	64388.35	242222.22

Kontrol :

- Gempa Arah X
 $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{Statik}}$
 $212266,31 \geq 0,85 \cdot 240053,8$
 $212266,31 \geq 204046$ (OK)
- Gempa Arah Y
 $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{Statik}}$
 $242222,22 \geq 0,85 \cdot 240053,8$
 $242222,22 \geq 204046$ (OK)

4.3.7.4. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Simpangan antar tingkat adalah selisih pergoyangan pada suatu tingkat dengan tingkat dibawahnya. Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan yang terjadi dari hasil dinamis harus lebih kecil dari simpangan hasil analisis. Berikut perhitungan simpangan secara analisis :

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1:

$$\Delta_1 = \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I}$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2:

$$\Delta_2 = \delta_{e2} - \delta_{e1} \times \frac{C_d}{I}$$

Dimana:

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), dari tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai $C_d = 5,5$ dan dari tabel 2 SNI 03-1726-2012 didapat nilai $I = 1,0$. Dari tabel 16 SNI 03-1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah:

$$\Delta_{ijin} = 0,020 h_{sx}$$

Dimana:

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 3,00 m, simpangan ijinnya adalah:

$$\begin{aligned}\Delta_{ijin} &= 0,020 \times 3 \\ &= 0,06 \text{ m} \\ &= 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Untuk tinggi tingkat 6,00 m, simpangan ijinnya adalah:

$$\begin{aligned}\Delta_{ijin} &= 0,020 \times 6 \\ &= 0,12 \text{ m} \\ &= 120 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut:

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	Gempa X		Gempa Y	
			Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
			δ_e (mm)	δ_e (mm)	δ_e (mm)	δ_e (mm)
Rumah lift	40.60	3.00	38.45	9.14	11.55	30.47
Atap	37.60	3.00	37.50	8.78	11.27	29.33
11	34.60	3.00	36.41	8.46	10.93	28.39
10	31.60	3.00	34.88	8.05	10.48	26.86
9	28.60	3.00	32.90	7.56	9.89	25.53
8	25.60	3.00	30.57	6.99	9.18	23.64
7	22.60	3.00	27.85	6.34	8.36	21.48
6	19.60	3.00	24.77	5.63	7.44	18.77
5	16.60	3.00	21.33	4.84	6.40	16.38
4	13.60	6.00	17.31	3.93	5.21	13.22
3	7.60	3.00	5.90	1.16	1.77	3.95
2	4.60	3.00	2.07	0.39	0.62	1.31

Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa X pada sumbu X							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
Rumah lift	40.60	3.00	38.45	2.04	11.22	60	OK
Atap	37.60	3.00	37.50	2.62	14.41	60	OK
11	34.60	3.00	36.41	1.53	8.41	60	OK
10	31.60	3.00	34.88	1.98	10.89	60	OK
9	28.60	3.00	32.90	2.33	12.82	60	OK
8	25.60	3.00	30.57	2.72	14.96	60	OK
7	22.60	3.00	27.85	3.08	16.94	60	OK
6	19.60	3.00	24.77	3.44	18.92	60	OK
5	16.60	3.00	21.33	4.02	22.11	60	OK
4	13.60	6.00	17.31	11.41	62.76	120	OK
3	7.60	3.00	5.90	3.83	21.07	60	OK
2	4.60	3.00	2.07	2.07	11.39	60	OK

Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa X pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
Rumah lift	40.60	3.00	9.14	0.68	3.74	60	OK
Atap	37.60	3.00	8.78	0.73	4.01	60	OK
11	34.60	3.00	8.46	0.41	2.26	60	OK
10	31.60	3.00	8.05	0.49	2.70	60	OK
9	28.60	3.00	7.56	0.57	3.14	60	OK
8	25.60	3.00	6.99	0.65	3.58	60	OK
7	22.60	3.00	6.34	0.71	3.91	60	OK
6	19.60	3.00	5.63	0.79	4.35	60	OK
5	16.60	3.00	4.84	0.91	5.01	60	OK
4	13.60	6.00	3.93	2.77	15.24	120	OK
3	7.60	3.00	1.16	0.77	4.24	60	OK
2	4.60	3.00	0.39	0.39	2.15	60	OK

Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Y pada sumbu X							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
Rumah lift	40.60	3.00	11.55	0.62	3.41	60	OK
Atap	37.60	3.00	11.27	0.79	4.35	60	OK
11	34.60	3.00	10.93	0.45	2.48	60	OK
10	31.60	3.00	10.48	0.59	3.25	60	OK
9	28.60	3.00	9.89	0.71	3.91	60	OK
8	25.60	3.00	9.18	0.82	4.51	60	OK
7	22.60	3.00	8.36	0.92	5.06	60	OK
6	19.60	3.00	7.44	1.04	5.72	60	OK
5	16.60	3.00	6.40	1.19	6.55	60	OK
4	13.60	6.00	5.21	3.44	18.92	120	OK
3	7.60	3.00	1.77	1.15	6.33	60	OK
2	4.60	3.00	0.62	0.62	3.41	60	OK

Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Y pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
Rumah lift	40.60	3.00	30.47	2.08	11.45	60	OK
Atap	37.60	3.00	29.33	2.47	13.56	60	OK
11	34.60	3.00	28.39	1.53	8.40	60	OK
10	31.60	3.00	26.86	1.33	7.33	60	OK
9	28.60	3.00	25.53	1.89	10.38	60	OK
8	25.60	3.00	23.64	2.16	11.89	60	OK
7	22.60	3.00	21.48	2.71	14.89	60	OK
6	19.60	3.00	18.77	2.39	13.15	60	OK
5	16.60	3.00	16.38	3.16	17.36	60	OK
4	13.60	6.00	13.22	9.27	51.00	120	OK
3	7.60	3.00	3.95	2.64	14.49	60	OK
2	4.60	3.00	1.31	1.31	7.23	60	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur gedung Hotel Fave Surabaya memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

4.4. Perencanaan Struktur Utama

Struktur utama merupakan komponen utama bangunan dimana kekakuannya memengaruhi perilaku gedung tersebut. Struktur utama memiliki fungsi untuk menahan beban gravitasi dan beban lateral. Komponen utama terdiri dari balok induk dan kolom.

4.4.1. Perencanaan Balok Induk

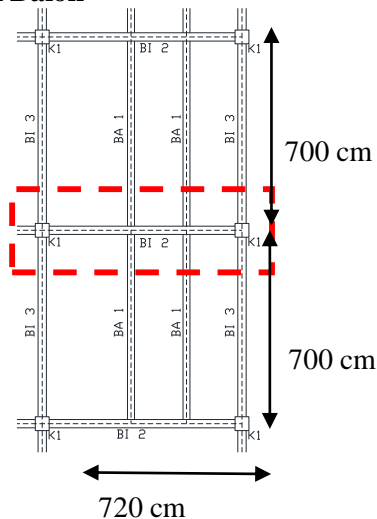
Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder kemudian meneruskan beban tersebut ke kolom. Balok induk pada bangunan Hotel Fave Surabaya ini direncanakan sebagai balok pracetak. Pada perhitungan ini balok yang akan dihitung sebagai contoh adalah balok B2 yang memiliki Panjang 7,2 m.

4.4.1.1 Data Perancangan

Data perencanaan yang diperlukan meliputi:

- Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Mutu baja (f_{yv}) = 240 MPa
- L balok = 700 cm
- Ln balok = 645 cm
- Dimensi balok = 40/70 cm
- Dimensi balok pracetak = 40/58 cm
- Dimensi pelat total = 12 cm
- Dimensi pelat pracetak = 7 cm
- Dimensi overtopping = 5 cm
- Dimensi balok anak = 30/50 cm
- Dimensi balok anak pracetak = 30/38 cm
- Diameter tulangan longitudinal = 19 mm
- Diameter tulangan sengkang = 13 mm
- Tebal Selimut = 50 mm

4.4.1.2 Pembebanan Balok



Gambar 4.14 Perencanaan Balok

A. Saat Pengangkatan

Beban mati (DL)

$$\text{Berat balok induk pracetak} = 0,4 \times 0,56 \times 2400 = 547,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban kejut} = 0,5 \times 537,6 = \underline{268,8 \text{ kg/m}}$$

$$\text{DL} = 806,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Bebabn total (qu)} = 1,4 \text{ DL}$$

$$= 1,4 \times 806,4$$

$$= 1128,96 \text{ kg/m}$$

B. Sebelum Komposit

Beban Terpusat

Beban mati (DL)

$$\text{Berat balok anak pracetak} = 0,3 \times 0,36 \times 2400 = 259,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban pelat} = 2 \times \left(\frac{1}{2} \times q \times ly \right) = 2 \times \frac{1}{2} \times 0,014 \times 2400 \times 7$$

$$= 2352 \text{ kg/m}$$

$$\text{DL} = 2352 + 273,6$$

$$= 2611,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban hidup pelat} = 2 \times \left(\frac{1}{2} \times q \times ly \right) = 2 \times \frac{1}{2} \times 200 \times 7$$

$$\text{LL} = 1400 \text{ kg/m}$$

Beban total (qu)

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

$$= 1,2 \times 2611,2 + 1,6 \times 1400$$

$$= 5373,4 \text{ kg/m}$$

Beban tepusat Pu

$$= 4987,5 \times 6,45$$

$$= 17329 \text{ kg}$$

$$\text{Beban merata} = 0,4 \times 0,58 \times 2400 = 556,8 \text{ kg/m}$$

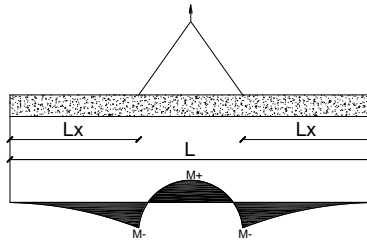
$$\text{qDL} = 1,2 \times 556,8 = 779,52 \text{ kg/m}$$

C. Setelah Komposit

Pada saat setelah komposit, momen yang bekerja pada balok dihasilkan dari output analisis struktur menggunakan program bantu SAP 2000, dengan kombinasi beban yang maksimum.

4.4.1.3 Perhitungan Gaya – Gaya Balok Induk

A. Saat Pengangkatan



$$M_{+(lap)} = \frac{Qu \times L^2}{8} \times 1 - 4X + \frac{4 \times Yc}{L \times \tan \theta}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{Qu (X^2 \times L^2)}{2}$$

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

Kondisi sebelum komposit:

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

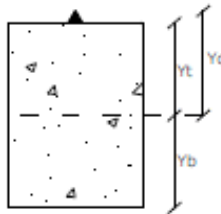
$$h = 58 \text{ cm}$$

$$L = 645 \text{ cm}$$

$$Yt = Yb = 29 \text{ cm}$$

$$Yc = Yt + 5 = 24 \text{ cm}$$

Sudut pengangkatan = 45°



$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 34}{645 \times \tan 45}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{19}{19} \left(1 + \frac{4 \times 34}{645 \times \tan 45} \right)} \right)} = 0,228$$

$$X \times L = 0,228 \times 645 = 147 \text{ cm} \approx 150 \text{ cm} = 1,5 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 6,45 - 2 (1,5) = 3,45 \text{ m}$$

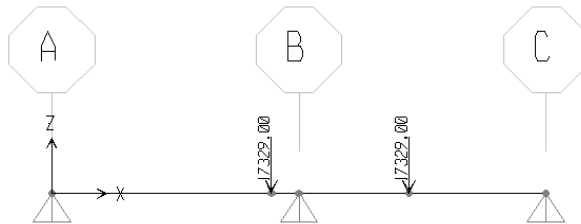
$$M_{+(lap)} = \frac{1129 \times 6,45^2}{8} \times 1 - 4 (0,228) + \frac{4 \times 0,34}{6,45 \times \tan 45}$$

$$M_{+(lap)} = 1217,51 \text{ kgm}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{1129 (0,228^2 \times 6,45^2)}{2} = 1217,51 \text{ kgm}$$

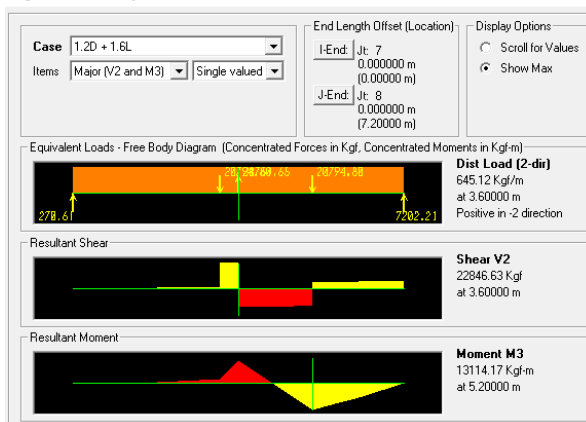
B. Sebelum Komposit

Asumsi saat pemasangan balok pracetak menggunakan scaffolding di tengah bentang, sehingga permodelan seperti gambar dibawah:



Berikut hasil perhitungan dari permodelan diatas:

Diagrams for Frame Object 3 (Balok induk)



$$Mu = 131144,17 \text{ kgm}$$

C. Sebelum Komposit

Pada saat setelah komposit, momen yang bekerja pada balok dihasilkan dari output analisis struktur menggunakan program bantu SAP 2000, dengan kombinasi beban yang maksimum.

Berikut hasil perhitungan menggunakan program bantu SAP 2000.

Lokasi	Momen (Kg-m)	Kombinasi Beban
Tumpuan KR	-39726.15	1.2 D + 1 L + 1EX
Lapangan	18863.88	1.2 D + 1.6 L
Tumpuan KN	-50200.69	1.2 D + 1 L + 1EX

4.4.1.4 Penulangan Balok Induk

Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) / 7 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$$

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

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

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

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

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

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

1. Penulangan Balok Induk Saat Pengangkatan

- Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 560 - 50 - 13 - (1/2)19 = 487,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 1217,51 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1217,51 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 487,5^2} = 0,14$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,14}{390}} \right) = 0,00037$$

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

$$0,0038 > 0,00037 < 0,0277$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 10.5.3 sebagai alternatif untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,00035 = 0,0048 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho b d \\ &= 0,00048 \times 400 \times 312 = 93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{93}{283,53} = 0,04 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

$$As_{pakai} = 3 \times 283,53 = 850,58 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} = 93 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{fc'}}{fy} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 487,5 = 739,51 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 487,5 = 700 \text{ mm}^2$$

As pakai > As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sejangkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 3(19)}{3 - 1} = 108,5 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 108,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$A_s' = 0,5 \times 850,58 = 425,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{425,29}{283,53} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

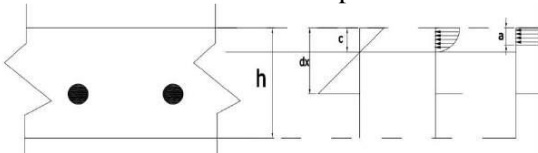
Dipakai 2 buah tulangan

$$A_s \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu} = 425,59 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,58 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,87 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,87}{0,8} = 34,84 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{487,5}{34,84} - 1 \right) = 0,038$$

dipakai $\emptyset = 0,9$ dikarenakan ε_t lebih besar dari 0,005

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

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 850,586 \times 390 \left(387,5 - \frac{1}{2} \times 27,87 \right)$$

$$\emptyset M_n = 141355725,1 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset M_n > M_u$$

$$14135,573 \text{ kgm} > 1217,513 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 560 - 50 - 13 - (1/2)19 = 487,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 1217,51 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{1217,51 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 487,5^2} = 0,14$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,14}{390}} \right) = 0,00037$$

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

$$0,0038 < 0,00037 < 0,0277$$

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

$$\begin{aligned} \rho_{pakai} &= 1,3 \rho_{perlu} \\ &= 1,3 \times 0,00035 = 0,0048 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,00048 \times 400 \times 312 = 93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{93}{283,53} = 0,04 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 3 \times 283,53 = 850,58 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ perlu} = 93 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 487,5 = 739,51 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 487,5 = 700 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} > As \text{ min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 3(19)}{3 - 1} = 108,5 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 108,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 850,58 = 425,29 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{425,29}{283,53} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

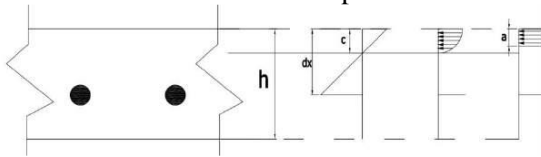
Dipakai 2 buah tulangan

$$As \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu} = 425,59 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,58 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,87 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,87}{0,8} = 34,84 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{487,5}{34,84} - 1 \right) = 0,038$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 850,586 \times 390 \left(387,5 - \frac{1}{2} \times 27,87 \right)$$

$$\phi M_n = 141355725,1 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$14135,573 \text{ kgm} > 1217,513 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Lendutan

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

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

$$I_e = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 560^3 = 5853866667 \text{ mm}^4$$

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

$$\Delta = \frac{5 Q_u L^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 \times 8,06 \times 6450^4}{384 \times 18858,658 \times 5853866667} = 1,64 \text{ mm}$$

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

$$\frac{L}{240} = \frac{6450}{240} = 26,88 \text{ mm}$$

$$\Delta = 1,64 \text{ mm} \leq 26,88 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

2. Penulangan Balok Induk Sebelum Komposit

- Tulangan Lentur Tarik

$$d = 560 - 50 - 13 - (1/2)19 = 507,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 13114,17 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{13114,17 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 310,5^2} = 1,52$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,52}{390}} \right) = 0,004$$

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

$$0,0038 < 0,004 < 0,0277$$

$$\text{As} = \rho b d$$

$$= 0,004 \times 400 \times 487,5 = 787,24 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{787,24}{283,53} = 2,8 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

$$As_{pakai} = 3 \times 283,53 = 850,581 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} = 787,24 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{fy} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 487,5 = 739,51 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 487,5 = 700 \text{ mm}^2$$

As pakai > As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sengkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 3(19)}{3 - 1} = 108,5 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 108,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan 3D19

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2.

$$As' = 0,5 \times 850,58 = 425,29 \text{ mm}^2$$

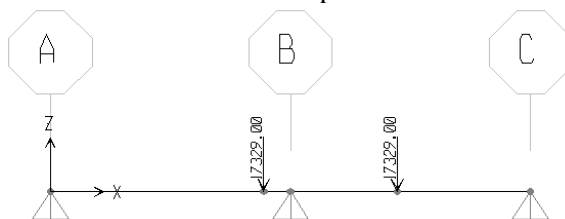
$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{425,29}{283,53} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah tulangan

$$As_{\text{pakai}} = 2 \times 283,53 = 567,058 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}} = 425,29 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

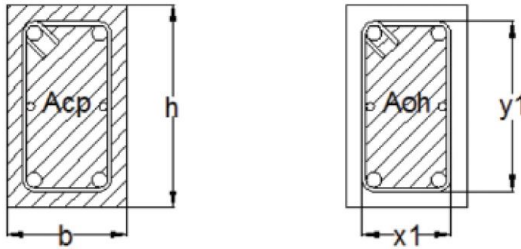
- Tulangan Torsi saat Pemasangan Balok Anak pada Balok Induk
Berikut ini adalah permodelan pemasangan balok anak pracetak pada balok induk saat sebelum komposit.



Dari hasil permodelan tersebut didapat hasil perhitungan torsi adalah sebesar 6,94 kgm = 69400 Nmm. Berikut ini perhitungan

tulangan torsi saat pemasangan balok anak pracetak pada balok induk pracetak.

- Ukuran penampang balok yang dipakai = 40/56



- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}} \\ &= 400 \text{ mm} \times 560 \text{ mm} \\ &= 224000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}}) \\ &= 2 \times (400 \text{ mm} + 560 \text{ mm}) \\ &= 1920 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}}) \times \\ &\quad (h_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}}) \\ &= (400 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \times \\ &\quad (560 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \\ &= 128289 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times [(b_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}}) + \\ &\quad (h_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{geser}})] \\ &= 2 \times [(400 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) + \\ &\quad (560 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm})] \\ &= 1468 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pengaruh puntir diabaikan apabila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari pada: (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1)

$$\begin{aligned}
 T_u \text{ min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\
 &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \left(\frac{224000^2}{1920} \right) \\
 &= 9624278,59 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

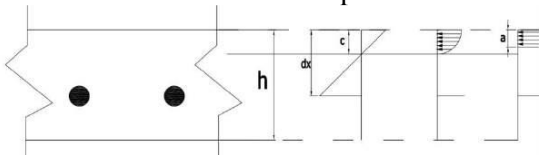
- Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat:

- $T_u \text{ min} > T_u$ (tidak memerlukan tulangan puntir)
 - $T_u \text{ min} < T_u$ (memerlukan tulangan puntir)
- $T_u \text{ min} > T_u$
 $9624278,59 \text{ Nmm} > 69400 \text{ Nmm}$
 (Tidak Memerlukan Tulangan Puntir)

• Kontrol Kapasitas Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f'c' b} = \frac{850,58 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,87 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk $f'c'$ diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,87}{0,8} = 34,84 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{487,5}{34,84} - 1 \right) = 0,038$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 850,586 \times 390 \left(387,5 - \frac{1}{2} \times 27,87 \right)$$

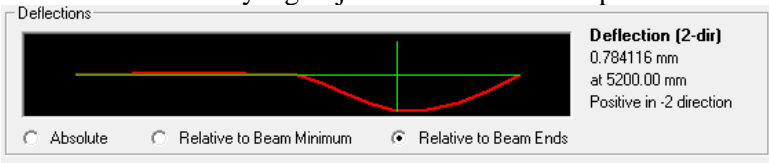
$$\phi M_n = 141355725,1 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$14135,573 \text{ kgm} > 13114,17 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Lendutan

Berikut lendutan yang terjadi saat sebelum komposit



$$\Delta = 0,784 \text{ mm}$$

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

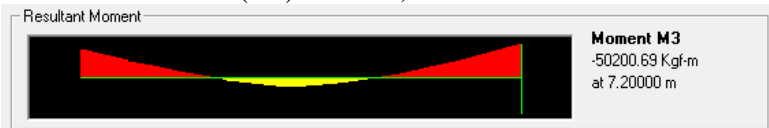
$$\frac{L}{240} = \frac{3225}{240} = 13,43 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,784 \text{ mm} \leq 13,43 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

3. Penulangan Balok Induk Saat Komposit

- Tulangan Lentur Tarik Tumpuan

$$d = 700 - 50 - 13 - (1/2)19 = 627,5 \text{ mm}$$



$$M_u = 50200,69 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{50200,69 \times 10^4}{0,9 \times 400 \times 627,5^2} = 3,54$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 3,54}{390}} \right) = 0,0097$$

Syarat: $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$
 $0,0038 < 0,0097 < 0,0277$

As = $\rho b d$
 $= 0,0097 \times 400 \times 627,5 = 2433,93 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D19

A D19 = $0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{2433,93}{283,53} = 8,3 \approx 9 \text{ buah}$$

Dipakai 9 buah tulangan

As pakai = $9 \times 283,53 = 2551,76 \text{ mm}^2$

As pakai > As perlu = $23433,93 \text{ mm}^2$ (Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 627,5 = 951,85 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 627,5 = 901,02 \text{ mm}^2$$

As pakai > As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{sengkang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

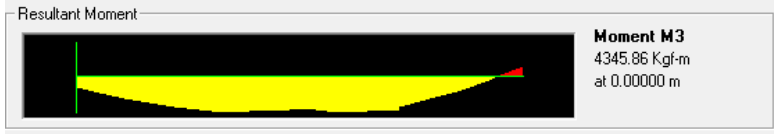
$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 9(19)}{9 - 1} = 12,875 \text{ mm}$$

$S = 25 \text{ mm} \geq 12,875 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$ (Tidak Memenuhi)

Maka digunakan 2 lapis dan dipakai tulangan 9D19

- Tulangan Lentur Tekan Tumpuan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2. Namun harus melebihi $\mu(+)$ yang terjadi:



$$\mu = 4345,86 \text{ Kgm}$$

$$A_s' = 0,5 \times 2551,76 = 1275,88 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{1275,88}{283,53} = 4,5 \approx 5 \text{ buah}$$

Dipakai 5 buah tulangan

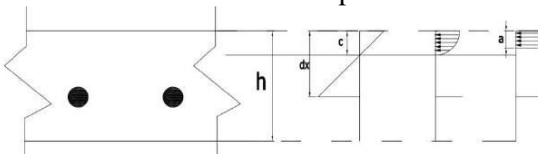
$$A_s \text{ pakai} = 5 \times 283,53 = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ perlu} = 1275,88 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur

- Tulangan Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{2551,76 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 83,62 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{83,62}{0,8} = 104,54 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{627,5}{104,54} - 1 \right) = 0,015$$

dipakai $\phi = 0,9$

dikarenakan ϵ_t lebih besar dari 0,005

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 2551,75 \times 390 \left(627,5 - \frac{1}{2} \times 83,6 \right)$$

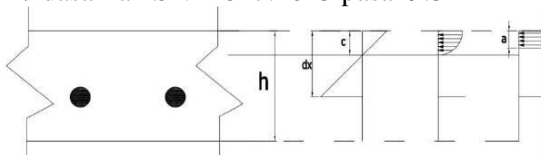
$$\phi M_n = 524579309,09 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$52457,94 \text{ kgm} > 50200,69 \text{ kgm} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tulangan Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1417,64 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 46,46 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{46,46}{0,8} = 58,07 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{627,5}{58,07} - 1 \right) = 0,029$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 1417,64 \times 390 \left(627,5 - \frac{1}{2} \times 46,46 \right)$$

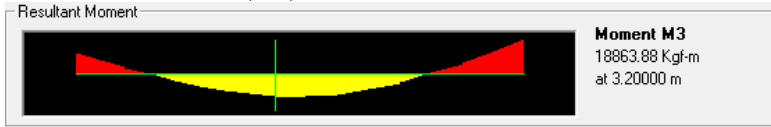
$$\phi M_n = 300680334,7 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$30068,033 \text{ kgm} > 4345,86 \text{ kgm} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tulangan Lentur Tarik Lapangan

$$d = 700 - 50 - 13 - (1/2)19 = 627,5 \text{ mm}$$



$$M_u = 18863.88 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{19739,10 \times 10^4}{0,9 \times 300 \times 627,5^2} = 1,33$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,33}{390}} \right) = 0,0035$$

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

$$0,0038 > 0,0035 < 0,0277$$

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

$$\rho_{pakai} = 1,3 \rho_{perlu}$$

$$= 1,3 \times 0,0035 = 0,0045$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,0045 \times 400 \times 627,5 = 1139,49 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19

$$A_{D19} = 0,25 \pi d^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{1139,49}{283,53} = 4,2 \approx 5 \text{ buah}$$

Dipakai 5 buah tulangan

$$A_s \text{ pakai} = 5 \times 283,53 = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} = 1193,69 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{35}}{390} 400 \times 627,5 = 951,85 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{390} 400 \times 627,5 = 901,02 \text{ mm}^2$$

As pakai > As min (Memenuhi)

Kontrol jarak tulangan

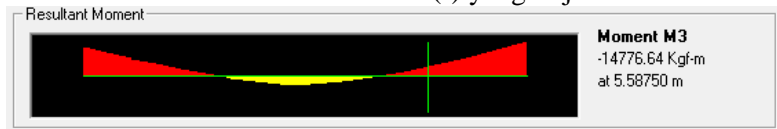
$$S = \frac{\text{lebar} - \text{decking} - \text{senggang} - n \times \text{diameter pakai}}{n \text{ tulangan} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2(50) - 2(13) - 5(19)}{4 - 1} = 44,775 \text{ mm}$$

$$S = 25 \text{ mm} \leq 44,75 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Tulangan Lentur Tekan Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan tidak kurang dari setengah kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2. Namun harus melebihi $\mu_u(-)$ yang terjadi:



$$\mu_u = 14776,64 \text{ Kgm}$$

$$As' = 0,5 \times 1517,64 = 708,822 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} = \frac{708,822}{283,53} = 2,5 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipakai 3 buah tulangan

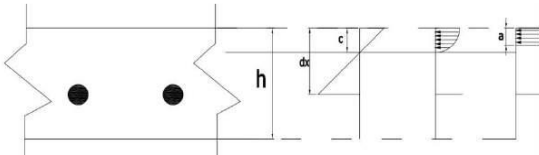
$$As_{\text{pakai}} = 3 \times 283,53 = 850,58 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{pakai}} \geq As_{\text{perlu}} = 708,822 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Kontrol Kapasitas Lentur

- Tulangan Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1417,64 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 46,46 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{46,46}{0,8} = 58,07 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{627,5}{58,07} - 1 \right) = 0,029$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 1417,64 \times 390 \left(627,5 - \frac{1}{2} \times 46,46 \right)$$

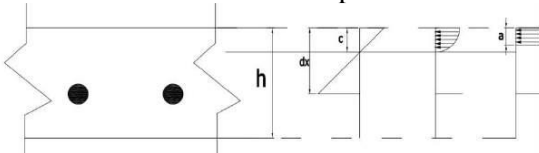
$$\phi M_n = 300680334,7 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$30068,033 \text{ kgm} > 18863,88 \text{ kgm} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tulangan Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3



Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{850,58 \times 390}{0,85 \times 35 \times 400} = 27,97 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05, tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65. Sehingga $\beta_1 = 0,8$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,97}{0,8} = 39,97mm$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{627,5}{39,97} - 1 \right) = 0,057$$

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

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

$$\phi M_n = 0,9 \times 850,58 \times 390 \left(627,5 - \frac{1}{2} \times 27,97 \right)$$

$$\phi M_n = 183182416,3 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$18318,24 \text{ kgm} > 14776,64 \text{ kgm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Perencanaan Tulangan Geser

- Tulangan Geser pada Tumpuan

Sesuai peraturan SNI 2847:2013 pasal 11.1 perencanaan penampang yang diakibatkan oleh geser harus didasarkan pada perumusan: $\Phi V_n = V_u$

Dengan V_u merupakan gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n merupakan kuat geser nominal yang ditinjau dari:

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana:

V_u = Geser pada terfaktor penampang yang ditinjau

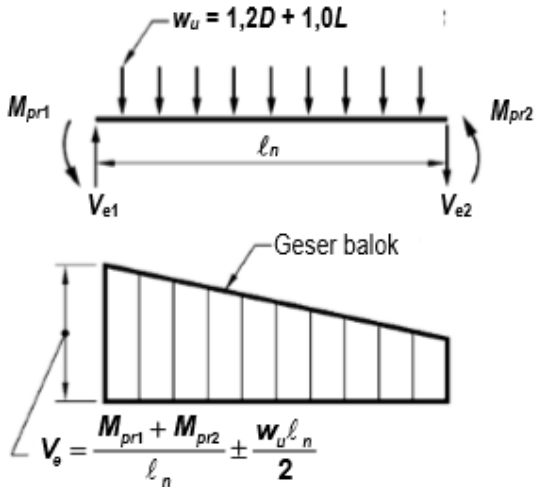
ϕ = Faktor reduksi geser (0,75)

V_n = Kuat Geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat Geser nominal tulangan geser

Penulangan geser balok induk berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.1 dimana nilai gaya geser desain, harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka tumpuan.



Dimana:

V_e = Gaya geser ultimit balok akibat gempa

M_{pr1} = Moment pada perletakan 1 akibat goyangan ke kiri (atau kanan)

M_{pr2} = Moment pada perletakan 2 akibat goyangan ke kiri (atau kanan)

w_u = Gaya akibat beban gravitasi

l_n = Panjang bentang bersih balok

$M_{pr} = \phi As f_y \left(d - \frac{1}{2} a \right)$

$a = \frac{As \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$

$l_n = 6,45 \text{ m}$

Tabel 4.15 Mpr pada Balok induk

Tumpuan	Lokasi		Tul. Pasang	As Pasang (mm ²)	apr (mm)	Mpr (Nmm)
	Kiri	Atas	9	2551.76	104.5	715578240
		Bawah	5	1417.64	58.08	413597954
	Kanan	Atas	9	2551.76	104.5	715578240
Bawah		5	1417.64	58.08	413597954	

Dari hasil SAP 2000 didapatkan nilai $\frac{Wu \times ln}{2} = V_g = 16338,35 \text{ N}$

- Analisa terhadap gempa kiri

$$V_e^+ = \frac{715578420 + 413597954}{6,45} + 16338,35 = 338449,57 \text{ N}$$

$$V_e^- = \frac{715578420 + 413597954}{6,45} - 16338,35 = 11682,57 \text{ N}$$

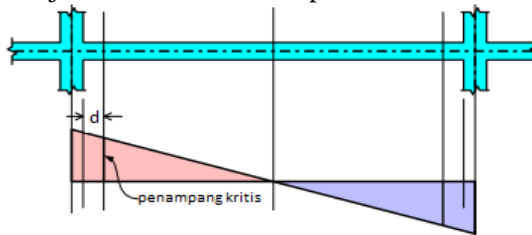
- Analisa terhadap gempa kanan

$$V_e^+ = \frac{715578420 + 413597954}{6,45} + 16338,35 = 338449,57 \text{ N}$$

$$V_e^- = \frac{715578420 + 413597954}{6,45} - 16338,35 = 11682,57 \text{ N}$$

Sehingga V_e yang digunakan adalah 338449,57 N

Nilai V_e yang digunakan untuk menentukan tulangan geser harus diambil sejarak d dari muka tumpuan maka nilai V_e adalah:



$$\begin{aligned}
 V_e \text{ pakai} &= \frac{ln/2 - \left(\frac{P_{kolom}}{2}\right) + d}{ln/2} \times V_e \\
 &= \frac{6,45/2 - \left(\frac{0,75}{2}\right) + 0,6275}{6,5/2} \times 338449,57 \text{ N} \\
 &= 249136 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pada sistem rangka pemikul momen tulangan geser harus memampu untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ selama:

$$(c) V_e \geq \frac{1}{2} V_{maks}$$

$$(d) P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20}$$

Dimana:

V_{maks} = Gaya geser akibat beban terfaktor

P_u = Gaya aksial akibat beban terfaktor

Hasil dari SAP 2000 didapatkan nilai geser maksimum

$V_{maks} = 226677,9 \text{ N}$ dan $P_u = 49082,4 \text{ N}$

$$V_e \geq \frac{1}{2} V_{maks}$$

$$249136 \text{ N} \geq \frac{1}{2} 226677,9 \text{ N}$$

$$249136 \text{ N} \geq 113339,5 \text{ N (OK)}$$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20}$$

$$49082,4 \text{ N} < \frac{700 \times 400 \times 35}{20}$$

$$49082,4 \text{ N} < 490000 \text{ N (OK)}$$

Maka nilai $V_c = 0$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$= \frac{249136}{0,75}$$

$$= 332181,99 \text{ N}$$

$$V_s \text{ maks} = 0,66 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$= 0,66 \times \sqrt{35} \times 400 \times 627,5$$

$$= 980057,77 \text{ N} > V_s = 332181,99 \text{ N}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki dengan $\emptyset 13 \text{ mm}$ ($A_v = 265,45 \text{ mm}^2$), maka

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$= \frac{265,45 \times 240 \times 627,5}{332181,99}$$

$$= 193,57 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.2 bahwa Sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang $1/4L = 1612,5$ mm dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$d/4 = 627,5/4 = 156,87 \text{ mm}$$

$$6 db = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang sengkang tertutup 2 kaki D13-100 mm sepanjang 1612,5 mm dari muka tumpuan dan sengkang pertama dipasang sejarak 50 mm dari muka tumpuan.

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{265,33 \times 390 \times 627,5}{100} = 649328,84 \text{ N}$$

$$V_s = 649328,84 \text{ N} > 249136 \text{ N (Memenuhi)}$$

- Tulangan Geser pada Lapangan

Gaya geser maksimum, V_u di luar zona sendi plastis (1612,5 mm) adalah:

$$\begin{aligned} V_e \text{ pakai} &= \frac{ln/2 - 1612,5}{ln/2} \times V_e \\ &= \frac{6450/2 - 1612,5}{6450/2} \times 249136 \text{ N} \\ &= 124568 \text{ N} \end{aligned}$$

Pada daerah ini nilai V_c diperhitungkan

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 627,5 \\ &= 25439,124 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{124568}{0,75} - 25439,124 = 84526,15 \text{ N}$$

Dicoba sengkang 2 kaki D13 ($A_v = 265,33 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,33 \times 400 \times 626}{84526,15} = 472,97 \text{ mm}$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.4, spasi maksimal tulangan geser adalah $d/2 = 627,5/2 = 313,75$ mm

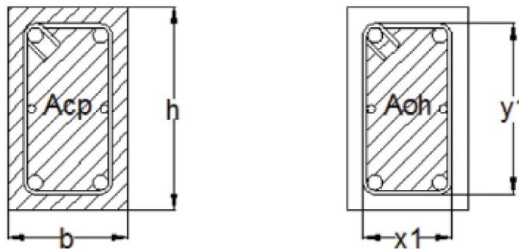
Maka dipasang 2 kaki D13 – 200 mm

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{265,33 \times 390 \times 627,5}{200} = 324664,42 \text{ N}$$

$$V_s = 324664,42 \text{ N} > 84526,15 \text{ N (Memenuhi)}$$

- Perencanaan Tulangan Puntir dan Geser Akibat Torsi
Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 40/70



- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}} \\ &= 400 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 280000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}}) \\ &= 2 \times (400 \text{ mm} + 700 \text{ mm}) \\ &= 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton A_{oh}

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \times \\ &\quad (h_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \\ &= (400 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \times \\ &\quad (700 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \\ &= 168469 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times [(b_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) + \\ &\quad (h_{\text{balok}} - 2 t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})] \\ &= 2 \times [(400 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) + \\ &\quad (700 \text{ mm} - 2 \times 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm})] \\ &= 1748 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar sejarak d dari tumpuan:

Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 D + 1 Ex + 1 L:

$$Tu = 36065352,04 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir diabaikan apabila momen puntir terfaktor

Tu besarnya kurang dari pada: (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1)

$$\begin{aligned} Tu_{\min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{35} \left(\frac{280000^2}{2200} \right) \\ &= 13176723,15 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Nilai Tu min sejarak d dari tumpuan adalah:

$$\begin{aligned} Tu_{\min} &= \frac{ln/2 - \left(\frac{B_{kolom}}{2} \right) + d}{ln/2} \times Tu_{\min} \\ &= \frac{6450/2 - \left(\frac{750}{2} \right) + 627,5}{6450/2} \times 13176723,15 \\ &= 9699532,23 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat:

- $Tu_{\min} > Tu$ (tidak memerlukan tulangan puntir)

- $Tu_{\min} < Tu$ (memerlukan tulangan puntir)

$$Tu_{\min} < Tu$$

$$9699532,23 \text{ Nmm} < 36065352,04 \text{ Nmm}$$

(Memerlukan Tulangan Puntir)

- Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut:

$$\begin{aligned} Vc &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 626 \\ &= 314794,605 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw d} \right)^2 + \left(\frac{Tu Ph}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{249136}{400 \times 627,5}\right)^2 + \left(\frac{36065352 \times 1748}{1,7 \times 168469^2}\right)^2}$$

$$\leq 0,75 \left(\frac{314794}{400 \times 627,5} + 0,66 \sqrt{35} \right)$$

$$1,64 \leq 3,69 \text{ (Memenuhi)}$$

- Penulangan Puntir dan Geser Akibat Torsi pada Sendi Plastis
 - Luas Tulangan Puntir untuk Lentur
 Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \emptyset$$

Dengan $\frac{A_t}{s}$ dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013

Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah ini:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \emptyset$$

Untuk beton non prategang $\emptyset = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 168469 \text{ mm}^2 \\ &= 143198,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset} \\ &= \frac{36065352 / 0,75}{2 \times 142198,65 \times 240 \times \cot 45} \\ &= 0,69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi $\frac{A_t}{s}$ tidak boleh kurang dari:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{0,175 \text{ bw}}{F_{yt}} = \frac{0,175 \times 400}{240} = 0,291 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

- Luas Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_s &= 332181,99 \text{ N} \\ \frac{Av}{s} &= \frac{V_s}{F_{yt} \times d} \\ &= \frac{332181,99}{240 \times 627,5} \\ &= 2,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} \frac{Av_t}{s} &= 2 \times \frac{At}{s} + \frac{Av}{s} \\ &= 2 \times 0,69 + 2,21 \\ &= 3,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai Sengkang 2 kaki D13 ($Av = 265,33 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} S &= \frac{265,33}{3,6} \\ &= 73,63 \text{ mm} \end{aligned}$$

S maksimum diperbolehkan lebih kecil dari:

$$Ph/8 = 1748/8 = 218,5 \text{ mm}$$

$$S = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai spasi 70 mm

$$V_s = \frac{Av \times f_y \times d}{s} = \frac{265,33 \times 390 \times 627,5}{70} = 927612,63 \text{ N}$$

$$V_s = 927612,63 \text{ N} > 332181,99 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

- Perhitungan Tulangan Torsi

$$Al = \frac{At}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \emptyset$$

$$\begin{aligned} Al &= 0,69 \times 1748 \times \left(\frac{240}{390} \right) \cot^2 45 \\ &= 752,55 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi Al tidak boleh kurang dari:

$$Al \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{F_{yt}} - \left(\frac{At}{s} \times P_h \times \frac{F_{yt}}{F_y} \right)$$

$$Al \text{ min} = \frac{0,42 \sqrt{35} 280000}{390} - \left(0,69 \times 1748 \times \frac{240}{390} \right)$$

$$Al \text{ min} = 1031,37 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir perlu sebesar 1031,37 mm². Untuk arah memanjang dibagi rata keempat sisi penampang balok.

$$\frac{At}{4} = \frac{1031,37}{4} = 257,84 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan longitudinal:

- Pada sisi atas - disalurkan ½ pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah – disalurkan ½ pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar 257,84 mm²

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{As}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{257,84}{0,25 \pi 13^2}$$

$$n = 1,943 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan puntir 2D13

$$As = n \times \text{Luasan } D \text{ puntir}$$

$$= 2 \times 0,25 \pi 13^2$$

$$= 265,33 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$As \text{ pasang} \geq As \text{ perlu}$$

$$265,33 \text{ mm}^2 \geq 257,84 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

- Penulangan Puntir dan Geser Akibat Torsi pada Luar Sendi Plastis

- Luas Tulangan Puntir untuk Lentur

Nilai Tu diluar sendi plastis (1612,5 mm dari tumpuan) adalah:

$$Tu = \frac{ln/2 - 1612,5}{ln/2} \times Tu$$

$$= \frac{6450/2 - 1612,5}{6450/2} \times 36065352$$

$$= 1427586852 \text{ Nmm}$$

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \phi$$

Untuk beton non prategang $\phi = 45^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Dimana, } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 168469 \text{ mm}^2 \\ &= 143198,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \phi} \\ &= \frac{1427586852 / 0,75}{2 \times 142198,65 \times 240 \times \cot 45} \\ &= 0,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetapi $\frac{A_t}{s}$ tidak boleh kurang dari:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{0,175 \text{ } bw}{F_{yt}} = \frac{0,175 \times 400}{240} = 0,291 \text{ mm}^2$$

(Tidak Memenuhi)

$$\text{Maka } \frac{A_t}{s} = 0,291 \text{ mm}^2$$

- Luas Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times bw \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 627,5 \\ &= 25439,124 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{124568}{0,75} - 25439,124 = 84526,15 \text{ N}$$

$$V_s = 84526,15 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{F_{yt} \times d} \\ &= \frac{84526,15}{240 \times 627,5} \\ &= 0,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} \frac{A_{vt}}{s} &= 2 \times \frac{A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= 2 \times 0,29 + 0,53 \end{aligned}$$

$$= 1,1 \text{ mm}^2$$

Dipakai Senggang 2 kaki D13 ($A_v = 265,33 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{265,33}{1,1}$$

$$= 245,29 \text{ mm}$$

S maksimum diperbolehkan lebih kecil dari:

$$Ph/8 = 1748/8 = 218,5 \text{ mm}$$

$$S = 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai spasi 200 mm

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{265,33 \times 390 \times 627,5}{200} = 324664,42 \text{ N}$$

$$V_s = 324664,42 \text{ N} > 84526,15 \text{ N (Memenuhi)}$$

- Perhitungan Tulangan Torsi

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \phi$$

$$A_l = 0,29 \times 1748 \times \left(\frac{240}{390} \right) \cot^2 45$$

$$= 313,74 \text{ mm}^2$$

Tetapi A_l tidak boleh kurang dari:

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{F_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s} \times P_h \times \frac{F_{yt}}{F_y} \right)$$

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 \sqrt{35} 280000}{390} - \left(0,29 \times 1748 \times \frac{240}{390} \right)$$

$$A_{l \text{ min}} = 1470,18 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir perlu sebesar $1031,37 \text{ mm}^2$. Untuk arah memanjang dibagi rata keempat sisi penampang balok.

$$\frac{A_t}{4} = \frac{1470,18}{4} = 367,84 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan longitudinal:

- Pada sisi atas - disalurkan $\frac{1}{2}$ pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah - disalurkan $\frac{1}{2}$ pada tulangan tekan balok

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar $367,84 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{A_s}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{367,84}{0,25 \pi 13^2}$$

$$n = 2,743 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan puntir 4D13

$$A_s = n \times \text{Luasan } D \text{ puntir}$$

$$= 4 \times 0,25 \pi 13^2$$

$$= 530,66 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$530,66 \text{ mm}^2 \geq 367,84 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

- Kontrol Lendutan

Lendutan yang terjadi hasil SAP 2000 adalah 1,35 mm

Berdasarkan SNI 2847:2012 batasan lendutan pelat adalah

$L/240$

$$\frac{L}{240} = \frac{6450}{240} = 26,875 \text{ mm}$$

$$\Delta = 1,35 \text{ mm} \leq 26,875 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

- Panjang Penyaluran Sambungan Tulangan

$$l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f_c}} \right) d_b$$

$$= \left(\frac{390 \cdot 1,3 \cdot 1}{2,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) 19$$

$$= 775,36 \text{ mm}$$

Dipakai panjang penyaluran 800 mm

4.4.1.5 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan balok induk pracetak dilakukan dengan 2 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah:

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

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

$$W = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6} \times 300 \times 560^2 = 20906666,67 \text{ mm}^3$$

$$M_{+(lap)} = 12175100 \text{ Nmm}$$

$$M_{-(tump)} = 12175100 \text{ Nmm}$$

Momen yang terjadi

$$\sigma_{max} = \frac{M^+}{W} = \frac{12175100}{20906666,67} = 0,58 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

$$\sigma_{min} = \frac{M^-}{W} = \frac{12678100}{6503733333} = 0,58 \text{ MPa} \leq f_r = 2,48 \text{ MPa}$$

(Memenuhi)

4.4.1.6 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

- Pembebanan

Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{Beban balok pracetak} &= 537,6 \text{ kg/m} \\ qD &= 537,6 \times 6,45 = 3467,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1,2 qD \\ &= 1,2 \times 3467,5 = 4161,02 \end{aligned}$$

- Menghitung tulangan angkat

Sesuai dengan *PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete* terdapat 2 titik angkat dan sudut angkat sebesar 45° sehingga harus dikalikan faktor $F = 1,41$

Beban yang diterima satu titik angkat:

$$P = \frac{4161,02}{2} \times 1,41 = 2933,51 \text{ kg}$$

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

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

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{2933,51}{2600} = 1,8 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat D16 mm

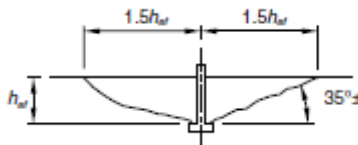
As pakai = 201,07 mm² = 2,01 cm² > 1,8 cm² (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan angkat Ø16

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

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{kc \sqrt{f'c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{41610,2}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 79,08 \text{ mm}$$

Maka tulangan angkur dipasang 80 mm dari permukaan balok pracetak.



Gambar 4.15 Pengangkuran Tulangan Angkat Balok Induk Pracetak

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

$$de = \frac{h_{ef}}{\tan 35} = \frac{80}{\tan 35} = 114,25 \text{ mm}$$

$$de = 1,5 h_{ef} = 1,5 \times 80 = 120 \text{ mm}$$

Maka digunakan $de = 120 \text{ mm}$

- Menghitung kebutuhan strand

$P = 2953,51 \text{ kg}$ (beban 1 titik angkat)

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

Diameter = 5/16 in = 0,790 cm

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

$$A = 0,0058 = 37,4 \text{ mm}^2$$

$$F_{strand} = 1725 \times 37,4 = 6451,5 \text{ kg}$$

Maka gaya yang dipikul 1 strand = $6451,5/2 = 3225,75 \text{ kg}$

$$\text{Kontrol: } P < F_{strand}$$

$$2953,51 \text{ kg} < 3225,75 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi})$$

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

4.4.1.7 Kontrol Tegangan Akibat Penumpukan

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

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

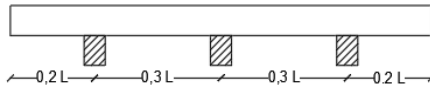
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{16,1} = 2,48 \text{ MPa} = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,40 \times 0,56 \times 2400) = 645 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 40 \times 56^2 = 20906,7 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,3 L = 0,3 \times 6,45 = 1,935 \text{ m}$$



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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 645 \times 1,935^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 1,935 = 396,35 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 594,52 \text{ kgm} = 59452 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 645 \times 1,935^2 = 301,93 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 452,90 \text{ kgm} = 45290 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{59452}{20906,7} = 2,84 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{45290}{20906,7} = 2,16 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 24,8 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan balok kayu sebagai penyangga dengan dimensi 5/10

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang kontak, } A &= 0,05 \times 3 \times 0,4 = 0,06 \text{ m}^2 \\ &= 60000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 1,2 (6,45 \times 2400 \times 0,40 \times 0,56) + 1,6 (200) = 4481,02 \text{ kg} \\ &= 44810,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{44810,2}{60000} = 0,77 \text{ MPa}$$

Jumlah tumpukan

$$n = \frac{f_r}{f \times SF} = \frac{2,48}{0,77 \times 3} = 1 \text{ tumpukan}$$

4.4.1.8 Kontrol Tegangan Akibat Pemasangan

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

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

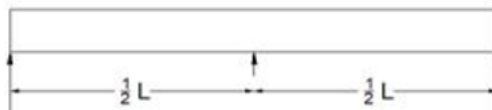
$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{24,5} = 3,069 \text{ MPa} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 (0,40 \times 0,56 \times 2400) = 635 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 40 \times 58^2 = 20906,7 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,45 = 3,225 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 645 \times 3,225^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,225 = 928,92 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 1393,39 \text{ kgm} = 139339 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 645 \times 3,3^2 = 838,70 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 1258,05 \text{ kgm} = 125805 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{139339}{20906,7} = 6,64 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{125805}{20906,7} = 56,01 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

4.4.1.9 Kontrol Tegangan Akibat Pengecoran

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

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

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

Berat sendiri balok induk pracetak setela komposit

$$Qd = 1,2 (0,40 \times 0,7 \times 2400) = 806,4 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok anak pracetak setela komposit

$$Qd = 1,2 (0,30 \times 0,5 \times 2400) = 432 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok anak pracetak setela komposit

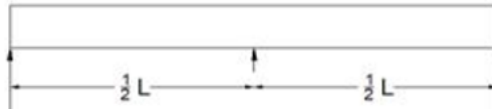
$$Q_d = 1,2 (0,14 \times 3,5 \times 2400) = 1411,2 \text{ kg/m}$$

$$Q_d \text{ total} = 2649.6 \text{ kg/m}$$

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

$$W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 40 \times 70^2 = 32666,7 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 6,45 = 3,225 \text{ m}$$



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

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

$$M_{lap} = \frac{1}{10} \times 2649.6 \times 3,225^2 + \frac{1}{4} \times 320 \times 3,225$$

$$= 2838,97 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{lap} = 4258,46 \text{ kgm} = 425846 \text{ kgcm}$$

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

$$M_{tump} = \frac{1}{8} \times 2649,6 \times 3,225^2 = 3444,68 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_{tump} = 5167.03 \text{ kgm} = 516703 \text{ kgcm}$$

Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{516703}{32666,7} = 15,81 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M_{tump}}{W} = \frac{425846}{32666,7} = 13,04 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

(Memenuhi)

Tabel 4.16 Tulangan Terpasang pada Balok Induk

Tipe Balok	L	B	H	Tulangan Lentur Tumpuan		Tulangan Lentur Lapangan	
	mm	mm	mm	Atas	Bawah	Atas	Bawah
BI1	6000	400	700	9D19	5D19	3D19	5D19
BI2	7200	400	700	9D19	5D19	3D19	5D19
BI3	7000	400	700	7D19	4D19	2D19	4D19
BI4	2750	400	700	4D19	2D19	2D19	4D19
BI5	3000	400	700	4D19	2D19	2D19	4D19
BI6	3500	400	700	4D19	2D19	2D19	4D19

Torsi	Sengkang		Tulangan Angkat
	Tumpuan	Lapangan	
4D13	2D13-90	2D13-200	Ø16
4D13	2D13-70	2D13-200	Ø16
4D13	2D13-90	2D13-200	Ø16
4D13	2D13-100	2D13-100	Ø16
4D13	2D13-100	2D13-100	Ø16
4D13	2D13-100	2D13-100	Ø16

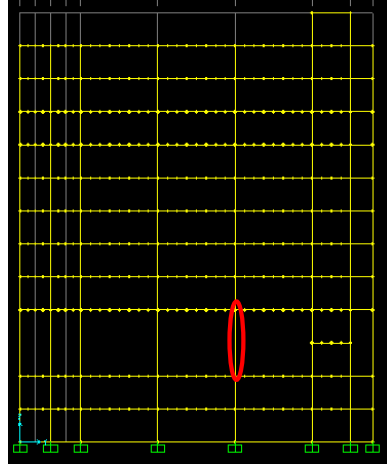
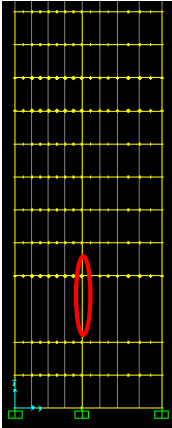
4.4.2. Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul beban-beban yang diterima struktur sekunder dan balok induk kemudian meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Pada perencanaan berikut diambil kolom yang memikul beban terbesar.

4.4.2.1 Data Perencanaan

- Dimensi Kolom = 750 x 750 mm
- Tinggi Kolom = 6000 mm
- Tebal Decking = 50 mm
- Dia. Tulangan Utama = 25 mm

- Dia. Sengkang = 13 mm
- Mutu Beton (f_c) = 35 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 390 Mpa



Gambar 4.16 Kolom yang Direncanakan

- Gaya yang terjadi pada kolom (hasil Analisa SAP) :
 - Gaya Aksial
 $1,2D + 1,6L$



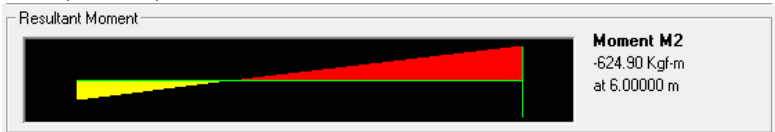
- Momen Arah Sumbu X
 $1,2D + 1,6L$



$1,2D + 1L + 1Ex$



- Momen Arah Sumbu Y
1,2D + 1,6L



1,2D + 1L + 1Ex



4.4.2.2 Kontrol Dimensi Kolom

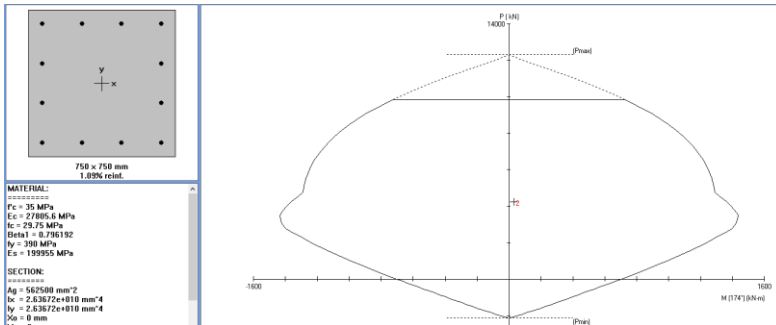
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 persyaratan yang harus dipenuhi oleh kolom yang didesain adalah :

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $A_g f_c' / 10$
 $P_u > A_g f_c' / 10$
 $P_u > (750 \times 750 \times 35) / 10$
 $433607,23 \text{ kg} > 196875 \text{ kg}$, gaya aksial terfaktor maksimum memenuhi persyaratan $> A_g f_c' / 10$
- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm
 $b = 750 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$
- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4
 $750 / 750 = 1 > 0,4$

4.4.2.3 Penulangan Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak kurang dari 0,01 A_g atau lebih dar 0,06 A_g . Dari hasil desain berdasarkan gaya dalam yang

diperoleh dari program bantu PCACOL konfigurasi tulangan longitudinal 12D25 dengan $\rho = 1,09 \%$ seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.17 Hasil PCA-COL

4.4.2.4 Cek Syarat *Stron Column Weak Beam*

SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan kekuatan lentur kolom memenuhi :

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

ΣM_{nc} = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang bertemu di join

ΣM_{nb} = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang bertemu di join

$$1,2 \Sigma M_{nb} = 1,2 \times (469 + 300) = 1028 \text{ kNm}$$

Dari diagram tersebut didapatkan momen pada kolom sebagai berikut :

$$\text{ØMn kolom lantai atas (lantai 4)} = 1314,3 \text{ kNm}$$

$$\text{ØMn kolom lantai yang ditinjau (lantai 3)} = 1357,8 \text{ kNm}$$

$$\text{ØMn kolom lantai bawah (lantai 2)} = 1292,8 \text{ kNm}$$

Join antara kolom lantai 2 dan 3

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

$$1292,8 + 1357,8 \geq 1028$$

$$2650,6 \text{ kNm} \geq 1028 \text{ kNm (memenuhi)}$$

Join antara kolom lantai 4 dan 3

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

$$1314,3 + 1357,8 \geq 1028$$

$$2672 \text{ kNm} \geq 1028 \text{ kNm (memenuhi)}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan kolom yang ditinjau memenuhi persyaratan *Strong Column Weak Beam*.

4.4.2.5 Penulangan Transversal Sebagai *Convinement*

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 total luas penampang *hoops* tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara:

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s \times bc \times fc}{fyt} \right) \left(\frac{Ag}{A_{ch}} - 1 \right)$$

atau

$$A_{sh} = \left(\frac{0,09 \times s \times bc \times fc}{fyt} \right)$$

s = spasi jarak antar tulangan

b_c = lebar penampang inti beton yang terkekang

A_{ch} = luas penampang inti beton

Direncanakan menggunakan tulangan D13 (A_s = 132,7 mm²)

$$b_c = b_w - 2(\text{tebal decking} + d/2)$$

$$= 750 - 2(50 + 13/2)$$

$$= 637 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b_w - 2 \text{ tebal decking})^2$$

$$= (750 - 2 \times 50)^2$$

$$= 422500 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \times h$$

$$= 750 \times 750$$

$$= 56500 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s \times bc \times fc}{fyt} \right) \left(\frac{Ag}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \left(\frac{637 \times 35}{390} \right) \left(\frac{56500}{422500} - 1 \right) = 5,68 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \left(\frac{0,09 \times bc \times fc}{fyt} \right) = \left(\frac{0,09 \times 637 \times 35}{390} \right) = 5,14 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Maka diambil nilai terbesar yaitu = 5,68 mm²/mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3 spasi maksimum adalah yang terkecil antara:

- $\frac{1}{4}$ dimensi penampang kolom = $750/4 = 187,5$ mm
- 6 kali diameter tulangan longitudinal = $6 \times 25 = 150$ mm
- $S_o \leq 100 + \frac{350 - hx}{3}$ dengan $hx = 2/3 bc = 424,7$ mm

$$S_o \leq 100 + \frac{350 - 424,7}{3}$$

$$S_o \leq 95,11 \text{ mm}$$

Dipakai $S = 90$ mm

$$\text{Ash} = 5,68/90 = 511,45 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan penulangan *confinement* menggunakan tulangan 4 kaki D13 dengan luas penampang 531 mm^2 supaya kebutuhan Ash minimum terpenuhi.

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1 tulangan *hoop* tersebut diperlukan sepanjang l_o di masing-masing ujung kolom, l_o dipilih terbesar antara:

1. Tinggi elemen kolom (h) = 750 mm
2. $1/6$ tinggi bersih kolom = $1/6 \times (6000 - 700) = 833,33$ mm
3. 450 mm

Maka l_o diambil = 850 mm

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5 sepanjang sisas tinggi bersih kolom (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom), diberi *hoop* dengan spasi minimum 150 mm atau $6 \times db = 6 \times 25 = 150$ mm. Maka dipasang 150 mm.

4.4.2.6 Gaya Geser Desain

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 gaya geser desain (V_e) harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan (join) di setiap ujung komponen struktur.

- V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan M_{pr} balok:

$$V_{sway} = \frac{M_{pr_{top}} \times D_f + M_{pr_{bot}} \times D_f}{l_n}$$

Dimana,

Mpr_{top} dan Mpr_{btm} : penjumlahan Mpr untuk masing masing balok di lantai atas dan lantai bawah di muka kolom

DF : faktor pengaku yaitu 0,5

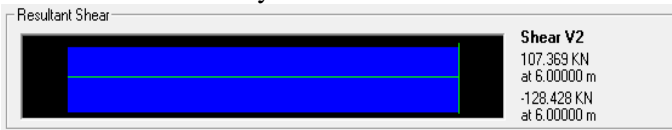
ln : bentang bersih kolom

$$V_{sway} = \frac{Mpr_{top} \times Df + Mpr_{bot} \times Df}{ln}$$

$$V_{sway} = \frac{(715+413) \times 0,5 + (715 + 413) \times 0,5}{5,3}$$

$$= 212,83 \text{ kN}$$

- Tapi V_e tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis struktur yaitu:



$$V_u = 128,48 \text{ kN} < V_e = 212,83 \text{ kN} \text{ (memenuhi)}$$

Diambil $V_u = 212,83 \text{ kN}$

V_c dapat diambil 0 apabila gaya aksial terfaktornya melampaui $0,05Agfc'$ dan V_e akibat gempa melebihi $\frac{1}{2}V_u$.

- $P_u > 0,05 Ag fc'$
 $433607,23 > 0,05 (750 \times 750) 35$
 $433607,23 > 196875 \text{ kg}$
- $V_e > \frac{1}{2} V_u$

$$212,83 > \frac{1}{2} 212,83$$

$212,83 > 106,42 \text{ N}$ maka V_c diperhitungkan.

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} \left(1 + \frac{Nu}{1,4 Ag} \right) bw d$$

Dengan $Nu =$ gaya aksial terkecil pada kolom



$$Nu = 2376,129 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35}}{6} \left(1 + \frac{2376,129 \times 1000}{1,4 \times 56500} \right) 750 \times 674,5$$

$$= 765111,05 \text{ N}$$

$$= 765,111 \text{ kN} > V_u / \phi = 283,77 \text{ kN}$$

Karena $V_c > V_u/\phi$ maka dibutuhkan tulangan sengkang minimum.

4.4.2.7 Sambungan Lewatan

Sambungan lewatan hanya boleh dipasang di tengah tinggi kolom dan harus diikat dengan tulangan sengkang *confinement*. Sepanjang sambungan lewatan digunakan spasi tulangan transversal dipasang sesuai dengan spasi tulangan *confinement* yaitu 100 mm.

Dalam perencanaan sambungan lewatan diklasifikasikan dalam kelas B, dimana panjang lewatannya adalah $1,3l_d$ (pasal 12.15.1) besarnya l_d berdasarkan persamaan sesuai pasal 12.2.3 dengan nilai $k_{tr} = 0$ untuk penyederhanaan desain.

$$1,3l_d = 1,3 \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e \psi_s}{1,1 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

$$= 1,3 \left(\frac{390 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \left(\frac{75,5+0}{25} \right)} \right) 25 = 844,11 \text{ mm}$$

Maka dipasang sambungan lewatan sepanjang 1000 mm

4.4.3. Desain Hubungan Balok Kolom

4.4.3.1 Dimensi Join

SNI 2843:2013 pasal 21.7.4.1

- Luas efektif hubungan balok-kolom, dinyatakan dalam A_j , adalah:

$$A_j = 750 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} = 56500 \text{ mm}^2$$

- Panjang join yang diukur paralel terhadap tulangan lentur balok yang menyebabkan geser di join sedikitnya 20 kali d_b longitudinal terbesar

$$\text{Panjang join} = 20 \times 19 \text{ mm} = 380 \text{ mm} < 750 \text{ mm (OK)}$$

4.4.3.2 Penulangan Transversal untuk *Confinement*

- Harus ada tulangan sengkang/ *confinement* dalam join
- Untuk join interior, jumlah tulangan sengkang yang dibutuhkan setidaknya setengah tulangan sengkang yang

dibutuhkan di ujung-ujung kolom atau 0,5 Ash/s apabila memenuhi syarat berikut:

Lebar balok $> \frac{3}{4}$ lebar kolom

$400 \text{ mm} > \frac{3}{4} \times 750 \text{ mm}$

$400 \text{ mm} < 562,5 \text{ mm}$ (Tidak Memenuhi)

Maka jumlah tulangan tidak bisa direduksi

Ash/ s = 5,69 mm²/mm

- Spasi sengkang yang digunakan sama dengan spasi yang digunakan pada ujung kolom 90 mm. Jarak bersih antar tulangan tekan dan tarik balok adalah :

$$700 - (2 \times 50) - (2 \times 13) - (2 \times 19) - 19 - 25 = 492 \text{ mm}$$

- Ash = 90 mm x 5,69 mm²/mm = 511,46 mm²

Di coba menggunakan hoop sengkang 4 kaki D 13, As = 530 mm² > 426,21 mm² (OK)

4.4.3.3 Perhitungan Geser Joint

Balok yang memasuki joint memiliki *porable moment* (Mpr) 715 kNm dan 413 kNm. Pada joint, kekakuan kolom atas dan 149 kekakuan kolom bawah sama, sehingga DF = 0,5 untuk setiap kolom, sehingga:

$$\begin{aligned} M_e &= 0,5 \times (715000000 + 413000000) \text{ Nmm} \\ &= 564000000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Geser pada kolom atas

$$\begin{aligned} V_{\text{sway}} &= (564000000 + 564000000) / 5300 \\ &= 106415,09 \text{ N} \end{aligned}$$

Dibagian lapis atas balok, baja tulangan yang dipakai adalah 9 D19, As= 2552 mm²

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok

$$\begin{aligned} T' &= 1,25 \text{ As } f_y \\ &= 1,25 \times 2552 \times 390 \\ &= 1243982,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok

$$C = T = 1243982,3 \text{ N}$$

$$V_u = V_j = V_{\text{sway}} - C - T$$

$$= 106415,09 - 1243982,3 - 1243982,3$$

$$= 2381549,5 \text{ N (ke kiri)}$$

Kuat geser nominal join yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \sqrt{f_c} A_j$$

$$\Phi V_n = 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{35} \times 56500$$

$$= 4242938,47 \text{ N} > V_u = 2381549,5 \text{ N (OK)}$$

Jadi perencanaan kuat geser pada join sudah memenuhi.

4.5 Perencanaan Sambungan

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut kemudian diteruskan ke pondasi. Desain sambungan juga dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu 150 sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering. Untuk sambungan basah dalam daerah join, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umumnya antara beton pracetak dengan beton *overtopping*.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Faktor kekuatan harus terpenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa beban. Adapun syarat yang harus dipenuhi dalam perencanaan sambungan SRPMK seperti pada SNI 2847:2013 pasal 21.8.

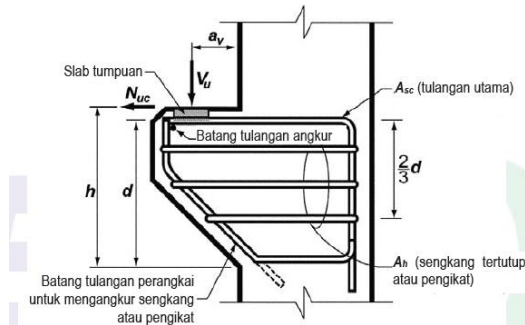
4.5.1 Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom digunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol yang berada pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut berdasarkan

SNI 2847:2013 pasal 11. Bentuk konsol pendek yang dipakai sebagai berikut :

1. Data Perencanaan:

- V_u = 249136 N (diambil dari nilai V_e akibat Mpr balok)
- Dimensi Balok Induk = 40/70 cm
- Dimensi Konsol:
 - b_w = 350 mm
 - h = 300 mm
 - Diameter lentur = 16 mm
 - Diameter geser = 13 mm
 - d = $300 - 15 - 16/2$
= 277 mm
 - f_c = 35 Mpa
 - f_y = 390 Mpa
 - a_v = 150 mm



Gambar 4.18 Geometrik Konsol Pendek

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.

- Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi a_v/d tidak boleh lebih besar dari satu.
 $a_v/d = 150 / 277 = 0,5 < 1$ (OK)
- N_{uc} tidak lebih besar daripada V_u .
 $N_{uc} \geq 0,2V_u$
 $N_{uc} = 0,2V_u = 0,2 \times 249136 = 4987,2$ N

Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melintasi sambungan dan harus disalurkan di luar baik sambungan kekuatan dan daerah sendi plastis.

2. Perencanaan Tulangan Geser Friksi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2.1 untuk beton normal V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- $0,2 \times f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \times 350 \times 277$
= 678650 N
- $(3,3 + 0,08 f_c') \times b_w \times d = (3,3 + 0,08 \times 35) \times 350 \times 277$
= 591395 N
- $11 \times b_w \times d = 11 \times 350 \times 277$
= 1066450 N

Dari persyaratan tersebut didapatkan nilai yang lebih besar dari gaya geser ultimate $V_n = V_u / \phi = 332181$ N.

Kebutuhan tulangan friksi :

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{332181}{390 \times 1,4} \\ &= 608,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

μ adalah koefisien friksi dengan kriteria beton yang dicor di tempat dengan nilai 1,4 (SNI 2847:2013 pasal 11.6.4.3)

3. Luas Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a_v + N_{uc} \times (h-d) \\ &= 249136 \times 150 + 49827,2 \times (300 - 277) \\ &= 38516425,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_f &= \frac{M_u}{\phi \times f_y \times 0,85d} \\ &= \frac{38516425,6}{0,75 \times 390 \times 0,85 \times 277} \\ &= 559,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} \\ &= \frac{49827,2}{0,75 \times 390} \\ &= 170,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= a_f + A_n \\
 &= 559,26 + 170,35 \\
 &= 729,61 \text{ mm}^2 \\
 A_s &= \frac{2}{3} A_{vf} + A_n \\
 &= \frac{2}{3} 608,39 + 170,39 \\
 &= 575,94 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ min} &= \frac{0,04 \times f_c \times b_w \times d}{f_y} \\
 &= \frac{0,04 \times 35 \times 350 \times 277}{390} \\
 &= 348,02 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ pakai} &= 729,61 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ pasang} &= 4 \text{ D16} \\
 &= 804,25 \text{ mm}^2 > 729,61 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

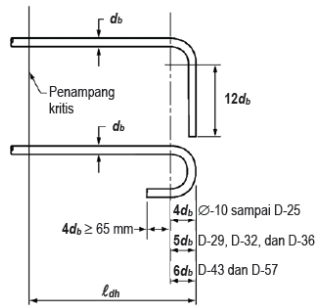
4. Luas Tulangan Senggang

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas senggang tertutup harus sesuai dengan :

$$\begin{aligned}
 A_h &= 0,5 \times (A_s - A_n) \\
 &= 0,5 \times (729,61 - 170,35) \\
 &= 279,65 \text{ mm}^2 \\
 A_h \text{ Pasang} &= 3 \text{ D13} \\
 &= 398,19 \text{ mm}^2 > 279,65 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

5. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik dengan Kait

Panjang penyaluran tarik (SNI 2847:2013 pasal 12.5.1) tidak boleh kurang dari :



Gambar 4.19 Detail Tulangan dengan Kait

$$8db = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm}$$

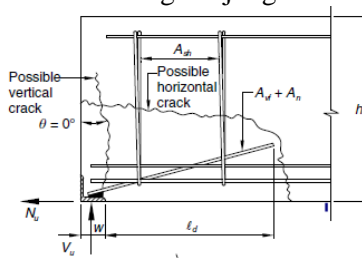
$$\begin{aligned} ldh &= \frac{0,24 \times f_y}{\sqrt{f_c}} \times db \\ &= \frac{0,24 \times 390}{\sqrt{35}} \times 19 \\ &= 300,65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran tarik sepanjang 350 mm

Direncanakan bengkokan minimum pada tulangan tarik dengan tekukan 90° sebesar $12db = 12 \times db = 12 \times 19 = 228 \approx 250$ mm.

6. Perencanaan Reinforced Concrete Bearing

Perencanaan kebutuhan tulangan ujung balok sebagai berikut:



Gambar 4.20 Rencana Tulangan pada Balok Induk

Perencanaan penulangan ujung balok induk pada tugas akhir ini didasarkan pada buku *PCI DESIGN HANDBOOK (7th Edition)* section 5.6.1 yaitu tentang *concrete brackets or corbel*. Penulangan *end bearing* berdasarkan analisa geser friksi dengan prosedur sebagai berikut:

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

$$A_t = A_{vf} + A_n = \frac{Vu}{\phi f_y \mu e} + \frac{Nu}{\phi f_y}$$
3. Sudut penanaman adalah 15°
4. Nilai $\mu = 1,4$ $\lambda = 1,4 \times 1 = 1,4$
5. Hitung tulangan Senggang

$$A_{sh} = \frac{(Avf + An)fy}{\mu e fys}$$

Dimana

$$\mu e = \frac{\phi 1000 \lambda Acr \mu}{Vu}$$

Acr = ld x b

b = lebar balok

ld = panjang penyaluran

fys = mutu baja sengkang

Penentuan ld dari *design aids 15.4.4 PCI DESIGN HANDBOOK (7th Edition)* seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.17 *Required Development Lengths*

Bar size, #	C = 3000 psi				C = 4000 psi				C = 5000 psi				C = 6000 psi				Min. comp. splice
	Tension			Com-pression	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	1.3l _d	1.5l _d	l _d	
3	16	21	25	8	14	18	21	8	13	17	19	8	12	15	17	8	12
4	22	28	33	11	19	25	28	9	17	22	25	9	15	20	23	9	15
5	27	36	41	14	24	31	36	12	21	28	32	11	19	25	29	11	19
6	33	43	49	16	28	37	43	14	25	33	38	14	23	30	35	14	23
7	48	62	72	19	42	54	62	17	37	48	56	16	34	44	51	16	26
8	55	71	82	22	47	62	71	19	42	55	64	18	39	50	58	18	30
9	62	80	93	25	54	70	80	21	48	62	72	20	44	57	66	20	34
10	70	90	104	28	60	78	90	24	54	70	81	23	49	64	74	23	38
11	77	100	116	31	67	87	100	27	60	78	90	25	55	71	82	25	42

Digunakan tulangan D13 (#4)

fc' = 5000 psi = 35 Mpa

ld = 17 in = 432 mm

b = 400 mm = 15,74 in

Acr = ld x b

= 17 x 15,74

= 330 in²

λ = 1

μ = 1,4

fys = 390 Mpa = 58065 lb

Vu = 249136 N = 56 kip

$$\mu e = \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 330 \times 1,4}{56000} = 6,18$$

6,18 > 3,4 maka μe = 3,4 (table 5.3.1 *PCI 7th Edition*)

Perhitungan Tulangan Horizontal A_t

$$\begin{aligned}
 A_t &= A_{vf} + A_n \\
 &= \frac{Vu}{\phi f_y \mu_e} + \frac{Nu}{\phi f_y} = \frac{249136}{0,75 \cdot 390 \cdot 3,4} + \frac{4987,2}{0,75 \cdot 390} \\
 &= 264,56 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai 2D13 dengan $A_s = 265 \text{ mm}^2$

Perhitungan sengkang A_{sh}

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{(A_{vf} + A_n) f_y}{\mu_e f_{ys}} \\
 &= \frac{265 \times 390}{3,4 \cdot 240} = 126,65 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai 2D13 dengan $A_s = 265 \text{ mm}^2$

Perencanaan pelat *bearing* pada balok adalah sebagai berikut:

- Direncanakan *bearing plate* berupa pelat siku dengan ukuran 100 x 50.
- Cek kekuatan dari *bearing plate*

$$\begin{aligned}
 \frac{Vu}{b \text{ balok} \times h \text{ plate}} &< \frac{1,5 fc}{1 + \frac{2b \text{ plate}}{b \text{ balok}}} \\
 \frac{249136}{400 \times 50} &< \frac{1,5 \cdot 35}{1 + \frac{2 \times 100}{400}}
 \end{aligned}$$

$$12,45 \text{ N/mm}^2 < 35 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$

- Menghitung tebal pelat yang digunakan

$$H = \mu \times Vu = 1,4 \times 249136 = 348790 \text{ N}$$

$$\mu' = \frac{7 \times b \text{ balok} \times fu}{H} = \frac{7 \times 400 \times 410}{348790} = 3,29$$

$$t \text{ min} = \frac{V}{b \text{ balok} \times \mu' \times b \text{ plate}} = \frac{249136}{400 \times 3,29 \times 100} = 1,89 \text{ mm}$$

Maka dipasang *bearing plate* 100 x 50 x 10

4.5.2 Perencanaan Sambungan Balok Anak dan Balok Induk

Pada perencanaan sambungan antara balok anak dan balok induk digunakan konsol pendek. Balok anak diletakkan pada konsol yang berada pada balok induk kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk tersebut

berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11. Bentuk konsol pendek yang dipakai sebagai berikut :

1. Data Perencanaan:

- V_u = 90585 N (diambil dari nilai V_u pada saat kondisi setelah komposit)
- Dimensi Balok Anak = 30/50 cm
- Dimensi Konsol:
 - b_w = 250 mm
 - h = 200 mm
 - Diameter lentur = 13 mm
 - Diameter geser = 10 mm
 - d = $200 - 15 - 13/2$
= 178,5 mm
 - f_c = 35 Mpa
 - f_y = 390 Mpa
 - a_v = 125 mm

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.

- Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi a_v/d tidak boleh lebih besar dari satu.
 $a_v/d = 125 / 178,5 = 0,7 < 1$ (OK)
- N_{uc} tidak lebih besar daripada V_u .
 $N_{uc} \geq 0,2V_u$
 $N_{uc} = 0,2V_u = 0,2 \times 90585 = 18117$ N

Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melintasi sambungan dan harus disalurkan di luar baik sambungan kekuatan dan daerah sendi plastis.

2. Perencanaan Tulangan Geser Friksi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2.1 untuk beton normal V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- $0,2 \times f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \times 250 \times 178,5$
= 312375 N
- $(3,3 + 0,08f_c') \times b_w \times d = (3,3 + 0,08 \times 35) \times 250 \times 178,5$

$$\begin{aligned}
 &= 272212,5 \text{ N} \\
 - \quad 11 \times bw \times d &= 11 \times 250 \times 178,5 \\
 &= 490875 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari persyaratan tersebut didapatkan nilai yang lebih besar dari gaya geser ultimate $V_n = V_u / \phi = 120780 \text{ N}$.

Kebutuhan tulangan friksi :

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\
 &= \frac{120780}{390 \times 1,4} \\
 &= 221,21 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

μ adalah koefisien friksi dengan kriteria beton yang dicor di tempat dengan nilai 1,4 (SNI 2847:2013 pasal 11.6.4.3)

3. Luas Tulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \times a_v + N_{uc} \times (h-d) \\
 &= 90585 \times 125 + 18117 \times (200 - 178,5) \\
 &= 11712640,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_f &= \frac{M_u}{\phi \times f_y \times 0,85d} \\
 &= \frac{11712640,5}{0,75 \times 390 \times 0,85 \times 178,5} \\
 &= 263,91 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} \\
 &= \frac{18117}{0,75 \times 390} \\
 &= 61,94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= a_f + A_n \\
 &= 263,91 + 61,94 \\
 &= 325,85 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= 2/3 A_{vf} + A_n \\
 &= 2/3 \times 221,21 + 61,94 \\
 &= 209,41 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= \frac{0,04 \times f_c \times bw \times d}{f_y} \\
 &= \frac{0,04 \times 35 \times 250 \times 178,5}{390} \\
 &= 160,19 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 325,85 \text{ mm}^2 \\ \text{As pasang} &= 3 \text{ D13} \\ &= 398,19 \text{ mm}^2 > 325,85 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

4. Luas Tulangan Sengkang

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas sengkang tertutup harus sesuai dengan :

$$\begin{aligned} \text{Ah} &= 0,5 \times (\text{As} - \text{An}) \\ &= 0,5 \times (325,85 - 61,94) \\ &= 131,95 \text{ mm}^2 \\ \text{Ah Pasang} &= 2 \text{ D13} \\ &= 157,07 \text{ mm}^2 > 131,95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Kuat Angkur Baut ke Beton

Pada sambungan konsol balok induk dengan balok anak dipasang angkur baut untuk menahan gaya geser yang terjadi pada balok anak.

Gaya geser diambil dari hasil perhitungan balok anak sebelumnya didapatkan gaya geser sebesar $V_u = 96075 \text{ N}$.

- Data Perencanaan :

Berdasarkan SNI 1729-2015 tabel J3.1M dan J3.2 direncanakan baut A325 dengan ukuran M20. Berikut data sambungan baut :

$$\begin{aligned} \text{db} &= 20 \text{ mm} \\ \text{Ab} &= 314,15 \text{ mm}^2 \\ \text{Fub} &= 620 \text{ Mpa} \\ \text{Fyb} &= 372 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

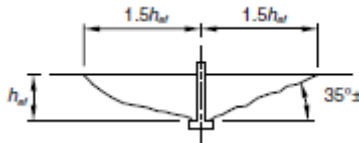
Mutu Baja:

$$\begin{aligned} \text{fy} &= 390 \text{ Mpa} \\ \text{Fu} &= 560 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Mutu Beton:

$$\begin{aligned} \text{fc}' &= 35 \text{ Mpa} \\ \text{Kedalaman (hef)} &= 170 \text{ mm} \end{aligned}$$

- **Menentukan Jarak Angkur:**



Gambar 4.21 Jarak Angkur pada Balok Induk

$$\begin{aligned} Ca1 &= 1,5 h_{ef} \\ &= 1,5 \times 170 \\ &= 255 \text{ mm} \\ Ca2 &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

- **Kuat Baut Angkur dalam Kondisi Geser**

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal D.6.1.2 gaya tarik pada angkur harus lebih kecil dari kekuatan nominal angkur.

$$V_{sa} = 0,6 A_{se} \times f_{uta}$$

$$\begin{aligned} 1,9 F_{yb} &= 1,9 \times 372 \text{ atau } 860 \text{ MPa} \\ &= 706,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Maka diambil yang terkecil yaitu 706,8 MPa

$$\begin{aligned} V_{sa} &= 0,6 \times 314,16 \times 706,8 \\ &= 133228,66 \text{ N} \geq V_u = 96075 \text{ N (Memenuhi)} \end{aligned}$$

- **Kuat Jebol Beton Dalam Kondisi Geser**

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal D.6.2.1 kuat nominal kuat jebol beton terhadap geser yaitu :

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \psi_{ed,V} \times \psi_{c,V} \times \psi_{cp,V} \times V_b$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \Psi_{ed,V} &= 0,7 + 0,3 \times \frac{Ca2}{1,5Ca1} \\ &= 0,7 + 0,3 \times \frac{200}{1,5 \times 255} \\ &= 0,857 \end{aligned}$$

$$\Psi_{c,V} = 1,4$$

$$\Psi_{cp,V} = 1$$

Posisi angkur dari ujung tepi balok induk $Ca1 = 255 \text{ mm}$

$$A_{vco} = 4,5 Ca1^2 = 4,5 \times 255^2 = 292612,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{nc} = n \times A_{vco} = 1 \times 292612,5 = 292612,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc}/A_{vco} = 1$$

$$Vb = \left(0,6 \left(\frac{l_o}{db}\right)^{0,2} \sqrt{de}\right) \lambda_a \sqrt{F_c'} (Ca_1)^{1,5}$$

$$\lambda_a = \lambda = 1$$

$$L_o = 170 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Vb &= \left(0,6 \left(\frac{170}{20}\right)^{0,2} \sqrt{20}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times (255)^{1,5} \\ &= 99173,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \psi_{ed,V} \times \psi_{c,V} \times \psi_{cp,V} \times Nb$$

$$= 1 \times 0,857 \times 1,4 \times 1 \times 99173,2$$

$$= 118968,95 \text{ N} \geq V_u = 96075 \text{ N (Memenuhi)}$$

- **Kuat Rompal (*Pryout*) Beton Angkur dalam Kondisi Tarik**

Menurut SNI 2847:2013 pasal D.6.3.1 kekuatan rompal (*pryout*) nominal V_{cp} untuk angkur tunggal atau V_{cpg} untuk kelompok angkur, tidak boleh melebihi :

$$V_{cp} = K_{cp} \times N_{cp}$$

$$K_{cp} = 2 \text{ (untuk hef} > 65 \text{ mm)}$$

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \times \psi_{ed,N} \times \psi_{c,N} \times \psi_{cp,N} \times Nb$$

$$A_{Nco} = 9 \times \text{heff}^2$$

$$= 9 \times 170^2$$

$$= 260100$$

$$A_{Nc} = 1 \times 260100$$

$$= 260100$$

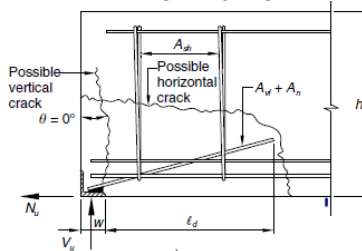
$$\psi_{ed,N} = 1 \quad (\text{untuk } Ca1 > 1,5 \text{ hef})$$

$$\psi_{c,N} = 1,25 \quad (\text{untuk angkur cor didalam})$$

$$\begin{aligned}
 \psi_{c\rho, N} &= 1 \\
 Kc &= 10 \quad (\text{untuk angkur cor didalam}) \\
 \lambda_a &= \lambda = 1 \\
 Nb &= Kc \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times h e f^{1.5} \\
 &= 10 \times 1 \times \sqrt{35} \times 170^{1.5} \\
 &= 131131,61 \\
 Ncb &= \frac{260100}{260100} \times 1 \times 1,25 \times 1 \times 131131,61 \\
 &= 163914,52 \text{ N} \\
 V_{cp} &= 2 \times 163914,52 \text{ N} \\
 &= 327829,03 \text{ N} \geq V_u = 96075 \text{ N (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

6. Perencanaan Reinforced Concrete Bearing

Perencanaan kebutuhan tulangan ujung balok sebagai berikut:



Gambar 4.22 Rencana Tulangan pada Balok Anak

Perencanaan penulangan ujung balok induk pada tugas akhir ini didasarkan pada buku *PCI DESIGN HANDBOOK (7th Edition)* section 5.6.1 yaitu tentang *concrete brackets or corbel*. Penulangan *end bearing* berdasarkan analisa geser friksi dengan prosedur sebagai berikut:

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

$$A_t = A_{vf} + A_n = \frac{V_u}{\phi f_y \mu e} + \frac{N_u}{\phi f_y}$$

3. Sudut penanaman adalah 15°
4. Nilai $\mu = 1,4$ $\lambda = 1,4 \times 1 = 1,4$

5. Hitung tulangan Senggang

$$A_{sh} = \frac{(Avf + An)fy}{\mu e fys}$$

Dimana

$$\mu e = \frac{\phi 1000 \lambda Acr \mu}{Vu}$$

Acr = $ld \times b$

b = lebar balok

ld = panjang penyaluran

fys = mutu baja senggang

Penentuan ld dari *design aids 15.4.4 PCI DESIGN HANDBOOK (7th Edition)* seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.18 *Required Development Lengths*

Bar size, #	f _c = 3000 psi				f _c = 4000 psi				f _c = 5000 psi				f _c = 6000 psi				Min. comp. splice
	Tension			Com-pression	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	1.3l _d	1.5l _d	l _d	
3	16	21	25	8	14	18	21	8	13	17	19	8	12	15	17	8	12
4	22	28	33	11	19	25	28	9	17	22	25	9	15	20	23	9	15
5	27	36	41	14	24	31	36	12	21	28	32	11	19	25	29	11	19
6	33	43	49	16	28	37	43	14	25	33	38	14	23	30	35	14	23
7	48	62	72	19	42	54	62	17	37	48	56	16	34	44	51	16	26
8	55	71	82	22	47	62	71	19	42	55	64	18	39	50	58	18	30
9	62	80	93	25	54	70	80	21	48	62	72	20	44	57	66	20	34
10	70	90	104	28	60	78	90	24	54	70	81	23	49	64	74	23	38
11	77	100	116	31	67	87	100	27	60	78	90	25	55	71	82	25	42

Digunakan tulangan D10 (#3)

f_c' = 5000 psi = 35 Mpa

ld = 13 in = 330,4 mm

b = 300 mm = 11,8 in

Acr = ld x b

= 13 x 11,8

= 153,4 in²

λ = 1

μ = 1,4

fys = 390 Mpa = 58065 lb

Vu = 90585 N = 20,36 kip

$$\mu e = \frac{0,75 \times 1000 \times 1 \times 153,4 \times 1,4}{20360} = 7,91$$

7,91 > 3,4 maka μe = 3,4 (table 5.3.1 *PCI 7th Edition*)

Perhitungan Tulangan Horizontal A_t

$$\begin{aligned}
 A_t &= A_{vf} + A_n \\
 &= \frac{Vu}{\phi f_y \mu e} + \frac{Nu}{\phi f_y} = \frac{90585}{0,75 \cdot 390 \cdot 3,4} + \frac{18117}{0,75 \cdot 390} \\
 &= 153,024 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai 2D10 dengan $A_s = 157 \text{ mm}^2$

Perhitungan sengkang A_{sh}

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= \frac{(A_{vf} + A_n) f_y}{\mu e f_{ys}} \\
 &= \frac{157 \times 390}{3,4 \cdot 240} = 75,04 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai 2D10 dengan $A_s = 157 \text{ mm}^2$

Perencanaan pelat *bearing* pada balok adalah sebagai berikut:

- Direncanakan *bearing plate* berupa pelat siku dengan ukuran 100 x 50.
- Cek kekuatan dari *bearing plate*

$$\begin{aligned}
 \frac{Vu}{b \text{ balok} \times h \text{ plate}} &< \frac{1,5 fc}{1 + \frac{2b \text{ plate}}{b \text{ balok}}} \\
 \frac{90585}{300 \times 50} &< \frac{1,5 \cdot 35}{1 + \frac{2 \times 100}{300}}
 \end{aligned}$$

$$6,04 \text{ N/mm}^2 < 31,5 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$

- Menghitung tebal pelat yang digunakan

$$H = \mu \times Vu = 1,4 \times 90585 = 126819 \text{ N}$$

$$\mu' = \frac{7 \times b \text{ balok} \times fu}{H} = \frac{7 \times 300 \times 410}{126819} = 6,79$$

$$t \text{ min} = \frac{V}{b \text{ balok} \times \mu' \times b \text{ plate}} = \frac{90585}{300 \times 6,79 \times 100} = 0,47 \text{ mm}$$

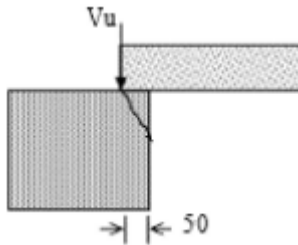
Maka dipasang *bearing plate* 100 x 50 x 10

4.5.3 Perencanaan Sambungan Pelat dan Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 4.6.2.2 (a) setiap komponen struktur dan sistem pendukungnya harus mempunyai dimensi penumpu minimal 50 mm untuk pelat dan 75 mm untuk balok. Berikut perhitungan dimensi penumpu pada balok :

Dimensi balok anak pracetak = 30 x 38 cm

Dimensi pelat pracetak = 100 x 295 x 8 cm



Gambar 4.23 Tumpuan Pelat pada Balok

- Kondisi Pemasangan

Elemen pracetak dipasang pada umur 7 hari,

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_{ci} = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa} = 245 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{245} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

Beban yang diterima oleh pelat adalah berat sendiri pelat pracetak.

$$\text{Berat sendiri pelat pracetak} = 0,08 \times 1 \times 2,95 \times 2400 = 566,4 \text{ kg}$$

$$P = 1,2 \times 566,4 = 679,68 \text{ kg}$$

$$A = 50 \times 1000 = 50000 \text{ mm}^2 = 500 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{679,68}{500} = 1,35 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Kondisi Pengecoran

Elemen pracetak dipasang pada umur 7 hari,

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_{ci} = 0,7 \times 35 \text{ MPa} = 24,5 \text{ MPa} = 245 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \sqrt{245} = 30,69 \text{ kg/cm}^2$$

Beban yang diterima oleh pelat adalah berat sendiri pelat pracetak.

$$\text{Berat sendiri pelat pracetak} = 0,08 \times 1 \times 2,95 \times 2400 = 566,4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat overtopping} = 0,06 \times 1 \times 2,95 \times 2400 = 424,8 \text{ kg}$$

$$P = 1,2 \times (566,4 + 424,8) = 1189,44 \text{ kg}$$

$$A = 50 \times 1000 = 50000 \text{ mm}^2 = 500 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{1189,44}{500} = 2,37 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 30,69 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Kondisi Komposit

$$f_c' = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

Beban yang diterima oleh pelat adalah berat sendiri pelat pracetak.

- Beban mati (DL)

$$\text{Berat sendiri} = 0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafon + penggantung} = 6,5 \text{ kg/m}^2$$

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

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

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

$$\text{DL} = 387 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Hidup

$$\text{Beban hotel} \quad \text{LL} = 192 \text{ kg/m}^2$$

$$P = 1,2 \times (387 \times 1 \times 2,95) + 1,6 \times (192 \times 1 \times 2,95)$$

$$= 2276,22 \text{ kg}$$

$$A = 50 \times 1000 = 50000 \text{ mm}^2 = 500 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{2276,22}{500} = 4,55 \text{ kg/cm}^2 < f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

4.6 Metode Pelaksanaan

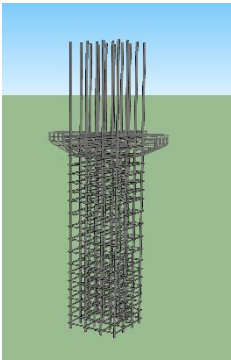
Metode pelaksanaan dalam sebuah pekerjaan konstruksi adalah salah satu hal yang paling vital, dengan adanya metode pelaksanaan, maka pekerjaan yang akan dikerjakan menjadi jelas dan arah. Pada tugas akhir ini akan di jabarkan alur pengerjaan sambungan balok induk ke kolom, sambungan balok anak ke balok induk, dan sambungan pelat ke balok.

Dalam pelaksanaan metode pelaksanaan sambungan balok induk ke kolom, akan terbagi menjadi beberapa alur. Secara garis besar alur tersebut, meliputi :

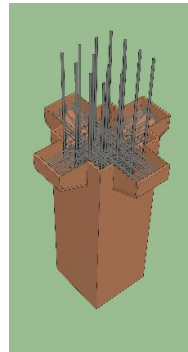
1. Pengerjaan Kolom : Penulangan, Beksiting, Pengecoran
2. Instalasi Elemen Pracetak : Pemasangan balok induk pracetak, balok anak pracetak dan plelat pracetak.

3. Pemasangan sambungan : Sambungan balok induk-kolom, sambungan balok anak-balok induk, sambungan balok-pelat.
4. Pengecoran topping : Bekisting & cor
Dalam metode pelaksanaanya akan dijelaskan melalui beberapa gambar sebagai alat bantu sebagai berikut :

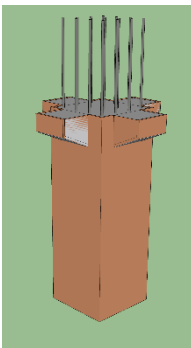
1. Pengerjaan kolom



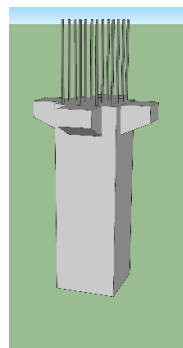
Penulangan Kolom dan Konsol Pendek



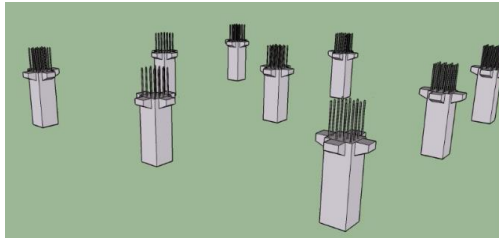
Pemasangan Bekisting Kolom dan Konsol Pendek



Pengecoran Kolom dan Konsol Pendek



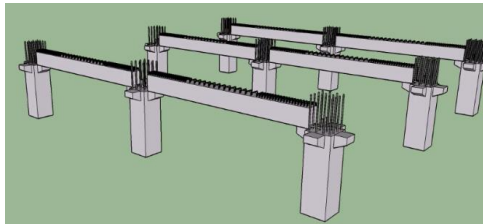
Pelepasan Bekisting Kolom dan Konsol Pendek



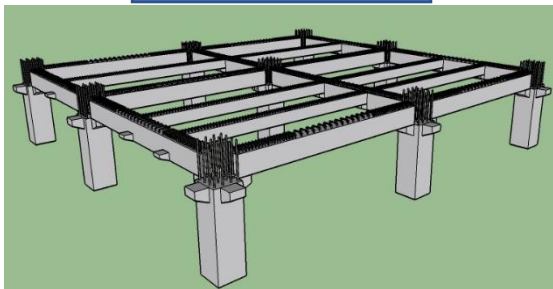
Kolom Siap Pasang

Gambar 4.24 Pengerjaan Kolom

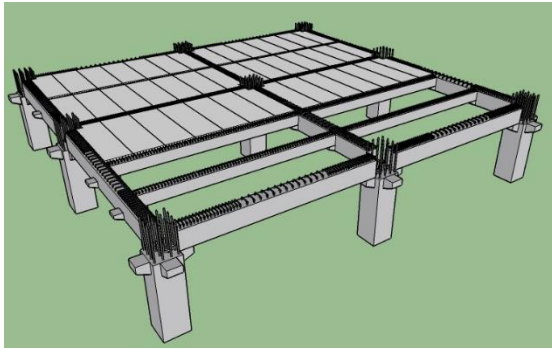
2. Instalasi Elemen Pracetak



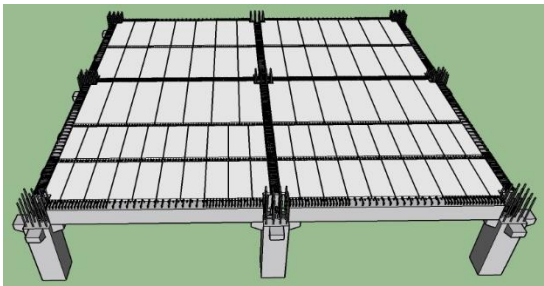
Pemasangan Balok Induk



Pemasangan Balok Anak



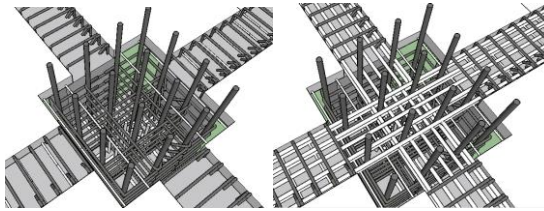
Pemasangan Pelat



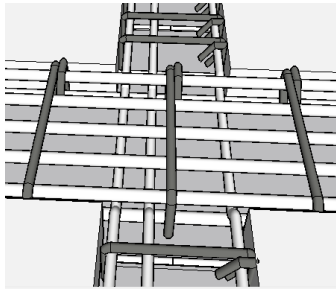
Semua Elemen Pracetak
Telah Terpasang

Gambar 4.25 Instalasi Elemen

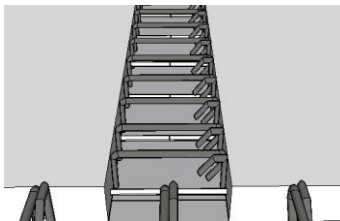
3. Pemasangan Sambungan



Sambungan Balok Induk - Kolom



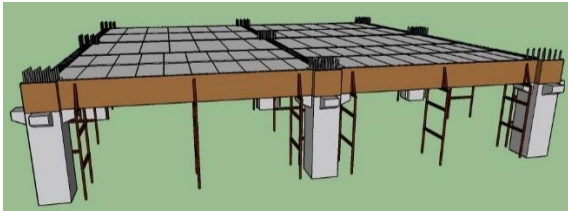
Sambungan Balok Anak – Balok Induk



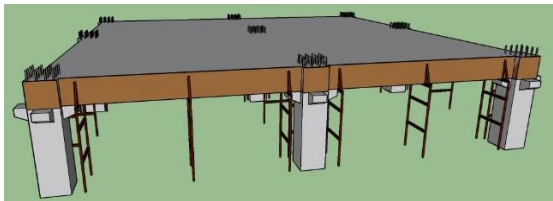
Sambungan Balok - Pelat

Gambar 4.26 Pemasangan Sambungan

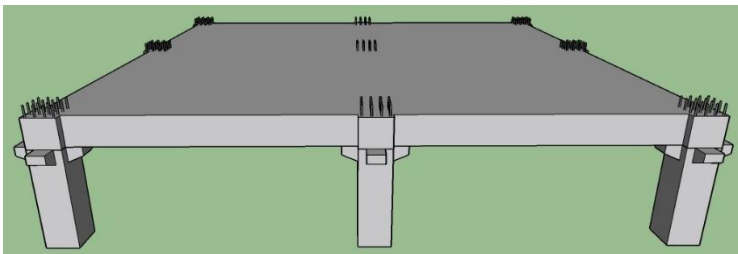
4. Pengecoran Overtopping



Pemasangan Bekisting Balok dan Scaffolding



Pengecoran Overtopping



Pelepasan Bekisting dan Proses Pemasangan Selesai

Gambar 4.27 Pengecoran Topping

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan tugas akhir terapan dengan judul “ Perencanaan Gedung Hotel Fave Surabaya Dengan Metode Beton Pracetak “, ada beberapa poin kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Dasar perancangan struktur secara umum mengacu kepada 2 peraturan yaitu SNI-2847-2013 “ Persyaratan Beton Struktural Pada Bangunan Gedung “ & SNI-7833-2012 “ Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Prategang Untuk Bangunan “. Adapun hasil modifikasi elemen struktur sebagai berikut :
 - a. Struktur Sekunder
 - Dimensi Balok Anak = 30/50 cm
 - Dimensi Balok Bordes = 30/40 cm
 - Dimensi Balok Lift = 25/30 cm
 - Tebal Pelat = 140 mm
 - b. Struktur Primer
 - Dimensi Balok Induk = 40/70 cm
 - Dimensi Kolom = 75/75 cm
2. Penyambungan tiap elemen struktur disambung menggunakan sambungan basah dan konsol pendek pada sambungan balok dan kolom. Untuk elemen balok-plat menggunakan sambungan *lap splices*, sedangkan sambungan balok anak – balok induk menggunakan angkur.
3. Analisa gaya yang digunakan dalam perhitungan dalam tugas akhir ini menggunakan SAP 2000. Sedangkan pede perhitungan kolom menggunakan software tambahan yaitu PCACOL, dan untuk penggambaran hasil perhitungan menggunakan software Autocad.

4. Pada metode pelaksanaan dimulai dari pemasangan tulangan kolom kemudian pelat, balok anak, dan balok induk pracetak yang telah ditempatkan di stockyard dipasang saat kolom telah terpasang. Selanjutnya dilakukan pengecoran overtopping beton yang sebelumnya telah dipasang scaffolding untuk mereduksi tegangan yang terjadi.

5.2 Saran

Dari hasil Analisa selama proses pengerjaan tugas akhir ini, ada beberapa saran yang dapat disampaikan anatara lain :

1. Proses pengerjaan bangunan menggunakan metode pracetak memerlukan pengawasan secara khusus terlebih lagi pada saat penyambungan pada elemen sekunder maupun utamanya. Hal ini dikarenakan penggunaan metode pracetak sangat rawan pada bagian sambungan.
2. Perlu penelitian lebih lanjut perihal penggunaan metode pracetak pada gedung tinggi, terutama pada pemilihan sambungan yang dapat menjamin struktur yang disambung telah monolit. Terutama didaerah gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta. Graha ilmu.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung* (SNI 7833:2012).
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan*. (SNI 2847 : 2013).
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. (SNI 1726 : 2012).
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. (SNI 1727 : 2013).
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* (SNI 1729:2015).
- Elliot, Kim S.. 2002. *Precast Concrete Structure*. India : Butterworth Heinemann
- Ervianto, Wulfram. 2006. *Teknologi Pracetak dan Bekisting*. Bandung
- Faizi, Darda Abdurahman. 2017. *Desain Modifikasi Perencanaan Rumah Sakit Kidney Centre Menggunakan Metode Pracetak*. *PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete*
- Sudarmoko. 1996. *Perencanaan dan Analisis Kolom Beton Bertulang*. Biro Penerbit. Yogyakarta
- Tjahjono, Elly., dan Purnomo, Heru. 2004. *Pengaruh Penempatan Penyambungan pada Perilaku Rangkaian Balok Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar*. *Makara Teknologi Volume. 8 No. 3 (Desember) : 90 – 97*. Depok, Indonesia
- Tjitrosoma, R. Tito Hario Rahardi. 2012. *Perancangan Modifikasi Struktur Gedung RSUD. DR. Kanujoso Djatiwibowo Menggunakan Beton Pracetak (Precast) dan Metode Pelaksanaan*.

Wicke, Manfred. *Hilti Fastening Technology Manual
Connections for Concrete Overlays.*

LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan



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



30 x 30



TECHNICAL DATA

ARWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARWANA		UNIT	WALL TILE ARWANA	
		ISO			ISO	
Size Tolerance	%	+/- 0.5	+/- 0.8	%	(-0.2 - (+0.5))	(-0.3 - (+0.8))
Thickness Tolerance	%	+/- 4.0	+/- 5.0	%	+/- 4.0	+/- 10
Rectangularity	%	+/- 0.4	+/- 0.6	%	+/- 0.3	+/- 0.3
Straightness of sides	%	+/- 0.4	+/- 0.5	%	+/- 0.3	+/- 0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(-0.2 - (+ 0.8))	(-0.2 - (+ 0.8))
b. Edge Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(-0.2 - (+ 0.8))	(-0.2 - (+ 0.8))
c. Warpage	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	min 200	180	kg/cm ²	min 200	min 150
Water Absorption	%	6 - 9	ExE<10	%	>10	>10
Cracking Resistance		Required (5 bar)	Required (5 bar)		Required (5 bar)	Required (5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	MP/BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Contact us :

Head Office
PT ARWANA CITRAMULLA Tbk
 Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
 Kembangan Selatan, Jakarta 11610
 Jakarta 11610
 Phn: +62 21 5830 2363
 Fax: +62 21 5830 2361
 E-mail: info@arwanacitra.com
 Website: www.arwanacitra.com

Factories
PLANT I:
PT ARWANA CITRAMULLA (JCM)
 Jl. Raya Pasar Kemis
 Tangerang 15133, Banten
 Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
 Email: info@acm.arwanacitra.com

Sole Distributor
PT PRAMAGRUBA KERAMINDO
 Sentra Niaga Puri Indah Blok-TS No. 16-17
 Kembangan Selatan, Jakarta 11610
 Phn: +62 21 5835 8118
 Fax: +62 21 5835 8008
 E-mail: info@pgk.arwanacitra.com

PLANT II:
PT ARWANA NGLANSI KERAMIK (ANK)
 Jl. Raya Gorda, Desa Kubin Km 09
 Cikande - Serang, Banten
 Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364
 Email: info@bank.arwanacitra.com

PLANT III:
PT SINAR KARYA DUTA ABADI (SKDA)
 Jl. Wringin Anom Raya Km. 33
 Desa Wlingin Anom, Kh. Gresik
 Jawa Timur
 Phn: +62 31 898225-26 Fax: +62 31 8981679
 Email: info@skda.arwanacitra.com



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 diaplikasi.

Isi Kemasan:

25 Kg

Kebutuhan Air:

5,5 - 6,0 liter / sak 25 Kg

Daya Sebar:

$\pm 5 \text{ m}^2$ / sak 25 Kg / tebal aplikasi 3 mm

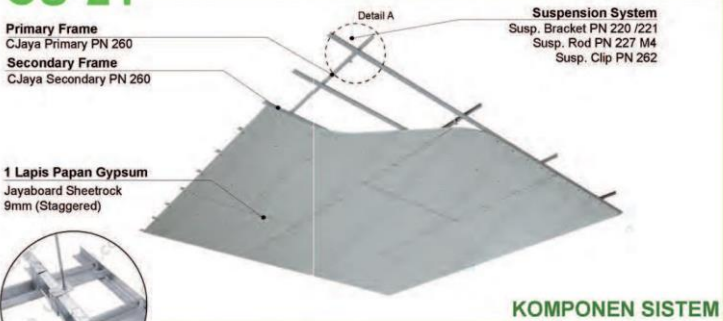
$\pm 8 \text{ m}^2$ / sak 40 Kg / tebal aplikasi 3 mm

jayaboard®

USG BORAL
INNOVATION INSPIRED BY YOU™

CS-21

Sistem Plafon CJaya



PN 260 CJaya C-Channel



PN 261 CJaya Connector Clip



PN 262 CJaya Hanger Clip

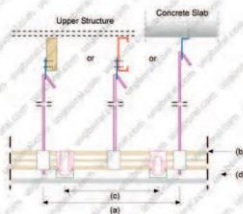
Suspension Bracket
PN 220 Susp. Rod to Concrete
PN 221 Susp. Rod to Timber/Steel

Suspension Rods & Nuts
PN 227M4 3.5mm Rod threaded two end (1500mm)
PN 227M4 3.5mm Rod threaded two end (2000mm)

Perimeter Sections (3000mm)
PN 262 16mm EF Wall Angle 0.35mm (TCT)



DETAIL & DATA FISIK



1 Lapis papan gypsum Jayaboard
Sheetrock 9mm diaplikasikan
Staggered

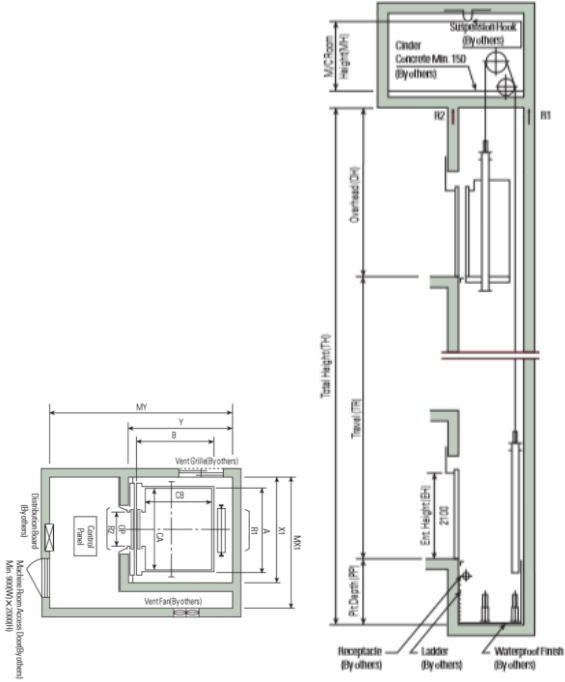
Plasterboard (d)	Material		Max frame space (mm)
Jayaboard Sheetrock 9mm	Suspension Rod PN 227M4	a	1000
	Suspension Clip PN 262	a	1000
	CJaya Primary PN 260	b	1000
	CJaya Secondary PN 260	c	600



BERAT SISTEM
± 6.5 Kg/m²

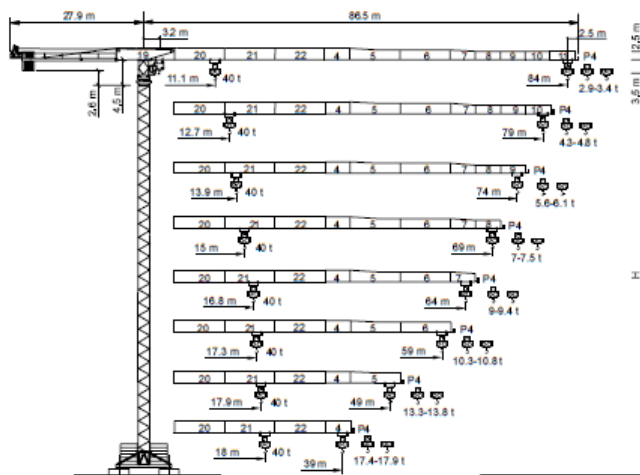
Catatan:

- Pemasangan papan gypsum saling silang
- Deflection $Span L/240$
- Dapat diaplikasikan dengan luas area hingga 50 m² atau bentang bebas hingga 7m
- Untuk detail produk, lihat produk brosur Jayaboard



 **TEREX | COMEDIL**

Gru a torre "Flat Top"
"Flat Top" Tower Crane • Grue à tour "Flat Top"
"Flat Top" Turmdrehkran • Grúa torre "Flat Top"



 **FEM 1.001 A3**

Doti illustrative non impegnative.
Con riserva di modifica senza preavviso.

Angaben und Zeichnung unverbindlich.
Änderungen vorbehalten ohne weitere Mitteilung.

Specifications and data not binding.
Subject to modification without notice.

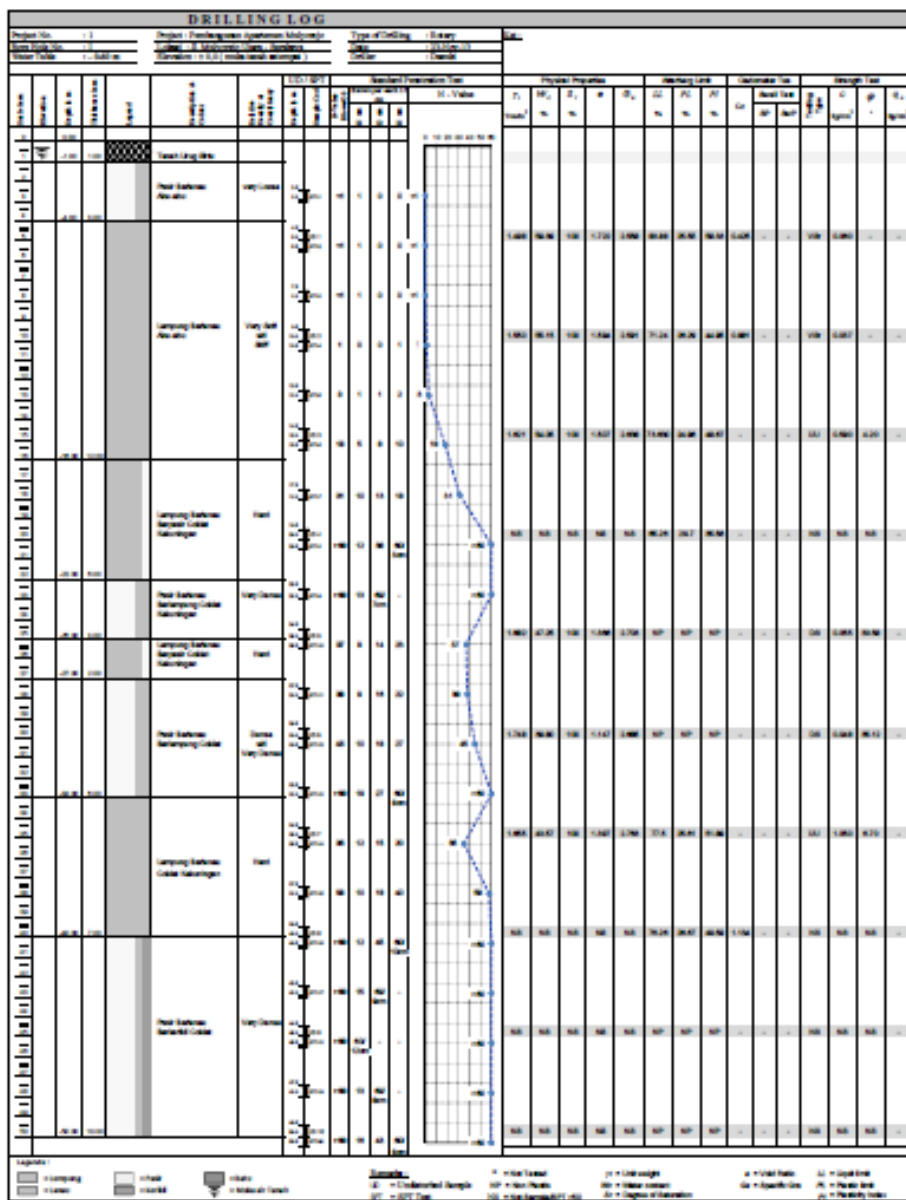
Drawings data are non-committal.
Modifications reserved in advance.

Domestic techniques use equipment in industries.
Modifications reserved case projects.

www.bigge.com

CTT 721-40 HD23



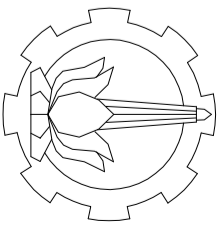


BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 29 Oktober tahun 1996 dan merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis bernama lengkap Rahmat Dwi Sutrisno ini merupakan lulusan dari SDN 10 Kesiman Denpasar (2002-2008), SMP PGRI 2 Denpasar (2008-2011), dan SMAN 1 Sukawati (2011-2014). Setelah lulus penulis melanjutkan pendidikan di Diploma IV Teknik Infrastruktur Teknik Sipil Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014 dan terdaftar dengan

NRP 10111410000066. Selama menempuh pendidikan di Diploma IV Teknik Infrastruktur Teknik Sipil Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan yang diadakan oleh jurusan, fakultas dan institut. Bagi penulis menempuh pendidikan di program studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS Surabaya merupakan suatu kesempatan yang tidak akan datang untuk kedua kalinya, sekaligus merupakan suatu kebanggaan. Penulis dapat dihubungi melalui email rahmatdwisutrisno@gmail.com



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

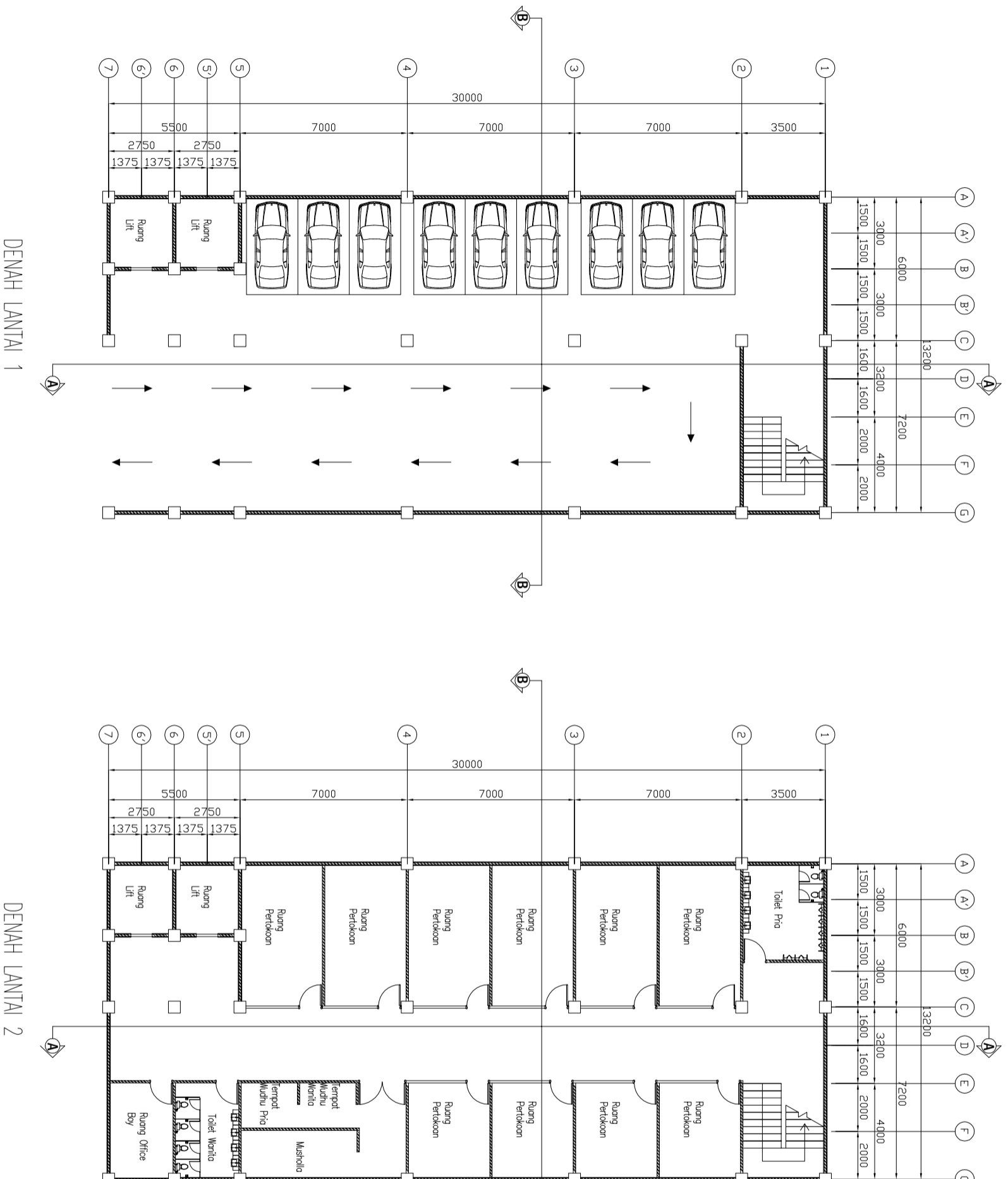
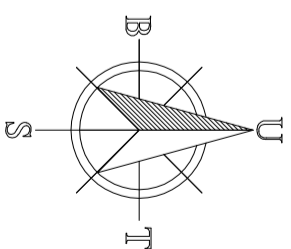
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1-2

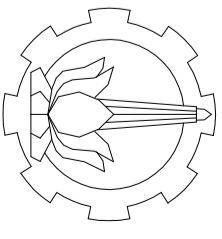
Catatan :



DENAH LANTAI 1-2

SKALA 1 : 200

KODE GAMBR	NO. LAMBR
ARS-001	1



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

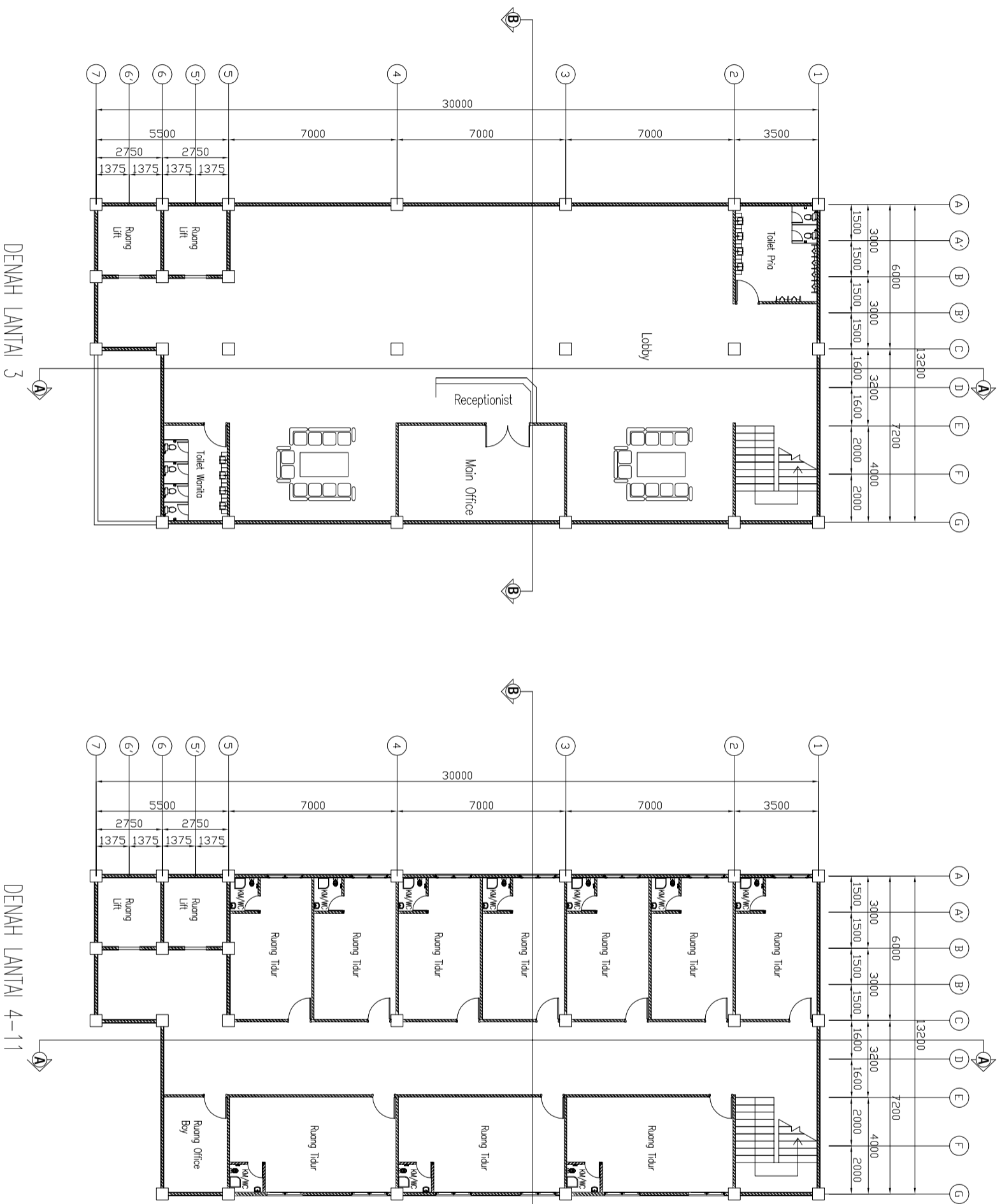
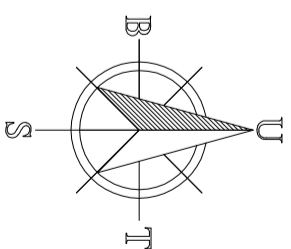
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 3-11

Catatan :

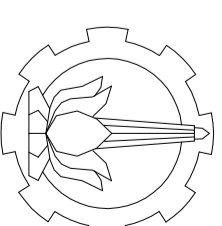
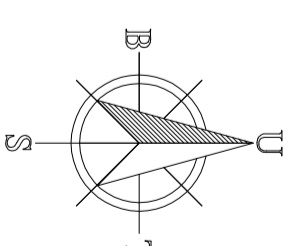


DENAH LANTAI 3-11

SKALA 1 : 200



KODE GAMBR	NO. LMBR
ARS-002	2



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

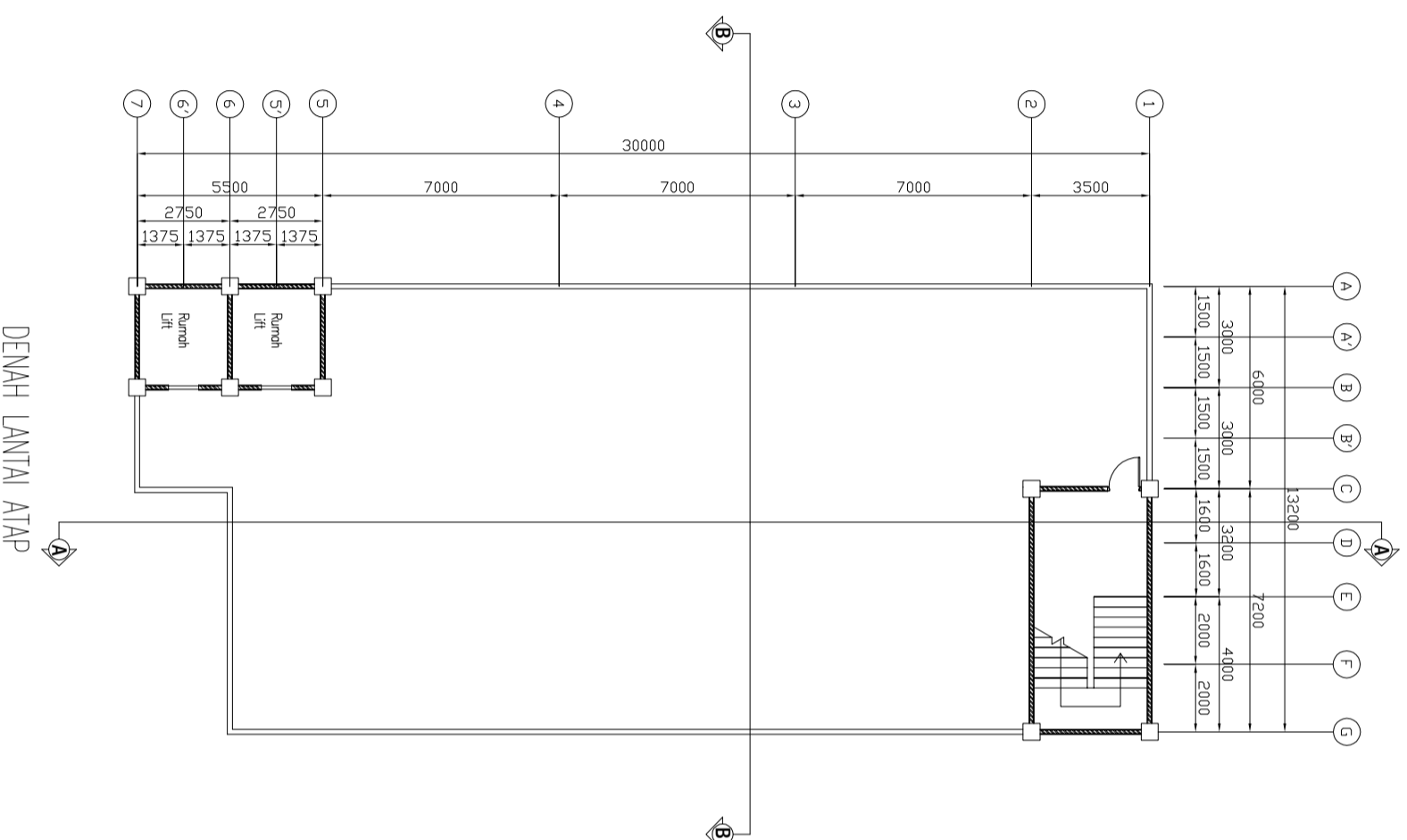
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP

Catatan :



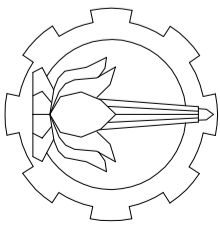
DENAH LANTAI ATAP

DENAH LANTAI ATAP

SKALA 1 : 200

KODE GAMBR NO. LAMBR

ARS-003 3



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

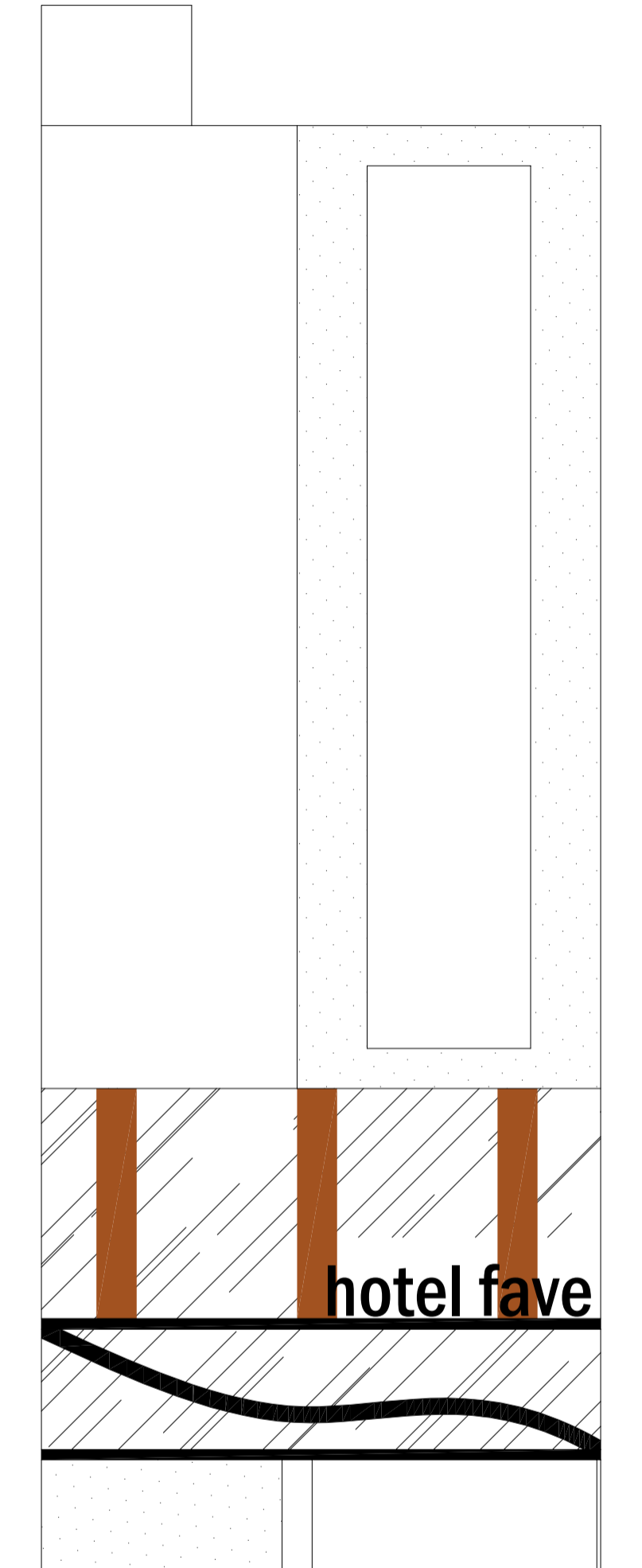
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA

Catatan :

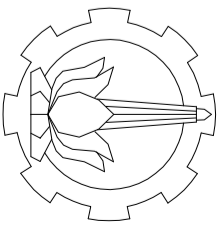


TAMPAK UTARA

SKALA 1 : 150



KODE GAMBR	NO. LAMBR
ARS-004	4



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

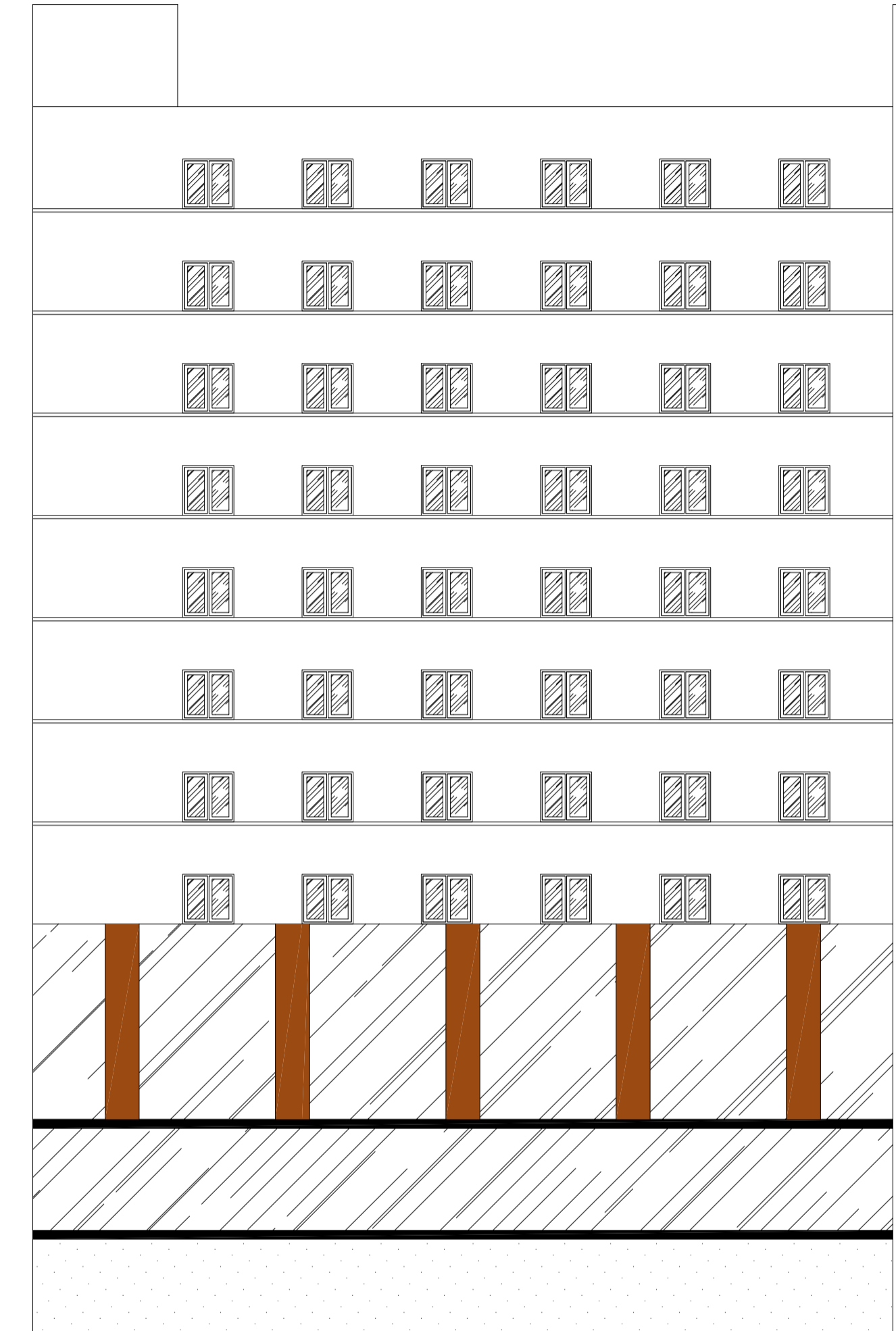
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR

Catatan :

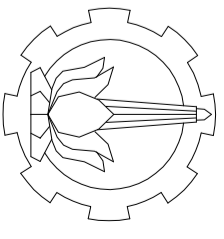


TAMPAK TIMUR
SKALA 1 : 150

KODE GAMBAR NO. LAMBAR

ARS-005

5



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

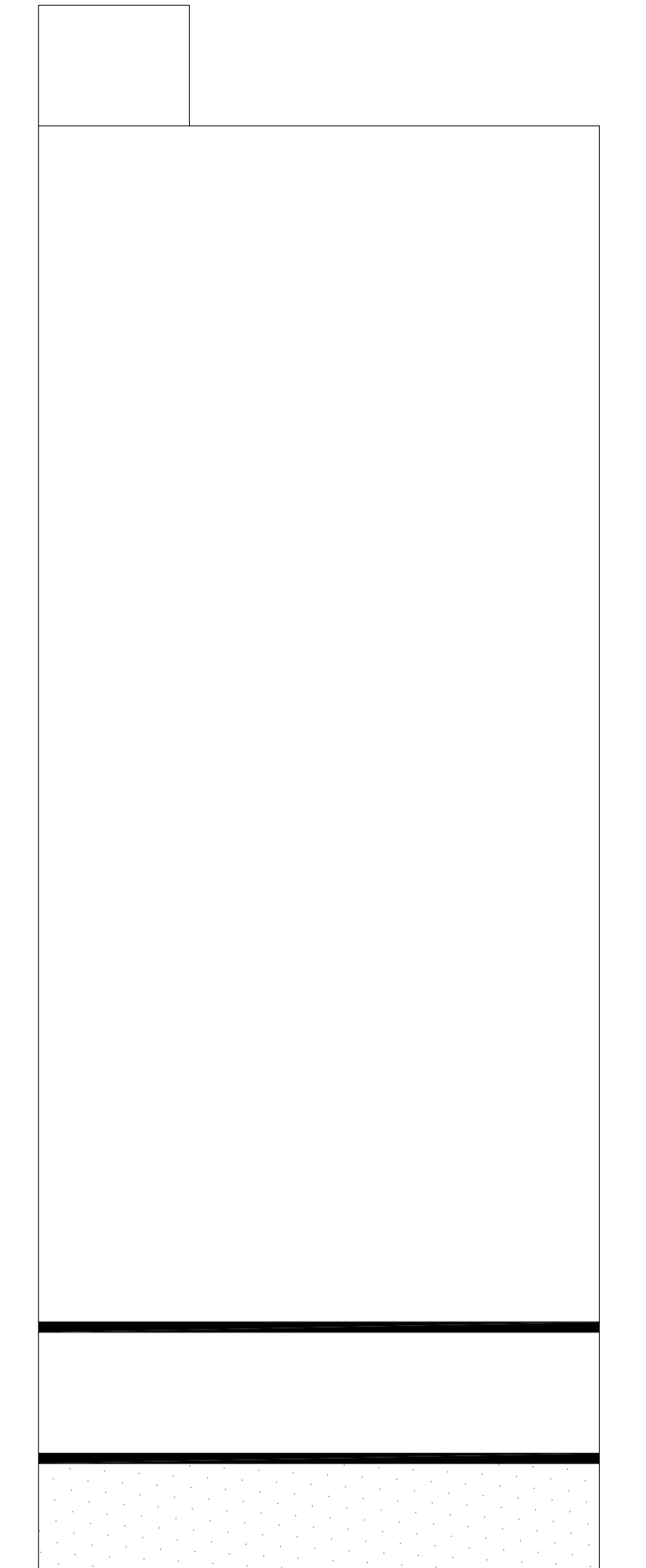
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN

Catatan :

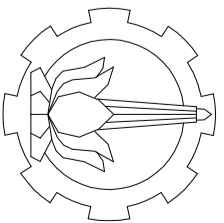


TAMPAK SELATAN

SKALA 1 : 150



KODE GAMBR	NO. LAMBR
ARS-006	6



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

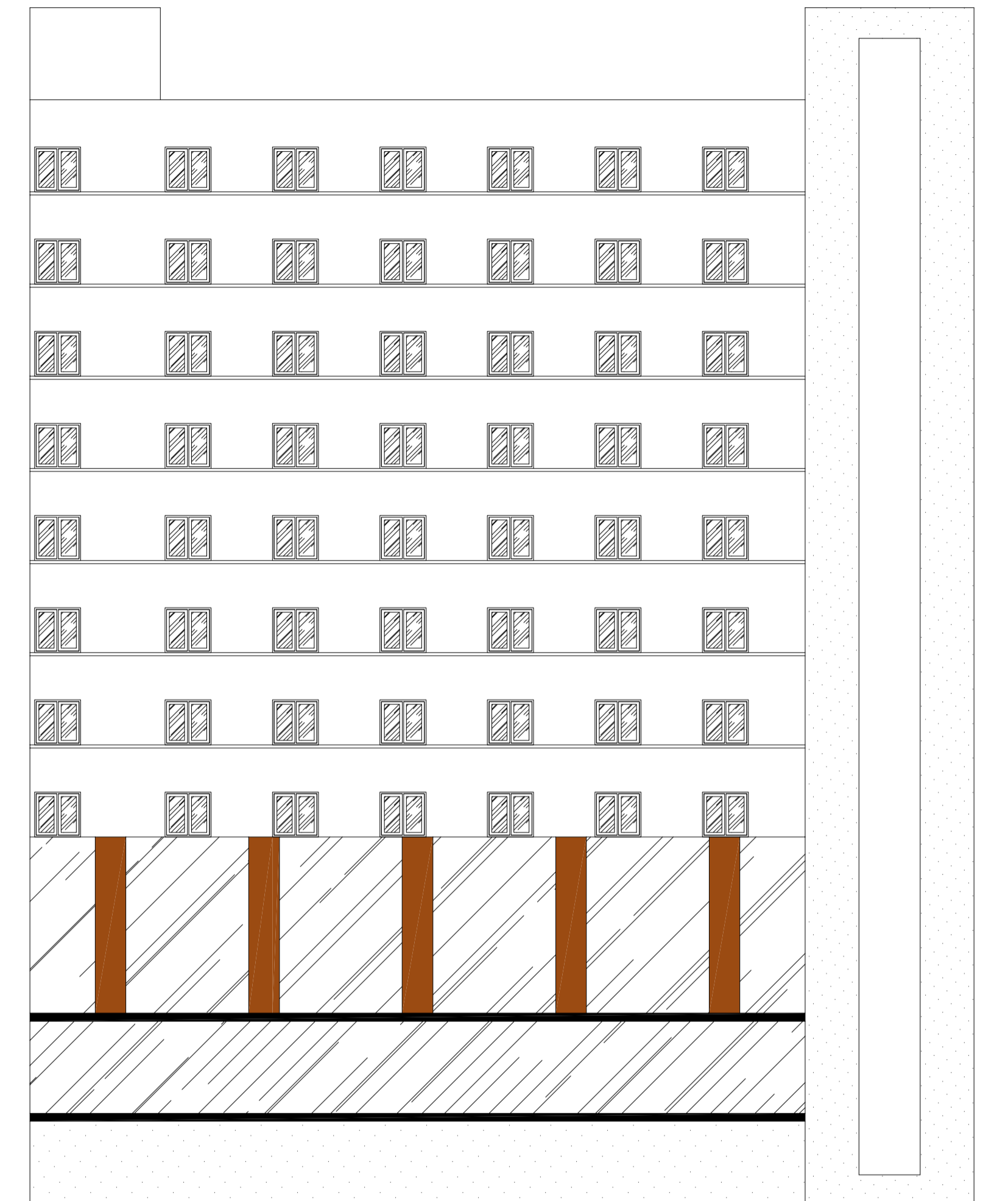
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

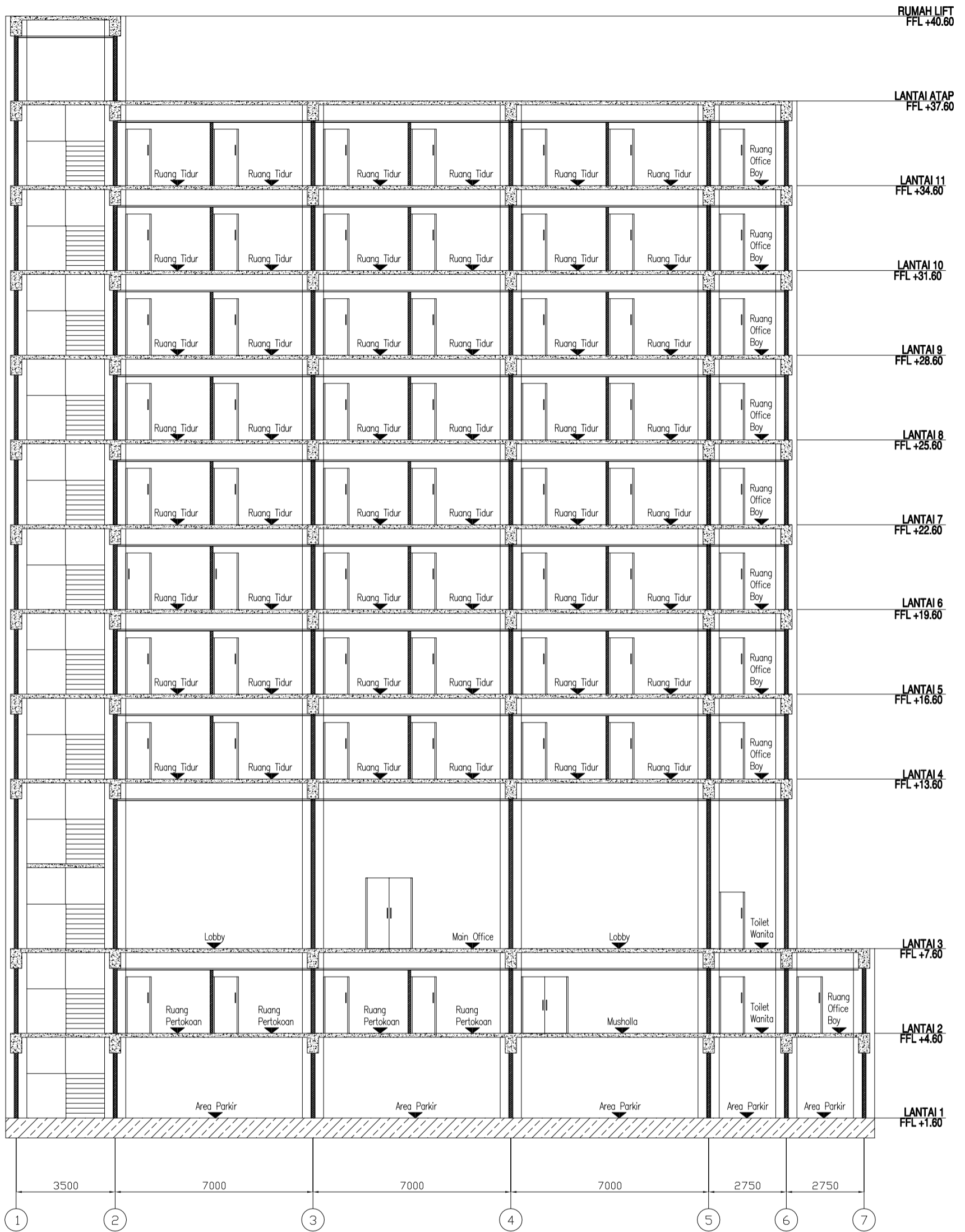
TAMPAK BARAT

Catatan :



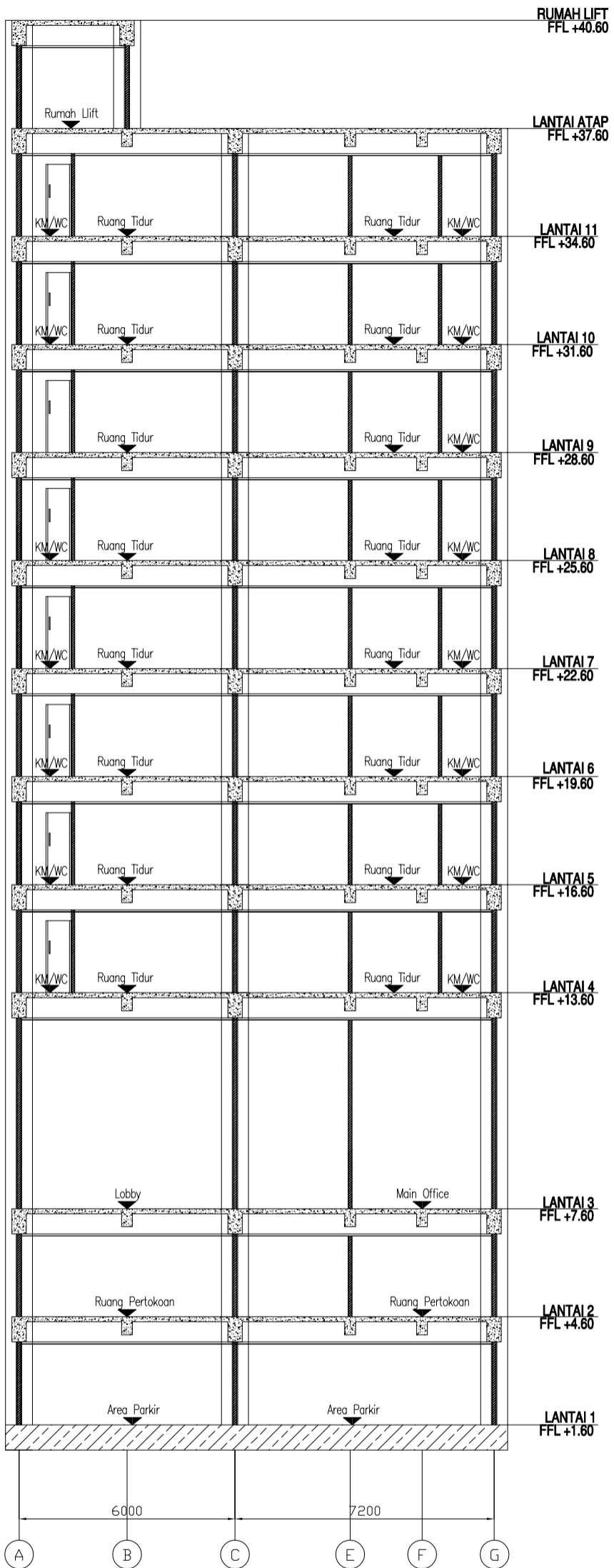
TAMPAK BARAT
SKALA 1 : 150

KODE GAMBR	NO. LAMBR
ARS-007	7



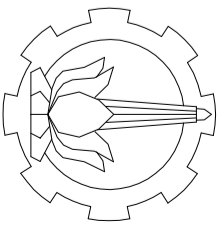
POTONGAN A-A
SKALA 1 : 150

KODE GAMBAR ARS-008	NO. LAMBAR 8	Catatan :	NAMA GAMBAR POTONGAN A-A	NAMA MAHASISWA Rahmat Dwi Sutrisno 10111410000066	NAMA MAHASISWA Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.	DOSEN PEMBIMBING	PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL FAVE SURABAYA DENGAN METODE BETON PRACETAK	PROYEK AKHIR	 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS VOKASI DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

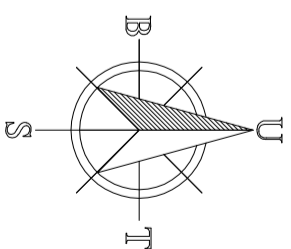


POTONGAN A-A
SKALA 1 : 150

KODE GAMBAR		NO. LAMBAR	
ARS-009		9	
Catatan :			
POTONGAN A-A			
NAMA GAMBAR			
Rahmat Dwi Sutrisno 1011141000066			
NAMA MAHASISWA			
Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.			
DOSEN PEMBIMBING			
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL FAVE SURABAYA DENGAN METODE BETON PRACETAK			
PROYEK AKHIR			
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS VOKASI DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL PROGRAM STUDI DIPLOMA 4			



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4



PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

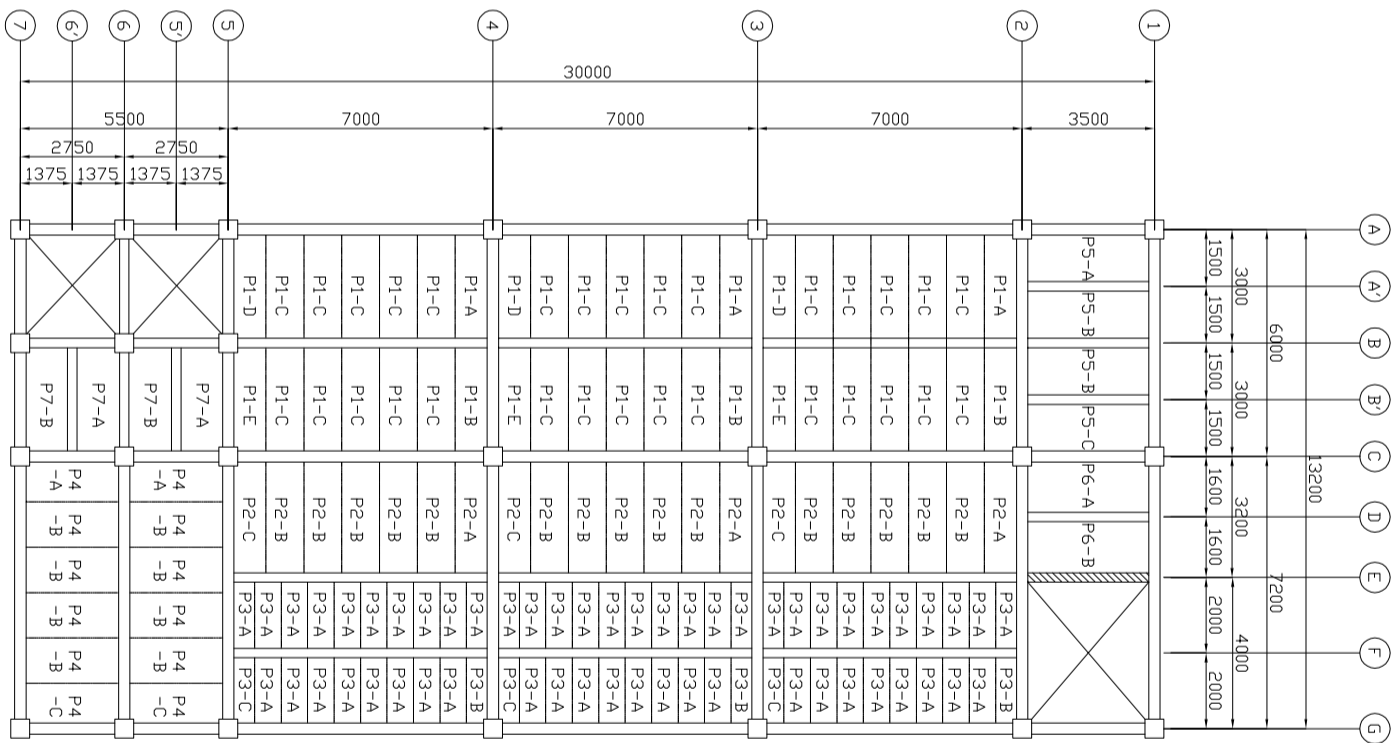
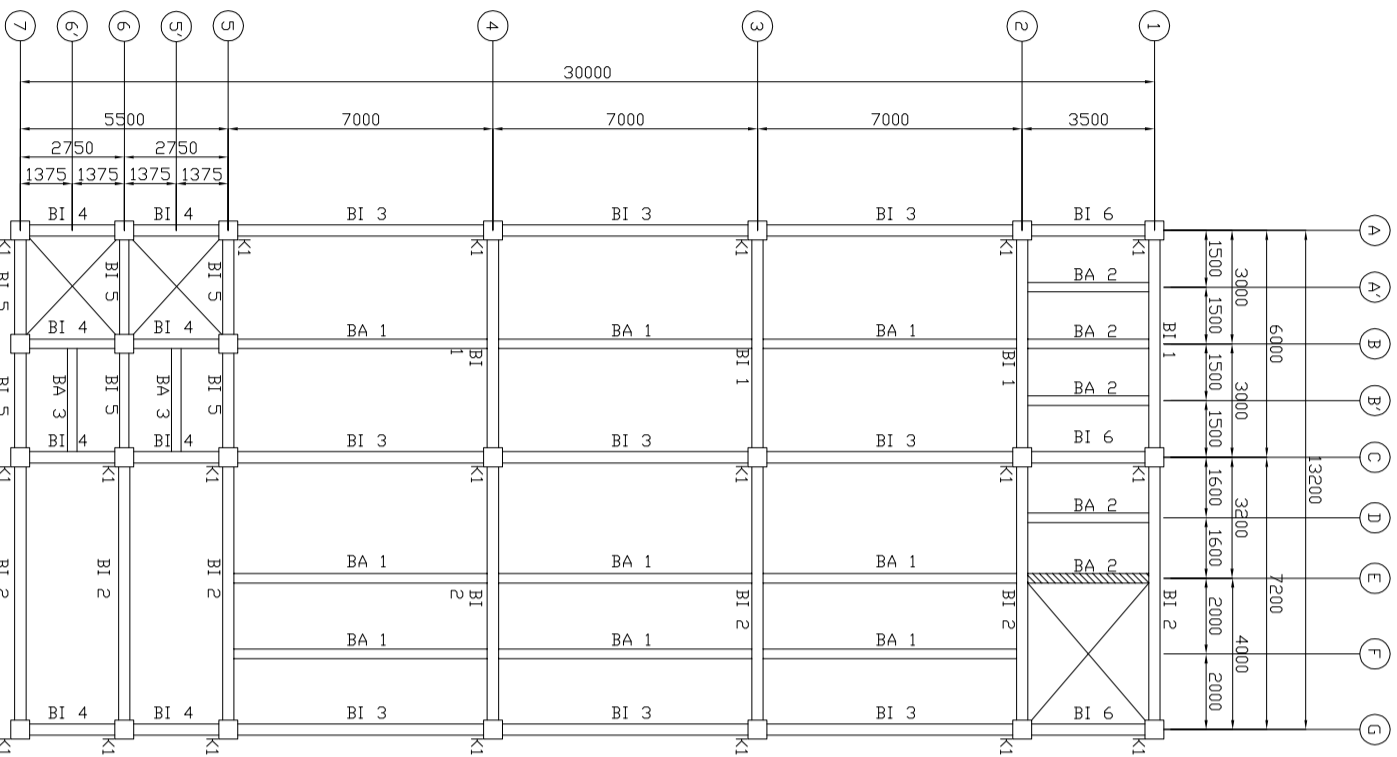
NAMA MAHASISWA

**Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066**

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI 2

Catatan :



TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,36	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 COR SETOPAN

TABEL PELAT PRECAST

Tipe Iselimit Pelat	tselimit (mm)	tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	30
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

TABEL PELAT PRECAST

Tipe Iselimit Pelat	tselimit (mm)	tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

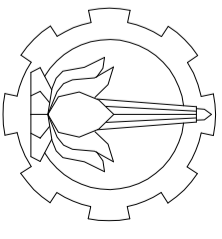
KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-001

10

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LT2

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

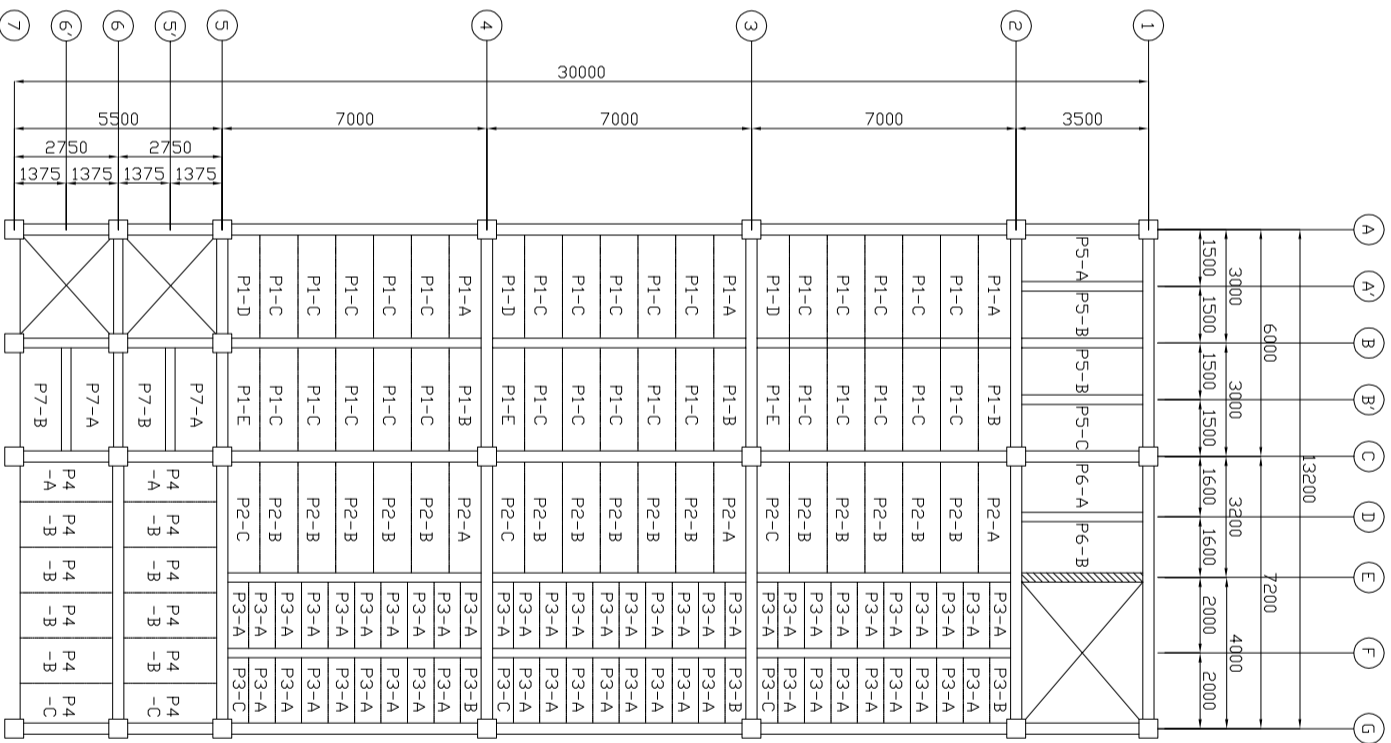
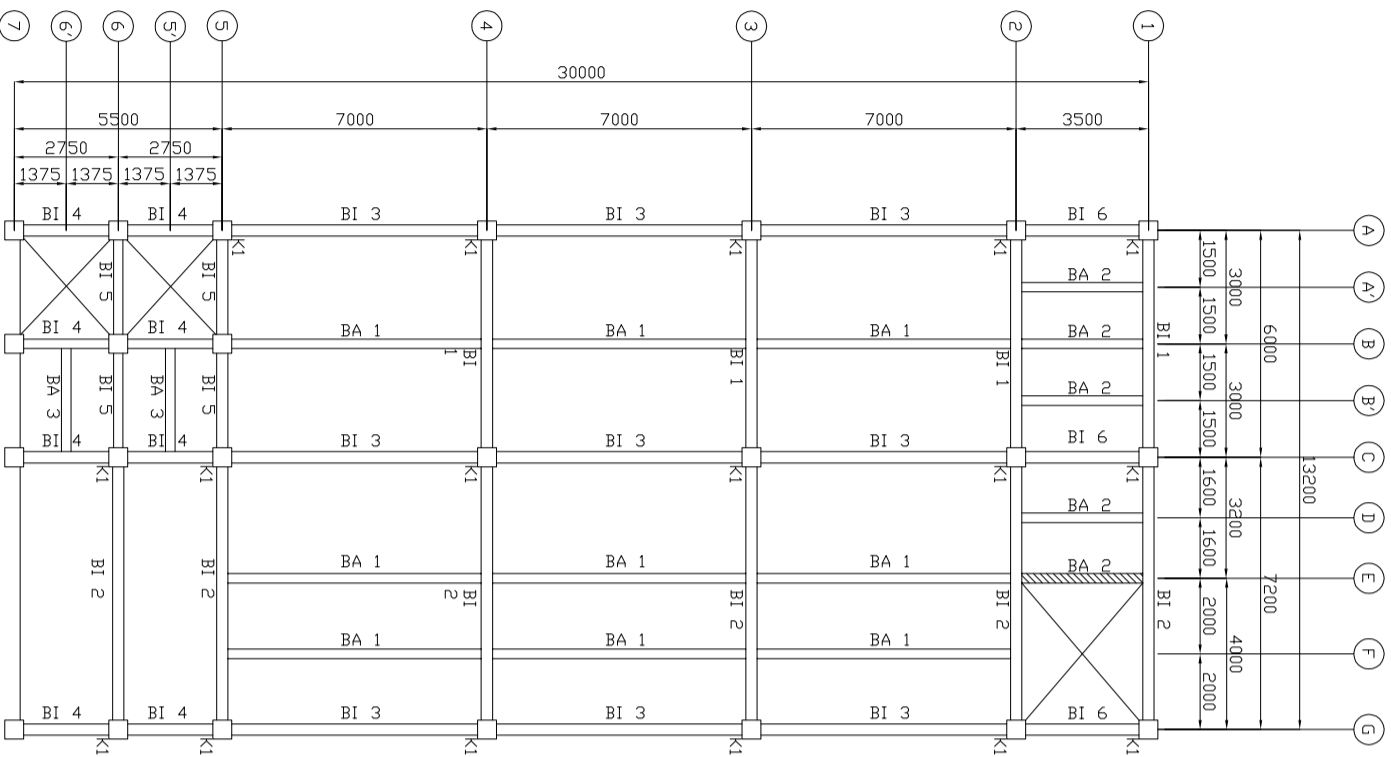
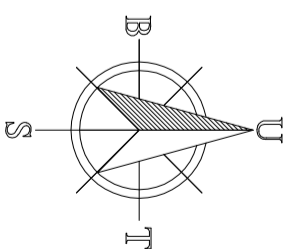
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI 3

Catatan :



TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,35	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 PRACETAK

TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	30
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

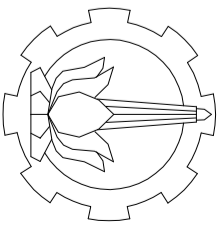
KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-002

11

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L3

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

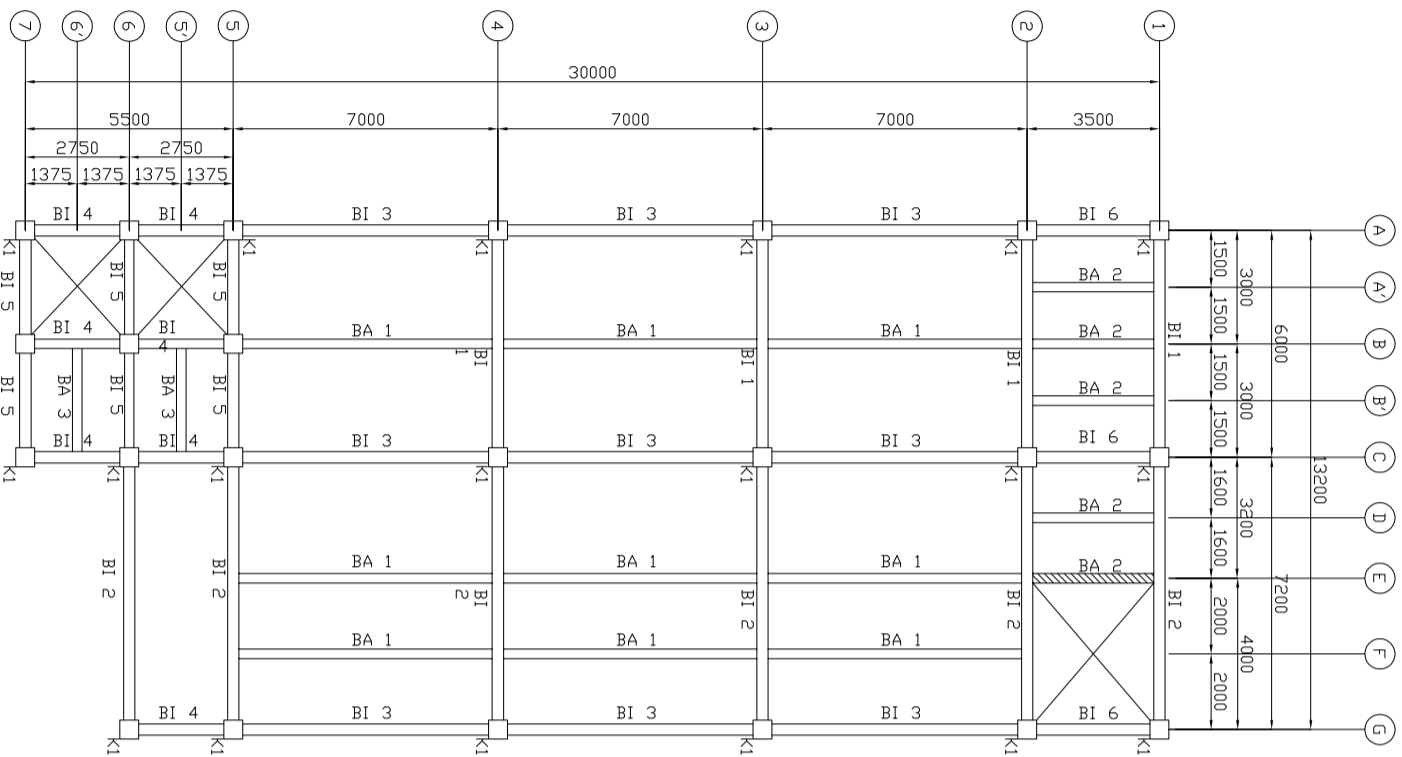
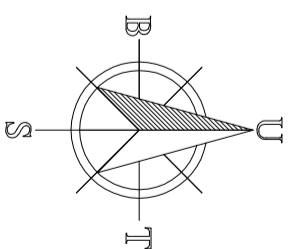
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI 4

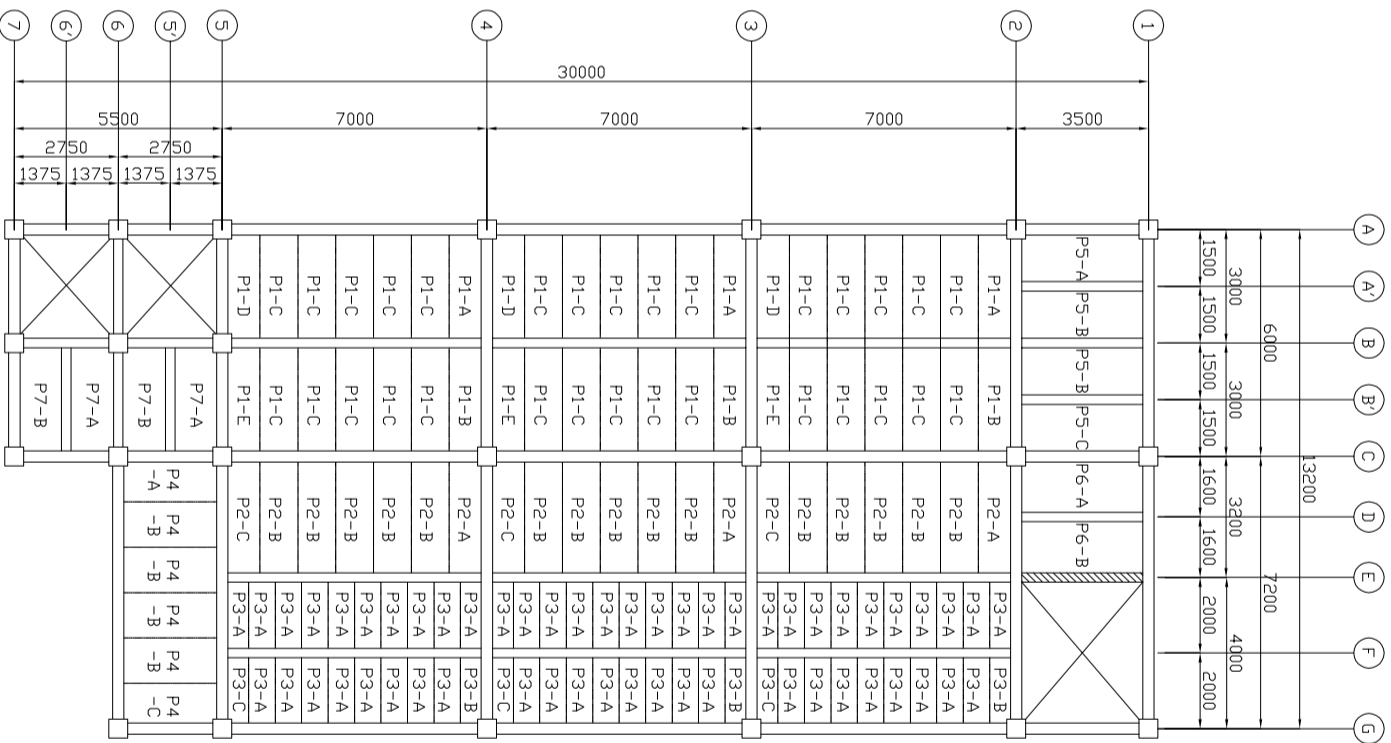
Catatan :



Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,35	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 PRACETAK



Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	3
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

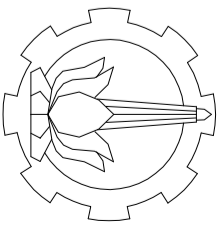
Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L T4

SKALA 1 : 200

STR-003

12



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

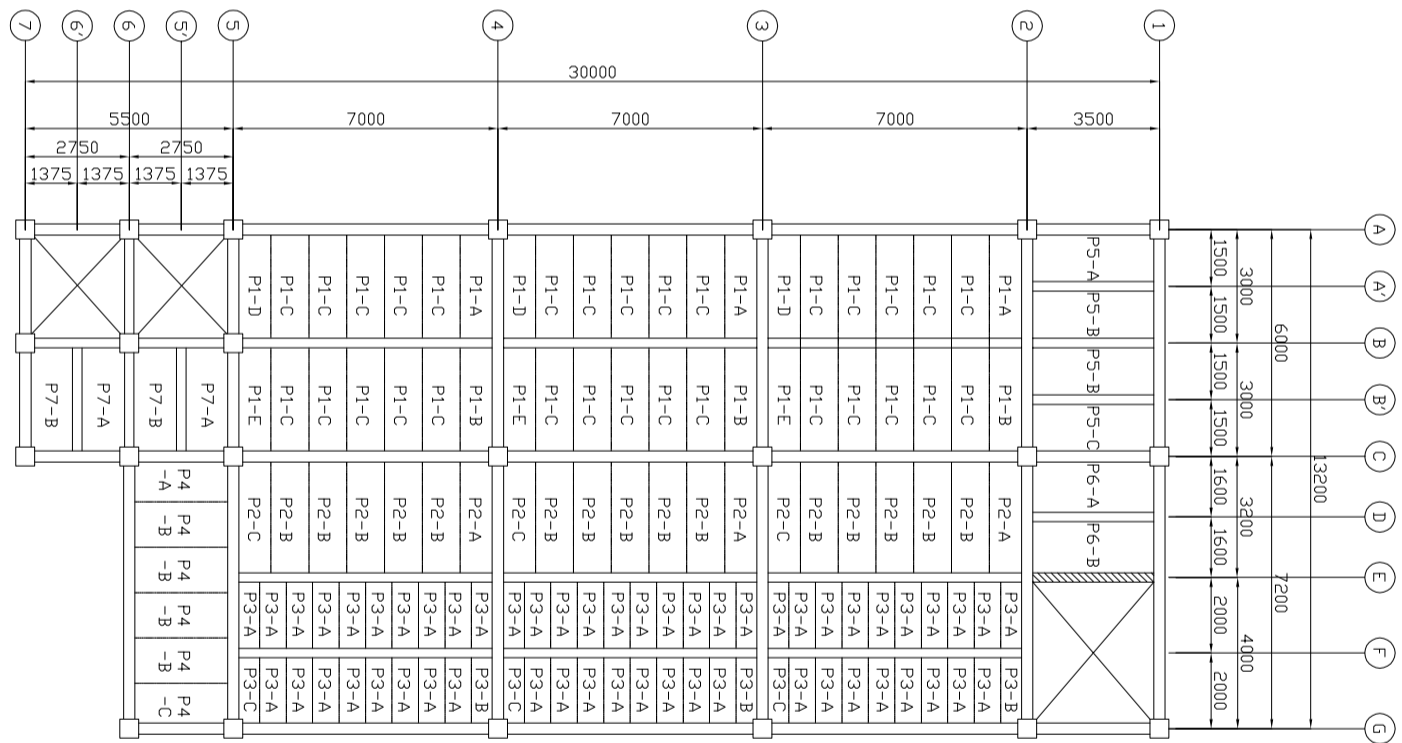
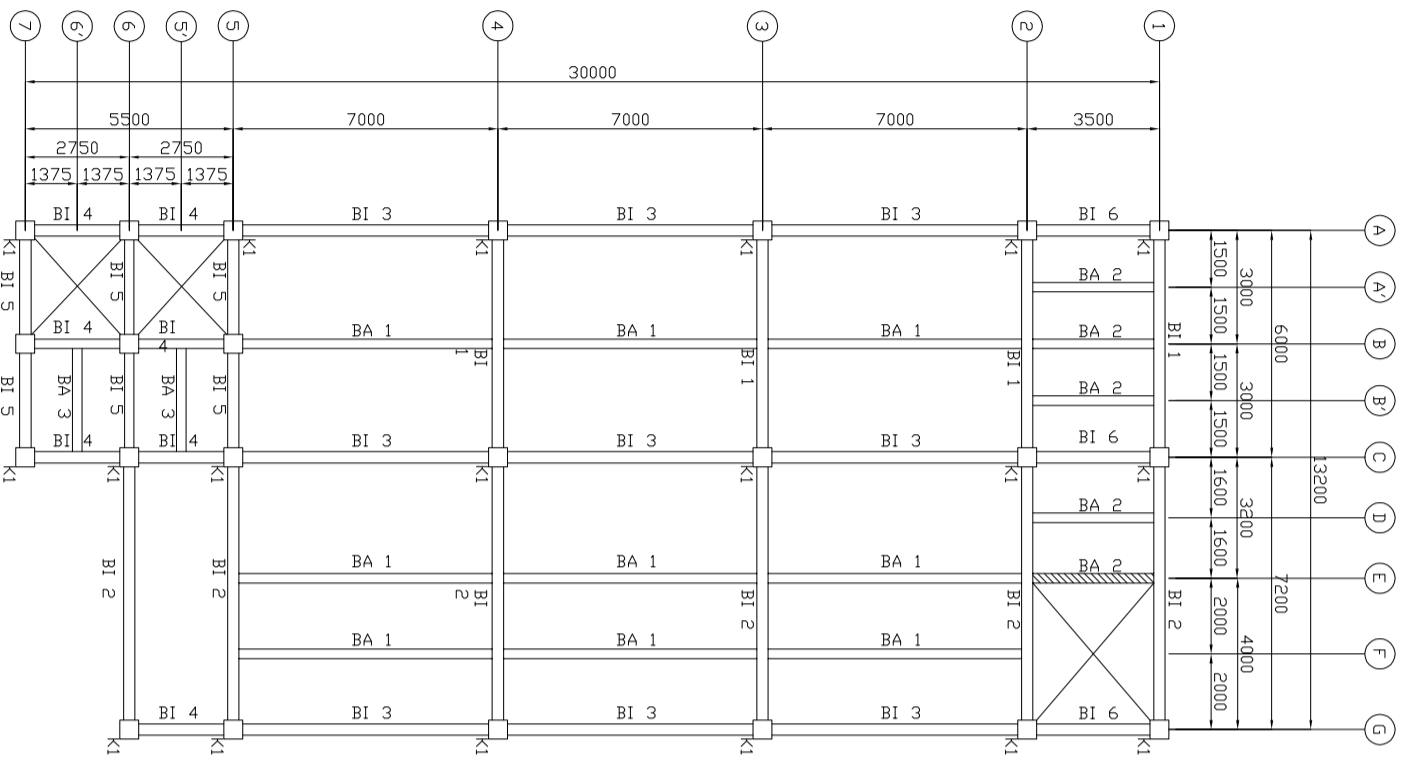
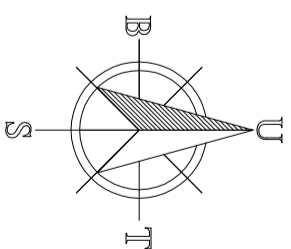
NAMA MAHASISWA

**Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066**

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI 5

Catatan :



TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,36	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 OR SETEMPAI

TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	30
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

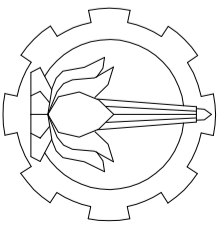
KODE GAMBR **NO. LAMBR**

STR-004

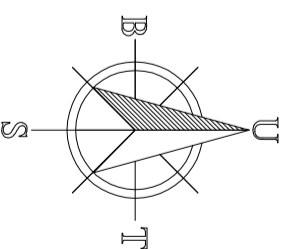
13

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L5

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4



PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAYE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

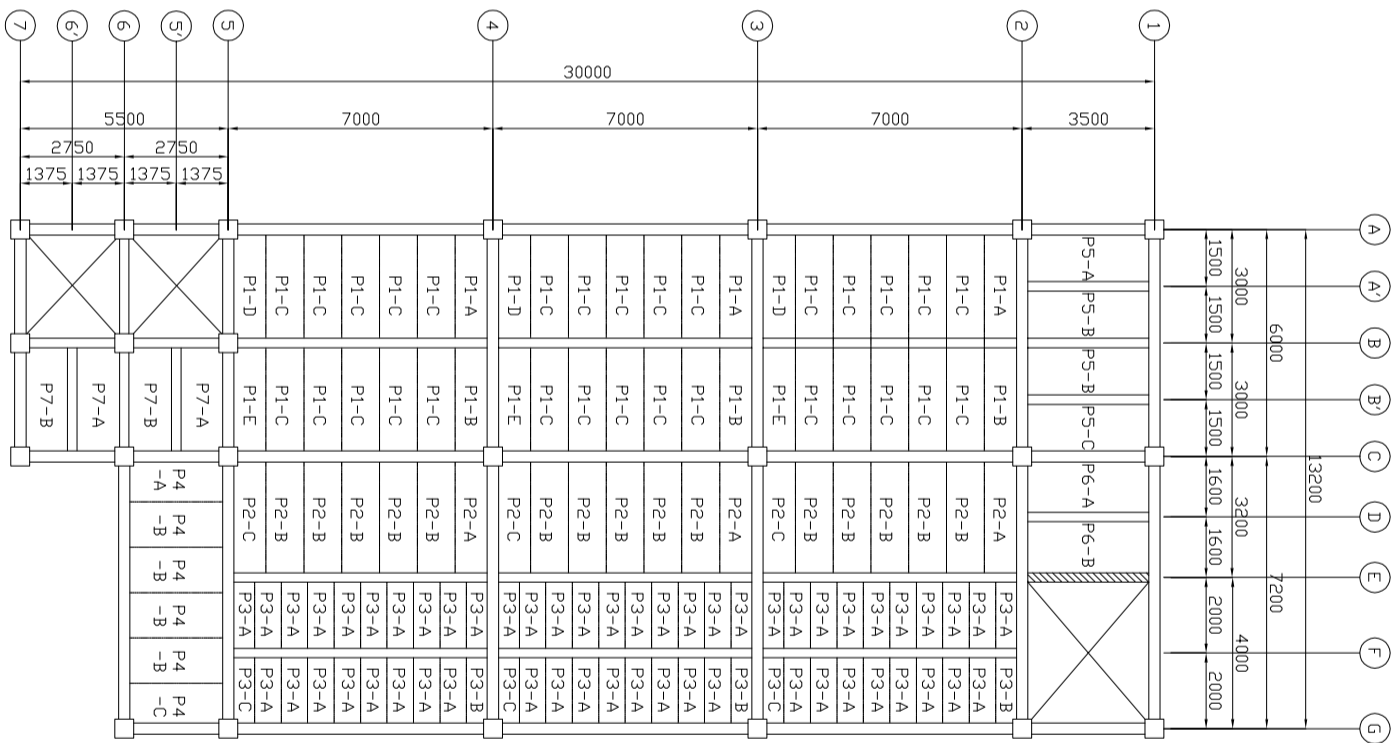
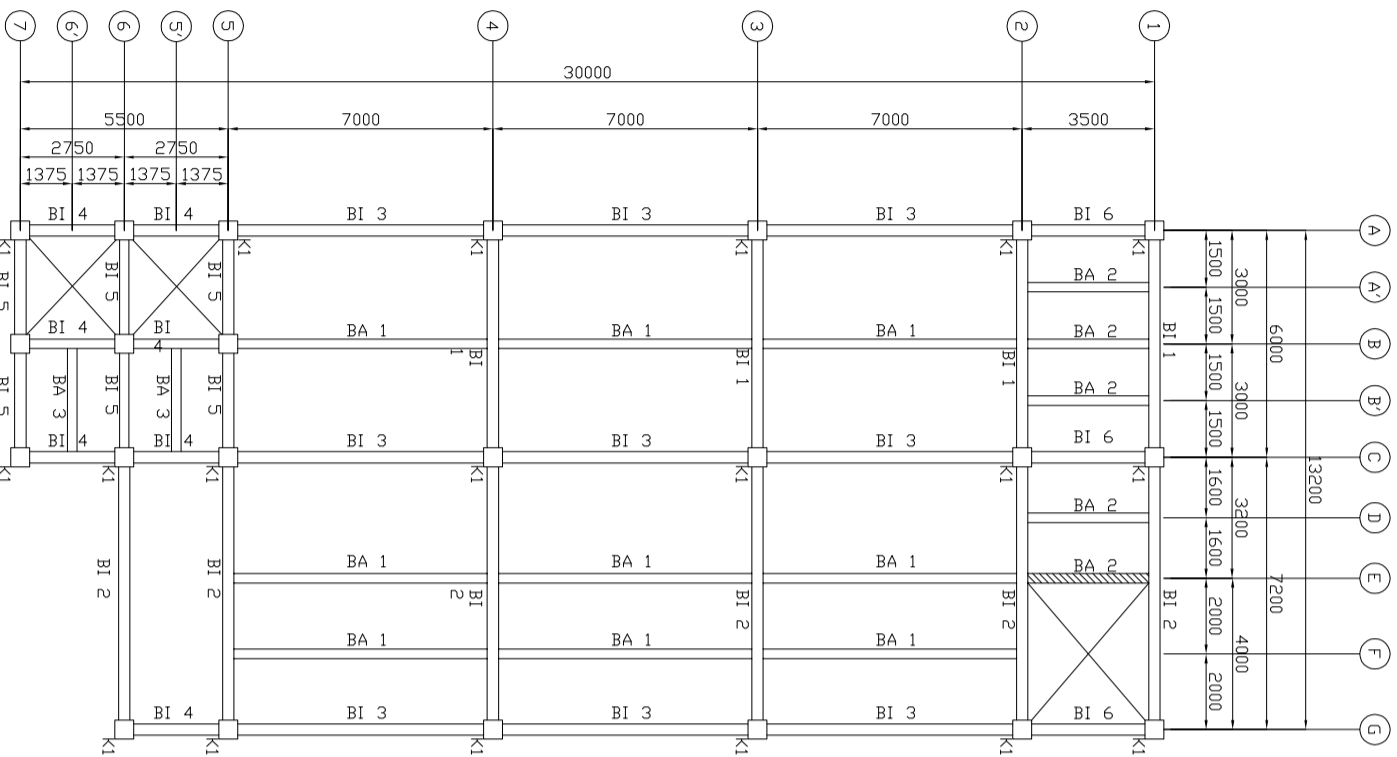
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI 6

Catatan :



TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,36	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 PRACETAK

TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	30
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

TABEL PELAT PRECAST

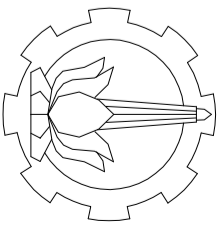
Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L T6

SKALA 1 : 200

STR-005

14



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAYE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

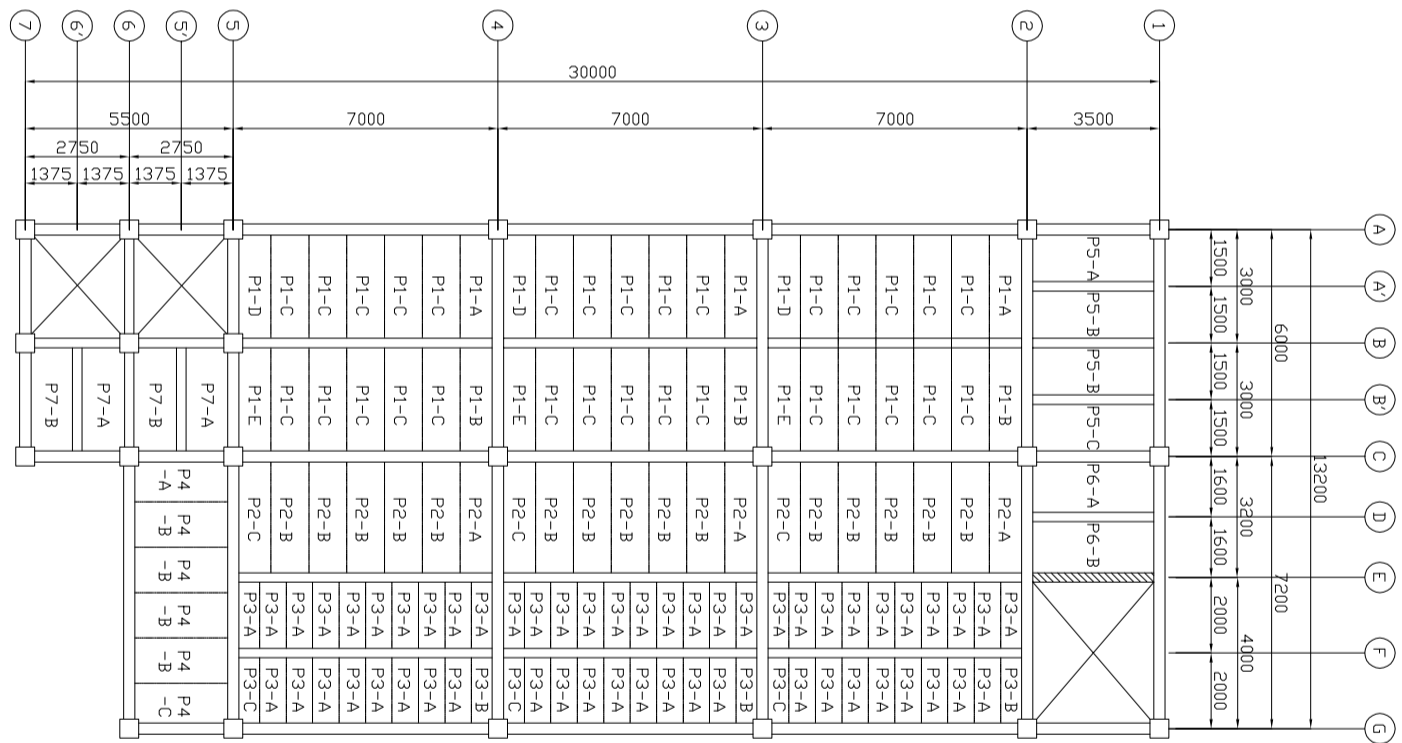
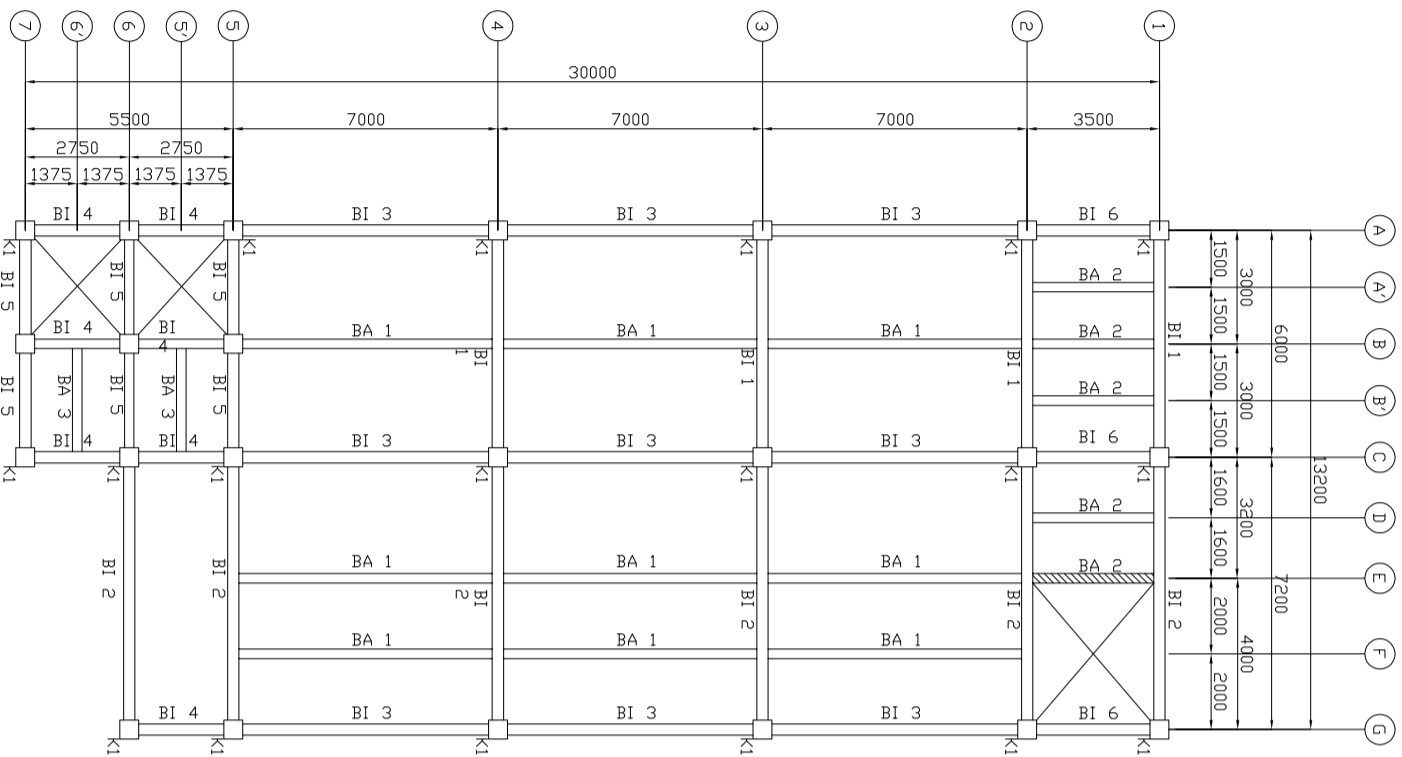
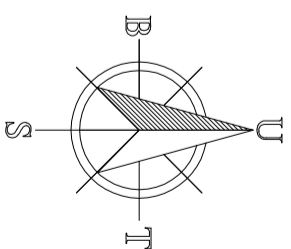
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI 7

Catatan :



TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,35	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 PRACETAK

TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	30
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

TABEL PELAT PRECAST

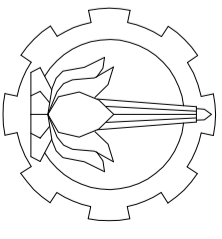
Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L77

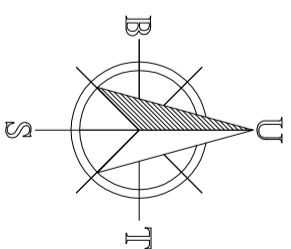
SKALA 1 : 200

STR-006

15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4



PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

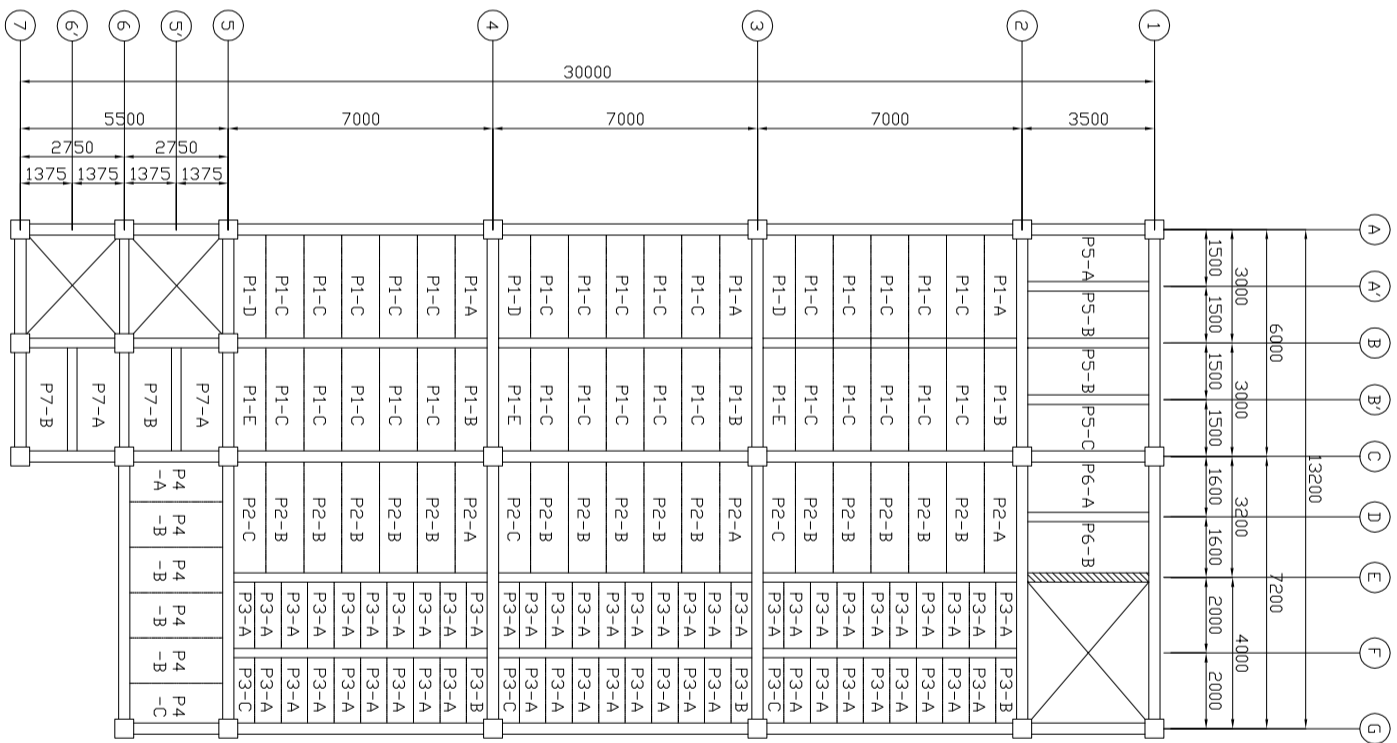
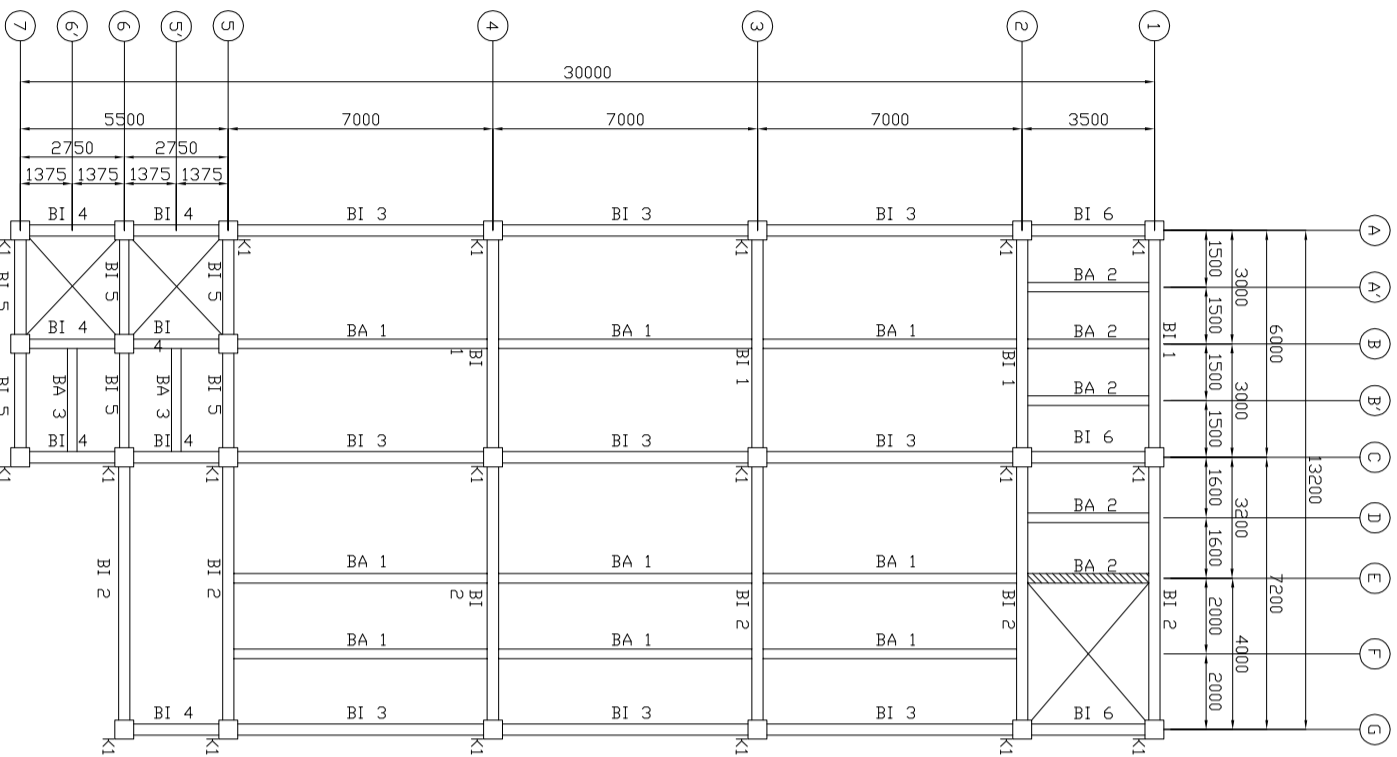
NAMA MAHASISWA

**Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066**

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI 8

Catatan :



TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,35	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 COR SETOPAN

TABEL PELAT PRECAST

Tipe Tselimut Pelat	ts(mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	30
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

TABEL PELAT PRECAST

Tipe Tselimut Pelat	ts(mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

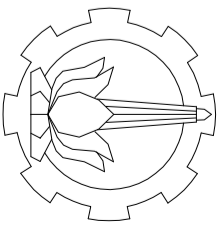
KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-007

16

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L78

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

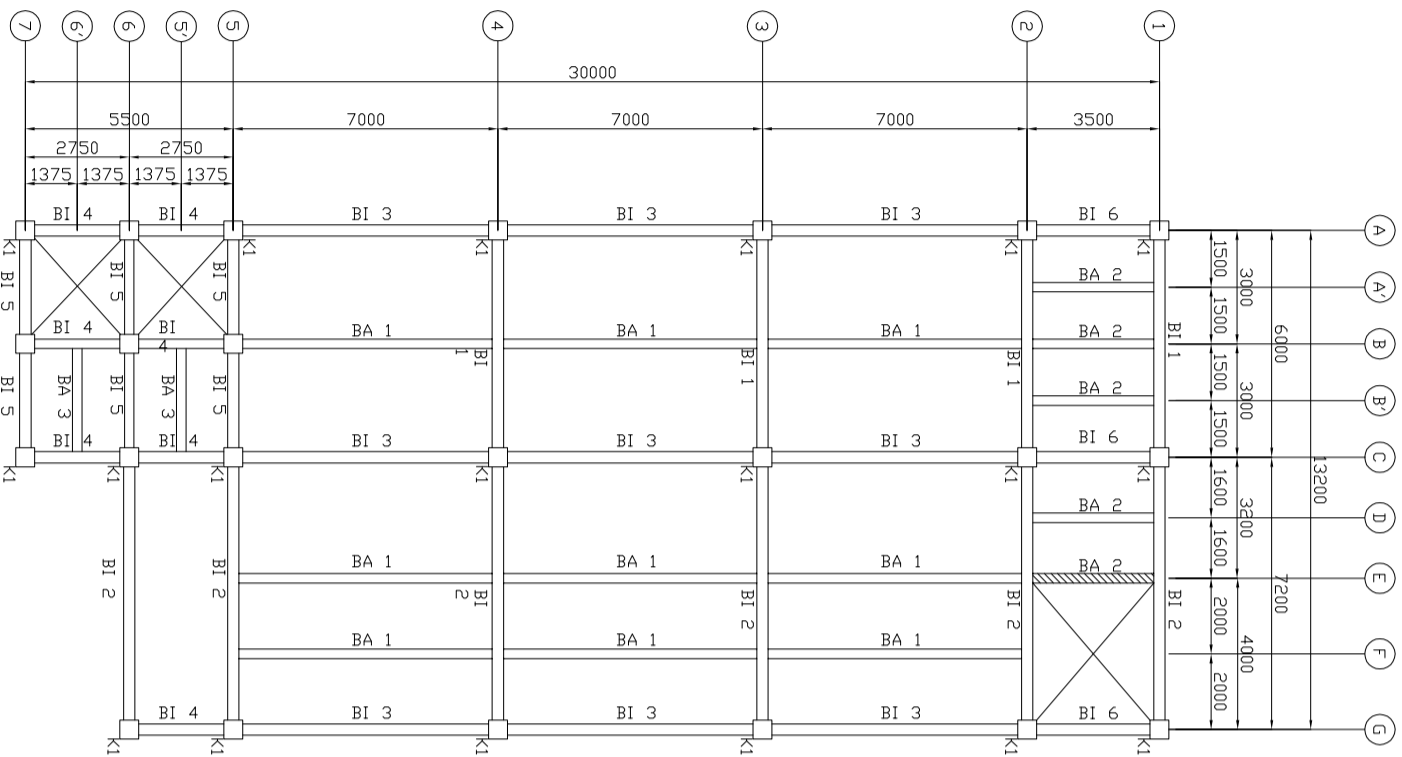
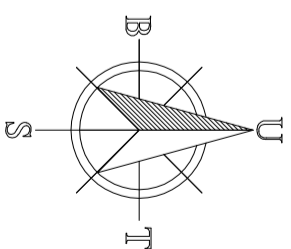
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI 9

Catatan :



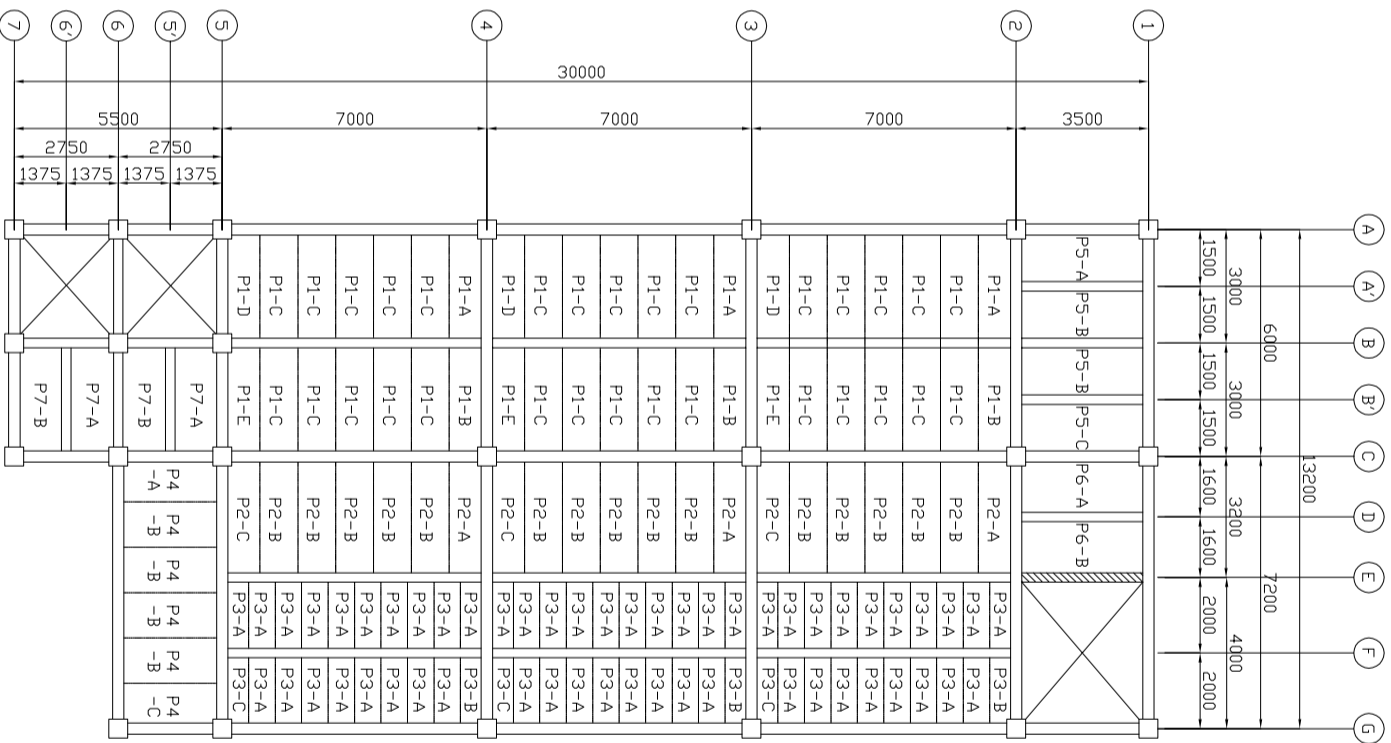
TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,36	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 COR SETAPAN



TABEL PELAT PRECAST

Tipe Slab	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	30
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

TABEL PELAT PRECAST

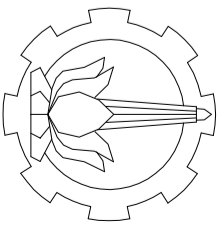
Tipe Slab	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L T9

SKALA 1 : 200

STR-008

17



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

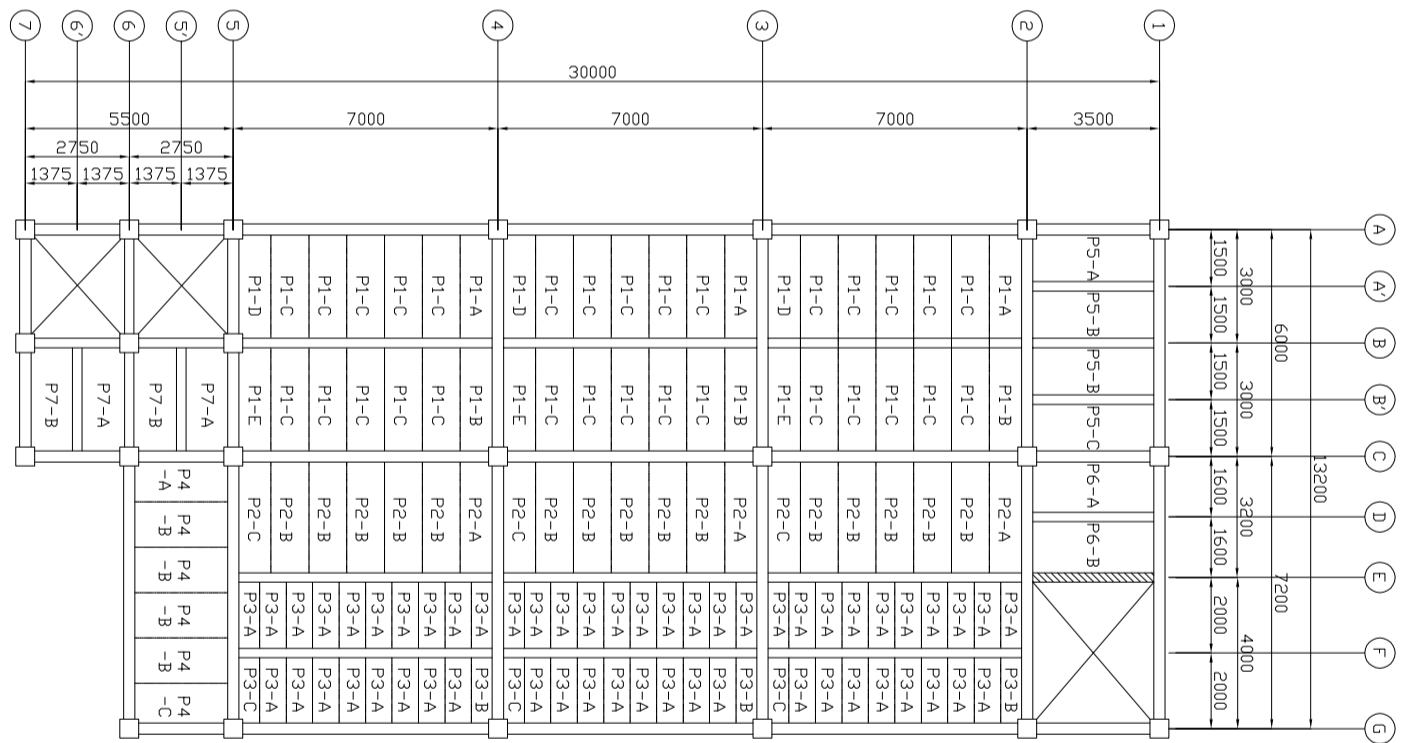
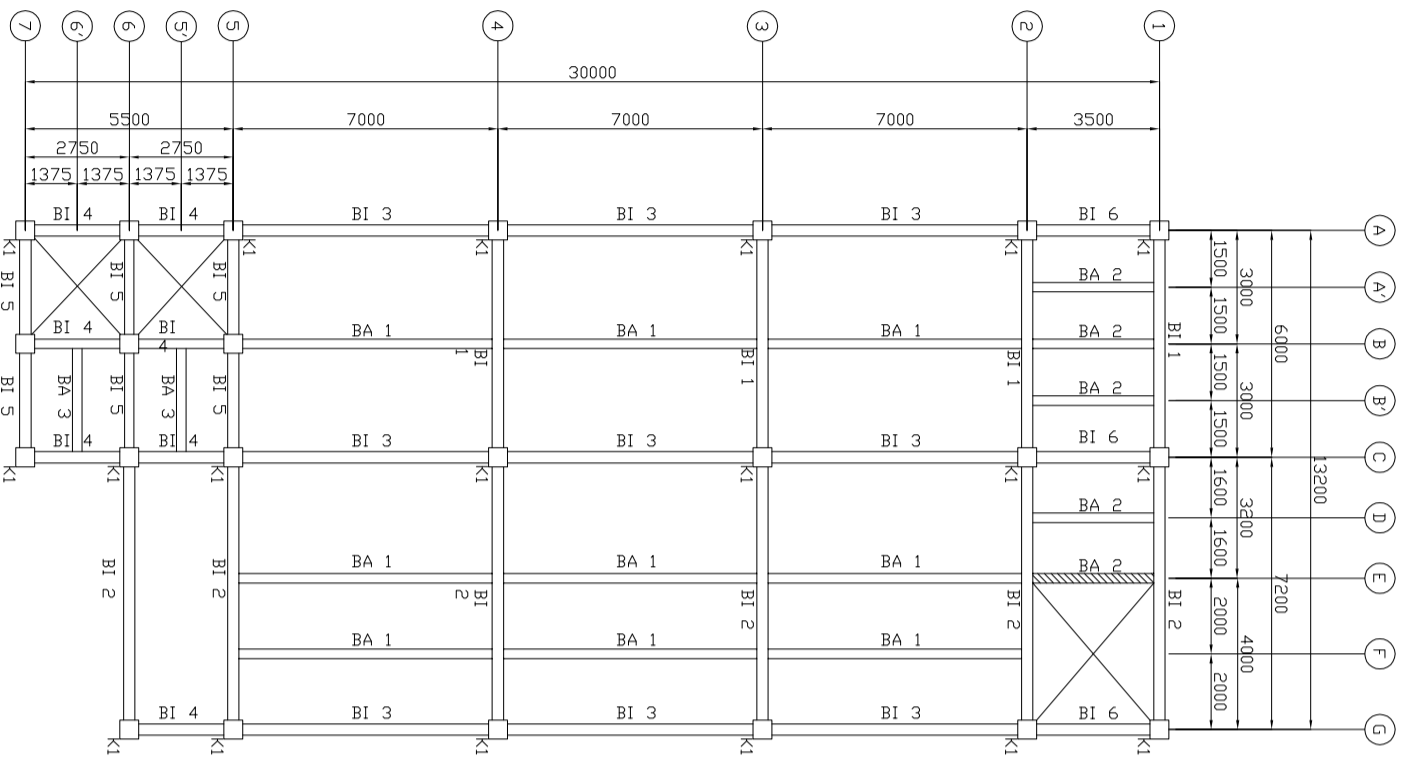
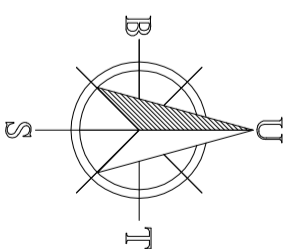
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L1 T10

Catatan :



TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,36	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 PRACETAK

TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	3
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

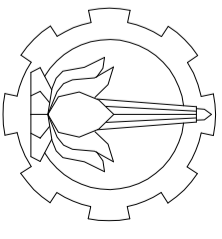
KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-009

18

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L1 T10

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

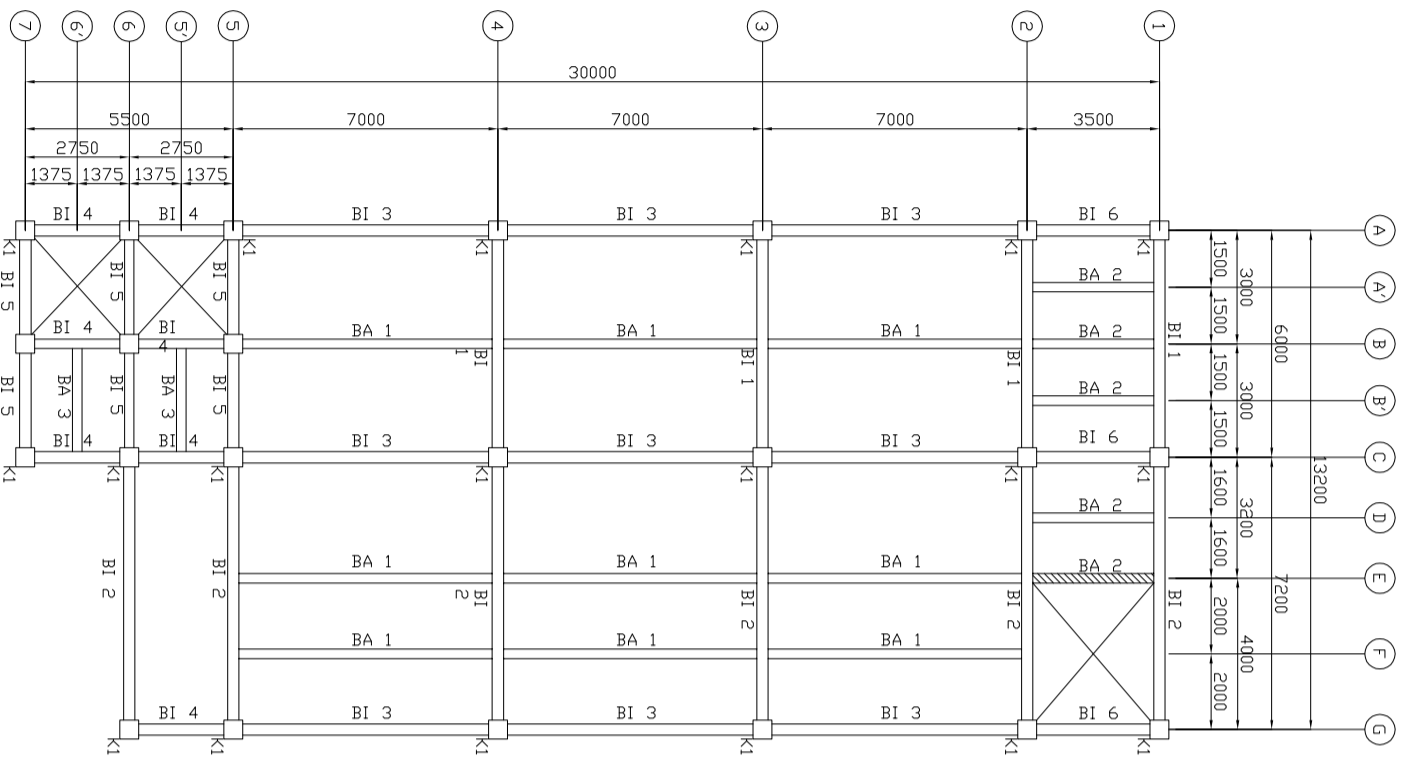
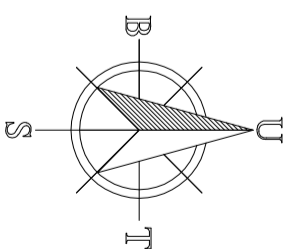
NAMA MAHASISWA

**Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066**

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI 11

Catatan :



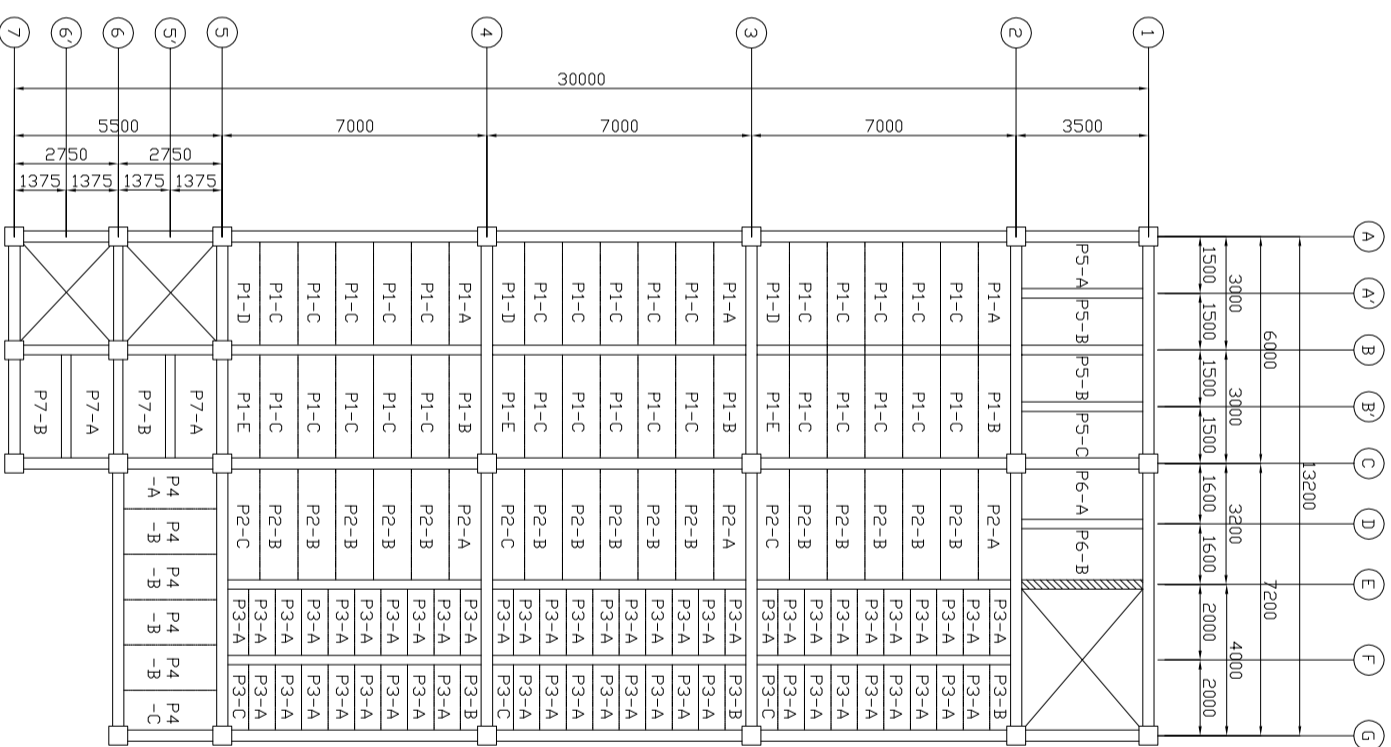
TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,35	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

KETERANGAN :
 PRACETAK
 PRACETAK
 KOLOM SETEMPAN



TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	30
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

TABEL PELAT PRECAST

Tipe	Tselimut (mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2

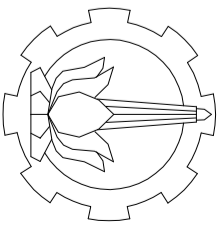
KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-010

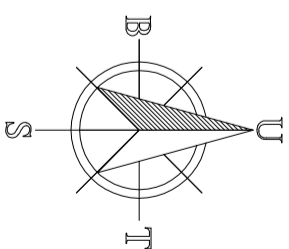
19

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK L11

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4



PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

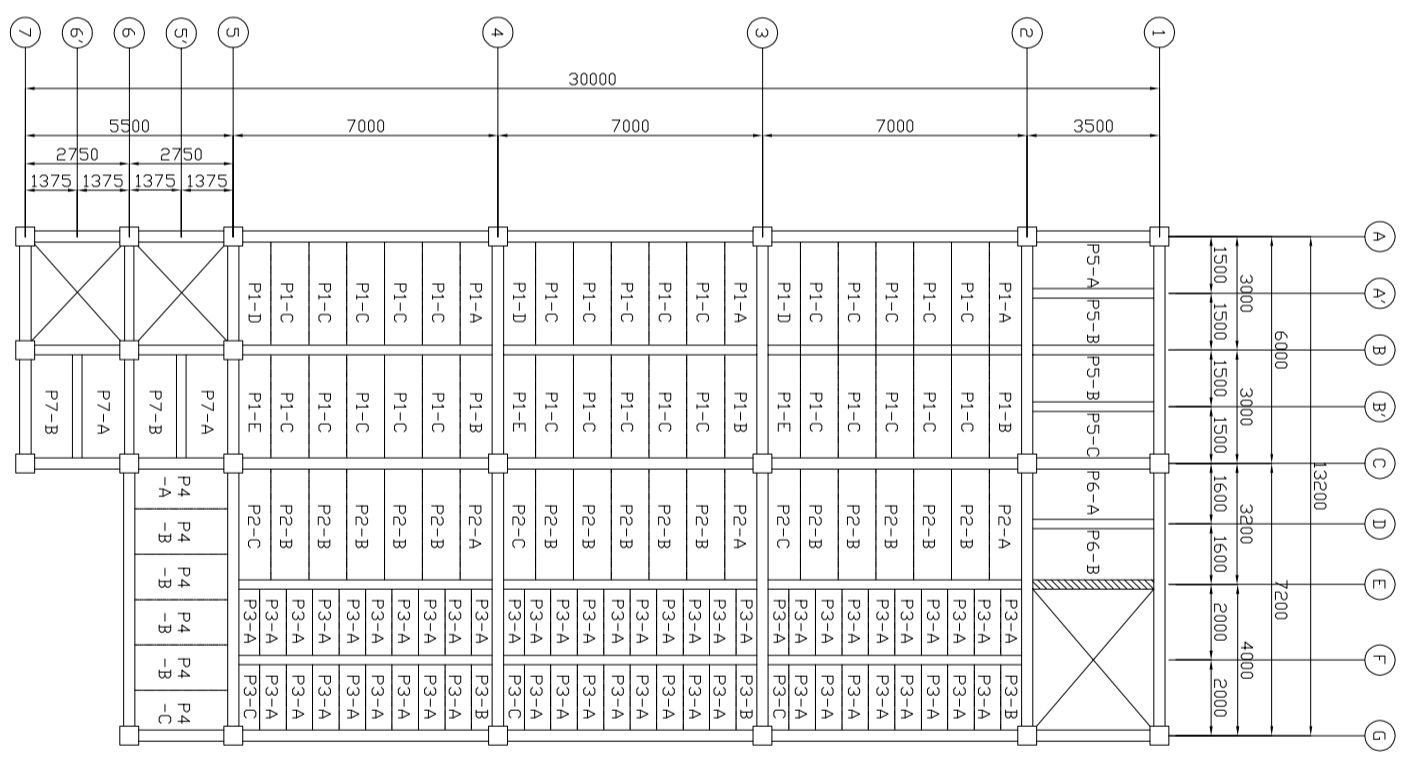
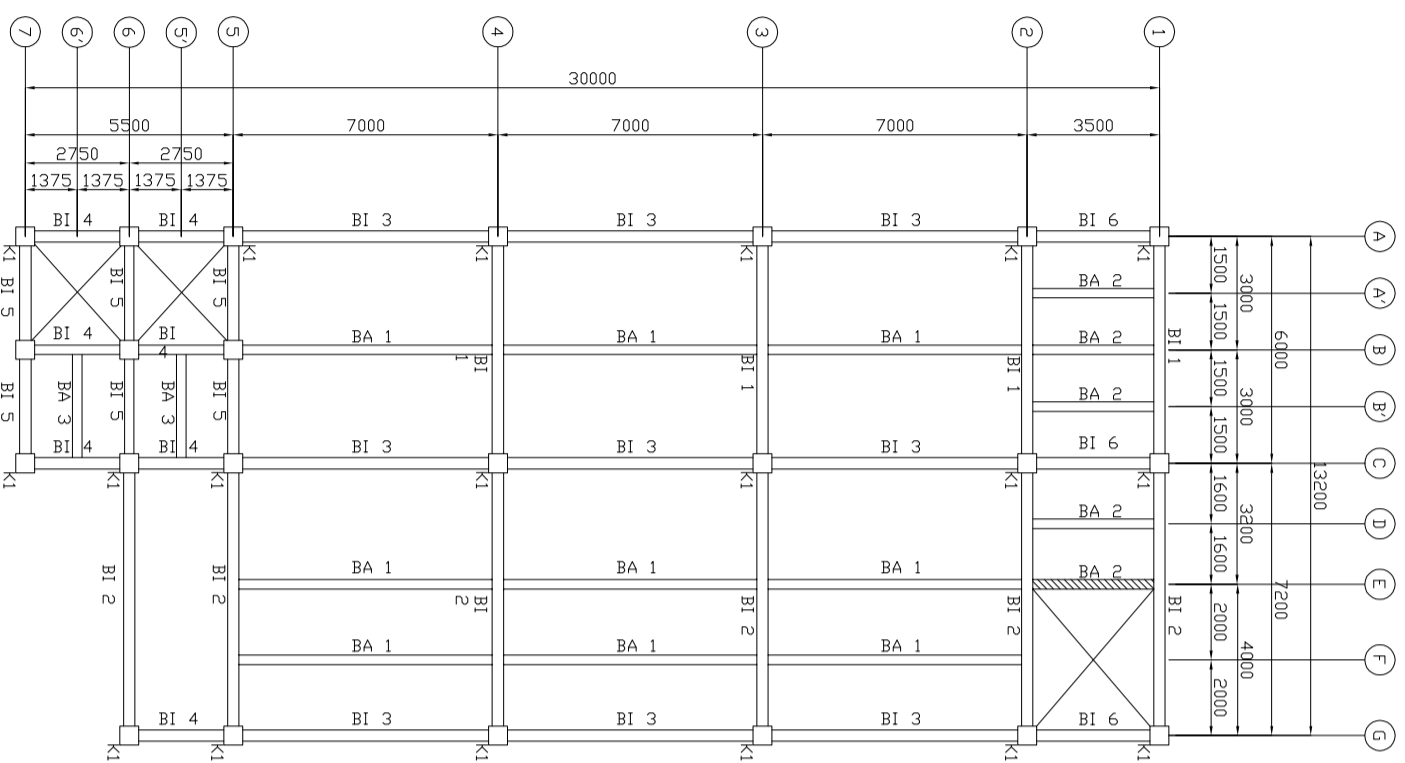
NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM, BALOK PRACETAK DAN PELAT PRACETAK LANTAI ATAP

Catatan :

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-011 20



TABEL BALOK INDUK PRECAST

Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BI1	50	5250	400	560	2,82	4
BI2	50	6450	400	560	3,47	7
BI3	50	6250	400	560	3,35	9
BI4	50	2000	400	560	1,08	6
BI5	50	2250	400	560	1,21	6
BI6	50	2750	400	560	1,48	3

TABEL BALOK ANAK PRECAST

Tipe Balok Anak	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (ton)	Jumlah
BA1	50	6600	300	360	3,42	9
BA2	50	3100	300	360	0,80	4
BA3	50	2400	300	360	0,62	2

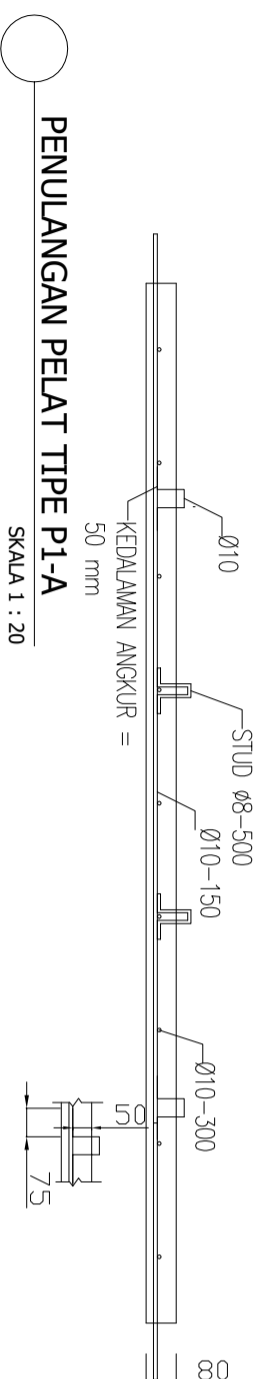
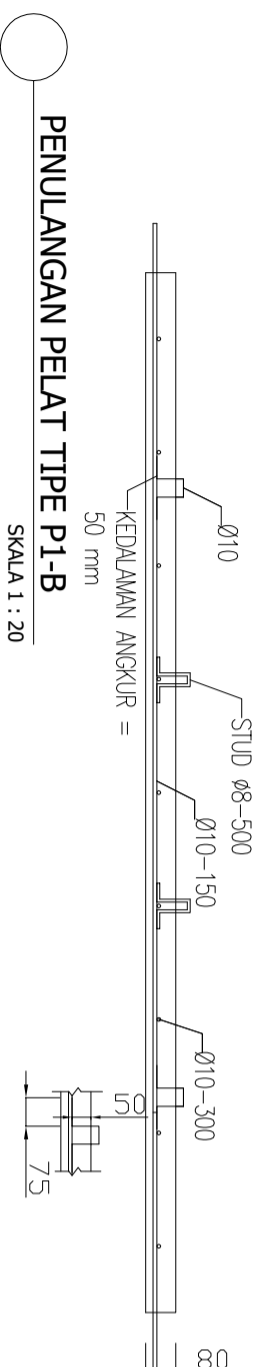
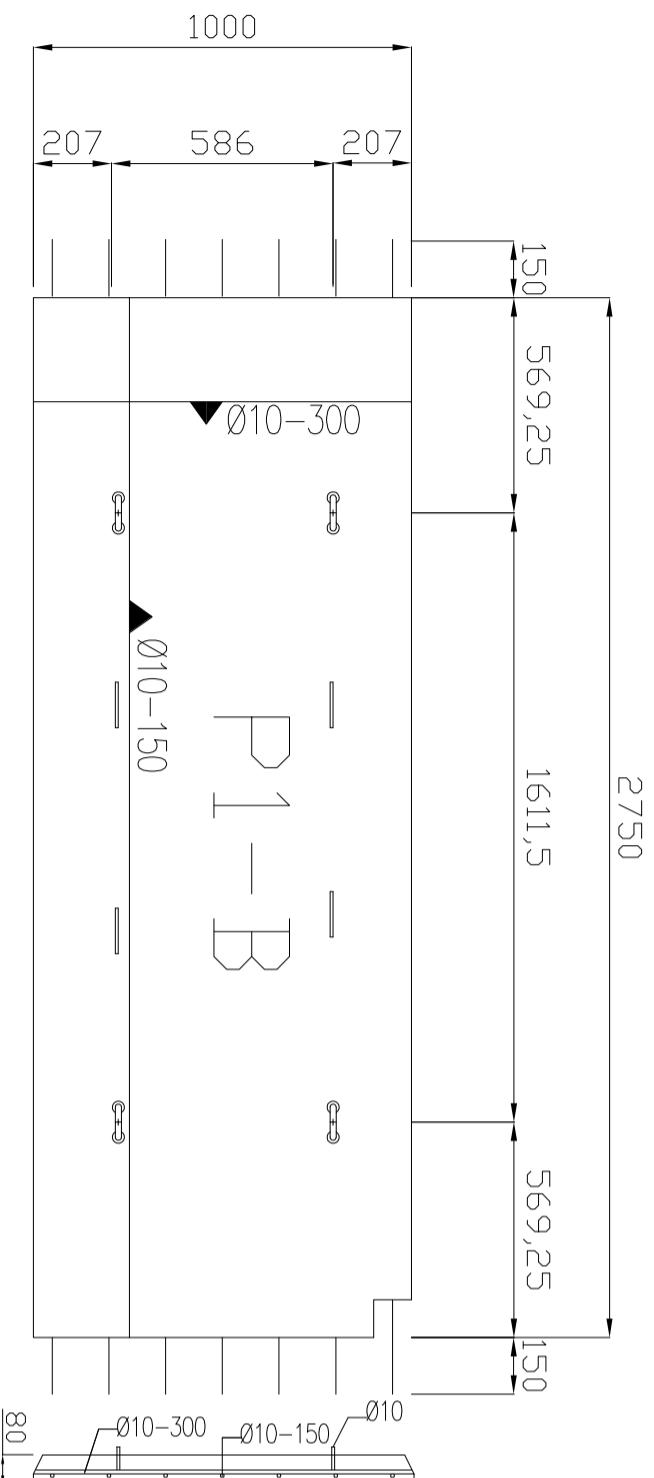
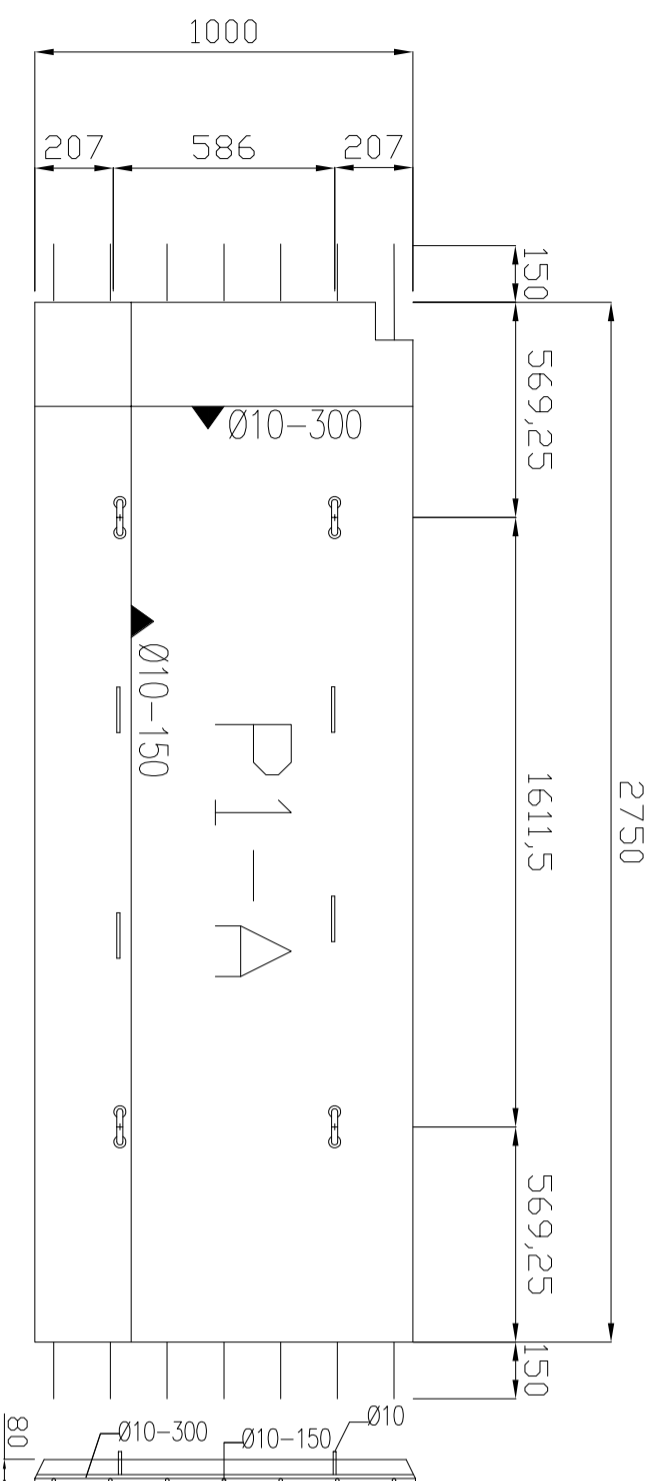
KETERANGAN :
 PRACETAK
 PRACETAK

TABEL PELAT PRECAST

Tipe Tselimut Pelat	ts(mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P1-A	20	140	1000	2750	924	3
P1-B	20	140	1000	2750	924	3
P1-C	20	140	1000	2750	924	30
P1-D	20	140	1000	2750	924	3
P1-E	20	140	1000	2750	924	3
P2-A	20	140	1000	2950	991	3
P2-B	20	140	1000	2950	991	15
P2-C	20	140	1000	2950	991	3
P3-A	20	140	700	1750	991	36
P3-B	20	140	700	1750	991	3
P3-C	20	140	700	1750	991	3

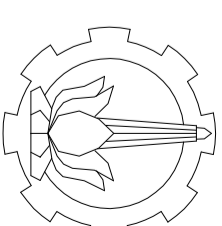
TABEL PELAT PRECAST

Tipe Tselimut Pelat	ts(mm)	Tpelat (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	Berat (kg)	Jumlah
P4-A	20	140	1100	2500	924	2
P4-B	20	140	1100	2500	924	8
P4-C	20	140	1100	2500	924	2
P5-A	20	140	1500	3250	1638	1
P5-B	20	140	1500	3250	1638	2
P5-C	20	140	1500	3250	1638	1
P6-A	20	140	1600	3250	1747	1
P6-B	20	140	1600	3250	1747	1
P7-A	20	140	1375	2750	1271	2
P7-B	20	140	1375	2750	1271	2



TABEL PELAT PRECAST

TYPE PELAT	T,SELIMUT (mm)	T,PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P1-A	20	140	1000	2750	924	33
P1-B	20	140	1000	2750	924	33
P1-C	20	140	1000	2750	924	330
P1-D	20	140	1000	2750	924	33
P1-E	20	140	1000	2750	924	33



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

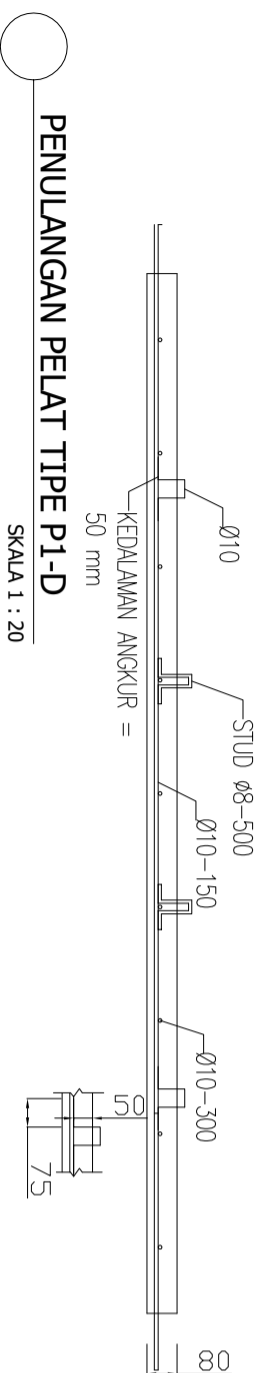
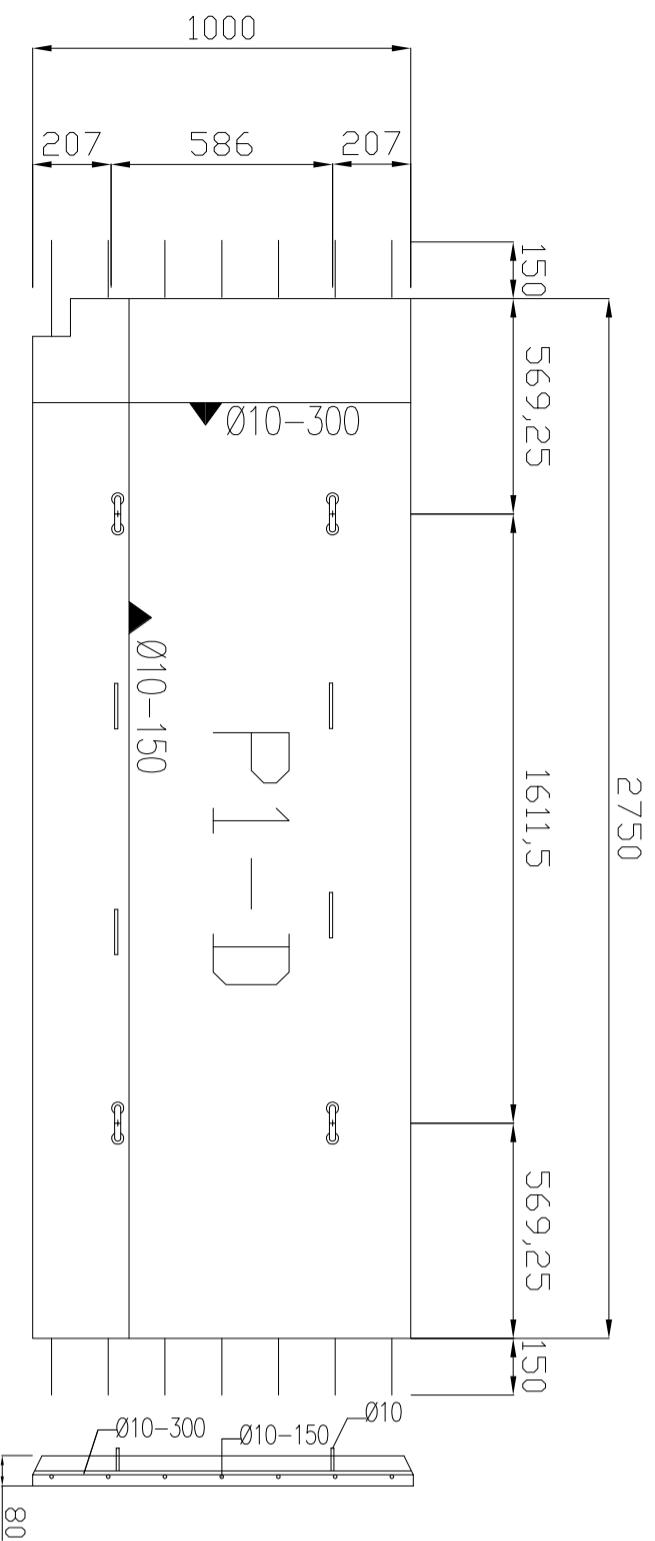
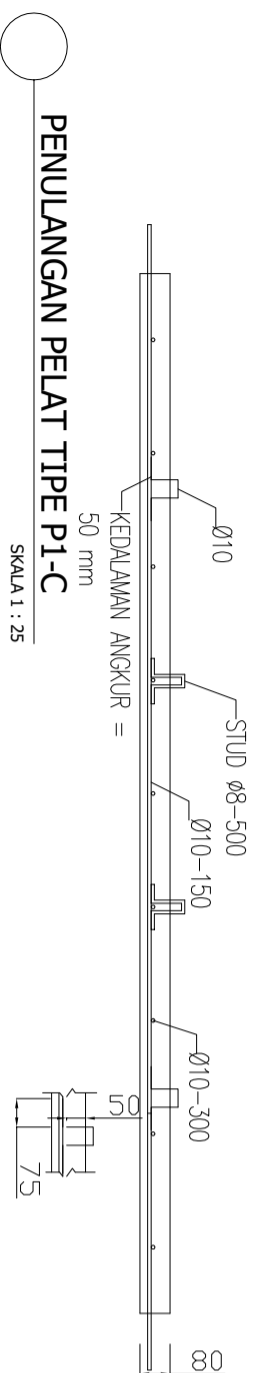
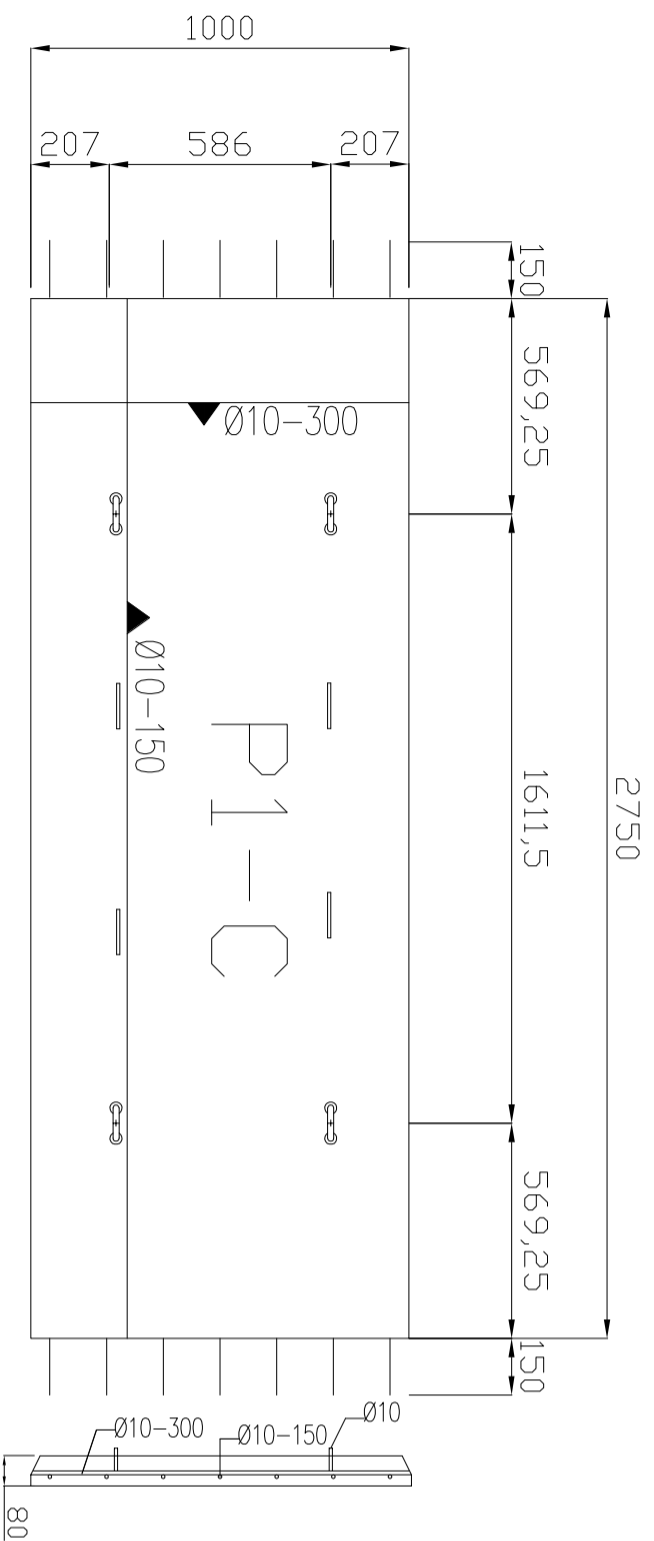
NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT TYPE P1-A-B

Catatan :

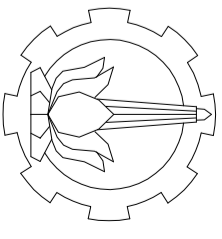
KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-012 21



TABEL PELAT PRECAST

TYPE PELAT	T,SELIMUT (mm)	T,PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P1-A	20	140	1000	2750	924	33
P1-B	20	140	1000	2750	924	33
P1-C	20	140	1000	2750	924	330
P1-D	20	140	1000	2750	924	33
P1-E	20	140	1000	2750	924	33



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

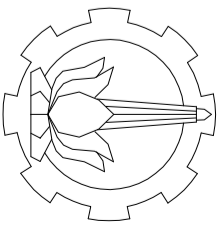
PENULANGAN PELAT TYPE P1 C-D

Catatan :

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-013 22

PENULANGAN PELAT TYPE P1-D
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

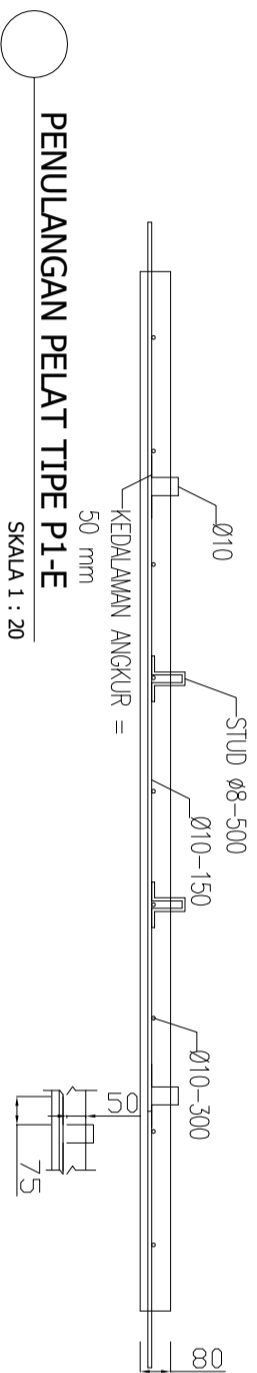
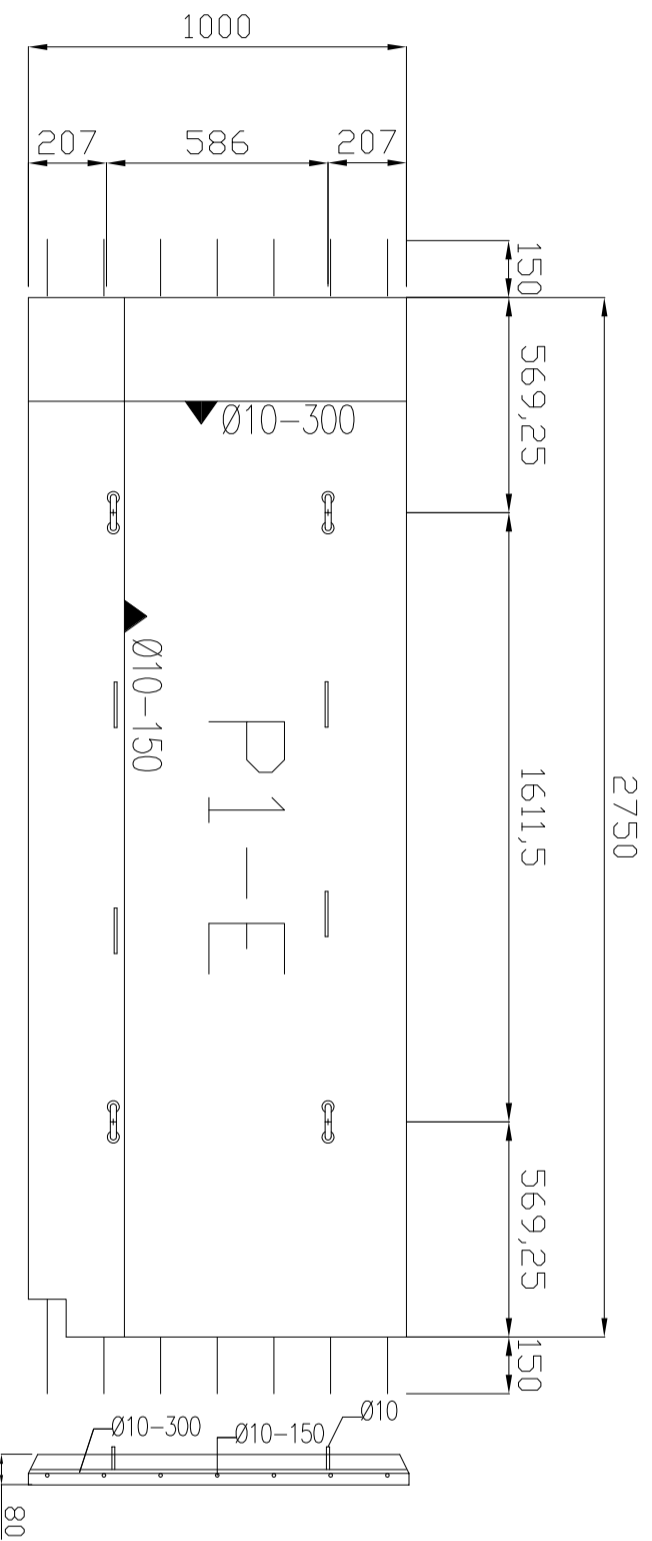
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT TIPE P1-E

Catatan :



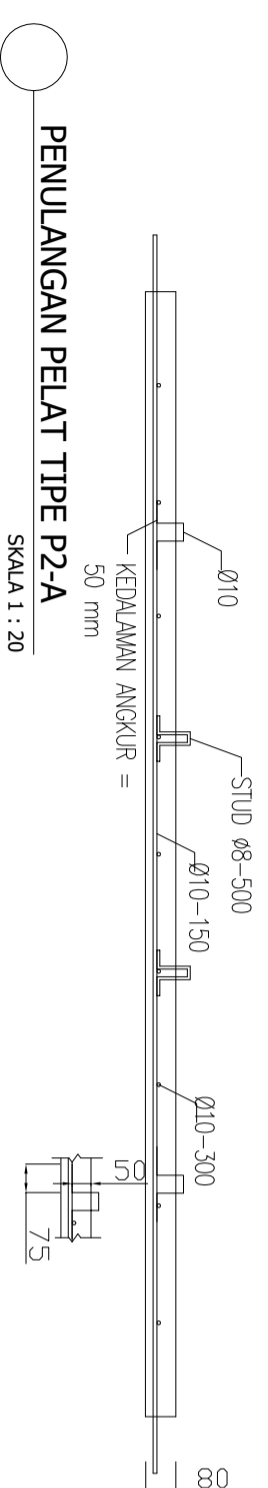
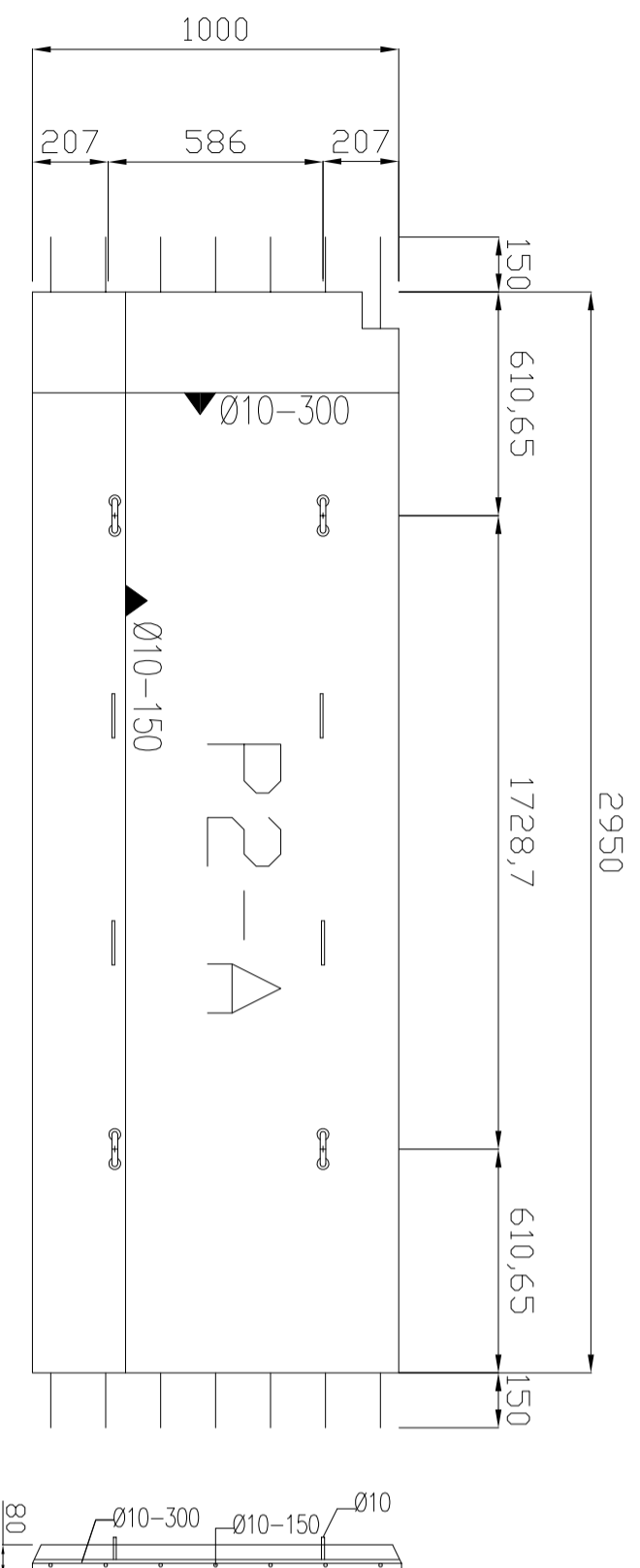
PENULANGAN PELAT TIPE P1-E
 SKALA 1 : 20

TABEL PELAT PRECAST

TIPE PELAT	T,SELIMUT (mm)	T,PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P1-A	20	140	1000	2750	924	33
P1-B	20	140	1000	2750	924	33
P1-C	20	140	1000	2750	924	330
P1-D	20	140	1000	2750	924	33
P1-E	20	140	1000	2750	924	33

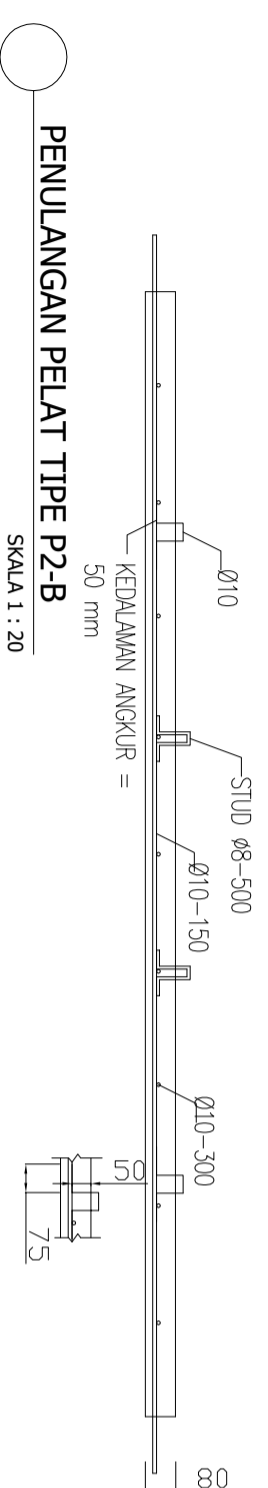
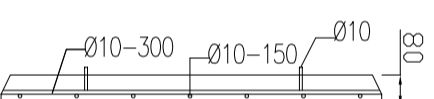
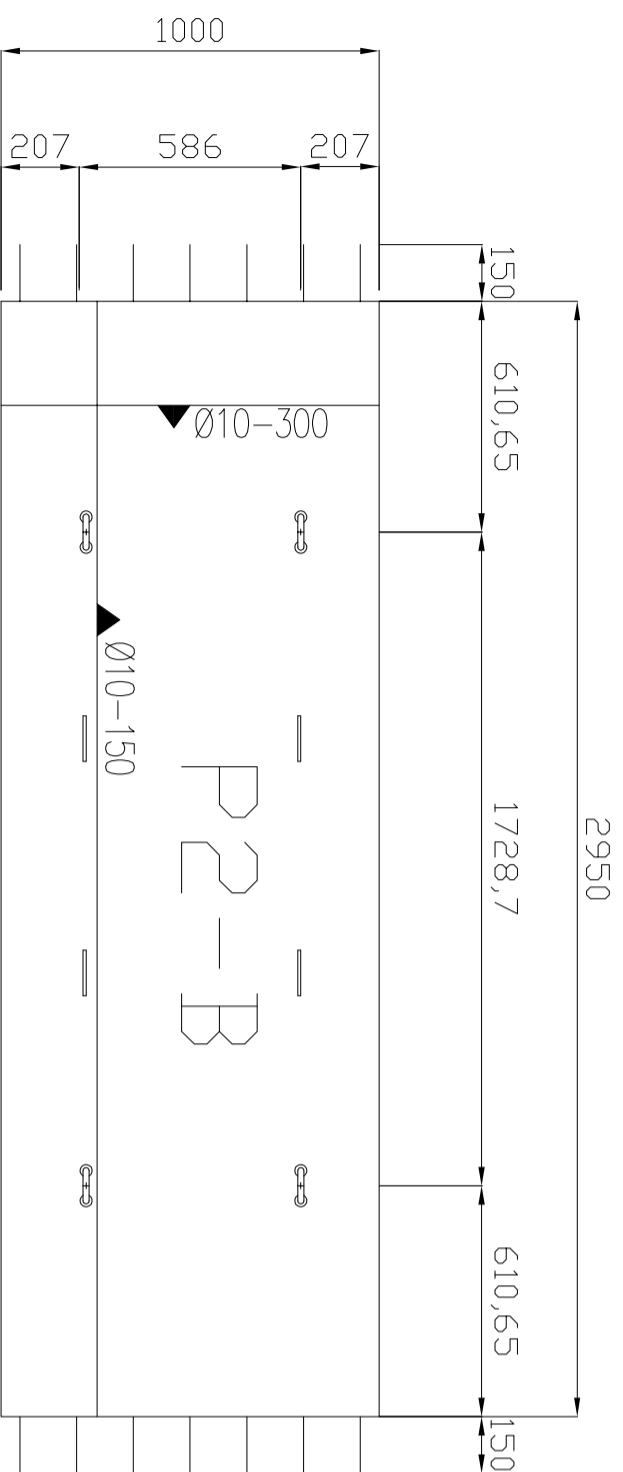
KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-014 23



PENULANGAN PELAT TYPE P2-A

SKALA 1 : 20

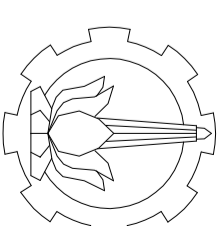


PENULANGAN PELAT TYPE P2-B

SKALA 1 : 20

TABEL PELAT PRECAST

TYPE PELAT	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P2-A	20	140	1000	2950	991	33
P2-B	20	140	1000	2950	991	165
P2-C	20	140	1000	2950	991	33



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

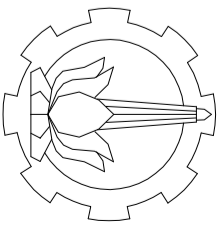
NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT TYPE P2-A-B

Catatan :

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-015 24



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

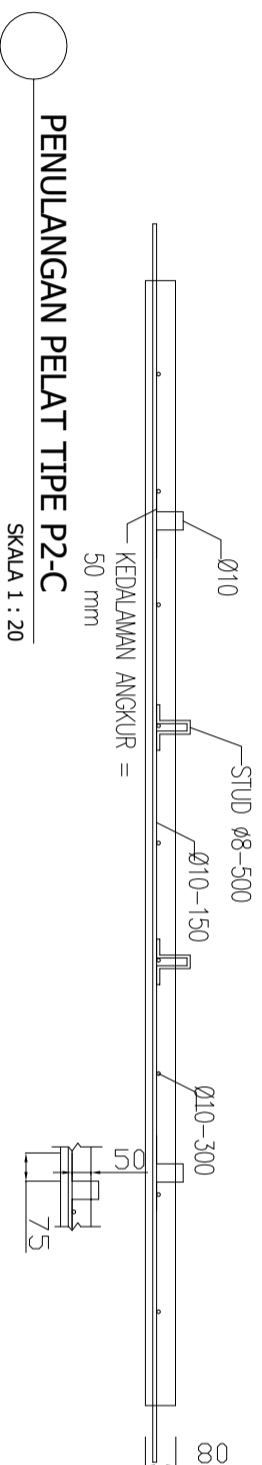
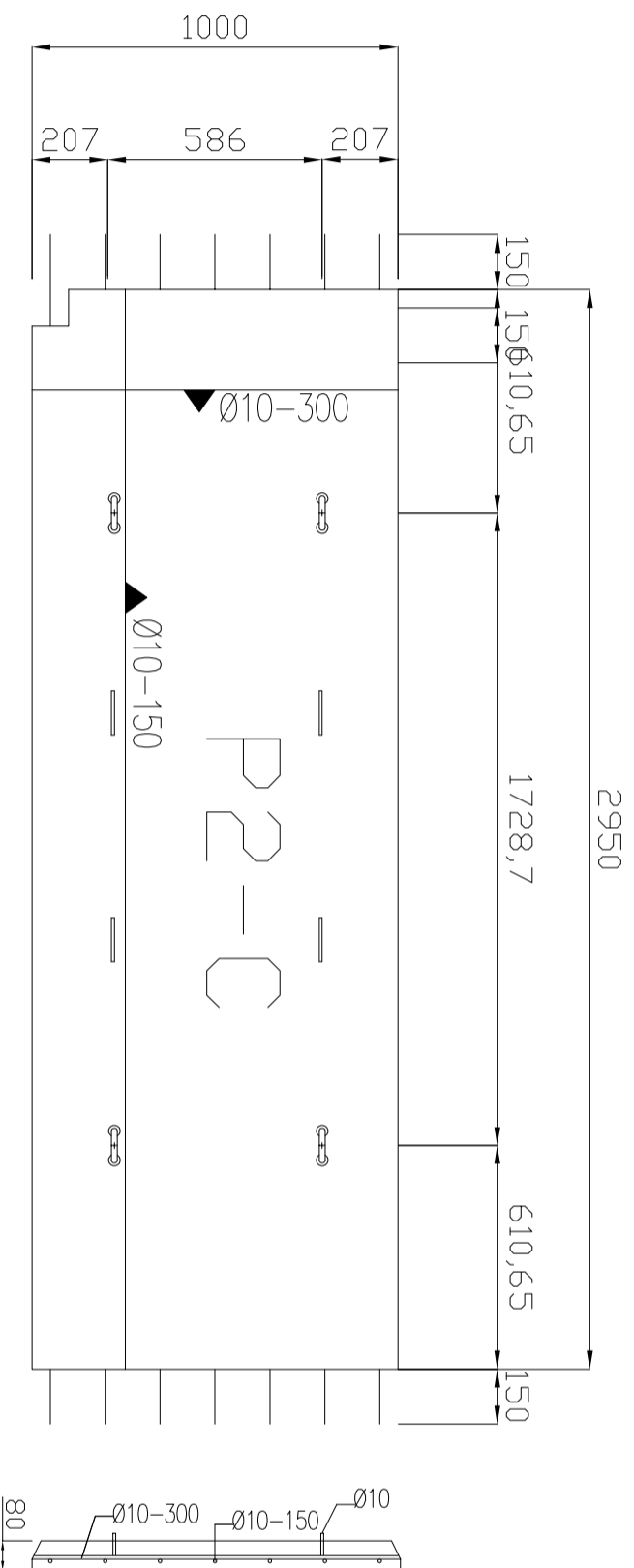
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT TИPE P2 C

Catatan :



PENULANGAN PELAT TИPE P2-C

SKALA 1 : 20

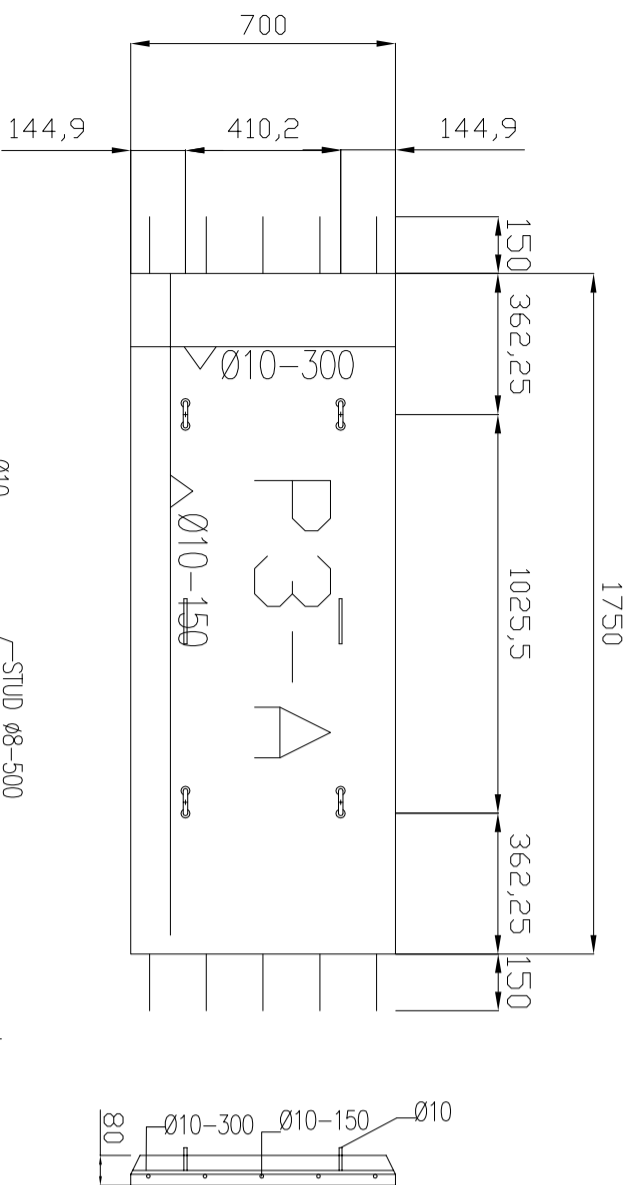
TABEL PELAT PRECAST

TИPE PELAT	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P2-A	20	140	1000	2950	991	33
P2-B	20	140	1000	2950	991	165
P2-C	20	140	1000	2950	991	33

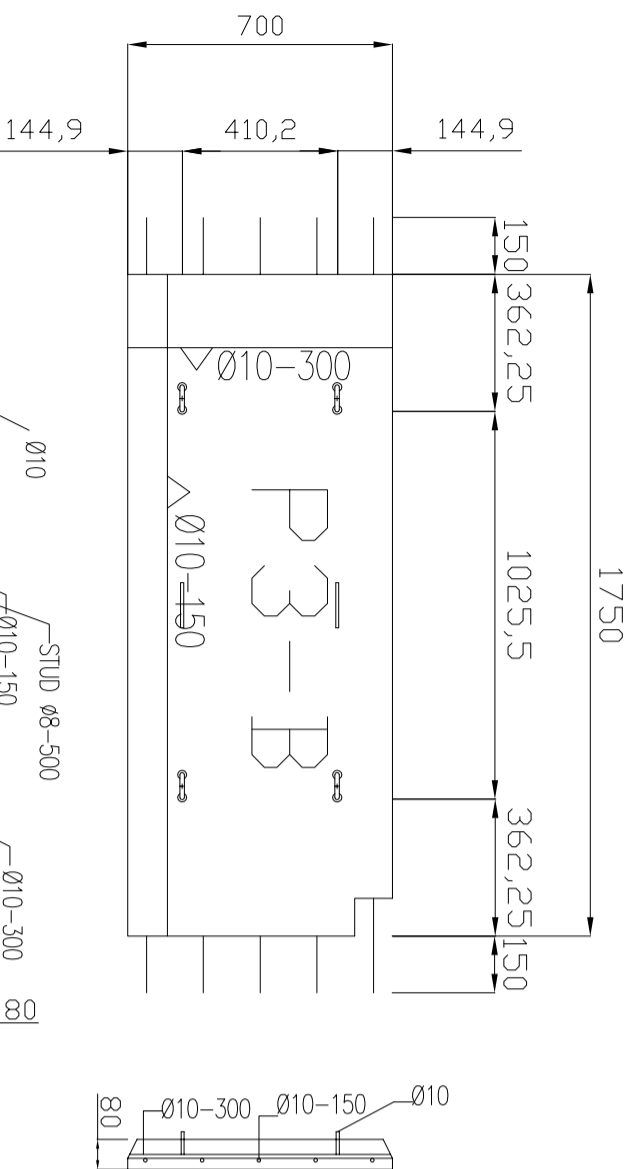
KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-016

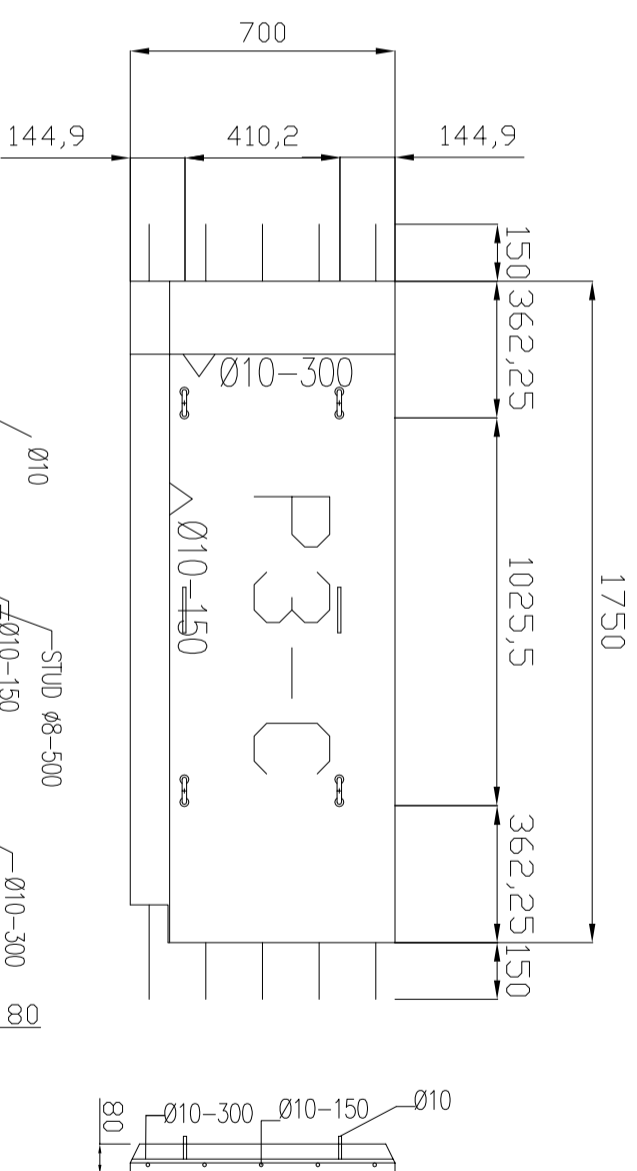
25



PENULANGAN PELAT TYPE P3-A
SKALA 1 : 20



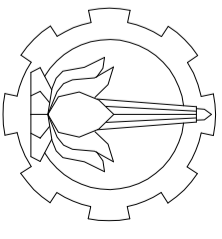
PENULANGAN PELAT TYPE P3-B
SKALA 1 : 20



PENULANGAN PELAT TYPE P3-C
SKALA 1 : 20

TABEL PELAT PRECAST

TYPE PELAT	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P3-A	20	140	700	1750	991	396
P3-B	20	140	700	1750	991	33
P3-C	20	140	700	1750	991	33



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

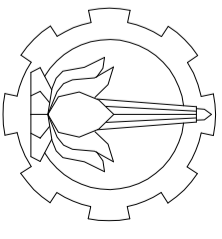
NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT TYPE P3
A,B DAN C

Catatan :

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-017 26



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

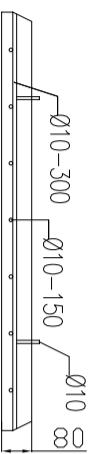
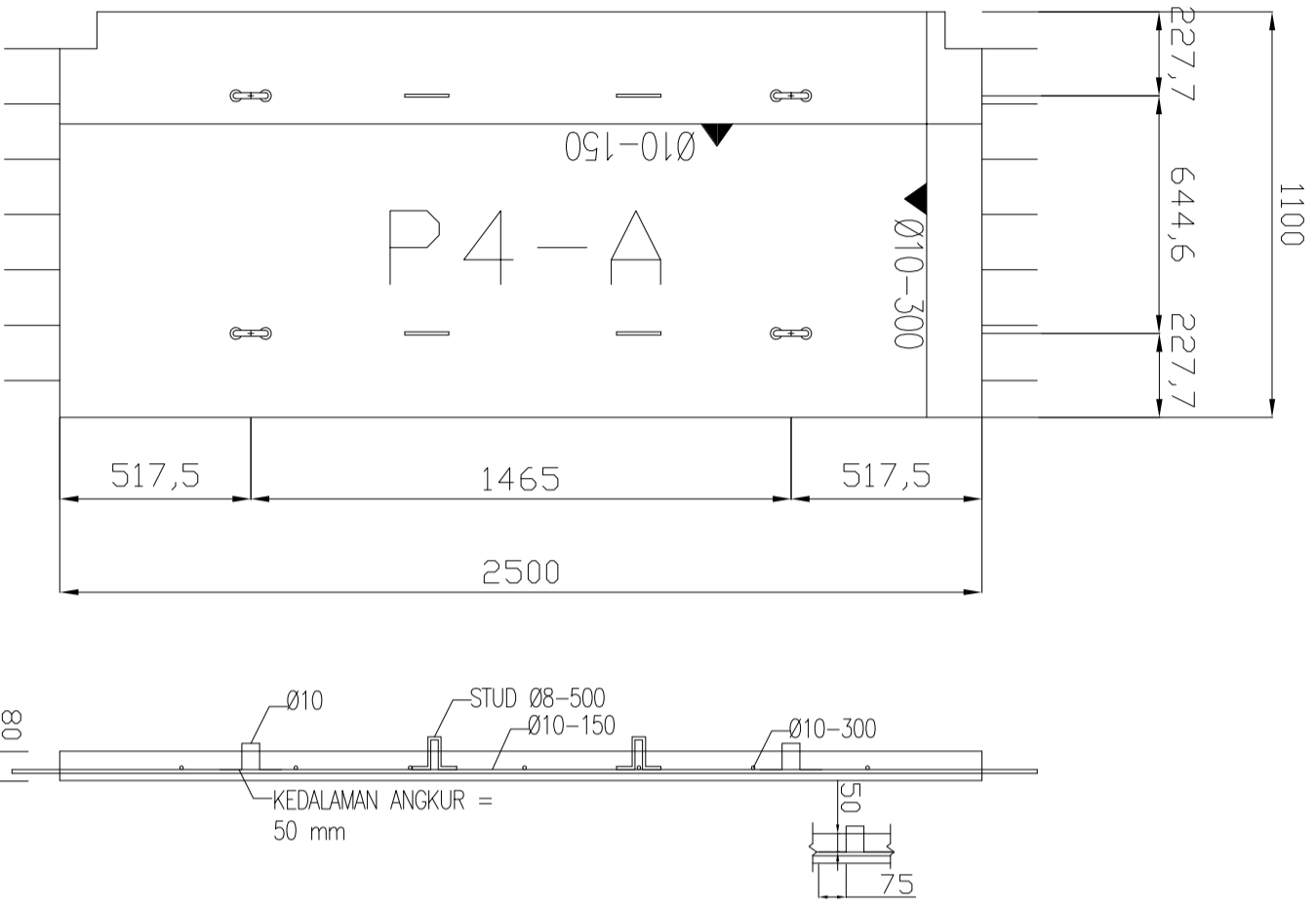
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

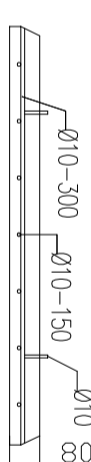
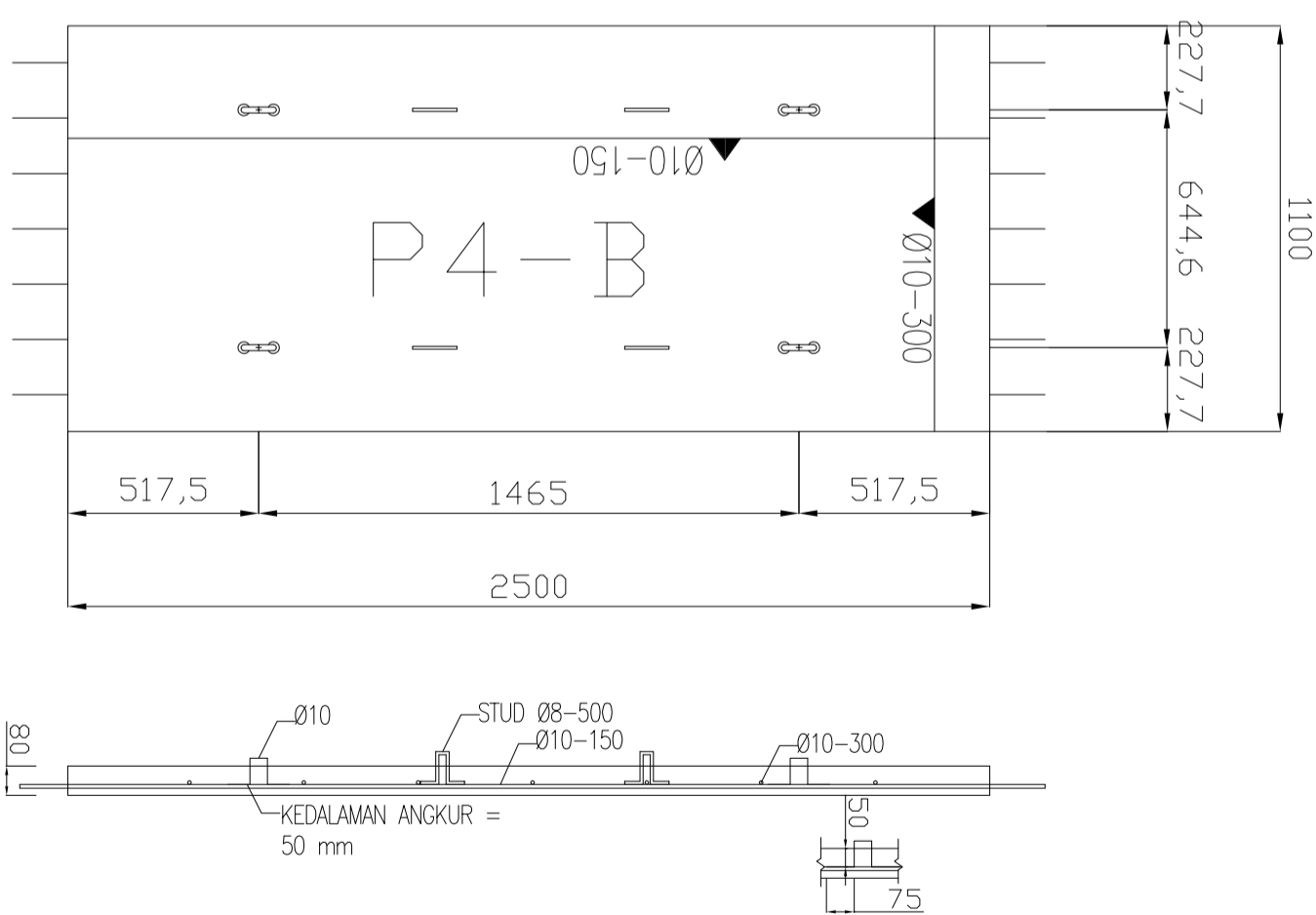
PENULANGAN PELAT TYPE P4-A-B

Catatan :



PENULANGAN PELAT TYPE P4-A

SKALA 1 : 20



PENULANGAN PELAT TYPE P4-B

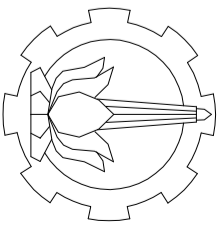
SKALA 1 : 20

TABEL PELAT PRECAST

TYPE PELAT	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P4-A	20	140	1100	2500	924	13
P4-B	20	140	1100	2500	924	25
P4-C	20	140	1100	2500	924	13

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-018 27



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

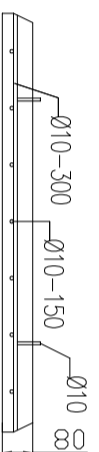
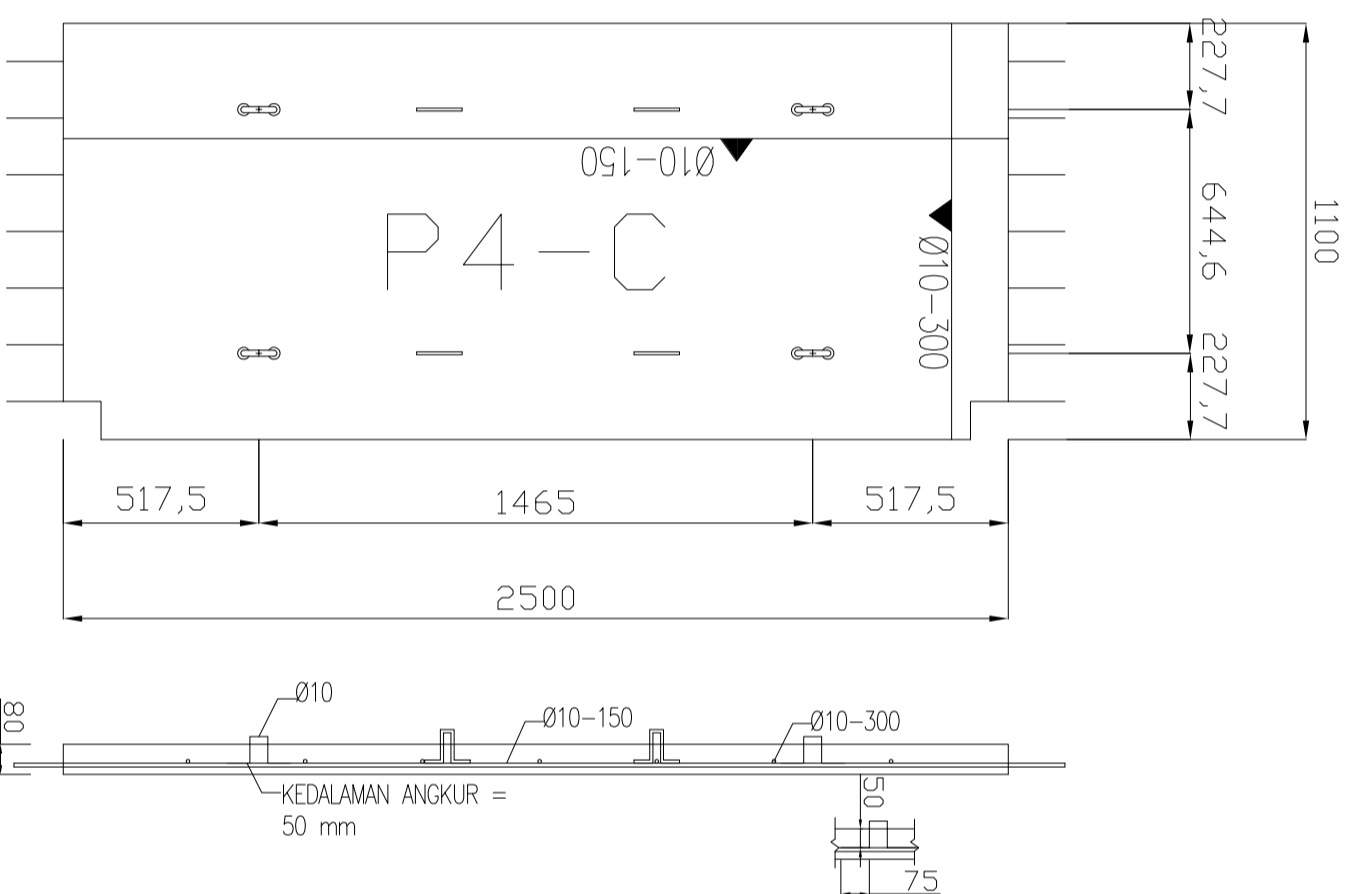
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

PENDULANGAN PELAT TИPE P4 C

Catatan :



PENDULANGAN PELAT TИPE P4-C

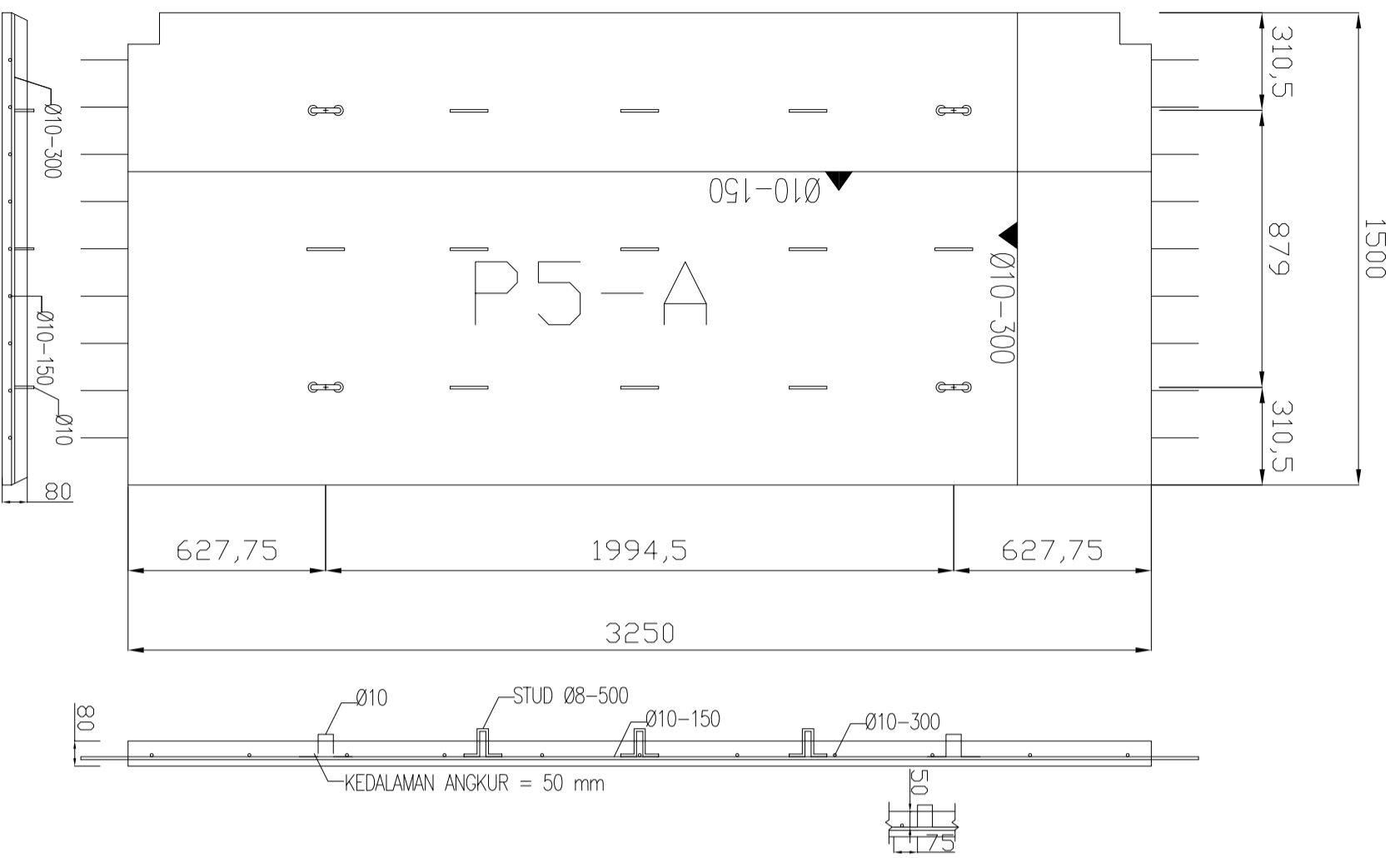
SKALA 1 : 20

TABEL PELAT PRECAST

TИPE PELAT	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P4-A	20	140	1100	2500	924	13
P4-B	20	140	1100	2500	924	25
P4-C	20	140	1100	2500	924	13

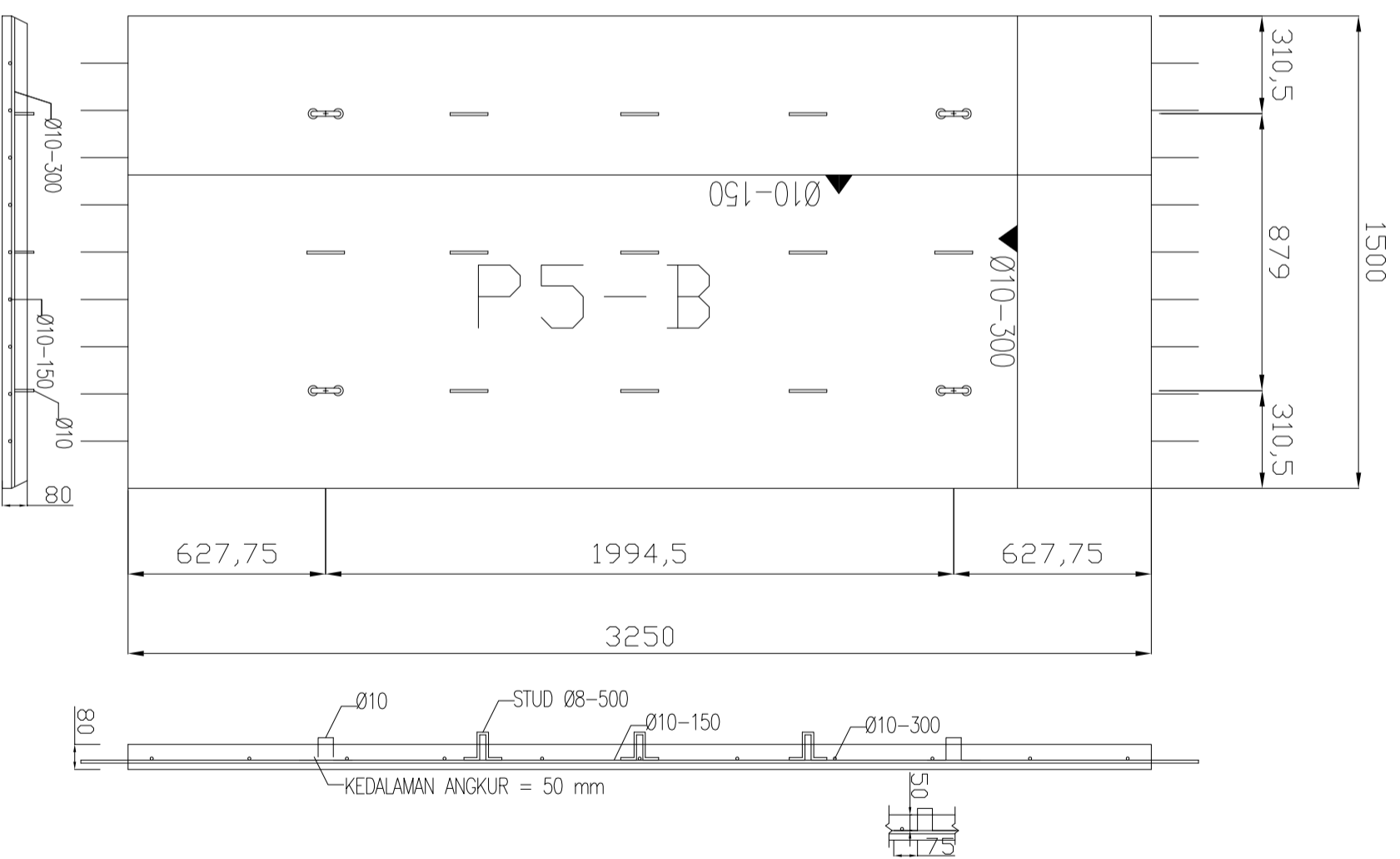
KODE GMBR NO. LMBR

STR-019 28



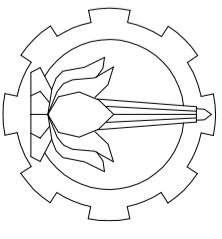
PENULANGAN PELAT TYPE P5-A

SKALA 1 : 20



PENULANGAN PELAT TYPE P5-B

SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

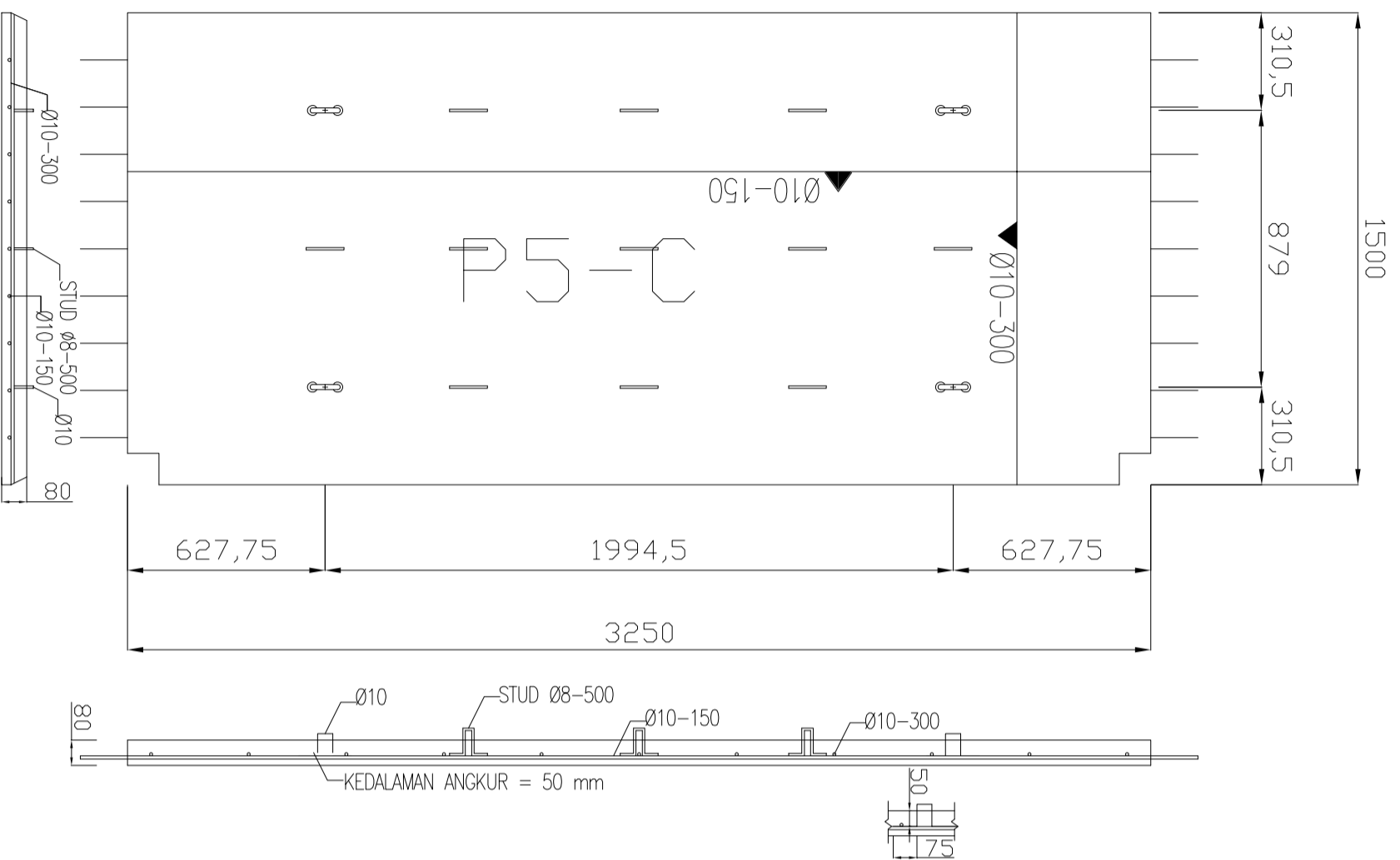
Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT TYPE P5-A-B

Catatan :

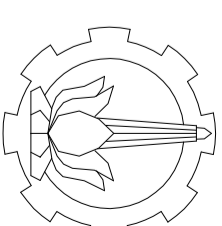
KODE GAMBR	NO. LAMBR
STR-020	29



PENULANGAN PELAT TYPE P5-C
SKALA 1 : 20

TABEL PELAT PRECAST

Tipe Pelat	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P5-A	20	140	1500	3250	1638	11
P5-B	20	140	1500	3250	1638	22
P5-C	20	140	1500	3250	1638	11



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

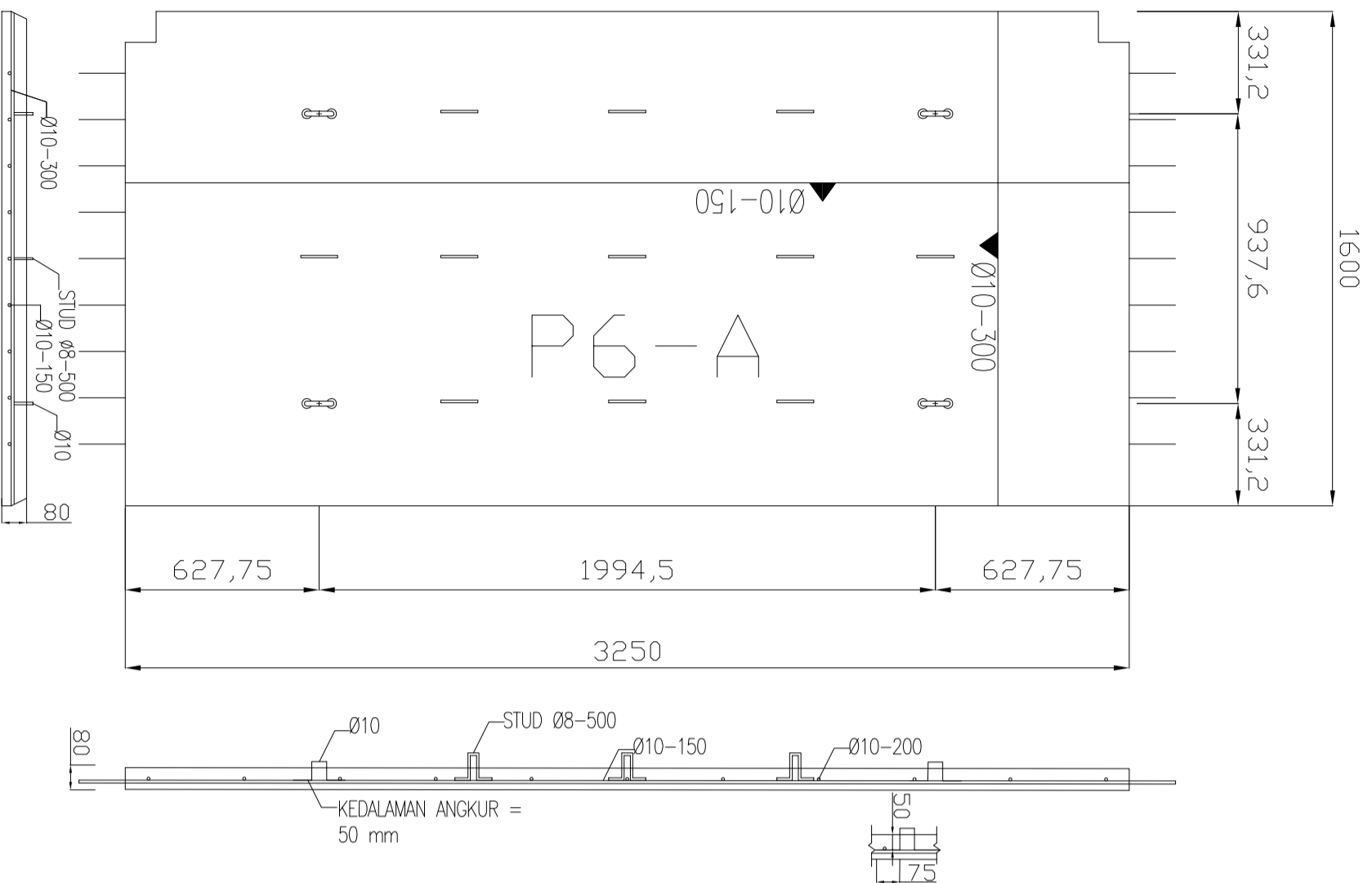
Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT TYPE P5 C

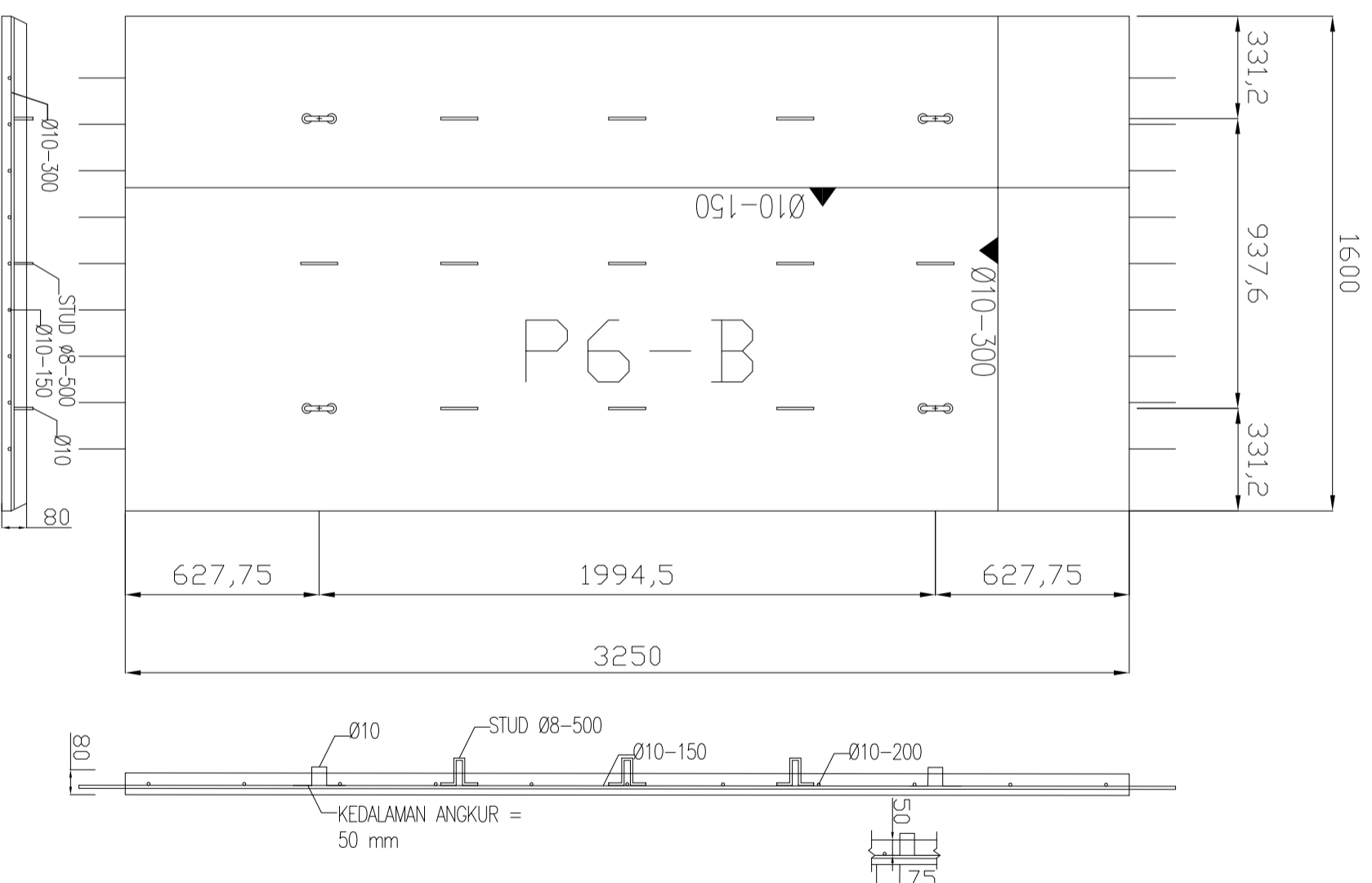
Catatan :

KODE GAMBR	NO. LAMBR
STR-021	30



PENULANGAN PELAT TYPE P6-A

SKALA 1 : 20

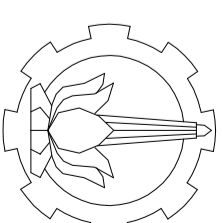


PENULANGAN PELAT TYPE P6-B

SKALA 1 : 20

TABEL PELAT PRECAST

TYPE PELAT	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P6-A	20	140	1600	3250	1747	11
P6-B	20	140	1600	3250	1747	11



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

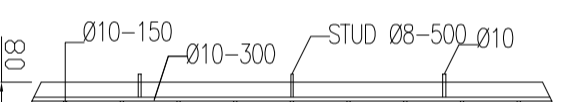
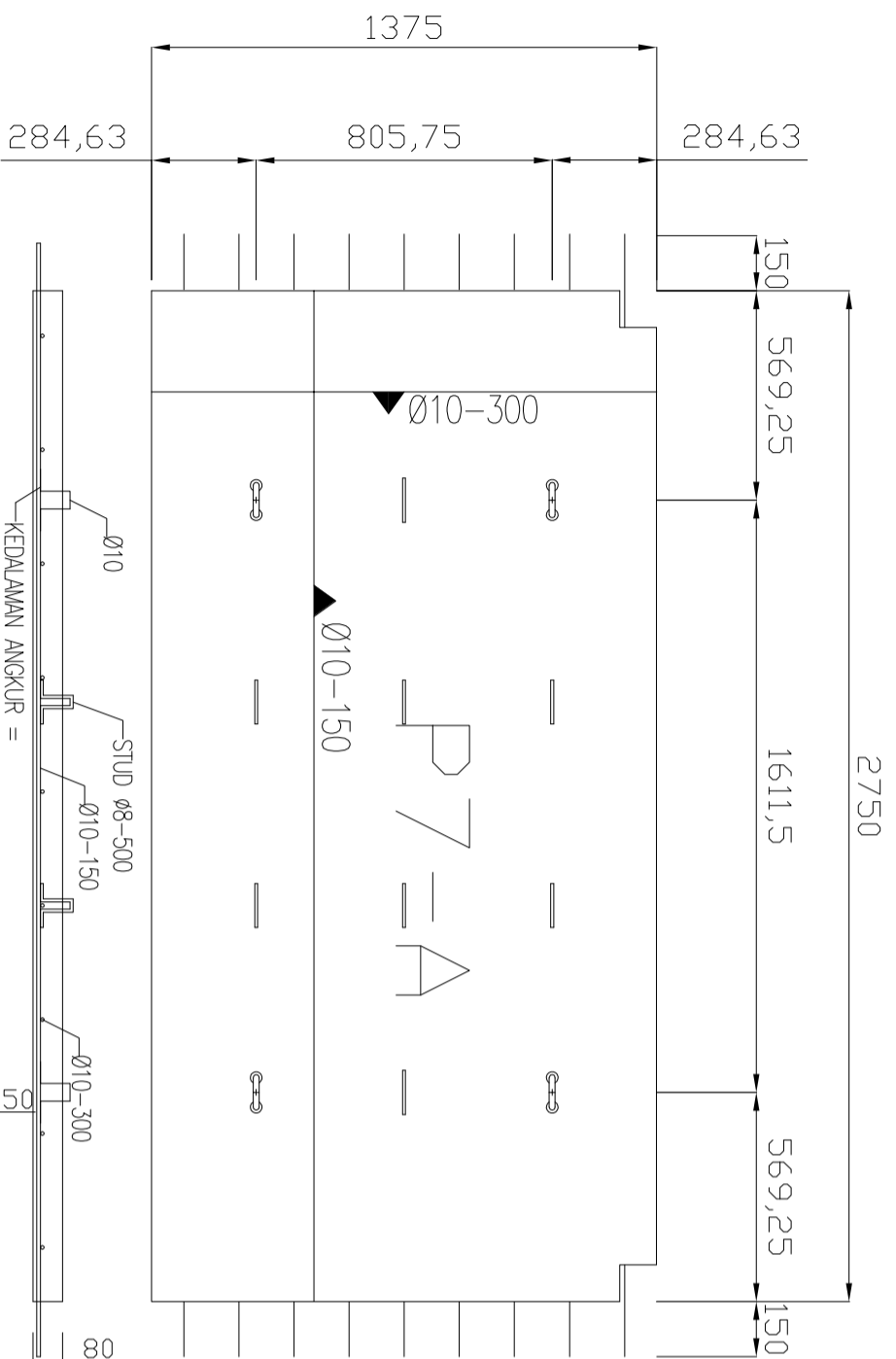
NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT TYPE P6-A-B

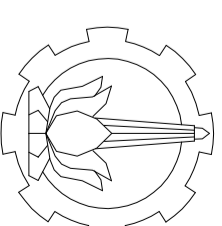
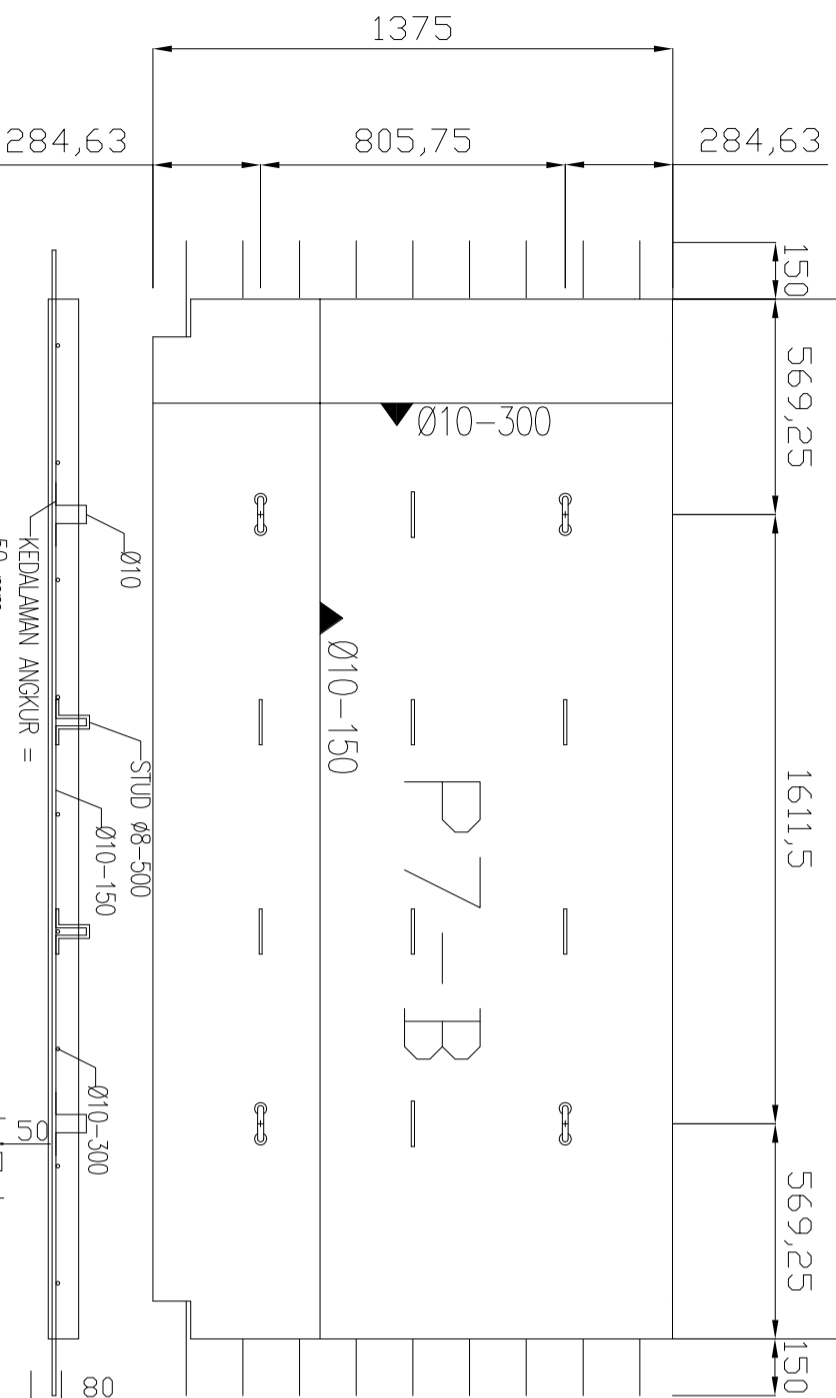
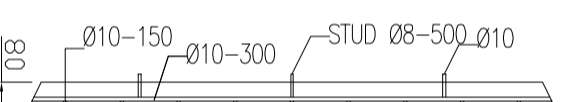
Catatan :

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-022 31



TABEL PELAT PRECAST						
TYPE PELAT	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH
P7-A	20	140	1375	2750	1271	11
P7-B	20	140	1375	2750	1271	11



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

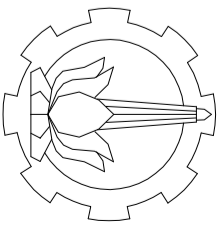
NAMA GAMBAR

PENJALANGAN PELAT TYPE P7-A-B

Catatan :

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-023 32



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

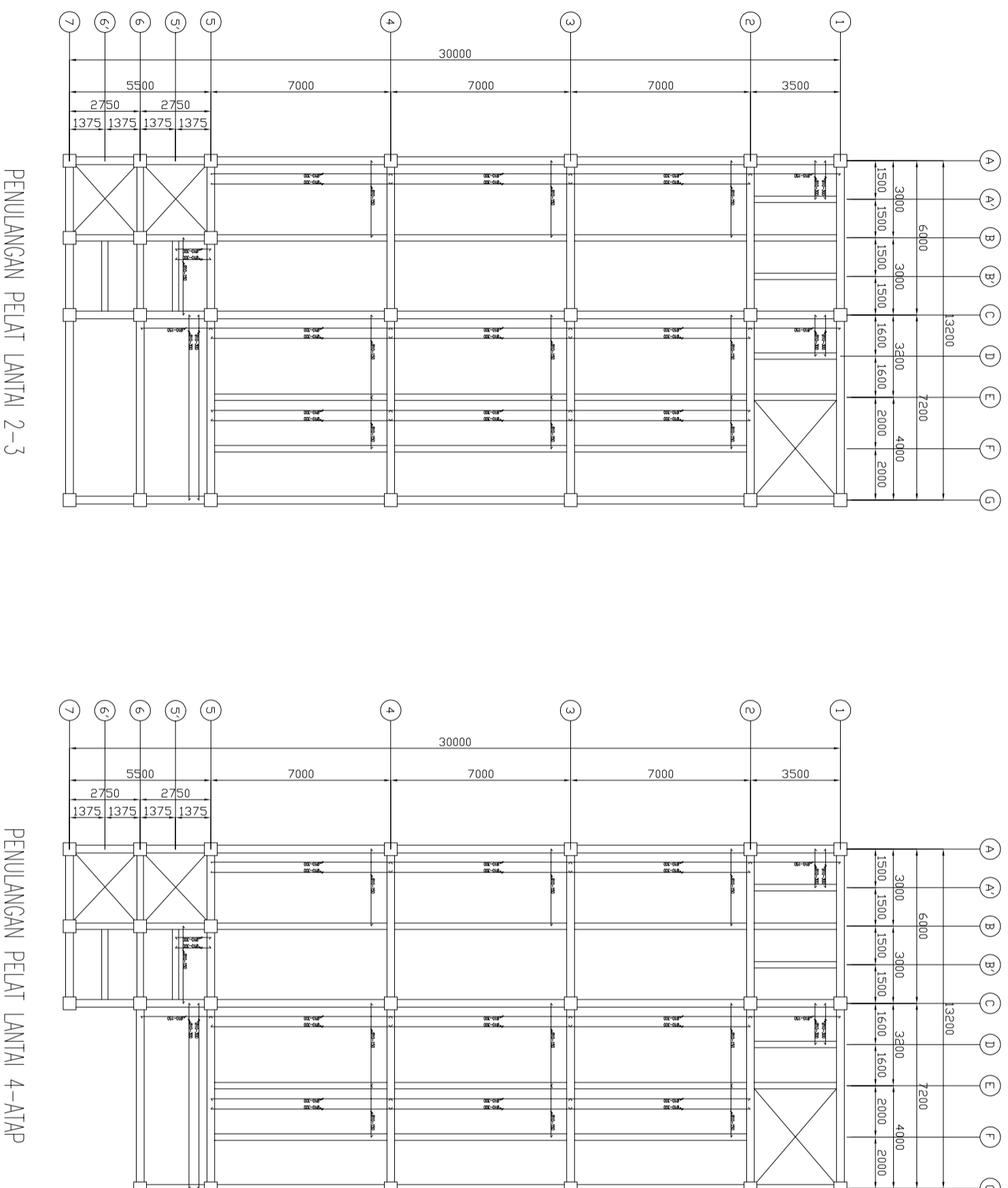
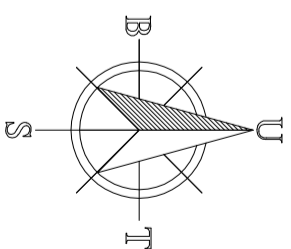
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT LANTAI

Catatan :



PENULANGAN PELAT LANTAI 2-3

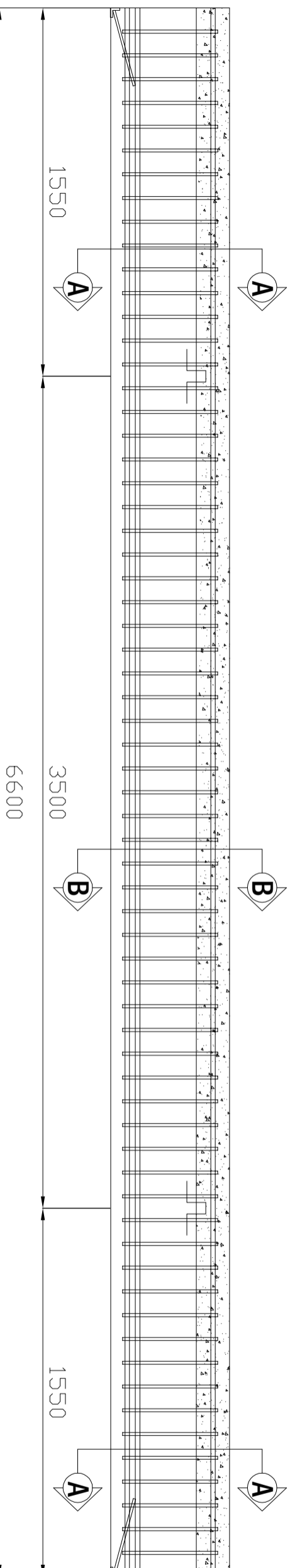
PENULANGAN PELAT LANTAI 4-ATAP

PENULANGAN PELAT LANTAI

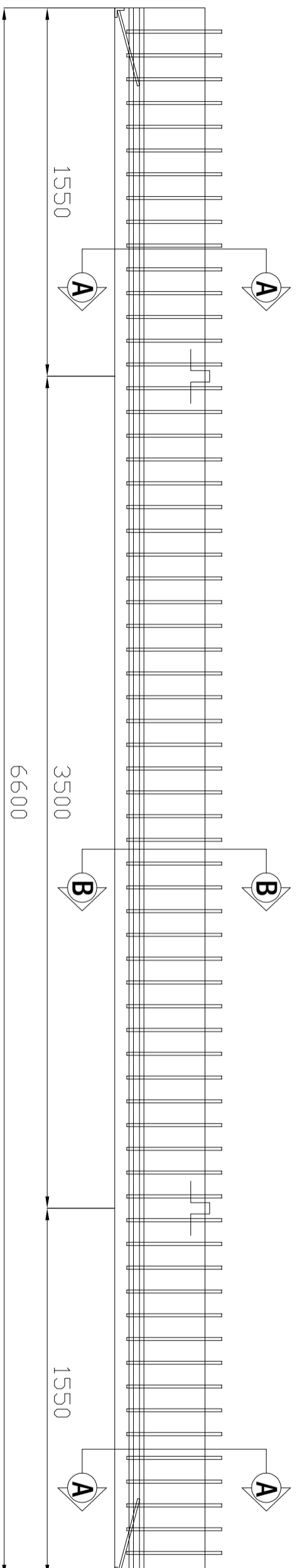
SKALA 1 : 200



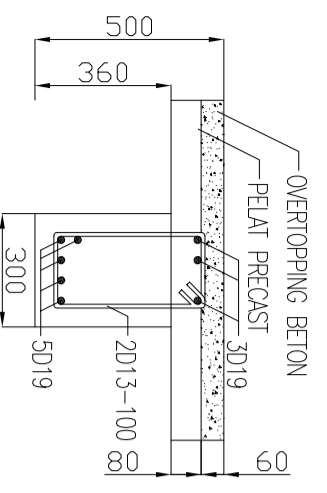
KODE GAMBR	NO. LAMBR
STR-024	33



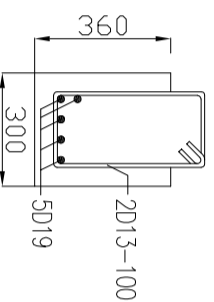
BALOK ANAK SETELAH KOMPOSIT



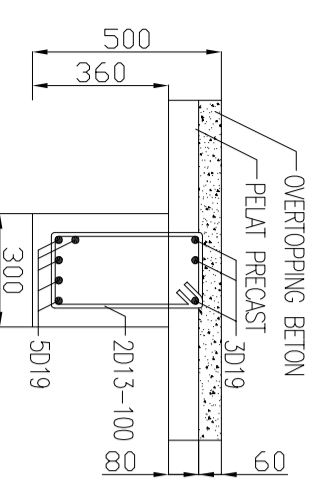
BALOK ANAK SEBELUM KOMPOSIT



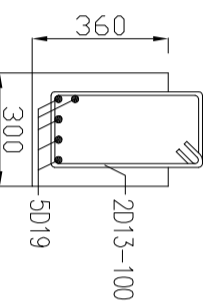
POT A-A SETELAH KOMPOSIT



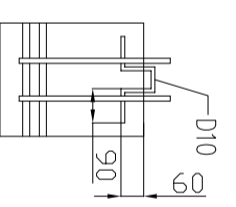
POT A-A SEBELUM KOMPOSIT



POT B-B SETELAH KOMPOSIT



POT B-B SEBELUM KOMPOSIT

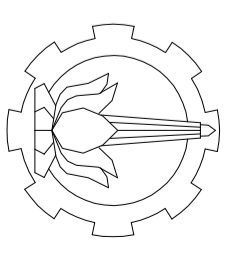


DETAIL TULANGAN ANGKAT

TABEL BALOK ANAK PRECAST						
TIPE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH
BA1	50	6600	300	360	3,42	99
BA2	50	3100	300	360	0,80	55
BA3	50	2400	300	360	0,62	22

PENULANGAN BALOK ANAK TIPE BA 1

SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

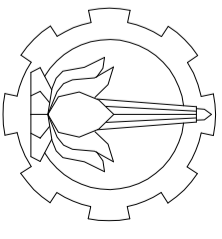
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK ANAK
TIPE BA 1

Catatan :

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-025 34



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

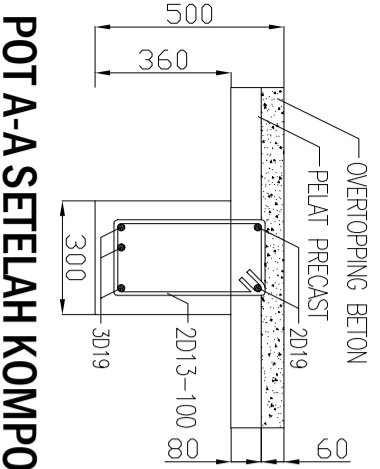
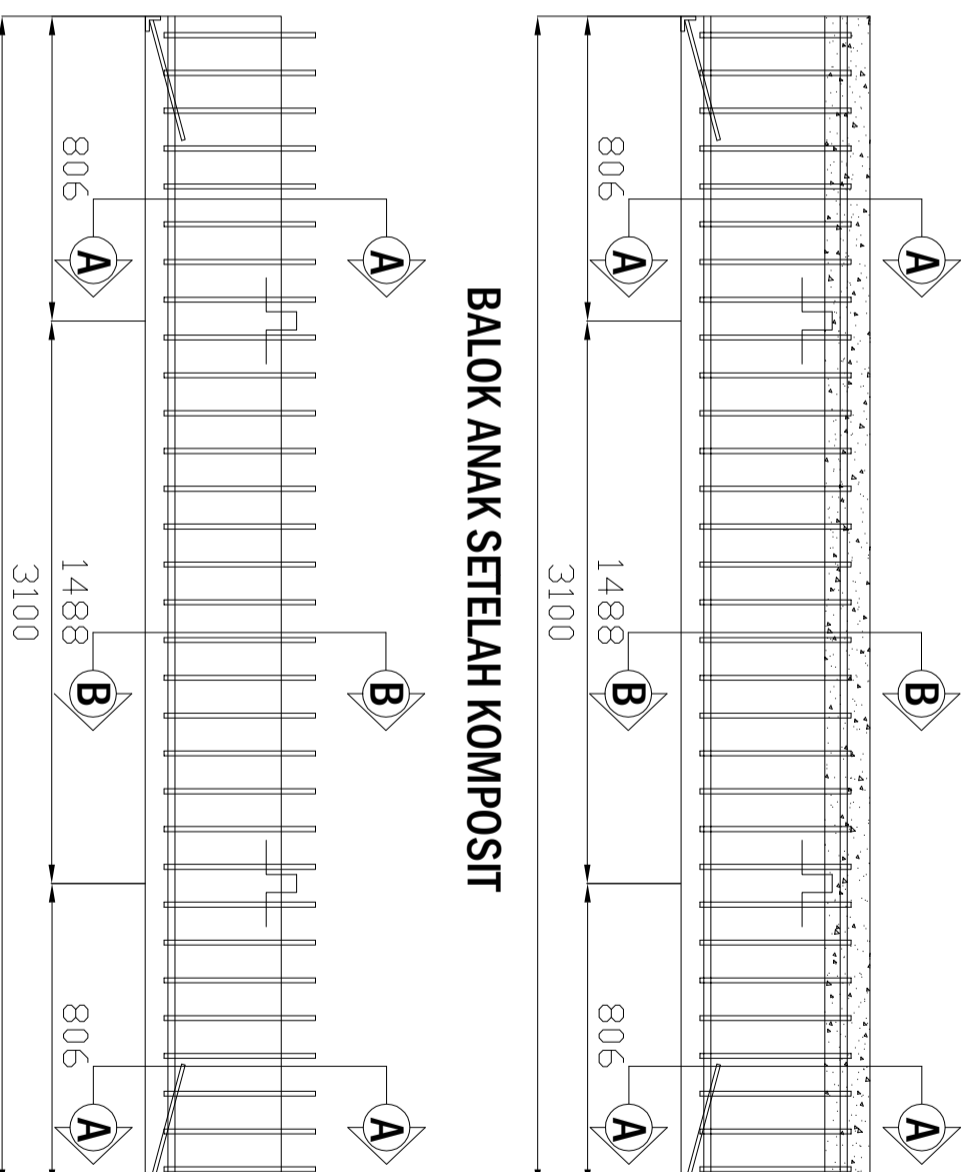
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK ANAK
TIPE BA 2

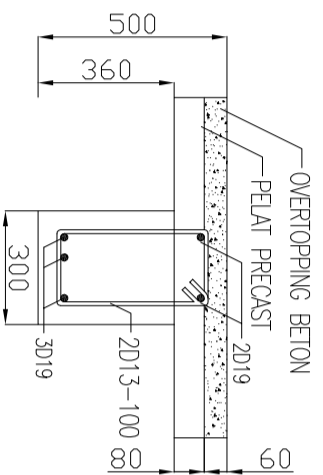
Catatan :

TABEL BALOK ANAK PRECAST						
TIPE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH
BA1	50	6600	300	360	3,42	99
BA2	50	3100	300	360	0,80	55
BA3	50	2400	300	360	0,62	22

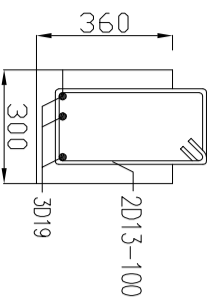
BALOK ANAK SEBELUM KOMPOSIT



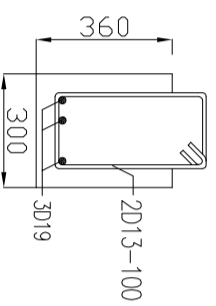
POT A-A SETELAH KOMPOSIT



POT B-B SETELAH KOMPOSIT

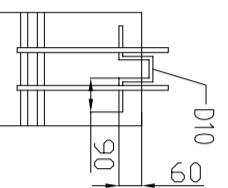


POT A-A SEBELUM KOMPOSIT



POT B-B SEBELUM KOMPOSIT

DETAIL TULANGAN ANGKAT



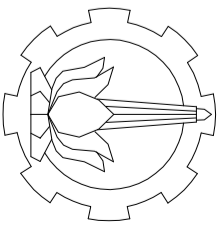
PENULANGAN BALOK ANAK TIPE BA 2

SKALA 1 : 20

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-026

35



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

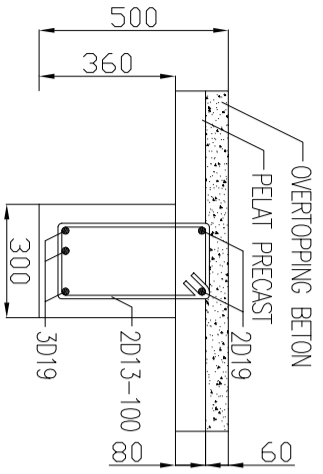
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

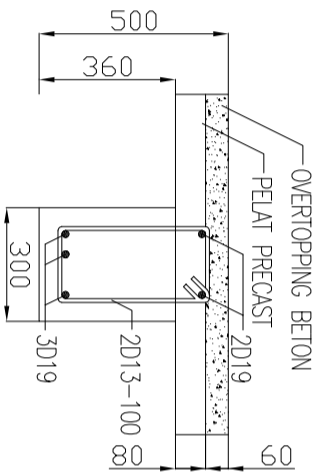
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK ANAK
 TPE BA 3

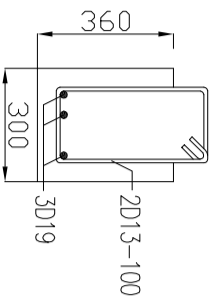
Catatan :



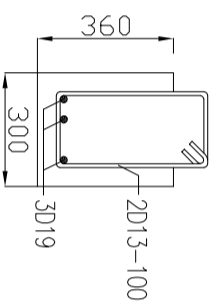
POT A-A SETELAH KOMPOSIT



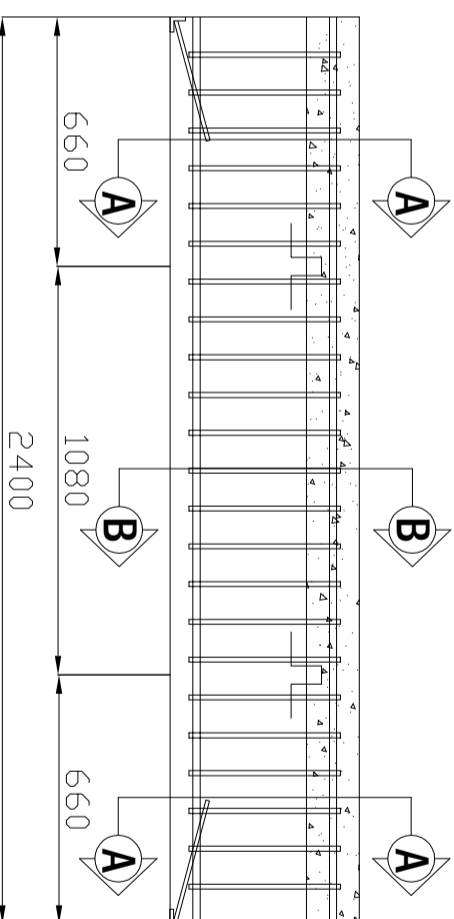
POT B-B SETELAH KOMPOSIT



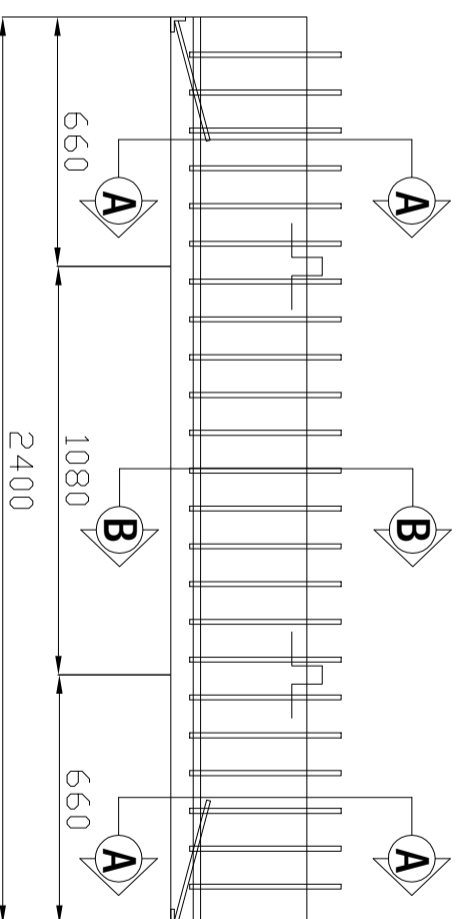
POT A-A SEBELUM KOMPOSIT



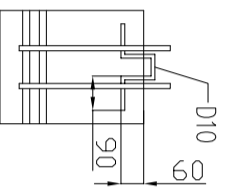
POT B-B SEBELUM KOMPOSIT



BALOK ANAK SETELAH KOMPOSIT



BALOK ANAK SEBELUM KOMPOSIT



DETAIL TULANGAN ANGKAT

TABEL BALOK ANAK PRECAST

TPE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH
BA1	50	6600	300	360	3,42	99
BA2	50	3100	300	360	0,80	55
BA3	50	2400	300	360	0,62	22

PENULANGAN BALOK ANAK TPE BA 3

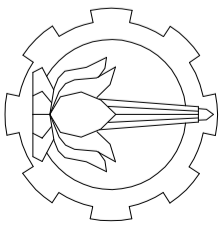
SKALA 1 : 20

KODE GAMBR

STR-027

NO. LAMBR

36



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

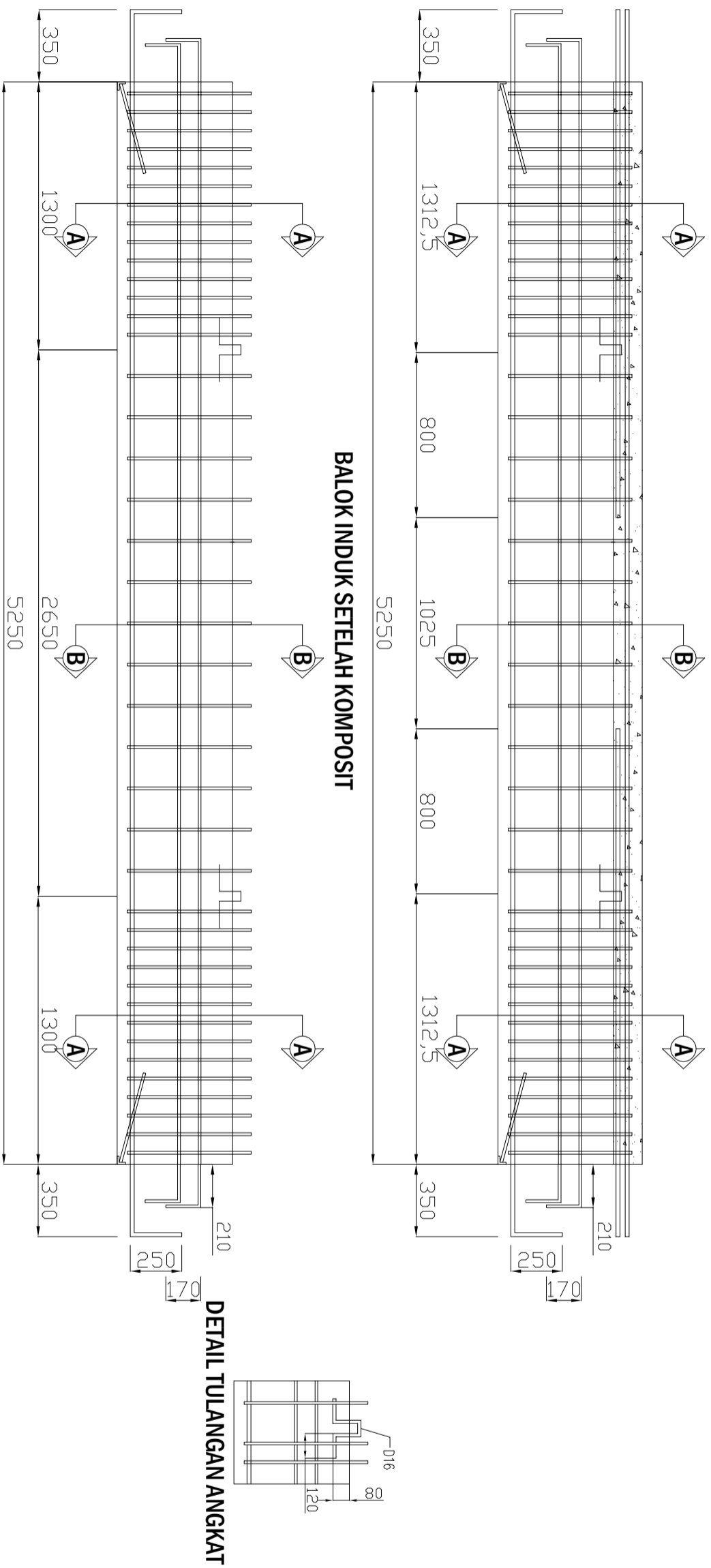
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

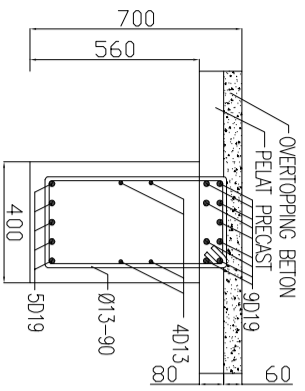
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK INDUK
 TIPE BI 1

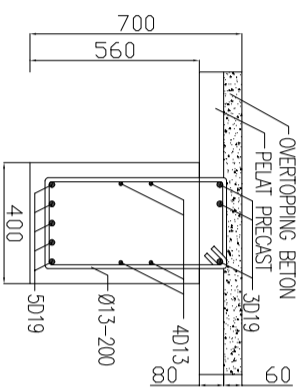
Catatan :



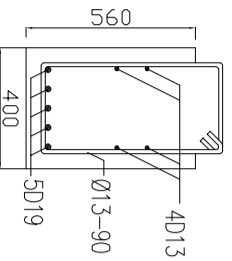
TABEL BALOK INDUK PRECAST						
TIPE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH
BI1	50	5250	400	560	2,82	44
BI2	50	6450	400	560	3,47	68
BI3	50	6250	400	560	3,36	99
BI4	50	2000	400	560	1,08	57
BI5	50	2250	400	560	1,21	66
BI6	50	2750	400	560	1,48	33



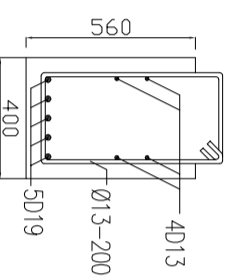
POT A-A SELELAH KOMPOSIT



POT B-B SELELAH KOMPOSIT



POT A-A SEBELUM KOMPOSIT



POT B-B SEBELUM KOMPOSIT

PENULANGAN BALOK INDUK TIPE BI 1

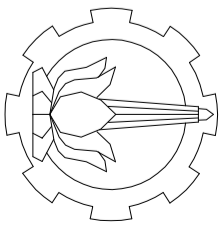
SKALA 1 : 25

KODE GAMBR

STR-028

NO. LAMBR

37



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

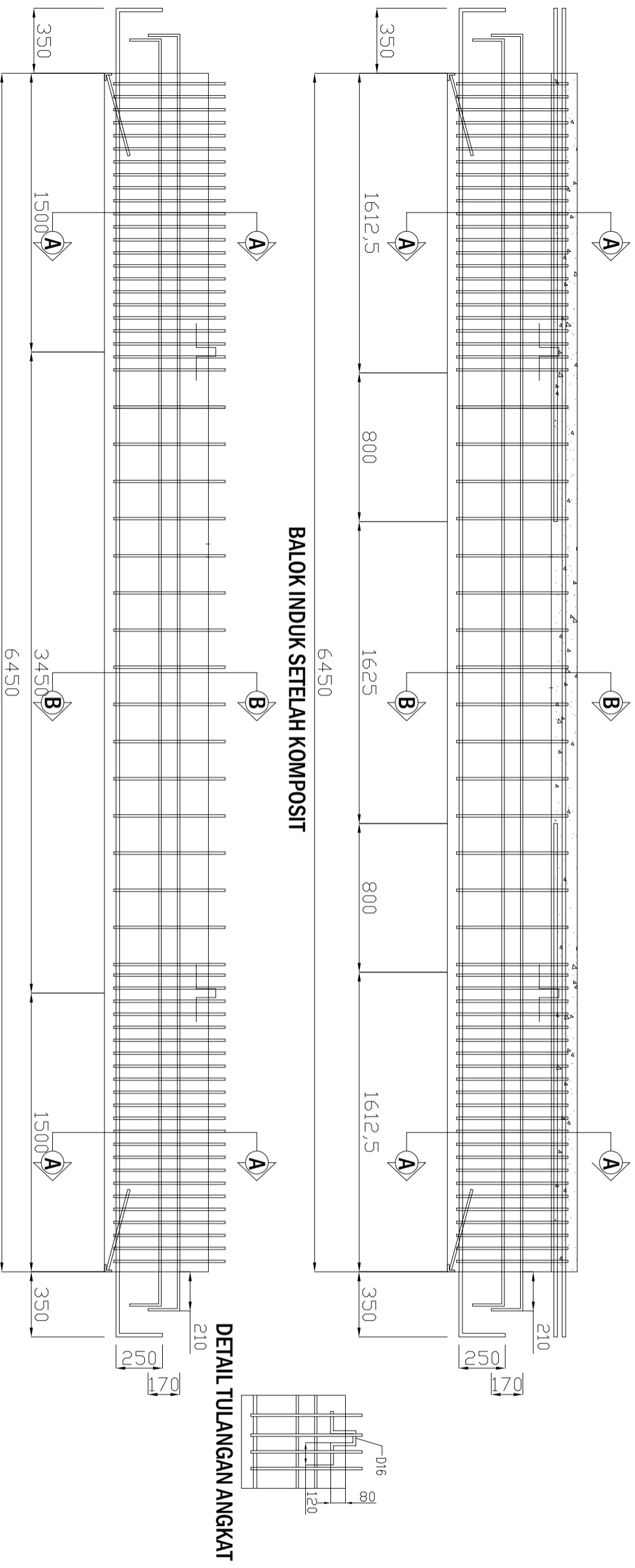
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

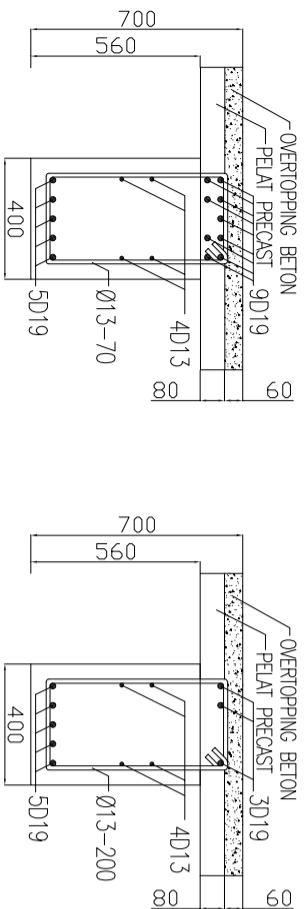
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK INDUK
TIPE BI 2

Catatan :

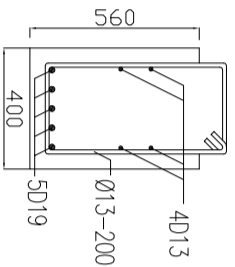
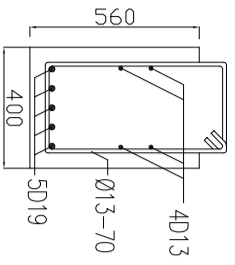


BALOK INDUK SEBELUM KOMPOSIT



POT A-A SEBELUM KOMPOSIT

POT B-B SEBELAH KOMPOSIT



POT A-A SEBELUM KOMPOSIT

POT B-B SEBELUM KOMPOSIT

TABEL BALOK INDUK PRECAST						
TIBE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH
B11	50	5250	400	560	2,82	44
B12	50	6450	400	560	3,47	68
B13	50	6250	400	560	3,36	99
B14	50	2000	400	560	1,08	57
B15	50	2250	400	560	1,21	66
B16	50	2750	400	560	1,48	33

PENULANGAN BALOK INDUK TIPE BI 2

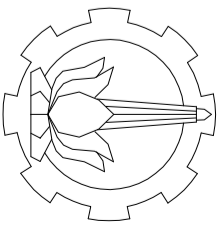
SKALA 1 : 25

KODE GAMBR

NO. LAMBR

STR-029

38



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

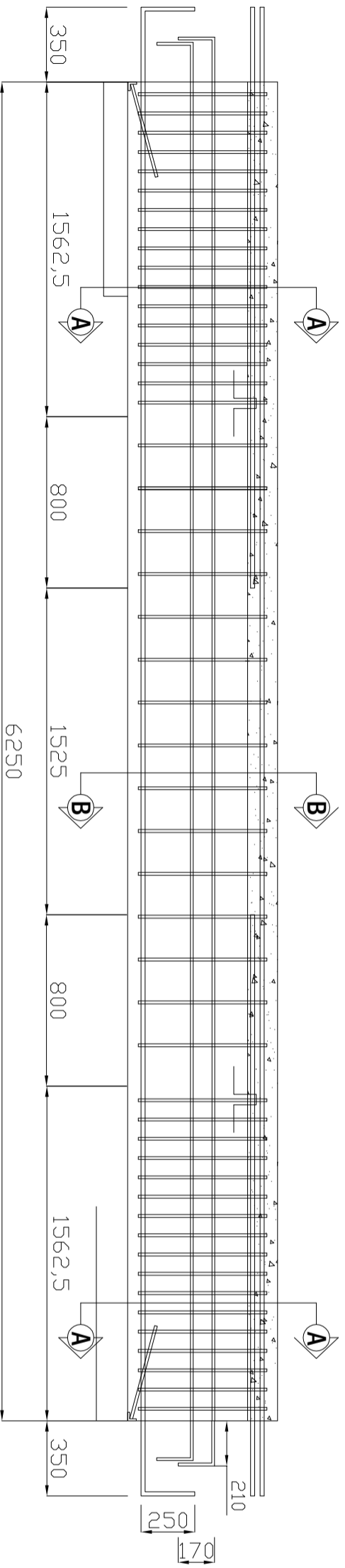
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

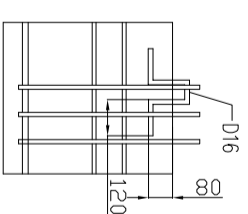
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK INDUK
TIPE BI 3

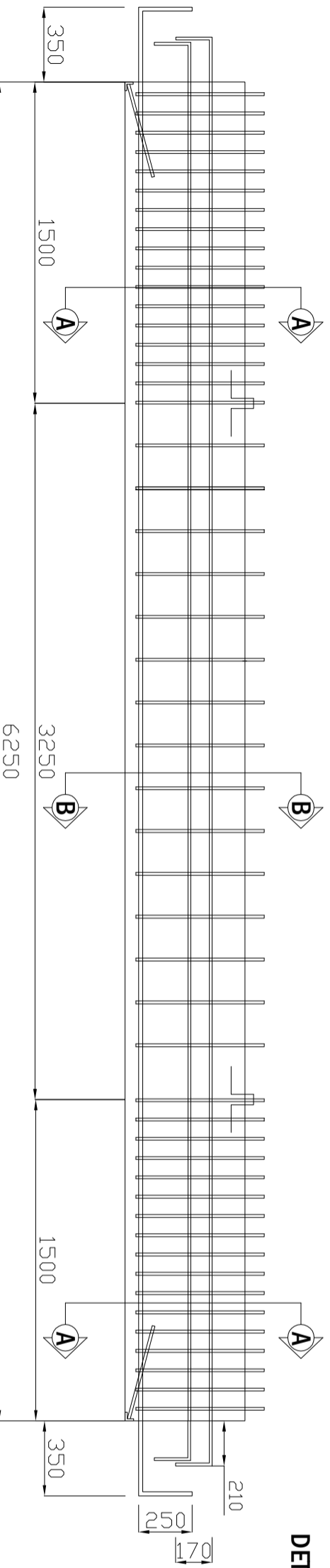
Catatan :



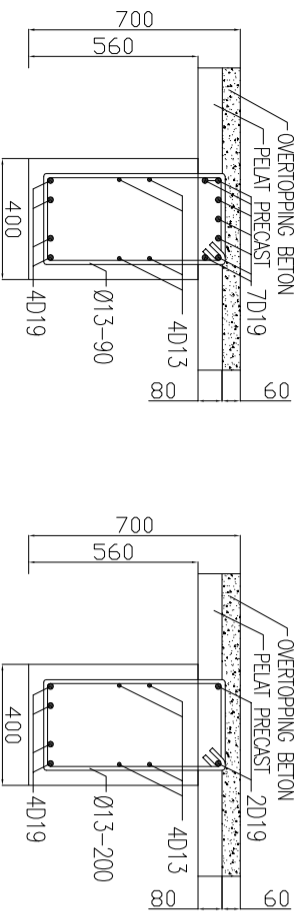
BALOK INDUK SETELAH KOMPOSIT



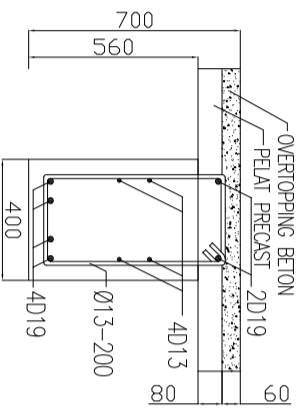
DETAIL TULANGAN ANGKAT



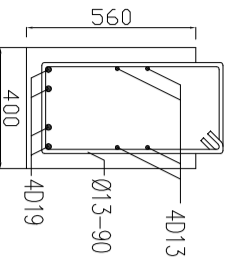
BALOK INDUK SEBELUM KOMPOSIT



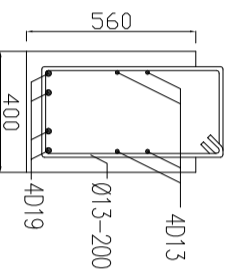
POT A-A SEBELUM KOMPOSIT



POT B-B SETELAH KOMPOSIT



POT A-A SEBELUM KOMPOSIT



POT B-B SEBELUM KOMPOSIT

TABEL BALOK INDUK PRECAST						
TIBE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH
B11	50	5250	400	560	2,82	44
B12	50	6450	400	560	3,47	68
B13	50	6250	400	560	3,36	99
B14	50	2000	400	560	1,08	57
B15	50	2250	400	560	1,21	66
B16	50	2750	400	560	1,48	33

PENULANGAN BALOK INDUK TIPE BI 3

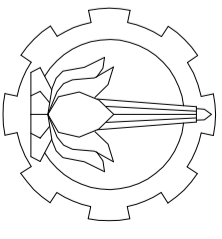
SKALA 1 : 25

KODE GAMBR

STR-030

NO. LAMBR

39



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

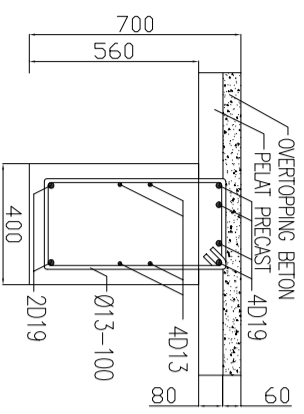
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

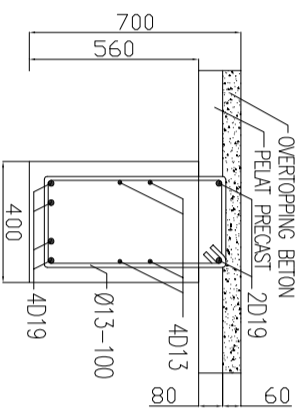
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK INDUK
TIPE BI 4

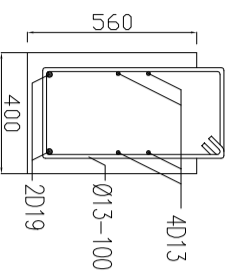
Catatan :



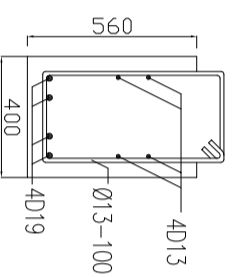
POT A-A SEBELUM KOMPOSIT



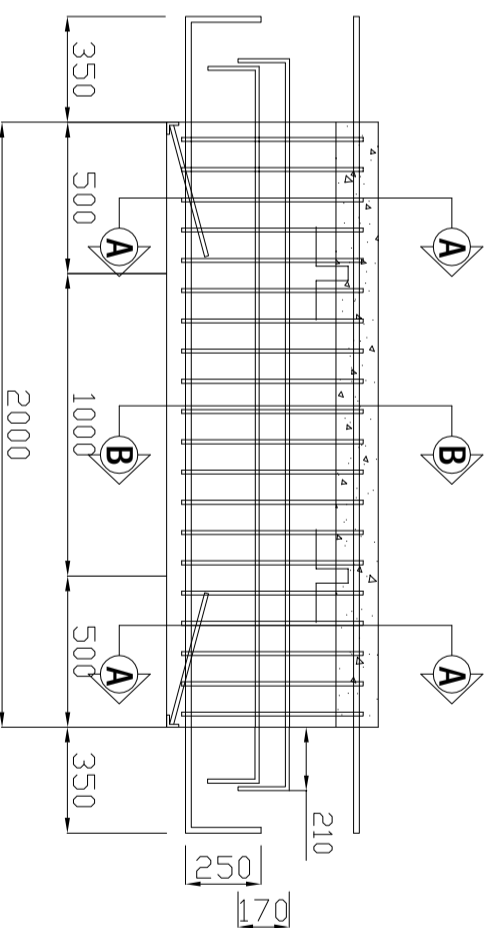
POT B-B SEBELUM KOMPOSIT



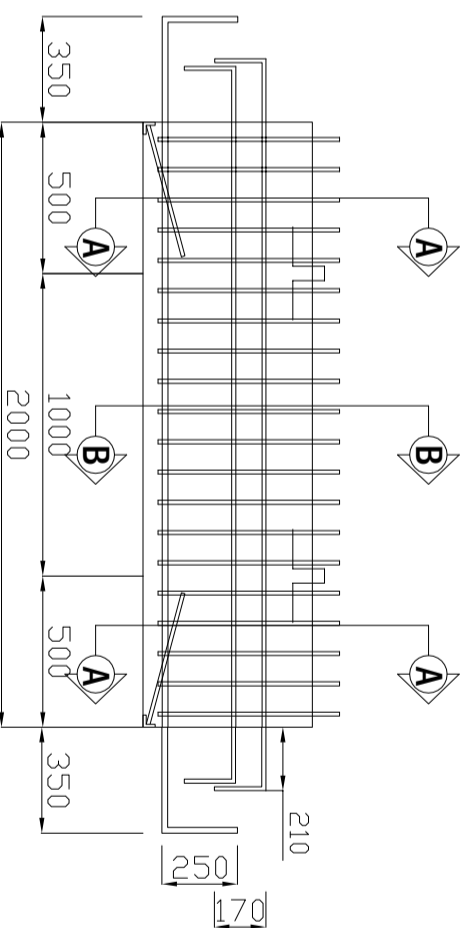
POT A-A SEBELUM KOMPOSIT



POT B-B SEBELUM KOMPOSIT

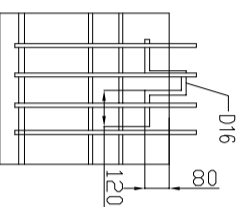


BALOK INDUK SETELAH KOMPOSIT



BALOK INDUK SEBELUM KOMPOSIT

DETAIL TULANGAN ANGKAT



TABEL BALOK INDUK PRECAST						
TIBE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH
B11	50	5250	400	560	2,82	44
B12	50	6450	400	560	3,47	68
B13	50	6250	400	560	3,36	99
B14	50	2000	400	560	1,08	57
B15	50	2250	400	560	1,21	66
B16	50	2750	400	560	1,48	33

PENULANGAN BALOK INDUK TIPE BI 4

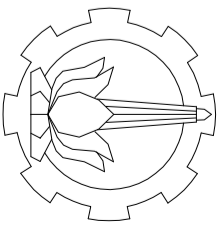
SKALA 1 : 25

KODE GAMBR

STR-031

NO. LAMBR

40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

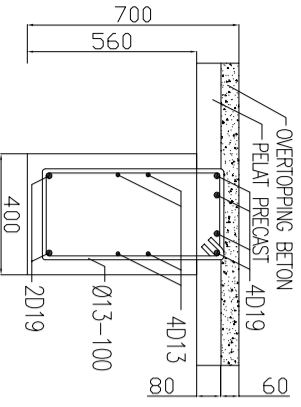
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

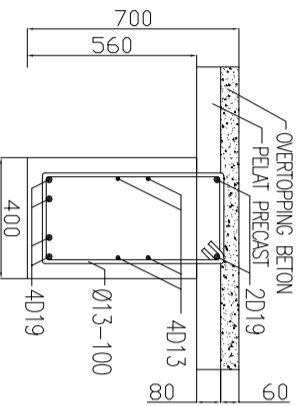
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK INDUK
Tipe B1 5

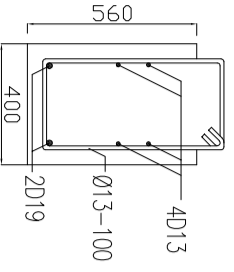
Catatan :



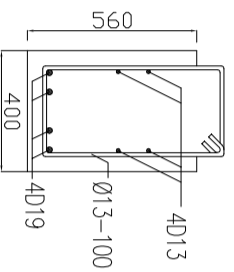
POT A-A SETELAH KOMPOSIT



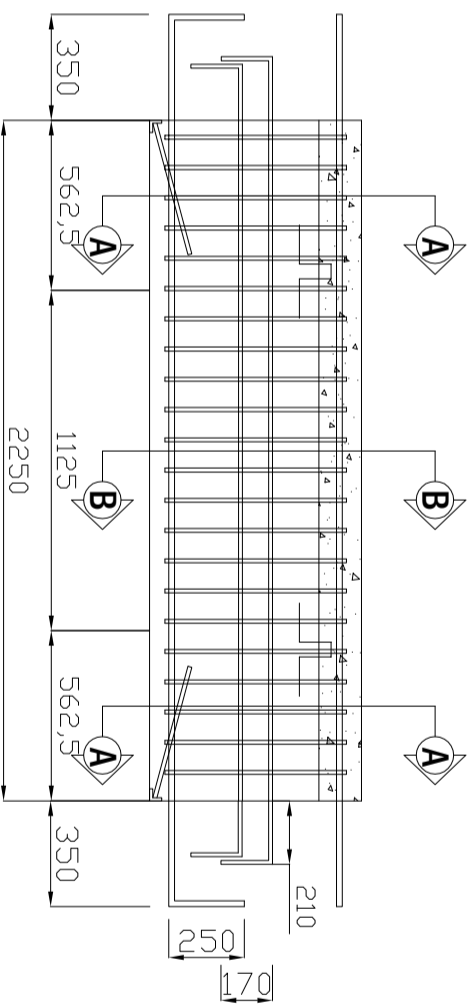
POT B-B SETELAH KOMPOSIT



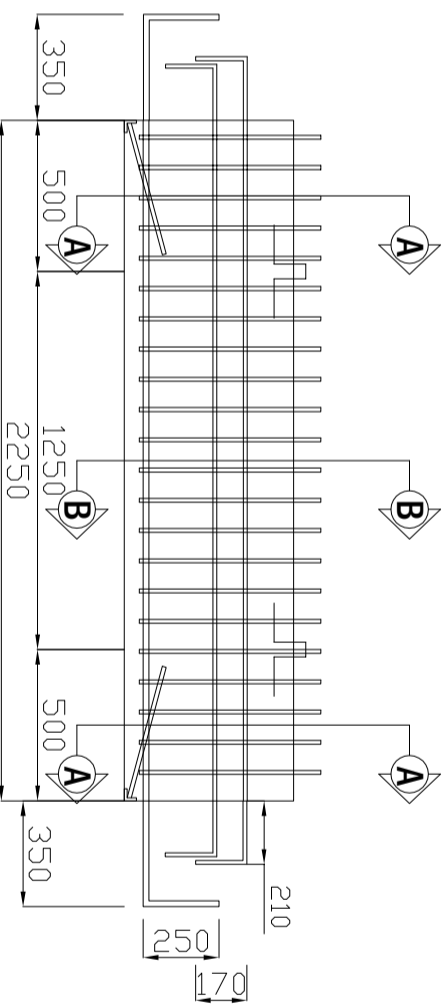
POT A-A SEBELUM KOMPOSIT



POT B-B SEBELUM KOMPOSIT

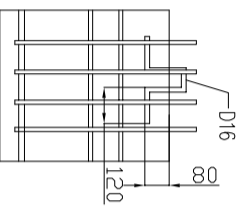


BALOK INDUK SETELAH KOMPOSIT



BALOK INDUK SEBELUM KOMPOSIT

DETAIL TULANGAN ANGKAT



TABEL BALOK INDUK PRECAST						
Tipe Balok Induk	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	Berat (TON)	Jumlah
B11	50	5250	400	560	2,82	44
B12	50	6450	400	560	3,47	68
B13	50	6250	400	560	3,36	99
B14	50	2000	400	560	1,08	57
B15	50	2250	400	560	1,21	66
B16	50	2750	400	560	1,48	33

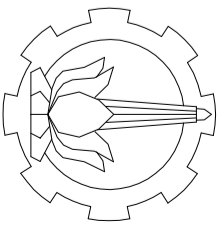
PENULANGAN BALOK INDUK Tipe B1 5

SKALA 1 : 25

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-032

41



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

NAMA MAHASISWA

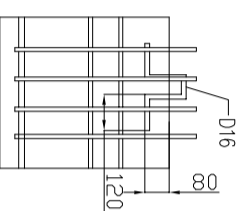
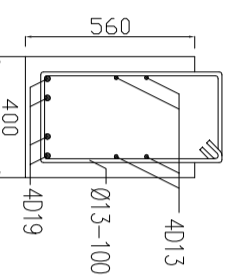
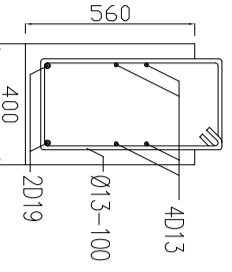
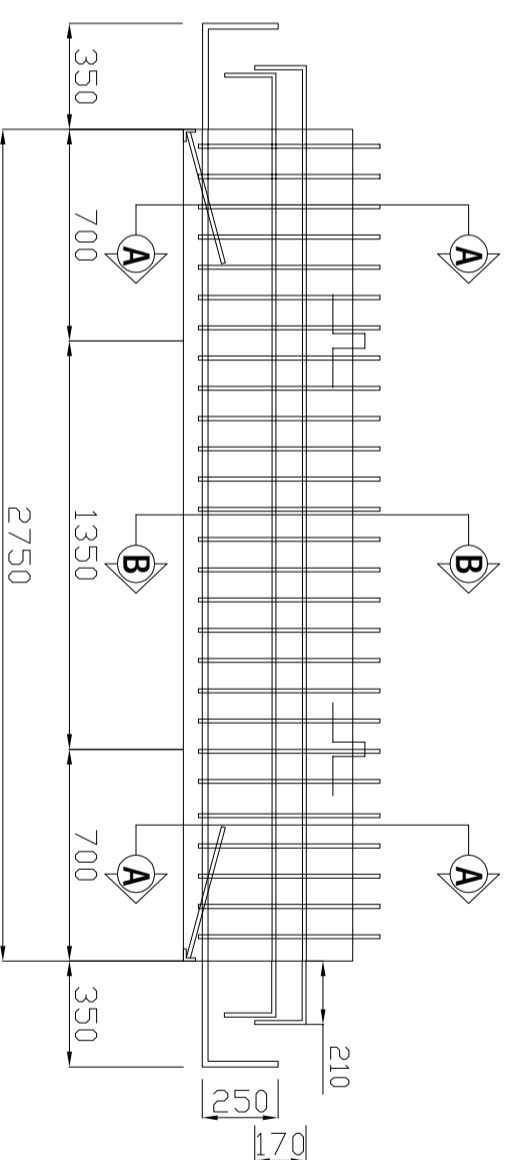
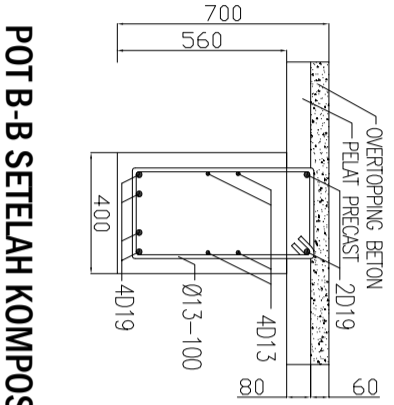
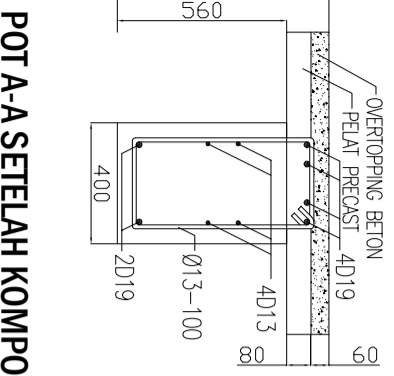
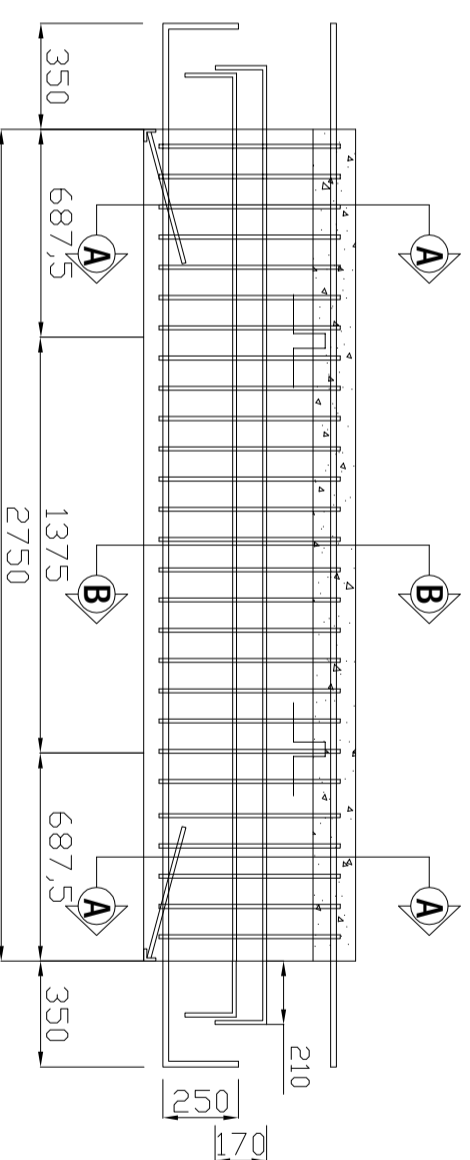
Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK INDUK
 TIPE BI 6

Catatan :

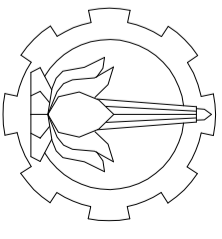
TABEL BALOK INDUK PRECAST						
TIPE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH
B11	50	5250	400	560	2,82	44
B12	50	6450	400	560	3,47	68
B13	50	6250	400	560	3,36	99
B14	50	2000	400	560	1,08	57
B15	50	2250	400	560	1,21	66
B16	50	2750	400	560	1,48	33



DETAIL TULANGAN ANGKAT

PENULANGAN BALOK INDUK TIPE BI 6
 SKALA 1 : 25

KODE GAMBR NO. LAMBR
 STR-033 42



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

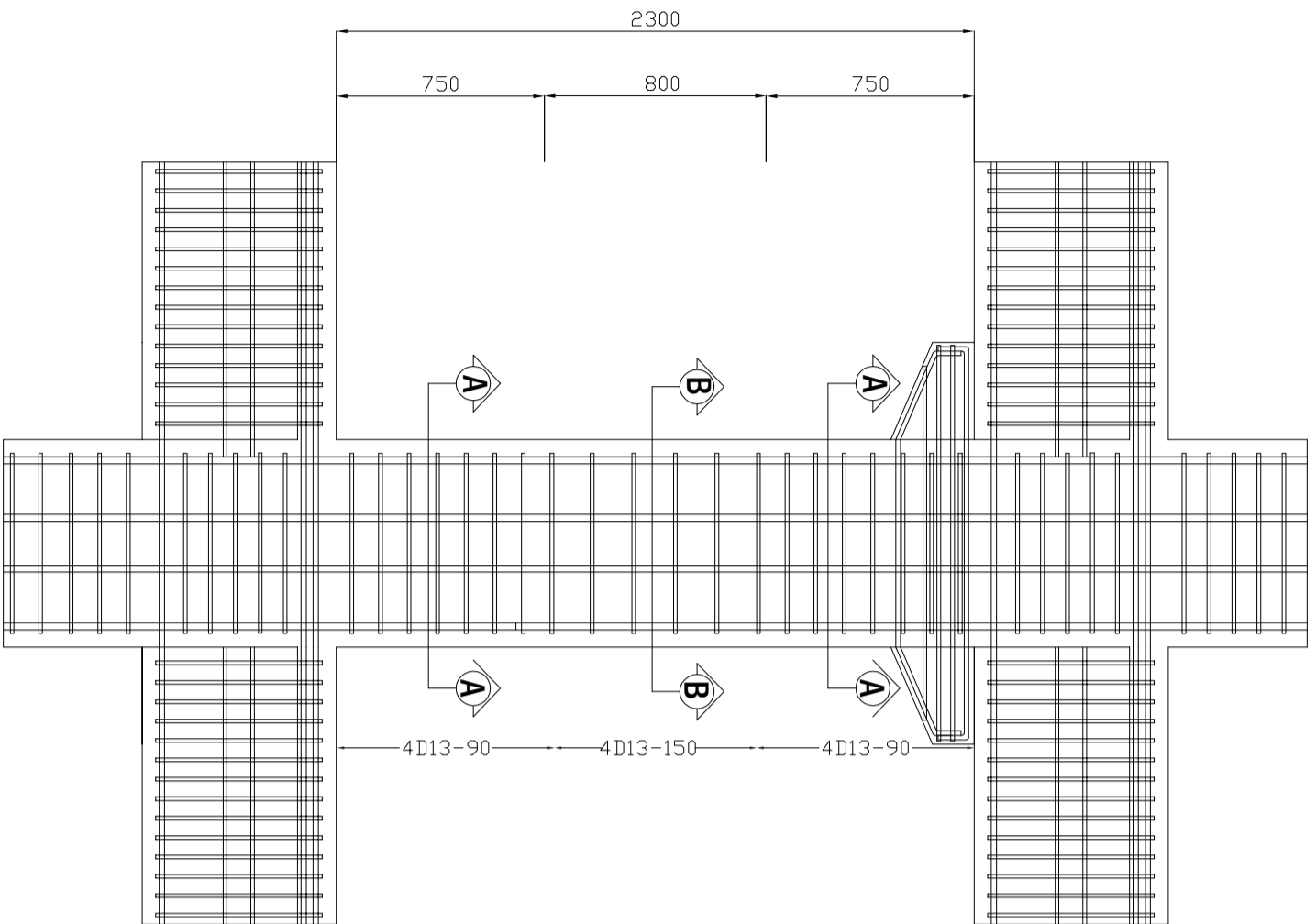
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

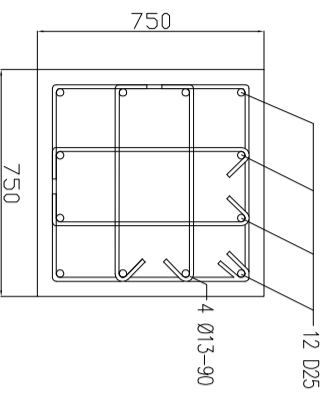
NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM
LANTAI 1-2

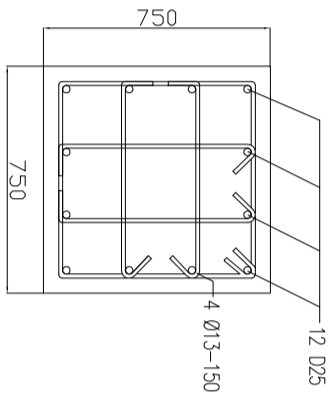
Catatan :



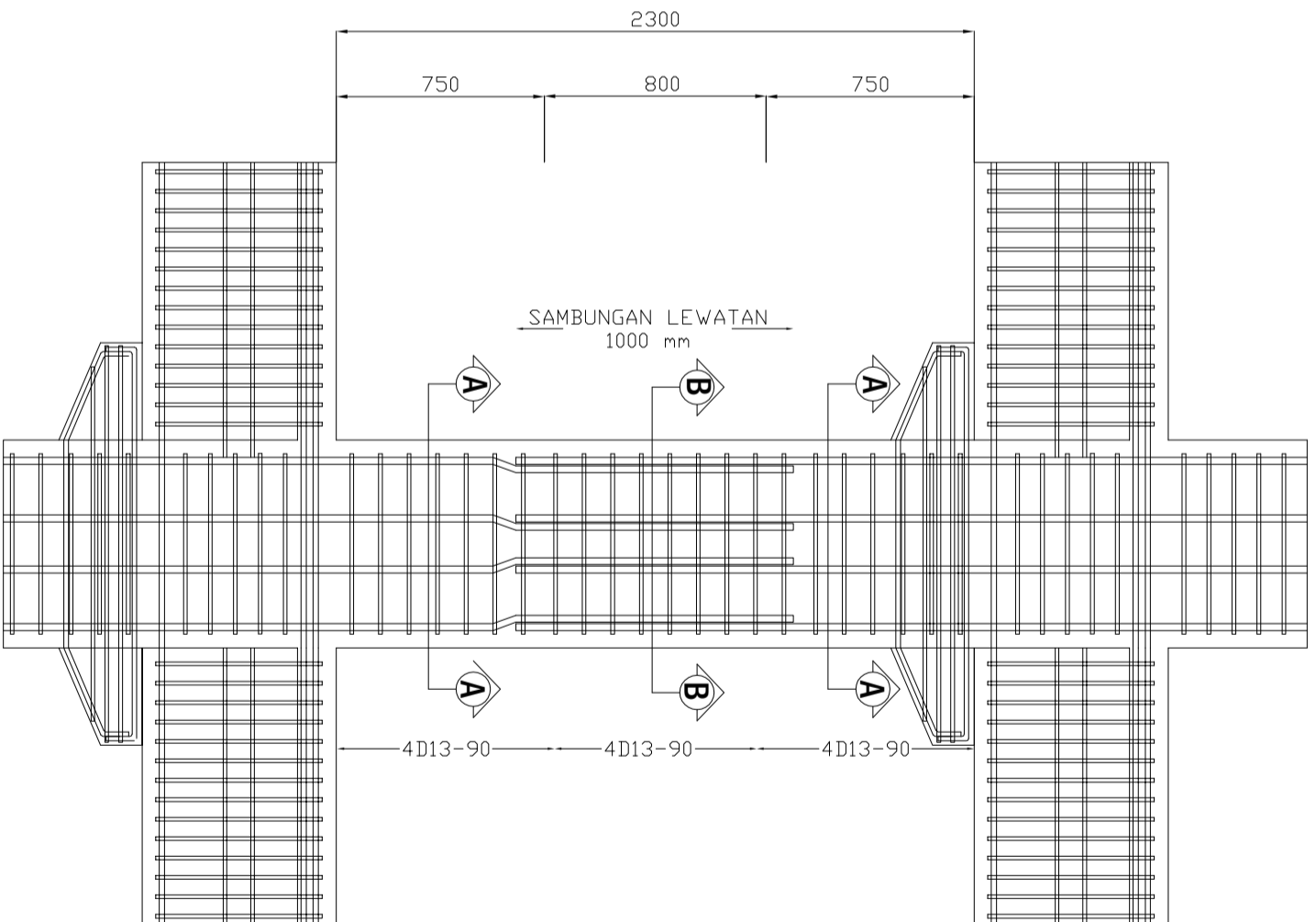
KOLOM LT 1



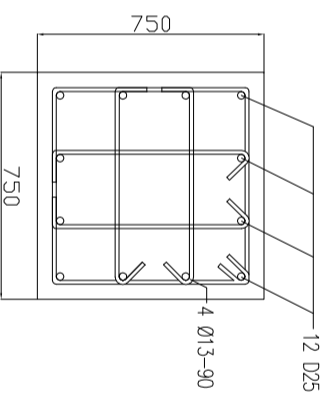
POT A-A



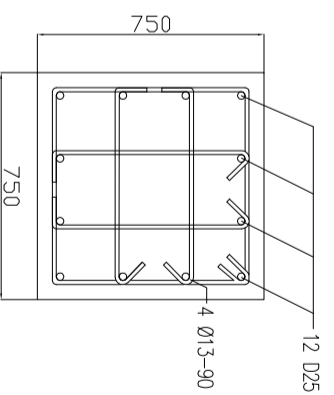
POT B-B



KOLOM LT 2



POT A-A



POT B-B

PENULANGAN KOLOM LT 1 & LT 2

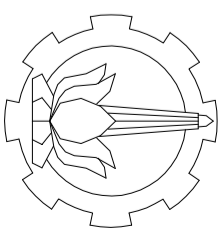
SKALA 1 : 25

KODE GAMBR

STR-034

NO. LAMBR

43



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

AffNavir Refani, S.T, M.T.

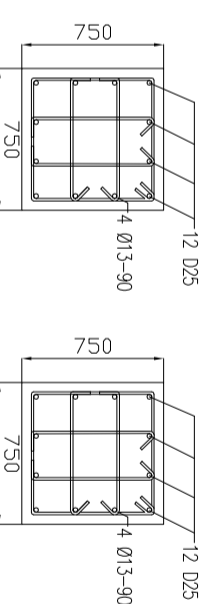
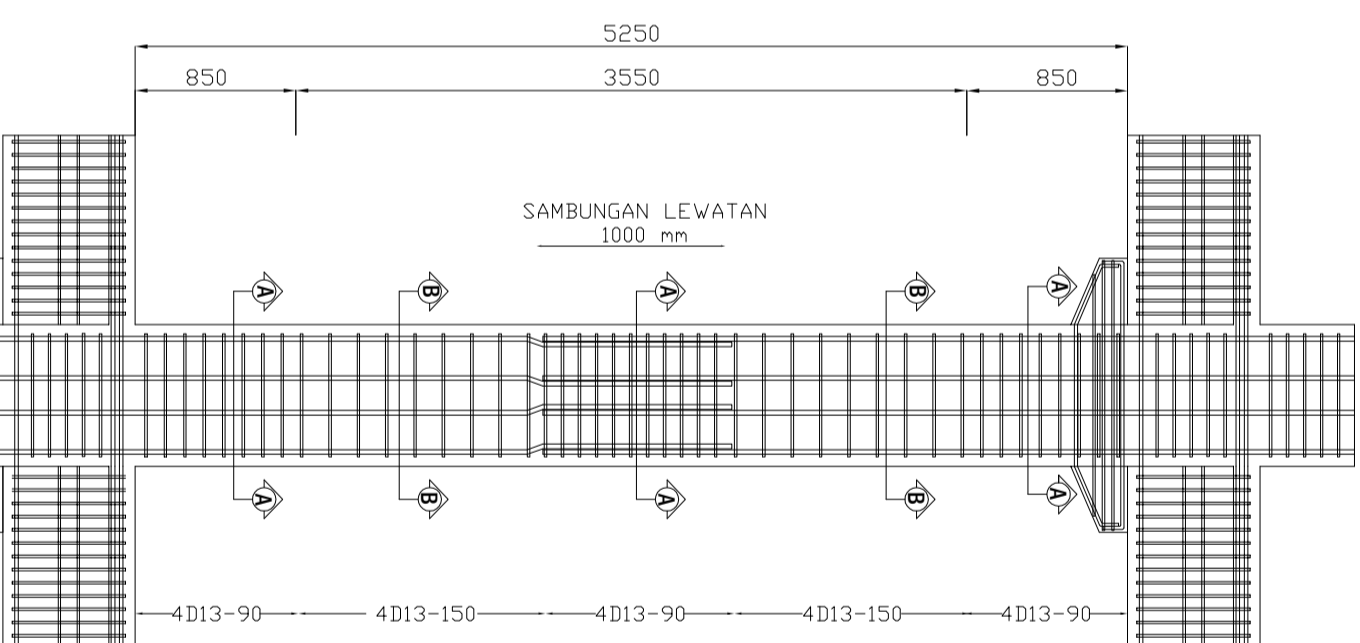
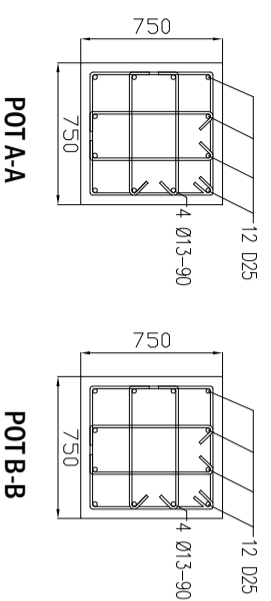
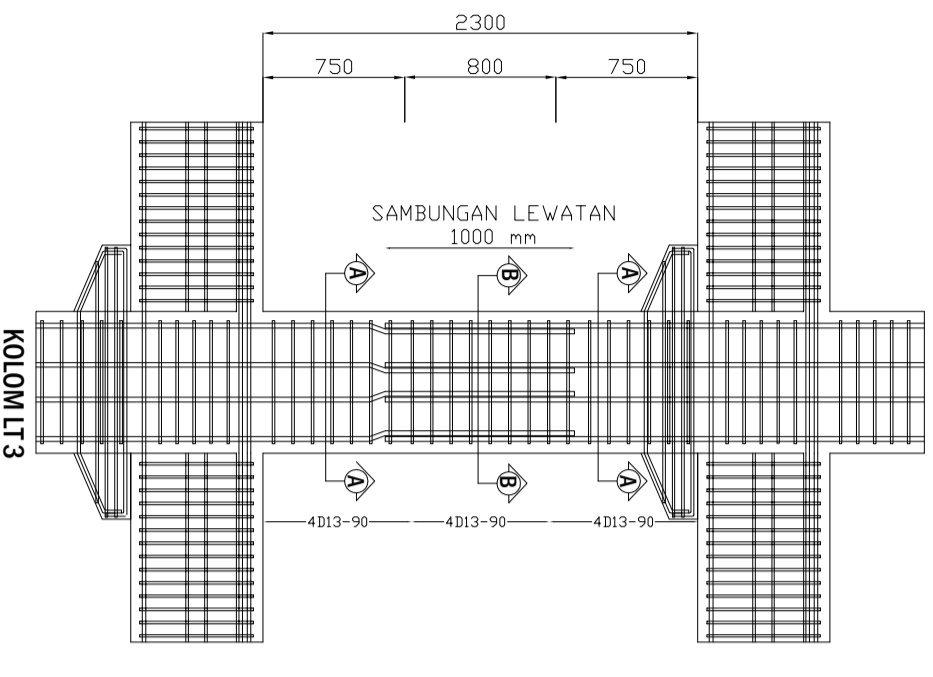
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM
LANTAI 3-4

Catatan :



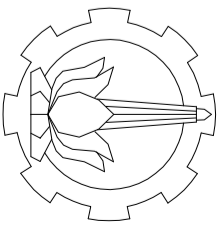
PENULANGAN KOLOM LT 3 & LT 4

SKALA 1 : 40

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-035

44



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

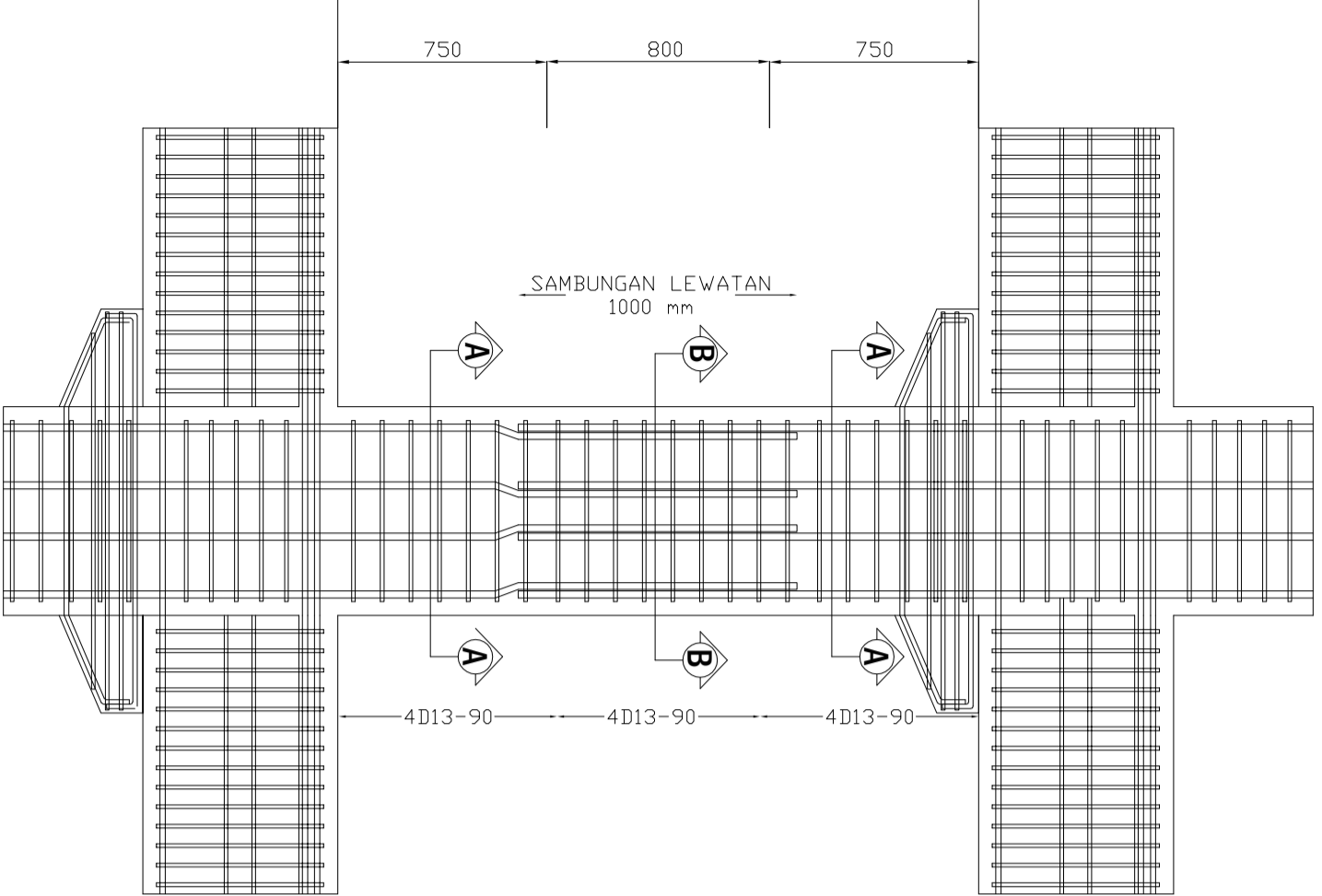
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

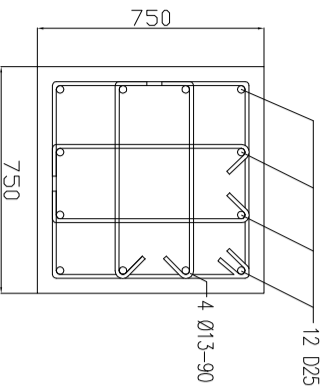
NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM
LANTAI 5-6

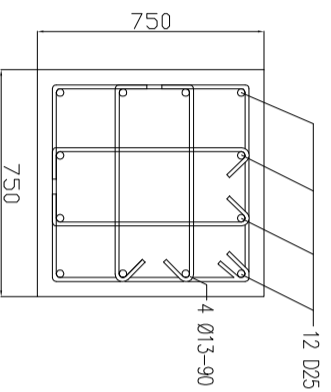
Catatan :



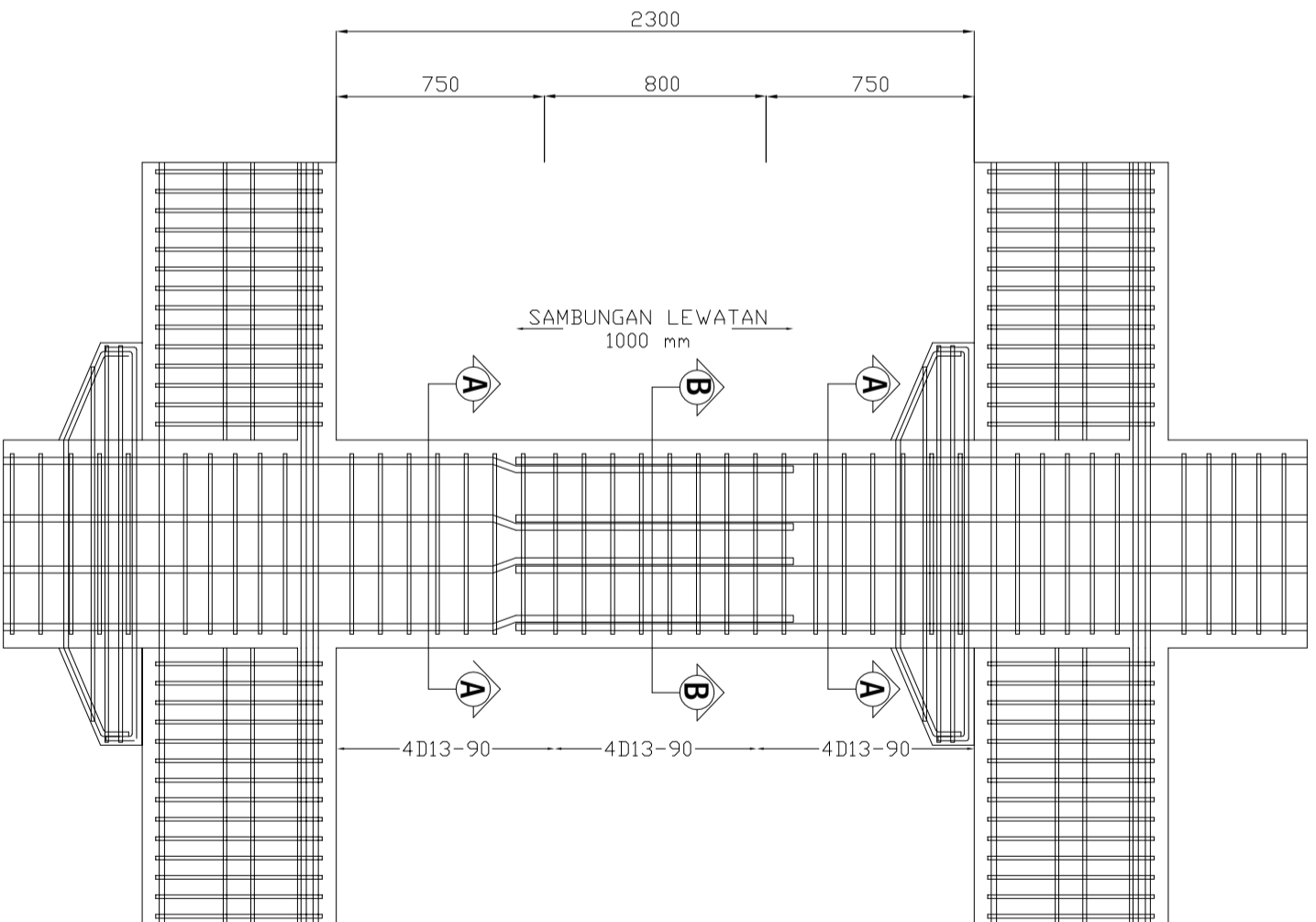
KOLOM LT 5



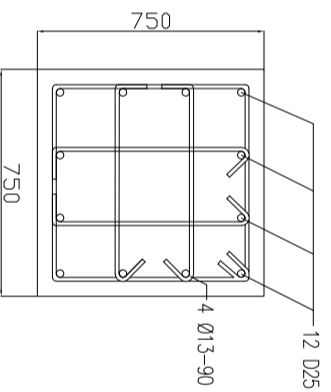
POT A-A



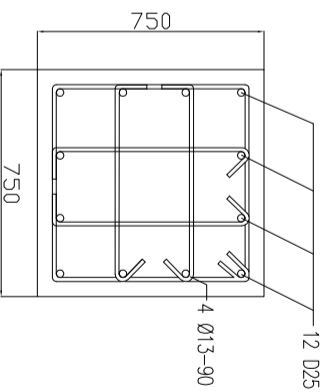
POT B-B



KOLOM LT 6



POT A-A



POT B-B

PENULANGAN KOLOM LT 5 & LT 6

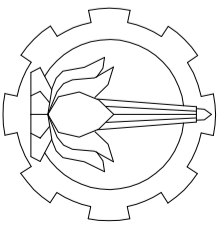
SKALA 1 : 25

KODE GAMBR

STR-036

NO. LAMBR

45



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

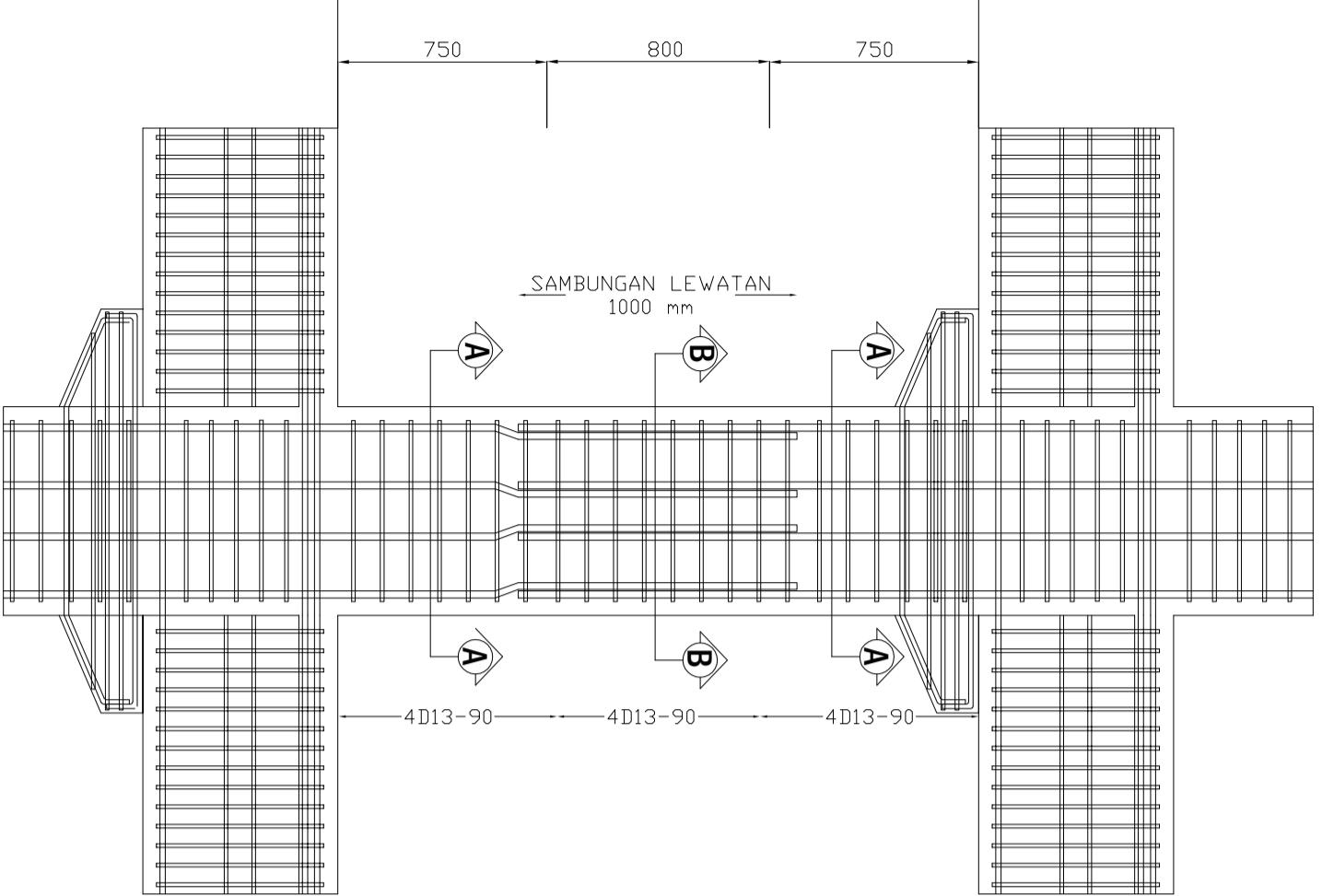
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

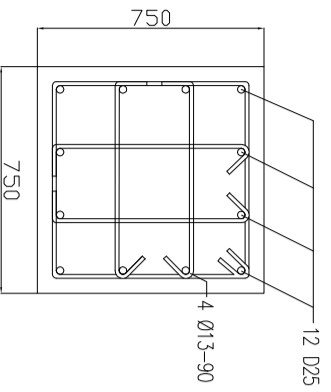
NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM
LANTAI 7-8

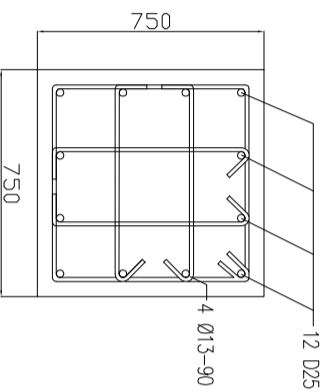
Catatan :



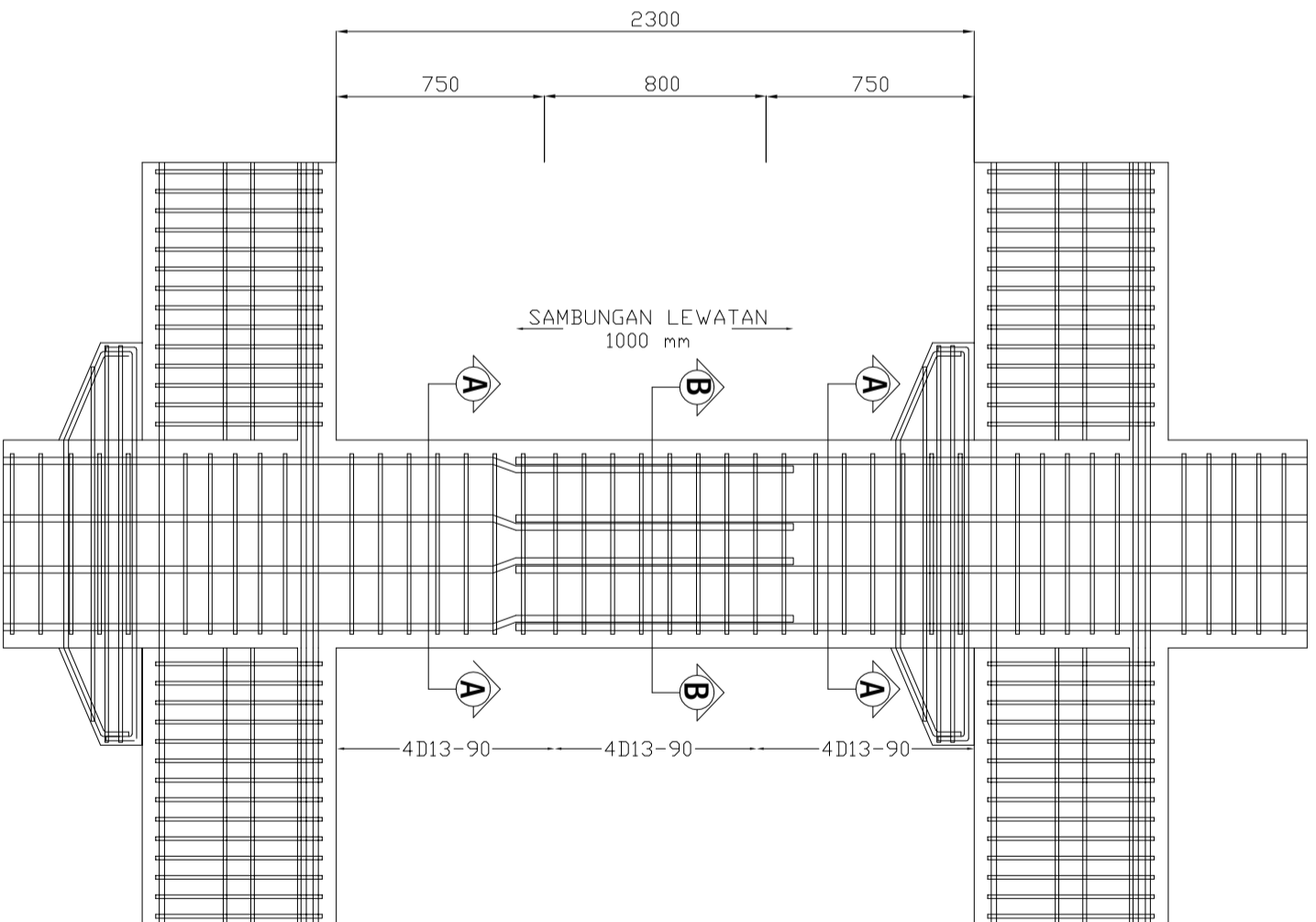
KOLOM LT 7



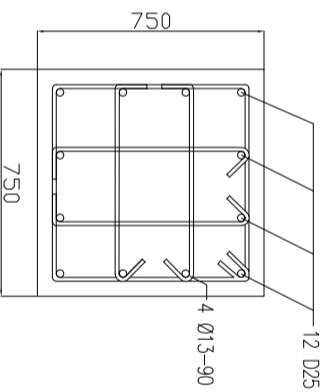
POT A-A



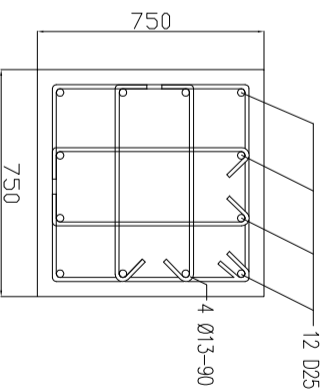
POT B-B



KOLOM LT 8



POT A-A



POT B-B

PENULANGAN KOLOM LT 7 & LT 8

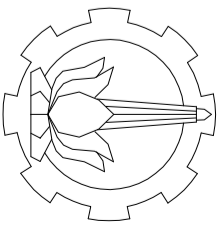
SKALA 1 : 25

KODE GAMBR

STR-037

NO. LAMBR

46



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

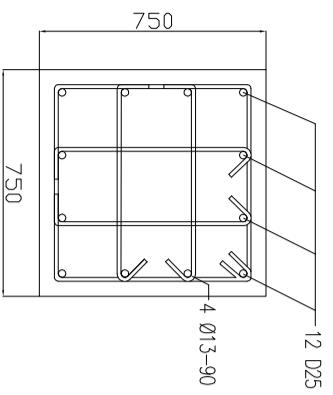
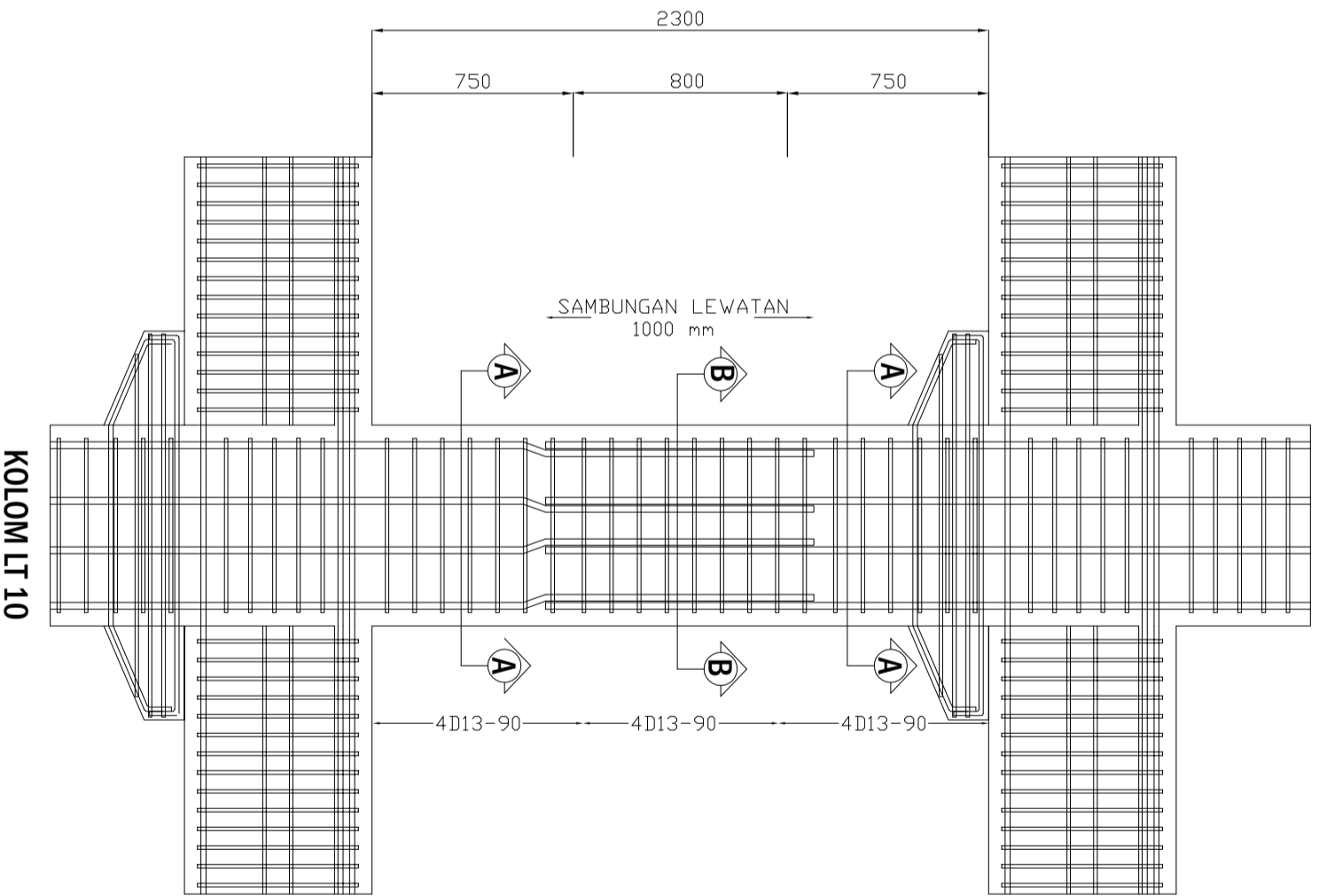
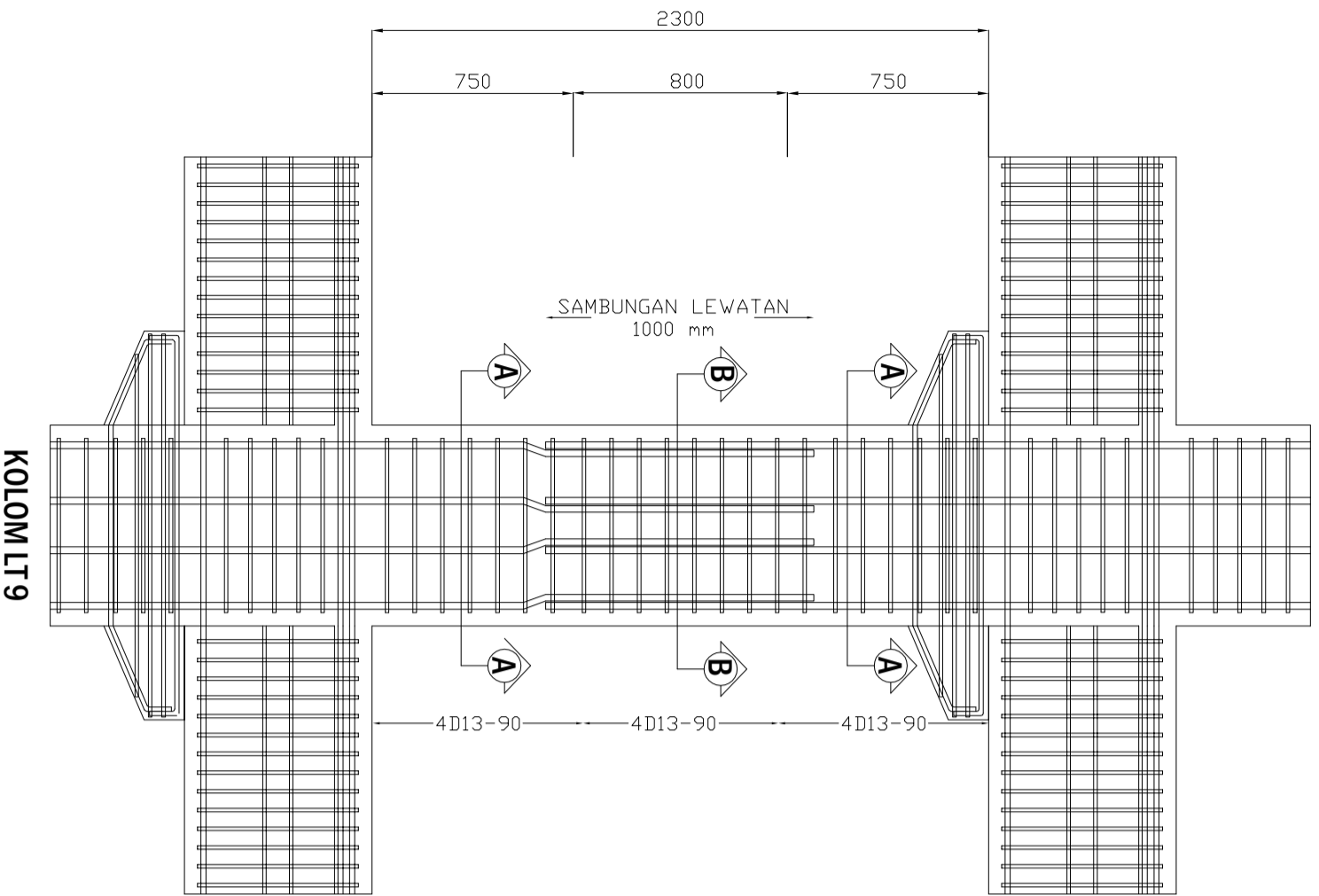
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

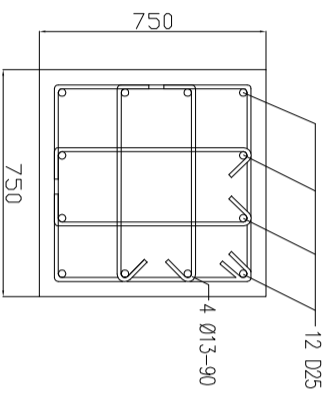
NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM
LANTAI 9-10

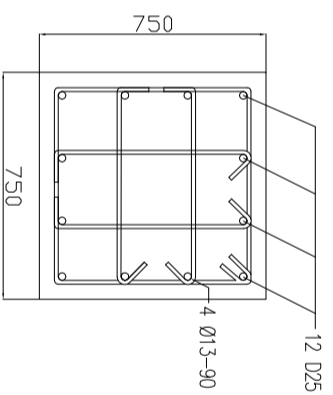
Catatan :



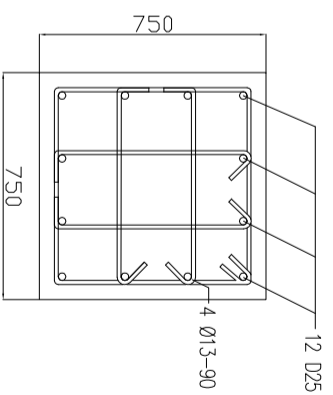
POT A-A



POT B-B



POT A-A



POT B-B

PENULANGAN KOLOM LT 9 & LT 10

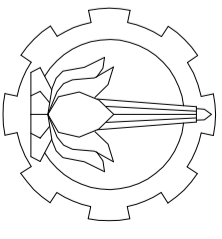
SKALA 1 : 25

KODE GAMBR

STR-038

NO. LAMBR

47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

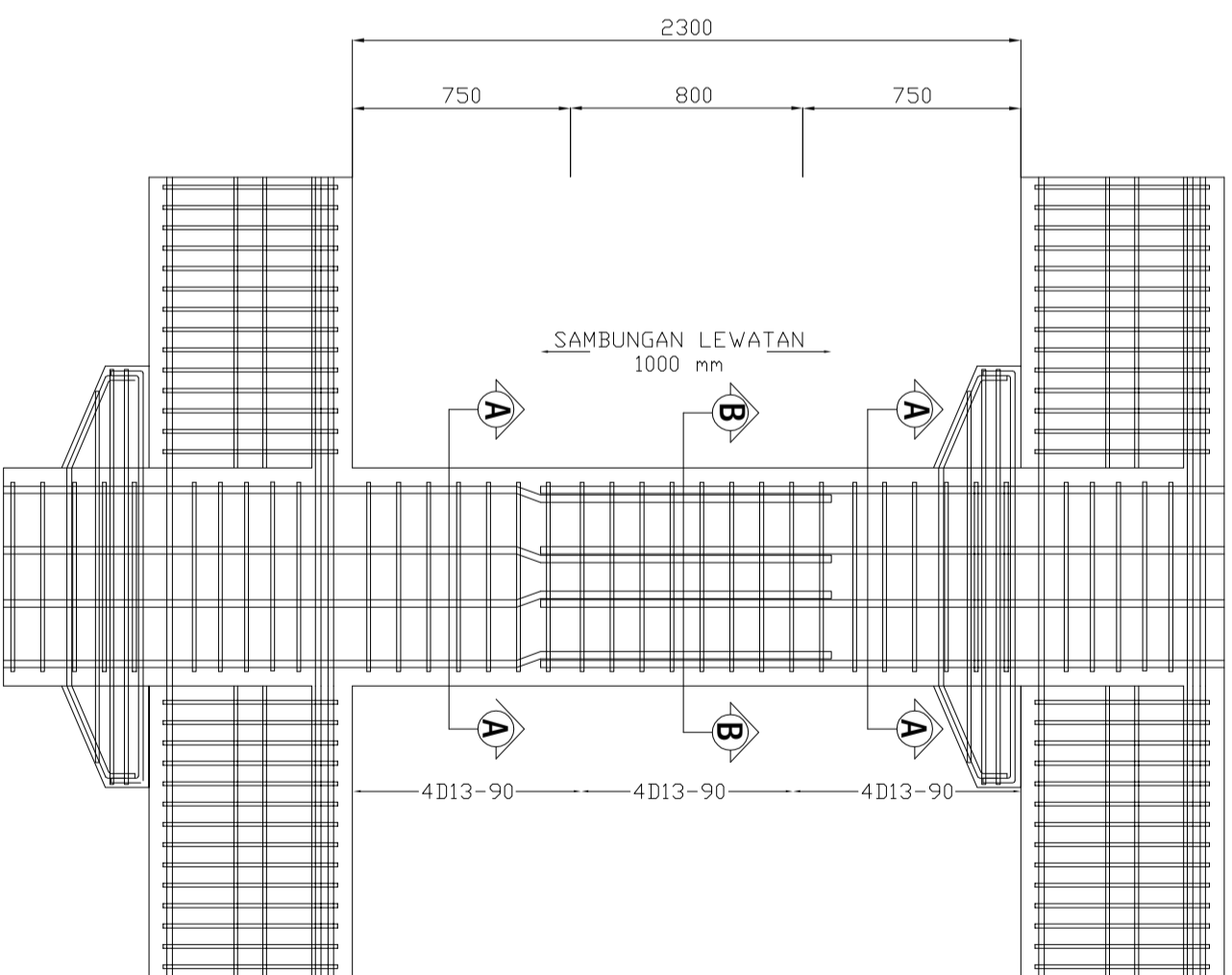
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

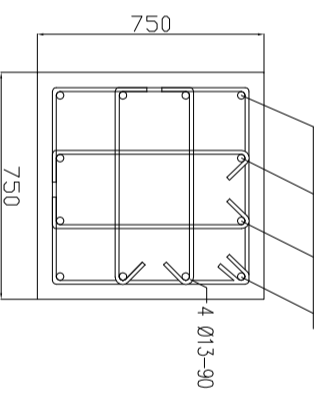
PENULANGAN KOLOM
LANTAI 11-ATAP

Catatan :

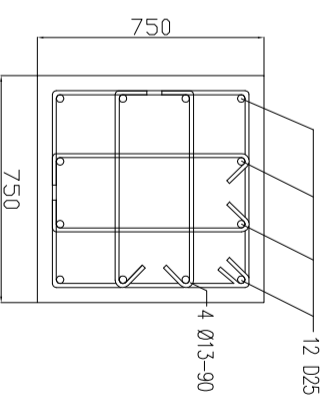


KOLON LANTAI 11 & ATAP

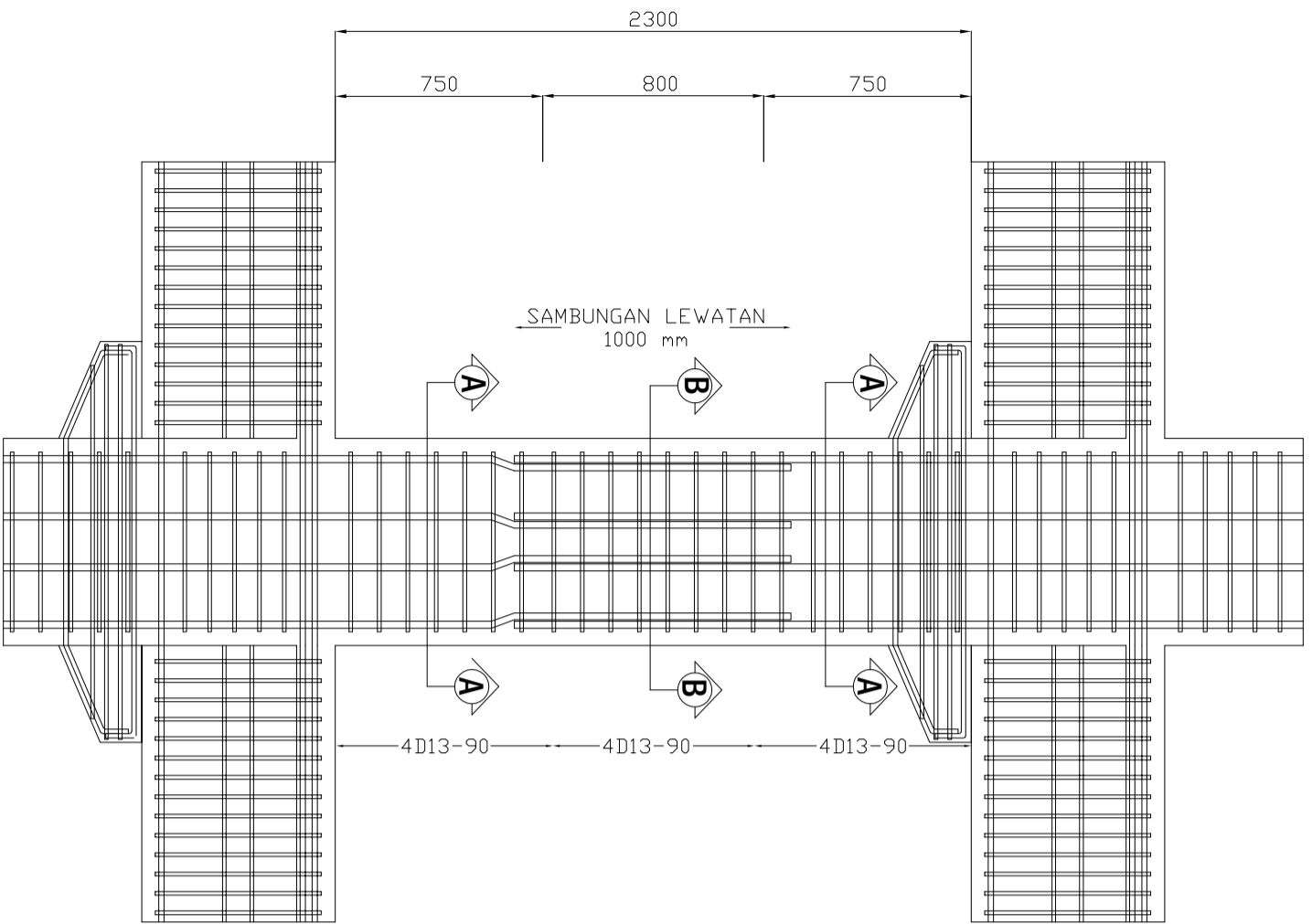
12 D25



POT A-A

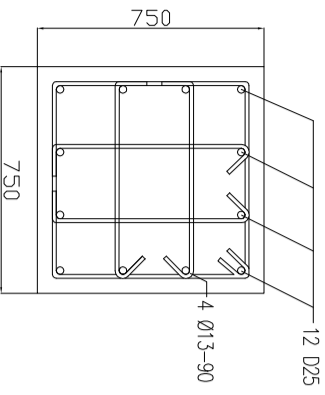


POT B-B

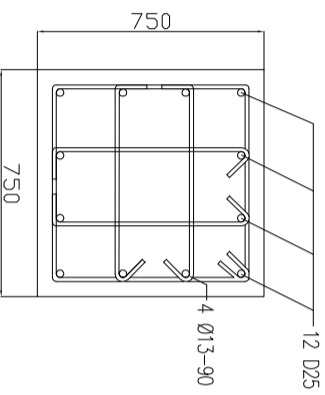


KOLON LANTAI 11

12 D25



POT A-A



POT B-B

PENULANGAN KOLOM LANTAI 11 & ATAP

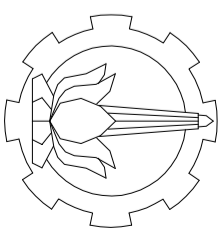
SKALA 1 : 25

KODE GAMBAR

STR-039

NO. LAMBR

48



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husim, S.T, M.T.

Aff Navir Refani, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

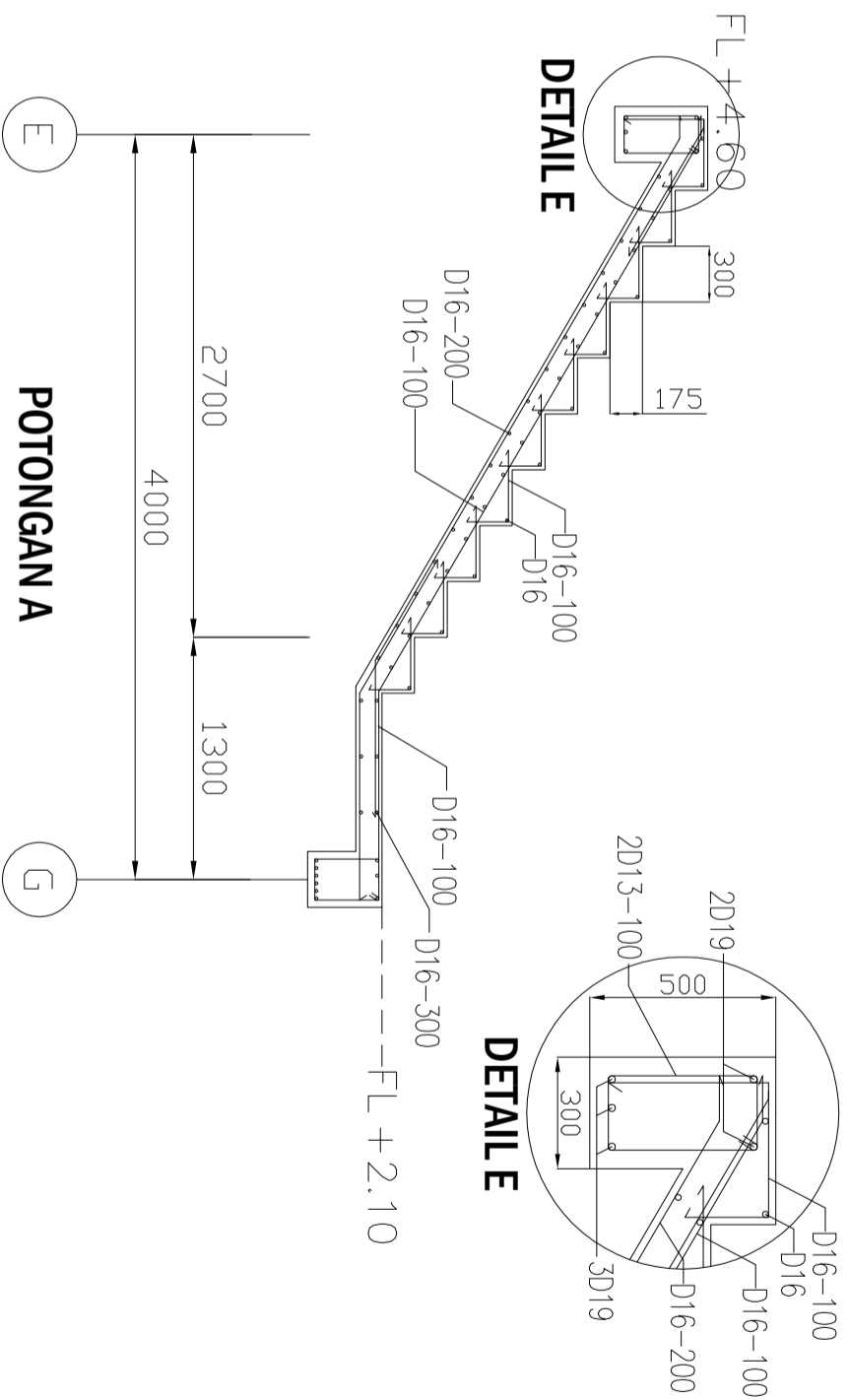
Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

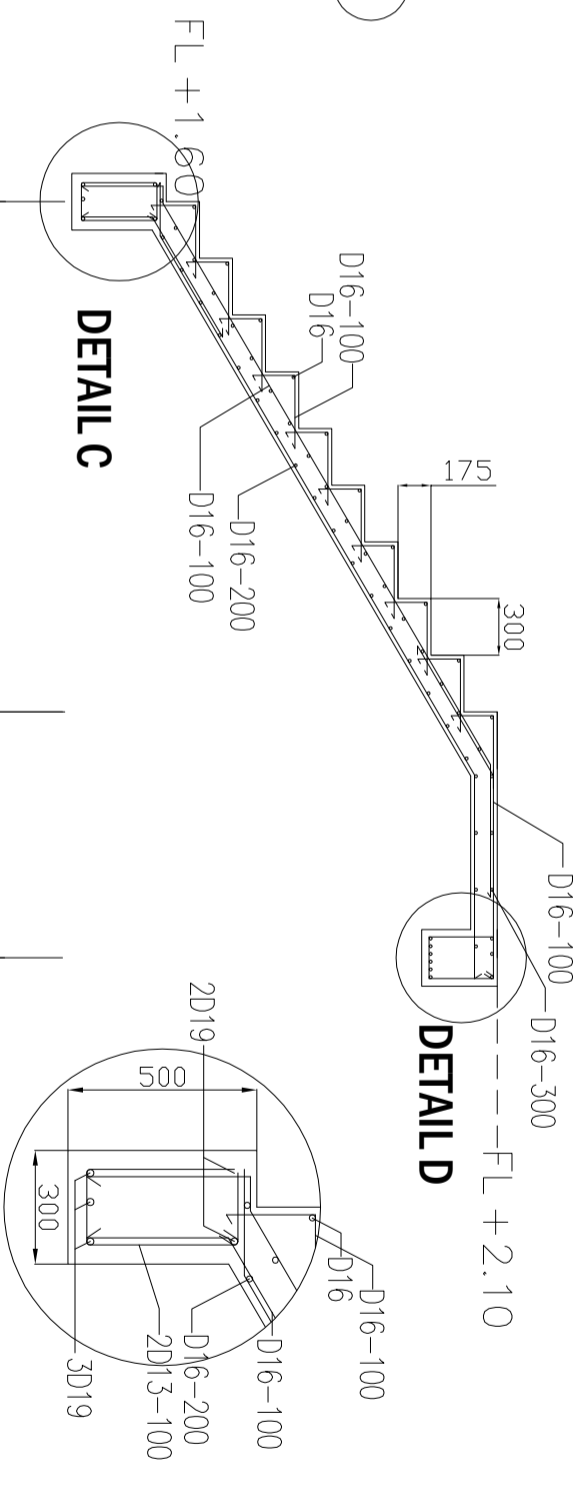
PENULANGAN TANGGA

Catatan :

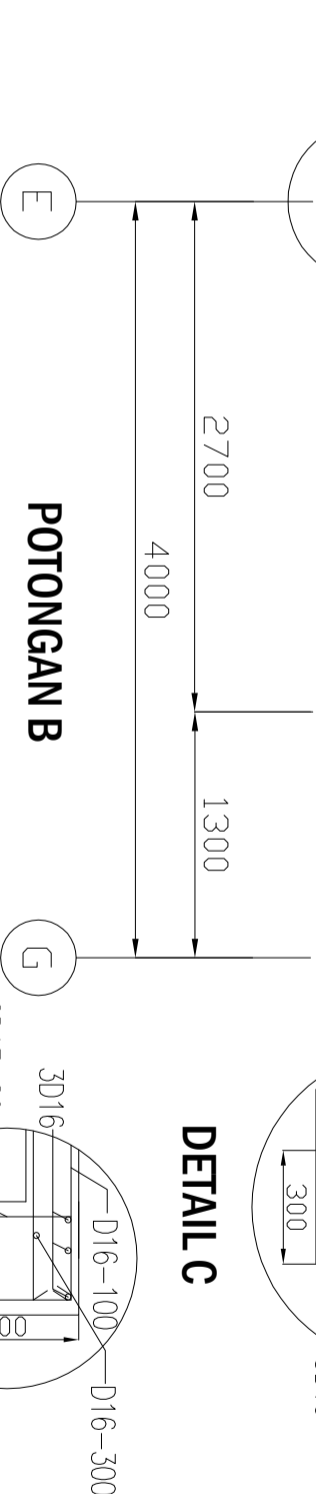
KODE GAMBR	NO. LAMBR
STR-040	49



POTONGAN A

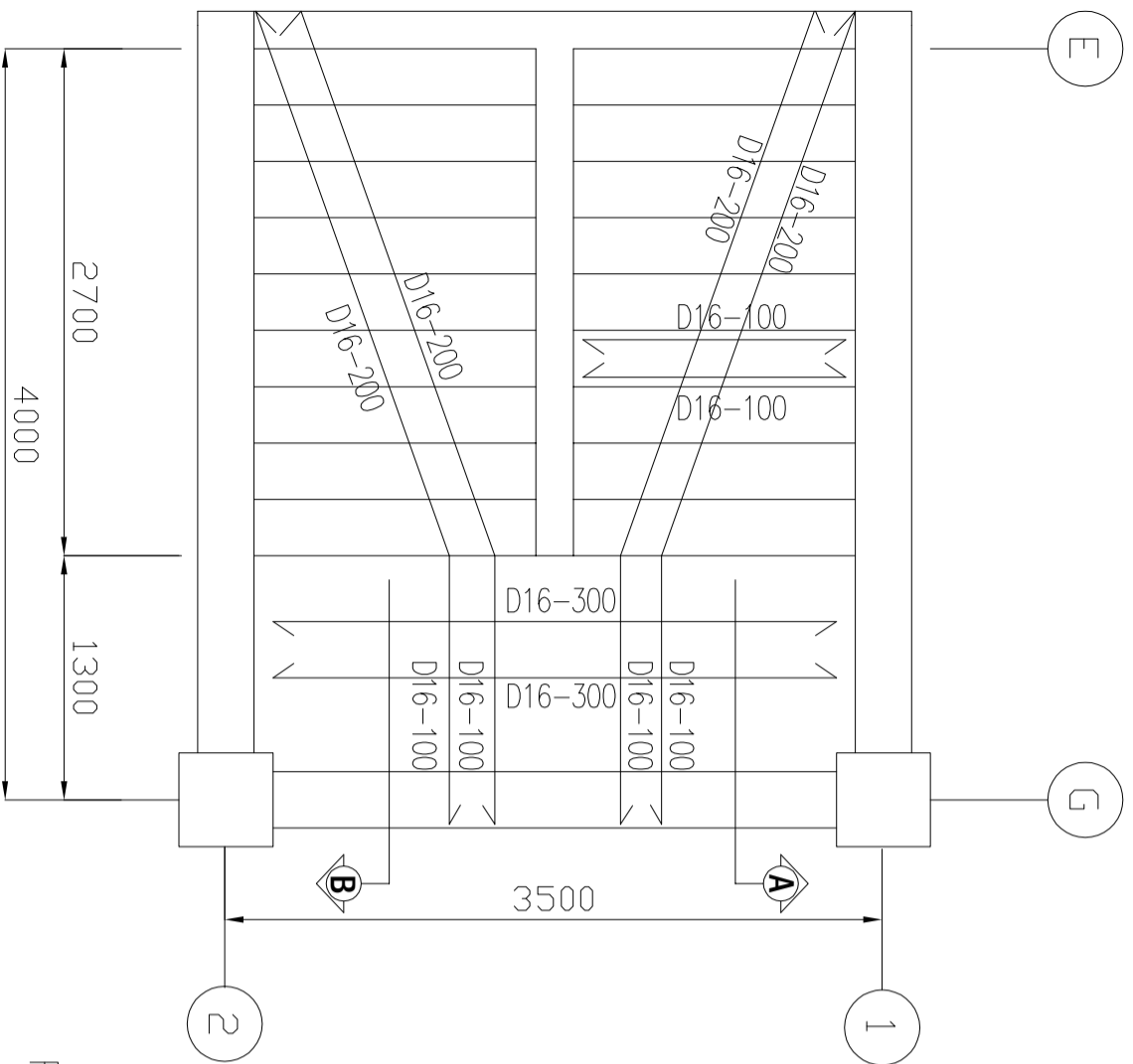


DETAIL D



DETAIL C

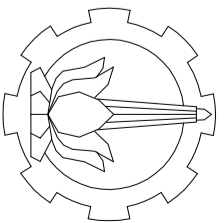
POTONGAN B



DENAH TANGGA

PENULANGAN TANGGA

SKALA 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

NAMA MAHASISWA

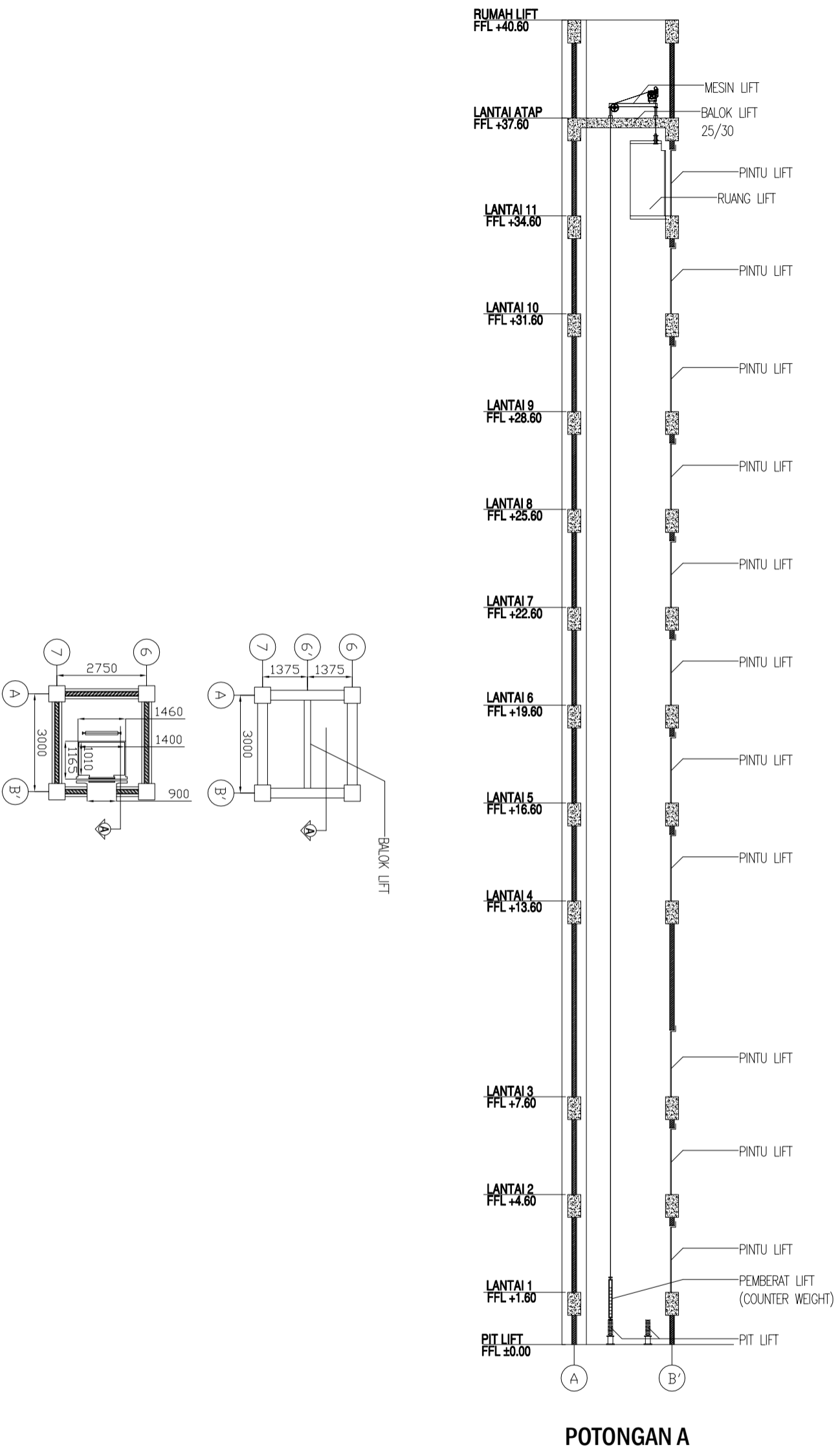
Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

DETAIL LIFT

Catatan :

DETAIL LIFT
 SKALA 1 : 150

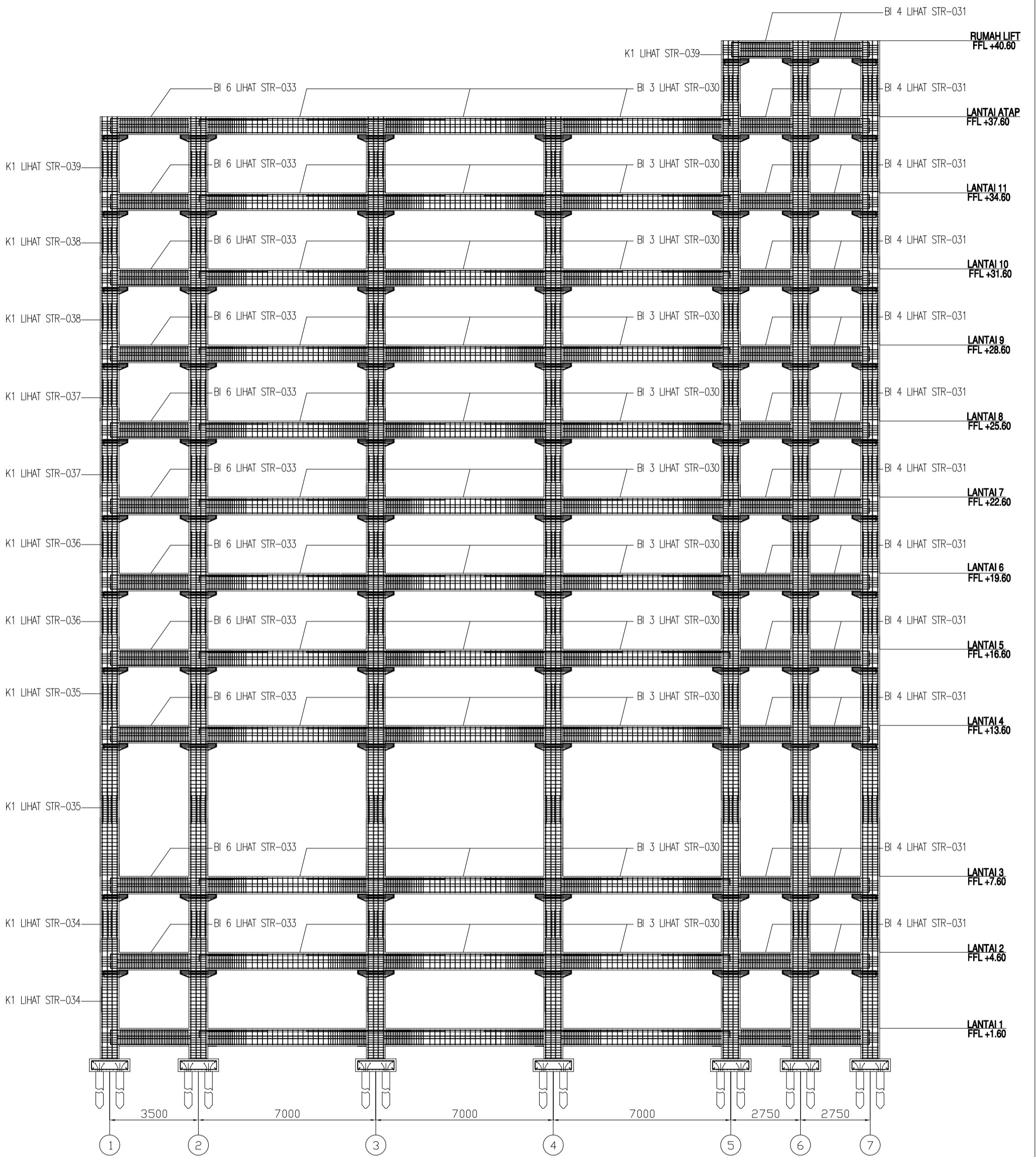


KODE GAMBR

STR-041

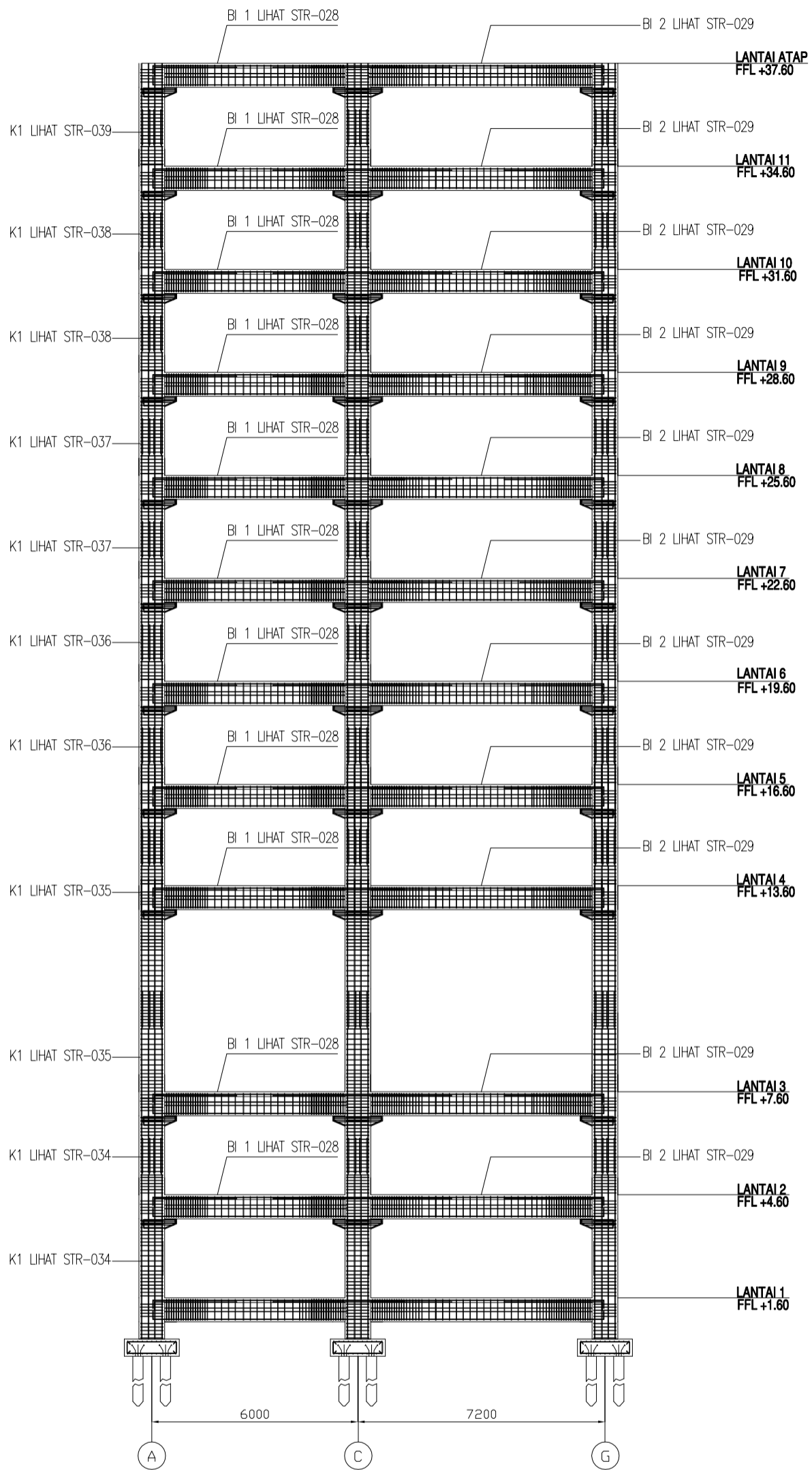
NO. LAMBR

50

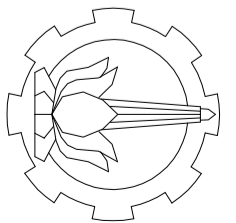


POTONGAN PORTAL AS C
SKALA 1 : 150

KODE GAMBR		NO. LAMBR	
STR-042		51	
Catatan :			
POTONGAN PORTAL AS C			
NAMA GAMBAR			
Rahmat Dwi Sutrisno 10111410000066			
NAMA MAHASISWA			
Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.			
DOSEN PEMBIMBING			
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL FAVE SURABAYA DENGAN METODE BETON PRACETAK			
PROYEK AKHIR			
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS VOKASI DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL PROGRAM STUDI DIPLOMA 4			



POTONGAN PORTAL AS 3
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.

NAMA MAHASISWA

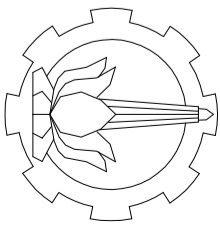
Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

POTONGAN PORTAL AS 3

Catatan :

KODE GAMBAR	NO. LAMBAR
STR-043	52



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

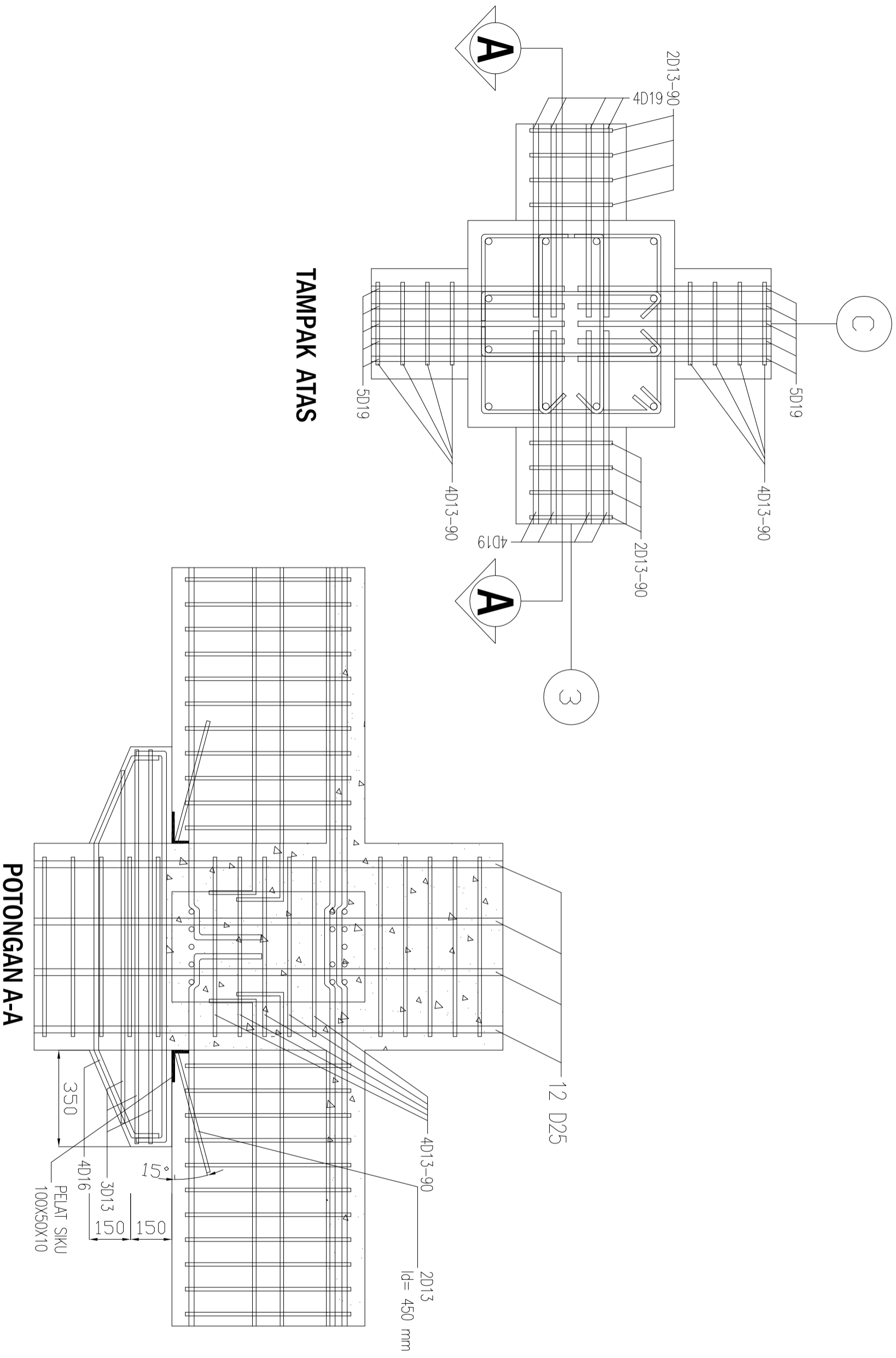
Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
 INDUK-KOLOM AS C-3

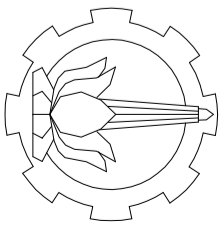
Catatan :

KODE GAMBR	NO. LAMBR
STR-044	53



SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM AS C-3

SKALA 1 : 15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

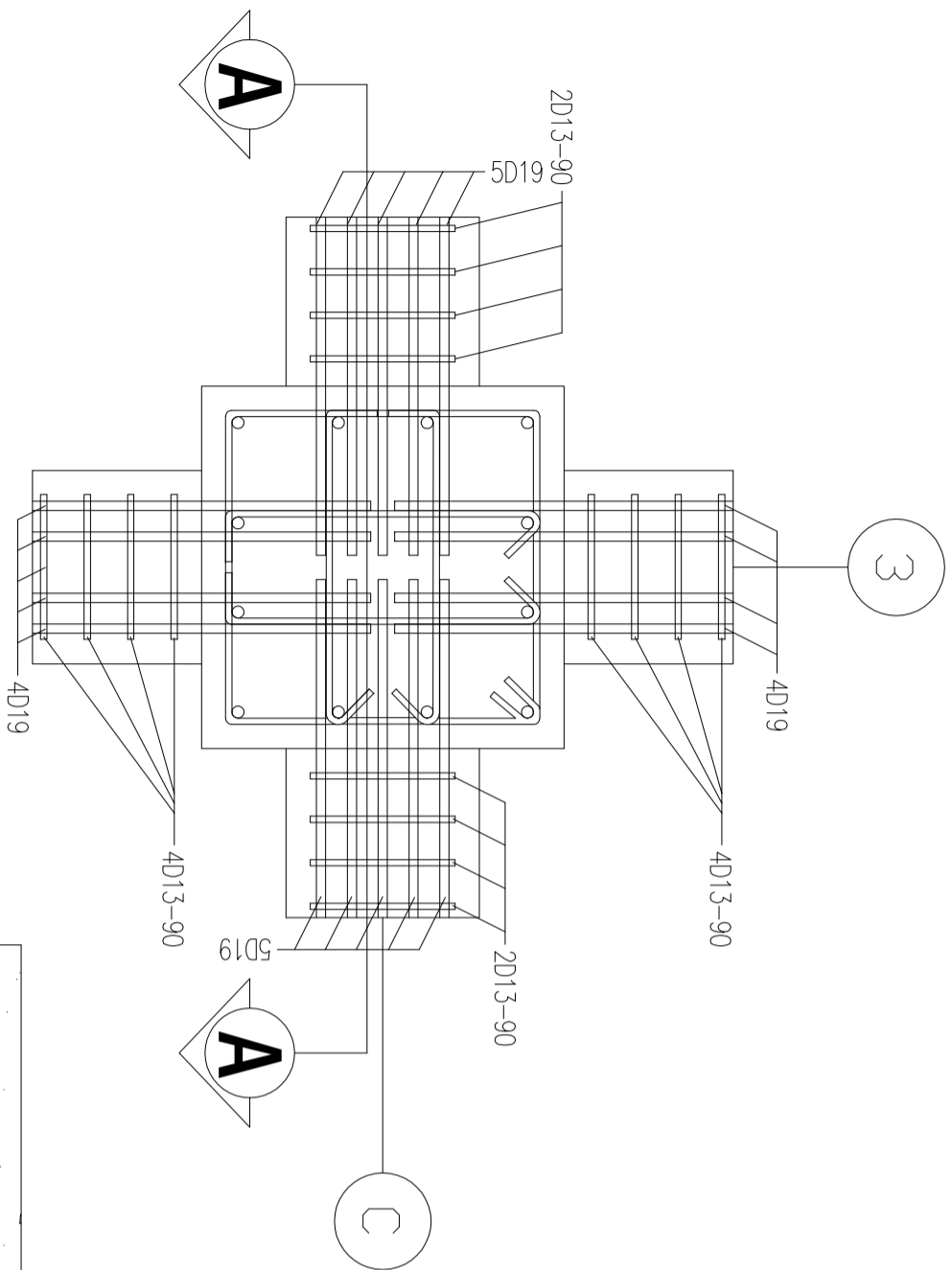
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

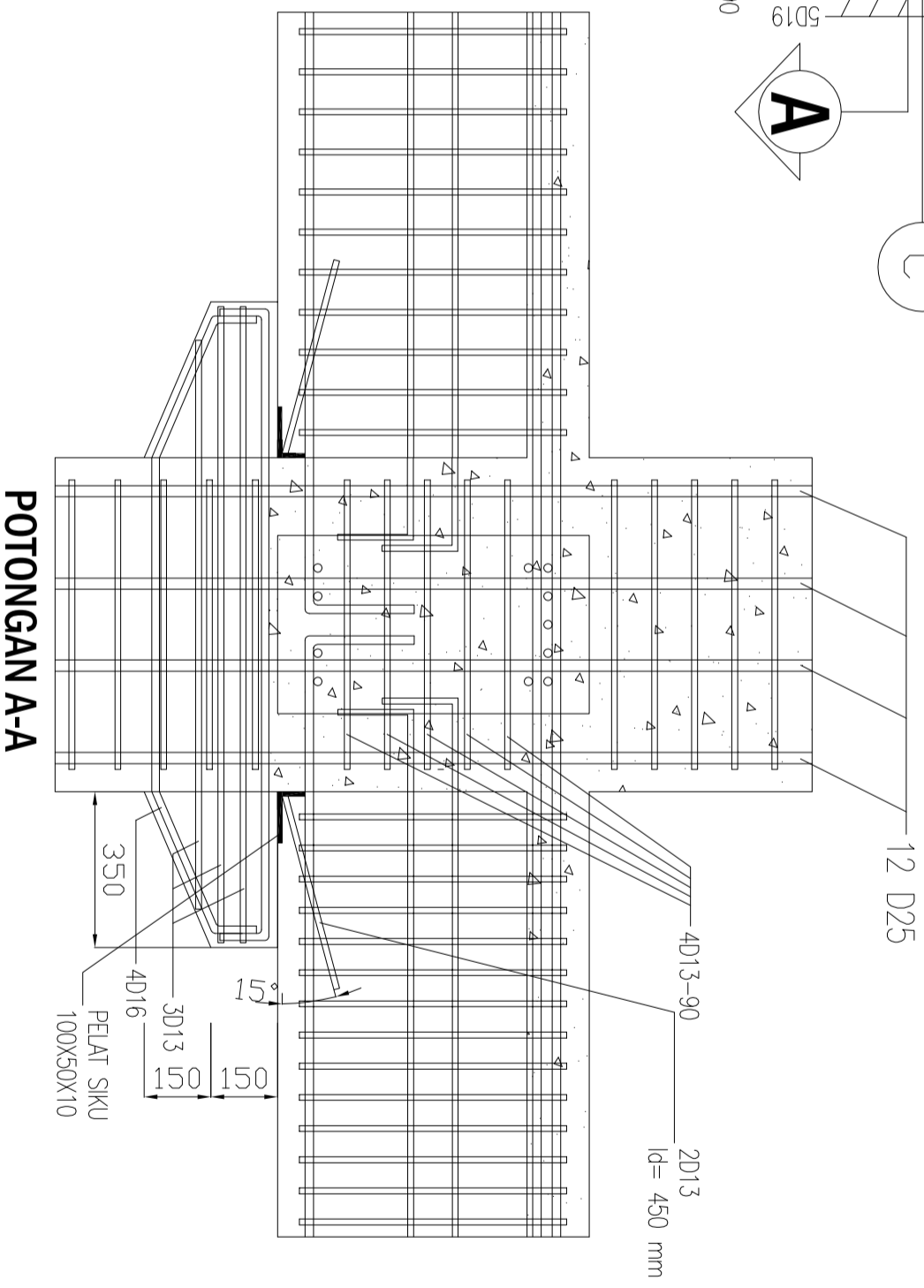
NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
INDUK-KOLOM AS-3-C

Catatan :



TAMPAK ATAS



POTONGAN A-A

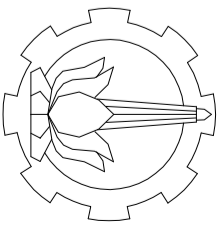
SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM AS 3-C

SKALA 1 : 15

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-045

54



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

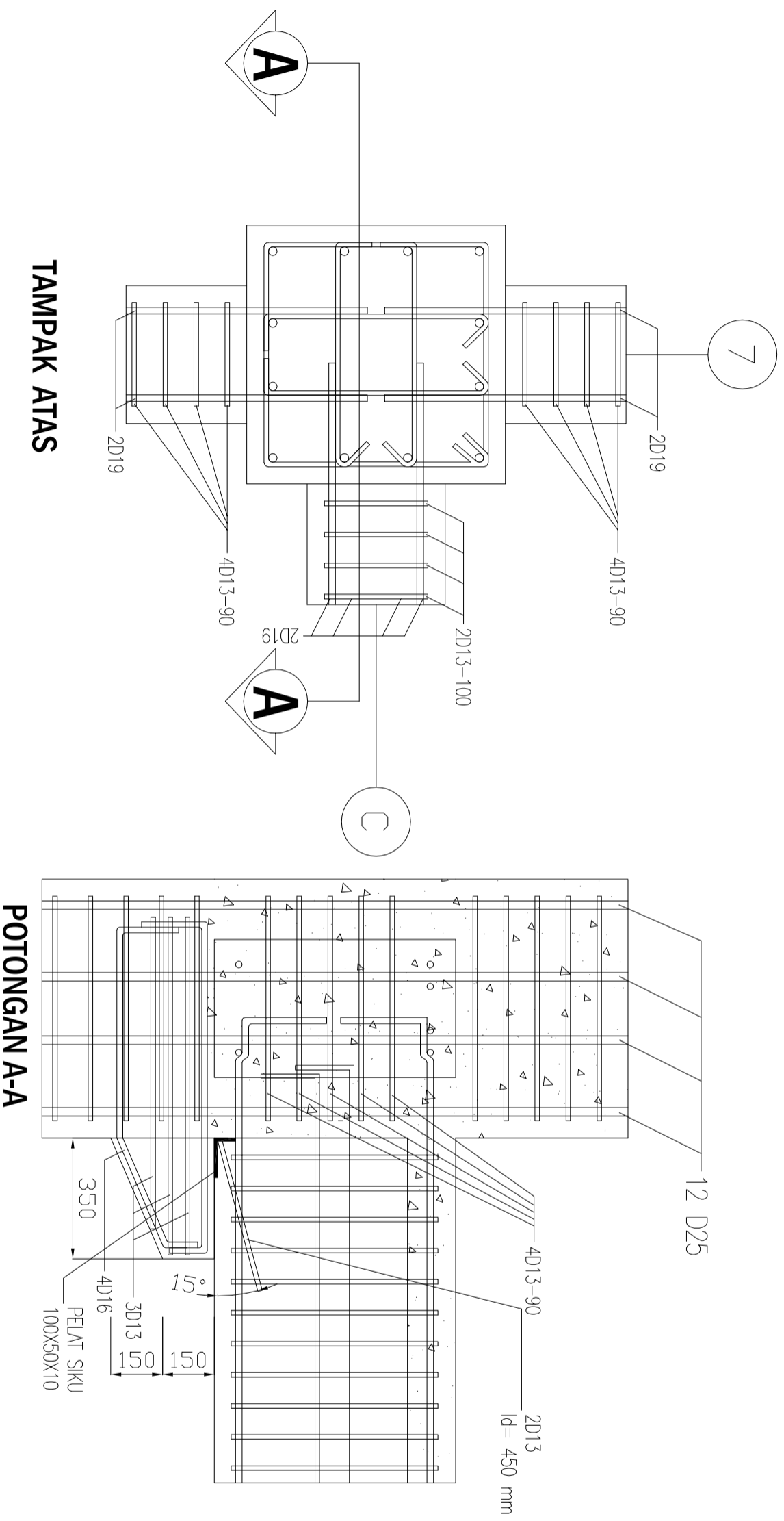
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
INDUK-KOLOM AS 7-C

Catatan :



TAMPAK ATAS

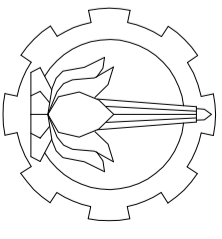
POTONGAN A-A

SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM AS 7-C

SKALA 1 : 15

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-046 55



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

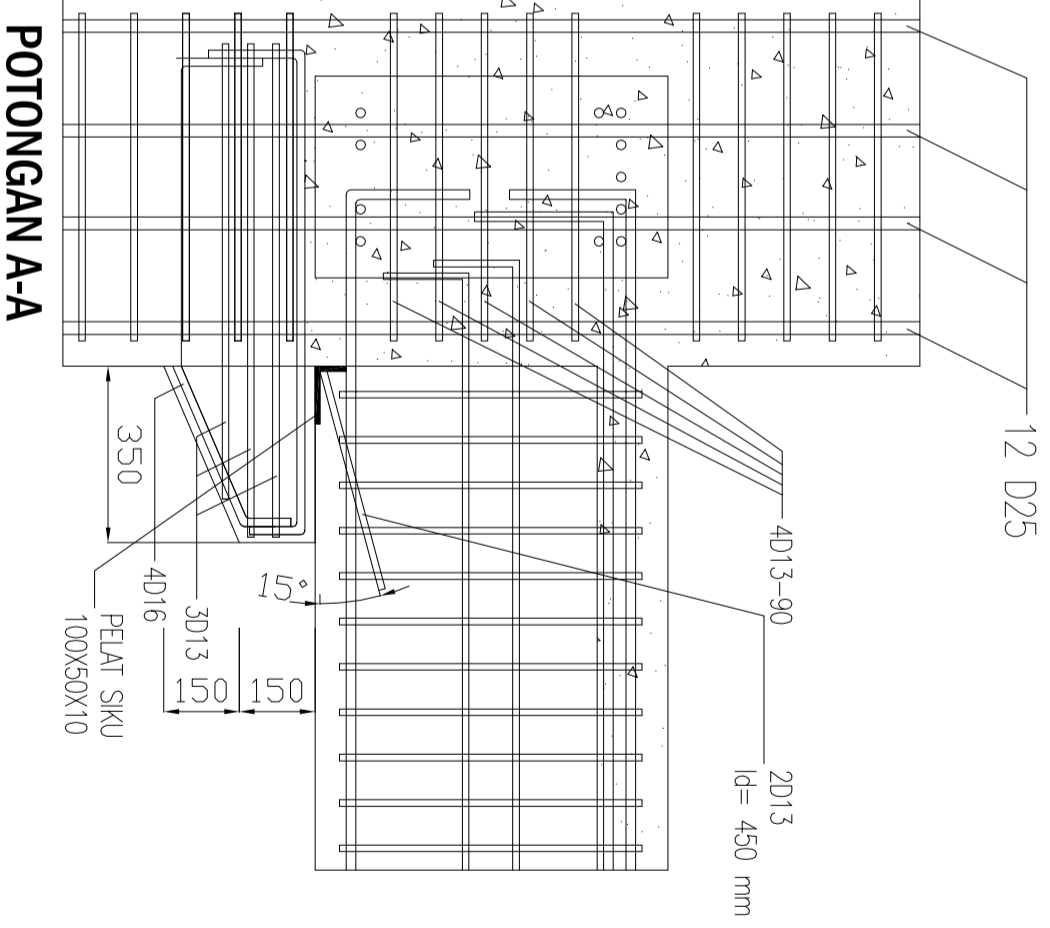
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

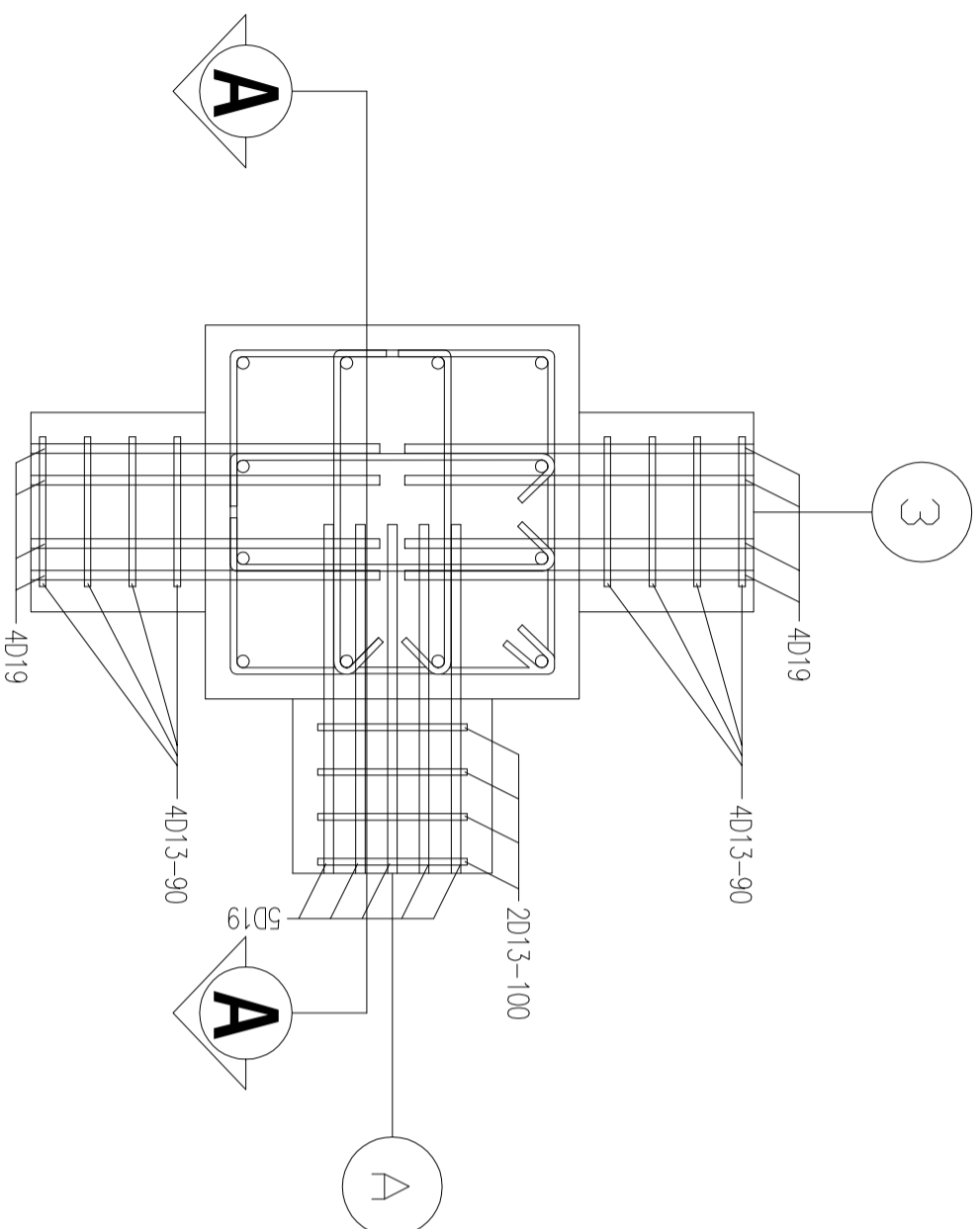
NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
 INDUK-KOLOM AS 3-A

Catatan :



POTONGAN A-A

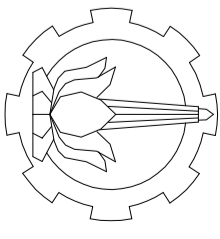


TAMPAK ATAS

SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM AS 3-A

SKALA 1 : 15

KODE GAMBR	NO. LAMBR
STR-047	56



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL FAVE SURABAYA
DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

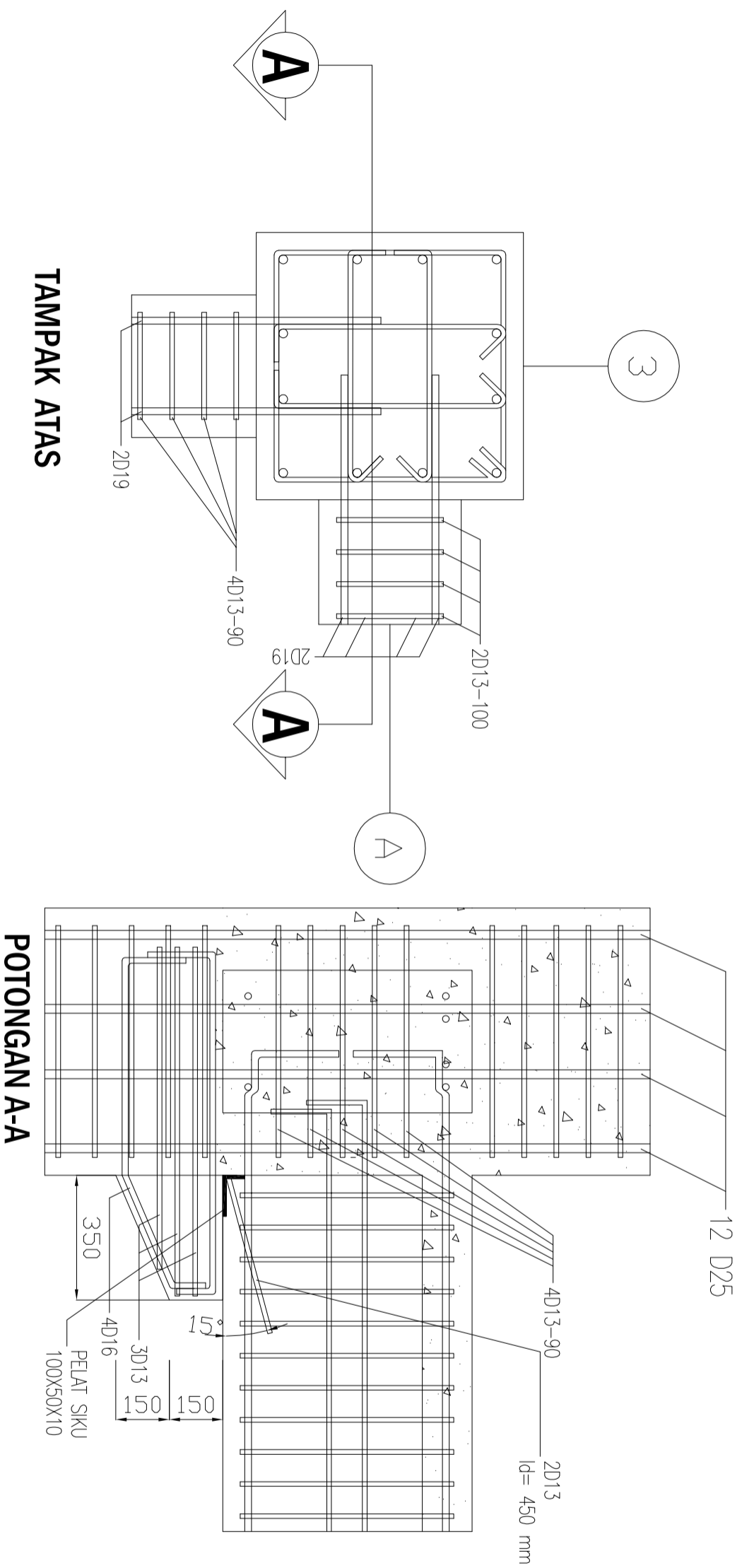
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
10111410000066

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
INDUK-KOLOM AS7-A

Catatan :



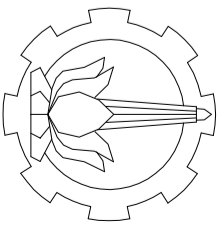
SAMBUNGAN BALOK INDUK - KOLOM AS 7-A

SKALA 1 : 15

KODE GAMBR NO. LAMBR

STR-048

57



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

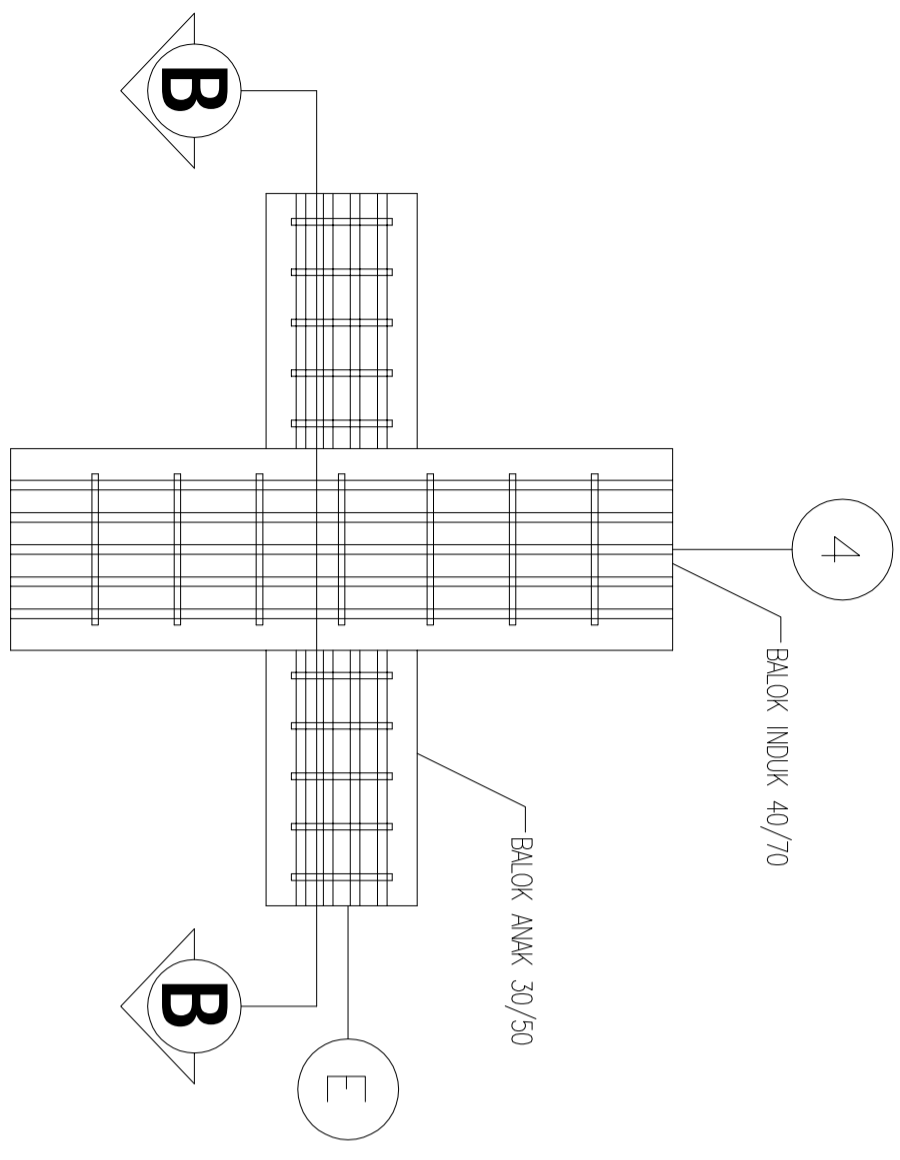
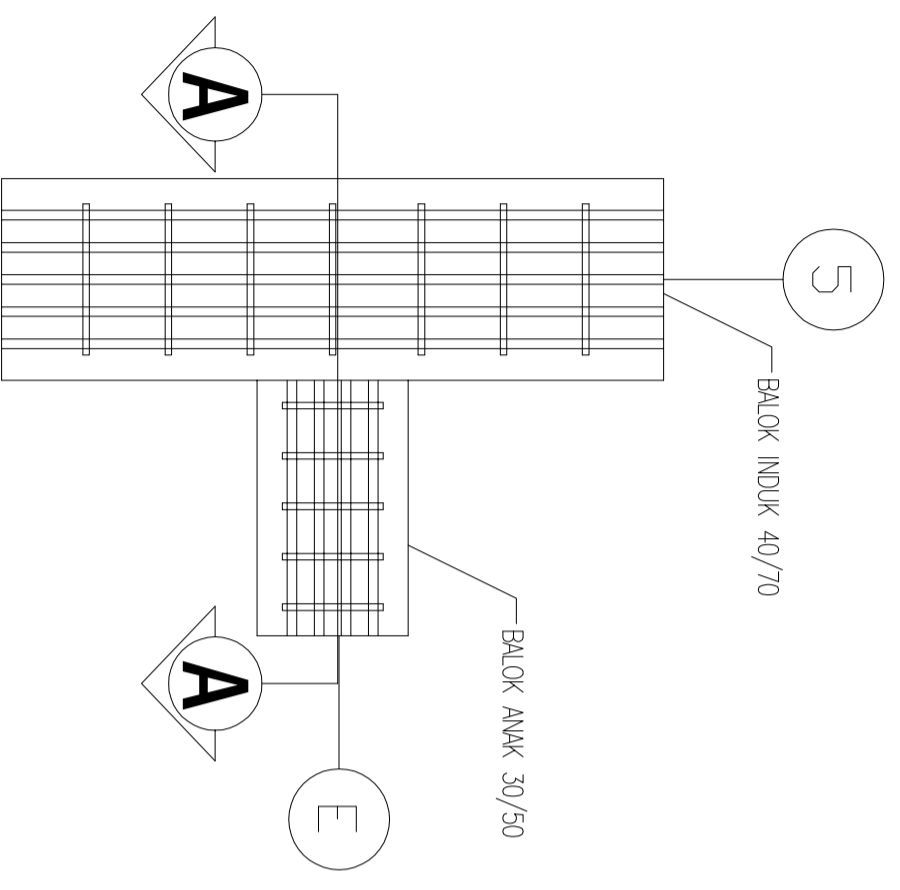
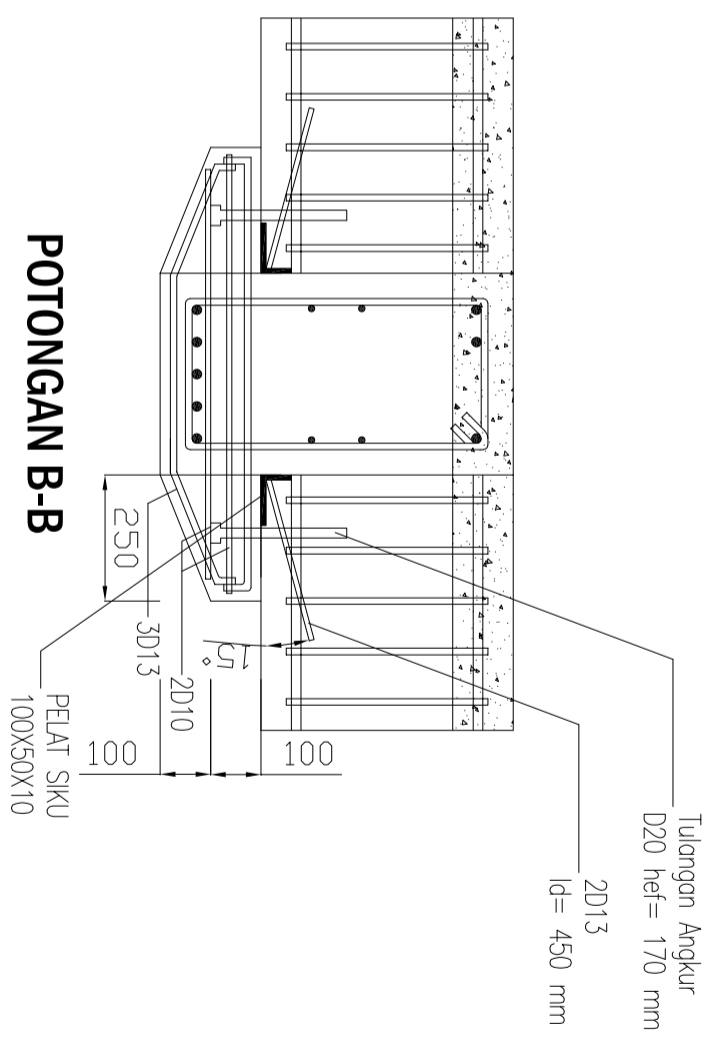
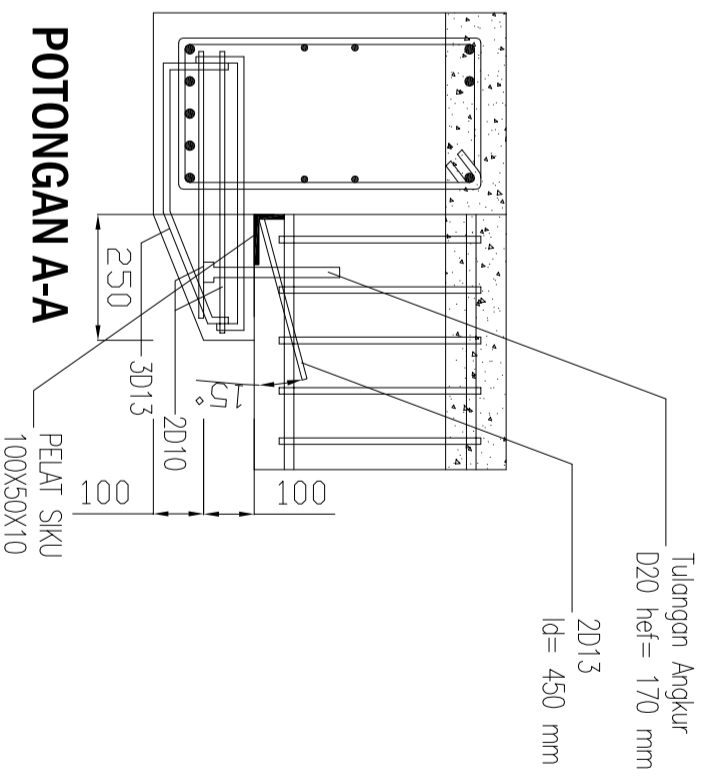
NAMA MAHASISWA

Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK
 ANAK-BALOK INDUK

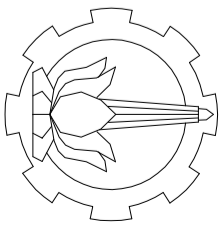
Catatan :



SAMBUNGAN BALOK ANAK - BALOK INDUK

SKALA 1 : 15

KODE GAMBR	NO. LAMBR
STR-049	58



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4

PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

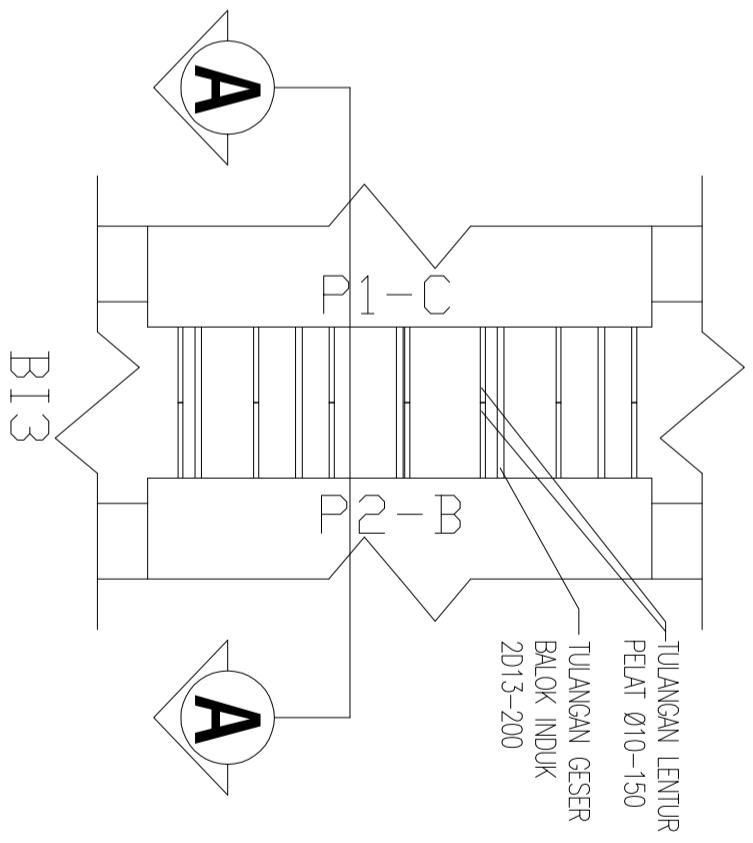
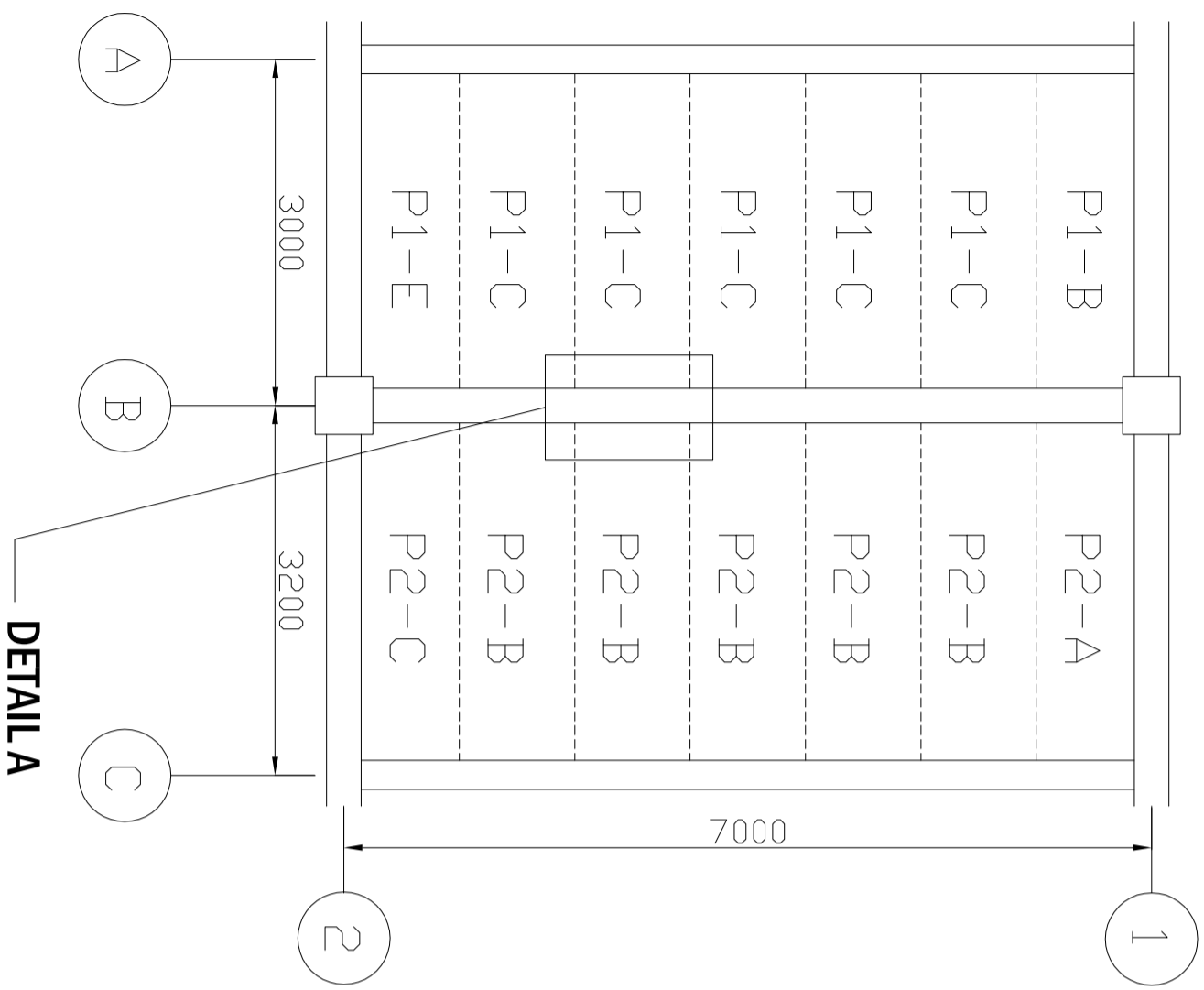
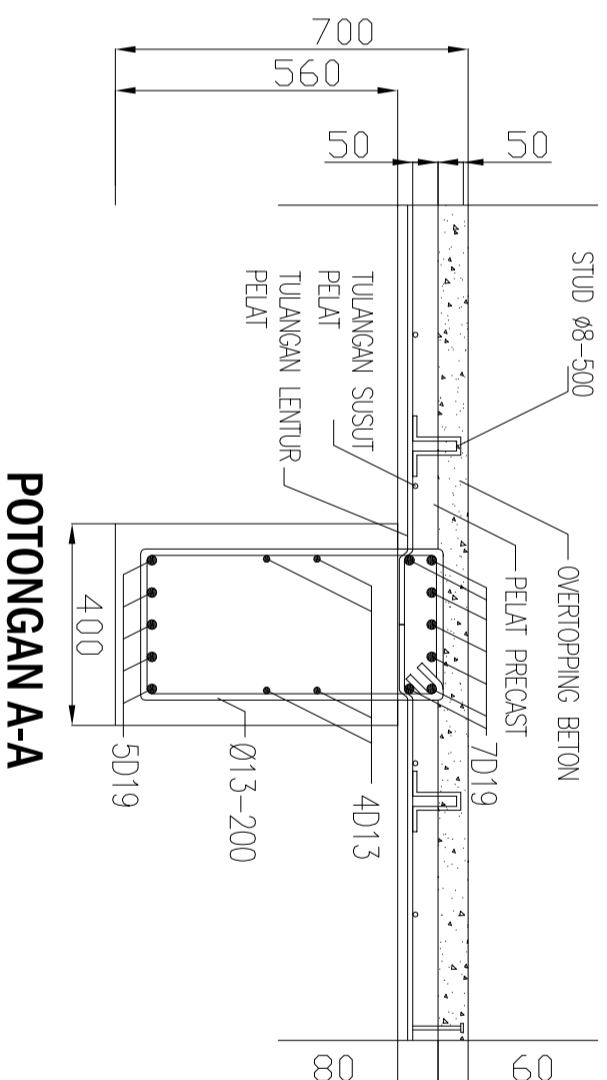
Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

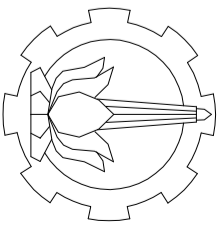
SAMBUNGAN BALOK - PELAT

Catatan :

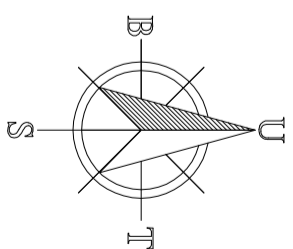
KODE GAMBR	NO. LAMBR
STR-050	59



SAMBUNGAN BALOK - PELAT
 SKALA 1 : 15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4



PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
 HOTEL FAVE SURABAYA
 DENGAN METODE BETON PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Nur Ahmad Husin, S.T, M.T.

NAMA MAHASISWA

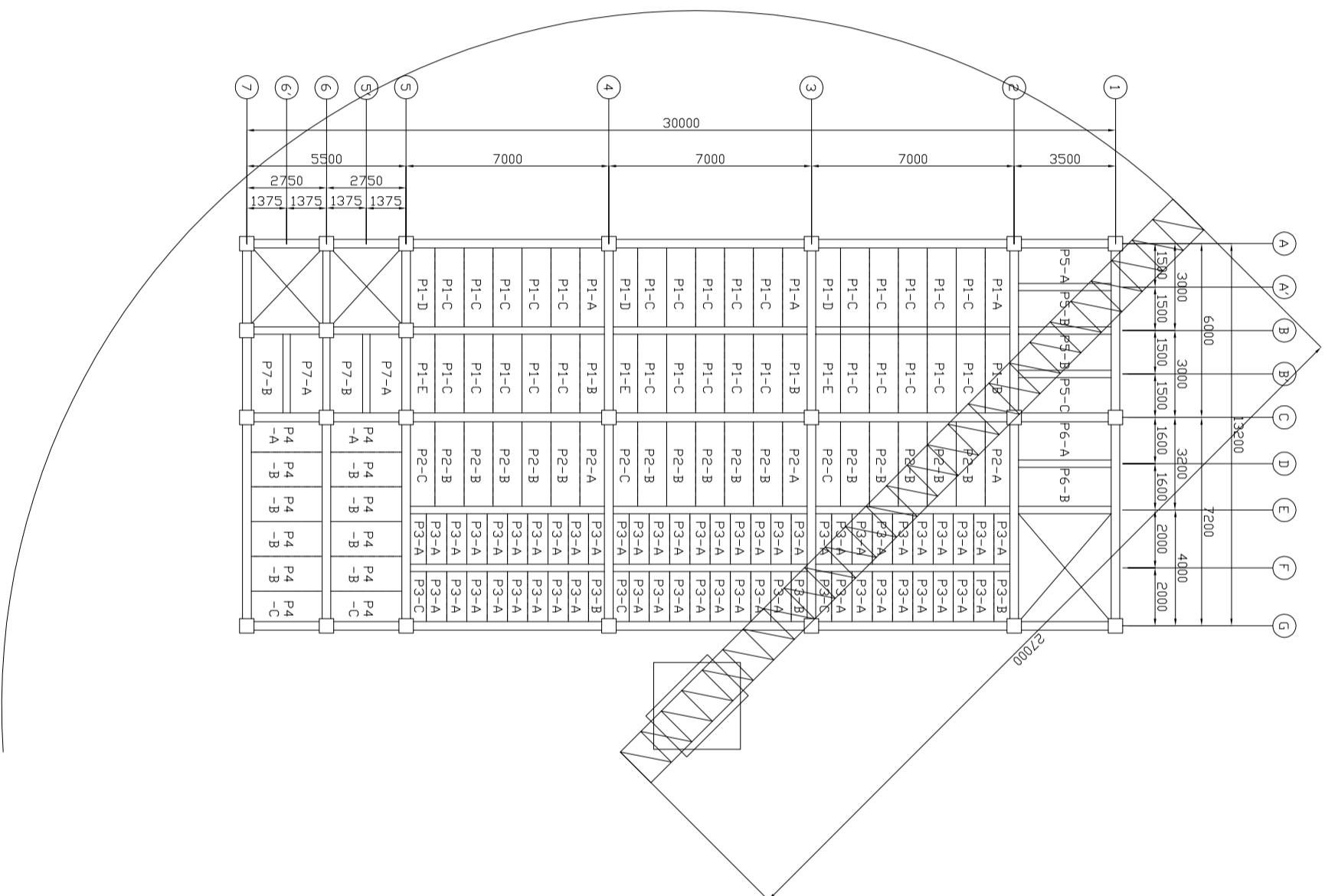
Rahmat Dwi Sutrisno
 10111410000066

NAMA GAMBAR

**DENAH KOLOM, BALOK DAN
 PELAT PRACETAK LANTAI 2**

Catatan :

KODE GAMBR	NO. LAMBR
STR-051	60



JANGKAUAN TOWER CRANE

SKALA 1 : 200