



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI SEPANJANG MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DAN METODE PELAKSANAAN BALOK DAN PELAT

YOSIA SUWADI SIRINGORINGO
NRP. 1011141000045

DOSEN PEMBIMBING
Ir. SRIE SUBEKTI, MT.
NIP. 19560520 198903 2 001

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



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIS
RUMAH SAKIT DI SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK DAN METODE PELAKSANAAN
BALOK DAN PELAT**

YOSIA SUWADI SIRINGORINGO
NRP. 10111410000045

DOSEN PEMBIMBING
Ir. SRIE SUBEKTI, MT.
NIP. 19560520 198903 2 001

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



THESIS APPLIED - RC146599

**MODIFICATION OF STRUTURAL DESIGN OF
HOSPITAL BUILDING IN SEPANJANG USING
PRECAST CONCRETE AND IMPLEMENTATION
METHOD OF BEAMS AND SLABS**

YOSIA SUWADI SIRINGORINGO
NRP. 10111410000045

SUPERVISOR
Ir. SRIE SUBEKTI, MT.
NIP. 19560520 198903 2 001

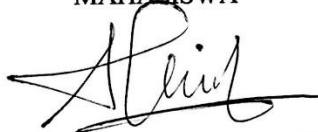
DIPLOMA 4 STUDY PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI SEPANJANG MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DAN METODE PELAKSANAAN BALOK DAN PELAT

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

Disusun Oleh:
MAHASISWA



YOSIA SUWADI SIRINGORINGO
NRP. 10111410000045



03 AUG 2018

DEPARTEMEN
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
I. SRU SUBEKTI, MT.
NIP 19560520 198903 2 001



**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 : 23 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Modifikasi Struktur Gedung Medis Rumah Sakit Di Sepanjang Menggunakan Beton Pracetak		
Nama Mahasiswa	Yosia Suwadi Siringoringo	NRP	10111410000045
Dosen Pembimbing 1	Ir. Srie Subekti, MT NIP 19560520 198903 2 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<i>lihat uraian revisi dan lift</i> <i>Pondasi</i>	 Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001
<i>di bagian tambahan rumus yg. Alkumaruf.</i>	 Ir. Srie Subekti, MT. NIP 19560520 198903 2 001
<i>Revisi Cover, pengisian mullwada pelaksanaan nya buat 1 bab, di subbab bablah anak dg plat, belah ukur dg plat, kalau dg peler pada subbab, di pengisian</i>	 Dr. Ir. Dicky Imam W, MS NIP 19590209 198603 1 002
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001	Ir. Srie Subekti, MT. NIP 19560520 198903 2 001	Dr. Ir. Dicky Imam W, MS NIP 19590209 198603 1 002	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ir. Srie Subekti, MT NIP 19560520 198903 2 001	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. 031-5638025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Yosia Suwadi, S 2
NRP : 1 10111410000045 2
Judul Tugas Akhir : Desain Modifikasi Struktur Gedung Rumah Sederhana di Sepanjang
 Menggunakan Beton Precast dan Metode Pelaksanaan Balok dan Pelat
Dosen Pembimbing : Ir. Srie Subekti, M.T

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	2/3 2018	Tuliskan Judul BAB. pelek 1/2 utk balok ide 1/6 ank. penulisan sumber & teori ditinjau kembali hit. pelat 1 arah & 2 arah. detambah kolom utk menghidupkan kawat - kawat. tambahkan gambar perhitungan. tambahkan perencanaan SNI gambar perhitungan tangga.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	5/4 2018	Tambah notasi tangga (gbr) (arah). - tebal pelat tangga diambil 12 cm. - hal 90 → dimensi pelat precast → perhitungan dibarutkan, agar tek. torsi pembesian. - Perencanaan yg mendasari umur beton. - Atap pakai baja.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	26/4 2018	→ Lift pakai existing utk cor. panelnya utk pit. lift pakai yg ada di browser. - Balok telak melintang, pakai balok yg sudah ada di pit lift.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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



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

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

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Yosia Suwadi, S 2
NRP : 1 1011141 0000 045 2
Judul Tugas Akhir : Desain Modifikasi Struktur Gading Rumah Satrio di Sepanjang
 Menggunakan Beton Pracetak dari Metode Pelat-sambung Balok dan Pelat
Dosen Pembimbing : Ir. Sri Subekti, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4	28/5 '18	→ Dinding diambil 200 kg/m ³ karena ada lubang ^h	<i>R. Subekti</i>			
		→ Tiang Puncung Manual / SAP.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	23/7 '18	→ Menyelesaikan gambar / dilengkapi.	<i>R. Subekti</i>			
6	26/7 '18	→ Membetulkan "kesimpulan & saran" mengenai rumus Mcr.	<i>R. Subekti</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	27/7 '18	→ Betulkan arah tulangan angkat pelat.	<i>R. Subekti</i>			
		→ Betulkan notasi pada sambun- gan kolom-balok, mana yg pracetak, mana yang cor- in situ.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	31/7 '18	- Revisi detail sambungan tangga - Dimensi Pile Cap P.O. b. tdk ada. - tambahkan portal melintang. - beri nomer gambar A3.	<i>R. Subekti</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI SEPANJANG MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DAN METODE PELAKSANAAN BALOK DAN PELAT

Nama Mahasiswa : Yosia Suwadi Siringoringo
NRP : 101 114 100000 45
Jurusan : Diploma IV Teknik Infrastruktur
Sipil, FV- ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Srie Subekti., MT.
NIP : 19560520 198903 2 001

ABSTRAK

Proyek Modifikasi Rumah Sakit Siti Khodijah merupakan proyek pembangunan yang terletak di Jalan Pahlawan No. 26 Sepanjang, Sidoarjo dengan desain awal menggunakan metode beton cor cast in-situ. Pada Proyek Akhir Terapan ini, akan direncanakan desain modifikasi dengan menggunakan metode beton pracetak (precast) pada struktur sekunder yaitu plat dan balok anak serta pada struktur primer yaitu balok induk. Modifikasi juga dilakukan pada jumlah lantai bangunan yang semula 7 lantai menjadi 8 lantai karena kebutuhan kapasitas untuk ruang rawat inap. Dalam mendesain elemen struktur pracetak, mengacu pada peraturan SNI 2783: 2013 dan PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestress Concrete . Dari data perencanaan yang telah ada, dilakukan perhitungan preliminari desain untuk dimensi plat, balok dan kolom. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan penulangan berdasarkan hasil gaya dari permodelan yang didapat dari SAP2000, khusus untuk kolom, penulangan akan diambil dari output program bantu Pccol . Setelah menghitung penulangan, akan dilanjutkan dengan perhitungan dan desain sambungan balok-kolom, balok-plat, dan plat-plat. Perencanaan akhir berupa metode pelaksanaan pengerjaan plat dan balok dengan metode pracetak. Pendetailan penulangan akan dituangkan dalam bentuk gambar dengan bantuan program bantu

AutoCad. Perencanaan juga melibatkan lokasi bangunan yang berpengaruh pada perhitungan gempa, mengingat di Indonesia adalah daerah rawan gempa. Dengan semua perencanaan diatas, diharapkan perhitungan yang dilakukan dapat menunjang kekuatan struktur dari bangunan dan memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013 Tentang Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2013 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan pengerjaan Proyek Akhir Terapan berlangsung dengan lancar. Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah, untuk memperoleh dimensi dari semua elemen struktur yang efisien, tulangan yang efisien dan permodelan yang tepat untuk bangunan tahan gempa.

Kata Kunci : balok , modifikasi , plat, pracetak

MODIFICATION OF STRUTURAL DESIGN OF HOSPITAL BUILDING IN SEPANJANG USING PRECAST CONCRETE AND IMPLEMENTATION METHOD OF BEAMS AND SLABS

Name : Yosia Suwadi Siringoringo
NRP : 101 114 100000 45
Major : Diploma IV Program Civil
Infrastructure Engineering Department
FV- ITS
Supervisor : Ir. Srie Subekti., MT.
NIP : 19560520 198903 2 001

ABSTRACT

Modification project of Siti Khodijah Hospital is located at Jalan Pahlawan No. 26, Sidoarjo through preliminary design using cast in-situ method. On the last step of this Final Project, modification design with precast concrete method will be carried out on the secunder structure, namely plate and supporting beam, also on the primary structure called main beam. The modification will also be applied on building's number of floors, previous 7 floors building will becoming 8 floors as it needs more capacity for inpatient room. This design process of precast structure element is based on SNI 2783: 2013 dan PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestress Concrete. Preliminary design measurement for the dimension of plate, beam and column will be carried out based on the planning prepared data. Furthermore, skeleton frame measurement from the result of prototype, will be based on SAP2000. Especially for column, skeleton frame will be based on the output of supporting programme, Pccol. Later on, measurement and design process of structure from beam-column, beam-plate and plate-plate will be carried out. The final concept is implementetion process of plate and beam with precast method. Details of skeleton frame will be presented in pictures using AutoCAD software.

This project will also considering building location that will affect earthquake disaster calculation as Indonesia is earthquake prone country. Through all the process above, hopefully the analysis could support structure strengthness of a building and fulfill structure safety requirements based on SNI 03-2847-2013 Tentang Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2013 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung and this Final Project will be done successfully. The purpose of this final project is to obtain dimension from all efficient structure elements, efficient skeleton frame and appropriate prototype for earthquake-resistant buildings.

Keywords : *beam, modification, plate, precast*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir terapan dengan judul “Desain Modifikasi Struktur Gedung Medis Rumah di Sepanjang Menggunakan Beton Pracetak (Precast)” sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan. Pada program Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Sepuluh Nopember Surabaya.

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

1. Orang tua serta keluarga yang terus memberikan doa dan semangat serta dukungan kepada penulis.
2. Ibu Ir. Srie Subekti, MT. selaku dosen pembimbing.
3. Teman- teman satu angkatan yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan proyek akhir terapan ini tak lepas dari banyak kesalahan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan pembuatan proyek akhir selanjutnya.

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

Surabaya, 23 Juli 2018

Penulis

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1 Rumusan Masalah	2
1.2 Tujuan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Elemen Pracetak.....	7
2.2.1 Pelat	7
2.2.2 Balok	9
2.2.3 Kolom.....	10
2.3 Metode Sambungan.....	11
2.3.1 Sambungan Daktil Dengan Cor Setempat	11
2.3.2 Sambungan Daktil Dengan Menggunakan Las	12
2.3.3 Sambungan Dengan Menggunakan Baut	13
2.4 Sambungan Balok-Kolom.....	13
2.4.1 Sambungan Beton <i>Corbel</i>	14

2.4.2 Sambungan <i>Billet</i>	14
2.5 Sambungan Balok- Pelat.....	15
2.6 Sambungan Pelat- Pelat.....	16
2.7 Metode Pengangkatan Pracetak.....	16
2.7.1 Pengangkatan Pelat.....	17
2.7.2 Pengangkatan Balok Pracetak.....	20
2.8 Karakteristik Resiko Gempa Wilayah.....	22
2.9 Sistem Struktur dan Struktur Gedung.....	25
2.9.1 Sistem Struktur.....	25
2.9.2 Struktur Gedung.....	25
2.10 Rangka Momen Khusus Yang Dibangun Menggunakan Beton Pracetak.....	25
2.11 Referensi Tugas Akhir Terdahulu.....	26
2.12 Metode Pelaksanaan Beton Pracetak.....	27
BAB III METODOLOGI.....	28
3.1 Umum.....	29
3.2 Diagram Alir Perencanaan.....	29
3.3 Pencarian dan Pengumpulan Data.....	30
3.4 Pencarian Literatur.....	31
3.5 Pemilihan Kriteria Desain.....	31
3.6 Preliminary Desain Bangunan Atas.....	32
3.6.1 Pengaturan Denah.....	32
3.7 Penentuan Dimensi Elemen Struktur.....	33
3.7.1 Dimensi Kolom.....	33
3.7.2 Dimensi Plat.....	33
3.7.3 Dimensi Balok.....	35

3.7.4 Dimensi Tangga.....	36
3.7.5 Penulangan Tangga.....	36
3.8 Permodelan Struktur	37
3.9 Pembebanan Struktur	37
3.9.1 Beban Statis	38
3.9.2 Beban Dinamis.....	38
3.10 Kombinasi Pembebanan	44
3.11 Kontrol Desain Permodelan Akibat Gempa	45
3.11.1 Kontrol Periode Fundamental	45
3.11.2 Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa.....	46
3.11.3 Kontrol Simpangan Antar Struktur	46
3.12 Perencanaan Penulangan	46
3.11.1 Penulangan Lentur Balok.....	46
3.11.2 Penulangan Geser Balok	47
3.11.3 Tulangan Susut Balok	48
3.11.4 Kontrol Torsi Balok	48
3.11.5 Penulangan Lentur Pelat	50
3.11.6 Perhitungan Tulangan Susut Plat	51
3.11.7 Perencanaan Tulangan Kolom	51
3.11.8 Perencanaan Tulangan Angkat.....	52
3.12 Perencanaan Sambungan.....	52
3.12.1 Desain Geser Ujung Balok.....	52
3.12.2 Shallow Recces	53
3.12.3 Deep Recces	54
3.13 Desain Sambungan Balok- Kolom	54

3.13.1 Sambungan Beton <i>Corbell</i> (konsol pendek).....	54
3.14 Desain Sambungan Plat- Balok dan Plat- Plat.....	56
3.14.1 Sambungan Lap Splice	56
3.15 Kontrol Elemen Pracetak	56
3.16.1 Kontrol Pengangkatan.....	56
3.16.2 Kontrol Penumpukan	57
3.16.3 Kontrol Pemasangan	57
3.16.4 Kontrol Pengecoran	58
3.17 Metode Pelaksanaan Beton Pracetak.....	58
3.17.1 Produksi.....	58
3.17.2 Transportasi	59
3.17.3 Erection.....	60
BAB IV PRELIMINARY DESAIN	62
4.1 Umum	63
4.2.1 Data Perencanaan.....	63
4.2 Perencanaan Awal (<i>Preliminary Design</i>)	63
4.2.1 Perencanaan Dimensi Balok	63
4.2.2 Perencanaan Dimensi Pelat	65
4.2.3 Perencanaan Dimensi Kolom.....	67
4.2.4 Perencanaan Dimensi Tangga	71
BAB V PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	75
5.1 Perencanaan Pelat Pracetak.....	75
5.1.1 Penulangan Pelat Pracetak	77
5.1.2 Penyaluran Tulangan Pelat.....	97
5.1.3 Kontrol Tegangan Pelat Pracetak.....	97

5.1.4 Perencanaan Tulangan <i>Shear Connector</i>	102
5.1.5 Rekapitulasi Tulangan Pelat.....	104
5.2 Perencanaan Tangga	105
5.2.1 Data Perencanaan.....	105
5.2.2 Pembebanan.....	105
5.2.3 Analisa Gaya Dalam	107
5.2.4 Perhitungan Penulangan.....	109
5.2.5 Perhitungan Sambungan Panjang Penyaluran	118
5.3 Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	119
5.3.1 Pembebanan Balok Anak (BA.1).....	120
5.3.2 Penulangan Balok Anak Pracetak	122
5.4 Perencanaan Balok Lift.....	136
5.4.1 Data Perencanaan.....	136
5.4.2 Perhitungan Pembebanan Balok Penggantung Lift .	138
5.4.3 Penulangan Balok Lift	139
BAB VI PERMODELAN	143
6.1 Umum	143
6.2 Pembebanan	144
6.3.1 Beban Mati	144
6.3.2 Beban Hidup.....	145
6.3.3 Beban Angin.....	145
6.3.4 Beban Gempa	146
6.3.5 Kombinasi Pembebanan.....	151
6.3.1 Kontrol Partisipasi Massa	152
6.3.2 Kontrol Perioda Fundamental Struktur	153

6.3.3 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur	154
6.3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai	157
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	161
7.1 Umum	161
7.2 Perencanaan Balok Induk	161
7.1.1 Data perencanaan	165
7.1.2 Pembebanan balok induk	165
7.1.3 Perhitungan tulangan balok	167
7.1.4 Rekapitulasi tulangan balok induk BI.1	205
7.2 Perencanaan Kolom	205
7.2.1 Data perencanaan	206
7.2.2 Cek syarat komponen struktur penahan gempa	206
7.2.3 Perhitungan tulangan longitudinal penahan lentur ..	207
7.2.4 Persyaratan kolom kuat balok lemah (<i>Strong Column Weak Beam</i>)	208
7.2.5 Perhitungan tulangan transversal sebagai <i>confinement</i>	210
7.2.6 Perhitungan gaya geser desain V_e	213
7.2.7 Perhitungan sambungan lewatan	217
7.3. Perencanaan HBK	218
BAB VIII PERENCANAAN SAMBUNGAN	221
8.1 Umum	221
8.2 Sambungan kolom dengan balok	222
8.2.1 Perencanaan konsol pada kolom	223
8.2.1.1 Data perencanaan	223
8.2.1.2 Perhitungan konsol	224

8.2.2 Panjang penyaluran sambungan balok kolom	227
8.2.3 Pelat siku ujung balok	229
Kebutuhan tulangan dapat dihitung sebagai berikut :	230
8.3 Sambungan balok induk dengan balok anak	231
8.3.1 Perencanaan konsol pada balok induk	231
8.3.1.1 Data perencanaan	232
8.3.1.2 Perhitungan konsol	232
8.3.2 Panjang penyaluran sambungan balok kolom	235
8.3.3 Perencanaan angkur baut (dowel)	236
8.4 Sambungan pelat dan balok	240
8.4.1 Panjang penyaluran sambungan pelat dan balok	240
BAB IX PERENCANAAN STRUKTUR PONDASI	243
9.1 Perencanaan Pondasi	243
9.1.1 Spesifikasi Tiang Pancang	244
9.1.2 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	245
9.1.3 Perhitungan Pondasi Tipe PO.1	247
9.1.3.1 Gaya reaksi yang bekerja pada titik rencana pondasi	247
9.1.3.2 Jumlah tiang pancang rencana	247
9.1.3.3 Perencanaan dimensi Poer	248
9.1.3.4 Perhitungan efisiensi tiang pancang kelompok	248
9.1.3.5 Perhitungan beban maksimum tiang pada kelompok tiang	249
9.1.3.6 Cek perhitungan geser satu arah pada poer akibat kolom.....	251
9.1.3.7 Cek perhitungan geser dua arah pada poer akibat kolom dan tiang pancang	253

9.1.3.8 Perencanaan tulangan lentur poer	254
9.1.3.9 Transfer beban kolom ke pondasi	260
9.1.3.10 Panjang penyaluran tulangan pasak	260
BAB X METODE PELAKSANAAN	261
9.1 Umum	261
9.2 Produksi Elemen-elemen Pracetak	262
9.3 Pengangkatan Elemen Pracetak	263
9.4 Pekerjaan Kolom	264
9.5 Pekerjaan Balok Pracetak	266
9.6 Pekerjaan Pelat Pracetak	268
9.7 Pekerjaan Pelat Overtopping	269
BAB XI PENUTUP	271
10.1 Kesimpulan	271
10.2 Saran	273
DAFTAR PUSTAKA	275
LAMPIRAN	276
BIODATA PENULIS	282

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Angka Pengali Beban Statis Ekvivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis.....	21
Tabel 2.2 Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa.....	22
Tabel 2.3 Faktor kutamaan gempa	24
Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah.....	24
Tabel 3.1. Tabel Minimum Tinggi Pelat (konstruksi 1 arah)	34
Tabel 3.2 Tabel Tinggi Minimu Balok	35
Tabel 3.3. Klasifikasi Situs Berdasarkan S_s	40
Tabel 3.4. Klasifikasi Situs Berdasarkan S_1	40
Tabel 3.5 Nila C_t dan x (sumber: SNI 1726: 2012 Tb. 15)	42
Tabel 3.6 Nilai C_u (sumber: SNI 1726: 2012 Tb. 14)	42
Tabel 4. 1 Tabel harga H minimal	64
Tabel 4. 2 Rekapitulasi dimensi balok.....	65
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Pelat <i>Precast</i>	67
Tabel 5. 1 Faktor pengali slink baja	84
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Tulangan Pelat	104
Tabel 5. 3 Tabel Perhitungan Cross.....	108
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Tulangan Tangga dan Bordes	115
Tabel 5. 5 Tulangan Bordes.....	118
Tabel 5. 6 <i>Overhead & Pit Depth</i>	137
Tabel 5. 7 <i>Standard Dimensions & Reactions</i>	137
Tabel 5.8 Angka pengali beban statis ekuivalen (Sumber PCI 7th Edition)	162
Tabel 6. 1 Hasil Perhitungan N-SPT	148
Tabel 6. 2 Hasil Spektrum Respon Desain	151
Tabel 6. 3 Partisipasi Massa (SAP2000)	152
Tabel 6.4 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	153
Tabel 6.5 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung	153
Tabel 6. 6 Berat struktur (W_t) dari aplikasi SAP2000	156
Tabel 6. 7 Nilai base reaction dari aplikasi SAP2000.....	156
Tabel 6. 8 Simpangan antar lantai ijin	158

Tabel 6.9 Kontrol simpangan antar lantai portal gempa dinamis arah x.....	159
Tabel 6.10 Kontrol simpangan antar lantai portal gempa dinamis arah y.....	159
Tabel 7. 1 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen (Sumber PCI)	162
Tabel 7.2 Rekapitulasi momen pada balok BI.1	186
Tabel 7. 3 Rekapitulasi Momen yang Terjadi pada Balok BI.1	186
Tabel 7. 4 Rekapitulasi Tulangan BI.1	205
Tabel 7. 5 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk	205
Tabel 7.6 Rekapitulasi gaya-gaya yang terjadi pada balok.....	206
Tabel 7.7 Rekapitulasi kuat lentur nominal balok yang merangka pada kolom.....	209
Tabel 7.8 Momen Mpr yang terjadi pada balok.....	214

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Hollow Core Slab</i> (sumber: PCI 7 th Edition).....	8
Gambar 2.2 <i>Solid Slab</i> (sumber: PCI 7 th Edition).....	8
Gambar 2.3 <i>Double Tees</i> (sumber: PCI 7 th Edition).....	9
Gambar 2.4 Penampang Persegi (sumber: <i>PCI 7th Edition</i>).....	9
Gambar 2.5 Penampang 'L' (sumber: <i>PCI 7th Edition</i>).....	10
Gambar 2.6 Penampang 'T' Terbalik (sumber: <i>PCI 7th Edition</i>)	10
Gambar 2.7 Sambungan Cor Setempat.....	12
Gambar 2.8 Sambungan Las.....	13
Gambar 2.9 Sambungan Dengan Baut.....	13
Gambar 2.10 Sambungan Beton <i>Corbell</i> (sumber: Dr. K. P. Jaya, 2016).....	14
Gambar 2.11 Sambungan <i>Billet</i> (sumber: Dr. K. P. Jaya, 2016)	15
Gambar 2.12 Sambungan Pelat-Balok Cor Setempat (sumber: Dr. K. P. Jaya, 2016).....	16
Gambar 2.13 Pengangkatan Pelat 2 Titik Vertikal (sumber: PCI 7 th Edition).....	18
Gambar 2.14 Pengangkatan Pelat 4 Titik Vertikal (sumber: PCI 7 th Edition).....	18
Gambar 2.15 Pengangkatan Pelat 4 Titik Datar (sumber: PCI 7 th Edition).....	19
Gambar 2.16 Pengangkatan Pelat 8 Titik Datar (sumber: PCI 7 th Edition).....	20
Gambar 2.17 Pengangkatan Balok Vertikal Inklinasi.....	20
Gambar 2.18 Pengangkatan Balok Vertikal Tidak Prismatis (sumber: <i>PCI 7th Edition</i>).....	21
Gambar 2.19 Respond spectrum rencana.....	24
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Pekerjaan Proyek Akhir.....	29
Gambar 3.2 Denah Bangunan Eksisting.....	32
Gambar 3.3 Denah Balok dan Pelat Rencana.....	33
Gambar 3.4 Peta Gempa Untuk S_S	39
Gambar 3.5 Peta Gempa Untuk S_1	40
Gambar 3.6 <i>Flow-chart</i> Penulangan Lentur Balok.....	47
Gambar 3.7 Flow-Chart Penulangan Lentur Pelat.....	50

Gambar 3.8 Shallow Recces.....	53
Gambar 3.9 Deep Recces	54
Gambar 3.10 Sambungan Konsol.....	55
Gambar 3.11 Ilustrasi Pengangkatan	57
Gambar 3.12 Ilustrasi Penumpukan.....	57
Gambar 3.13 Ilustrasi Pemasangan	58
Gambar 3.14 Ilustrasi Pengecoran.....	58
Gambar 3.15 Typical Two Point Support.....	59
Gambar 3.16 Rocker System.....	59
Gambar 3.17 Wall Panel Laid Flat	60
Gambar 3.18 Sistem Vertikal	60
Gambar 3.19 Metode Vertikal	60
Gambar 3.20 Metode Horizontal	61
Gambar 4. 1 Denah perencanaan pelat	66
Gambar 4. 2 Dimensi Perencanaan Tangga.....	72
Gambar 5. 1 Pelat Pracetak P.2	75
Gambar 5. 2 Penumpuan Komponen Pelat-Balok	76
Gambar 5. 3 Pelat pracetak P.2	76
Gambar 5. 4 Titik Pengangkatan Pelat Praetak.....	77
Gambar 5. 5 Kedalaman Angkur	86
Gambar 5. 6 Tower Crane	86
Gambar 5. 7 Perancah untuk Penopang Tengah Bentang	87
Gambar 5. 8 Pengangkatan Pelat Pracetak	98
Gambar 5. 9 Penumpuan Pelat Pracetak	99
Gambar 5. 10 Pemasangan Pelat Pracetak.....	101
Gambar 5. 11 Pengecoran Overtopping pada Pelat Pracetak	102
Gambar 5. 12 Perencanaan Shear Connection	103
Gambar 5. 13 Beban yang Bekerja pada Tangga.....	107
Gambar 5. 14 <i>Free Body</i> Pelat Tangga.....	108
Gambar 5. 15 Balok Anak yang Ditinjau	120
Gambar 5. 16 Momen saat Pengangkatan	122
Gambar 5. 17 Sudut Kemiringan Slink.....	123
Gambar 5. 18 Kedalaman Angkur Tulangan Angkat.....	125
Gambar 5. 19 Perancah Ditengah Bentang Balok.....	128
Gambar 5. 20 Tumpuan Pelat pada Balok	131

Gambar 5. 21 Vu pada Tumpuan Pelat-Balok	132
Gambar 5. 22 Diagram Balok Setelah Komposit.....	133
Gambar 5. 23 Detail Lift	138
Gambar 5. 24 Jarak Pu (x) pada Balok Lift	138
Gambar 5. 25 Momen Balok Lift (SAP2000).....	139
Gambar 5. 26 Gaya Geser Balok Lift (SAP2000)	141
Gambar 6. 1 Permodelan 3D dari Gedung yang Ditinjau	143
Gambar 6. 2 Tampak Atas Gedung yang Ditinjau.....	144
Gambar 6. 3 Kecepatan Angin (sumber:www.bmkg.go.id).....	146
Gambar 6. 4 Data Tanah (SPT)	147
Gambar 6. 5 Nilai Ss di Sepanjang	149
Gambar 6. 6 Nilai S1 di Sepanjang	149
Gambar 6. 7 Nilai periode dari aplikasi SAP2000.....	154
Gambar 6.8 Penentuan simpangan antar lantai	157
Gambar 7. 1 Posisi Balok dan Pelat Pracetak	163
Gambar 7. 2 Flow-Chart Perhitungan Penulangan Balok Pracetak	164
Gambar 7. 3 Lokasi Balok BI.1 yng Ditinjau	165
Gambar 7. 4 Tributary Pelat pada Balok Sebelum Komposit ...	166
Gambar 7. 5 Pengangkatan Balok Pracetak	168
Gambar 7.6 Sudut pengangkatan.....	168
Gambar 7. 7 Sudut Kemiringan Slink Pengangkat dan Faktor Pengalinya.....	173
Gambar 7.8 Kedalaman Pengangkuran tulangan angkat pada balok.....	174
Gambar 7.9 Letak titik pengangkatan balok induk pracetak.....	176
Gambar 7.10 Ilustrasi perletakan balok induk sebelum komposit	178
Gambar 7.11 Momen yang terjadi	178
Gambar 7. 12 Momen BI.1 (SAP2000)	184
Gambar 7.13 Momen BI.1 (SAP2000).....	185
Gambar 7. 14 Momen BI.1 (SAP2000).....	185
Gambar 7.15 Gaya Geser BI.1 (SAP2000).....	186
Gambar 7.16 Torsi BI.1 (SAP2000).....	186
Gambar 7. 17 Gaya Geser Balok BI.1 (SAP2000)	198

Gambar 7. 18 Torsi Balok BI.1 (SAP2000).....	201
Gambar 7.19 Letak kolom yang ditinjau	205
Gambar 7.20 Diagram interaksi P-M Kolom K1 dari program PCACOL.....	207
Gambar 7.21 Konfigurasi tulangan longitudinal kolom yang didapatkan dari program PCACol	208
Gambar 7.22 Diagram interaksi P-M pada kolom untuk menentukan nilai Mn kolom.....	209
Gambar 7.23 Output diagram interaksi P-M kolom atas dan bawah	210
Gambar 7.24 Diagram interaksi P-M menggunakan mutu tulangan 1,25fy.....	213
Gambar 7.25 Output diagram interaksi akibat menggunakan mutu tulangan 1,25fy.....	214
Gambar 7. 26 Hubungan Balok-Kolom.....	220
Gambar 9. 1 Denah Pondasi Tiang Pancang	243
Gambar 9.2 Pondasi tipe PO1	249
Gambar 9.3 Bidang kritis geser satu arah akibat kolom	251
Gambar 9.4 Bidang kritis geser dua arah akibat kolom	253
Gambar 9.5 Mekanika gaya pada poer arah x.....	255
Gambar 9.6 Mekanika gaya pada poer arah y.....	257
Gambar 9. 7 Bentang Terjauh Bangunan.....	264
Gambar 10. 1 <i>Section</i> yang Ditinjau untuk Metode Pelaksanaan	261
Gambar 10. 2 Detail Section 1	262
Gambar 10. 3 Kapasitas Angkat dan Radius Tower Crane Q6517	263
Gambar 10. 4 Bentang Terjauh Bangunan.....	264
Gambar 10. 5 Instalasi Tulangan Kolom	265
Gambar 10. 6 Bekisting Kolom.....	265
Gambar 10. 7 Pengecoran Kolom.....	266
Gambar 10. 8 Pelepasan Bekisting Kolom	266
Gambar 10. 9 Pengangkatan Balok Induk	267
Gambar 10. 10 Pemasangan Balok Induk.....	267
Gambar 10. 11 Pengangkatan Balok Anak.....	268

Gambar 10. 12 Pemasangan Balok Anak	268
Gambar 10. 13 Pengangkatan Pelat Pracetak	269
Gambar 10. 14 Pemasangan Pelat Pracetak	269
Gambar 10. 15 Pemasangan Bekisting Overtopping	270
Gambar 10. 16 Pengecoran overtopping.....	270

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara berkembang yang sedang gencar-gencarnya melakukan pembangunan. Dengan semakin banyaknya jumlah penduduk yang ada, Indonesia membutuhkan perkembangan infrastruktur fisik maupun sosial yang efisien guna menunjang berbagai segi yang ada, seperti kesehatan, pendidikan, transportasi, ekonomi dan seterusnya. Untuk segi kesehatan, salah satu cara sebagai penunjangnya adalah dengan membangun gedung- gedung rumah sakit dengan konstruksi yang cepat dan memiliki daya tampung yang cukup.

Perkembangannya dunia konstruksi, khususnya untuk gedung, telah mendorong para ahli konstruksi untuk melakukan inovasi-inovasi dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Dalam pengembangan berbagai metode konstruksi yang ada, terdapat berbagai tuntutan industri konstruksi guna memudahkan pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien. Hal inilah yang melahirkan berbagai metode konstruksi yang ada agar berbagai tuntutan tersebut dapat direalisasikan.

Salah satu dari berbagai metode konstruksi yang ada yaitu metode beton pracetak (*precast*). Metode beton pracetak bisa menjadi metode terbaik untuk memenuhi tuntutan pembangunan konstruksi yang cepat dengan mutu yang terjamin. Ketepatan dan kemudahan pelaksanaan proyek dan mutu yang sesuai dengan perencanaan menjadi poin yang selalu diperhitungkan oleh para ahli konstruksi untuk menggunakan metode ini. Dengan beberapa kelebihan tersebut penggunaan metode pracetak untuk gedung-gedung tinggi yang memiliki bentuk *typical* sangat menguntungkan jika dilakukan dengan benar. Lawan dari pracetak adalah beton cor di tempat atau *cast-in place*, dimana proses produksinya berlangsung di tempat elemen tersebut akan ditempatkan. Melaksanakan pengecoran ditempat proyek pasti sangat terpengaruh oleh cuaca yang tidak menentu. Hal tersebut

tentu dapat mempengaruhi kualitas beton, bahkan sering kali mutu beton yang didapatkan tidak sesuai dengan rencana awal. Berbeda dengan beton pracetak (*precast*) yang dihasilkan dari proses produksi dimana lokasi (pabrik tertutup) pembuatannya berbeda dengan lokasi elemen akan digunakan.

Selain memiliki kelebihan-kelebihan, metode ini juga memiliki kekurangan, antara lain metode pracetak memerlukan analisa tambahan yang lebih rumit dibanding dengan sistem konvensional. Harus memperhitungkan dengan cukup teliti sistem sambungan yang digunakan, pertemuan antar tulangan apakah sudah memenuhi panjang penyaluran atau belum, ketika akan merencanakan sudah harus memperhitungkan lokasi, peralatan, perangkat pabrikasi, membutuhkan sistem pengangkatan dan cukup alat pada saat pemasangan di lokasi.

Rumah Sakit Siti Khodijah adalah sebuah rumah sakit yang dibangun di daerah Sepanjang, Kec. Taman, Sidoarjo yang dibangun dengan metode beton konvensional atau cor ditempat (*cast in-situ*). Keperluan penambahan kapasitas ruang klinik membuat daya tampung pada gedung Rumah Sakit Siti Khodijah di Sepanjang akan ditambah dari gedung 7 lantai menjadi 8 lantai. Proses desain dan pelaksanaan awal dilakukan dengan beton cor *in-situ*, maka dari itu penulis akan mendesain gedung tersebut dengan beton pracetak. Adapun elemen-elemen yang akan didesain secara pracetak adalah elemen struktur sekunder yaitu pelat dan elemen struktur primer yaitu balok.

1.1 Rumusan Masalah

Dalam Perencanaan Rumah Sakit Siti Khodijah ini terdapat beberapa permasalahan yang timbul, antara lain :

1. Bagaimana cara mendesain elemen pelat dan balok sehingga memiliki dimensi yang efektif dan efisien?
2. Bagaimana merancang struktur pracetak yang mampu menahan beban lateral, gempa dan gravitasi dengan metode SRPMK?

3. Bagaimana merancang sambungan pracetak sesuai dengan peraturan yang berlaku?
4. Bagaimana memodelkan struktur menggunakan program bantu SAP 2000?
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan kedalam gambar teknik?
6. Bagaimana membuat metode pelaksanaan plat dan balok pracetak?

1.2 Tujuan

Untuk menjawab rumusan masalah di atas maka dibuatlah tujuan yang diharapkan sebagai berikut:

1. Dapat mendesain elemen plat dan balok sehingga memiliki dimensi yang efektif dan efisien.
2. Dapat merancang struktur pracetak yang monolit sehingga mampu menahan gaya yang lateral dan gravitasi dengan metode SRPMK.
3. Dapat merancang sambungan antar elemen pracetak sesuai peraturan yang berlaku.
4. Dapat memodelkan struktur ke dalam program bantu SAP 2000.
5. Dapat menuangkan hasil perhitungan kedalam gambar teknik.
6. Dapat membuat metode pelaksanaan plat dan balok pracetak.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibuat dalam penulisan proyek akhir ini:

1. Elemen yang didesain dengan cara pracetak hanya pelat dan balok, sedangkan kolom akan didesain dengan cor *in-situ*.
2. Perencanaan ini tidak meninjau manajemen konstruksi, utilitas, arsitektural, perhitungan pondasi dan *basement*.
3. Tidak menghitung RAB.
4. Aspek efisiensi berdasarkan kubikasi elemen beton pracetak diabaikan.
5. Metode pelaksanaan yang akan dipaparkan hanya meliputi pelat dan balok.

6. Program bantu yang dipakai adalah AutoCad, SAP2000, Pcacol.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diterima dari proses pengerjaan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mendesain elemen plat dan balok dengan metode pracetak sesuai dengan peraturan yang ada.
2. Dapat menjadi referensi perencanaan struktur gedung dengan menggunakan metode pracetak kelak.
3. Menambah wawasan tentang cara pelaksanaan metode pracetak pada pelat dan balok.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Secara umum metode beton pracetak (*precast concrete method*) adalah suatu metode pencetakan komponen secara mekanisasi dalam pabrik atau *workshop* dengan memberi waktu pengerasan dan mendapatkan kekuatan sebelum dipasang. Beton pracetak juga bisa dikatakan elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan (SNI-7833-2012). Sedangkan menurut SNI-2847-2013, beton pracetak adalah elemen beton struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur.

Karena proses pengecorannya di tempat khusus (bengkel pabrikasi), maka mutunya dapat terjaga dengan baik. Tetapi agar dapat menghasilkan keuntungan, maka beton pracetak hanya akan diproduksi jika jumlah bentuk *typical*-nya mencapai angka minimum tertentu, bentuk tipikal yang dimaksud adalah bentuk-bentuk repetitif dalam jumlah besar (Iqbal Batubara, 2012). Sistem struktur beton pracetak merupakan salah satu alternatif teknologi dalam perkembangan konstruksi di Indonesia yang mendukung efisiensi waktu, efisiensi energi, dan mendukung pelestarian lingkungan (Siti Aisyah Nurjannah, 2011).

Salah satu faktor yang menentukan efisien atau tidaknya penggunaan metode beton pracetak adalah volume beton pracetak yang akan digunakan itu sendiri. Biaya pelaksanaan untuk sistem pracetak akan lebih hemat jika volume pekerjaan komponen pracetak lebih besar $\pm 2200 \text{ m}^3$ dibandingkan dengan sistem konvensional. Sedangkan jika volume pekerjaan beton kurang dari $\pm 2200 \text{ m}^3$ maka disarankan lebih efektif jika menggunakan konvensional saja (Jojok Widodo, 2004). Dalam proyek ini volume seluruh elemen beton pracetak untuk rencana 8 lantai adalah $\pm 1638,2 \text{ m}^3$, perlu penambahan 3 lantai agar volumenya

menjadi $\pm 2252,4 \text{ m}^3$ ($\geq 2200 \text{ m}^3$). Namun dalam proyek ini kubikasi akan diabaikan dan masuk batasan masalah.

Perincian kelebihan dan kekurangan menggunakan beton pracetak juga ditulis oleh Wulfrma I. Ervianto dalam bukunya *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi: Beton Pracetak & Bekisting*:

Kelebihan beton pracetak:

- **Durasi proyek menjadi lebih singkat**

Pelaksanaan struktur bangunan bawah (fondasi) bisa dilaksanakan bersamaan dengan produksi elemen pracetak yang akan digunakan untuk struktur bangunan atas, hal ini dapat memotong durasi proyek.

- **Mereduksi biaya konstruksi**

Dengan durasi yang singkat dengan sendirinya biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan proyek akan menjadi lebih kecil.

- **Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga**

Proyek tidak terhenti karena pengaruh alam karena produksi elemen pracetak yang dilakukan di pabrik.

- **Pelaksanaan konstruksi hamper tidak terpengaruhi oleh cuaca**

Karena elemen pracetak yang di produksi dilingkungan pabrik sehingga tidak terganggu cuaca dari luar. Hal ini membuat elemen pracetak terjaga mutunya.

Kekurangan beton pracetak:

- **Transportasi**

Proses transportasi elemen beton pracetak dari tempat produksi ke lokasi proyek membutuhkan perencanaan yang matang seperti biaya alat angkut, spesifikasi alat angkut yang digunakan, dll.

- **Erection**

Proses pemasangan elemen beton pracetak menjadi sebuah struktur yang utuh tentu membutuhkan peralatan tambahan dan juga biaya tambahan.

- **Sambungan**

Dalam usaha menyatukan semua elemen beton pracetak diperlukan komponen-komponen tambahan agar mampu meneruskan gaya-gaya yang bekerja. Kendala yang sering timbul adalah menentukan sambungan yang cocok untuk digunakan.

2.2 Elemen Pracetak

Dalam perencanaan ini penulis harus menentukan elemen-elemen apa saja yang akan direncanakan dengan metode pracetak. Elemen-elemen yang umum direncanakan dengan metode pracetak adalah pelat dan balok. Dengan mengetahui elemen-elemen pracetak, proses *curing*, pemindahan dan pemasangan menjadi mudah.

2.2.1 Pelat

Pelat dianggap sebagai diafragma yang sangat kaku untuk mendistribusikan gempa yang terjadi. Pada waktu pengangkatan atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi saat pelat sudah komposit. Untuk pelat pracetak (*precast slab*), ada beberapa jenis yang umum digunakan yaitu :

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

Pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Menurut PCI Design Handbook 7th Edition, *hollow core slab* tersedia dalam berbagai ukuran, mulai dari 16 inch sampai 12 ft, dan digunakan untuk bentang sekitar 40 ft.



Gambar 2.1 *Hollow Core Slab* (sumber: PCI 7th Edition)

2. Pelat pracetak tanpa lubang (*Solid Slabs*)

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



Gambar 2.2 *Solid Slab* (sumber: PCI 7th Edition)

3. Pelat pracetak *Double Tees*

Pelat ini berbeda dengan pelat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada pelat ini ada bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung. Menurut PCI Design Handbook 7th Edition, pelat *double-tee* efisien untuk bentang di kisaran 40 (± 12 m) ft sampai 80 ft dengan ketebalan 24 inch sampai 34 inch.



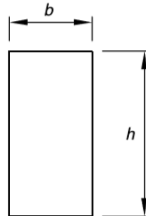
Gambar 2.3 *Double Tees* (sumber: PCI 7th Edition)

2.2.2 Balok

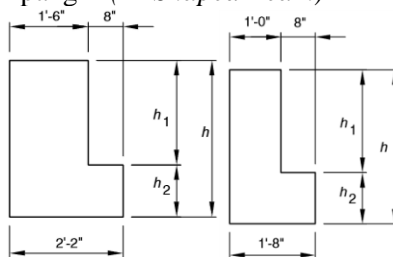
Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gayadalam berupa momen lentur dan juga geser. Balok memikul beban pelat dan berat sendiri. Selain itu, balok juga berfungsi untuk memikul beban-beban lain yang bekerja pada struktur tersebut. Untuk balok pracetak (*Precast Beam*), ada dua jenis balok yang sering atau umum digunakan :

1. Balok Penampang 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.

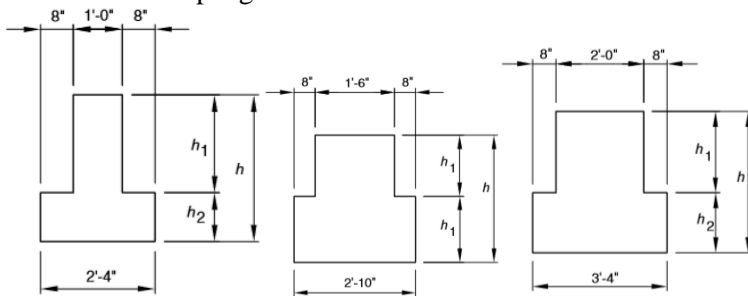


Gambar 2.4 Penampang Persegi (sumber: PCI 7th Edition)

2. Balok Penampang L (*L- Shaped Beam*)

Gambar 2.5 Penampang 'L' (sumber: *PCI 7th Edition*)

3. Balok Penampang T terbalik



Gambar 2.6 Penampang 'T' Terbalik (sumber: *PCI 7th Edition*)

2.2.3 Kolom

Secara umum kolom merupakan anggota tekan vertikal dari suatu rangka struktural yang ditujukan untuk mendukung balok penahan beban. Sedangkan menurut SNI-7833-2012, kolom adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi 3 yang digunakan terutama untuk menahan beban tekan aksial. Untuk komponen struktur mengecil, dimensi lateral terkecil merupakan rata-rata dari dimensi atas dan bawah dari sisi yang terkecil.

Namun perencanaan kolom di proyek akhir ini tidak akan menggunakan metode pracetak melainkan menggunakan metode beton konvensional yaitu cor *in-situ* yang menggunakan tulangan sengkang lateral. Tulangan memanjang dengan jarak tertentu

akan dipergunakan dalam elemen ini disertai dengan pengikat sengkang lateral. Hal ini dimaksudkan untuk mengunci tulangan memanjang agar tetap kokoh ditempatnya.

2.3 Metode Sambungan

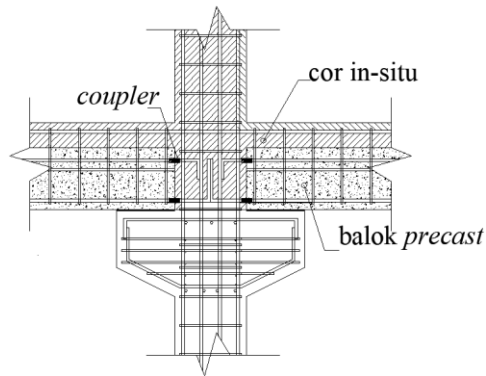
Sambungan merupakan bagian yang sangat penting untuk mentransfer gaya-gaya antar elemen pracetak yang disambung. Perencanaan sambungan harus mengantisipasi kemungkinan adanya kenaikan temperatur pada sistem sambungan pada saat kebakaran, sehingga kekuatan dari baja maupun beton dari sambungan tersebut tidak akan mengalami pengurangan.

Hal-hal yang harus dipertimbangkan pada saat merencanakan sambungan adalah :

- a. Standarisasi produksi jenis sambungan dan kemudahan tersedianya material di lapangan.
- b. Hindari keruwetan penempatan tulangan pada sambungan.
- c. Hindari sedapat mungkin pelubangan pada cetakan.
- d. Perlu diperhatikan batasan dimensi komponen pracetak.
- e. Hindari batasan non-standar pada produksi dan pemasangan (sesuai aturan, contoh: SNI, PCI,dll)
- f. Rencanakan sistem pengangkatan komponen beton pracetak semudah mungkin baik di pabrik maupun dilapangan.

2.3.1 Sambungan Daktail Dengan Cor Setempat

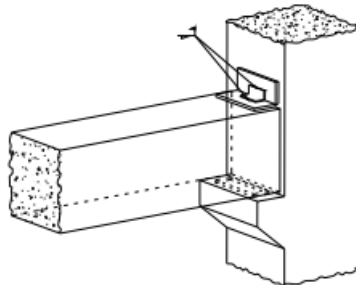
Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung / penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah.



Gambar 2.7 Sambungan Cor Setempat

2.3.2 Sambungan Daktail Dengan Menggunakan Las

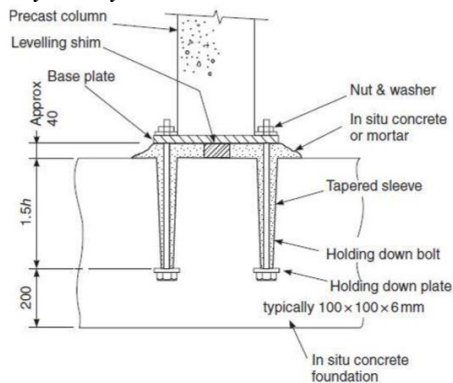
Ochs dan Ehsani (1993) mengusulkan dua sambungan las pada penempatan di lokasi sendi plastis pada permukaan kolom sesuai dengan konsep Strong Column Weak Beam. Pada konsep ini, sendi plastis direncanakan terjadi pada ujung balok dekat kolom. Sebagai gambaran, akan dicontohkan sambungan balok dengan kolom dengan menggunakan las. Untuk pertemuan antara balok dengan kolom, pada balok dan kolom dipasang pelat baja yang ditanam masuk pada daerah tulangan kolom dan kemudian di cor pada waktu pembuatan elemen pracetak. Pada kedua ujung balok, pelat baja ditanam pada bagian atas dan bawah. Pada perakitan komponen pracetak yang menggunakan las, untuk kolom terlebih dahulu berdiri kemudian dilakukan pengelasan pada kedua pelat tersebut untuk menyambungkannya dengan balok. Keuntungan dari cara ini adalah dari segi pengerjaan dan pelaksanaannya, karena elemen-elemennya tunggal dan berbentuk lurus, pengangkutan dan pengangkatannya lebih mudah sehingga lebih ekonomis. Kerugiannya adalah sambungan pada balok kolom sangatlah rawan, biaya relatif besar dan pekerjaan lebih sulit karena memerlukan ketelitian dalam pengelasan.



Gambar 2.8 Sambungan Las

2.3.3 Sambungan Dengan Menggunakan Baut

Penyambungan ini dilakukan menggunakan baut untuk menghubungkan elemen satu dengan yang lain. Dari hasil percobaan, sistem *DPCF* ini berperilaku monolit lebih baik, khususnya untuk momen *Resisting Space Frame* karena memberikan *drift* gedung 4% tanpa kehilangan kekuatan pada saat terjadi *post yield cycles*.



Gambar 2.9 Sambungan Dengan Baut

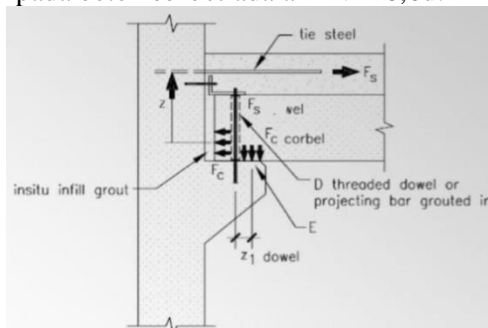
2.4 Sambungan Balok-Kolom

Sambungan/ hubungan pertemuan balok dan kolom pada perencanaan struktur perlu mendapat perhatian yang sebaik-baiknya. Karena pada pertemuan sambungan balok kolom

tersebut memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi dari gaya gempa yang ada. Tulangan atas balok pada suatu sisi kolom mengalami tegangan tarik dan bersamaan dengan itu tulangan atas balok pada sisi yang lain mengalami tulangan tekan. Sedangkan tulangan bawah balok masing-masing mengalami tegangan yang sebaliknya. Menurut SNI-2847-2013, pada sambungan elemen- elemen yang merupakan rangka utama (seperti balok dan kolom), sangkar baja harus disediakan untuk sambungan lewatan tulangan yang menerus dan pengankuran tulangan yang berakhir pada sambungan tersebut.

2.4.1 Sambungan Beton *Corbel*

Sambungan beton *corbel* adalah sambungan dengan memberikan konsol pendek tambahan berupa beton yang terletak dikepala kolom dan menjadi pendukung elemen pracetak secara horizontal diatasnya. Sambungan ini dipakai bila hal yang terkait estetika pada sambungan tidak diutamakan. Jarak terektif pembebanan pada beton *corbel* adalah $A_v < 0,6d$.

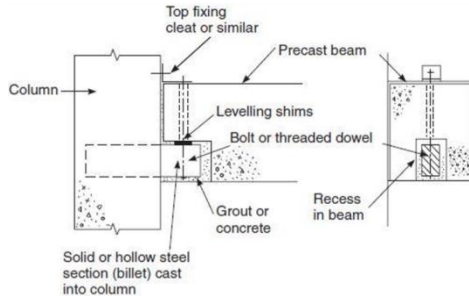


Gambar 2.10 Sambungan Beton *Corbell* (sumber: Dr. K. P. Jaya, 2016)

2.4.2 Sambungan *Billet*

Sambungan ini dipakai jika perencana memperhitungkan nilai dari segi arsitektural atau segi estetika pada sambungan beton pracetak, karena letak dari sambungan ini yang tersembunyi

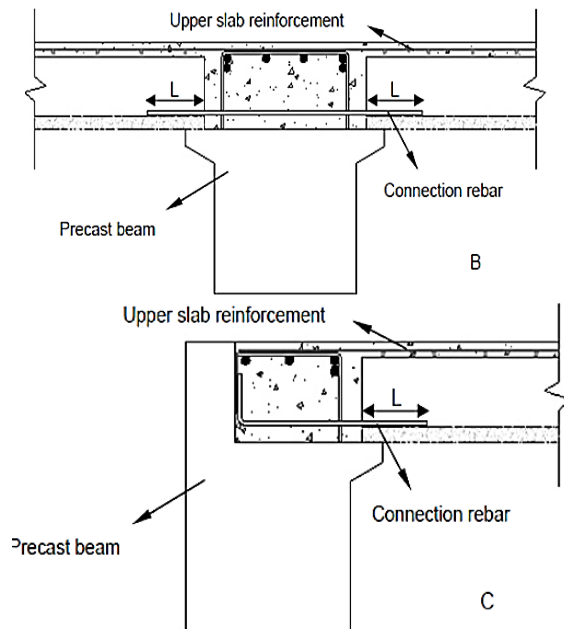
didalam beton yang dicor. Sambungan ini menggunakan besi atau baut yang dimasukkan ke dalam *billet* yang berada diantara balok dan *billet*. Setelah pemasangan sambungan, nantinya rongga-rongga yang kosong akan diisi dengan beton atau *digrouting*.



Gambar 2.11 Sambungan *Billet* (sumber: Dr. K. P. Jaya, 2016)

2.5 Sambungan Balok-Pelat

Sambungan yang dimaksud adalah sambungan di pertemuan antara balok induk dan pelat lantai. Sambungan ini memerlukan konsol pendek atau corbel yang dicor diatas balok sebagai tempat dudukan pelat pracetak yang akan dipasangkan nantinya. Kemudian rongga-rongga yang masih terlihat tulangan sambungannya akan ditutupi dengan beton *cast in-situ* atau *topping*



Gambar 2.12 Sambungan Pelat-Balok Cor Setempat (sumber: Dr. K. P. Jaya, 2016)

2.6 Sambungan Pelat- Pelat

Sambungan pelat bertujuan untuk menghubungkan antar pelat pracetak dalam satu bentang balok. Sambungan yang digunakan adalah sambungan basah *lap splice* atau penyaluran tulangan yang akan dicor monolit dengan *overtopping*. Panjang penyaluran yang diperhitungkan dilambangkan dengan l_d dan diatur di SNI

2.7 Metode Pengangkatan Pracetak

Handling adalah pemindahan komponen pracetak dari moulding/bekisting sampai pada tahap pemasangan. Dalam perencanaan sistem pracetak *quality control* untuk handling perlu kita perhatikan dalam setiap tahapan konstruksi mulai dari

Produksi, Demoulding, Penyimpanan, Transportasi sampai pada tahap pemasangan. Di mana selama proses handling tersebut perlu diperhitungkan kekuatan elemen pracetak dari berbagai macam cara handling dan alat bantu handling yang digunakan sehingga elemen pracetak aman dan tidak rusak.

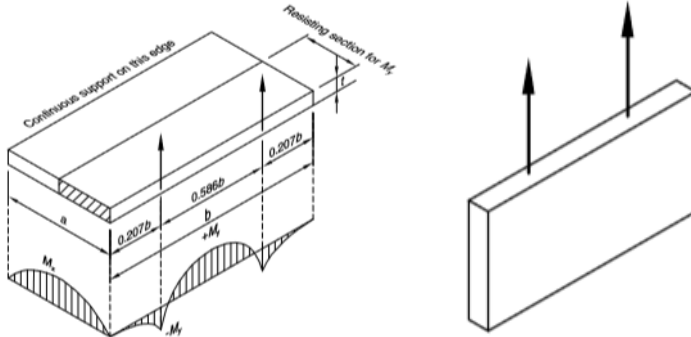
Berdasarkan *PCI 7th Edition* hal-hal yang harus diperhatikan selama pengangkatan adalah:

- a. Stabilitas dan kontrol tegangan pada elemen pada saat diangkat
- b. Ukuran dan berat elemen yang dapat dikirim dan sesuai dengan alat berat yang diperlukan
- c. Kapasitas crane yang tersedia baik di pabrik pembuatan maupun dilokasi proyek (posisi crane juga harus diperhatikan apakah mencukupi untuk jangkauan crane tersebut).
- d. Ruang penyimpanan, radius putar truk pengangkut dan batasan lokasi lainnya.
- e. Kekakuan dan *defleksi trailer* pengangkut.
- f. Tali yang digunakan oleh *crane* (menggunakan 1 atau 2 derek).

2.7.1 Pengangkatan Pelat

Elemen pelat pracetak yang sudah jadi akan ditumpuk (di penyimpanan), diangkat, dipasang dan diberi topping beton yang akan mempengaruhi kelendutan pelat itu sendiri. Maka dari itu perlu diperhitungkan momen yang terjadi pada elemen pelat pracetak guna menentukan tulangan yang akan digunakan. Untuk pengangkatan, menurut *PCI Design Handbook 7th Edition* terdapat berbagai metode yang umum dipakai.

1. Pengangkatan Posisi Vertikal Tegak
 - a) 2 titik pengangkatan dengan momen maximum



Gambar 2.13 Pengangkatan Pelat 2 Titik Vertikal (sumber: PCI 7th Edition)

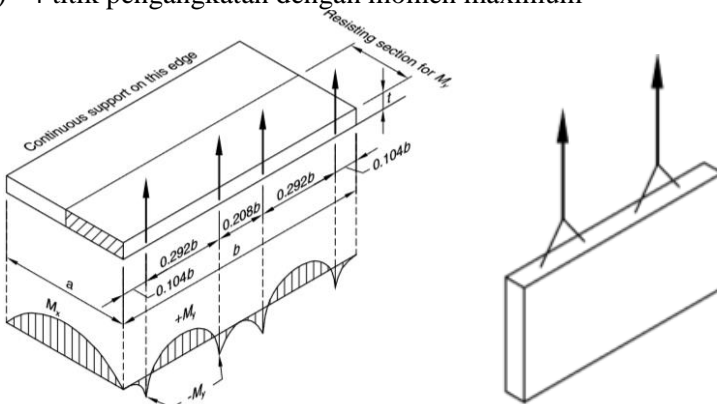
w = berat per *unit* luas

$$M_x = \frac{w \cdot a^2}{8} \text{ (per unit of width)}$$

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

M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$

- b) 4 titik pengangkatan dengan momen maximum



Gambar 2.14 Pengangkatan Pelat 4 Titik Vertikal (sumber: PCI 7th Edition)

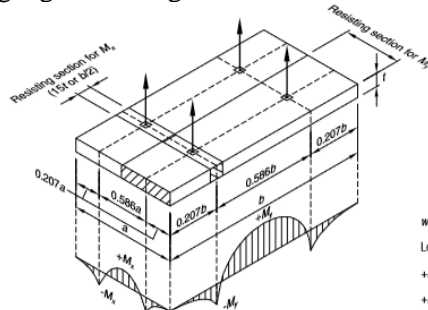
$$M_x = \frac{w \cdot a^2}{8} \text{ (per unit of width)}$$

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

M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$

2. Pengangkatan Vertikal Datar

a) 4 titik pengangkatan dengan momen maximum



Gambar 2.15 Pengangkatan Pelat 4 Titik Datar (sumber: PCI 7th Edition)

w = berat per *unit* luas

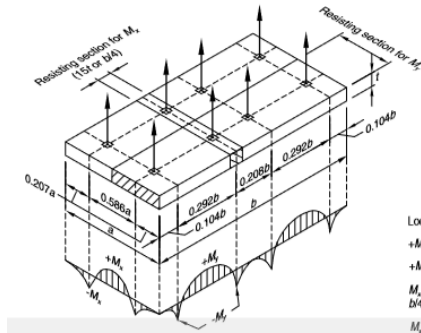
$$+M_x = -M_x = 0.0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b$$

$$+M_y = -M_y = 0.0107 \cdot w \cdot a \cdot b^2$$

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar $15t$ atau $b/2$, ambil yang terkecil.

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

b) 8 titik pengangkatan dengan momen maximum



Gambar 2.16 Pengangkatan Pelat 8 Titik Datar (sumber: PCI 7th Edition)

w = berat per *unit* luas

$$+M_x = -M_x = 0.0054 \cdot w a^2 \cdot b$$

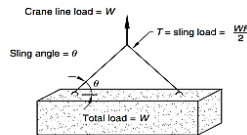
$$+M_y = -M_y = 0.0027 \cdot w a b^2$$

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar $15t$ atau $b/4$, ambil yang terkecil.

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

2.7.2 Pengangkatan Balok Pracetak

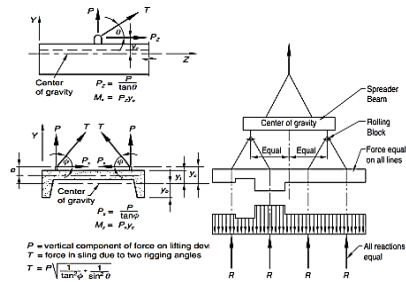
Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.



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

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

Gambar 2.17 Pengangkatan Balok Vertikal Inklinasi



Gambar 2.18 Pengangkatan Balok Vertikal Tidak Prismatis
(sumber: *PCI 7th Edition*)

Untuk factor keamanan atau angka pengali pada fase erection, pengangkutan, transportasi dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.1 Angka Pengali Beban Statis Ekvivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis

Fase	Angka Pengali
Pengangkatan dari bekisting	1,7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1,2
Transportasi	1,5
Pemasangan	1,2

(sumber: *PCI Design Handbook 6th Edition*, table 5.3.3.1)

Fabrikasi balok pracetak dibagi dalam 2 bagian :

1) Pabrikasi di lokasi proyek (tidak permanen)

Fabrikasi yang tidak permanen ini dilakukan apabila luas areal dimana proyek tersebut dikerjakan cukup memadai, disamping lingkungan juga mendukung untuk pergerakan transportasi dari komponen pracetak itu sendiri.

2) Pabrikasi bersifat permanen

Fabrikasi permanen untuk melayani segala kebutuhan sesuai dengan kapasitas atau kemampuan produksi dari pabrik tersebut. Pabrik yang permanen biasanya membutuhkan areal yang sangat

luas, dikarenakan produksinya akan dilakukan secara massal dan tentunya harus didukung dengan lokasi sumber bahan baku yang relatif dekat dengan lokasi pabrik.

2.8 Karakteristik Resiko Gempa Wilayah

Bangunan gedung dan non gedung dikategorikan menjadi beberapa jenis (SNI-1726-2012 pasal 4.1), dan juga diklasifikasikan lokasi dan situs tanah yang nantinya akan dihitung respon spektralnya. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 %. Pembesarnya didesain menurut kategori resiko bangunan gedung, situs tanah serta parameter percepatan gempa. Berikut ini adalah kategori risiko gedung dan non- gedung menurut SNI-1726-2012:

Tabel 2.2 Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa.

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - 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, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
---	-----

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<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 masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Dari tabel di atas akan didapatkan kategori resiko bangunan gedung dan non gedung tersebut, akan didapatkan faktor keutamaan gempa.

Tabel 2.3 Faktor kutamaan gempa

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

Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah

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

Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :

1. Indeks plastisitas, $PI > 20$,
2. Kadar air, $w \geq 40\%$,
3. Kuat geser nirair $\bar{s}_v < 25$ kPa

SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)

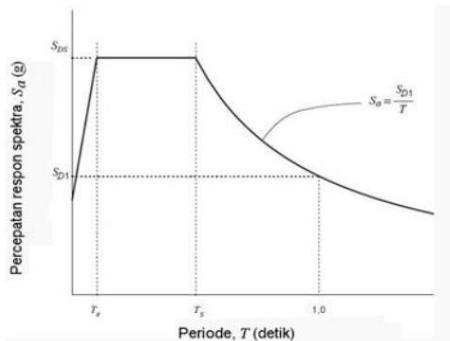
Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:

- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah teresmentasi lemah
- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)
- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$)

Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_v < 50$ kPa

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Menurut perhitungan, jenis tanah yang diperoleh adalah tanah lunak (SE).

**Gambar 2.19** Respond spectrum rencana

2.9 Sistem Struktur dan Struktur Gedung

2.9.1 Sistem Struktur

Sistem struktur suatu gedung harus diperhatikan karena sangat berpengaruh dengan lokasi dimana gedung itu akan dibangun. Menurut SNI-1726-2012, sebuah bangunan gedung harus memiliki sistem struktur yang sesuai dengan faktor kegempaan yang sesuai. Berikut ini adalah pembagian sistem struktur menurut wilayah gempa di Indonesia:

1. Wilayah A dan B resiko gempa rendah

Desain yang digunakan cukup dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dan dinding struktur dengan beton biasa.

2. Wilayah C dan D resiko gempa menengah

Desain yang digunakan cukup dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Dinding Struktur Biasa (SDSB) dengan beton tanpa detailing khusus.

3. Wilayah E dan F resiko gempa tinggi

Desain yang digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktur Khusus dengan beton khusus.

2.9.2 Struktur Gedung

Struktur bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai beraturan atau tidak beraturan berdasarkan pada kriteria dalam SNI-1726-2012 pasal 7.3.2.1 dan 7.3.2.2. Klasifikasi tersebut harus didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertical dari struktur bangunan gedung.

2.10 Rangka Momen Khusus Yang Dibangun Menggunakan Beton Pracetak

Struktur gedung yang dibangun dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) harus memenuhi syarat di SNI-2847-2013. Pasal 21.8.2 mengatakan, rangka momen khusus dengan sambungan daktil yang dibangun menggunakan beton

pracetak harus memenuhi semua persyaratan untuk rangka momen khusus yang dibangun dengan beton cor ditempat:

- a) V_n untuk sambungan yang dihitung menurut 11.6.4 tidak boleh kurang dari $2V_e$, dimana V_e dihitung menurut 21.5.4.1 atau 21.6.5.1;
- b) Sambungan mekanis tulangan beton harus ditempatkan tidak lebih dekat dari $h/2$ dari muka joint dan harus memenuhi persyaratan dari 21.1.6.
Menurut pasal 21.8.3, rangka momen khusus dengan sambungan kekuatan yang dibangun menggunakan beton pracetak harus memenuhi semua persyaratan untuk rangka momen khusus yang dibangun dengan beton cor di tempat, demikian juga a, b,c.
- c) Ketentuan 21.5.1.2 berlaku untuk segmen-segmen antara lokasi dimana pelelehan tulangan diharapkan terjadi akibat perpindahan desain;
- d) Kekuatan desain sambungan kekuatan, ϕS_n tidak boleh kurang dari S_e .
- e) Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melintasi sambungan dan harus disalurkan di luar baik sambungan kekuatan dan daerah sendi plastis;
- f) Untuk sambungan kolom ke kolom, ϕS_n tidak boleh kurang dari $1,4 S_e$. Pada sambungan kolom ke kolom, ϕM_n tidak boleh kurang dari $0,4M_{pr}$ untuk kolom dalam tingkat tinggi, dan ϕV_n sambungan tidak boleh kurang dari V_e yang ditentukan oleh 21.6.5.1.

2.11 Referensi Tugas Akhir Terdahulu

- a) Judul : Desain Modifikasi Gedung Rumah Sakit
Kidney Centre Menggunakan Metode Pracetak.
 - Penulis : Darda Abdurrahman Faizi.
 - NRP : 3113041068
 - Jurusan : D4 Teknik Infra Struktur Sipil.
- Kekurangan pada tugas akhir ini:

1. Dalam metode sambungan pracetak, tidak dicantumkan sambungan antara balok dan pelat.
2. Tidak menjelaskan struktur yang digunakan pada bab II.
3. Tidak melakukan perhitungan pondasi, namun tidak memasukan batasan masalah tersebut pada bab I.

b) Judul : Desain Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Aspen Admiralty Residence Tower D Menggunakan Metode Beton Pracetak.

Penulis : Simon Siagian.

NRP : 3112100103

Jurusan : Teknik Sipil.

Kekurangan pada tugas akhir ini:

1. Tidak mencantumkan jenis-jenis pelat pracetak pada bab II.
2. Tidak mencantumkan jenis sambungan balok-balok.
3. Tidak mencantumkan jenis sambungan balok-pelat.
4. Penjelasan kurang mendetail di bagian sub bab 2.7 Pengangkatan Elemen Pracetak.

2.12 Metode Pelaksanaan Beton Pracetak

Menurut Wulfram I. Ervianto dalam bukunya *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi*, metode pelaksanaan konstruksi beton pracetak dibedakan menjadi 2, yaitu metode vertical dan metode horizontal.

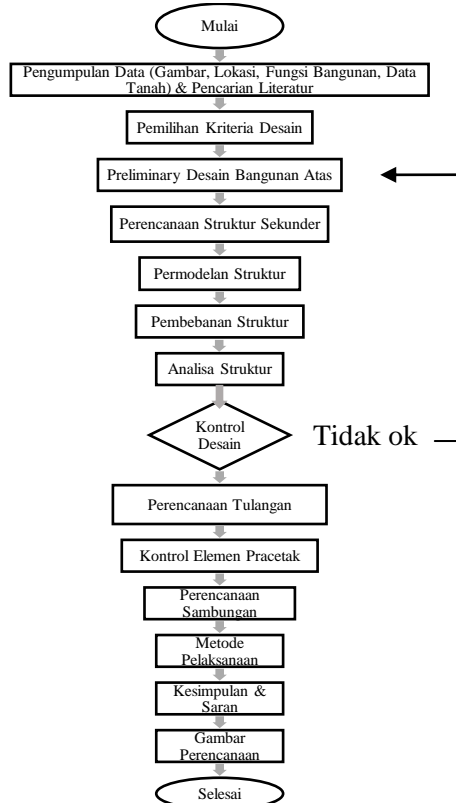
“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

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

3.2 Diagram Alir Perencanaan



Gambar 3.1 Flowchart Pekerjaan Proyek Akhir

3.3 Pencarian dan Pengumpulan Data

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

1. Data Umum
 - a. Nama Gedung : Gedung Medic RS SITI KHODIJAH
 - b. Lokasi : Jalan Pahlawan No. 26 Sepanjang
 - c. Fungsi : Rumah Sakit
 - d. Jumlah lantai : 7 Lantai
 - e. Tinggi Bangunan : $\pm 28,2$ m
 - f. Total Luas Area : $706,84 \text{ m}^2$
 - g. Struktur Utama : Struktur Beton Bertulang
2. Data Bahan
 - a. Mutu Beton (f_c') : K- 300 kg/cm^2 (f_c' 25 Mpa)
 - b. Mutu Baja (f_y) : ulir f_y 400 MPa
3. Data Tanah : Terlampir
4. Data Gambar
 - a. Gambar Struktur : Terlampir
 - b. Gambar Arsitektur : Terlampir

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak dan data bangunan perencana sebagai berikut:

1. Data Umum
 - h. Nama Gedung : Gedung Medic RS SITI KHODIJAH
 - i. Lokasi : Jalan Pahlawan No. 26 Sepanjang
 - j. Fungsi : Rumah Sakit
 - k. Jumlah lantai : 8 Lantai
 - l. Tinggi Bangunan : $\pm 32,4$ m
 - m. Total Luas Area : $718,28 \text{ m}^2$
 - n. Struktur Utama : Struktur Beton Bertulang
2. Data Bahan
 - c. Mutu Beton : 35 MPa
 - d. Mutu Baja (f_y) : ulir f_y 400 MPa
3. Data Tanah : Terlampir (sumber: Laboratorium Uji Tanah ITS)

4. Data Gambar
- c. Gambar Struktur : Terlampir

3.4 Pencarian Literatur

Dalam pengerjaan proyek akhir ini membutuhkan beberapa literature yang dijadikan sebagai dasar perhitungan dan acuan. Adapun literatur yang digunakan dalam pembuatan proyek akhir adalah sebagai berikut :

1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847 : 2013).
2. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012).
3. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 : 2013).
4. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung (SNI 7833 : 2012).
5. Endah, Noor. 2006. *Aturan Penyusunan Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya: Haak.
6. Jaya, K. P. 2016. *Connection In Precast Structures*. Chennai: Anna University, CSIR- CBRI Roorkee.
7. Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. PETA HAZARD GEMPA INDONESIA 2010 SEBAGAI ACUAN DASAR PERENCANAAN DAN PERANCANGAN INFRASTRUKTUR TAHAN GEMPA.
8. Kim, S Elliott dan Colin Jolly. 2013. *Multi-storey Precast Concrete Framed structures*. Willey-Blackwell.
9. PCI. 2004. *PCI Design Handbook Edition 7th Precast and Prestress Concrete*.

3.5 Pemilihan Kriteria Desain

Dalam pemilihan kriteria desain harus memenuhi beberapa ketentuan, yakni sebagai berikut:

a. Kemampuan Layan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9 ayat 1 menjelaskan mengenai kekuatan sebuah struktur bangunan minimal harus sama dengan kekuatannya perlunya. Hal ini dimaksudkan agar kemampuan layan bangunannya dapat bekerja maksimal.

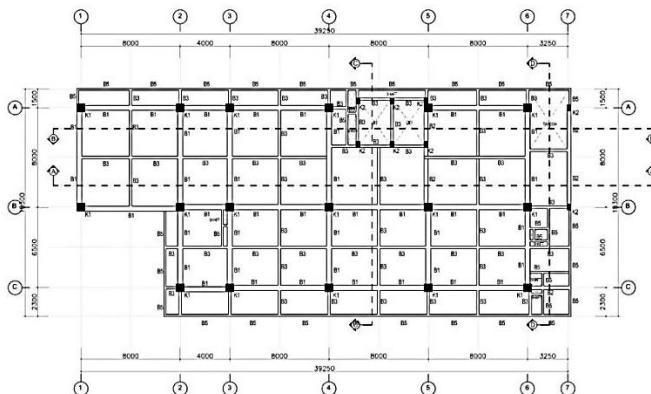
b. Efisien

Selain mendesain sebuah elemen struktur dengan kekuatan yang memadai, maka salah satu poin penting dalam pendesain yaitu efisiensi. Efisien di sini memiliki arti bahwa sebuah elemen struktur yang di desain tepat guna dalam hal pemilihan tulangan, dan penentuan dimensi.

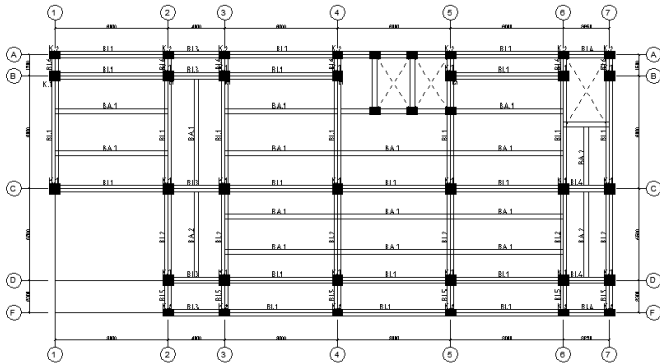
3.6 Preliminary Desain Bangunan Atas

3.6.1 Pengaturan Denah

Pengaturan denah dilakukan untuk membuat elemen struktur yang mulanya di buat dengan cara konvensional (*cor in situ*) menjadi pracetak. Pengaturan denah yang dilakukan pada proyek akhir ini meliputi balok dan pelat. Namun ada beberapa elemen pelat yang akan di cor dengan cor *in-situ* karena tidak tipikal dengan yang lain.



Gambar 3.2 Denah Bangunan Eksisting



Gambar 3.3 Denah Balok dan Pelat Rencana

3.7 Penentuan Dimensi Elemen Struktur

3.7.1 Dimensi Kolom

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

$$A = \frac{W}{\phi \cdot f_c'}$$

Dimana:

W = beban aksial yang diterima kolom

f_c' = kuat tekan beton

A = luas penampang kolom

3.7.2 Dimensi Plat

Berikut ini langkah-langkah perhitungan dalam menentukan dimensi pada elemen plat, yaitu. Menentukan sistem perencanaan plat beton. Pada dasarnya sistem perencanaan plat beton dibagi menjadi dua jenis, yaitu : plat satu arah (one way slab) dan plat dua arah (two way slab).

Penentuan sistem perencanaan plat di dasarkan pada pembagian $\frac{L_y}{L_x}$. Apabila $\frac{L_y}{L_x} > 2$, maka plat termasuk satu arah, begitu pun

sebaliknya. Pelat yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah pelat satu arah

1. Menentukan a_m yang didapat dari persamaan dibawah ini:

$$a_m = \frac{\sum a_n}{n}$$

a_m = Nilai rata-rata α yang menjepit plat tersebut.

a = Rasio kekakuan balok terhadap plat yang ditentukan, oleh:

$$a = \frac{I_{cb} I_b}{I_{cb} I_b}$$

Keterangan:

$E_{cb} = E_{cp}$ = Modulus Elastisitas Beton

I_p = Momen Inersia plat (mm^4)

I_b = Momen Inersia balok (mm^4)

2. Menentukan tebal minimum plat beton. Penentuan tebal minimum plat satu arah (one way slab) mengacu pada SNI 2847-2013 Pasal 9.5.2.1 tabel berikut. Sedangkan untuk plat dua arah (two way slab) mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1

Tabel 3.1. Tabel Minimum Tinggi Pelat (konstruksi 1 arah)

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	ℓ/20	ℓ/24	ℓ/28	ℓ/10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	ℓ/16	ℓ/18,5	ℓ/21	ℓ/8

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1640 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Untuk plat yang membentang di antar tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya harus sesuai ketentuan pada pasal 9.5.3.2. Menghitung tebal minimum plat :

- Untuk $a_m \leq 2$ dipakai tebal pelat 125 mm
- Untuk $0,2 < a_m \leq 2$ tebal minimum plat ditentukan dengan:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{400}\right)}{36 + 5\beta(a_m - 0,2)} > 120 \text{ mm}$$

- o Untuk $a_m < 2$ tebal minimum plat ditentukan dengan:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{400}\right)}{36 + 9\beta} \leq 90 \text{ mm}$$

Keterangan :

l_n = Bentang bersih arang memanjang panel plat (mm).

h = Tebal plat (mm).

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

fy = Teg. Leleh baja (MPa).

3.7.3 Dimensi Balok

Berdasarkan SNI 7833 2012 pasal 5.2.7.1 mengenai konstruksi komposit, terbagi menjadi konstruksi yang ditopang dan konstruksi tidak ditopang. Dalam perencanaan balok dalam proyek akhir ini menggunakan konstruksi tidak ditopang. Berikut ini akan dijelaskan mengenai tata cara perhitungan dimensi balok.

1. Menentukan desain pada balok yang meliputi : tinggi minimum balok. Dalam SNI 5.2.7.1.2 dijelaskan bahwa jika dalam pendesainan ketebalan balok telah sesuai dengan tabel 2 SNI 2847 2013, maka tidak perlu menghitung lendutan yang terjadi saat komposit.

Tabel 3.2 Tabel Tinggi Minimu Balok

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

2. Menentukan tinggi minimum balok.

- Bila digunakan $f_y = 420$ MPa, maka:

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

- Bila digunakan selain $f_y = 420$ MPa, maka:

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

Ket:

h_{min} = Tinggi minimum balok (mm)

L = Panjang Balok (mm)

f_y = Tegangan leleh baja (MPa)

3. Menentukan panjang balok

Menentukan panjang balok. Mengacu pada SNI 2847 2013 pasal 21.5.1.2 bentang bersih untuk komponen struktur balok (ln) tidak boleh kurang dari tinggi minimum balok.

4. Menentukan lebar balok

Pada SNI 2847 2013 pasal 21.5.1.3 dijelaskan bahwa untuk menentukan lebar balok tidak boleh kurang dari 0.3h dan 250 mm.

3.7.4 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) : $(25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ)$

3.7.5 Penulangan Tangga

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan

rol). Perencanaan tebal tangga ditentukan sesuai ketentuan dalam perhitungan dimensi awal pelat.

3.8 Permodelan Struktur

Dalam proyek akhir ini elemen struktur gedung RS Siti Khadijah memiliki beberapa komponen pracetak yang akan dimodelkan sebagai berikut :

1. Permodelan Struktur Sebelum & Sesudah Komposit

Sebelum komposit perletakan elemen struktur dimodelkan sebagai perletakan sederhana. Pembebanan yang dipasang satu arah yaitu distribusi beban setengah ke kiri dan setengah ke kanan. Setelah komposit perletakan elemen struktur dimodelkan sebagai perletakan menerus. Pembebanan yang dipasang dua arah yaitu distribusi beban berbentuk segitiga dan trapezium.

2. Perhitungan Gaya Dalam

Perhitungan gaya dalam pada struktur gedung ini menggunakan aplikasi SAP 2000. Berikut ini beberapa hal yang berkaitan dengan analisa struktur ini :

- Pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan
- Dimensi elemen dari preliminary design
- Bentuk gedung
- Wilayah gempa dan frekuensi

3.9 Pembebanan Struktur

Dalam melakukan analisa dan pernacangan sebuah struktur perlu adanya gambaran yang jelas mengenai pembebanan struktur tersebut. Perilaku sebuah struktur dapat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain perlakuan pembebanan dan kombinasinya. Beban pada struktur terbagi menjadi 2 jenis yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan dijabarkan lebih lanjut mengenai pembebanan dalam struktur yang tercantum dalam SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2013 dan PPIUG 1983.

3.9.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bersifat tetap baik besarnya interval, titik bekerjanya dan arah garis kerjanya. Jenis – jenis beban statis menurut PPIUG 1983 adalah sebagai berikut:

1. Beban Mati

Definisi beban mati menurut SNI 1727-201 pasal 3.1.1 adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga dinding partisi tetap, finishin, klading gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta perataan layang terpasang. Beban mati yang digunakan dalam perancangan proyek akhir ini menggunakan Peraturan SNI 1727 2013 pasal 3.1 di mana 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. Beban Hidup

Definisi beban hidup menurut SNI 1727 2013 pasal 4.1 adalah 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 dan beban mati. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan proyek kahir ini mnegggunakan SNI 1727 2013 Tabel di bawah ini.

3. Beban Angin

Beban Angin ditentukan berdasarkan peraturan SNI 1727-2013 Pasal 25 sampai dengan pasal 31. Beberapa parameter yang harus ditentukan unyuk menentukan beban angina antara lain Kecepatan angina dasar, Faktor arah angin, Kategori Eksposur, Faktor Topografi, Faktor efek tiupan, Klasifikasi ketertutupan, dan koefisien tekanan internal.

3.9.2 Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang besarnya (intensitas) berubah-ubah menurut fungsi waktu, walaupun hanya dalam

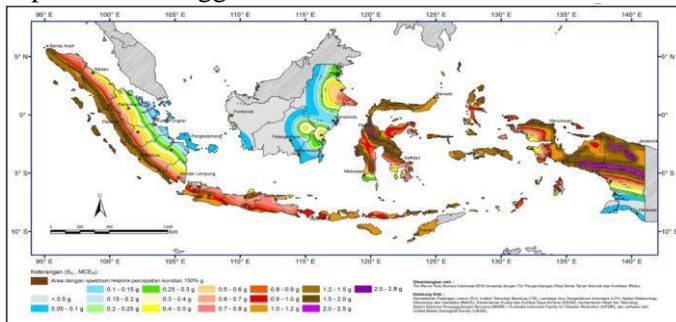
rentang waktu tertentu namun dapat menyebabkan kerusakan pada struktur sebuah bangunan, sehingga harus diperhitungkan dalam perencanaan sebuah struktur. Yang termasuk beban dinamis yaitu beban gempa.

1. Beban Gempa

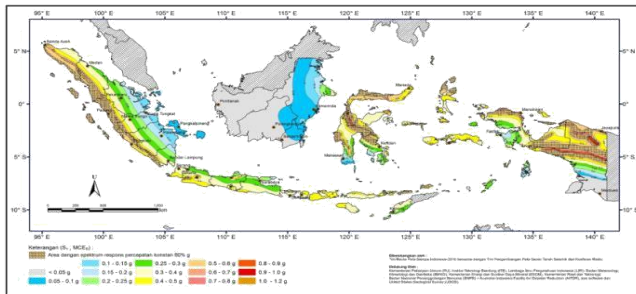
Dalam SNI 1726 2012 pasal 4.1.2 kategori resiko sebuah bangunan dan non-geudng berdasarkan pengaruh gempa harus dikalikan dengan faktor keutamaannya I_e .

- Rumah sakit dan fasilitas kesehata lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darat masuk kategori risiko IV (*Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 1*)
- Kategori IV memiliki faktor keutamaan gempa sebesar 1,5 (*Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 2*).

Untuk menentukan parameter percepatan tanah (S_s dan S_1) dapat menggunakan Peta di bawah ini :



Gambar 3.4 Peta Gempa Untuk S_s



Gambar 3.5 Peta Gempa Untuk S_1

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

- klasifikasi situs berdasarkan S_s (SNI 1726:2013 Tb. 4)

Tabel 3.3. Klasifikasi Situs Berdasarkan S_s

Kelas Situs	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

- klasifikasi situs berdasarkan S_1 (SNI 1726:2013 Tb. 4)

Tabel 3.4. Klasifikasi Situs Berdasarkan S_1

Kelas Situs	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 1$, S_1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.2 untuk menentukan percepatan spectrum respons pada periode pendek (S_{MS}) dan periode satu detik (S_{M1}) menggunakan rumus sebagai berikut :

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

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

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.3 untuk menentukan percepatan spectrum respons pada periode pendek (S_{DS}) dan periode satu detik (S_{D1}) menggunakan rumus sebagai berikut :

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

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

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

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

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

Untuk periode yang lebih kecil dari T_o , spektrum respon percepatan desain (S_a). Harus di desain dengan :

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

Untuk periode yang lebih besar dari T_o , dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum, spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}$$

Untuk periode yang lebih besar dari T_s , Spektrum respon percepatan desain :

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

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.5 dijelaskan bahwa struktur yang masuk kategori IV harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismic F.

Dalam SNI 1726-2012 pasal 7.8.2 penentuan periode alami fundamental dengan persamaan :

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

Tabel 3.5 Nilai C_t dan x (sumber: SNI 1726: 2012 Tb. 15)

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

Periode fundamental struktur yang digunakan:

Jika $T_c > C_u \cdot T_a$, maka digunakan $T = C_u \cdot T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$, maka digunakan $T = T_c$

Jika $T_c < T_a$, maka digunakan $T = T_a$

(Keterangan: T_c = Periode fundamental struktur yang didapatkan dari analisis struktur.)

Tabel 3.6 Nilai C_u (sumber: SNI 1726: 2012 Tb. 14)

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

Dalam menentukan dasar geser seismic (v) dan koefisien respon seismic (C_s), kita gunakan persamaan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W$$

Keterangan:

C_s = Koefisien respon seismic

W = Berat seismic efektif

Koefisien respon seismic, C_s harus ditentukan dengan:

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\frac{R}{I_e}}$$

Keterangan:

S_{ds} = Parameter percepatan respon spectrum desain dalam rentang periode pendek seperti yang ditentukan dalam tabel SNI 6.3 atau 6.9.

R = Faktor modifikasi respon dalam SNI tabel 9.

I_e = Faktor keutamaan gempa yang disesuaikan dengan 4.1.2.

Nilai C_s yang digunakan tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{d1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

, dan C_s tidak boleh kurang dari:

$$C_s = 0,0041 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,001$$

Distribusi gaya gempa yang terjadi di semua tingkat harus menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_x = C_v \cdot V$$

, dan

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

Keterangan:

C_{vx} = Faktor distribusi vertical

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur dinyatakan dalam kilonewton

w_i & w_x = bagian berat seismic efektif total struktur (w) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x .

h_i & h_x = tinggi dari dasar i dan x (m)

K = Eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut :

$T < 0,5 \text{ s}$; maka nilai $k = 1$

$T > 2,5 \text{ s}$; maka nilai $k = 2$

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

Dalam SNI 1727:2012 pasal 7.8.4 untuk menghitung distribusi horizontal gaya gempa. Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x) (Kn) harus ditentukan dengan :

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

Keterangan:

F_i = Geser dasar seismik (v) yang timbul di tingkat I, yang dinyatakan dengan kilo newton (k.n).

3.10 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 2.3.2 Kombinasi untuk kekuatan perlu harus paling tidak sama dengan pengaruh terfaktor.

1. $1,4D$

2. $1,2D + 1,6L + 0,5(L, \text{atau } S \text{ atau } R)$

3. $1,2D + 1,6(L, \text{atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$

4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L, \text{atau } S \text{ atau } R)$

5. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$

6. $0,9D + 1,0W$

7. $0,9D + 1,0E$

Menurut SNI 1726-2012 pasal 2.4.1 Kombinasi beban nominal untuk menggunakan desain tegangan izin.

1. D
2. $D + L$
3. $D + (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
4. $D + 0,75L + 0,75(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
- 6a. $D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- 6b. $D + 0,75L + 0,75(0,7E) + 0,75S$
7. $0,6D + 0,6W$
8. $0,6D + 0,7E$

Keterangan:

- D = beban mati
 L = beban hidup
 E = beban gempa
 W = beban angin
 L_r = beban hidup atap
 R = beban hujan
 S = beban salju

3.11 Kontrol Desain Permodelan Akibat Gempa

Berikut akan dipaparkan hasil analisa kontrol- kontrol ketahanan gedung terhadap gempa yang terdiri dari:

3.11.1 Kontrol Periode Fundamental

Periode fundamental struktur pendekatan

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

Ket:

h_n = tinggi struktur (m)

Untuk nilai C_t dan x bisa dilihat di **Tabel 3.5**. Pembatasan atas periode fundamental struktur sebesar:

$$T_{atas} = C_u \cdot T_a$$

3.11.2 Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

1) Penentuan koefisien C_s :

$$(C_s = 0,0041 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,001) < (C_s = \frac{S_{ds}}{I_e}) < C_s = \frac{S_{d1}}{T \cdot (I_e)}$$

2) Menentukan gaya dasar geser seismik (V)

$$V = C_s \cdot W$$

3.11.3 Kontrol Simpangan Antar Struktur

$$\delta x = \frac{\delta_{xe} \cdot C_d}{I_e}$$

Ket:

C_d : faktor amplikasi (SNI 1726:2012, Tabel. 9).

δ_{xe} : simpangan/ defleksi pada lokasi yang disyaratkan.

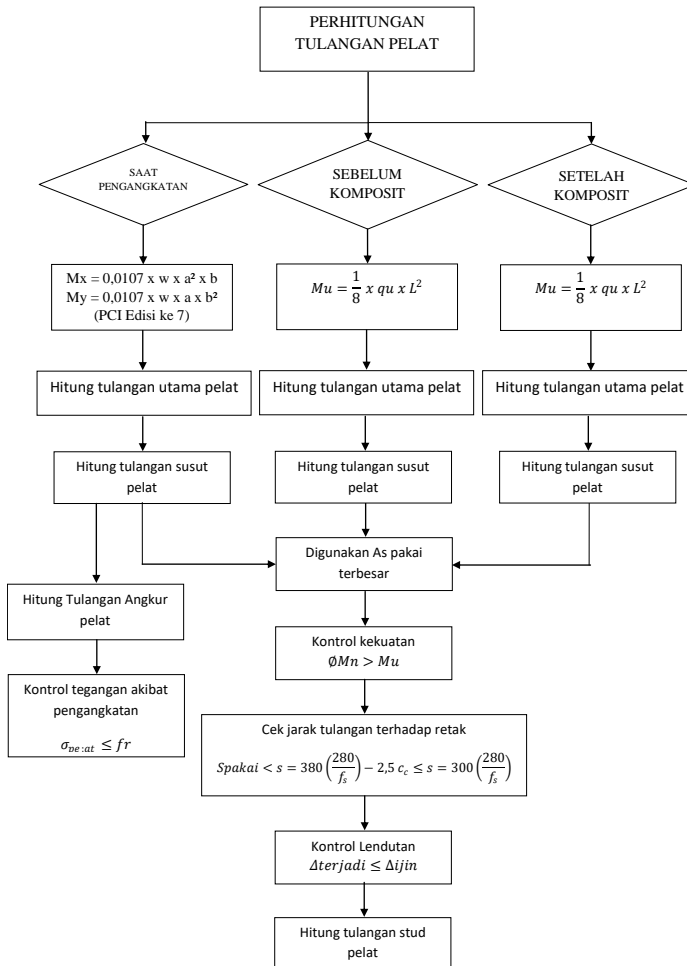
I_e : faktor keutamaan gempa (SNI 1726:2012, Tabel. 2)

Berikut hasil dari permodelan SAP2000 untuk nilai simpangan δ_{xe}

3.12 Perencanaan Penulangan

3.11.1 Penulangan Lentur Balok

Tahapan- tahapan dalam perhitungan perencanaan lentur balok tersaji dalam bentuk *flowchart* dibawah ini:



Gambar 3.6 Flow-chart Penulangan Lentur Balok

3.11.2 Penulangan Geser Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013, Ps. 11.1 kekuatan geser pada desain penampang harus mengikuti peraturan:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Keterangan:

$$\phi = 0.75 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 9.3.2.3)}$$

V_n = kekuatan geser nominal

V_u = kekuatan geser terfaktor

Menurut SNI 2847:2013, Ps. 11.2.1.1 kekuatan geser yang disediakan beton pada balok untuk komponen non prategang.

$$V_c = 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

Keterangan:

$$\lambda = 1 \text{ (beton normal, SNI 2847:2013 Ps.12.2.4)}$$

Menurut SNI 2847:2013, Ps.11.4.6.1 kekuatan geser harus disediakan dalam semua komponen (prategang dan non-prategang). Jika:

$$0.5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \text{ (Pakai tulangan geser minimum)}$$

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c \text{ (Tidak perlu tulangan geser)}$$

Dipakai:

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_y} \text{ (SNI 2847: 2013, Ps.11.4.6.3)}$$

Menurut SNI 2847 : 2013, Ps. 11.4.7.1 kekuatan geser harus disediakan dalam semua komponen (prategang dan non prategang), jika :

$$\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_s) \text{ (Perlu tulangan geser)}$$

Dimana:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} < 0,66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

(SNI 2847: 2013, Ps.11.4.7.9)

3.11.3 Tulangan Susut Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013,Ps. 7.12. Tulangan susut harus disediakan minimum memiliki rasio luasan tulangan terhadap luasan penampang beton, dan tidak kurang dari 0.0014.

3.11.4 Kontrol Torsi Balok

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

$$\phi T_n > T_u$$

$$T_n = 0,083 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Keterangan:

$\phi = 0,75$

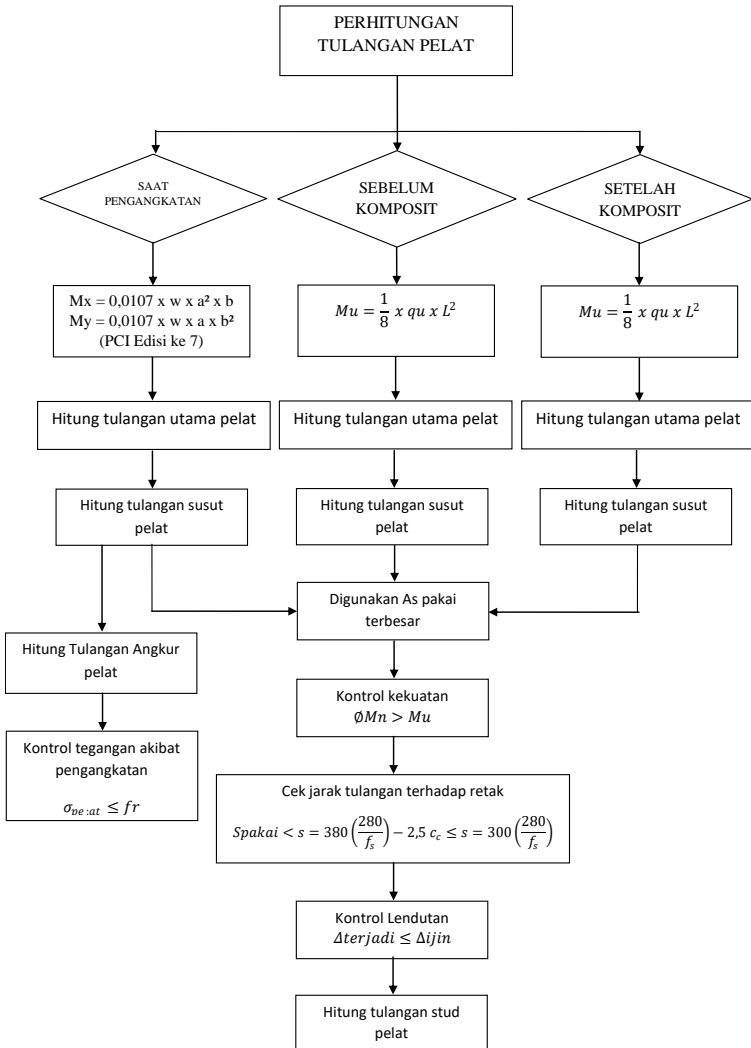
T_n = Kekuatan torsi nominal

T_u = Kekuatan torsi terfaktor

A_{cp} = Luas penampang beton

P_{cp} = Keliling penampang beton

3.11.5 Penulangan Lentur Pelat



Gambar 3.7 Flow-Chart Penulangan Lentur Pelat

3.11.6 Perhitungan Tulangan Susut Plat

Menurut SNI 2847:2013,Ps. 7.12. Tulangan susut harus disediakan minimum memiliki rasio luasan tulangan terhadap luasan penampang beton, dan tidak kurang dari 0.0014.

3.11.7 Perencanaan Tulangan Kolom

Detail penulangan kolom menggunakan program bantu PCACOL dan peraturan SNI 2847 : 2013,pasal 21.5 dan 21.6 mengenai komponen struktur rangka momen khusus yang dikenai beban lentur dan aksial.

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 10.9.1 luas tulangan longitudinal A_{st} untuk komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak lebih besar dari $0,08A_g$.

$$1\% < \rho < 8\%$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 10.3.6. Desain beban aksial tekan tidak lebih besar dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n > P_u$$

Dimana, untuk komponen non prategang dengan tulangan pengikat (Ps.10.3.6.2)

$$\phi P_n = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st})$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 12.2.3 panjang penyaluran batangan ulir dalam kondisi tarik pada kolom.

$$L_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{C_b \cdot K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

$$\left(\frac{C_b \cdot K_{tr}}{d_b} \right) d_b < 2,5$$

Keterangan:

$$K_{tr} = 0 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.12.2.3)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.12.2.4)}$$

$$\Psi_t = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.12.2.4)}$$

$$\Psi_e = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.12.2.4)}$$

$$\Psi_s = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.12.2.4)}$$

3.11.8 Perencanaan Tulangan Angkat

Setiap angkur (*hook*) menerima beban P (perhitungan dari PCI). Untuk menentukan diameter minimal tulangan angkat harus mengikuti persamaan berikut:

$$d = \sqrt{\frac{n \cdot P}{\pi \cdot f_y}}$$

Keterangan:

d = diameter tulangan angkat (cm)

n = jumlah titik angkat

P = beban yang diterima per-titik (kg)

f_y = mutu baja yang digunakan (MPa)

3.12 Perencanaan Sambungan

Tipe koneksi sambungan proyek akhir ini menggunakan koneksi korbek pada kolom dan modifikasi desain geser pada ujung balok.

3.12.1 Desain Geser Ujung Balok

Perkuatan geser diperlukan pada ujung koneksi balok, tulangan modifikasi transversal digunakan untuk memastikan penyaluran gaya geser di titik yang kritis. Detail penulangan pada desain geser ujung balok dalam hal ini disebut *bursting reinforcement rebar* dan/atau *Horizontal friction reinforcement*. (Kim Elliot, *Precast Concrete Structure*).

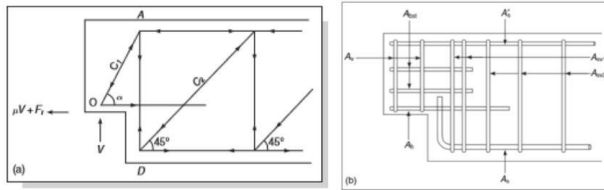
Kontrol Geser:

$$v = \frac{V}{bd_h} \leq 0.8\sqrt{f_{cu}} \quad \text{or} \quad 5.0 \text{ N/mm}^2$$

Dimensi tumpuan balok yang digunakan pada kolom terbagi menjadi dua tipe sebagai berikut.

3.12.2 Shallow Recces

Penggunaan *Shallow recces* apabila Jarak muka kolom ke pusat *bearing* lebih kecil dari Jarak permukaan balok ke tulangan paling bawah. ($a_v > 0.6 d_h$).



Gambar 3.8 Shallow Recces

Gaya geser ultimate yang bekerja pada balok :

$$C_1 = \frac{V}{\sin \alpha} < C_{1,max} = 0,4 \cdot f_{cu} \cdot b \cdot 0,5 \cdot d_h \cdot \cos \alpha$$

$$C_2 = \frac{V}{\sin 45^\circ} < 0,14 \cdot f_{cu} \cdot b \cdot d$$

Horizontal friction reinforcement disediakan dengan perhitungan sebagai berikut:

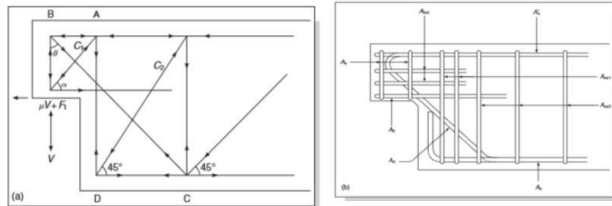
$$A_h = \frac{\mu V + F_t}{0,95 f_y}$$

Kebutuhan luasan tulangan transversal:

$$A_s = \frac{C_2 \cos 45^\circ}{0,95 f_y} = \frac{V}{0,95 f_y}$$

$$A'_s = \frac{V \cot \alpha}{0,95 f_y}$$

3.12.3 Deep Recces



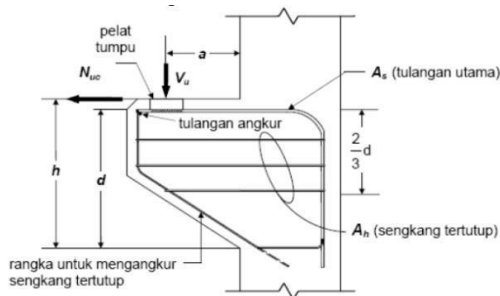
Gambar 3.9 Deep Recces

Penggunaan *Deep recces* apabila Jarak muka kolom ke pusat *bearing* lebih besar dari Jarak tinggi dari permukaan balok ke tulangan bawah. ($a_v > 0.6 d_h$) atau jarak tinggi dari permukaan balok ke tulangan paling bawah kurang dari 200mm ($d_h < 200$ mm). Tipe desain geser ujung balok deep recces menggunakan tambahan tulangan diagonal untuk menambah kekuatan geser dan menghindari retakan pada titik kritis

3.13 Desain Sambungan Balok- Kolom

3.13.1 Sambungan Beton *Corbell* (konsol pendek)

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 konsol yaitu $A_v < 0.6d$. Tebal muka konsol tidak boleh lebih setengah dari lebar bagian samping konsol.



Gambar 3.10 Sambungan Konsol

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 11.6.4.2 Kekuatan desain Penampang korbel dengan tulangan geser-friksi miring terhadap bidang geser maka

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = A_{vf} \cdot f_y \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$$

Keterangan:

$\mu = 1,4\lambda$ untuk beton cor monolit (SNI 2847:2013 Ps 11.6.4.3)

$\lambda = 1$, untuk beton normal (SNI 2847: 2013 Ps. 12.2.4)

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 11.6.4.2 Perhitungan V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari

1. $(3,3+0,08 \cdot f_c')$ A_c dan $11 \cdot A_c$
2. $0,2 \cdot f_c' \cdot A_c$
3. $11 \cdot A_c$

Keterangan:

A_c = Luas Penampang Beton

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 11.8.3.2 Desain tulangan geser friksi A_{vf} untuk menahan gaya V_u untuk beton normal:

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu}$$

Untuk desain **panjang penyaluran** diatur di **SNI-2847-2013** pasal **21.7.5.1**, untuk tulangan $\emptyset 10$ -D-36, panjang penyaluran ldh untuk batang tulangan dengan kait 90° harus

$\geq 8d_b$, 150 mm, dan panjang yang dipersyaratkan oleh persamaan:

$$l_{dn} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4\sqrt{f_c'}}$$

3.14 Desain Sambungan Plat- Balok dan Plat- Plat

3.14.1 Sambungan Lap Splice

Untuk menghasilkan sebuah elemen pracetak yang monolit maka penyaluran tulangan dari plat ke balok harus terintegrasi dengan baik. Sebagaimana yang di atur dalam SNI 2847 2013 pasal 7.13.1 yaitu dalam pendetailan tulangan dan sambungan, komponen struktur harus diikat secara efektif bersama untuk meningkatkan integritas struktur secara menyeluruh.

Untuk konstruksi beton pracetak menurut SNI 2847-2013 pasal 7.13.3 pengikat diatur dalam pasal 16.5 mengenai integritas struktur dan 16.6 detail sambungan dan tumpuan.

3.15 Kontrol Elemen Pracetak

Metode pracetak adalah salah satu metode pembuatan suatu struktur elemen bangunan yang dilakukan dengan pengawasan dan ketelitian yang tinggi. Sehingga dalam prosesnya dari awal fabrikasi, penempatan di storage serta pemasangan harus melalui beberapa control elemen guna memastikan bahwa elemen struktur tersebut dalam kondisi yang optimal saat setelah pemasangan yang disertai cor *in situ*. Berikut tabel yang menampilkan umur elemen pracetak sesuai dengan waktu.

3.16.1 Kontrol Pengangkatan

Saat umur beton memasuki umur yang ditentukan pada saat pengangkatan, maka beton pracetak harus di kontrol dalam proses pengangkatannya menuju *storage* . Hal ini dilakukan karena pada saat kondisi tersebut timbul momen.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \cdot \sqrt{fc' \cdot \% \text{ umur beton}}$$

Keterangan:

σ = Tegangan yang terjadi

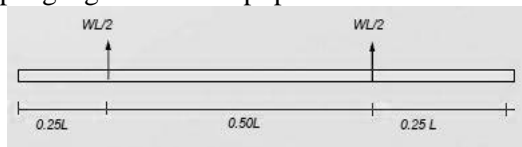
M = Momen yang terjadi

W = Momen tahanan

fr = Kuat tekan beton pada umur tertentu

fc' = Kuat tekan beton rencana

jarak titik pengangkatan dari tepi plat beton

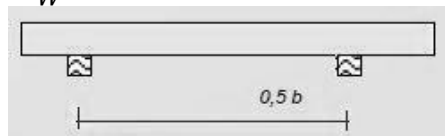


Gambar 3.11 Ilustrasi Pengangkatan

3.16.2 Kontrol Penumpukan

Ketika elemen pracetak (balok dan plat) diletakan di ruang penyimpanan diperlukan tumpuan yang akan berkaitan dengan letak penumpu dan jumlah elemen pracetak yang menumpu.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \cdot \sqrt{fc' \cdot \% \text{ umur beton}}$$

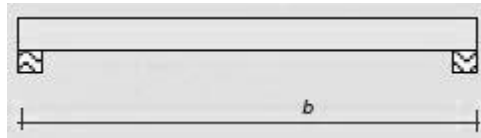


Gambar 3.12 Ilustrasi Penumpukan

3.16.3 Kontrol Pemasangan

Kontrol pemasangan dilakukan untuk memastikan kelurusan yang tepat dan integritas struktur hingga sambungan permanen selesai dipasang.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \cdot \sqrt{fc' \cdot \% \text{ umur beton}}$$

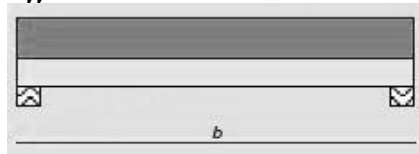


Gambar 3.13 Ilustrasi Pemasangan

3.16.4 Kontrol Pengecoran

Kontrol pengecoran dilakukan untuk memastikan bahwa elemen pracetak yang nantinya akan dijadikan dasar dari beton *overlapping* sanggup menahan cor *in situ*.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \cdot \sqrt{f'c' \cdot \% \text{ umur beton}}$$



Gambar 3.14 Ilustrasi Pengecoran

3.17 Metode Pelaksanaan Beton Pracetak

Menurut Wulfram I. Ervianto dalam bukunya *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi*, metode pelaksanaan konstruksi beton pracetak dibagi menjadi produksi, transportasi dan *erection* atau pemasangan.

3.17.1 Produksi

Beberapa metode yang dapat digunakan dalam lingkungan pabrik guna menghasilkan komponen beton pracetak adalah *Stationary Production*, *Slip-form Production*, dan *Flow-line Production*.

1) *Stationary Production*

Cetakan yang dipakai bersifat tetap (tidak dapat bergerak) sampai pekerjaan selesai. Untuk pelepasan beton pracetaknya adalah dengan membongkar cetakan. Efisien untuk produksi ± 200 unit/tahun.

2) *Slip-form Production*

Cetakan dapat bergerak sepanjang *casting bed*. Pelepasan dengan cara menggetarkan beton yang telah mengeras. Efisien untuk produksi ± 2000 unit/tahun.

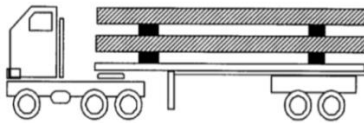
3) *Flow-line Production*

Dipakai untuk produksi dalam skala besar. Efisien untuk produksi > 2000 unit/tahun.

3.17.2 Transportasi

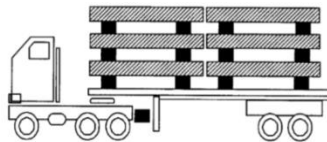
Pemindahan elemen beton pracetak ke *stock-yard* perlu diperhatikan metode apa yang harus digunakan. Jarak ideal untuk mengirim elemen pracetak dari tempat produksi ke lokasi proyek adalah ± 200 km, sedangkan kekuatan elemen saat transportasi harus sebesar 50% - 70% dari kuat rencana (Ervianto, Wulfram. 2006). Pada umumnya transportasi yang digunakan adalah jenis transportasi darat menggunakan *flatbed-truck*. Saat proses transportasi elemen beton pracetak harus dialasi dengan potongan kayu agar menghindari tegangan yang tidak diinginkan karena fleksibilitas badan *truck*. Untuk perletakan kayu didalam bak truk, tergantung pada titik angkat dari elemen pracetak itu sendiri, yaitu:

1) *Typical Two Point Support*

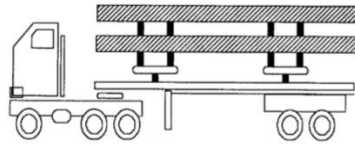


Gambar 3.15 Typical Two Point Support

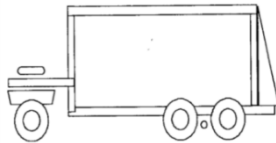
2) *Rocker System*



Gambar 3.16 Rocker System

3) *Wall Panel Laid Flat***Gambar 3.17** Wall Panel Laid Flat

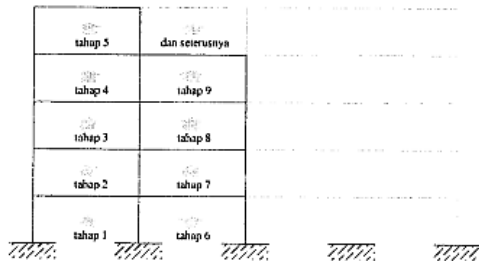
4) Sistem Vertikal

**Gambar 3.18** Sistem Vertikal**3.17.3 Erection**

Menurut Wulfram I. Ervianto dalam bukunya *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi*, metode pelaksanaan konstruksi beton pracetak dibedakan menjadi 2, yaitu metode vertical dan metode horizontal. Dalam proyek akhir ini akan dipakai metode horizontal.

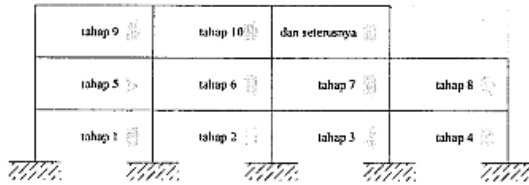
1) Metode Vertikal

Urutan pemasangan dilakukan dengan cara vertical struktur bangunan. Digunakan apabila menggunakan kolom menerus.

**Gambar 3.19** Metode Vertikal

2) Metode Horizontal

Urutan pemasangan dilakukan tiap satu lantai atau horizontal struktur bangunan. Sambungan yang cocok dengan metode ini adalah sambungan *in-situ concrete joint*. Dalam proyek tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode horizontal ini, karena perencanaan sambungan balok- kolom menggunakan *in-situ concrete joint*.



Gambar 3.20 Metode Horizontal

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

PRELIMINARY DESAIN

4.1 Umum

4.2.1 Data Perencanaan

Langkah awal sebelum melakukan preliminary desain Gedung Medic R.S Siti Khodijah adalah mengetahui terlebih dahulu data- data perencanaan yang akan dipakai. Adapun data-data perencanaan modifikasi adalah sebagai berikut:

- Nama Gedung : Gedung Medic Rumah Sakit Siti Khodijah Sepanjang
- Fungsi Bangunan : Rumah Sakit
- Letak Bangunan : Jalan Pahlawan No. 26 Sepanjang
- Jumlah Lantai : 8 lantai
- Tinggi Per-lantai : 4,2 m (3,05 m untuk lantai ATTIC lantai ke-8)
- Tinggi Bangunan : 32.45 m
- Panjang Bangunan : ± 40 m
- Lebar Bangunan : $\pm 18,5$ m
- Luas Bangunan : $718,28 \text{ m}^2$
- Jenis Tanah : Tanah Lunak (SE)
- Mutu Beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 400 MPa
- Data Tanah : Boring Log dan CPT Laboratorium ITS Manyar (terlampir).

4.2 Perencanaan Awal (*Preliminary Design*)

4.2.1 Perencanaan Dimensi Balok

Dalam proyek akhir terapan ini akan digunakan balok pracetak dengan mutu beton (f_c') 35 MPa, mutu baja tulangan lentur (f_y) 400 MPa dan tulangan geser (f_y) 240 MPa.

Tabel 4. 1 Tabel harga H minimal

Komponen struktur	Tebal minimum, <i>h</i>			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	ℓ/ 20	ℓ/ 24	ℓ/ 28	ℓ/ 10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	ℓ/ 16	ℓ/ 18,5	ℓ/ 21	ℓ/ 8
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_6 , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_6)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

Penentuan tinggi minimum (h_{\min}) balok ditentukan berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5.a)*.

a. Balok Induk

Untuk contoh perhitungan balok induk akan dipakai balok induk tipe BI. 1

❖ Balok Induk (BI.1), $L = 8$ m

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

$$= \frac{8000}{16} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) = 485,71 \text{ mm} \approx 650 \text{ mm} = 65 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{2}{3} \times 485,71 \text{ mm} = 323,81 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm} = 45 \text{ cm}$$

b. Balok Anak

Untuk contoh perhitungan balok anak akan dipakai balok induk tipe BA. 1

❖ Balok Anak (BA. 1), $L = 8$ m

$$h = \frac{L}{21} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$= \frac{8000}{21} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) = 370,1 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{2}{3} \times h \\
 &= \frac{2}{3} \times 370,1 \text{ mm} = 246,71 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm} = 35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

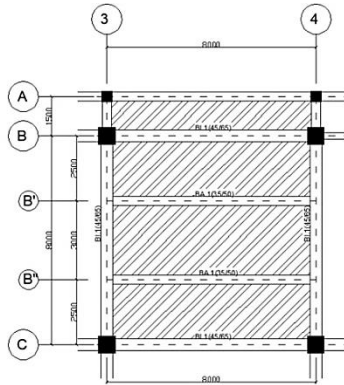
Berikut adalah hasil rekapitulasi tipe balok beserta bentang dan dimensinya

Tabel 4. 2 Rekapitulasi dimensi balok

Tipe	Bentang cm	H min cm	B min cm	H pakai cm	B pakai cm
BI.1	800	48.5714	32.381	65	45
BI.2	650	39.4643	26.3095	65	45
BI.3	400	242.857	16.1905	65	45
BI.4	325	19.7321	13.1548	65	45
BI.5	230	13.9643	9.30952	65	45
BI.6	150	9.10714	6.07143	65	45
BA.1	800	37.0068	24.6712	45	35
BA.2	650	30.068	20.0454	45	35

4.2.2 Perencanaan Dimensi Pelat

Perencanaan ini berguna untuk memperkirakan ketebalan pelat yang dipakai. Dalam perhitungan ini pelat akan dianggap memiliki ketebalan setelah komposit, lalu untuk ketebalan pelat pracetak akan dibagi dengan ketebalan *overtopping*. Peraturan yang dipakai untuk mendesain pelat satu arah adalah SNI 2847-2013 pasal.9.5.2.2, tabel 9.5(a). Sedangkan untuk pelat dua arah perlu menghitung perbandingan α dari kekakuan lentur balok terhadap kekakuan lentur pelat. Dalam perencanaan tebal pelat maka diambil jenis pelat yang menumpu pada bentang balok terbesar.



Gambar 4. 1 Denah perencanaan pelat

Data Perencanaan:

- Mutu Beton, (f_c') = 35 MPa
- Mutu Baja, (f_y) = 400 MPa
- Balok BI.1 = (450 x 650) mm²
- Balok BA.1 = (350 x 450) mm²
- Bentang panjang, L_y = 8000 mm
- Bentang pendek, L_x = 3000 mm
- t.pelat rencana, h_f = 120 mm
- t. selimut rencana, t_s = 20 mm

Pelat komposit (pracetak+overtopping) yang dipakai (8000 mm x 3000 mm)

$$L_n = 8000 \text{ cm} - \left(\frac{450}{2} + \frac{650}{2} \right) = 7450 \text{ mm}$$

$$S_n = 3000 \text{ cm} - \left(\frac{350}{2} + \frac{450}{2} \right) = 2600 \text{ mm}$$

Menurut Jack C. McCormac dalam bukunya “Desain Beton Bertulang” pelat dibagi menjadi menjadi dua, tergantung perbandingan bentang panjang dan bentang pendeknya.

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \geq 2 \rightarrow \text{satu arah}; \beta = \frac{L_n}{S_n} < 2 \rightarrow \text{dua arah}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{7450}{2600} = 2,865 \text{ (dua arah)}$$

Diambil syarat berdasarkan SNI 2847-2013 ps.9.5.2 tabel 9.5 (a). Untuk f_y selain 420 MPa harus dikalikan dengan $(0,4+f_y/700)$, sehingga:

$$L_n = 275 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = \frac{1}{20} \times 275 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 13 \text{ cm}$$

Tebal pelat 130 mm digunakan untuk semua tipe pelat karena perhitungan sudah menggunakan tipe pelat yang paling kritis.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Pelat *Precast*

Tipe Pelat	L_y (mm)	L_x (mm)	L_n (mm)	S_n (mm)	β	H_{\min} (mm)	H pakai (mm)
P.1	2500	755	2200	755	2.914	106.857	130
P.2	3000	755	2750	755	3.642	130.03	130
P.3	2000	755	1700	755	2.252	82.5714	130
P.4	2500	755	2250	755	2.98	109.286	130
P.5	2300	755	2000	755	2.649	97.1429	130
P.6	2300	710	2000	710	2.817	97.1429	130
P.7	2300	700	2000	700	2.857	97.1429	130
P.8	1625	605	1325	605	2.19	64.3571	130
P.9	1625	730	1325	730	1.815	64.3571	130
P.10	1500	755	1150	755	1.523	55.8571	130
P.11	1500	700	1150	700	1.643	55.8571	130

4.2.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom dengan sistem struktur SRPMK harus didasarkan pada SNI 2847 pasal 21.6.1:

$$P_u = \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$$

Ket:

P_u = gaya tekan aksial terfaktor

A_g = luas penampang bruto kolom

Dimensi kolom dihitung menggunakan tributary area beban pelat dan balok diambil dari sumbu ke sumbu pelat (1/2 bentang kearah kanan-kiri dan depan-belakang). Untuk perhitungan tributary area nya diambil yang paling besar, dalam kasus ini adalah 8000 mm x 6500 mm.

1. Perhitungan Beban Kolom K.1 (interior) berdasarkan PPIUG 1983

- Kolom Lantai 8 (beban atap)

Beban Mati							
Jenis Beban	Berat Sendiri		t	b	L	Jumlah Lantai	Berat
			m				kg
Pelat Lantai	2400	kg/m ³	0.13	8	7.25	1	18096
Balok Induk							
Memanjang	2400	kg/m ³	0.65	0.45	8	1	5616
Melintang	2400	kg/m ³	0.65	0.45	7.25	1	5089.5
Balok Anak							
Memanjang	2400	kg/m ³	0.45	0.35	7.25	1	2740.5
Melintang	2400	kg/m ³					
Plafond	11	kg/m ²	0.004	8	7.25	1	638
Penggantung	7	kg/m ²	0.008	8	7.25	1	406
Aspal	28	kg/m ²		8	7.25	1	1624
Plumbing	10	kg/m ²		8	7.25	1	580
Ducting ME	19	kg/m ²		8	7.25	1	1102
Dinding	334	kg/m ²	3.05	15.25		1	15535
WD Lantai (kg)							51427
Beban Hidup							
Jenis Beban	Berat Sendiri		t	b	L	Jumlah Lantai	Berat
			m				kg
Lantai Atap	96	kg/m ²		8	7.25	1	5568

Beban Ultimate

$$q_u = 1,2q_{DL} + 1,6q_{LL} = 70621 \text{ kg}$$

- Kolom Lantai 7 (beban ATTIC)

Beban Mati							
Jenis Beban	Berat Sendiri		t	b	L	Jumlah Lantai	Berat
			m				kg
Pelat Lantai	2400	kg/m3	0.13	8	7.25	1	18096
Balok Induk							
Memanjang	2400	kg/m3	0.65	0.45	8	1	5616
Melintang	2400	kg/m3	0.65	0.45	7.25	1	5089.5
Balok Anak							
Memanjang	2400	kg/m3	0.45	0.35	7.25	1	2740.5
Melintang	2400	kg/m3					
Plafond	11	kg/m2	0.004	8	7.25	1	638
Penggantung	7	kg/m2	0.008	8	7.25	1	406
Spesi	42	kg/m2	0.002	8	7.25	1	2436
Tegel	24	kg/m2	0.001	8	7.25	1	1392
Plumbing	10	kg/m2		8	7.25	1	580
Ducting ME	19	kg/m2		8	7.25	1	1102
Dinding	334	kg/m2	3.05	15.25		1	15535
WD Lantai (kg)							53631
Beban Hidup							
Jenis Beban	Berat Sendiri		t	b	L	Jumlah Lantai	Berat
			m				kg
Lantai ACCI	287	kg/m2		8	7.25	1	16646

Beban Ultimate

$$q_U = 1,2q_{DL} + 1,6q_{LL} = 90991 \text{ kg}$$

- Kolom Lantai 1-6 (beban rumah sakit)

Beban Mati							
Jenis Beban	Berat Sendiri		t	b	L	Jumlah Lantai	Berat
			m				kg
Pelat Lantai	2400	kg/m3	0.13	8	7.25	1	18096
Balok Induk							
Memanjang	2400	kg/m3	0.65	0.45	8	1	5616
Melintang	2400	kg/m3	0.65	0.45	7.25	1	5089.5
Balok Anak							
Memanjang	2400	kg/m3	0.45	0.35	7.25	1	2740.5
Melintang	2400	kg/m3					
Plafond	11	kg/m2	0.004	8	7.25	1	638
Penggantung	7	kg/m2	0.008	8	7.25	1	406
Spesi	42	kg/m2	0.002	8	7.25	1	2436
Tegel	24	kg/m2	1	8	7.25	1	1392
Plumbing	10	kg/m2		8	7.25	1	580
Ducting ME	19	kg/m2		8	7.25	1	1102
Dinding	334	kg/m2	4.2	15.25		1	21393
WD Lantai (kg)							59489

Beban Hidup							
Jenis Beban	Berat Sendiri		t	b	L	Jumlah Lantai	Berat
			m				
Lantai R.S	287	kg/m ²		8	7.25	1	16646

Beban Ultimate

$$qU = 1,2qDL + 1,6qLL = 98020 \text{ kg}$$

$$Pu = qU_{\text{lt.atap}} + qU_{\text{lt. ACCI}} + 6 * qU_{\text{lt.rumah sakit}} = 749733 \text{ kg}$$

Dicoba memakai kolom dengan dimensi 750 x 750 mm

$$\frac{562500 \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ MPa}}{10} = 1968750 \text{ kg} > 749733 \text{ kg} \quad OK$$

Jadi dimensi Kolom K.1 (interior) adalah 750 x 750 mm²

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan kolom

Kolom K.1 (interior)				
Lantai	Jarak antar Lantai (m)	Pu (kg)	Pu kumulatif (kg)	Dimensi Kolom (mm)
8-Atap	3,05	70621.41	70621.41	750x750
7-8	4,2	90991.01	161612.42	750x750
6-7	4,2	98020.04	259632.46	750x750
5-6	4,2	98020.04	357652.5	750x750
4-5	4,2	98020.04	455672.54	750x750
3-4	4,2	98020.04	553692.58	750x750
2-3	4,2	98020.04	651712.62	750x750
1-2	4,2	98020.04	749732.66	750x750
Lantai	Jarak antar Lantai (m)	Pu (kg)	Pu kumulatif (kg)	Dimensi Kolom (mm)
8-Atap	3,05	18208.29	18208.29	500x750
7-8	4,2	21439.33	39647.62	500x750
6-7	4,2	24596.08	64243.7	500x750
5-6	4,2	24596.08	88839.78	500x750
4-5	4,2	24596.08	113435.86	500x750
3-4	4,2	24596.08	138031.94	500x750
2-3	4,2	24596.08	162628.02	500x750
1-2	4,2	24596.08	187224.1	500x750

- Cek penampang kolom, diambil kolom K.1

$$h_{\text{balok}} = 650 \text{ mm}$$

$$b_{\text{balok}} = 450 \text{ mm}$$

$$L_{\text{balok}} = 8000 \text{ mm}$$

$$H_{\text{kolom}} = 4200 \text{ mm (tinggi per-lantai)}$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 450 \cdot 650^3 = 10298437500 \text{ mm}^4$$

$$I_{\text{kolom}} \geq \frac{I_{\text{balok}} \cdot H_{\text{kolom}}}{L_{\text{balok}}} \geq 5406679688 \text{ mm}^4$$

Diasumsikan lebar dan panjang penampang kolom sama ; $b = h$

$$I_{\text{kolom}} \geq \frac{1}{12} h^4 \geq 5406679688 \text{ mm}^4$$

$$h^4 = 64880156250 \text{ mm}^4$$

$$h = 504.69 \text{ mm}$$

Dimensi kolom K.1 adalah $750 \text{ mm} > 504.69 \text{ mm}$ *OK*

4.2.4 Perencanaan Dimensi Tangga

❖ Data Perencanaan

$$\text{Tinggi Lantai} = 4200 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar Injakan (i)} = 300 \text{ mm}$$

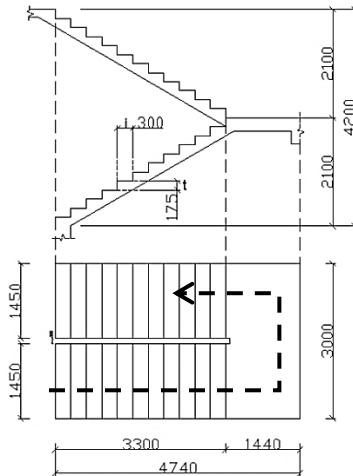
$$\text{Tinggi Tanjakan (t)} = 175 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Tangga} = 4200 \text{ mm (sama dengan tinggi lantai)}$$

$$\text{Tinggi Bordes} = 2100 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar Bordes} = 1450 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Tangga} = 3300 \text{ mm}$$



Gambar 4. 2 Dimensi Perencanaan Tangga

❖ Desain Perencanaan

- Panjang Kemiringan Tangga

$$L = \sqrt{\text{tinggi bordes}^2 + \text{panjang tangga}^2}$$

$$= \sqrt{2100^2 + 3300^2}$$

$$= 391,15 \text{ cm}$$

- Jumlah Tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi bordes}}{t} = \frac{2100}{175} = 12 \text{ buah}$$

- Jumlah Injakan

$$n_i = n_t - 1 = 12 - 1 = 11 \text{ buah}$$

- Sudut Kemiringan

$$\alpha = \text{arc. tan} \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{panjang datar tangga}} = \text{arc. tan} \frac{2100}{3300}$$

$$= 32,47^\circ$$

❖ Cek Persyaratan

- $600 \text{ mm} \leq (2t + i) \leq 650 \text{ mm}$

$$600 \text{ mm} \leq 650 \leq 650 \text{ mm} \quad OK$$

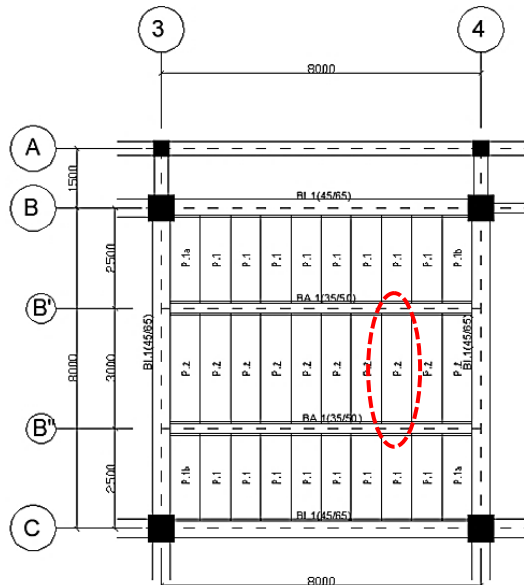
- $25^\circ \leq a \leq 40^\circ \rightarrow 25^\circ \leq 32,47^\circ \leq 40^\circ \quad OK$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

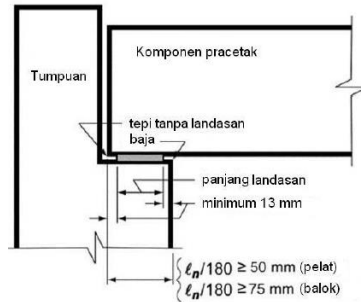
BAB V PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

5.1 Perencanaan Pelat Pracetak

Desain pelat yang direncanakan untuk tugas akhir ini menggunakan pelat *half-slab* dimana tebal kompositnya adalah 130 mm, tebal pracetak 80 mm dan *over topping* 50 mm. Pelat direncanakan menjadi pelat satu arah, dimana perbandingan sisi panjang dan sisi pendek untuk keseluruhan pelat maupun per-elemen pracetaknya adalah lebih besar dari 2. Peraturan yang digunakan dalam perencanaan yaitu SNI 2847 2013 dan SNI 7833 2012. Tahapan analisa dan perhitungan pelat dimulai dari kondisi pengangkatan, kondisi pelat sebelum komposit dan kondisi pelat komposit. Untuk contoh perhitungan, tipe pelat yang akan digunakan adalah tipe P.2. Adapun data pelat tipe P.2 adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 1 Pelat Pracetak P.2



Gambar 5. 2 Penumpuan Komponen Pelat-Balok

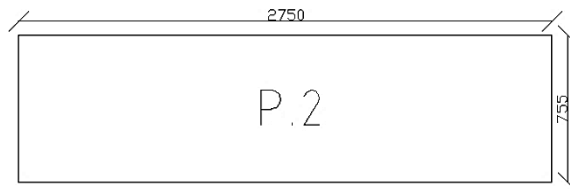
Berdasarkan SNI 7833:2012 gambar R4.6.2

$$\begin{aligned} \text{Panjang landasan untuk pelat} &= \frac{ln}{180} \geq 50 \text{ mm} \\ &= \frac{2750}{180} = 15,28 \leq 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan panjang landasan 50 mm

Jadi, panjang pelat pracetak = 2650 mm + (50 mm x 2)

Maka dimensinya menjadi $L_y = 2750 \text{ mm}$, $L_x = 755 \text{ mm}$



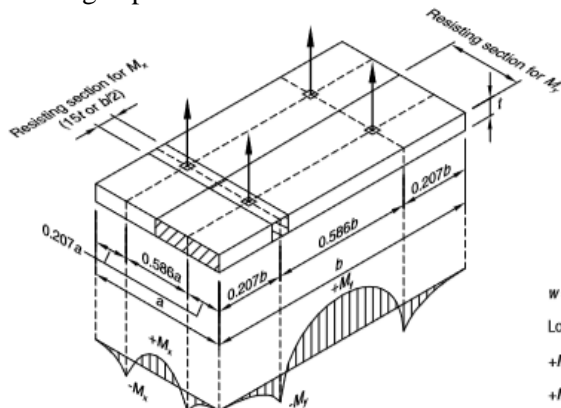
Gambar 5. 3 Pelat pracetak P.2

- ❖ Tebal pelat pracetak (h) = 80 mm
- ❖ Tebal topping = 55 mm
- ❖ Lebar (a) = 755 mm
- ❖ Panjang (b) = 2750 mm
- ❖ Tebal selimut (t) = 20 mm
- ❖ Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- ❖ Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- ❖ Diameter tul. Rencana (d) = 10 mm

5.1.1 Penulangan Pelat Pracetak

1) Kondisi Saat Pengangkatan

Kondisi pertama adalah saat pelat pracetak diangkat oleh crane. Beban yang terjadi adalah beban sendiri pelat pracetak. Pengangkatan untuk pelat pracetak dipilih yang empat titik angkat. Perhitungan momen-momen yang terjadi pada pelat pracetak yang sedang diangkat sudah tersedia di PCI dan dihitung sebagai penulangan pelat.



Gambar 5. 4 Titik Pengangkatan Pelat Praetak

Selain momen, dihitung juga kontrol terhadap retak beton pelat. Kontrol retak ini mengasumsikan bahwa pelat diangkat setelah beton berumur 3 hari (PCI 7th Edition). Kekuatan pengangkutan yang digunakan dalam tahap ini juga perlu dianalisa, yaitu berupa kekuatan angkur baja tarik dan kekuatan pecah beton dari angkur terhadap gaya tarik.

a) Pembebanan Pelat

Beban Mati (DL)

- ❖ Berat sendiri pracetak $= 0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Beban kejut pengangkatan $= 0,5 \times 192 = 96 \text{ kg/m}^2$
- DL $= 288 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Beban Total

$$1,2DL = 345,6 \text{ kg/m}^2$$

Beban untuk 1 meter pias lebar pelat = $345,6 \text{ kg/m}^2 \times 1$

$$q_u = 345,6 \text{ kg/m}$$

b) Perencanaan Tulangan

❖ Momen yang terjadi

Momen yang terjadi arah X

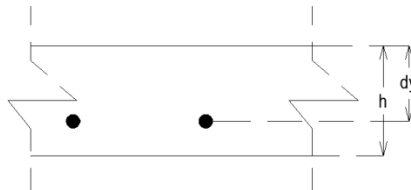
$$\begin{aligned} M_x &= 0,0107 \times q_u \times a^2 \times b \\ &= 0,0107 \times 345,6 \text{ kg/m}^2 \times 0,755^2 \times 2,75 \\ &= 0,057967 \text{ kNm} = 57967 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi arah Y

$$\begin{aligned} M_y &= 0,0107 \times q_u \times a \times b^2 \\ &= 0,0107 \times 345,6 \text{ kg/m}^2 \times 0,755 \times 2,75^2 \\ &= 0,21114 \text{ kNm} = 211140 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

❖ Penulangan Pelat Arah Y (arah panjang)

Tinggi efektif



$$d_y = h - t - \frac{1}{2} \cdot d = 80 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm} = 55 \text{ mm}$$

pada perencanaan awal, ϕ diasumsikan = 0,9

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_y^2} = \frac{211140}{0,9 \cdot 1000 \cdot 56^2} = 0,078 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,45$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal.10.2.7.3, untuk $f_c' = 35$, maka harga β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f_c' - 28) \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) = 0,8 ; \beta_1 = 0,8$$

Menurut Jack C, McCormac dalam bukunya *Desain Beton Bertulang*, cara mencari rasio untuk penulangan adalah sebagai berikut:

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,0357$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/400 = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,625 \cdot \rho_b = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

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

$$= \frac{1}{13,45} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \cdot 0,078}{400}} \right) = 0,000194$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 ; \rho_{\max} = 0,0223$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,0035$

Penulangan utama (diasumsikan $b = 1000 \text{ mm}$)

$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 55 = 192,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan $\emptyset 10 \text{ mm}$; $A_{s_{\text{tul}}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$

$$\text{Jarak antar tul, } s = \frac{b \cdot A_{s_{\text{tul}}}}{A_s} = \frac{1000 \cdot 78,54}{195,2} = 407,99 \text{ mm}$$

Syarat jarak antar tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 ps.10.5.4

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

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

$$\text{maka, } A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{b \cdot A_{s_{\text{tul}}}}{s} = \frac{1000 \cdot 78,54}{240} = 327,2 \text{ mm}^2 > A_s$$

(192,5 mm²) OK

Cek syarat luas minimum tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 ps.10.5.1

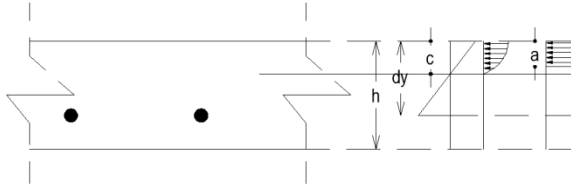
$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} b_w \cdot d$$

$$= \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} = 207,063 \text{ mm}^2 < A_{s_{\text{pakai}}} (327,2 \text{ mm}^2) \text{ OK}$$

Jadi dipakai tulangan $\emptyset 10$ -240 mm

Kontrol Faktor Reduksi

Berdasarkan SNI 2847-2013, ps.9.3



Tinggi blok tegangan ekuivalen

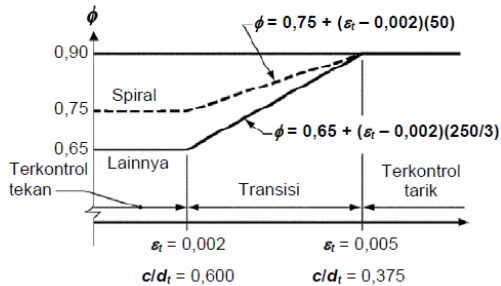
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{327,2 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 1000} = 4,4 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,8$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{4,4}{0,8} = 5,5 \text{ mm}$$

Regangan Tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left(\frac{d_y}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{55}{5,5} - 1 \right) = 0,027 > 0,005$$



Interpolasi pada c/d_t :
 Spiral $\phi = 0,75 + 0,15[(11/(c/d_t) - (5/3))]$
 Lainnya $\phi = 0,65 + 0,25[(11/(c/d_t) - (5/3))]$

Berarti dipakai:

$$\phi = 0,9$$

$$\phi Mn = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d_y - \frac{1}{2} a \right)$$

$$= 0,9 \cdot 327,2 \cdot 400 \cdot \left(55 - \frac{1}{2} \cdot 4,4 \right) = 6220354,1 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn > Mu \quad (211140 \text{ Nmm})$$

Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 psl. 11.4.6.1

V_u pada jarak d dari tumpuan adalah sebesar:

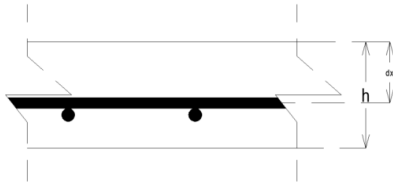
$$V_u = qu \cdot \left(\frac{ly}{2} - \frac{dy}{1000} \right) = 345,6 \cdot \left(\frac{2,75}{2} - \frac{55}{1000} \right) = 931,392 \text{ kg} = 9,31392 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot dy) \\ &= 0,9 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 55) = 49783,811 \text{ N} \\ &= 49,784 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \cdot 49,784 \text{ kN} = 24,892 \text{ kN} \geq V_u (9,3139\text{kN}) \quad OK$$

Maka, kekuatan geser pelat mencukupi

❖ Penulangan Susut Pelat Arah X (arah pendek)



$$dx = h - t - d \cdot \text{tul Y} - \frac{1}{2} \cdot d = 80 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 10 = 45 \text{ mm}$$

pada perencanaan awal, ϕ diasumsikan = 0,9

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot dx^2} = \frac{57967}{0,9 \cdot 1000 \cdot 45^2} = 0,032 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,45$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,0223$$

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

$$= \frac{1}{13,45} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,45.0,032}{400}} \right) = 0,0001$$

$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$, maka digunakan $\rho_{\min} : 0,0035$

Penulangan bagi (diasumsikan $b = 1000 \text{ mm}$)

$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 45 = 157,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan } \varnothing 10 \text{ mm}; A_{s_{tul}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tul, } s = \frac{b \cdot A_{s_{tul}}}{A_s} = \frac{1000 \cdot 78,53}{157,5} = 498,66 \text{ mm}$$

Syarat jarak antar tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 ps.10.5.4

$s \leq 3 \cdot h$ atau 450 mm ; $s \leq 240 \text{ mm}$ atau $450 \text{ mm} \rightarrow$ dipakai 240 mm

$$\text{maka, } A_{s_{pakai}} = \frac{b \cdot A_{s_{tul}}}{s}$$

$$= \frac{1000 \cdot 78,53}{240} = 327,2 \text{ mm}^2 > A_s (157,5 \text{ mm}^2) \quad OK$$

Cek syarat luas minimum tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 ps.10.5.1

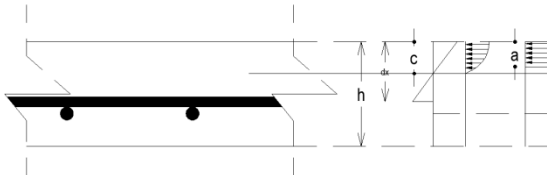
$$A_{s_{min}} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w \cdot d = \frac{0,25 \cdot \sqrt{35}}{400} \cdot 1000 \cdot 45$$

$$= 166,39 \text{ mm}^2 < A_{s_{pakai}} (327,2 \text{ mm}^2) \quad OK$$

Jadi dipakai tulangan $\varnothing 10$ -240 mm

Kontrol Faktor Reduksi

Berdasarkan SNI 2847-2013.ps.9.3



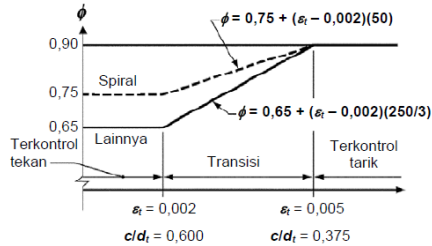
Tinggi blok tegangan ekuivalen

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{327,2 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 1000} = 4,4 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{4,4}{0,8} = 5,5 \text{ mm}$$

Regangan Tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{45}{5,5} - 1 \right) = 0,0215$$



Interpolasi pada c/d :
 Spiral $\phi = 0,75 + 0,15[(1/(c/d)) - (5/3)]$
 Lainnya $\phi = 0,65 + 0,25[(1/(c/d)) - (5/3)]$

Berarti dipakai:

$$\phi = 0,9$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(dx - \frac{1}{2} a \right) \\ &= 0,9 \cdot 327,2 \cdot 400 \cdot \left(45 - \frac{1}{2} \cdot 4,4 \right) = 5042256,8 \text{ Nmm} \\ &= 5,042257 \text{ kNm} > Mu (0,06 \text{ kNm}) \quad OK \end{aligned}$$

Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 psl. 11.4.6.1

V_u pada jarak d dari tumpuan adalah sebesar:

$$\begin{aligned} V_u &= qu \cdot \left(\frac{ly}{2} - \frac{dx}{1000} \right) \\ &= 345,6 \cdot \left(\frac{0,755}{2} - \frac{45}{1000} \right) = 114,912 \text{ kg} = 1,149 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot dx) \\ &= 0,9 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 45) = 40732,21 \text{ N} = 40,732 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,5\phi V_c &= 0,5 \cdot 40,732 \text{ kN} \\ &= 20,366 \text{ kN} \geq V_u (1,15 \text{ kN}) \quad OK \end{aligned}$$

Maka, kekuatan geser pelat mencukupi

❖ Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut SNI 2847-2013.pasal.9.5.2.3. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 3 hari

$$f''c = 0,46.f'c = 0,46.35 \text{ MPa} = 16,1 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62. \lambda. \sqrt{f''c} = 0,62.1. \sqrt{16,1} = 2,488 \text{ MPa}$$

$\lambda = 1$, untuk beton normal

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

$$M_{cr} = \frac{f_r. I_g}{c} = \frac{2,488. 42666666,67}{4,22} = 25128724,7 \text{ Nmm}$$

Momen layan yang bekerja adalah :

$$M_x = 0,0107. \text{qDL}. a^2. b = 0,0107. 288. 0,75^2. 2,75 = 0,0483 \text{ kNm}$$

$$= 48306,2 \text{ Nmm} \leq M_{cr} (25128724,7 \text{ Nmm}) \quad OK$$

$$M_y = 0,0107. \text{qDL}. a. b^2 = 0,0107. 288. 0,755. 2,75^2 = 0,4839 \text{ kNm}$$

$$= 483861,758 \text{ Nmm} \leq M_{cr} (25128724,7 \text{ Nmm}) \quad OK$$

❖ Tulangan Angkat & Kapasitas Crane

Kedalaman Angkur Pengangkatan

Perencanaan tulangan angkur harus memperhatikan hal-hal berikut sesuai dengan PCI:

koefisien kejut pengangkatan (k) = 1,2,

faktor sling 60° (F) = 1,16 (PCI 7th fig.8.3.4)

Tabel 5. 1 Faktor pengali sling baja

Multiplication factor F for the total load on sling with a sling angle of θ					
θ	90°	75°	60°	45°	30°
F	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00
Note: θ is usually not less than 60° . Check bi-directional sling angle. A 30° sling angle is not recommended.					

$$\begin{aligned} \text{beban yang diangkat (W)} &= 2400. a. b. t \\ &= 2400. 0,755. 2,75. 0,08 \\ &= 398,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

;dikalikan faktor kejut dan sling = $W \cdot k \cdot F = 554,91 \text{ kg}$

Tulangan angkur akan menggunakan tulangan baja polos yang dibengkokkan bagian ujungnya. Gaya tarik nominal yang bekerja pada angkur harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$(N_{sa} = A_{se} \times f_{uta}) \geq N_n$$

Karena prosesnya menggunakan 4 titik pengangkatan, maka:

$$N_n = \frac{W}{n} = \frac{554,91 \text{ kg}}{4} = 138,727 \text{ kg}$$

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

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot 400 \text{ MPa} = 266,667 \text{ MPa} = 2666,7 \text{ kg/cm}^2 ;$$

$$A_{S_{perlu}} = \frac{N_n}{f_s} = \frac{138,727 \text{ kg}}{2666,7} = 0,052 \text{ cm}^2 = 5,2 \text{ mm}^2,$$

dipakai $\varnothing 8$, $A_{se} = 50,265 \text{ mm}^2$

Berdasarkan pasal D.5.1.2 untuk f_{uta} tidak boleh melebihi yang paling kecil dari:

$$f_{uta} = 1,6 \times f_y = 1,9 \times 400 = 760 \text{ MPa} \text{ atau } 840 \text{ MPa}$$

; maka digunakan $f_{uta} = 260 \text{ MPa}$

$$N_{sa} = A_{se} \times f_{uta}$$

$$= 50,265 \times 260 = 130689 \text{ N} = 13068,9 \text{ kg} > N_n \quad \text{OK}$$

Kedalaman angkur dalam beton sebagai pencegahan dalam keadaan Tarik, sehingga:

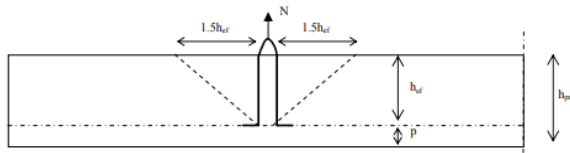
$k_c = 10$ (angkur cor di dalam) (SNI 2847:2013 ps.D.5.2.2), maka

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{N_n}{k_c \cdot \sqrt{f'c}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1387,27}{10 \cdot \sqrt{35}}\right)^2} = 20,644 \text{ mm}$$

Digunakan $h_{ef} = 30 \text{ mm}$

Panjang Angkur Pengangkatan

Berdasarkan PCI panjang angkur (d_e) setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton jeboln dipilih yang terbesar dari:



Gambar 5. 5 Kedalaman Angkur

$$de = h_{ef} / \tan / \tan 35^\circ = 43,57 \text{ mm}$$

$$de = 1,5 \cdot h_{ef} = 30,97 \text{ mm}$$

Jadi digunakan $de = 43,57 \text{ mm} \approx 45 \text{ mm}$

Kapasitas Crane

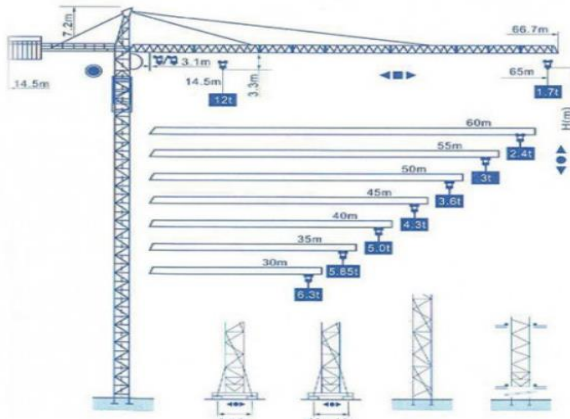
$$W.DL = 288 \text{ kg/m}^2$$

Maka berat berat pelat pracetaknya:

$$0,755 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 288 \text{ kg/m}^2 = 597,96 \text{ kg} \approx 600 \text{ kg}$$

Gunakan tower crane Q6517 (*sumber: www.indotowercrane.com*)

dengan kapasitas maksimum 1,7 ton untuk bentang maksimum.



Gambar 5. 6 Tower Crane

2) Penulangan Pelat Sebelum Komposit

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat berdasarkan SNI 2847-2013.psl.8.8.3. Pada penulangan lentur pelat precast hanya pada arah Y (bentang panjang pelat)

sedangkan pada arah X (bentang pendek pelat) merupakan tulangan pembagi. Pelat yang dihitung termasuk kedalam pelat satu arah karena hanya memiliki dua tumpuan serta rasio antara L_y dan L_x lebih dari 2.

a) Pembebanan Pelat

Beban Mati (DL)

- ❖ Berat sendiri pracetak = $0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Berat Over Topping = $0,05 \times 2400 = 120 \text{ kg/m}^2$
- DL = 312 kg/m^2

Beban Hidup (LL)

- ❖ Beban pekerja = 100 kg/m^2
- LL = 100 kg/m^2

Beban Total (Qu)

$$1,2.DL + 1,6.LL \text{ (SNI 2847:2013.psl.9.2.1)}$$

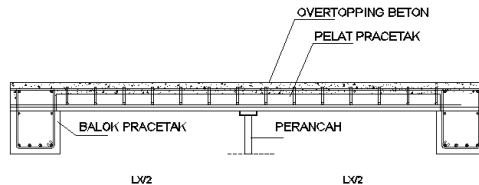
$$= 1,2.(312) + 1,6.(100)$$

$$= 534,4 \text{ kg/m}^2$$

Beban untuk 1 meter pias lebar pelat = $548,8 \times 1 \text{ m} = 548,8 \text{ kg/m}$
(sumber beban mati : PPIUG 1971)

b) Penulangan Pelat

- ❖ Tulangan Utama (arah Y)



Gambar 5. 7 Perancah untuk Penopang Tengah Bentang

Pelat sebelum komposit dipasang perancah sebagai tumpuan ditengah bentang, maka

Momen yang terjadi:

$$M_y = \frac{1}{8} \cdot Qu \cdot \frac{Ly^2}{2}$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 534,4 \cdot \frac{2,75^2}{2} = 126,29 \text{ kgm} = 1262938 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$d_y = h - t - \frac{1}{2} \cdot d = 80 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 55 \text{ mm}$$

Faktor reduksi lentur $\phi = 0.9$ (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1)

$$R_n = \frac{M_y}{\phi \cdot b \cdot d_y^2} = \frac{1262938}{0,9 \cdot 1000 \cdot 55^2} = 0,464 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,464}{400}} \right) = 0,001169$$

$$\rho_{min} = 0,0035 ; \rho_{max} = 0,0223$$

$\rho_{min} > \rho_{perlu} < \rho_{max}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0035$

$A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d_x = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 55 = 192,5 \text{ mm}^2$; pakai tulangan $\emptyset 10$; $A_d = 78,54 \text{ mm}^2$

$$\text{Jarak tulangan } (s_{perlu}) = \frac{A_d \cdot b}{A_s} = \frac{78,54 \cdot 1000}{270,99} = 289,826 \text{ mm}$$

Syarat jarak tulangan (SNI 2847:2013 ps.105.4) ; $s \leq 3 \cdot h$ atau 450 mm

$s \leq 3 \cdot (8) \text{ mm}$ atau $450 \text{ mm} \rightarrow s \leq 240 \text{ mm}$ atau 450 mm

dipakai $s_{pakai} = 200 \text{ mm}$

$$\text{Maka } A_{s_{pakai}} = \frac{A_d \cdot b}{s_{pakai}} = \frac{78,54 \cdot 1000}{200}$$

$$= 392,7 \text{ mm}^2 > 192,5 \text{ mm}^2 (A_{s_{perlu}}) \quad OK$$

Jadi dipakai tulangan $\emptyset 10$ -200 mm

Kontrol kebutuhan tulangan, A_s tidak boleh kurang dari $\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d_x \right)$, untuk $f_c' > 31,36$. (Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang)

$$A_s = \frac{\sqrt{35}}{4.400} \cdot 1000.55 = 203,4 \text{ mm}^2$$

$$A_s < A_{s_{\text{pakai}}} = 392,7 \text{ mm}^2$$

OK

Kontrol faktor reduksi,

berdasarkan SNI 2847:2013 ps.9.3, tinggi blok tegangan persegi ekuivalen:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{392,7 \cdot 400}{0.85 \cdot 35 \cdot 1000} = 5,28 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

Sesuai SNI 2847:2013 pasal.10.2.7.3, untuk $f'_c = 35$, maka harga β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f'_c - 28) \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) = 0,8 ; \beta_1 = 0,8$$

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

Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \cdot \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \cdot \left(\frac{55}{6,6} - 1 \right) = 0,022 > 0,005 ;$$

maka pakai $\phi = 0,9$

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

$$= 0,9 \cdot 392,7 \cdot 400 \cdot \left(55 - \frac{1}{2} \cdot 5,28 \right) = 7402221,5 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow 7402221,5 \text{ Nmm} > 126293,75 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

- Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 psl. 11.4.6.1

V_u pada jarak d dari tumpuan adalah sebesar:

$$V_u = q_u \cdot \left(\frac{ly}{2} - \frac{dy}{1000} \right)$$

$$= 548,8 \cdot \left(\frac{2,75}{2} - \frac{55}{1000} \right) = 705,41 \text{ kg} = 7,054 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \phi \cdot (0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot dx)$$

$$= 0,9 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 55) = 41486,51 \text{ N} = 41,4865 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \cdot 41,4865 \text{ kN}$$

$$= 20,743 \text{ kN} \geq V_u (7,05 \text{ kN})$$

OK

kekuatan geser pelat mencukupi

❖ Tulangan Susut (arah X)

Untuk tulangan mutu $f_y = 400$ MPa maka $\rho_{\min} = 0,002$. (Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang).

$$d_x = d_y - \frac{1}{2} \cdot \emptyset 10 = 55 - 5 = 50 \text{ mm}$$

$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d_x = 0,002 \cdot 1000 \cdot 50 = 100 \text{ mm}^2$; pakai tulangan $\emptyset 10$; $A_d = 78,54 \text{ mm}^2$.

- Jarak tulangan (s_{perlu}) = $\frac{A_d \cdot b}{A_s} = \frac{78,54 \cdot 1000}{160} = 490,9 \text{ mm}$.

Syarat jarak tulangan (SNI 2847:2013 ps.10.5.4) ; $s \leq 5 \cdot h$ atau 450 mm

$$s \leq 5 \cdot (8) \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \rightarrow s \leq 5 \cdot (8) \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

dipakai $s_{\text{pakai}} = 400 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Maka } A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{A_d \cdot b}{s_{\text{pakai}}} = \frac{78,54 \cdot 1000}{400} \\ &= 196,35 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ OK} \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan susut $\emptyset 10$ -400 mm

❖ Kontrol Lentutan

Berdasarkan SNI 2847:2013 bila ketebalan plat yang digunakan melebihi batas minimum ketebalan plat, maka kontrol lentutan tidak perlu dilakukan. Kontrol lentutan ini dimaksudkan agar perencana mengetahui perilaku dari plat lantai ini. Momen tak terfaktor saat lentutan terjadi.

$$M_a = MDL + MLL$$

$$M_a = \frac{1}{8} \times qdl \times L^2 + \frac{1}{8} \times qll \times L^2$$

$$M_a = \frac{1}{8} \times 312 \times \left(\frac{2,75}{2}\right)^2 + \frac{1}{8} \times 100 \times \left(\frac{2,75}{2}\right)^2$$

$$M_a = 331,33 \text{ kgm} = 3313329 \text{ Nmm}$$

Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja

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

Modulus hancur beton

Diasumsikan pelat beton berumur 3 hari

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_c} = 0,62(1)\sqrt{35} = 3,668 \text{ Mpa}$$

Jarak dari sumbu netral penampang ke sisi tarik

$$Y_t = \frac{h}{2} = \frac{80}{2} = 40 \text{ mm}$$

Momen retak

$$M_{cr} = \frac{f_r x I_g}{Y_t} = \frac{3,668 \times 42666666,67}{40} = 2653587,124 \text{ Nmm}$$

Periksa apakah terjadi retak

$$\frac{M_{cr}}{M_a} > 1$$

$$\frac{2653587,124 \text{ Nmm}}{3313329 \text{ Nmm}} < 1$$

$0,8 < 1$ (terjadi retak)

Maka dicoba pelat kondisi sebelum komposit dengan 2 peranca dengan jarak yang simetris.

$$M_a = MDL + MLL$$

$$M_a = \frac{1}{8} \times qdl \times L^2 + \frac{1}{8} \times qll \times L^2$$

$$M_a = \frac{1}{8} \times 312 \times \left(\frac{2,75}{3}\right)^2 + \frac{1}{8} \times 100 \times \left(\frac{2,75}{3}\right)^2$$

$$M_a = 220,89 \text{ kgm} = 2208880,2 \text{ Nmm}$$

Periksa apakah terjadi retak

$$\frac{M_{cr}}{M_a} > 1$$

$$\frac{2653587,124 \text{ Nmm}}{2208880,2 \text{ Nmm}} > 1$$

$1,2 > 1$ (tidak terjadi retak)

Sehingga momen inersia yang digunakan untuk menghitung lendutan adalah momen inersia bruto

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang beton

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ Mpa}$$

- Lenturan sesaat

$$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5(4,12)(2750)^4}{384(27806)(42666666,67)} = 3,06 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 batasan lenturan untuk plat lantai adalah :

$$\Delta_{ijin} = \frac{l}{240} = \frac{2750}{240} = 11,46 \text{ mm} > 3,06 \text{ mm (ok)}$$

3) Penulangan Pelat Setelah Komposit

Kondisi setelah komposit dimana pelat overtopping telah di cor diatas pelat pracetak dan sudah menjadi komposit untuk menahan beban layan yang bekerja. untuk perhitungan momen setelah komposit sama dengan kondisi sebelum komposit dimana diambil momen terbesar.

a) Pembebanan Pelat

Beban Mati (DL)

- ❖ Berat sendiri pracetak (DL) = $0,13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Plafond + Penggantung = 18 kg/m^2
- ❖ Ubin (t=10 mm) = $0,01 \times 2100 = 21 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Spesi (t = 20 mm) = $0,02 \times 2400 = 48 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Ducting, AC + Pipa = 19 kg/m^2
- DL = 418 kg/m^2

Beban Hidup (LL)

- Beban lantai rumah sakit = 287 kg/m^2
- LL = 287 kg/m^2

$$\begin{aligned} \text{Beban Total (Qu)} &= 1,2.DL + 1,6.LL \text{ (SNI 2847:2013.psl.9.2.1)} \\ &= 1,2.(418) + 1,6.(287) \\ &= 960,8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban untuk 1 meter pias lebar pelat = $960,8 \times 1 \text{ m} = 960,8 \text{ kg/m}$
(sumber beban mati : PPIUG 1971)

b) Penulangan Pelat

Tulangan Utama (arah Y)

Momen yang terjadi:

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{1}{8} \cdot Q_u \cdot L_y^2 \\
 &= \frac{1}{8} \cdot 960,8,2 \cdot 2,75^2 = 908,26 \text{ kg} \cdot \text{m} \\
 &= 9082562,5 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$d_y = h - t - \frac{1}{2} \cdot \text{Ø}10 = 130 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 105 \text{ mm}$$

Faktor reduksi lentur $\phi = 0.9$ (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1)

$$R_n = \frac{M_y}{\phi \cdot b \cdot d_y^2} = \frac{9082562,5}{0,9 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,915 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,915}{400}} \right) = 0,0023
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 ; \rho_{\text{max}} = 0,0223$$

 $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$, maka digunakan $\rho_{\text{min}} = 0,0035$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d_x = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 110 = 367,5 \text{ mm}^2 ; \text{ pakai tulangan } \text{Ø} 10 ; A_d = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan } (s_{\text{perlu}}) = \frac{A_d \cdot b}{A_s} = \frac{78,54 \cdot 1000}{367,5} = 213,71 \text{ mm}$$

Syarat jarak tulangan (SNI 2847:2013 ps.105.4) ; $s \leq 3 \cdot h$ atau 450 mm

$$s \leq 3 \cdot (8) \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \rightarrow s \leq 240 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

dipakai $s_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

$$\text{Maka } A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{A_d \cdot b}{s_{\text{pakai}}} = \frac{78,54 \cdot 1000}{200} = 392,7 \text{ mm}^2 > (A_{s_{\text{perlu}}})$$

OK

Kontrol kebutuhan tulangan, A_s tidak boleh kurang dari

$$\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d_x \right), \text{ untuk } f_c' > 31,36. \text{ (Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang)}$$

$$A_s = \frac{\sqrt{35}}{4.400} \cdot 1000 \cdot 105 = 388,24 \text{ mm}^2 < A_{s\text{pakai}} = 392,7 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Jadi dipakai tulangan \emptyset 10-200 mm

Kontrol faktor reduksi,

Berdasarkan SNI 2847:2013 ps.9.3, tinggi blok tegangan persegi ekuivalen:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{392,7 \cdot 400}{0.85 \cdot 35 \cdot 1000} = 5,28 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke bumbu netral

Sesuai SNI 2847:2013 pasal.10.2.7.3, untuk $f'_c = 35$, maka harga β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,8$$

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

Regangan Tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \cdot \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \cdot \left(\frac{105}{8,8} - 1 \right) = 0,0345$$

maka pakai $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(dx - \frac{1}{2} \cdot a \right) = 0,9 \cdot 392,7 \cdot 400 \cdot \left(105 - \frac{1}{2} \cdot 5,28 \right) \\ &= 14470805 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow 14470805 \text{ Nmm} > 9022062 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

• Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 psl. 11.4.6.1

V_u pada jarak d dari tumpuan adalah sebesar:

$$\begin{aligned} V_u &= q_u \cdot \left(\frac{ly}{2} - \frac{dy}{1000} \right) \\ &= 954,4 \cdot \left(\frac{2,75}{2} - \frac{105}{1000} \right) = 1312,2 \text{ kg} = 13,12 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \cdot (0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot dx) \\ &= 0,9 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 105) = 66937,5 \text{ N} = 66,94 \text{ kN} \\ 0,5\phi V_c &= 0,5 \cdot 66,94 \text{ kN} = 33,48 \text{ kN} \geq V_u (13,12 \text{ kN}) \quad \text{OK} \end{aligned}$$

kekuatan geser pelat mencukupi

❖ Tulangan Susut (arah X)

Untuk tulangan mutu $f_y = 400$ MPa maka $\rho_{\min} = 0,002$. (Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang).

$$d_x = d_y - \text{Ø}10 = 105 - 10 = 95 \text{ mm}$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d_x = 0,002 \cdot 1000 \cdot 95 = 190 \text{ mm}^2 ; \text{ pakai tulangan } \text{Ø} 10 ; A_d = 78,54 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Jarak tulangan } (s_{\text{perlu}}) = \frac{A_d \cdot b}{A_s} = \frac{78,54 \cdot 1000}{200} = 392,7 \text{ mm}.$$

Syarat jarak tulangan (SNI 2847:2013 ps.10.5.4) ; $s \leq 5 \cdot h$ atau 450 mm

$$s \leq 5 \cdot (130) \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \rightarrow s \leq 650 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

dipakai $s_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$

$$\text{Maka } A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{A_d \cdot b}{s_{\text{pakai}}} = \frac{78,54 \cdot 1000}{400} = 224,4 \text{ mm}^2 > 200 \text{ mm}^2$$

($A_{s_{\text{perlu}}}$) OK

Jadi dipakai tulangan susut Ø 10-300 mm

❖ Tulangan Overtopping

Berdasarkan SNI 2847-2013 untuk pelat dengan lapisan atas komposit yang dicor di tempat di atas pelat pracetak diizinkan untuk digunakan sebagai diafragma struktur, asalkan slab lapisan atas ditulangi dan permukaan beton yang sebelumnya mengeras dimana slab lapisan atas dicor telah bersih, bebas dari kapur permukaan (*laitance*), dan dikasarkan dengan sengaja.

Dimana rasio tulangan minimum untuk diafragma struktur harus memenuhi SNI 2847-2013 Pasal 7.12

Maka tulangan pada pelat overtopping

$$d \text{ tulangan utama} : 10 \text{ mm } (A_s = 78,540 \text{ mm}^2)$$

$$d \text{ tulangan susut: } 10 \text{ mm } (A_s = 78,54 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} : (80+20) - \frac{1}{2} \times 10 \text{ mm} = 95 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} : 0,002 \text{ (SNI 2847:2013)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,002 \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 95 = 190 \text{ mm}^2$$

$$\text{jarak tulangan (s)} = \frac{b \times A_s D 10}{A_s \text{ perlu}} = \frac{1000 \times 78,54}{190} = 413,37 \text{ mm}$$

syarat jarak tulangan menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2 :

jarak tulangan (s) $\leq 5h$ atau 450 mm

jarak tulangan (s) $\leq 5(130)$ atau 450 mm

jarak tulangan (s) ≤ 750 mm atau 450 mm

sehingga digunakan tulangan $\text{Ø}10-300$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{1000 \times A_{sD6}}{s} = \frac{1000 \times 28,274}{300} = 261,8 \text{ mm}^2$$

- Kontrol Lendutan

Berdasarkan SNI 2847:2013 bila ketebalan plat yang digunakan melebihi batas minimum ketebalan plat, maka kontrol lendutan tidak perlu dilakukan. Kontrol lendutan ini dimaksudkan agar perencana mengetahui perilaku dari plat lantai ini.

Momen tak terfaktor saat lendutan terjadi.

$$M_a = MDL + MLL$$

$$M_a = \frac{1}{8} \times qdl \times L^2 + \frac{1}{8} \times qll \times L^2$$

$$M_a = \frac{1}{8} \times 418 \times \left(\frac{2,75}{2}\right)^2 + \frac{1}{8} \times 287 \times \left(\frac{2,75}{2}\right)^2$$

$$M_a = 666,4 \text{ kgm} = 6664453,13 \text{ Nmm}$$

Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{1000(130)^3}{12} = 183083333,3 \text{ mm}^4$$

Modulus hancur beton

Diasumsikan pelat beton berumur 3 hari

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_c} = 0,62(1)\sqrt{35} = 3,668 \text{ Mpa}$$

Jarak dari sumbu netral penampang ke sisi tarik

$$Y_t = \frac{h}{2} = \frac{130}{2} = 65 \text{ mm}$$

Momen retak

$$M_{cr} = \frac{f_r x I_g}{Y_t} = \frac{3,668 \times 183083333,3}{65} = 8643908,995 \text{ Nmm}$$

Periksa apakah terjadi retak

$$\frac{M_{cr}}{M_a} > 1$$

$$\frac{8643908,995 \text{ Nmm}}{6664453,13 \text{ Nmm}} > 1$$

$$1,3 > 1 \text{ (tidak terjadi retak)}$$

Sehingga momen inersia yang digunakan untuk menghitung lendutan adalah momen inersia bruto

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang beton

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ Mpa}$$

Lendutan sesaat

$$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5(4,12)(2750)^4}{384(27806)(183083333,3)} = 0,48 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 batasan lendutan untuk plat lantai adalah :

$$\Delta_{ijin} = \frac{l}{240} = \frac{2750}{240} = 11,46 \text{ mm} > 0,48 \text{ mm (OK)}$$

5.1.2 Penyaluran Tulangan Pelat

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.7.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan dalam kondisi tarik lurus pada beton normal yaitu nilai terbesar dari tiga persamaan berikut ini:

$$1) L_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f'_c}} = \frac{400 \cdot 10}{5,4 \cdot \sqrt{35}} = 125,21 \text{ mm}$$

$$2) L_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$3) L_{dh} > 8 \cdot d_b \cdot 8 \cdot 10 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

Maka digunakan $L_{dh} = 150 \text{ mm}$

5.1.3 Kontrol Tegangan Pelat Pracetak

1) Kontrol Pengangkatan

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

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

$$f_{cr} = 0,62 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{16}$$

$$= 2,488 \text{ MPa} = 24,88 \text{ kg/cm}^2$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal) *SNI 2847:2013 pasal 8.6.1*

Beban yang harus diangkat TC

$$(q_u) = 1,2 \times t \times 2400 \times k \times F$$

$$= 1,2 \times 0,08 \times 2400 \times 1,2 \times 1,16$$

$$= 320,72 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban untuk 1 titik angkat} = q_u/4 = 320,72 \text{ kg/cm}^2/4 = 80,18 \text{ kg/m}^2$$

- Momen Yang Terjadi

Momen Arah Y (panjang)

$$+M_y = 0,0107 \cdot q_u \cdot a \cdot b^2 = 0,0107 \cdot 320,72 \cdot 0,755 \cdot 2,75^2$$

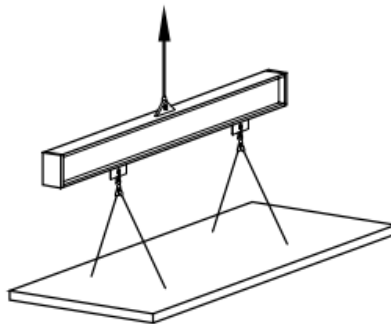
$$= 19,5938 \text{ kg.m} = 1959,38 \text{ kg.cm}$$

Momen Arah X (pendek)

$$+M_x = 0,0107 \cdot q_u \cdot a^2 \cdot b = 0,0107 \cdot 320,72 \cdot 0,755^2 \cdot 2,75 =$$

$$5,379 \text{ kg.m} = 537,934 \text{ kg.cm}$$

- Momen Tahanan



(a) Four Points with Spreader Beam

Gambar 5. 8 Pengangkatan Pelat Pracetak

Untuk permodelan seperti diatas (4 titik angkat) berdasarkan *PCI 7th edition*, momen tahanan terjadi ditahan:

Arah X, $b/2 = 2,75 \text{ m} / 2 = 1,375 \text{ m}$ atau $15.t = 15 \cdot 0,08 = 1,2 \text{ m}$;
diambil yang terkecil $\rightarrow b' = 1,2 \text{ m} = 120 \text{ cm}$ dan,

Arah Y, $a/2 = 0,755 \text{ m} / 2 = 0,3775 \text{ m} = 37,75 \text{ cm} \rightarrow b' = 37,75 \text{ cm}$;
Maka momen tahanan arah:

$$M_x = \frac{1}{6} \cdot 15 \cdot t \cdot t^2 = \frac{1}{6} \cdot 15 \cdot 8 \cdot 8^2 = 1280 \text{ cm}^3$$

$$M_y = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{a}{2}\right) \cdot t^2 = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{75,5}{2}\right) \cdot 8^2 = 402,667 \text{ cm}^3$$

- Tegangan Ijin

$$\sigma_x = \frac{+M_x}{M_x} = \frac{537,934}{1280} = 0,42 \text{ kg/cm}^2 < \text{fr} (24,877 \text{ kg/m}^2) \text{ OK}$$

$$\sigma_y = \frac{+M_y}{M_y} = \frac{1959,38}{402,667} = 4,866 \text{ kg/cm}^2 < \text{fr} (24,877 \text{ kg/m}^2) \text{ OK}$$

2) Kontrol Penumpukan

Kontrol ini mengacu pada metode pengangkatan pada PCI edisi ke-&. Tegangan yang terjadi saat penumpukan pelat beton pracetak tidak boleh melebihi kehancuran beton ($\sigma \leq \text{fr}$):

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

$$f_{cr} = 0,62 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{16}$$

$$= 2,488 \text{ MPa} = 24,88 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1}$$

$$\text{faktor kejut (k)} = 1,5$$

- Pembebanan Pelat

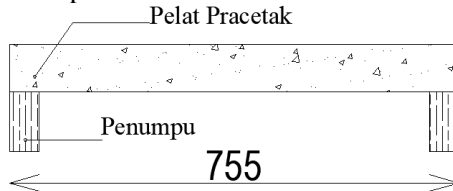
$$q_{dl} = b \times t \times 2400 = 2,75 \times 0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \times q_{dl} = 1,2 \times 192 \text{ kg/m} = 230,4 \text{ kg/m}$$

$$k \times q_u = 1,5 \times 230,4 = 345,6 \text{ kg/m}; (k = \text{faktor kejut})$$

$$P_u = b \times 100 \text{ kg/m}^2 \times k = 2,75 \times 100 \times 1,5 = 412,5 \text{ kg/m}$$

dipasang 2 tumpuan



Gambar 5. 9 Penumpukan Pelat Pracetak

- Momen Yang Terjadi

$$+M_y = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot a^2 + \frac{1}{4} \cdot Pu \cdot a =$$

$$\frac{1}{8} \cdot 633,6 \cdot 0,755^2 + \frac{1}{4} \cdot 412,5 \cdot 0,755 = 145,6 \text{ kg.m} = 14558 \text{ kg.cm}$$

- Momen Tahanan

$$M_y = \frac{1}{6} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{6} \cdot 75,5 \cdot 8^2 = 805,3 \text{ cm}^3$$

- Tegangan Ijin

$$\sigma_y = \frac{+M_y}{M_y} = \frac{14558}{805,3} = 18,08 \text{ kg/cm}^2 < fr (24,877 \text{ kg/m}^2) \quad OK$$

- Penumpukan

Direncanakan penyangga pelat adalah 2 balok kayu dengan dimensi penampang $5 \times 10 \text{ cm}^2$

Maka bidang kontak antara pelat dengan penyangga adalah:

$$A = 0,05 \times 2 = 0,1 \text{ m}^2 = 100000 \text{ mm}^2$$

Beban terfaktor yang diterima

$$P = 1,2 \cdot (2400 \cdot 0,755 \cdot 2,75 \cdot 0,08) = 478 \text{ kg} = 4783,68 \text{ N}$$

$$f = P/A = \frac{4783,68}{100000} = 0,048 \text{ MPa}$$

$$\text{Maka jumlah tumpukan, } n = \frac{fr}{f \cdot SF} = \frac{2,488}{0,048 \cdot 4} = 13 \text{ tumpukan (SF= 4)}$$

3) Kontrol Pemasangan

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

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

$$f_{cr} = 0,62 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{16} = 2,488 \text{ MPa} = 24,88 \text{ kg/cm}^2$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal) *SNI 2847:2013 pasal 8.6.1*

faktor kejut (k) = 1,2

- Pembebanan Pelat

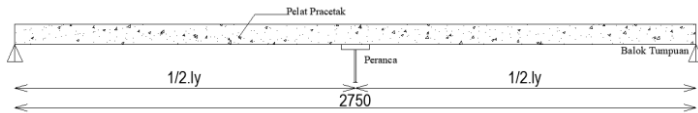
$$q_{dl} = a \times t \times 2400 = 0,755 \times 0,08 \times 2400 = 145 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \times q_{dl} = 1,2 \times 145 \text{ kg/m} = 173,95 \text{ kg/m}$$

$$k \times q_u = 1,5 \times 173,95 = 260,9 \text{ kg/m; (k = faktor kejut)}$$

$$P_u = a \times 100 \text{ kg/m}^2 \times k = 0,755 \times 100 \times 1,5 = 113,3 \text{ kg/m}$$

dipasang 3 tumpuan, dimana ditengah dipasang peranca sepanjang bentang pendek pelat seperti gambar dibawah.



Gambar 5. 10 Pemasangan Pelat Pracetak

- Momen Yang Terjadi

$$\begin{aligned}
 +M_y &= \frac{1}{8} \cdot qu \cdot \left(\frac{b}{3}\right)^2 + \frac{1}{4} \cdot Pu \cdot \left(\frac{b}{3}\right) \\
 &= \frac{1}{8} \cdot 260,9 \cdot \left(\frac{2,75}{3}\right)^2 + \frac{1}{4} \cdot 113,3 \cdot \left(\frac{2,75}{3}\right) = 53,36 \text{ kg.m} \\
 &= 5336 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

- Momen Tahanan

$$M_y = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{b}{3}\right) \cdot t^2 = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{2,75}{2}\right) \cdot 8^2 = 977,8 \text{ cm}^3$$

- Tegangan Ijin

$$\sigma_y = \frac{+M_y}{M_y} = \frac{5336}{977,8} = 5,457 \text{ kg/cm}^2 < f_r (24,877 \text{ kg/m}^2) \quad OK$$

4) Kontrol Pengecoran

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

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

$$f_{cr} = 0,62 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{16} = 2,488 \text{ MPa} = 24,88 \text{ kg/cm}$$

$\lambda = 1$ (untuk beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1

faktor kejut (k) = 1,5

- Pembebanan Pelat

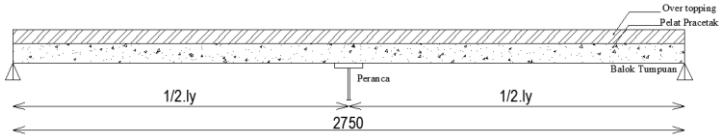
$$q_{dl} = a \times t_{\text{total}} \times 2400 = 0,755 \times 0,13 \times 2400 = 244,6 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \times q_{dl} = 1,2 \times 244,6 \text{ kg/m} = 293,54 \text{ kg/m}$$

$$k \times q_u = 1,5 \times 293,54 = 440,3 \text{ kg/m}; (k = \text{faktor kejut})$$

$$P_u = a \times 100 \text{ kg/m}^2 \times k = 0,755 \times 100 \times 1,5 = 113,3 \text{ kg/m}$$

dipasang 4 tumpuan, dimana ditengah dipasang 2 peranca sepanjang bentang panjang pelat.



Gambar 5. 11 Pengecoran Overtopping pada Pelat Pracetak

- Momen Yang Terjadi

$$\begin{aligned}
 +M_y &= \frac{1}{8} \cdot qu \cdot \left(\frac{b}{2}\right)^2 + \frac{1}{4} \cdot Pu \cdot \left(\frac{b}{2}\right) \\
 &= \frac{1}{8} \cdot 440,3 \cdot \left(\frac{2,75}{3}\right)^2 + \frac{1}{4} \cdot 113,3 \cdot \left(\frac{2,75}{3}\right) = 70,49 \text{ kg.m} \\
 &= 7049 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

- Momen Tahanan

$$M_y = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{b}{3}\right) \cdot t^2 = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{2,75}{3}\right) \cdot 8^2 = 977,8 \text{ cm}^3; \text{ tebal pelat yang menahan adalah } 8 \text{ cm}$$

- Tegangan Ijin

$$\sigma_y = \frac{+M_y}{M_y} = \frac{7049}{977,8} = 7,21 \text{ kg/cm}^2 < f_r (24,877 \text{ kg/m}^2) \quad \text{OK}$$

5.1.4 Perencanaan Tulangan *Shear Connector*

Menurut SNI 21.11.6 tebal slab diafragma pada komposit tidak boleh kurang dari 50 mm. Tebal plat perencanaan sebesar 50 mm (OK). Menurut SNI 21.11.7.1. Rasio tulangan minimum untuk diafragma struktur memenuhi 7.12. Sehingga penulangan komposit disamakan dengan tulangan pracetak. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.11.9.1, V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi:

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

$$A_{cv} = b \times t_{\text{topping}} = 1000 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} = 50000 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan pasal 11.9.9.2; $\rho_t = 0,0025$ dan $\lambda = 1$ (beton normal)

$$\begin{aligned}
 V_n &= 50000 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} + 0,0025 \cdot 400) = 100286,68 \text{ N} \\
 &= 100,29 \text{ kN},
 \end{aligned}$$

dan V_n hasil diatas tidak boleh melebihi:

$$V_n = 0,66 \cdot A_{cv} \sqrt{f_c} = 0,66 \cdot 50000 \cdot \sqrt{35} = 197202,66 \text{ N}$$

$$= 197,2 \text{ kN} > V_n$$

OK

Dan

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

;

$$\mu = 1,4 \cdot \lambda = 1,4$$

$$V_n = 78,54 \text{ mm}^2 \cdot 400 \cdot 1,4 = 31415,9 \text{ N} = 31,4159 \text{ kN} \quad (\varnothing=10 \text{ mm})$$

Tidak memenuhiMaka dipakai $V_n = 100,29 \text{ kN}$

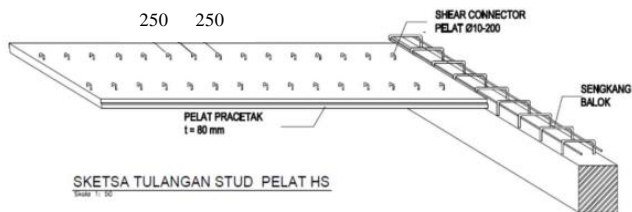
$$V_u = V_n / \phi = 100,29 / 0,75 = 133,72 \text{ kN} > \phi V_c = 70,125 \text{ kN}$$

Berdasarkan hasil diatas, menurut SNI 2847:2013.4.6.1, perlu disediakan tulangan geser $A_{v,min}$, dengan:

$$s \leq 4 \times \text{tebal pelat atau } 600 \text{ mm}$$

$$s \leq (4 \cdot 80 \text{ mm}) \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$s \leq 320 \text{ mm, dipakai } s = 250 \text{ mm}$$



Gambar 5. 12 Perencanaan Shear Connection

$$A_{v,min} = 0,062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y} = 0,062 \cdot \sqrt{35} \cdot \frac{1000 \cdot 250}{400} = 229,25 \text{ mm}^2$$

Tapi tidak boleh kurang dari

$$\frac{0,35 \cdot b \cdot s}{f_y} = \frac{0,35 \cdot 1000 \cdot 250}{400} = 218,75 \text{ mm}^2 > A_{v,min} \quad OK$$

$$A_{s\varnothing 10} = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{A_{s\varnothing 10} \cdot b}{s} = \frac{78,54 \cdot 1000}{250} = 314,159 \text{ mm}^2 > A_{v,min} \quad OK$$

Maka dipasang *shear connector* Ø10-250

5.1.5 Rekapitulasi Tulangan Pelat

Tulangan pelat yang digunakan adalah tulangan untuk pelat yang paling kritis (tipe P.2), maka rekapitulasi tulangannya adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Tulangan Pelat

Tipe Pelat	Kondisi	Tulangan								
		Utama		Susut		Angkur			Overtopping	
		Ø (mm)	s (mm)	Ø (mm)	s (mm)	Ø (mm)	hef (mm)	1,5hef (mm)	Ø (mm)	s (mm)
P.1	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.2	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.3	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.4	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.5	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.6	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.7	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.8	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.9	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.10	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah Komposit	10	200	10	300					
P.11	Sebelum Komposit	10	200	10	300	8	30	45	10	300
	Setelah	10	200	10	300					

5.2 Perencanaan Tangga

Struktur tangga yang direncanakan adalah plat dan balok tangga, plat dan balok bordes.

5.2.1 Data Perencanaan

Tangga yang direncanakan identic dari lantai 1 hingga lantai 8 dimana data perencanaannya adalah sebagai berikut:

- Mutu beton (f_c') : 35 Mpa
- Mutu baja : 400 Mpa
- Tinggi antar lantai : 420 cm
- Panjang bordes : 210 cm
- Lebar bordes : 145 cm
- Lebar tangga : 145 cm
- Tebal pelat tangga (t_p) : 12 cm
- Tebal pelat bordes : 15 cm
- Tinggi injakan (t) : 17,5 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Jumlah tanjakan (n_T) : 12
- Jumlah injakan (n_I) : 11
- Elevasi bordes : 210 cm
- Panjang horizontal pelat tangga : 330 cm
- Panjang miring tangga : 391,15 cm
- Kemiringan tangga : $32,47^\circ$
- Tebal plat rata-rata tangga : 210 mm

5.2.2 Pembebanan

a. Plat Tangga

Beban mati (DL)

$$\text{Berat sendiri pelat: } \frac{0,21}{\cos 32,47^\circ} \times 2400 = 597,4 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tegel (1 cm)} = 24 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (2 cm)} = 42 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Sandaran tangga} = 50 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Beban mati total} = 713,4 \text{ Kg/m}^2$$

Beban hidup (LL)

$$\text{Tangga (PPIUG 1983)} = 300 \text{ Kg/m}^2$$

Beban ultimate (Qu)

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

$$Q_u = 1,2 (713,4 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (300 \text{ Kg/m}^2)$$

$$Q_u = 1336,1 \text{ Kg/m}^2$$

b. Plat Bordes

Beban mati (DL)

$$\text{Berat sendiri pelat: } 0,15 \cdot 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tegel (1 cm)} = 24 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (2 cm)} = 42 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Sandaran tangga} = 50 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Beban mati total} = 404 \text{ Kg/m}^2$$

Beban hidup (LL)

$$\text{Tangga (PPIUG 1983)} = 300 \text{ Kg/m}^2$$

Beban ultimate (Qu)

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

$$Q_u = 1,2 (404 \text{ Kg/m}^2) + 1,6 (300 \text{ Kg/m}^2)$$

$$Q_u = 964,8 \text{ Kg/m}^2$$

c. Balok Bordes

Beban mati (DL)

$$\text{Berat sendiri balok: } 0,5 \times 0,35 \times 2400 = 420 \text{ Kg/m}$$

Beban plat bordes:

$$\left(\frac{1}{6} q l_x \left(3 - \frac{l_x}{l_y} \right)^2 \right) = \left(\frac{1}{6} \cdot 404 \cdot 1,45 \cdot \left(3 - \frac{1,45}{3} \right)^2 \right) = 878,7 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Beban mati total} = 1298,7 \text{ Kg/m}^2$$

Beban hidup (LL)

$$\left(\frac{1}{6} q l x \left(3 - \frac{lx}{ly}\right)^2\right) = \left(\frac{1}{6} \cdot 300 \cdot 1,45 \cdot \left(3 - \frac{1,45}{3}\right)^2\right) = 652,5 \text{ Kg/m}^2$$

Beban ultimate (Qu)

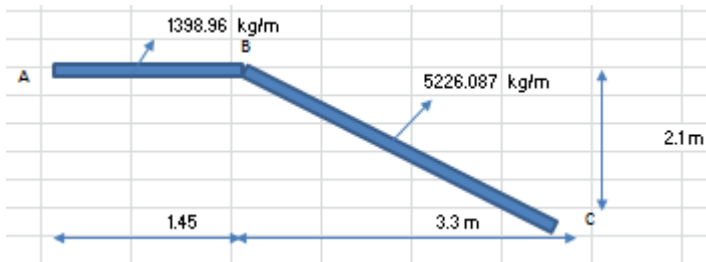
$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$Q_u = 1,2 (1298,7) + 1,6 (652,5 \text{ Kg/m}^2)$$

$$Q_u = 2602,4 \text{ Kg/m}$$

5.2.3 Analisa Gaya Dalam

Pada proses analisa struktur tangga ini, menggunakan perhitungan statis tak tentu dengan menggunakan perletakan SendiRol, dimana pembebanan tangga dan output seperti dibawah ini:



Gambar 5. 13 Beban yang Bekerja pada Tangga

Keterangan:

- $q_{AB} : Q_{bordes} \times 1,45 \text{ m} = 1398,96 \text{ kg/m}$
- $q_{BC} : Q_{tangga} \times 3,91 \text{ m} = 5226,1 \text{ kg/m}$

Perhitungan Momen Ultimate Tangga

Faktor distribusi

EI = konstan

$$\mu_{BA} : \mu_{BC} = \frac{3}{1,45} : \frac{4}{3,9115} = 2,07 : 1,02$$

$$\mu_{BA} = \frac{2,07}{2,07+1,02} = 0,67$$

$$\mu_{BC} = \frac{1,02}{2,07+1,02} = 0,33$$

Momen Primer

$$MF_{BA} = -\frac{1}{11} \cdot q \cdot l^2 = -\frac{1}{11} \cdot 1398,96 \cdot 1,45^2 = -267,39 \text{ kgm}$$

$$MF_{BC} = \frac{1}{16} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{16} \cdot 5226,1 \cdot \cos 32,47^\circ \cdot 3,91^2 = 4216,15 \text{ kgm}$$

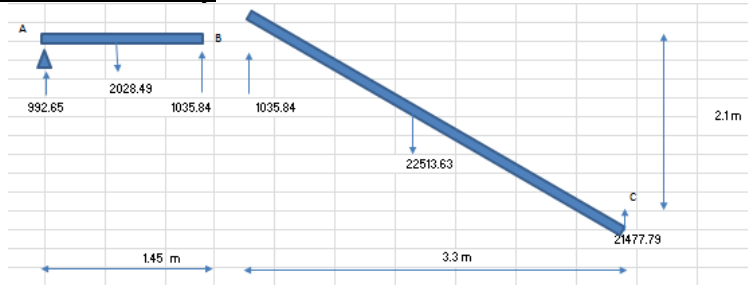
$$MF_{CB} = -\frac{1}{16} \cdot q \cdot l^2 = -\frac{1}{16} \cdot 5226,1 \cdot \cos 32,47^\circ \cdot 3,91^2 = -4216,15 \text{ kgm}$$

Perhitungan Cross

Tabel 5. 3 Tabel Perhitungan Cross

TITIK	B		C
BATANG	BA	BC	CB
FD	-0.66922	-0.33078	0
MF	-267.392	4216.152	-4216.15
MD	-2642.61	-1306.15	0
MI	0	0	-653.076
MD	0	0	0
M AKHIR	-2910	2910.00	-4869.23
	↺	↻	↻

Gambar Free Body



Gambar 5. 14 Free Body Pelat Tangga

Batang AB

$$\Sigma M_B = 0$$

$$= V_A \cdot l_{AB} \cdot M_{BA} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot q_{AB} \cdot l_{AB}^2 \right)$$

$$V_A = \left[\frac{M_{BA} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot q_{AB} \cdot l_{AB}^2 \right)}{l_{AB}} \right] = \left[\frac{2910 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 1398,96 \cdot 1,45^2 \right)}{1,45} \right] = 992,65 \text{ kg}$$

$$V_B = (q_{AB} \times l_{AB}) - V_A = (1398,96 \times 1,45) - 992,65 = 1035,8 \text{ kg}$$

$$D_x = 0 \text{ kg}$$

$$x = V_A / q_{AB} = 992,65 / 1398,96 = 0,71 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 352,17 \text{ kgm}$$

Batang BC

$$\Sigma M_C = 0$$

$$H_B = \frac{M_{BC} + M_{CB} + (V_b \cdot l_{BC, \text{hor}}) + \left(\frac{1}{2} \cdot q_{BC} \cdot \cos 32,47^\circ \right) \cdot \sqrt{l_{BC, \text{ver}}}}{l_{BC, \text{ver}}}$$

$$= 16756 \text{ kg}$$

$$V_C = q_{BC} \cdot L_{BC \text{ miring}} + V_B = 21478 \text{ kg}$$

$$D_x = 0 \text{ kg}$$

$$x = 2,069 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 4571,1 \text{ kgm}$$

Dari diagram dan perhitungan diatas, berikut momen yang dipakai untuk perhitungan tangga dan bordes:

$$M_{u, \text{tump tangga}} = M_{\text{akhirC}} = 48692283,91 \text{ Nmm} = 4869 \text{ kgm}$$

$$M_{u, \text{lap tangga}} = M_{\max BC} = 45711417,61 \text{ Nmm} = 4571,14 \text{ kgm}$$

$$M_{u, \text{tump bordes}} = M_{\text{akhirBA}} = 29100001,52 \text{ Nmm} = 2910 \text{ kgm}$$

$$M_{u, \text{lap bordes}} = M_{\max AB} = 3521742,314 \text{ Nmm} = 352,1742 \text{ kgm}$$

5.2.4 Perhitungan Penulangan

1. Penulangan pelat tangga

- Data Perencanaan

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

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{tul. lentur} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{tul. geser} = 13 \text{ mm}$$

$$t. \text{tangga} = 210 \text{ mm (t.rata-rata)}$$

$$t. \text{bordes} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{decking} = 20 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,8$$

❖ Tulangan Utama (arah Y)

Momen yang dipakai adalah $M_{u.lap\ tangga} = 45711417,61$ Nmm

$d = h - t - \frac{1}{2} \cdot \emptyset 13 = 210 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 183,5$ mm

Faktor reduksi lentur $\phi = 0.9$ (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1)

$$R_n = \frac{M_y}{\phi \cdot b \cdot d \cdot x^2} = \frac{45711417,61}{0,9 \cdot 1000 \cdot 183,5^2} = 1,607 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,607}{400}} \right) = 0,0041 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{400} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot \beta_1}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,0357 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 400 = 0,0035$$

$$\rho_{max} = 0,625 \cdot \rho_b = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$, maka digunakan $\rho_{min} = 0,0041$

• Tulangan Utama

$A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d = 0,0041 \cdot 1000 \cdot 183,5 = 758,15 \text{ mm}^2$; pakai tulangan $\emptyset 13$; $A_d = 132,73 \text{ mm}^2$

$$\text{Jarak tulangan } (s_{perlu}) = \frac{A_d \cdot b}{A_s} = \frac{132,73 \cdot 1000}{758,15} = 175,1 \text{ mm}$$

Syarat jarak tulangan (SNI 2847:2013 ps.105.4);

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

$$s \leq 3 \cdot (210) \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \rightarrow s \leq 630 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

dipakai $s_{pakai} = 150 \text{ mm}$

$$\text{Maka } A_{S_{pakai}} = \frac{A_d \cdot b}{s_{pakai}} = \frac{132,73 \cdot 1000}{150} = 884,9 \text{ mm}^2 > (A_{S_{perlu}}) \quad OK$$

Jadi dipakai tulangan $\emptyset 13$ -150 mm

- Kontrol faktor reduksi, berdasarkan SNI 2847:2013 ps.9.3, tinggi blok tegangan persegi ekivalen:

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{884,9 \cdot 400}{0.85 \cdot 35 \cdot 1000} = 11,9 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke bumbu netral

Sesuai SNI 2847:2013 pasal.10.2.7.3, untuk $f'c = 35$, maka harga β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,8$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,9}{0,8} = 14,87 \text{ mm}$$

Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \cdot \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \cdot \left(\frac{183,5}{14,87} - 1 \right) = 0,0345 > 0,005 ;$$

maka pakai $\phi = 0,9$

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(dx - \frac{1}{2} \cdot a \right) = 0,9 \cdot 884,9 \cdot 400 \cdot \left(183,5 - \frac{1}{2} \cdot 11,9 \right) = 56560269,95 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn > Mu \rightarrow 56560269,95 \text{ Nmm} > 45711417,61 \text{ Nmm} \quad OK$$

- Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 psl. 11.4.6.1

V_u pada jarak d dari tumpuan adalah sebesar:

$$\begin{aligned} V_u &= qu \cdot \left(\frac{ly}{2} - \frac{dy}{1000} \right) \\ &= 1336,1 \cdot \left(\frac{3,9115}{2} - \frac{183,5}{1000} \right) = 2367,9 \text{ kg} = 23,68 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi Vc = \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot dx) = 0,9 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 183,5) = 138414 \text{ N} = 138,41 \text{ kN}$$

$$0,5\phi Vc = 0,5 \cdot 138,41 \text{ kN} = 69,21 \text{ kN} \geq V_u (23,68 \text{ kN}) \quad OK$$

kekuatan geser pelat mencukupi

- ❖ Tulangan Susut

Untuk tulangan mutu $fy = 400 \text{ MPa}$ maka $\rho_{\min} = 0,002$. (Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang).

$$d_x = d_y - \text{Ø}13 = 183,5 - 13 = 170,5 \text{ mm}$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d_x = 0,002 \cdot 1000 \cdot 170,5 = 306,9 \text{ mm}^2 ; \text{ pakai tulangan } \text{Ø} 13 ; A_d = 132,73 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Jarak tulangan } (s_{\text{perlu}}) = \frac{A_d \cdot b}{A_s} = \frac{132,73 \cdot 1000}{306,9} = 432,49 \text{ mm}.$$

Syarat jarak tulangan (SNI 2847:2013 ps.10.5.4) ;

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

$$s \leq 5 \cdot (210) \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \rightarrow s \leq 1050 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai } s_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{A_d \cdot b}{s_{\text{pakai}}} = \frac{132,73 \cdot 1000}{300} = 442,44 \text{ mm}^2 > (A_{S_{\text{perlu}}}) \text{ OK}$$

Jadi dipakai tulangan susut Ø 13-300 mm

2. Penulangan Pelat Bordes

- Data Perencanaan

fc	= 35 MPa
fy	= 400 MPa
tul.lentur	= 13 mm
tul.geser	= 13 mm
t.tangga	= 210 mm (t.rata-rata)
t.bordes	= 150 mm
decking	= 20 mm
β	= 0,8

- ❖ Tulangan Utama (arah Y)

Momen yang dipakai adalah $M_{u, \text{tump bordes}} = 29100001,52 \text{ Nmm}$

$$d = h - t - \frac{1}{2} \cdot \text{Ø}13 = 150 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 123,5 \text{ mm}$$

Faktor reduksi lentur $\phi = 0.9$ (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1)

$$R_n = \frac{M_y}{\phi \cdot b \cdot d_x^2} = \frac{29100001,52}{0,9 \cdot 1000 \cdot 123,5^2} = 2,12 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,445.2,12}{400}} \right) = 0,0055$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{400} \times \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$= \frac{0,85.35.\beta_1}{400} \times \frac{600}{(600+400)} = 0,0357$$

$$\rho_{\min} = 1,4/fy = 1,4/400 = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,625 \cdot \rho_b = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0055$

- Tulangan Utama

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0055 \cdot 1000 \cdot 123,5 = 679,67 \text{ mm}^2; \text{ pakai tulangan } \emptyset 13; A_d = 132,73 \text{ mm}^2$$

- Jarak tulangan (s_{perlu}) = $\frac{A_d \cdot b}{A_s} = \frac{132,73 \cdot 1000}{679,67} = 195,3 \text{ mm}$

Syarat jarak tulangan (SNI 2847:2013 ps.105.4);

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

$$s \leq 3 \cdot (150) \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \rightarrow s \leq 450 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

dipakai $s_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$

$$\text{Maka } A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{A_d \cdot b}{s_{\text{pakai}}} = \frac{132,73 \cdot 1000}{150} = 884,9 \text{ mm}^2 > (A_{s_{\text{perlu}}}) \text{ OK}$$

Jadi dipakai tulangan $\emptyset 13-150 \text{ mm}$

- Kontrol faktor reduksi,

berdasarkan SNI 2847:2013 ps.9.3, tinggi blok tegangan persegi ekuivalen:

$$a = \frac{A_s \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{884,9 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 1000} = 11,9 \text{ mm}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke bumbu netral

Sesuai SNI 2847:2013 pasal.10.2.7.3, untuk $f'c = 35$, maka harga β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,8$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,9}{0,8} = 14,87 \text{ mm}$$

- Regangan Tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \cdot \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \cdot \left(\frac{123,5}{14,87} - 1 \right) = 0,022 > 0,005 ; \text{ maka pakai } \phi = 0,9$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(dx - \frac{1}{2} \cdot a \right) = 0,9 \cdot 884,9 \cdot 400 \cdot \left(123,5 - \frac{1}{2} \cdot 11,9 \right) = 37446820,25 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u \rightarrow 37446820,25 \text{ Nmm} > 29100001,52 \text{ Nmm} \quad OK$$

- Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 psl. 11.4.6.1

Vu pada jarak d dari tumpuan adalah sebesar:

$$\begin{aligned} V_u &= q_u \cdot \left(\frac{ly}{2} - \frac{dy}{1000} \right) \\ &= 964,8 \cdot \left(\frac{1,45}{2} - \frac{123,5}{1000} \right) = 580,33 \text{ kg} = 5,803 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot dx) \\ &= 0,9 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 123,5) = 93156 \text{ N} = 93,156 \text{ kN} \\ 0,5 \phi V_c &= 0,5 \cdot 93,156 \text{ kN} = 46,58 \text{ kN} \geq V_u (5,803 \text{ kN}) \quad OK \end{aligned}$$

kekuatan geser pelat mencukupi

❖ Tulangan Susut

Untuk tulangan mutu $f_y = 400 \text{ MPa}$ maka $\rho_{\min} = 0,002$. (Ali Asroni, Balok dan Pelat Beton Bertulang).

$$d_x = d_y - \emptyset 13 = 123,5 - 13 = 110,5 \text{ mm}$$

- $A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d_x = 0,002 \cdot 1000 \cdot 110,5 = 270 \text{ mm}^2$; pakai tulangan $\emptyset 13$; $A_d = 132,73 \text{ mm}^2$.

- Jarak tulangan (s_{perlu}) = $\frac{A_d \cdot b}{A_s} = \frac{132,73 \cdot 1000}{270} = 491,6 \text{ mm}$.

- Syarat jarak tulangan (SNI 2847:2013 ps.10.5.4) ; $s \leq 5h$ atau 450 mm

$$s \leq 5 \cdot (150) \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm} \rightarrow s \leq 750 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

dipakai $s_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$

- Maka $A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{A_d \cdot b}{s_{\text{pakai}}} = \frac{132,73 \cdot 1000}{300} = 442,44 \text{ mm}^2 > (A_{s_{\text{perlu}}})$

OK

Jadi dipakai tulangan susut $\emptyset 13-300$ mm

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Tulangan Tangga dan Bordes

Jenis Pelat	Tulangan lentur utama		Tulangan susut	
	D (mm)	S (mm)	D (mm)	S (mm)
Pelat Tangga	13	150	13	300
Pelat Bordes	13	150	13	300

3. Penulangan Balok Bordes

- Data Perencanaan

Data perencanaan balok bordes

b : 350 mm

h : 500 mm

Mutu beton ($f'c$) : 35 Mpa

Mutu baja : 400 Mpa

Tebal decking : 40 mm

Diameter tulangan : 16 mm

Diameter sengkang : 10 mm

Faktor β_1 : untuk $f'c \geq 28$ Mpa = 0,85
 untuk 28 Mpa < $f'c < 56$ Mpa

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35 - 28}{7} = 0,8$$

Pada tugas akhir ini balok anak direncanakan terletak bebas diatas dua tumpuan.

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \cdot Qu \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 2602,44 \cdot 3,25^2 = 3436 \text{ kgm}$$

Momen yang digunakan momen yang terbesar (lapangan)

$$M = 34360331,7 \text{ Nmm}$$

Penulangan Lentur Akibat Pengangkatan

$$d = h - t_d - \text{tul.sengkang} - (0,5 \cdot \text{tul.lentur}) = 442 \text{ mm}$$

$$d' = t_d + \text{tul.sengkang} + (\text{tul.lentur}/2) = 82 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{34360331,7}{0,9 \cdot 350 \cdot 442^2}, \quad \phi = 0,9$$

$$= 0,56 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 0,56}{400}} \right)$$

$$= 0,0014$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{(0,85 \cdot fc \cdot \beta_1)}{fy} \cdot \frac{600}{600 + fy} = \frac{(0,85 \cdot 35 \cdot 0,8)}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0357$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,625 \cdot \rho_{\text{bal}} = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$

• Tulangan Lentur Tarik

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 350 \cdot 442 = 541,45 \text{ mm}^2$$

Syarat A_s minimal:

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{0,25 \sqrt{fc}}{fy} \cdot b \cdot d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \cdot 350 \cdot 442 = 572,01 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{fy} = \frac{1,4 \cdot 350 \cdot 442}{400} = 541,45 \text{ mm}^2$$

Dipakai yang terbesar $A_{s_{\text{perlu}}} = 572,01 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D16, $A_{D16} = 201,06 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{s_{\text{perlu}}} / A_{D16} = 2,84 \approx 3 \text{ buah}$$

maka, $A_{s_{\text{pakai}}} = n \cdot A_{D16} = 603,19 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}}$ OK

• Tulangan Lentur Tekan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur Tarik berdasarkan pasal 21.5.2. SNI 2847-2013.

$$A_{s_{\text{tekan}}} = (1/2) \cdot A_{s_{\text{Tarik}}} = (1/2) \cdot 603,19 = 301,59 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16, $A_{D16} = 201,06 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{s_{\text{perlu}}} / A_{D16} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

- **Kontrol Regangan Tarik**

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot b \cdot fc} = \frac{603,19 \cdot 400}{0,85 \cdot 350 \cdot 35} = 23,17 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \cdot 603,19 \cdot 400 \cdot \left(442 - \frac{23,17}{2} \right) \\ &= 93463102,13 \text{ Nmm} > Mu \end{aligned}$$

OK

- **Cek Penampang**

Jarak dari serat terjauh sumbu netral

$$c = a / \beta_1 = 23,17 / 0,8 = 95,3$$

$$a/d = 23,17 / 442 = 0,21$$

$$c/d = 95,3 / 442 = 0,263 ; a/d < c/d$$

OK

Sehingga digunakan tulangan tarik 3D16

- **Penulangan Geser**

$$\begin{aligned} Vu &= 0,5 \cdot Qu \cdot L = 0,5 \cdot 2602,44 \cdot 3,25 = 4228,96 \text{ kg} \\ &= 42,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Vc &= \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc} \cdot b \cdot d) = 0,75 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 442) \\ &= 11669,02 \text{ kg} = 116,69 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$0,5 \phi Vc = 58,35 \text{ kN} \leq Vu = 42,3 \text{ kN}$$

OK

Geser mencukupi

Dipasang tulangan geser minimum

$$\begin{aligned} \text{Dicoba tulangan sengkang 2 kaki } \emptyset 10, As_{D10} &= 78,54 \text{ mm}^2 \cdot 2 = \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat tulangan minimum (SNI 2847-2013 psl.11.4.6.3):

$$s_2 = d/2 = 442/2 = 221 \text{ mm}$$

$$s_3 = \frac{Av \cdot fy}{0,062 \cdot \sqrt{fc} \cdot b} = \frac{157,08 \cdot 400}{0,062 \cdot \sqrt{35} \cdot 350} = 489,42 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

dipakai $s = 200 \text{ mm}$

Jadi digunakan sengkang $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

Tabel 5. 5 Tulangan Bordes

Jenis Balok		Tulangan Lentur		Tulangan Lentur		Tulangan Geser				Tulangan Geser			
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan				Tumpuan			
		n	D	n	D	Diameter		Jarak		Diameter		Jarak	
Balok Bordes	Tekan	2	16	2	16	D	10	-	200	D	10	-	200
	Tarik	3	16	3	16								

5.2.5 Perhitungan Sambungan Panjang Penyaluran

Agar gaya yang bekerja pada pelat tangga dan pelat bordes dapat tersalurkan satu sama lain dan juga dapat tersalurkan pada balok bordes maka diperlukan adanya sambungan panjang penyaluran. Berikut merupakan perhitungan sambungan panjang penyaluran :

- Panjang penyaluran antar pelat tangga dan pelat bordes

Untuk perhitungan sambungan panjang penyaluran antar pelat tangga dan pelat bordes berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2:

$$d = \left[\left(\frac{fy}{2,1\lambda} \right) \cdot \left(\frac{\psi t \cdot \psi e}{\sqrt{f'c}} \right) \right] \cdot db$$

Dimana parameter yang dibutuhkan diatas ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.4 :

$$\psi t = 1$$

$$\psi e = 1$$

$$db = 13 \text{ mm}$$

$$ld = \left[\left(\frac{400}{1,7(1)} \right) \cdot \left(\frac{(1) \cdot (1)}{\sqrt{35}} \right) \right] \cdot 13 = 418,55 > 300 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tarik $ld = 450 \text{ mm}$

- Panjang penyaluran antar pelat bordes dan balok bordes

Untuk perhitungan sambungan panjang penyaluran antar pelat bordes dengan balok bordes dapat digunakan panjang penyaluran dengan kait standar Perhitungan panjang penyaluran kait standar dalam tarik berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.5 :

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot \psi_e \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) \cdot db$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot (1) \cdot (400)}{(1) \sqrt{35}} \right) \cdot 13 = 210,95 \text{ mm}$$

Dimana nilai diatas tidak boleh kurang dari :

$$8 \cdot db = 8 \cdot (13) = 104 \text{ mm dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 210,95 \text{ mm} > 104 \text{ mm (OK)}$$

$$l_{dh} = 210,95 \text{ mm} > 150 \text{ mm (OK)}$$

Maka digunakan panjang penyaluran 250 mm dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar :

$$12 \cdot db = 12 \cdot (13) = 156 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

5.3 Perencanaan Balok Anak Pracetak

Balok akan direncanakan sebagai balok *half-beam*, dimana tinggi kompositnya adalah 450 mm, tinggi pracetak 320 mm dan *over topping* 130 mm, dengan lebar 350 mm. Peraturan yang digunakan dalam perencanaan yaitu SNI 2847 2013 dan SNI 7833 2012. Tahapan analisa dan perhitungan balok dimulai dari kondisi pengangkatan, kondisi balok sebelum komposit dan kondisi balok komposit. Untuk contoh perhitungan, tipe balok yang akan digunakan adalah tipe BA.1. Adapun data balok anak tipe BA.1 adalah sebagai berikut

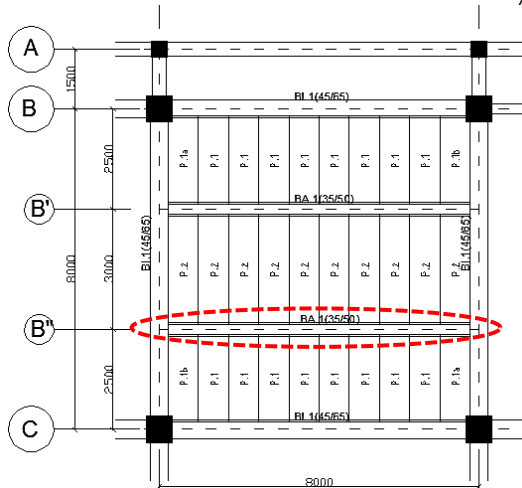
- Tebal pelat pracetak = 80 mm
- Tebal *overtopping* = 50 mm
- Mutu beton (f_c) = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Dimensi balok (BA.1) = 350 mm x 450 mm
- Dimensi blk pracetak = 350 mm x 320 mm (h x b)
- Bentang (L) = 8000 mm
- Tul. Lentur = 19 mm
- Tul. Sengkang = 10 mm
- Selimut beton = 50 mm

- Faktor β_1

= untuk $f'_c \geq 28 \text{ Mpa} = 0,85$
 untuk $28 \text{ Mpa} < f'_c < 56 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35 - 28}{7} = 0,8$$



Gambar 5. 15 Balok Anak yang Ditinjau

5.3.1 Pembebanan Balok Anak (BA.1)

1) Pengangkatan

a. Beban Mati (DL)

$$\text{Beban Balok Pracetak} = 0,32 \times 0,35 \times 2400 = 268,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Kejut Pengangkatan} = 0,5 \times 268,8 = 134 \text{ kg/m}$$

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

$$Q_u = 1,4 \times (403,2) = 564,48 \text{ kg/m}$$

2) Sebelum Komposit

a. Beban Mati (DL)

$$\text{Beban Balok Pracetak} = 0,32 \times 0,35 \times 2400 = 268,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Plat Pracetak} = \left(\left(\frac{1}{2} \cdot Q_p \cdot l_{x1} \right) \right) + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot Q_p \cdot l_{x2} \right) \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 192.2,75 \right) \right) + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 192.2,2 \right) \right) \\
 &= 475,2 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban Overtopping} &= \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 120.2,75 \right) \right) + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 120.2,2 \right) \right) \\
 &= 297 \text{ kg/m} \\
 \text{DL} &= 1041 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup (LL)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Pekerja} &= \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 100.2,75 \right) \right) + \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 100.2,2 \right) \right) \\
 \text{LL} &= 247,5 \text{ kg/m} \\
 \text{Qu} &= 1,2 \cdot (1041) + 1,6 \cdot (247,5) = 1645,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

3) Setelah Komposit

a. Beban Mati (DL)

$$\text{Beban Balok} = 0,45 \times 0,35 \times 2400 = 378 \text{ kg/m}$$

Beban Plat Pracetak

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{1}{2} q l x \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{l x}{l y} \right)^2 \right) \right) + \left(\frac{1}{2} q l x \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{l x}{l y} \right)^2 \right) \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \cdot 415.3 \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{8} \right)^2 \right) \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 415.2,5 \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{2,5}{8} \right)^2 \right) \right) \\
 &= 1124,77 \text{ kg/m} \\
 \text{DL} &= 1502,77 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup (LL)

Beban Hidup Rumah Sakit

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{1}{2} q l x \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{l x}{l y} \right)^2 \right) \right) + \left(\frac{1}{2} q l x \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{l x}{l y} \right)^2 \right) \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \cdot 287. 3 \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{8} \right)^2 \right) \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 287.2,5 \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{2,5}{8} \right)^2 \right) \right)
 \end{aligned}$$

$$\text{LL} = 777,946 \text{ kg/m}$$

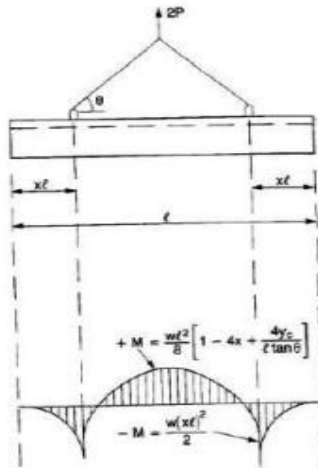
$$\text{Qu} = 1,2 \cdot (1502,77) + 1,6 \cdot (777,946) = 1645,2 \text{ kg/m}$$

5.3.2 Penulangan Balok Anak Pracetak

1) Kondisi Saat Pengangkatan

Pengangkatan pelat pracetak pada tugas akhir ini menggunakan 2 buah tulangan angkat sesuai dengan PCI Design Handbook 7th edition, namun dalam perhitungan hanya akan diambil momen yang terbesar.

- **Momen Yang Terjadi**



Gambar 5. 16 Momen saat Pengangkatan

$$Y_t = h_{\text{pracetak}}/2$$

$$= 320/2 = 160 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_t + 50$$

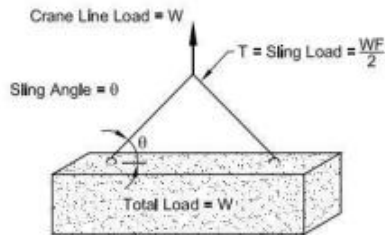
$$= 210 \text{ mm}$$

$$M_+ = \frac{Qu \cdot l^2}{8} \left[1 - 4x + \frac{4Y_c}{L \cdot \text{tg} \theta} \right]$$

$$= \frac{5,64 \cdot 8000^2}{8} \left[1 - 4,0,224 + \frac{4 \cdot 210}{8000 \cdot \text{tg}(60^\circ)} \right]$$

$$= 19504511,65 \text{ Nmm}$$

$$M_- = \frac{Qu \cdot x \cdot l^2}{2} = \frac{5,64 \cdot 0,224 \cdot 8000^2}{2} = 9066917,838 \text{ Nmm}$$



Gambar 5. 17 Sudut Kemiringan Slink

Sudut pengangkatan yang digunakan adalah 60° , maka mendapatkan faktor slink (F) = 1,16

$$x = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L.tg\theta}}{2\left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_c}\left(1 + \frac{4Y_c}{L.tg\theta}\right)}\right)} = \frac{1 + \frac{4.210}{8000.tg(60^\circ)}}{2\left(1 + \sqrt{1 + \frac{160}{210}\left(1 + \frac{4.210}{8000.tg(60^\circ)}\right)}\right)}$$

$$= 0,224$$

Momen yang digunakan momen yang terbesar

$$M+ = 19504511,65 \text{ Nmm} = M_u$$

- **Tulangan Lentur Akibat Pengangkatan**

$$d = h - t_d - \text{tul.sengkan} - (0,5.\text{tul.lentur}) = 250,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi.b.d^2} = \frac{19504511,65}{0,9.350.250,5^2}, \quad \phi = 0,9$$

$$= 0,987 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85.f_c} = \frac{400}{0,85.35} = 13,445$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.R_n}{f_y}}\right) = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.13,445.0,987}{400}}\right)$$

$$= 0,0025$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{(0,85.f_c.\beta_1)}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{(0,85.35.0,8)}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0357$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,625\rho_{\text{bal}} = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$

Tulangan Lentur Tarik

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 350 \cdot 250,5 = 306,86 \text{ mm}^2$$

Syarat A_s minimal:

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \cdot 350 \cdot 250,5 = 324,18 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \cdot 350 \cdot 250,5}{400} = 306,86 \text{ mm}^2$$

Dipakai yang terbesar $A_{s_{\text{perlu}}} = 324,18 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D19, $A_{D19} = 283,53 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{s_{\text{perlu}}} / A_{D19} = 1,14 \approx 2 \text{ buah}$$

maka, $A_{s_{\text{pakai}}} = n \cdot A_{D19} = 567,06 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} \quad OK$

Tulangan Lentur Tekan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur Tarik berdasarkan pasal 21.5.2. SNI 2847-2013.

$$A_{s_{\text{tekan}}} = (1/2) \cdot A_{s_{\text{tarik}}} = (1/2) \cdot 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19, $A_{D19} = 283,53 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{s_{\text{perlu}}} / A_{D19} = 1 \approx 2 \text{ buah}$$

• Kontrol Kekuatan

$$\rho_{\text{min}} = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{567,06}{350 \cdot 250,5} = 0,0065 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot b \cdot f_c} = \frac{567,06 \cdot 400}{0,85 \cdot 350 \cdot 35} = 21,78 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,9 \cdot 567,06 \cdot 400 \cdot \left(250,5 - \frac{21,78}{2} \right) \\ &= 48913771,1 \text{ Nmm} > M_u = 19504511,65 \quad OK \end{aligned}$$

• Cek Penampang

Jarak dari serat terjauh sumbu netral

$$c = a/0,8 = 21,78/0,8 = 27,78$$

$$a/d = 21,78/250,5 = 0,087$$

$$c/d = 27,78/250,5 = 0,109 \quad ; a/d < c/d \quad OK$$

Sehingga digunakan tulangan tarik 2D19

• Penulangan Geser

$V_u = 0,5 \cdot Q_u \cdot L = 0,5 \cdot 564,482 \cdot 8 = 2257,92 \text{ kg} = 22,58 \text{ kN}$
 Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$\phi V_c = \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d) = 0,75 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 250,5) \\ = 6613,33 \text{ kg} = 66,133 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c = 33,07 \text{ kN} \geq V_u = 22,6 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Tidak butuh tulangan geser

• Perhitungan Tulangan Angkat

Tul. Angkur rencana = 13 mm

Jmlh. Angkur (n) = 2 buah

Faktor sling (60°) = 1,16 (sumber PCI)

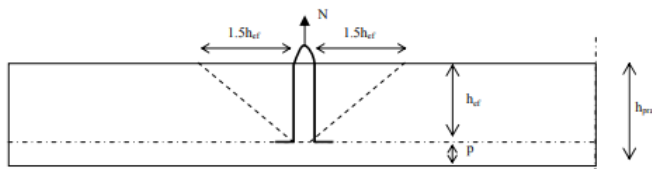
Faktor kejut (F) = 1,5

Beban yang bekerja adalah sebagai berikut

$Q_u = 564,48 \text{ kg/m}$

$W = Q_u \cdot L = 564,48 \text{ kg/m} \times 8 = 4515,84 \text{ kg}$

Untuk angkur digunakan tulangan baja polos yang dibengkokkan bagian ujungnya seperti yang terlihat pada sketsa gambar dibawah ini.



Gambar 5. 18 Kedalaman Angkur Tulangan Angkat

Gaya tarik nominal yang bekerja pada angkur harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2013 lampiran D sebagai berikut :

$$N_n \leq N_{sa}$$

$$N_{sa} = A_{se} \times f_{uta}$$

Dimana:

N_n = gaya tarik pada angkur (N)

N_{sa} = kekuatan baja angkur (N)

n = jumlah angkur

A_{se} = luas tulangan angkur

f_{uta} = kekuatan tarik angkur baja (Mpa)

f_y = kekuatan leleh tarik angkur baja (Mpa)

Beban yang diterima 2 titik angkat

$$N_n = W/n = \frac{4515,84}{2} = 2257,92 \text{ kg} = 22579,2 \text{ N}$$

Tegangan izin dasar pada baja menggunakan perhitungan $2/3 f_y$

$$f_{uta} = (2/3) \cdot 400 = 266,67 \text{ MPa}$$

Tapi tidak boleh melebihi

$$f_{uta} = 1,6 \cdot f_y = 1,6 \cdot 400 = 640 \text{ MPa}$$

$$f_{uta} = 860 \text{ MPa}$$

Sehingga dipilih F_{uta} terkecil = 266,67 MPa

$$N_{sa} = A_{se(\phi 13)} \cdot f_{uta} = 132,73 \text{ mm}^2 \times 266,67 \text{ MPa} \\ = 35395 \text{ N} > N_n$$

OK

Jadi digunakan diameter tulangan angkat $\phi 13$ mm. Kedalaman angkur dalam beton sebagai pencegahan dalam keadaan tarik dengan persamaan berikut.

$$h_{eff} = \sqrt[3]{\left(\frac{N_n}{k_c \sqrt{f'c}}\right)^2}$$

Dimana:

h_{eff} = tinggi efektif atau kedalaman angkur (mm)

k_c = koefisien untuk kuat jebol (*breakout*) beton dasar dalam kondisi tarik (10) untuk *cast in anchor*

$$h_{eff} = \sqrt[3]{\left(\frac{22579,2}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 52,62 \text{ mm} \approx 60 \text{ mm}$$

Menurut PCI, panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat terjadi jebol. Dipilih yang terbesar dari:

$$d_e = 1,5 \cdot h_{eff} = 90 \text{ mm}$$

maka digunakan $d_e = 90 \text{ mm}$

Mencari letak titik angkat pengangkatan

$x = 0,224$ (dari perhitungan sebelumnya)

$$\text{Letak titik angkat} = x \times L = 0,224 \times 8 = 1,79 = 1,8 \text{ m}$$

- **Kontrol lendutan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 bila dimensi balok yang digunakan melebihi batas minimum dimensi balok, maka kontrol lendutan tidak perlu dilakukan. Kontrol lendutan ini dimaksudkan agar perencana mengetahui perilaku dari plat lantai ini.

Momen tak terfaktor saat lendutan terjadi

$$M_a = 19504511,65 \text{ Nmm}$$

Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{350(320)^3}{12} = 955733333 \text{ mm}^4$$

Modulus hancur beton

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_c} = 0,62(1)\sqrt{35} = 3,668 \text{ Mpa}$$

Jarak dari sumbu netral penampang ke sisi tarik

$$Y_t = \frac{320}{2} = 160 \text{ mm}$$

Momen retak

$$M_{cr} = \frac{f_r x I_g}{Y_t} = \frac{3,668 \times 955733333}{160} = 20553405,9 \text{ Nmm}$$

Periksa apakah terjadi retak

$$\frac{M_{cr}}{M_a} > 1$$

$$\frac{20553405,9 \text{ Nmm}}{19504511,65 \text{ Nmm}} > 1$$

1,054 > 1 (*tidak terjadi retak*)

Sehingga momen inersia yang digunakan untuk menghitung lendutan adalah momen inersia bruto

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang beton

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ Mpa}$$

Lendutan sesaat

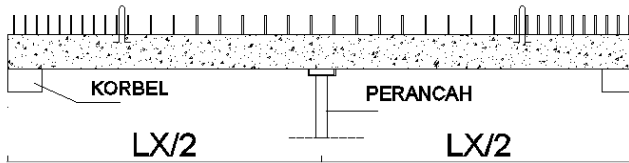
$$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5(4,03)(8000)^4}{384(27806)(955733333)} = 8,092 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 batasan lendutan untuk balok adalah :

$$\Delta_{ijin} = \frac{l}{240} = \frac{8000}{240} = 33,3 \text{ mm} > 8,092 \text{ mm (OK)}$$

2) Kondisi Sebelum Komposit

Pada pelaksanaannya, balok anak direncanakan akan diberi perancah sebagai tumpuan ditengah, karena balok belum mencapai h_{min} nya, maka 1 balok menjadi $\frac{1}{2}$ kalinya. Momen yang terjadi pada balok sebelum komposit adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 19 Perancah Ditengah Bentang Balok

$$M_{lapangan} = \frac{1}{8} \cdot Qu \cdot \frac{l^2}{2} = \frac{1}{8} \cdot 1645,2 \cdot \frac{8^2}{2} = 3290,4 \text{ kgm}$$

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{14} \cdot Qu \cdot \frac{l^2}{2} = \frac{1}{14} \cdot 1645,2 \cdot \frac{8^2}{2} = 1880,23 \text{ kgm}$$

Momen yang digunakan momen yang terbesar, $M = 32904000$ Nmm

Penulangan Lentur Akibat Pengangkatan

$$d = h - t_d - \text{tul.sengkang} - (0,5 \cdot \text{tul.lentur}) = 250,5 \text{ mm}$$

$$d' = t_d + \text{tul.sengkang} + (\text{tul.lentur}/2) = 69,5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{32904000}{0,9 \cdot 350 \cdot 250,5^2} \quad \phi = 0,9$$

$$= 1,66 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,66}{400}} \right)$$

$$= 0,0043$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1)}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{(0,85 \cdot 35 \cdot 0,8)}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,0357$$

$$\rho_{\max} = 0,625 \rho_{\text{bal}} = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$, maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,0043$

Tulangan Lentur Tarik

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0043 \cdot 350 \cdot 250,5 = 375.693 \text{ mm}^2$$

Syarat As minimal:

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \cdot 350 \cdot 250,5 = 324,18 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \cdot 350 \cdot 250,5}{400} = 306,86 \text{ mm}^2$$

Dipakai yang terbesar $A_{S_{\text{perlu}}} = 375.693 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D19, $A_{D19} = 283,53 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{S_{\text{perlu}}} / A_{D19} = 1,14 \approx 2 \text{ buah}$$

maka, $A_{S_{\text{pakai}}} = n \cdot A_{D19} = 567,06 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}}$

OK

Tulangan Lentur Tekan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur Tarik berdasarkan pasal 21.5.2. SNI 2847-2013.

$$A_{S_{\text{tekan}}} = (1/2) \cdot A_{S_{\text{tarik}}} = (1/2) \cdot 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19, $A_{D19} = 283,53 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{S_{\text{perlu}}} / A_{D19} = 1 \approx 2 \text{ buah}$$

Kontrol Regangan Tarik

$$\rho_{\min} = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{567,06}{350 \cdot 250,5} = 0,0065 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot b \cdot f_c} = \frac{567,06 \cdot 400}{0,85 \cdot 350 \cdot 35} = 21,78 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,9 \cdot 567,06 \cdot 400 \cdot \left(250,5 - \frac{21,78}{2} \right)$$

$$= 48913771,1 \text{ Nmm} > M_u = 19504511,65$$

OK

Cek Penampang

Jarak dari serat terjauh sumbu netral

$$c = a/\beta_1 = 21,78/0,8 = 27,78$$

$$a/d = 21,78/250,5 = 0,087$$

$$c/d = 27,78/250,5 = 0,109 \quad ; a/d < c/d \quad \text{OK}$$

Sehingga digunakan tulangan tarik 2D19

Penulangan Geser

$$V_u = 0,5 \cdot Q_u \cdot L = 0,5 \cdot 1645,2 \cdot 8 = 6580,8 \text{ kg} = 65,8 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d) = 0,75 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 250,5) \\ = 6613,33 \text{ kg} = 66,133 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c = 33,07 \text{ kN} \leq V_u = 65,8 \text{ kN} \quad \text{TDK OK}$$

Cek Kondisi 2

$$V_{c1} = 0,333 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 0,333 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 250,5 \\ = 172,73 \text{ kN}$$

$$V_{c2} = 0,66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 0,66 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 250,5 \\ = 342,34 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{(\phi V_c - V_u)}{\phi} = \frac{(66,13 - 65,8)}{0,75} = 1,55 \text{ kN}$$

Dipasang tulangan geser minimum

$$\text{Dicoba tulangan sengkang 2 kaki } \emptyset 10, A_{sD10} = 78,54 \text{ mm}^2 \cdot 2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Syarat tulangan minimum (SNI 2847-2013 psl.11.4.6.3):

$$s_2 = d/2 = 250,5/2 = 125,5 \text{ mm}$$

$$s_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b} = \frac{157,08 \cdot 400}{0,062 \cdot \sqrt{35} \cdot 350} = 489,42 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

dipakai $s = 120 \text{ mm}$

Jadi digunakan sengkang $\emptyset 10-120 \text{ mm}$

Kontrol Tegangan

Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja.

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 320^3 = 955733333 \text{ mm}^4$$

Momen yang terjadi akibat kondisi layan.

$$M_a = MD + ML$$

$$= \frac{1}{8} \cdot qD \cdot l^2 + \frac{1}{8} \cdot qL \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 1041 \cdot l^2 + \frac{1}{8} \cdot 247,5 \cdot l^2$$

$$= 2577 \text{ kgm} = 25770000 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot c}{I} + \frac{V \cdot u}{A} = \frac{25770000 \cdot 27,23}{95573333} + \frac{65,8}{320.350} = 0,748 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0.62 \sqrt{f'c} = 0.62 \sqrt{35} = 3,67 \text{ MPa} > \sigma_{\max} \quad \text{OK}$$

Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.3

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot x \cdot I}{y_t} = \frac{3,67 \cdot 95573333}{160} = 128742037 \text{ Nmm}$$

$$= 128,742 \text{ kNm} \geq M_a = 25,77 \quad \text{OK}$$

Kontrol Lendutan

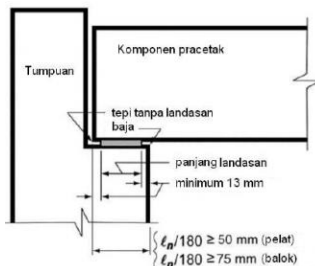
$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{35} = 27805,57 \text{ Mpa}$$

$$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5(1041)(8000)^4}{384(27806)(95573333)} = 20,892 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 batasan lendutan untuk balok adalah:

$$\Delta_{ijin} = \frac{l}{240} = \frac{4000}{240} = 33,3 \text{ mm} > 20,89 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Tumpuan Pelat Pada Balok



Gambar 5. 20 Tumpuan Pelat pada Balok

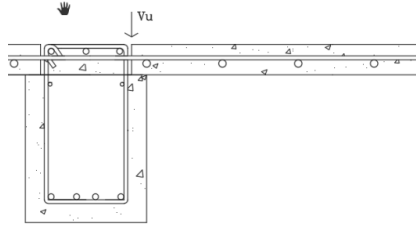
Berdasarkan SNI 7833:2012 gambar R4.6.2

$$\text{Panjang landasan untuk pelat} = \frac{ln}{180} \geq 50 \text{ mm}$$

$$= \frac{2750}{180} = 15,28 \leq 50 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang landasan 50 mm

SNI 7833:2012 psl.4.6.2.2



Gambar 5. 21 Vu pada Tumpuan Pelat-Balok

Perletakan = 5 cm

Data perencanaan:

f_{ci} (14 hari) = $0,88 \cdot f_c = 30,8 \text{ MPa}$

p (panjang tumpuan) = 755 mm

l (lebar tumpuan) = 50 mm

A (luas tumpuan) = $755 \times 50 = 37750 \text{ mm}^2$

V_u = 7054,08 N

Kekuatan tumpu beton tidak boleh melebihi

$$V_n = \phi \times 0,85 \times f_c \times A = 0,65 \times 0,85 \times 30,8 \times 37750 = 642391,75 \text{ N} > V_u$$

OK

Kontrol tegangan beton pada tumpuan

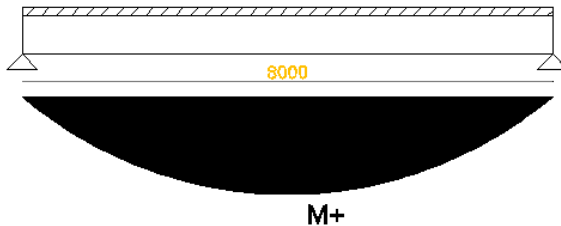
$$F_r = 0,62 \cdot \sqrt{f_{ci}} = 0,62 \cdot \sqrt{30,8} = 3,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{V_u}{A} = \frac{7054,08}{37750} = 0,18686 < F_r$$

OK

3) Kondisi Setelah Komposit

Pada tugas akhir ini balok anak direncanakan terletak bebas diatas dua tumpuan. Berikut merupakan ilustrasi momen yang terjadi:



Gambar 5. 22 Diagram Balok Setelah Komposit

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \cdot Qu \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3030,69 \cdot 8^2 = 24245,5 \text{ kgm}$$

Momen yang digunakan momen yang terbesar,

$$M = 242455020,83 \text{ Nmm}$$

Penulangan Lentur Akibat Pengangkatan

$$d = h - t_d - \text{tul.sengkan} - (0,5 \cdot \text{tul.lentur}) = 380,5 \text{ mm}$$

$$d' = t_d + \text{tul.sengkan} + (\text{tul.lentur}/2) = 69,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{242455020,83}{0,9 \cdot 350 \cdot 380,5^2}, \quad \phi = 0,9$$

$$= 5,316 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{fy}} \right) = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 5,316}{400}} \right)$$

$$= 0,0147$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{(0,85 \cdot fc \cdot \beta_1)}{fy} \cdot \frac{600}{600 + fy} = \frac{(0,85 \cdot 35 \cdot 0,8)}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,0357$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,625 \cdot \rho_{\text{bal}} = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$, maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,01475$

Tulangan Lentur Tarik

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,01475 \cdot 350 \cdot 380,5 = 1964,9 \text{ mm}^2$$

Syarat A_s minimal:

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} \cdot 350 \cdot 380,5 = 492,42 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \cdot 350 \cdot 380,5}{400} = 466,11 \text{ mm}^2$$

Dipakai yang terbesar $A_{S_{\text{perlu}}} = 1964,9 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D19, $A_{D19} = 283,53 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{S_{\text{perlu}}} / A_{D19} = 6,93 \approx 7 \text{ buah}$$

maka, $A_{S_{\text{pakai}}} = n \cdot A_{D19} = 1984,7 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}}$ OK

Tulangan Lentur Tekan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur Tarik berdasarkan pasal 21.5.2. SNI 2847-2013.

$$A_{S_{\text{tekan}}} = (1/2) \cdot A_{S_{\text{Tarik}}} = (1/2) \cdot 1984,7 = 992,35 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D19**, $A_{D19} = 283,53 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{S_{\text{perlu}}} / A_{D19} = 3,5 \approx \mathbf{4 \text{ buah}}$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$(s) = \frac{b - (2(\text{decking})) - (2(\text{øsengkang})) - (n(\text{ølentur}))}{n - 1}$$

$$(s) = \frac{350 - (2(50)) - (2(10)) - (7(19))}{7 - 1}$$

$$(s) = 16,167 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad \text{TDK OK}$$

Perlu di pasang dua baris, dicoba dipasang 5 diatas dan menyisakan 2 dibawah .

$$(s) = \frac{350 - (2(50)) - (2(10)) - (5(19))}{7 - 1}$$

$$(s) = 33,75 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$d = 450 - 50 - 13 - 19 - \left(\frac{2}{7} \cdot 19\right) = 362,57 \text{ mm}$$

Kontrol Regangan Tarik

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot b \cdot f_c} = \frac{1984,7 \cdot 400}{0,85 \cdot 350 \cdot 35} = 76,24 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9 \cdot 1984,7 \cdot 400 \cdot \left(362,57 - \frac{21,78}{2}\right)$$

$$= 231815985,3 \text{ Nmm} > Mu \quad \text{OK}$$

Cek Penampang

Jarak dari serat terjauh sumbu netral

$$c = a / \beta_1 = 76,24 / 0,8 = 95,3$$

$$a/d = 76,24 / 362,57 = 0,21$$

$$c/d = 95,3 / 362,57 = 0,263 ; a/d < c/d$$

OK

Sehingga digunakan tulangan tarik 7D19

Penulangan Geser

$$V_u = 0,5 \cdot Q_u \cdot L = 0,5 \cdot 3030,688 \cdot 8 = 12122,75 \text{ kg} \\ = 121,2 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d) \\ = 0,75 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 362,57) \\ = 10045,39 \text{ kg} = 100,45 \text{ kN}$$

$$0,5 \phi V_c = 50,23 \text{ kN} \leq V_u = 65,8 \text{ kN}$$

TDK OK

Cek Kondisi 2

$$V_{c1} = 0,333 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 0,333 \cdot \sqrt{35} \cdot 350 \cdot 362,57 \\ = 262,36 \text{ kN} > V_u$$

OK

Dipasang tulangan geser minimum

$$\text{Dicoba tulangan sengkang 2 kaki } \emptyset 10, A_{SD10} = 78,54 \text{ mm}^2 \cdot 2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Syarat tulangan minimum (SNI 2847-2013 psl.11.4.6.3):

$$s_2 = d/2 = 362,57/2 = 181,25 \text{ mm}$$

$$s_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b} = \frac{157,08 \cdot 400}{0,062 \cdot \sqrt{35} \cdot 350} = 489,42 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

dipakai $s = 120 \text{ mm}$

Jadi digunakan sengkang $\emptyset 10 - 120 \text{ mm}$

Kontrol Tegangan

Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja.

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 450^3 = 2657812500 \text{ mm}^4$$

Momen yang terjadi akibat kondisi layan.

$$M_a = MD + ML$$

$$= \frac{1}{8} \cdot qD \cdot l^2 + \frac{1}{8} \cdot qL \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 1502,77 \cdot l^2 + \frac{1}{8} \cdot 767,103 \cdot l^2$$

$$= 7671 \text{ kgm} = 76710200 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot c}{I} + \frac{V \cdot u}{A} = \frac{76710200 \cdot 27,78}{2657812500} + \frac{121,2}{450,350} = 2,75 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f'c} = 0,62 \sqrt{35} = 3,67 \text{ MPa} > \sigma_{\max} \quad \text{OK}$$

Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.3

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{y_t} = \frac{3,67 \times 2657812500}{225} = 102291592 \text{ Nmm}$$

$$= 102,292 \text{ kNm} \geq M_a = 76,71 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Lendutan

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{35} = 27805,57 \text{ Mpa}$$

$$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5(22,074)(8000)^4}{384(27806)(1829066667)} = 21,872 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 batasan lendutan untuk balok adalah:

$$\Delta_{ijin} = \frac{l}{240} = \frac{8000}{240} = 33,3 \text{ mm} > 21,872 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

5.4 Perencanaan Balok Lift

Balok lift yang dimaksud adalah balok penggantung di ruang mesin lift yang menahan beban *lift-car*. Adapun data perencanaannya sebagai berikut

5.4.1 Data Perencanaan

Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data data spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe lift : BED ELEVATORS General Type (2SD)
- Kapasitas : 1150 kg
- Car size

CA x CB : 1500 mm x 2300 mm

- Beban reaksi ruang mesin
R1 : 11500 kg
R2 : 9500 kg
- l (balok lift): 2750 mm
- Dimensi : 30 x 45 cm

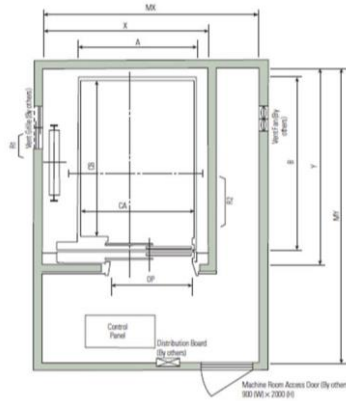
Untuk lebih detailnya, berikut spesifikasi lift yang dipakai dalam perhitungan ini

Tabel 5. 6 Overhead & Pit Depth

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
0.75	4300	1300	2400
1.0	4400	1400	
1.5	4600	1600	
1.75	4700	1800	

Tabel 5. 7 Standard Dimensions & Reactions

Type	Model	Clear Opening OP	Car		Hoistway X×Y	M/C Room MX×MY	Hitch Beam Reaction (kg)	
			Internal CA×CB	External A×B			R1	R2
Standard Type	B1350-25	1100	1300×2300	1400×2507	2200×2850	2300×3500	10500	8500
	B1600-25	1200	1500×2300	1600×2507	2400×2850	2750×4000	11500	9500
	B1750-25	1200	1600×2300	1700×2507	2500×2850	2850×4000		
Double Entrance Type	B1350-25D	1100	1300×2300	1400×2634	2300×3000	2300×3500	10500	8500
	B1600-25D	1200	1500×2300	1600×2634	2500×3000	2750×4000	11500	9500
	B1750-25D	1200	1600×2300	1700×2634	2600×3000	2850×4000		



Gambar 5. 23 Detail Lift

5.4.2 Perhitungan Pembebanan Balok Penggantung Lift

Beban yang terjadi pada balok penggantung lift adalah 2 beban terpusat sesuai dengan yang tertera dispesifikasi diatas

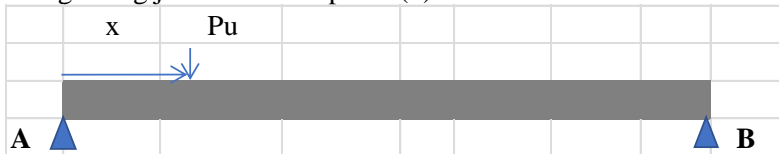
$$KLL = 150\%$$

$$Ra = R1 \times KLL = 11500 \times 150\% = 17250 \text{ kg}$$

$$Rb = R2 \times KLL = 9500 \times 150\% = 14250 \text{ kg}$$

Diambil beban terpusat yang terbesar (Ra)

Menghitung jarak beban terpusat (x)



Gambar 5. 24 Jarak Pu (x) pada Balok Lift

$$\Sigma Mb = 0$$

$$0 = 2,75 \times 17250 - Pu \cdot x$$

$$Pu = \frac{47438}{x}$$

$$\Sigma Ma = 0$$

$$0 = 2,75 \times 14250 - Pu \cdot (2,75 - x)$$

$$0 = 39188 - \frac{47438}{x} \cdot (2,75 - x)$$

$$0 = 39188 - \frac{130453}{x} + 47438$$

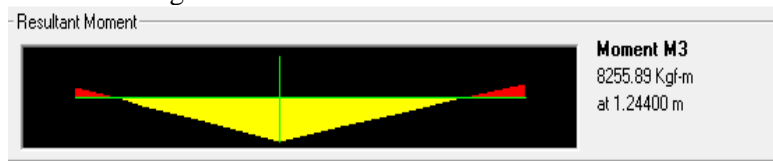
$$0 = 86625 - \frac{130453}{x}, \quad x = 1,506 \text{ m}$$

$$Pu = \frac{47438}{1,506} = 31500 \text{ kg}$$

Direncanakan balok penumpu sebanyak dua buah balok sejajar maka beban P_u terhadap balok menjadi $\frac{P_u}{2} = \frac{31500}{2} = 15750 \text{ kg}$
Kemudian beban terpusat P_u dimasukkan ke SAP2000

5.4.3 Penulangan Balok Lift

Momen yang dipakai menggunakan data momen dari aplikasi SAP2000 dengan beban R1 Lift.



Gambar 5. 25 Momen Balok Lift (SAP2000)

$$M_u = 8255,89 \text{ kgm}$$

Momen yang digunakan momen yang terbesar,

$$M = 82558900 \text{ Nmm}$$

Penulangan Lentur Akibat Pengangkatan

$$d = h - t_d - \text{tul.sengkang} - (0,5 \cdot \text{tul.lentur}) = 392 \text{ mm}$$

$$d' = t_d + \text{tul.sengkang} + (\text{tul.lentur}/2) = 58 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{82558900}{0,9 \cdot 300 \cdot 392^2}, \quad \phi = 0,9$$

$$= 1,99 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 13,445$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,445 \cdot 1,99}{400}} \right) = 0,0052$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1)}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{(0,85 \cdot 35 \cdot 0,8)}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0357$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,625 \cdot \rho_{\text{bal}} = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$, maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,052$

Tulangan Lentur Tarik

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,052 \cdot 300 \cdot 392 = 606,02 \text{ mm}^2$$

Syarat A_s minimal:

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f_c}}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{0,25 \cdot \sqrt{35}}{400} \cdot 300 \cdot 392 = 434,83 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \cdot 300 \cdot 392}{400} = 411,6 \text{ mm}^2$$

Dipakai yang terbesar $A_{s_{\text{perlu}}} = 606,02 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D16, $A_{D16} = 201,06 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{s_{\text{perlu}}} / A_{D16} = 3,1 \approx 4 \text{ buah}$$

maka, $A_{s_{\text{pakai}}} = n \cdot A_{D16} = 804,25 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}}$ OK

Tulangan Lentur Tekan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur Tarik berdasarkan pasal 21.5.2. SNI 2847-2013.

$$A_{s_{\text{tekan}}} = (1/2) \cdot A_{s_{\text{tarik}}} = (1/2) \cdot 804,25 = 402,12 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16, $A_{D16} = 402,12 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{s_{\text{perlu}}} / A_{D16} = 804,25 / 402,12 = 2 \text{ buah}$$

Kontrol Regangan Tarik

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot b \cdot f_c} = \frac{804,25 \cdot 400}{0,85 \cdot 300 \cdot 35} = 36,04 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,9 \cdot 804,25 \cdot 400 \cdot \left(392 - \frac{36,04}{2} \right) \\ &= 99756595,9 \text{ Nmm} > M_u \end{aligned} \quad \text{OK}$$

Cek Penampang

Jarak dari serat terjauh sumbu netral

$$c = a / \beta_1 = 36,04 / 0,8 = 45,06$$

$$a/d = 36,04 / 392 = 0,099$$

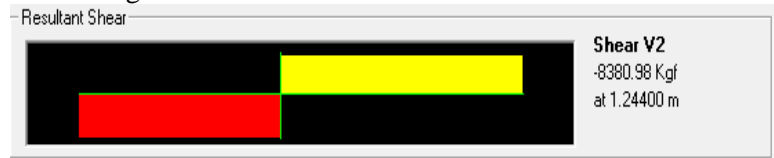
$$c/d = 45,06 / 392 = 0,124 ; a/d < c/d$$

OK

Sehingga digunakan tulangan tarik 4D16

Penulangan Geser

Kekuatan geser balok lift diambil dari analisa SAP2000



Gambar 5. 26 Gaya Geser Balok Lift (SAP2000)

$$V_u = 8380,98 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = \phi \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d)$$

$$= 0,75 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 250 \cdot 392)$$

$$= 8380,98 \text{ kg} = 88,71 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c = 44,35 \text{ kN} \leq V_u = 88,71 \text{ kN}$$

OK

Cek syarat geser kondisi 2

Dipasang tulangan geser minimum

Dicoba tulangan sengkang 2 kaki $\phi 10$

$$A_{SD10} = 78,54 \text{ mm}^2 \cdot 2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Syarat tulangan minimum (SNI 2847-2013 psl.11.4.6.3):

$$s_2 = d/2 = 392/2 = 196 \text{ mm}$$

$$s_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b} = \frac{157,08 \cdot 400}{0,062 \cdot \sqrt{35} \cdot 300} = 571 \text{ mm}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

dipakai $s = 150 \text{ mm}$

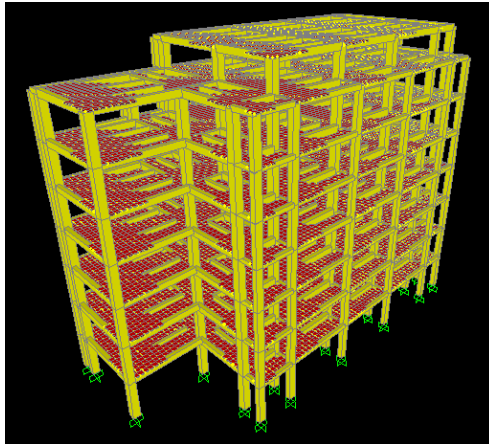
Jadi digunakan sengkang $\phi 10 - 150 \text{ mm}$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

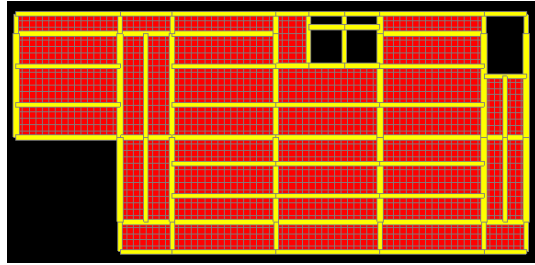
BAB VI PERMODELAN

6.1 Umum

Pada tugas akhir ini direncanakan struktur gedung rumah sakit yang memiliki 8 lantai dengan ketinggian 32,4. Permodelan stuktur gedung ini menggunakan aplikasi SAP2000 dan persyaratan SNI 1726-2012 (gempa),SNI 1727-2013 (beban minimum) dan juga PPIUG 1983 (beban minimum). Dalam pemodelan ini, elemen struktural yang dimodelkan adalah kolom, balok dan pelat. Dari analisa aplikasi SAP2000 nantinya akan didapatkan gaya-gaya dalam yang digunakan untuk perhitungan struktur dan dari analisa SAP2000 digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada.



Gambar 6. 1 Permodelan 3D dari Gedung yang Ditinjau



Gambar 6. 2 Tampak Atas Gedung yang Ditinjau

6.2 Pembebanan

Struktur gedung akan menerima beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin berikut merupakan beban-beban yang bekerja pada struktur :

6.3.1 Beban Mati

1. Beban Mati Struktur

Beban mati struktur merupakan berat sendiri bangunan yang memiliki fungsi struktural untuk menahan beban. Beban mati struktur yang diperhitungkan adalah beban struktur beton bertulang, yaitu sebesar 2400 kg/m^3 .

2. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan merupakan berat elemen nonstruktural yang secara permanen membebani struktur.

- Beban keramik (1 cm) = 24 Kg/m^2 (PPIUG 1983)
- Beban spesi (2cm) = 42 Kg/m^2 (PPIUG 1983)
- Beban plafond+penggantung = 18 kg/m^2 (PPIUG 1983)
- Beban Ducting ME = 19 kg/m^2 (ASCE 7-2002)
- Beban Dinding lt.1-lt.7 = $120 \text{ kg/m}^2 \times 4,2 \text{ m} = 504 \text{ kg/m}$ (PPIUG 1983)
- Beban Dinding lt.8 = $120 \text{ kg/m}^2 \times 3,05 \text{ m} = 366 \text{ kg/m}$ (PPIUG 1983)

6.3.2 Beban Hidup

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

- Beban hidup lantai rumah sakit = 287 kg/m²

Menurut SNI 1727-2013 Pasal 4.7.2 komponen struktur yang memiliki KLL.AT adalah 37,16 m² atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi dengan rumus berikut:

$$L = L_o \cdot \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{KLL \cdot AT}} \right)$$

Dimana :

KLL = 1 (untuk pelat satu arah)

AT = 3 x 8 = 24 m² (Luas tributary area)

KLL x AT = 1 x 24 = 24 m² < 37,16 m²

Maka beban tidak direduksi

- Beban hidup tangga = 300 kg/m² (PPIUG 1983)
- Beban air hujan

Beban air hujan dapat ditentukan berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 8.3, perhitungan beban hujan sebagai berikut :

$$R = 0,0098 (ds + dH)$$

Dimana :

ds = 10 mm (tinggi statis)

dH = 20 mm (tinggi hidrolis)

$$R = 0,0098 (10 + 20) = 0,294 \text{ kN/m}^2 = 29,4 \text{ Kg/m}^2$$

6.3.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin sesuai dengan SNI 03-1727-2013. Beban angin dinding maksimum dan minimum yang terjadi akan didistribusikan pada kolom.



Gambar 6. 3 Kecepatan Angin (sumber:www.bmkg.go.id)

Berdasarkan data dari www.bmkg.go.id pada tanggal 24/04/2018, kecepatan angin paling ekstrim sebesar 28 km/jam. Akan tetapi setelah melalui perhitungan di excel beban angin yang diterima masih jauh dibawah beban angin minimum. Berdasarkan SNI 03-1727-2013 Pasal 27.1.5, beban angin desain minimum adalah $= 0,77 \text{ kN/m}^2 = 77 \text{ kg/m}^2$ untuk dinding bangunan dan $0,38 \text{ kN/m}^2 = 38 \text{ kg/m}^2$ untuk luas atap bangunan gedung.

6.3.4 Beban Gempa

Analisa beban gempa pada tugas akhir ini menggunakan analisa respons spektrum. Berikut merupakan tahapan perhitungan analisa respons spektrum.

1. Menentukan kategori resiko bangunan

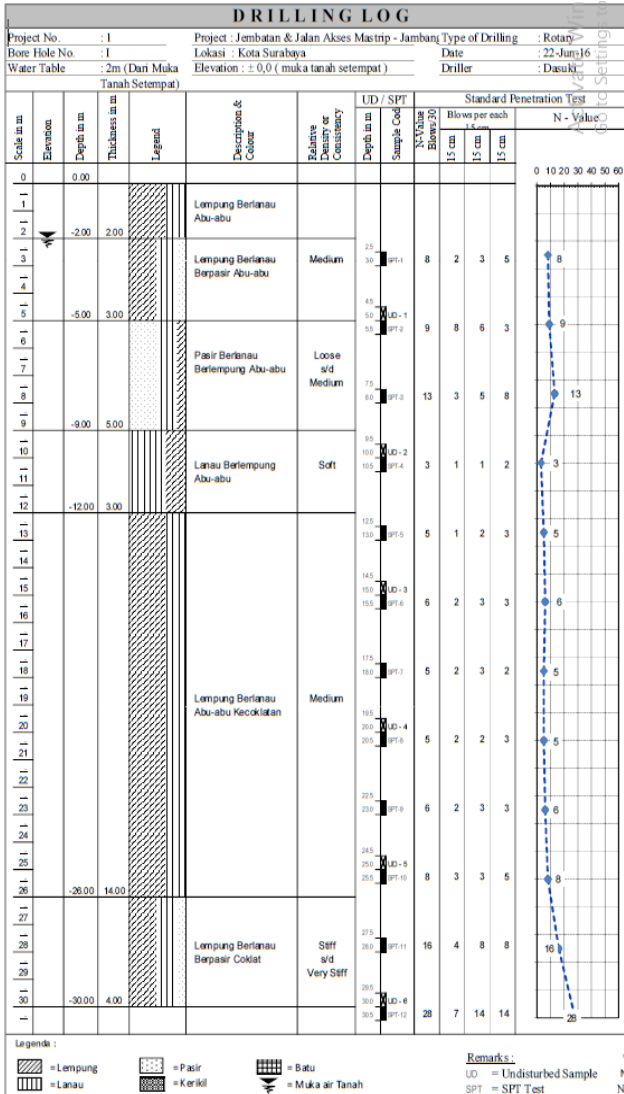
Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 4.1.2 untuk fasilitas pendidikan masuk kedalam kategori risiko IV.

2. Faktor keutamaan gempa (I_e)

Berdasarkan SNI 1726-2012 tabel untuk bangunan dengan kategori risiko IV memiliki faktor keutamaan (I_e) = 1,5.

3. Kelas situs tanah

Kelas situs tanah dapat ditentukan dari nilai N-SPT tanah dimana bangunan akan didirikan. Berikut merupakan perhitungan N-SPT tanah di Kabupaten Sepanjang :



Gambar 6. 4 Data Tanah (SPT)

Tabel 6. 1 Hasil Perhitungan N-SPT

Kedalaman (m)	Tebal (di)	Jumlah Pukulan (N-SPT)	<i>di</i>
			<i>N-SPT</i>
0	-	-	-
2	2	-	-
5	3	8	0.375
9	4	11	0.3636
12	3	3	1
26	14	5.83	2.4
30	4	22	0.1818
Σ	30		4.3205

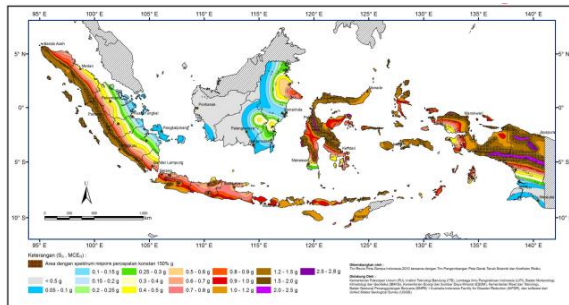
Nilai N (tahanan pentrasi standart) tanah adalah sebagai berikut:

$$N = \frac{\sum \text{tebal lapisan tanah}}{\overline{N - SPT}} = \frac{30 \text{ m}}{4,3205} = 6,9437$$

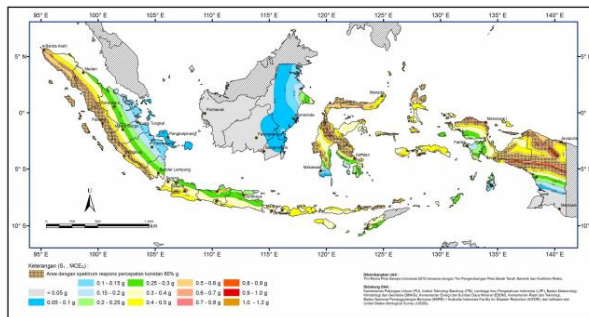
Menurut SNI 1726-2012 Tabel 3 untuk nilai $N > 15 = 6,9437 < 15$, maka termasuk jenis tanah lunak (SE)

4. Parameter percepatan gempa

Penentuan parameter percepatan gempa ditentukan dengan melihat peta gempa pada SNI 1726-2012 dengan pertimbangan lokasi bangunan dimana bangunan pada tugas akhir ini terletak di Sepanjang.



Gambar 6. 5 Nilai Ss di Sepanjang



Gambar 6. 6 Nilai S1 di Sepanjang

Dengan melihat peta diatas didapatkan dilai Ss dan S1 sebagai berikut :

Ss = 0,67 dan S1 = 0,255

5. Koefisien situs (Fa dan Fv)

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 4 dan Tabel 5, dapat ditentukan koefisien situs dengan melihat nilai parameter percepatan gempa. Karena nilai Ss dan S₁ tidak tercantum, maka dilakukan interpolasi dan didapatkan nilai Fa = 1,36 dan Fv=2,98 (hasil interpolasi)

Dari nilai Fa dan Fv, dapat ditentukan nilai SMS dan SM1 :

SMS = Fa x Ss = 1,36 x 0,67 = 0,911

$$SM1 = F_v \times S_1 = 2,98 \times 0,255 = 0,76$$

6. Parameter percepatan spektral desain (S_{DS} dan S_{D1})

Berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726-2012 persamaan 7 dan 8, parameter percepatan spektral desain ditentukan dari rumus di bawah ini :

$$SDS = \frac{2}{3} S_M S = \frac{2}{3} (0,911) = 0,607$$

$$SD1 = \frac{2}{3} SM1 = \frac{2}{3} (0,76) = 0,507$$

7. Kategori desain seismik

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 6 dan Tabel 7, untuk $0,5 \leq SDS$, $0,2 \leq SD1$, dan kategori risiko IV didapatkan kategori desain seismik D.

8. Parameter struktur

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

Koefisien modifikasi respons (R) : 8

Faktor kuat-lebih sistem (Ω_0) : 3

Faktor pembesaran defleksi (C_d): 5,5

9. Analisa respons spektrum

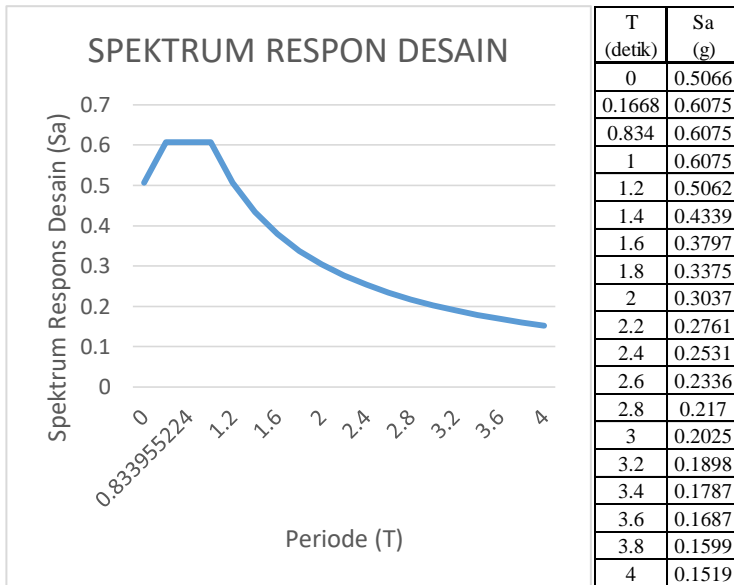
Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.4 Pers. 9 dan 10, didapatkan bahwa:

$$T_o = 0,2 \frac{SD1}{SDS} = 0,2 \frac{0,507}{0,607} = 0,167 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} = \frac{0,507}{0,607} = 0,834 \text{ detik}$$

Berikut merupakan grafik desain respons spektrum excel :

Tabel 6. 2 Hasil Spektrum Respon Desain



6.3.5 Kombinasi Pembebanan

1. Kombinasi beban untuk perhitungan struktur atas menggunakan metode desain kekuatan sebagai berikut :

1. $1.4D$
2. $1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1.2D + 1.6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (I \text{ atau } 0.5 W)$
4. $1.2D + 1.0W + 1,0L + 0.5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $1.2D + 1.3E + 1,0L$
6. $0.9D + 1.0W$
7. $0.9D + 1.3 E$

2. Kombinasi pembebanan untuk perhitungan struktur bawah menggunakan metode tegangan ijin sebagai berikut :

1. D
2. $D + L$

3. $D + (Lr \text{ atau } R)$
4. $D + 0.75L + 0.75 (Lr \text{ atau } R)$
5. $D + (0.6W \text{ atau } 1,3E)$
6. $D + 0.75L + 0.75(0.6W \text{ atau } 1,3E) + 0.75 (Lr \text{ atau } R)$
7. $D + 0.75L + 0.75(0.7E)$
8. $0.6D + 0.6W$
9. $0.6D + 1.3E$

Dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa

R = Beban hujan

Lr = Beban hidup atap

W = Beban angin

6.3.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 Ps 7.9.1 Perhitungan analisa dinamis harus mempunyai kombinasi partisipasi massa paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah. Berikut hasil partisipasi massa menggunakan aplikasi SAP2000 :

Tabel 6. 3 Partisipasi Massa (SAP2000)

TABLE: Modal Load Participation Ratios						
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic	Syarat	Ket.
Text	Text	Text	Percent	Percent	Percent	
MODAL	Acceleration	UX	100	99.7897	>90	OK
MODAL	Acceleration	UY	100	99.7018	>90	OK

Dari hasil kontrol partisipasi massa diatas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.91 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%.

6.3.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur

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

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

Dimana :

h_n : Ketinggian Struktur (32,4 m)

C_t : Parameter pendekatan tipe struktur

x : Parameter pendekatan tipe struktur

Tabel 6.4 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 dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Batas bawah periode fundamental struktur

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0,0466 \cdot (32,4)^{0,9} = 1,066 \text{ detik (batas bawah)}$$

Sedangkan untuk batas atas periode fundamental struktur dapat ditentukan berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 14 :

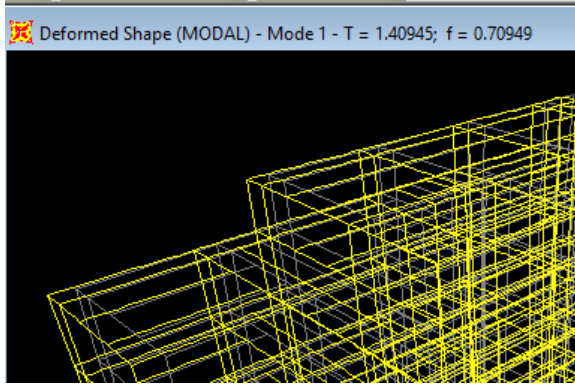
Tabel 6.5 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

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

Karena nilai $S_{d1} = 0,507$ maka digunakan koefisien $C_u = 1,4$. Maka nilai batas atas adalah sebagai berikut :

$T_{atas} = C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,066 = 1,493 \text{ detik}$ (batas atas)

Nilai T bawah dan T atas nantinya dibandingkan dengan nilai perioda yang didapatkan dari aplikasi SAP2000 :



Gambar 6. 7 Nilai periode dari aplikasi SAP2000

Dari tabel diatas didapatkan nilai periode (T) adalah 1,40945 nilai ini dibandingkan dengan T bawah dan T atas :

$T_{bawah} \leq T \leq T_{atas}$

$1,066 \text{ detik} \leq 1,40945 \leq 1,493 \text{ detik (OK)}$

Dari kontrol diatas maka dapat disimpulkan struktur memenuhi persyaratan SNI 1726-2012 Pasal 7.82 mengenai kontrol waktu getar alami fundamental.

6.3.3 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Berdasarkan peraturan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditentukan tidak boleh kurang dari 85% nilai respon statik.

$$V_{static} = C_s \cdot W_t$$

Dimana :

C_s = Koefisien Respon Seismik

W_t = Berat Struktur

Menentukan nilai C_s

Koefisien Respon Seismik (C_s) Harus ditentukan dengan persamaan 22 SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{R \cdot I_e}$$

Dimana :

S_{Ds} = Parameter percepatan spectrum respons desain (0,63)

R = Faktor modifikasi respon (SRPMK = 8)

I_e = Faktor keutamaan gempa (1,5)

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{R \cdot I_e} = \frac{0,607}{8 \cdot 1,5} = 0,1139$$

Nilai C_s yang dihitung tersebut tidak perlu melebihi nilai dari persamaan 23 SNI 1726-2012 dibawah ini :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot R \cdot I_e}$$

Dimana :

S_{D1} = Parameter percepatan spectrum respons desain pada periode 1,0 detik (0,43)

T = Periode fundamental struktur yang didapatkan pada SAP2000

R = Faktor modifikasi respon (SRPMK = 8)

I_e = Faktor keutamaan gempa (1,5)

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot R \cdot I_e} = \frac{0,507}{1,409 \cdot 8 \cdot 1,5} = 0,0674$$

Nilai C_s harus tidak kurang dari

$$C_{S \min} = 0,044 S_{Ds} I_e \geq 0,01$$

$$C_{S \min} = 0,044 \cdot (0,607) \cdot (1,5) \geq 0,01$$

$$C_{S \min} = 0,04 \geq 0,01$$

$$C_{S \min} = 0,04$$

Chek Syarat :

$$C_{S \min} < C_S < C_{S \max}$$

$$0,04 < 0,0674 > 0,114$$

Sehingga menggunakan besaraan C_S sebesar 0,04

Menentukan berat struktur

Berat total struktur didapatkan dari aplikasi SAP2000 sebagai berikut :

Tabel 6. 6 Berat struktur (Wt) dari aplikasi SAP2000

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	N	N	N
1D+1L	Combination	Max	7460933.54	6374806.18	66598553.97

Dari tabel diatas didapatkan berat struktur (Wt) berdasarkan kombinasi 1D+1L sebesar 66598,554 kN maka nilai gaya geser dinamis sebagai berikut :

$$V_{static} = C_S \cdot W_t = 0,04 \cdot 66598,554 \text{ kN} = 2670,12 \text{ kN}$$

$$0,85 \cdot V_{static} = 0,85 \cdot 2670,12 \text{ kN} = 2269,6 \text{ kN}$$

Sehingga nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditentukan tidak boleh kurang dari 2269,6 kN. Berikut merupakan nilai akhir respon dinamik dari aplikasi SAP2000 :

Tabel 6. 7 Nilai base reaction dari aplikasi SAP2000

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	N	N	N
Earthquake X LinRespSpec		Max	5554893.93	1157219.94	27831.08
Earthquake Y LinRespSpec		Max	1147918.42	5261986.83	46467.9

Nilai diatas dibandingkan dengan hasil perhitungan $0,85 \cdot V_{static} = 0,85 \cdot 2670,12 \text{ kN} = 2269,6 \text{ kN}$

Dengan ketentuan sebagai berikut :

$$V_{base\ shear} > 0,85 V_{static}$$

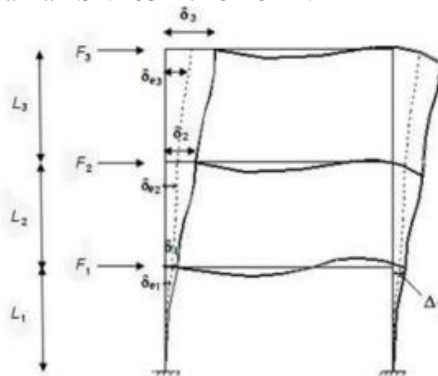
Gempa X = 5554,89 kN > 2269,6 kN (OK)

Gempa Y = 5261,99 kN > 2269,6 kN (OK)

Sehingga beban gempa dengan analisa respons spektrum tidak perlu diperbesar

6.3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

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



Gambar 6.8 Penentuan simpangan antar lantai

Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

Dimana :

C_d = Faktor amplifikasi defleksi dalam tabel 9 SNI 1726-2012 (SRPMK dengan dinding geser beton bertulang = 5,5)

δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa (1,5)

Untuk nilai simpangan antar lantai ijin, Δ_i , berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 16 didapatkan yakni:

Tabel 6. 8 Simpangan antar lantai ijin

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

Maka didapat nilai $\Delta_i = 0,010 h_{sx}$

Untuk hasil analisa simpangan antar lantai akibat gempa arah x dan arah y disediakan pada tabel dibawah ini :

- Analisa simpangan gempa arah X

Tabel 6.9 Kontrol simpangan antar lantai portal gempa dinamis arah x

Arah X							
Lantai	Elevasi	Tinggi Antar Tingkat	δe	δxe	δx	δa	Ket
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
9	32.45	3.05	36.81	1.50	5.50	30.5	OK
8	29.4	4.2	35.31	3.08	11.28	42	OK
7	25.2	4.2	32.23	4.21	15.43	42	OK
6	21	4.2	28.02	5.22	19.15	42	OK
5	16.8	4.2	22.80	6.01	22.04	42	OK
4	12.6	4.2	16.79	6.53	23.93	42	OK
3	8.4	4.2	10.26	6.41	23.49	42	OK
2	4.2	4.2	3.86	3.86	14.14	42	OK
1	0	4.2	0	0	0.00	42	OK

- Analisa simpangan gempa arah Y

Tabel 6.10 Kontrol simpangan antar lantai portal gempa dinamis arah y

Arah Y							
Lantai	Elevasi	Tinggi Antar Tingkat	δe	δye	δy	δa	Ket
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
9	32.45	3.05	32.28	1.52	5.59	30.5	OK
8	29.4	4.2	30.76	2.93	10.74	42	OK
7	25.2	4.2	27.83	3.89	14.28	42	OK
6	21	4.2	23.94	4.67	17.14	42	OK
5	16.8	4.2	19.26	5.24	19.21	42	OK
4	12.6	4.2	14.02	5.56	20.39	42	OK
3	8.4	4.2	8.46	5.44	19.93	42	OK
2	4.2	4.2	3.03	3.03	11.10	42	OK
1	0	4.2	0	0	0.00	42	OK

Dengan melihat tabel diatas maka kontrol simpangan antar lantai pada gempa arah X dan arah Y sudah memenuhi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

7.1 Umum

Struktur primer merupakan struktur yang berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral yang berupa beban gempa. Komponen struktur utama ini terdiri dari balok dan kolom dimana dalam perencanaannya menggunakan peraturan SNI 2847-2013.

7.2 Perencanaan Balok Induk

Pada tugas akhir ini balok induk direncanakan menggunakan beton pracetak. dimensi balok pracetak merupakan dimensi total balok yang akan direncanakan dikurangi dengan tebal pelat karena pelat nantinya akan menumpu pada balok anak dan balok induk sebelum di *cor overtopping*. Pada perencanaan balok yang menggunakan pracetak, balok harus dianalisa secara menyeluruh yaitu pada saat pengangkatan, saat kondisi pelaksanaan (sebelum komposit), dan analisa saat menerima beban tetap (setelah komposit) karena balok pracetak harus kuat menahan beban saat kondisi-kondisi tersebut.

1. Saat pengangkatan

Kondisi saat pengangkatan yaitu ketika balok pracetak diangkat dari stockyard dan akan ditumpukan pada balok yang sudah ada. Sehingga analisa pada saat pengangkatan tebal balok yang digunakan adalah tebal balok pracetak. Analisa perhitungan momen saat pengangkatan dapat didasarkan pada rumus yang ada pada PCI dan momen yang dihasilkan saat pengangkatan tergantung pada titik angkatnya. Untuk memperhitungkan gaya pada komponen yang mengalami pembentukan di prabik dan mengalami penumpukan ataupun benturan perlu menerapkan angka pengali ke berat komponen dan menjadikan gaya yang dihasilkan sebagai beban statis ekuivalen. Hal ini dapat diterapkan

pada elemen pracetak saat mengalami pengangkatan. Berikut merupakan angka pengalinya :

Tabel 5.8 Angka pengali beban statis ekuivalen (Sumber PCI 7th Edition)

Tabel 7. 1 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen (Sumber PCI)

Product type	Finish	
	Exposed aggregate with retarder	Smooth mold (form oil only)
Flat, with removable side forms, no false joints or reveals	1.2	1.3
Flat, with false joints and/or reveals	1.3	1.4
Fluted, with proper draft ^c	1.4	1.6
Sculptured and other conditions	1.5	1.7
Yard handling^d and erection^b		
All products	1.2	
Transportation^d		
All products	1.5	

2. Sebelum Komposit

Balok pracetak sebelum komposit diletakkan pada konsol yang ada pada kolom sebagai tumpuan dan perletakan ini dianggap sebagai perletakan bebas, beban yang bekerja pada balok pracetak adalah berat sendiri elemen pracetak, berat *overtopping* dan beban yang membebani pelat. Dalam tahap ini, perlu dilakukan kontrol terhadap tegangan yang terjadi agar beton tidak retak dan kontrol terhadap lendutan yang terjadi agar lebih kecil dari lendutan ijin.

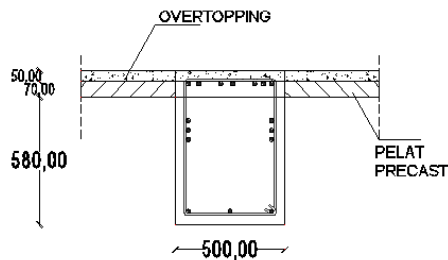
3. Setelah Komposit

Pada kondisi ini, balok pracetak dan *overtopping* dianggap telah dapat bekerja bersama dalam memikul beban. beban yang bekerja pada pelat adalah berat sendiri elemen pracetak, beban mati tambahan, dan beban hidup yang akan dikenakan faktor beban. Dalam tahap ini, perlu dilakukan kontrol terhadap tegangan yang terjadi agar beton tidak retak dan kontrol terhadap lendutan yang terjadi agar lebih kecil dari lendutan ijin.

Permodelan balok utama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit akan digunakan untuk perhitungan tulangan balok. balok pada saat awal pemasangan atau saat sebelum komposit diasumsikan memiliki perletakan bebas dengan tulangan lapangan saja.

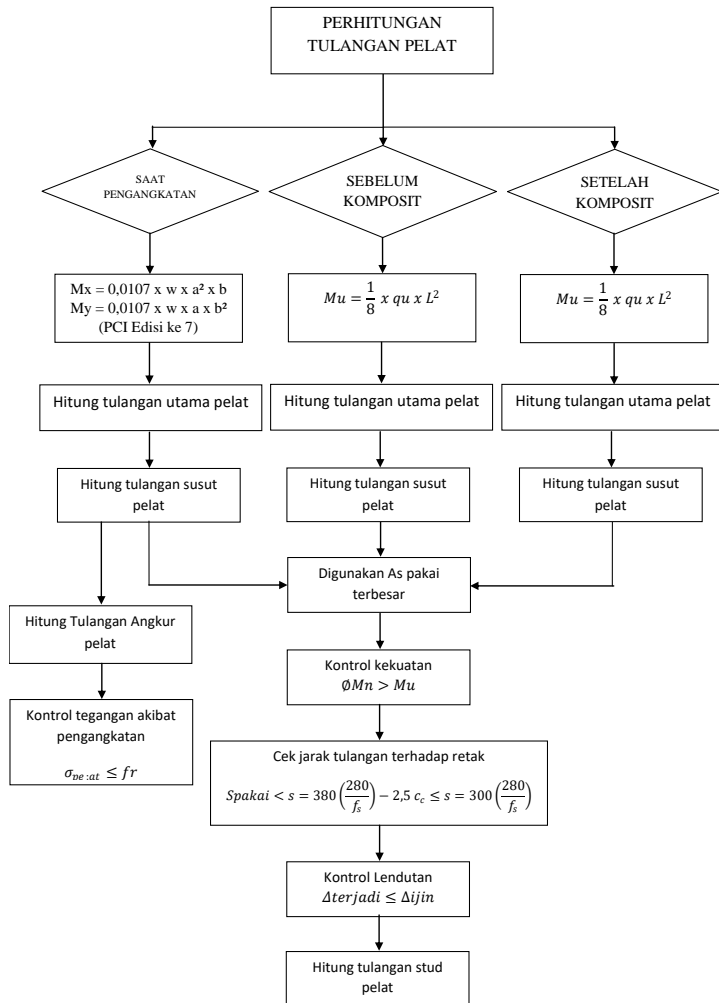
Sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada dua keadaan yang direncanakan. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

Untuk menjaga elevasi akhir yang sama antar pelat lantai dan balok anak, maka ketinggian balok anak akan dikurangi setinggi pelat lantai seperti gambar berikut.



Gambar 7. 1 Posisi Balok dan Pelat Pracetak

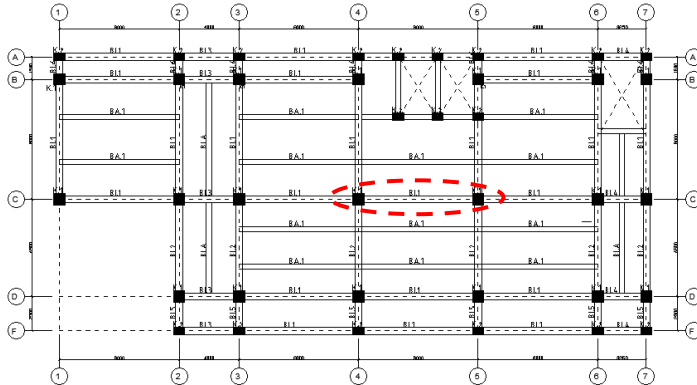
Sedangkan untuk perhitungan balok dapat dijelaskan pada diagram alir dibawah



Gambar 7. 2 Flow-Chart Perhitungan Penulangan Balok Pracetak

7.1.1 Data perencanaan

Balok induk yang digunakan pada perencanaan pada bab ini adalah balok induk BI.1.



Gambar 7. 3 Lokasi Balok BI.1 yang Ditinjau

Dan data perencanaan balok didapat dari hasil preliminary desain yang telah dilakukan sebelumnya. Data-datanya sebagai berikut :

- Dimen balok induk pracetak : 450 x 520 mm
- Dimen balok induk total : 450 x 650 mm
- Mutu beton (f_c') : 35 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 400 Mpa
- Selimut beton (d) : 50 mm
- Tulangan lentur : 22 mm
- Tulangan sengkang : 13 mm

7.1.2 Pembebanan balok induk

1. Saat pengangkatan

a. Beban Mati (DL)

- Berat pracetak = $0,45 \times 0,52 \times 2400 \times 1,2 = 674 \text{ Kg/m}^2 +$
- Beban mati total (DL) = 674 Kg/m^2

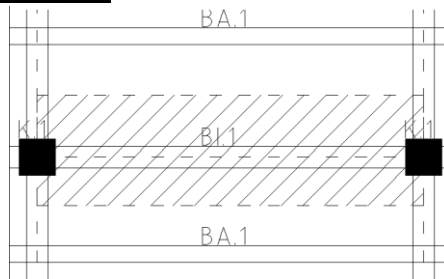
b. Beban Hidup (LL)

Beban hidup saat pengangkatan yaitu 0 karena pada saat pengangkatan tidak ada beban hidup yang bekerja

c. Kombinasi pembebanan (Q_u)

- $Q_u = 1,2DL + 1,6LL$
- $= 1,2 (674) + 1,6 (0)$
- $= 808,7 \text{ Kg/m}^2$

2. Sebelum komposit



Gambar 7. 4 Tributary Pelat pada Balok Sebelum Komposit

Pada saat kondisi sebelum komposit, pelat pracetak merupakan pelat dengan tipe 1 arah yang memiliki 2 tumpuan. Oleh karena itu balok induk menerima setengah beban akibat pelat dan setengah beban sisanya dipikul oleh balok anak.

a. Beban Mati (DL)

- Berat balok pracetak = $0,45 \times 0,52 \times 2400 = 561,6 \text{ Kg/m}^2$

- Beban pelat pracetak

$$= \left(\frac{1}{2} (0,08) (2400) (2,5) \right) + \left(\frac{1}{2} (0,08) (2400) (2) \right)$$

$$= 432 \text{ Kg/m}^2$$

- Beban overtopping pelat

$$= \left(\frac{1}{2} (0,05) (2400) (2,5) \right) + \left(\frac{1}{2} (0,05) (2400) (2) \right)$$

$$= 270 \text{ Kg/m}^2$$

- Beban mati total (DL)

$$= 1263,6 \text{ Kg/m}^2$$

b. Beban Hidup (LL)

- Berat pekerja

$$\left(\frac{1}{2} \cdot 100 \cdot (2,5)\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 100 \cdot (2)\right) = 225 \text{ Kg/m}$$

c. Kombinasi pembebanan (Q_u)

- $Q_u = 1,2DL + 1,6LL$
 $= 1,2 (1263,6) + 1,6 (225)$
 $= 1876,32 \text{ Kg/m}$

3. Setelah komposit

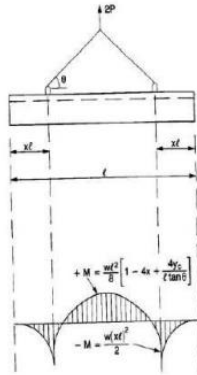
Pada saat kondisi setelah komposit momen gaya-gaya dalam yang digunakan dalam perhitungan didapatkan dari output aplikasi SAP2000.

7.1.3 Perhitungan tulangan balok

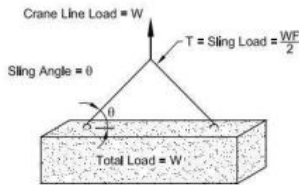
Perhitungan penulangan balok pada tugas akhir ini akan direncanakan dalam tiga tahap, penulangan saat pengangkatan, sebelum komposit dan setelah komposit. Kondisi saat pengangkatan merupakan kondisi saat pelat pracetak diangkat menggunakan *tower crane*. Kondisi sebelum komposit merupakan kondisi saat balok anak pracetak sudah menumpu pada balok induk ataupun konsol pendek dan akan dilakukan pengecoran topping, sehingga pada kondisi ini akan ada beban hidup pekerja dan juga pada kondisi ini komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Kondisi setelah komposit merupakan kondisi saat topping dan elemen pracetak balok telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban rencana. Setelah melakukan perhitungan tulangan pada tiap kondisi diatas, selanjutnya penggunaan tulangan dipilih dari kondisi yang paling kritis dimana kondisi yang membutuhkan lebih banyak tulangan.

1. Saat Pengangkatan

Pengangkatan pelat pracetak pada tugas akhir ini menggunakan 2 buah tulangan angkat sesuai dengan PCI Design Handbook 5th edition dimana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan, berikut merupakan momen yang terjadi :



Gambar 7.5 Pengangkatan Balok Pracetak



Multiplication Factor "F" for the Total Load on Sling With a Sling Angle of θ					
θ	90°	75°	60°	45°	30° ^a
F	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00

NOTE: θ is usually not less than 60°; check bi-directional sling angle.
^a A 30° sling angle is not recommended.

Gambar 7.6 Sudut pengangkatan

- Momen yang terjadi

$$M_{+} = \frac{qul^2}{8} \left(1 - 4x + \frac{4yc}{l \tan \theta} \right)$$

$$M_{-} = \frac{qu(xl^2)}{2}$$

$$Y_t = Y_b = \frac{h_{pracetak}}{2} = \frac{520}{2} = 260 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_t + 50 \text{ mm} = 260 \text{ mm} + 50 \text{ mm} = 310 \text{ mm}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4Yc}{Lx \operatorname{tg}\theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{yt}{yb} \left(1 + \frac{4yc}{Lx \operatorname{tg}\theta} \right)} \right)}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4(310)}{(8000)x \operatorname{tg}(60)}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{(260)}{(260)} \left(1 + \frac{4(280)}{(8000)x \operatorname{tg}(60)} \right)} \right)} = 0,197$$

$$M+ = \frac{(808,704)(8)^2}{8} \left(1 - 4(0,197) + \frac{4(0,31)}{(8) \tan(60)} \right)$$

$$M+ = 1940,896 \text{ Kgm} = 19408957 \text{ Nmm}$$

$$M- = \frac{(808,704)((0,197)(8))^2}{2}$$

$$M- = 1008,117 \text{ Kgm} = 10081172 \text{ Nmm}$$

• **Tulangan lentur balok induk**

Lebar balok	: 450 mm
Tinggi balok pracetak	: 520 mm
Tinggi balok total	: 650 mm
Diameter tulangan	: 22 mm
Diameter sengkang	: 13 mm
Decking	: 50 mm
Tinggi efektif (d)	: 520 - 50 - 13 - ½ x 22 mm = 459 mm
Faktor β_1	: untuk $f'c \geq 28 \text{ Mpa} = 0,85$ untuk $28 \text{ Mpa} < f'c < 56 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35 - 28}{7} = 0,8$$

Pada perencanaan awal, faktor reduksi (ϕ) diasumsikan 0,9
 $M_u = 19408957,18 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{19408957,18 \text{ Nmm}}{0,9 \times 450 \times 459^2} = 0,227 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357$$

$$\rho_{maks} = 0,625 \times \rho_b = 0,625 \times 0,0357 = 0,0223$$

- Kontrol desain tulangan rangkap

Jika $Mu1 < Mu$, maka diperlukan tulangan tekan

Jika $Mu1 > Mu$, maka tidak diperlukan tulangan tekan

Kuat momen rencana balok bertulangan tunggal dihitung sebagai berikut :

$$Mu1 = R_{u \text{ maks}} \cdot b \cdot d^2$$

Dimana

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{maks} f_y \left(1 - \frac{\rho_{maks} \cdot f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

$$R_{u \text{ maks}} = 0,9 \cdot 0,0223 \cdot 400 \left(1 - \frac{0,0223 \cdot 400}{1,7(35)} \right) = 6,827$$

$$Mu1 = 6,827 \cdot 450 \cdot 459^2 = 647303362,2 \text{ Nmm}$$

$$647303362,2 \text{ Nmm} > 19408957,18 \text{ Nmm (OK)}$$

Maka beton didesain dengan perhitungan tulangan tunggal

- Tulangan lentur tarik

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \times 0,227}{400}} \right) = 0,00057$$

$\rho_{min} > \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, sehingga digunakan $\rho = 0,0035$

maka luas tulangan yang dibutuhkan :

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{pakai} \times b \times d = 0,0035 \times 450 \times 459 = 722,925 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1, As tidak boleh kurang dari:

$$A_{smin} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} bwd = \frac{0,25\sqrt{35}}{400} (450)(459) = 763,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{1,4 b w d}{f_y} = \frac{1,4 (450)(459)}{(400)} = 722,925 \text{ mm}^2$$

Maka As yang digunakan = 763,73 mm²

Digunakan tulangan D22 mm (AsD22 = 380,132 mm²)

$$n \text{ tulangan} = \frac{As \text{ pakai}}{AsD22} = \frac{763,73}{380,132} = 2,01 = 3 \text{ buah}$$

sehingga digunakan tulangan 3D19

$$A_{S_{pakai}} = AsD22(n) = (380,132)(3) = 1140,398 \text{ mm}^2$$

- **Tulangan lentur tekan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2, untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan ½ dari kekuatan lentur tarik

$$A_{s'_{perlu}} = 0,5 A_s = 0,5 (1140,398) = 570,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 mm (AsD22 = 380,132 mm²)

$$n \text{ tulangan} = \frac{As \text{ pakai}}{AsD22} = \frac{570,2}{380,132} = 1,5 = 2 \text{ buah}$$

sehingga digunakan tulangan 2D19

$$A_{S_{pakai}} = AsD22(n) = (380,132)(2) = 760,265 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak tulangan**

$$(s) = \frac{b - (2(\text{decking})) - (2(\text{øseengkang})) - (n(\text{ølentur}))}{n - 1}$$

$$(s) = \frac{450 - (2(50)) - (2(13)) - (3(22))}{2 - 1}$$

$$(s) = 129 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- **Kontrol penggunaan faktor reduksi**

Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{1140,4 \times 400}{0,85 \times 35 \times 450} = 34,07 \text{ mm}$$

Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{35 - 28}{7} = 0,8$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{34,07}{0,8} = 42,6 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$\varepsilon_0 = 0,003$ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3

Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) = 0,003 \times \left(\frac{459 - 42,6}{42,6} \right) = 0,029$$

Sehingga $0,029 > 0,005$ digunakan faktor reduksi $\phi = 0,9$

- **Kontrol kekuatan**

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

$$\phi Mn = 0,9 \times 1140,4 \times 400 \times \left(459 - \frac{34,07}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 1,814 \times 10^8 \text{ Nmm} > Mu = 1,008 \times 10^7 \text{ Nmm (OK)}$$

- **Kontrol terhadap persyaratan geser**

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1. Vu pada jarak d dari tumpuan dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3 adalah sebesar:

$$Vu = qu \left(\frac{lx}{2} \right) = 808,7 \left(\frac{8}{2} \right) = 3234,8 \text{ Kg} = 32,35 \text{ kN}$$

Nilai Vc ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$\phi Vc = \phi (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d)$$

$$\phi V_c = 0,75 \left(0,17(1)\sqrt{35}(450)(459) \right) \cdot 10^{-3} = 152,75 \text{ kN}$$

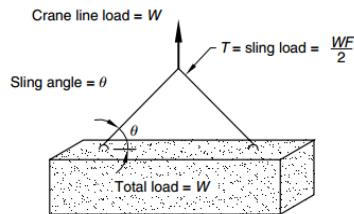
$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 152,75 \text{ kN} = 76,37 \text{ kN} > 32,35 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c > V_u \text{ (OK)}$$

Kekuatan geser dari balok sudah mencukupi

• Tulangan angkat pelat

Dalam pemasangan balok pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Pada tugas akhir ini digunakan dua titik pengangkatan sesuai dengan PCI edisi ke 5.



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

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

Gambar 7.7 Sudut Kemiringan Slink Pengangkat dan Faktor Pengalinya

perencanaan tulangan angkat pada balok pracetak mengacu pada SNI 2847:2013 pada lampiran D diketahui sebagai berikut :

a. Pada perhitungan beban *ultimate* ditambahkan koefisien kejut ($k = 1,2$) pada saat pengangkatan.

b. Beban yang harus diangkat (W)

$$W = 0,45 \text{ m} \times 0,52 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 4492,8 \text{ Kg}$$

c. Beban ultimate yang bekerja (Q_u)

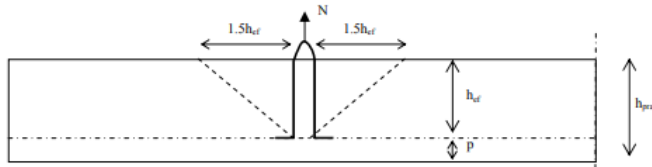
$$Q_u = 1,2 \times (1,2 \times W) + (1,6 \times L)$$

$$Qu = 1,2 \times (1,2 \times 4492,8 \text{ Kg}) + (1,6 \times 0) = 6469,63 \text{ Kg}$$

d. Faktor sling (F)

$$F = 1,16 \text{ (untuk } \theta = 60^\circ \text{ sumber PCI)}$$

Untuk angkur digunakan tulangan baja polos yang dibengkokkan bagian ujungnya seperti yang terlihat pada sketsa gambar dibawah ini.



Gambar 7.8 Kedalaman Pengangkuran tulangan angkat pada balok

Gaya tarik nominal yang bekerja pada angkur harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2013 lampiran D sebagai berikut :

$$N_n \leq N_{sa}$$

$$N_{sa} = A_{se} \times f_{uta}$$

Dimana:

N_n = gaya tarik pada angkur (N)

N_{sa} = kekuatan baja angkur (N)

n = jumlah angkur

A_{se} = luas tulangan angkur

f_{uta} = kekuatan tarik angkur baja (Mpa)

f_y = kekuatan leleh tarik angkur baja (Mpa)

Gaya angkat (2 titik angkat) :

$$N_n = \frac{Qu \cdot F}{2} = \frac{6469,63 \cdot (1,16)}{2} = 3752,4 \text{ Kg} = 37523,87 \text{ N}$$

Tegangan tarik izin baja sesuai PBI pasal 2.2.2

$$f_{uta} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,67 \text{ Mpa}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal D.5.1.2 untuk f_{uta} tidak boleh melebihi yang paling kecil dari :

$$f_{uta} = 1,9 f_y = 1,9 (400) = 760 \text{ Mpa}$$

$$f_{uta} = 860 \text{ Mpa}$$

Jadi digunakan $f_{uta} = 266,67 \text{ Mpa}$

Penentuan diameter angkur berdasarkan analisa kekuatan baja angkur :

$$N_n \leq N_{sa}$$

$$37523,87 \text{ N} = A_{se} \times f_{uta}$$

$$37523,87 \text{ N} = \frac{\pi d^2}{4} \times 266,67$$

$$d = \sqrt{\frac{37523,87 \text{ N} (4)}{\pi (266,67)}} = 13,4 \text{ mm} \approx 16 \text{ mm}$$

Jadi digunakan diameter tulangan angkat $\emptyset 16 \text{ mm}$

Penentuan kedalaman angkur berdasarkan analisa kekuatan pecah beton dari angkur terhadap gaya tarik

$$h_{eff} = \sqrt[3]{\left(\frac{N_n}{k_c \sqrt{f'c}}\right)^2}$$

Dimana :

heff = tinggi efektif atau kedalam angkur (mm)

kc = koefisien untuk kuat jebol (*breakout*) beton dasar dalam kondisi tarik (10) untuk *cast in anchor*

$$h_{eff} = \sqrt[3]{\left(\frac{N_n}{k_c \sqrt{f'c}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{37523,86}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 73,82 \approx 100 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat :

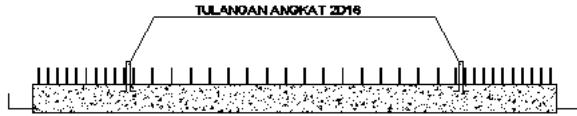
$$\emptyset = 2-16 \text{ mm}$$

$$heff = 100 \text{ mm}$$

Mencari letak titik angkat pengangkatan

$$x = 0,197 \text{ (dari perhitungan sebelumnya)}$$

$$\text{Letak titik angkat} = x \times L = 0,197 \times 8 = 1,57 = 1,6 \text{ m}$$



Gambar 7.9 Letak titik pengangkatan balok induk pracetak

- **Kontrol tegangan akibat pengangkatan**

Kontrol ini mengacu pada metode pengangkatan pada PCI edisi ke-7, dimana tegangan yang terjadi saat pengangkatan balok beton pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton ($\sigma \leq f_r$) Diasumsikan pelat pracetak diangkat setelah berumur 3 hari. Kuat tekan beton saat berumur 3 hari

$$f'_{ci} = 0,46 f'c = 0,46(35) = 16,1 \text{ Mpa}$$

Modulus kehancuran beton saat berumur 14 hari

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_{ci}} = 0,62(1)\sqrt{16,1} = 2,487 \text{ Mpa} = 24,87 \text{ Kg/cm}^2$$

Beban pelat saat diangkat

$$Q_u = 673,92 \text{ Kg/m}$$

$$Q_u/\text{titik angkat} = 390,874 \text{ Kg/m}$$

Momen saat pengangkatan pada perhitungan sebelumnya

$$M_+ = 1940,9 \text{ Kgcm} = 194090 \text{ Kgcm}$$

Momen tahanan

$$W = \frac{1}{6} x b x t^2 = \frac{1}{6} x 45 \text{ cm} x 52^2 = 20280 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{M}{W} = \frac{194090 \text{ Kgcm}}{20280 \text{ cm}^3} = 9,57 \text{ Kg/cm}^2 \leq f_r$$

Jadi saat pengangkatan digunakan 2 titik angkat

- **Kontrol lendutan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 bila dimensi balok yang digunakan melebihi batas minimum dimensi balok, maka kontrol lendutan

tidak perlu dilakukan. Kontrol lendutan ini dimaksudkan agar perencana mengetahui perilaku dari plat lantai ini.

Momen tak terfaktor saat lendutan terjadi

$$M_a = 19408957 \text{ Nmm}$$

Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{450(520)^3}{12} = 5272800000 \text{ mm}^4$$

Modulus hancur beton

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'c} = 0,62(1)\sqrt{35} = 3,668 \text{ Mpa}$$

Jarak dari sumbu netral penampang ke sisi tarik

$$Y_t = \frac{520}{2} = 260 \text{ mm}$$

Momen retak

$$M_{cr} = \frac{f_r x I_g}{Y_t} = \frac{3,668 \times 5272800000}{260} = 74386420,8 \text{ Nmm}$$

Periksa apakah terjadi retak

$$\frac{M_{cr}}{M_a} > 1$$

$$\frac{74386420,8 \text{ Nmm}}{19408957 \text{ Nmm}} > 1$$

$$3,83 > 1 \text{ (tidak terjadi retak)}$$

Sehingga momen inersia yang digunakan untuk menghitung lendutan adalah momen inersia bruto

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang beton

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ Mpa}$$

Lendutan sesaat

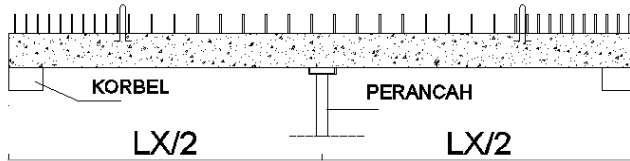
$$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5(8,087)(8000)^4}{384(27806)(5272800000)} = 2,94 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 batasan lendutan untuk balok adalah :

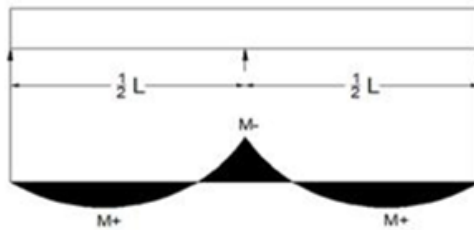
$$\Delta_{ijin} = \frac{l}{240} = \frac{8000}{240} = 33,3 \text{ mm} > 2,94 \text{ mm (OK)}$$

2. Sebelum komposit

pada penulangan balok induk sebelum komposit, balok induk ditumpu perancah di tengah bentang untuk menghindari retak dan mengurangi lendutan, dan pada perletakan kanan kirinya akan menumpu pada konsol yang ada pada kolom



Gambar 7.10 Ilustrasi perletakan balok induk sebelum komposit



Gambar 7.11 Momen yang terjadi

- **Momen yang terjadi**

Momen yang terjadi diatas tumpuan

$$Mu = \frac{1}{8} \times qu \times \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

$$Mu = \frac{1}{8} \times 1876,3 \times \left(\frac{8}{2}\right)^2 = 3752,64 \text{ Kgm} = 37526400 \text{ Nmm}$$

Momen yang terjadi dilapangan

$$Mu = \frac{1}{14} \times qu \times \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

$$Mu = \frac{1}{14} \times 1876,3 \times \left(\frac{8}{2}\right)^2 = 2144,37 \text{ Kgm} = 21443657 \text{ Nmm}$$

Digunakan momen yang terbesar $Mu = 37526400 \text{ Nmm}$

- **Tulangan utama balok**

Lebar balok	: 450 mm
Tinggi balok pracetak	: 520 mm
Tinggi balok total	: 500 mm
Diameter tulangan	: 22 mm
Diameter sengkang	: 13 mm
Decking	: 50 mm
Tinggi efektif (d)	: 520 - 50 - 13 - ½ x 22 mm = 459 mm
Faktor β_1	: untuk $f'c \geq 28$ Mpa = 0,85 untuk 28 Mpa < $f'c$ < 56 Mpa

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35 - 28}{7} = 0,8$$

Pada perencanaan awal, faktor reduksi (ϕ) diasumsikan 0,9

$M_u = 37526400$ Nmm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{37526400 \text{ Nmm}}{0,9 \times 450 \times 459^2} = 0,44 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357$$

$$\rho_{maks} = 0,625 \times \rho_b = 0,625 \times 0,0357 = 0,0223$$

- **Kontrol desain tulangan rangkap**

Jika $M_{u1} < M_u$, maka diperlukan tulangan tekan

Jika $M_{u1} > M_u$, maka tidak diperlukan tulangan tekan

Kuat momen rencana balok bertulangan tunggal dihitung sebagai berikut :

$$Mu1 = R_{u \text{ maks}} \cdot b \cdot d^2$$

Dimana

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{\text{maks}} f_y \left(1 - \frac{\rho_{\text{maks}} \cdot f_y}{1,7 f'c} \right)$$

$$R_{u \text{ maks}} = 0,9 \cdot 0,0223 \cdot 400 \left(1 - \frac{0,0223 \cdot 400}{1,7(35)} \right) = 6,827$$

$$Mu1 = 6,827 \cdot 450 \cdot 459^2 = 647303362,2 \text{ Nmm}$$

$$647303362,2 \text{ Nmm} > 37526400 \text{ Nmm (OK)}$$

Maka beton didesain dengan perhitungan tulangan tunggal

- **Tulangan lentur tarik**

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \times 0,44}{400}} \right) = 0,00111$$

$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$, sehingga digunakan $\rho = 0,0035$

maka luas tulangan yang dibutuhkan :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,0035 \times 450 \times 459 = 722,93 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1, As tidak boleh kurang dari:

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} bwd = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} (450)(459) = 763,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{1,4 bwd}{f_y} = \frac{1,4 (450)(459)}{(400)} = 722,93 \text{ mm}^2$$

Maka As yang digunakan = 763,7 mm²

Digunakan tulangan D22 mm (AsD22 = 380,132 mm²)

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s \text{ pakai}}}{A_{sD22}} = \frac{763,7}{380,132} = 2,1 = 3 \text{ buah}$$

sehingga digunakan tulangan 2D19

$$A_{s_{\text{pakai}}} = A_{sD22}(n) = (380,132)(3) = 1140,398 \text{ mm}^2$$

- **Tulangan lentur tekan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.2.2, untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur tarik

$$As'_{\text{perlu}} = 0,5 As = 0,5 (763,7) = 381,86 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 mm ($As_{D22} = 380,132 \text{ mm}^2$)

$$n \text{ tulangan} = \frac{As_{\text{pakai}}}{As_{D22}} = \frac{381,86}{380,132} = 1,2 = 2 \text{ buah}$$

sehingga digunakan tulangan 2D19

$$As_{\text{pakai}} = As_{D22}(n) = (380,132)(2) = 760,265 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak tulangan**

$$(s) = \frac{b - (2(\text{decking})) - (2(\text{\textcircled{ø}seengkang})) - (n(\text{\textcircled{ø}lentur}))}{n - 1}$$

$$(s) = \frac{450 - (2(50)) - (2(13)) - (3(22))}{3 - 1}$$

$$(s) = 129 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

- **Kontrol penggunaan faktor reduksi**

Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{1140,4 \times 400}{0,85 \times 35 \times 450} = 34,07 \text{ mm}$$

Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{35 - 28}{7} = 0,8$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{34,07}{0,8} = 42,59 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$\varepsilon_0 = 0,003$ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3

Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) = 0,003 \times \left(\frac{459 - 42,59}{42,59} \right) = 0,029$$

Sehingga $0,029 > 0,005$ digunakan faktor reduksi $\phi = 0,9$

- **Kontrol kekuatan**

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

$$\phi Mn = 0,9 \times 1140,4 \times 400 \times \left(459 - \frac{34,07}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 181,445 \text{ kNm} > Mu = 37,53 \text{ kNm (OK)}$$

- **Kontrol terhadap persyaratan geser**

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1. V_u pada jarak d dari tumpuan dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3 adalah sebesar:

$$V_u = qu \left(\frac{lx}{2} \right) = 1876,3 \left(\frac{8}{2} \right) = 3752,64 \text{ Kg} = 37,53 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.

$$\phi V_c = \phi (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot bw \cdot d)$$

$$\phi V_c = 0,75 \left(0,17(1) \sqrt{35} (450)(459) \right) \cdot 10^{-3} = 152,75 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 152,75 \text{ kN} = 76,37 \text{ kN} > 37,53 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c > V_u \text{ (OK)}$$

Kekuatan geser dari balok sudah mencukupi

- **Kontrol lendutan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 bila dimensi balok yang digunakan melebihi batas minimum dimensi balok, maka kontrol lendutan tidak perlu dilakukan. Kontrol lendutan ini dimaksudkan agar perencana mengetahui perilaku dari plat lantai ini.

Momen tak terfaktor saat lendutan terjadi

$$MDL = \frac{1}{8} \times qdl \times L^2$$

$$MDL = \frac{1}{8} \times 1264 \times 4^2 = 2527,2 \text{ Kg} = 25272000 \text{ Nmm}$$

$$MLL = \frac{1}{8} \times qll \times L^2$$

$$MDL = \frac{1}{8} \times 225 \times 4^2 = 450 \text{ Kg} = 4500000 \text{ Nmm}$$

$$Ma = MDL + MLL$$

$$Ma = 25272000 + 4500000 = 29772000 \text{ Nmm}$$

Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja.

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{450 (520)^3}{12} = 5272800000 \text{ mm}^4$$

Modulus hancur beton

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_c} = 0,62(1)\sqrt{35} = 3,668 \text{ Mpa}$$

Jarak dari sumbu netral penampang ke sisi tarik

$$Y_t = \frac{520}{2} = 260 \text{ mm}$$

Momen retak

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{Y_t} = \frac{3,668 \times 5272800000}{260} = 74386420.76 \text{ Nmm}$$

Periksa apakah terjadi retak

$$\frac{M_{cr}}{Ma} > 1$$

$$\frac{74386420.76 \text{ Nmm}}{29772000 \text{ Nmm}} > 1$$

2,49 > 1 (tidak terjadi retak)

Sehingga momen inersia yang digunakan untuk menghitung lendutan adalah momen inersia bruto

Momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampang beton

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{35} = 27805,57 \text{ Mpa}$$

Lendutan sesaat

$$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5(18,76)(8000)^4}{384(27806)(5272800000)} = 6,83 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 batasan lendutan untuk balok adalah :

$$\Delta_{ijin} = \frac{l}{240} = \frac{8000}{240} = 33,3 \text{ mm} > 6,6,83 \text{ mm (OK)}$$

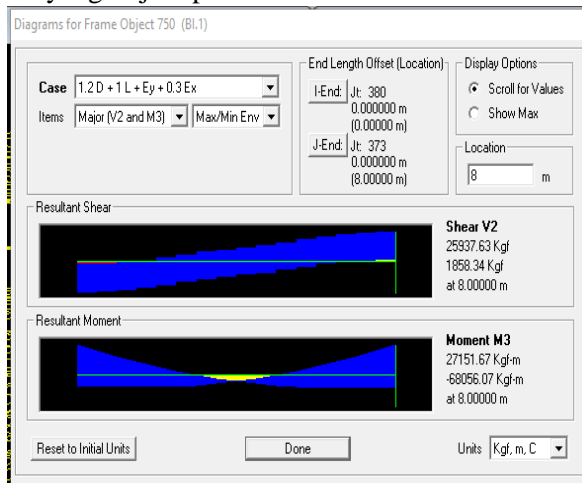
3. Setelah Komposit

Pada perhitungan balok induk setelah komposit gaya-gaya dalam yang digunakan pada perhitungan merupakan output dari aplikasi SAP2000 yaitu dengan mengambil balok yang mendapatkan nilai momen terbesar yaitu pada balok frame 750

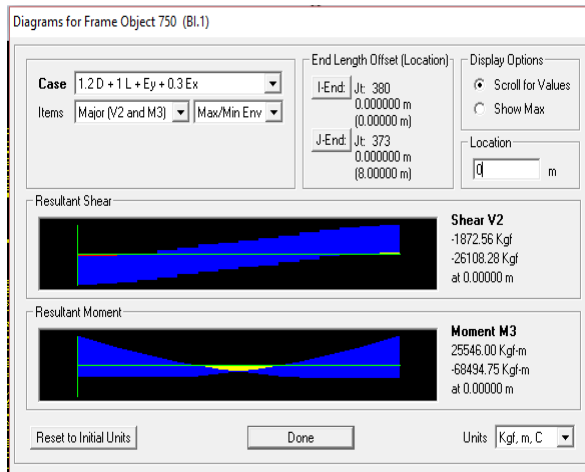
- **Gaya-gaya yang terjadi pada balok**

Berikut merupakan gaya gaya yang terjadi akibat beban kombinasi 1,2 D+1L+1Ey+0,3Ex pada balok BI.1

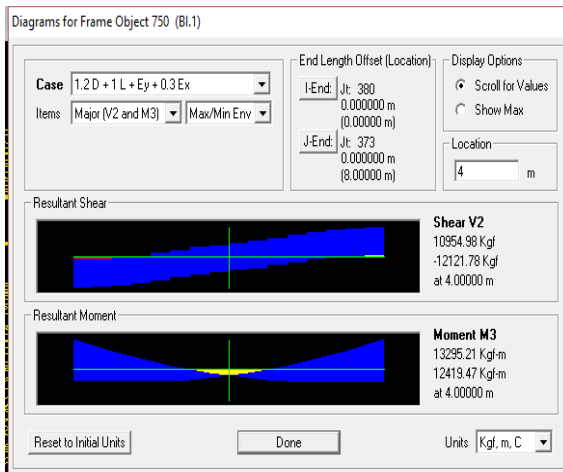
a. Momen yang terjadi pada balok B1



Gambar 7. 12 Momen BI.1 (SAP2000)

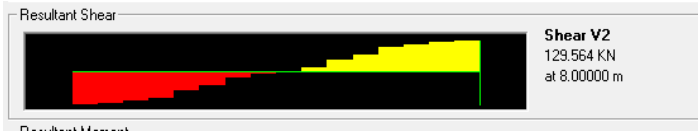


Gambar 7.13 Momen Bl.1 (SAP2000)



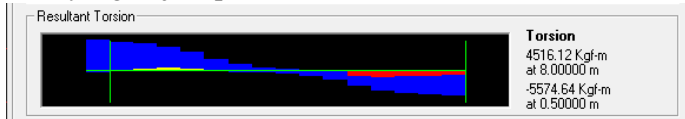
Gambar 7. 14 Momen Bl.1 (SAP2000)

b. Geser yang terjadi pada balok BI.1



Gambar 7.15 Gaya Geser BI.1 (SAP2000)

c. Torsi yang terjadi pada balok BI.1



Gambar 7.16 Torsi BI.1 (SAP2000)

Berikut merupakan rekapitulasi momen yang terjadi pada balok B1 :

Tabel 7.2 Rekapitulasi momen pada balok BI.1

Tabel 7.3 Rekapitulasi Momen yang Terjadi pada Balok BI.1

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN.m)
1	Ujung Interior Kanan	Kanan	-680.5607
2	Ujung Interior Kiri	Kiri	-684.9575
3	U.Interior Kiri (ke tengah)	Kanan	255.46
4	U.Interior Kanan (ke tengah)	Kiri	271.5167
5	Tengah Bentang	Kanan Kiri	124.1947

• **Data perencanaan**

Lebar balok : 450 mm

Tinggi balok pracetak : 520 mm

Tinggi balok total : 650 mm

Diameter tulangan : 22 mm

Diameter sengkang : 13 mm

Decking : 50 mm

Faktor β_1 : untuk $f^c \geq 28 \text{ Mpa} = 0,85$

untuk $28 \text{ Mpa} < f^c < 56 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c-28}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35-28}{7} = 0,8$$

• **Cek syarat komponen struktur penahan gempa**

a. Gaya aksial tekan terfaktor P_u tidak boleh lebih dari $\frac{A_g \cdot f_c}{10}$

$$P_u = 606640,5 \text{ N (Sap2000)}$$

$$P_u \leq \frac{A_g \cdot f_c}{10}$$

$$606640,5 \leq \frac{(450 \cdot 650) \cdot (35)}{10}$$

$$606640,5 \text{ N} \leq 1023750 \text{ N}$$

b. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya (SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2)

$$d = 650 - 50 - 13 - (0,5 \cdot 22) = 576 \text{ mm}$$

$$L_n > 4 \cdot d$$

$$7250 \text{ mm} > 4 \cdot (576)$$

$$7250 \text{ mm} > 2304 \text{ mm (OK)}$$

c. Lebar komponen tidak boleh kurang dari $0,3h$ dan 250 mm (SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3)

$$b_w > 0,3h \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$450 \text{ mm} > 0,3(650) \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$450 \text{ mm} > 195 \text{ mm atau } 250 \text{ mm (OK)}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka balok dapat digunakan sebagai komponen struktur penahan gempa.

❖ **Perencanaan tulangan lentur pada tumpuan**

Untuk mengantisipasi terjadinya gerakan bolak-balik saat dibebani beban lateral, maka untuk tumpuan (-) digunakan M_u tumpuan (-) yang terbesar. M_u tumpuan (-) = $680,56 \text{ kNm}$ namun tulangan pada sisi atas juga harus disediakan untuk mengantisipasi M_u tumpuan (+), maka untuk tumpuan (+) digunakan M_u tumpuan (+) yang terbesar. M_u tumpuan (+) = $271,5167 \text{ kNm}$

a. Momen tumpuan kanan dgn momen negatif (kondisi 1)

Pada perencanaan awal, faktor reduksi (ϕ) diasumsikan 0,9

$$Mu = 680560700 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = 650 - 50 - 13 - \frac{1}{2} \times 22 \text{ mm} = 576 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{680560700 \text{ Nmm}}{0,9 \times 450 \times 576^2} = 5,065 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c \left(\frac{600}{600 + fy} \right)}{fy}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,0357$$

$$\rho_{maks} = 0,625 \times \rho_b = 0,625 \times 0,0357 = 0,0223$$

• Kontrol desain tulangan rangkap

Jika $Mu1 < Mu$, maka diperlukan tulangan tekan

Jika $Mu1 > Mu$, maka tidak diperlukan tulangan tekan

Kuat momen rencana balok bertulangan tunggal dihitung sebagai berikut :

$$Mu1 = R_{u \text{ maks}} \cdot b \cdot d^2$$

Dimana

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{maks} fy \left(1 - \frac{\rho_{maks} \cdot fy}{1,7 f'c} \right)$$

$$R_{u \text{ maks}} = 0,9 \cdot 0,0223 \cdot 400 \left(1 - \frac{0,0223 \cdot 400}{1,7(35)} \right) = 6,827$$

$$Mu1 = 6,827 \cdot 450 \cdot 576^2 = 1019359697 \text{ Nmm}$$

$$1019359697 \text{ Nmm} > Mn = 756178555,6 \text{ Nmm (OK)}$$

Maka beton didesain dengan perhitungan tulangan tunggal

- **Perhitungan tulangan**

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,445) \times 5,065}{400}} \right) = 0,014$$

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, sehingga digunakan $\rho = 0,014$
maka luas tulangan yang dibutuhkan :

$$As_{perlu} = \rho_{pakai} \times b \times d = 0,01122 \times 450 \times 576 = 3622,35 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1, As tidak boleh kurang dari:

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{fy} bwd = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} (450)(576)$$

$$= 958,4 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4 bwd}{fy} = \frac{1,4 (450)(576)}{(400)} = 907,2 \text{ mm}^2$$

Maka As yang digunakan = $3622,35 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D22 mm ($As_{D22} = 380,132 \text{ mm}^2$)

$$n \text{ tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As_{D22}} = \frac{3622,35}{380,132} = 9,5 = 10 \text{ buah}$$

sehingga digunakan tulangan 10D22

$$As_{pakai} = As_{D22}(n) = (380,132)(10) = 3801,327 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak tulangan**

$$(s) = \frac{b - (2(\text{decking})) - (2(\text{øseengkang})) - (n(\text{ølentur}))}{n - 1}$$

$$(s) = \frac{450 - (2(50)) - (2(13)) - (10(22))}{10 - 1}$$

$$(s) = 17,11 \text{ mm} > 25 \text{ mm (NO OK)}$$

Maka digunakan tulangan dua baris dengan tulangan 5 di bawah dan 5 diatas

$$d = 450 - 50 - 13 - 22 - \frac{5}{10} \times 22 \text{ mm} = 576 \text{ mm}$$

- **Kontrol penggunaan faktor reduksi**

Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{3801,327 \times 400}{0,85 \times 35 \times 450} = 113,58 \text{ mm}$$

Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{35 - 28}{7} = 0,8$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{113,58}{0,8} = 133,62 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) = 0,003 \times \left(\frac{576 - 133,62}{133,62} \right) = 0,0099$$

Sehingga $0,0099 > 0,005$ digunakan faktor reduksi $\phi = 0,9$

- **Kontrol kekuatan**

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

$$\phi Mn = 0,9 \times 3801,327 \times 400 \times \left(576 - \frac{113,58}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 7,105 \times 10^8 \text{ Nmm} > Mu = 6,8 \times 10^8 \text{ Nmm (OK)}$$

b. Momen tumpuan kanan dgn momen positif (kondisi 3)

Pada perencanaan awal, faktor reduksi (ϕ) diasumsikan 0,9

$$Mu = 271516700 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = 650 - 50 - 13 - \frac{1}{2} \times 22 \text{ mm} = 576 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{271516700 \text{ Nmm}}{0,9 \times 450 \times 576^2} = 2,02 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357$$

$$\rho_{\max} = 0,625 \times \rho_b = 0,625 \times 0,0357 = 0,0223$$

• **Perhitungan tulangan**

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,45) \times 2,02}{400}} \right) = 0,0052$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, sehingga digunakan $\rho = 0,0052$

maka luas tulangan yang dibutuhkan :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,0052 \times 450 \times 576 = 1357,17 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1, A_s tidak boleh kurang dari:

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} bwd = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} (450)(576) = 958,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4 bwd}{f_y} = \frac{1,4 (450)(576)}{(400)} = 907,2 \text{ mm}^2$$

Maka A_s yang digunakan = $1357,17 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D22 mm ($A_{sD22} = 380,132 \text{ mm}^2$)

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{sD22}} = \frac{1357,17}{380,132} = 3,57 = 4 \text{ buah}$$

sehingga digunakan tulangan 4D22

$$A_{s_{\text{pakai}}} = A_{sD22}(n) = (380,132)(4) = 1520,53 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak tulangan**

$$(s) = \frac{b - (2(\text{decking})) - (2(\text{øseengkang})) - (n(\text{ølentur}))}{n - 1}$$

$$(s) = \frac{450 - (2(50)) - (2(13)) - (5(22))}{5 - 1}$$

$$(s) = 53,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Maka digunakan tulangan 1 baris

- **Kontrol penggunaan faktor reduksi**

Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1520,53 \times 400}{0,85 \times 35 \times 450} = 45,43 \text{ mm}$$

Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{35 - 28}{7} = 0,8$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{45,43}{0,8} = 53,44 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) = 0,003 \times \left(\frac{576 - 53,44}{53,44} \right) = 0,03$$

Sehingga $0,03 > 0,005$ digunakan faktor reduksi $\phi = 0,9$

- **Kontrol kekuatan**

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

$$\phi Mn = 0,9 \times 1520,53 \times 400 \times \left(576 - \frac{45,43}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 3,02 \times 10^8 \text{ Nmm} > Mu = 27162 \times 10^8 \text{ Nmm (OK)}$$

Persyaratan lentur berdasarkan pasal 21.5.2.2 SNI 2847:2013:

Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom

tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Maka:

$$\phi Mn^+ > \frac{1}{2} \phi Mn^-$$

$$3,02 \times 10^8 \text{ Nmm} > \frac{1}{2} \cdot 7,11 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$4,108 \times 10^8 \text{ Nmm} > 3,55 \times 10^8 \text{ Nmm (OK)}$$

Maka ϕMn yang digunakan tetap yaitu $\phi Mn = 3,02 \times 10^8 \text{ Nmm}$

❖ Perencanaan tulangan lentur pada daerah lapangan

Untuk mengantisipasi terjadinya gerakan bolak-balik saat dibebani beban lateral, maka untuk lapangan (+) digunakan M_u lapangan (+) yang terbesar. M_u lapangan (+) = 124,2 kNm. Tulangan lentur daerah lapangan terletak pada jarak $2h = 2(650) = 1300 \text{ mm}$ dari muka tumpuan

a. Momen lapangan dgn momen negatif (kondisi 5)

Pada perencanaan awal, faktor reduksi (ϕ) diasumsikan 0,9

$$M_u = 124,2 \text{ kNm}$$

Karena pada saat konstruksi, pengecoran pelat dan balok dilakukan secara bersamaan, maka perlu dilakukan kontrol apakah balok dihitung sebagai penampang T atau balok persegi biasa.

• Kontrol pengaruh balok T

$$L_n = 7250 \text{ mm}$$

$$M_u = 124194700 \text{ Nmm}$$

Lebar efektif balok T (b_e) yang diambil dari nilai terkecil perhitungan berikut :

$$b_w + 2\left(\frac{l_n}{2}\right) = 450 + 2\left(\frac{7250}{2}\right) = 7700 \text{ mm}$$

$$b_w + 2(8 \cdot t_f) = 450 + 2(8 \cdot 130) = 2370 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{4} = \frac{2000 + 2500}{4} = 1125 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai terkecil $be = \frac{l}{4} = \frac{4500}{4} = 1125 \text{ mm}$

Diasumsikan tinggi blok tegangan teka $a=tf=130 \text{ mm}$ dan diasumsikan menggunakan tulangan 1 lapis

Tinggi efektif (d) = $650 - 50 - 13 - \frac{1}{2} \times 22 \text{ mm} = 576 \text{ mm}$

Maka :

$$\phi Mn = \phi \times 0,85 \times f_c \times b \times tf \times \left(d - \frac{tf}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 0,85 \times 35 \times 1125 \times 130 \times \left(576 - \frac{130}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 800,4 \text{ kNm} > 124,19 \text{ kNm (OK)}$$

Sehingga , desain dapat dilakukan seperti penampang balok persegi.

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{124194700 \text{ Nmm}}{0,9 \times 450 \times 576} = 0,924 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357$$

$$\rho_{maks} = 0,625 \times \rho_b = 0,625 \times 0,0357 = 0,0223$$

• Kontrol desain tulangan rangkap

Jika $Mu1 < Mu$, maka diperlukan tulangan tekan

Jika $Mu1 > Mu$, maka tidak diperlukan tulangan tekan

Kuat momen rencana balok bertulangan tunggal dihitung sebagai berikut :

$$Mu1 = R_{u \text{ maks}} \cdot b \cdot d^2$$

Dimana

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{\text{maks}} f_y \left(1 - \frac{\rho_{\text{maks}} \cdot f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

$$R_{u \text{ maks}} = 0,9 \cdot 0,0223 \cdot 400 \left(1 - \frac{0,0223 \cdot 400}{1,7(35)} \right) = 6,827$$

$$Mu_1 = 6,827 \cdot 450 \cdot 575^2 = 1019359697 \text{ Nmm}$$

$$1019359697 \text{ Nmm} > 13799411,1 \text{ Nmm (OK)}$$

Maka beton didesain dengan perhitungan tulangan tunggal

• Perhitungan tulangan

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,45) \times 0,92}{400}} \right) = 0,00235$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$, sehingga digunakan $\rho = 0,0035$

maka luas tulangan yang dibutuhkan :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,0035 \times 450 \times 576 = 907,2 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1, As tidak boleh kurang dari:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} (450)(576)$$

$$= 958,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1,4 b w d}{f_y} = \frac{1,4 (450)(576)}{(400)} = 907,2 \text{ mm}^2$$

Maka As yang digunakan = 958,4 mm²

Digunakan tulangan D22 mm (AsD22= 380,132 mm²)

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{sD22}} = \frac{1212,6}{380,132} = 2,5 = 3 \text{ buah}$$

sehingga digunakan tulangan 3D22

$$A_{s \text{ pakai}} = A_{sD22}(n) = (380,132)(3) = 1140,4 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol penggunaan faktor reduksi**

Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1140,4 \times 400}{0,85 \times 35 \times 450} = 34,07 \text{ mm}$$

Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{35 - 28}{7} = 0,8$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{34,07}{0,8} = 42,59 \text{ mm}$$

Regangan tarik

$\varepsilon_0 = 0,003$ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3

Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{d - c}{c} \right) = 0,003 \times \left(\frac{576 - 42,59}{42,59} \right) = 0,038$$

Sehingga $0,038 > 0,005$ digunakan faktor reduksi $\phi = 0,9$

- **Kontrol kekuatan**

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

$$\phi Mn = 0,9 \times 1140,4663 \times 400 \times \left(576 - \frac{34,07}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 2,29 \times 10^8 \text{ Nmm} > Mu = 1,24 \times 10^8 \text{ Nmm (OK)}$$

- b. Akibat momen negatif tulangan lentur tekan**

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur tarik berdasarkan pasal 21.5.2.2 SNI 2847-2013

$$A_s' = 0,5 \cdot A_s = 0,5 (1140,4) = 570,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur tekan 2D22 ($A_s = 760,26 \text{ mm}^2$)

Persyaratan lentur berdasarkan pasal 21.5.2.2 SNI 2847:2013: Baik kekuatan lentur negatif maupun kekuatan lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

$$\begin{aligned} \phi Mn^- \text{ atau } \phi Mn^+ &> \frac{1}{4} \phi Mn^- \\ 2,29 \times 10^8 Nmm &> \frac{1}{4} \phi Mn^- \\ 2,29 \times 10^8 Nmm &> \frac{1}{4} \cdot 2,29 \times 10^8 Nmm \\ 2,29 \times 10^8 Nmm &> 0,57 \times 10^8 Nmm \text{ (OK)} \end{aligned}$$

❖ Perencanaan tulangan geser daerah tumpuan

Tulangan sengkang untuk SRPMK harus didesain untuk memikul gaya geser rencana yang ditimbulkan oleh kuat lentur maksimum (M_{pr}) dengan tanda berlawanan yang dianggap bekerja pada muka tumpuan. Pada saat yang bersamaan komponen struktur tersebut dianggap memikul beban gravitasi terfaktor disepanjang bentangnya. Besarnya gaya geser rencana dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$V_{ki} = \frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{ln} + \frac{qu \cdot ln}{2}$$

$$V_{ka} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln} - \frac{qu \cdot ln}{2}$$

Nilai M_{pr} dihitung sebagai berikut :

Untuk tulangan 10D22 di sisi atas tumpuan

$$a = \frac{As \times 1,25fy}{0,85 f'c b} = \frac{3801,32 \times 1,25(400)}{0,85(35)(450)} = 141,9 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^- = As \times 1,25fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{pr}^- = 3801,32 \times 1,25(400) \times \left(606,67 - \frac{141,9}{2}\right)$$

$$M_{pr}^- = 1018147769 \text{ Nmm} = 1018,148 \text{ kNm}$$

Untuk tulangan 4D22 di sisi bawah tumpuan

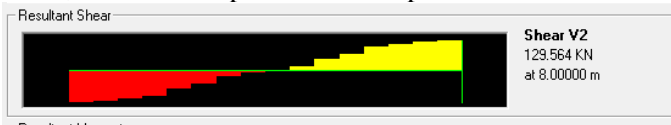
$$a = \frac{As \times 1,25fy}{0,85 f'c b} = \frac{1520,5 \times 1,25(400)}{0,85(35)(450)} = 56,79 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^+ = As \times 1,25fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{pr}^+ = 1520,53 \times 1,25(400) \times \left(576 - \frac{56,79}{2} \right)$$

$$M_{pr}^+ = 416325450,4 \text{ Nmm} = 416,33 \text{ kNm}$$

Dalam mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4. sehingga untuk V_u diambil dari kombinasi 1,2D+1,6L yang didapatkan dari aplikasi SAP2000, berikut merupakan hasil output SAP2000 :



Gambar 7. 17 Gaya Geser Balok BI.1 (SAP2000)

Sehingga gaya geser rencana dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{ki} = \frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{ln} + \frac{qu \cdot ln}{2} = \frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{ln} + V_u$$

$$V_{ki} = \frac{416,32 + 1018,1}{7,25} + 129,564 = 197,86 \text{ kN}$$

$$V_{ka} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln} - \frac{qu \cdot ln}{2} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln} - V_u$$

$$V_{ka} = \frac{416,32 + 1018,1}{7,25} - 129,56 = 68,3 \text{ kN}$$

Gaya geser maksimum yang ditimbulkan oleh beban gempa adalah :

$$V_{sway} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{ln} = \frac{416,32 + 1018,1}{7,25} = 197,86 \text{ kN}$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton (V_c) dapat diambil sama dengan nol apabila :

a. gaya geser akibat gempa lebih besar atau sama dengan 50% dari kuat geser perlu maksimum di sepanjang daerah tersebut

$$50\% \text{ nilai gaya geser total} = \frac{1}{2} \cdot 197,86 \text{ kN} = 98,93 \text{ kN}$$

$$V_{sway} \geq 50\% \text{ nilai gaya geser total}$$

$$197,86 \text{ kN} \geq 98,93 \text{ kN (OK)}$$

b. serta apabila gaya aksial tekan terfaktor termasuk akibat beban gempa lebih kecil dari $\frac{Ag \cdot f'c'}{20}$

$$P_u = 39755,06 \text{ N}$$

$$P_u < \frac{Ag \cdot f'c'}{20}$$

$$606640,5 \text{ N} < \frac{(450 \cdot 650) \cdot (35)}{10}$$

$$606640,5 \text{ N} < 1023750 \text{ N (OK)}$$

Maka nilai V_c dapat diambil nol, $V_c=0$ maka,

$$V_u = \phi V_s + \phi V_c$$

$$V_u = \phi V_s + 0$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{197,86 \text{ kN}}{0,75} = 263,81 \text{ kN}$$

$$V_s < 0,66 \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$$

$$263,8 < 0,66 \sqrt{35} \cdot 450 \cdot (576) \cdot 10^{-3}$$

$$263,8 \text{ kN} < 1012,075 \text{ kN (OK) penampang mencukupi}$$

Coba gunakan sengkang 2 kaki dengan diameter 13 mm (265,464), maka jarak tulangan antar sengkang dapat dihitung sebagai berikut :

$$s = \frac{Asfyd}{V_s} = \frac{(265,464)(400)(576)}{231,8 \cdot 10^3} = 231,84 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum yang terletak di daerah tumpuan sepanjang $2h = 2(650) = 1300 \text{ mm}$. tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

$$\frac{d}{4} = \frac{626}{4} = 156,5 \text{ mm}$$

$$6db = 6(22) = 132 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm}$$

Diambil nilai yang terkecil yaitu $s = 120 \text{ mm (OK)}$

Sehingga dipasang sengkang tertutup 2D13-120 mm sepanjang 1300 mm dari muka tumpuan, dan sengkang tertutup pertama dipasang 50 mm dari muka tumpuan.

❖ **Perencanaan tulangan geser daerah lapangan**

Untuk gaya geser yang bekerja pada jarak 1400 mm dari muka tumpuan hingga ke bagian lapangan adalah :

$$q_u = \frac{Vu \text{ tumpuan. 2}}{ln} = \frac{197,85 \cdot 2}{7,25} = 54,6 \text{ kN}$$

$$Vu \text{ lapangan} = 121,44 - (54,58 \cdot 1,4) = 121,44 \text{ kN}$$

$$Vc = 0,17\lambda\sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d = 0,17(1)\sqrt{35} \cdot 450 \cdot 576 = 274,56 \text{ kN}$$

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc = \frac{121,44}{0,75} - (274,57) = 112,64 \text{ kN}$$

$$Vs < 0,66\sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$$

$$112,64 < 0,33\sqrt{35} \cdot 450 \cdot (576) \cdot 10^{-3}$$

$$112,64 \text{ kN} < 532,98 \text{ kN (OK)}$$

Coba gunakan sengkang 2 kaki dengan diameter 13 mm (265,46), maka jarak tulangan antar sengkang dapat dihitung sebagai berikut :

$$s = \frac{Asf_yd}{Vs} = \frac{(2625,46)(400)(576)}{112,6 \cdot 10^3} = 571,9 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum yang terletak di daerah lapangan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

$$s = \frac{d}{2} = \frac{576}{2} = 288 \text{ mm}$$

$$s = \frac{Av \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot bw} = 674,19 \text{ mm}$$

$$s = 600 \text{ mm}$$

Diambil nilai yang terkecil yaitu $s = 200 \text{ mm (OK)}$

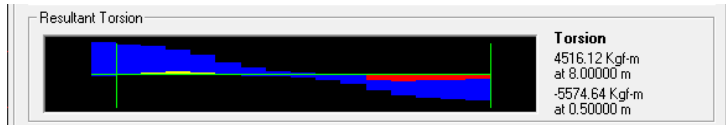
Sehingga dipasang sengkang tertutup 2D13-200mm.

❖ Perencanaan tulangan torsi

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, tulangan torsi dibutuhkan apabila :

$$T_u \geq \phi \cdot 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :



Gambar 7. 18 Torsi Balok BI.1 (SAP2000)

$$\begin{aligned} T_u &= 55746400 \text{ Nmm (output dari SAP2000)} \\ A_{cp} &= \text{Luas penampang keseluruhan} \\ A_{cp} &= b \times h = 450 \times 650 = 292500 \text{ mm}^2 \\ P_{cp} &= \text{keliling penampang keseluruhan} \\ P_{cp} &= 2 \times (b+h) = 2 \times (450+650) = 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan persyaratan tulangan puntir :

$$55746400 \text{ Nmm} \geq (0,75) \cdot 0,083(1) \sqrt{35} \left(\frac{292500^2}{2400} \right)$$

$$55746400 \text{ Nmm} \geq (0,75) \cdot 0,083(1) \sqrt{35} \left(\frac{292500^2}{2400} \right)$$

$$55746400 \text{ Nmm} \geq 14321959.39 \text{ Nmm (NO OK)}$$

Maka dibutuhkan tulangan torsi

Periksa kecukupan penampang berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.1 :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot A_o h^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \right)$$

Dimana :

$$V_u = 184 \text{ kN} = 184025.4 \text{ N}$$

$$P_h = 2 \times (x_o + y_o)$$

x_o = lebar as ke as tulangan sengkang

$$x_o = 450 - 2 \cdot \left(50 + \frac{13}{2} \right) = 377 \text{ mm}$$

y_o = tinggi as ke as tulangan sengkang

$$y_o = 650 - 2 \cdot \left(50 + \frac{13}{2} \right) = 537 \text{ mm}$$

$$P_h = 2 \times (377 \text{ mm} + 537 \text{ mm}) = 1748 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = x_o \cdot y_o = 377 \text{ mm} \cdot 537 \text{ mm} = 180969 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot \sqrt{35} \cdot 450 \cdot 57 = 269181,6$$

Cek kecukupan penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{184025.4 \text{ N}}{(450)(576)} \right)^2 + \left(\frac{55746400 \cdot (1748)}{1,7 \cdot (180969)^2} \right)^2}$$

$$\leq \phi \left(\frac{269181,6}{(450)(576)} + 0,66 \cdot \sqrt{35} \right)$$

$$0,5 \text{ Mpa} \leq 3,06 \text{ Mpa (OK)}$$

Sehingga dimensi penampang mencukupi jadi dimensi tidak perlu diperbesar

Tentukan kebutuhan tulangan transversal penahan torsi berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.6 :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta}$$

Dimana :

$$\theta = 45^\circ$$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 180969 \text{ mm}^2 = 153823.65 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan transversal penahan torsi :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{\frac{55746400}{0,75}}{2 \cdot (153823.65) \cdot (400) \cdot \cot(45)}$$

$$\frac{At}{s} = 0.604 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Pada daerah tumpuan :

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{263811 \text{ N}}{(400) \cdot (576)} = 1,145 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s}$$

$$\frac{Avt}{s} = 0,6 + 1,145 = 2,35 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang sebelum pengaruh torsi 2D13

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} = \frac{265,46}{120} = 2,21 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} < 2,35 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad \text{No OK}$$

Maka tulangan sengkang ditambah menjadi 3D13 (398,196 mm²)

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} = \frac{398,196}{120} = 3,32 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} < 2,35 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad \text{OK}$$

Maka sengkang menjadi 3D13-120mm

Pada daerah lapangan :

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d} = \frac{112640 \text{ N}}{(400) \cdot (576)} = 0,49 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s}$$

$$\frac{Avt}{s} = 0,6 + 0,49 = 1,697 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan sengkang sebelum pengaruh torsi 2D13-250

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} = \frac{265,46}{250} = 1,33 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} < 1,697 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad \text{No OK}$$

Maka tulangan sengkang ditambah menjadi 3D13 (398,196 mm²)

$$\frac{Av \text{ pakai}}{s} = \frac{398,196}{200} = 1,99 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} > 1,697 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad \text{OK}$$

Maka sengkang menjadi 3D13-200mm

Tulangan sengkang yang terpasang sudah memenuhi.

Tulangan longitudinal penahan torsi :

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$Al = \frac{At}{s} \cdot Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 45^\circ$$

$$Al = 0,6.1748 \cdot \left(\frac{400}{400} \right) \cdot \cot^2 45^\circ = 1055,81 \text{ mm}^2$$

Periksa terhadap persyaratan tulangan minimum :

$$Al_{min} = \left(\frac{0,42 \cdot \sqrt{f'c} \cdot Acp}{f_y} \right) - \frac{At}{s} \cdot Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right)$$

$$Al_{min} = \left(\frac{0,42 \cdot \sqrt{35} \cdot 292500}{400} \right) - 0,6.1748 \cdot \left(\frac{400}{400} \right)$$

$$Al_{min} = 761,17 \text{ mm}^2$$

Tulangan memanjang didistribusikan pada keliling penampang, luas total tulangan memanjang untuk pemikul torsi adalah

$$Al = 1055,81 \text{ mm}^2. \text{ Digunakan } \frac{1}{3} Al = \frac{1}{3} 1055,81 = 352,93 \text{ mm}^2$$

Maka keutuhan tulangan torsi memanjang untuk semua sisi :

Digunakan tulangan D22 mm ($As_{D22} = 380,132 \text{ mm}^2$)

$$n \text{ tulangan} = \frac{As \text{ pakai}}{As_{D22}} = \frac{351,93}{380,132} = 0,93 = 2 \text{ buah}$$

maka dipakai tulangan 2D22 untuk menahan pengaruh torsi di semua sisi

7.1.4 Rekapitulasi tulangan balok induk BI.1

Tabel 7. 4 Rekapitulasi Tulangan BI.1

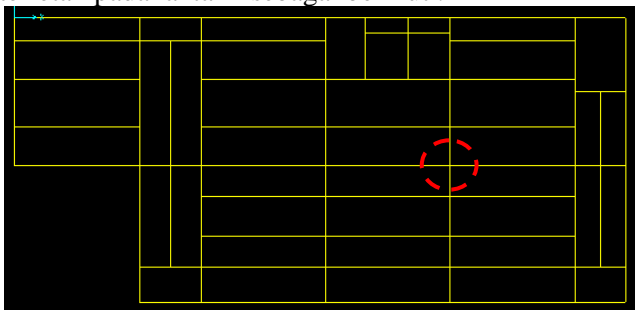
Kondisi		Tumpuan		Lapangan		Sendi Plastik			Luar Sendi Plastik			Torsi Longitudinal					
		Tulangan Lentur		Tulangan Lentur		kaki	Diameter	Jarak	kaki	Diameter	Jarak	n	D				
		n	D	n	D												
Pangkakan	Tekan	2	22	2	22	3	D	13	-	120	3	D	13	-	200	2	22
	Tarik	3	22	3	22												
Sebelum Komposit	Tekan	2	22	2	22												
	Tarik	3	22	3	22												
Setelah Komposit	Tekan	4	22	2	22												
	Tarik	10	22	3	22												

Tabel 7. 5 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

Kondisi		Tumpuan		Lapangan		Sendi Plastik			Luar Sendi Plastik			Torsi Longitudinal					
		Tulangan Lentur		Tulangan Lentur		kaki	Diameter	Jarak	kaki	Diameter	Jarak	n	D				
		n	D	n	D												
BI.1	Tekan	4	22	2	22	3	D	13	-	120	3	D	13	-	200	2	22
	Tarik	10	22	3	22												
BI.2	Tekan	6	22	2	22	3	D	13	-	120	3	D	13	-	200	2	22
	Tarik	9	22	3	22												
BI.3	Tekan	8	22	2	22	3	D	13	-	120	3	D	13	-	200	2	22
	Tarik	10	22	3	22												
BI.4	Tekan	8	22	2	22	3	D	13	-	120	3	D	13	-	150	2	22
	Tarik	10	22	3	22												
BI.5	Tekan	3	22	2	22	2	D	13	-	95	2	D	13	-	190	2	22
	Tarik	3	22	3	22												
BI.6	Tekan	3	22	2	22	2	D	13	-	95	2	D	13	-	190	2	22
	Tarik	3	22	3	22												

7.2 Perencanaan Kolom

Pada perhitungan kolom, kolom yang dihitung adalah kolom K1 yang terletak pada lantai 1 sebagai berikut :



Gambar 7.19 Letak kolom yang ditinjau

7.2.1 Data perencanaan

Dan data perencanaan kolom didapat dari hasil preliminary desain yang telah dilakukan sebelumnya. Data-datanya sebagai berikut :

- Dimen kolom : 750 x 750 mm²
- Mutu beton (fc') : 35 Mpa
- Mutu baja (fy) : 400 Mpa
- Selimut beton (d) : 50 mm
- Tulangan lentur : 25 mm
- Tulangan sengkang : 16 mm

Dari aplikasi SAP2000 didapatkan gaya-gaya yang bekerja pada kolom K.1

Tabel 7.6 Rekapitulasi gaya-gaya yang terjadi pada balok

Kombinasi	Gaya Aksial (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)
Kolom Lantai 2			
1.4D	3671.45	13.82	27.96
1.2D+1.6L	4387.43	19.86	34.51
Envelope	4387.43	487.38	438.69
Kolom Lantai 1			
1.4D	4228.48	5.41	24.87
1.2D+1.6L	5085.98	8.54	31.58
Envelope	5085.98	623.91	524.97

7.2.2 Cek syarat komponen struktur penahan gempa

- Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1 gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi :

$$Pu > \frac{Ag \cdot f'c}{10}$$

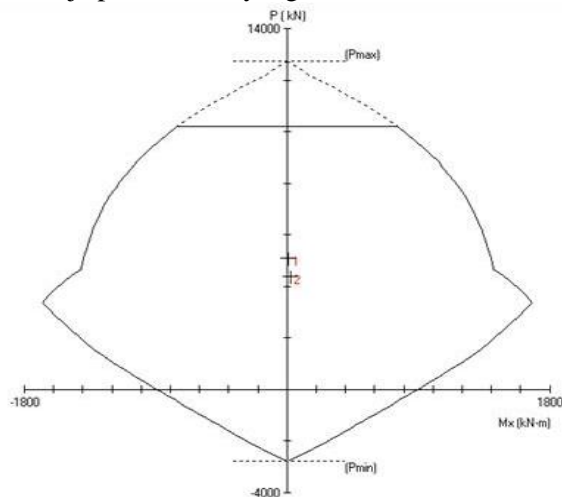
$$Pu > \frac{(750 \cdot 750) \cdot 35}{10}$$

$$5085,98 \text{ kN} > 1968,75 \text{ kN (OK)}$$

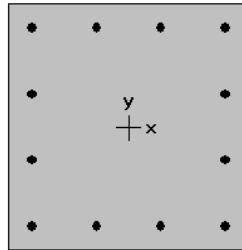
- Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1.1 dimensi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm
 $b = 750 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (OK)
- Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1.2 rasio penampang tidak kurang dari 0,4 :
 Rasio antara b dan h = $\frac{750}{750} = 1 > 0,4$ (OK)

7.2.3 Perhitungan tulangan longitudinal penahan lentur

Sebagai desain awal digunakan kolom berukuran 750 x 750 mm² dan dengan konfigurasi tulangan longitudinal didapatkan dari bantuan program PCACol dengan memasukkan data-data dan gaya yang bekerja pada kolom yang akan didesain.



Gambar 7.20 Diagram interaksi P-M Kolom K1 dari program PCACOL



750 x 750 mm
1.38% reinf.

Gambar 7.21 Konfigurasi tulangan longitudinal kolom yang didapatkan dari program PCACol

Dengan melihat hasil dari program PCACol, didapatkan konfigurasi tulangan longitudinal 12 D 25 dengan rasio tulangan $\rho=1,376$ %. Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.9.1 batasan rasio tulangan komponen struktur tekan diijinkan dari 0,01 - 0,06, sehingga persyaratan ini sudah terpenuhi ($0,01 < 0,01376 < 0,06$).

7.2.4 Persyaratan kolom kuat balok lemah (*Strong Column Weak Beam*)

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2, kuat lentur dari suatu kolom harus memenuhi persyaratan berikut :

$$\sum M_{nc} \geq \frac{6}{5} \sum M_{nb}$$

Dimana :

$\sum M_{nc}$ = jumlah kuat lentur nominal kolom yang merangka pada suatu hubungan balok kolom (HBK). Kuat lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau yang menghasilkan nilai kuat lentur yang terkecil.

$\sum M_{nb}$ = jumlah kuat lentur nominal balok yang merangka pada suatu hubungan balok kolom (HBK).

a. Menentukan nilai $\sum M_{nb}$

Untuk perhitungan momen nominal balok yang merangka pada balok disediakan dalam tabel berikut :

Tabel 7.7 Rekapitulasi kuat lentur nominal balok yang merangka pada kolom

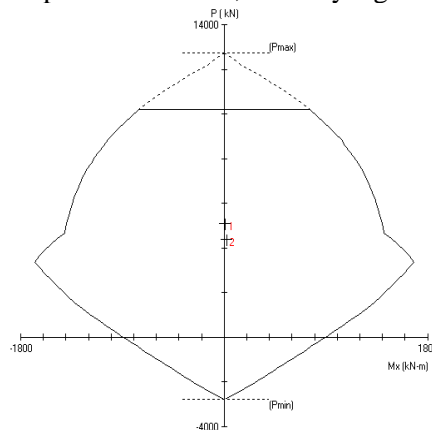
Lokasi	Letak Tul	Tul Terpasang	As (mm ²)	Mn (kN-m)
Ujung kiri	atas	6 D 22	2280.796	494.410
	bawah	12 D 22	4561.593	926.647
Ujung kanan	atas	7 D 22	2660.929	570.767
	bawah	10 D 22	3801.327	789.476

Pengaruh kuat lentur nominal balok yang merangka pada kolom :

$$\frac{6}{5} \sum M_{nb} = \frac{6}{5} (926,647 + 570,767) = 1796,9 \text{ kNm}$$

b. Menentukan nilai $\sum M_{nc}$

Untuk menentukan nilai $\sum M_{nc}$, didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah / kolom desain dengan program bantu PCACol, yaitu dengan memasukkan gaya aksial yang terjadi pada kolom atas, kolom yang didesain.



Gambar 7.22 Diagram interaksi P-M pada kolom untuk menentukan nilai Mn kolom

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:				
No.	Pu kN	Mux kN-m	fMnx kN-m	fMn/Mu
1	5086.0	8.5	1394.9	163.347
2	4387.4	19.9	1485.5	74.782

*** Program completed as requested! ***

Gambar 7.23 Output diagram interaksi P-M kolom atas dan bawah

Untuk menentukan nilai $\sum M_{nc}$, didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah / kolom desain dengan program bantu PCACol, yaitu dengan memasukkan gaya aksial yang terjadi pada kolom atas, kolom yang didesain dan kolom bawah.

$$M_c(\text{kolom atas}) = 1394,9 \text{ kNm}$$

$$M_c(\text{kolom desain}) = 1485,5 \text{ kNm}$$

Kuat lentur nominal kolom akibat kolom desain dan kolom atas :

$$\sum M_{nc} = M_{nc}(\text{atas}) + M_{nc}(\text{desain})$$

$$\sum M_{nc} = \frac{1485,5 \text{ kNm} + 1394,9 \text{ kNm}}{0,9} = 3200,44 \text{ kNm}$$

Sehingga dilakukan cek syarat sebagai berikut $\sum M_{nc} \geq \frac{6}{5} \sum M_{nb}$:

- Untuk hubungan balok kolom diatas kolom desain

$$\sum M_{nc} \geq \frac{6}{5} \sum M_{nb}$$

$$3200,4 \text{ kNm} \geq 1796,9 \text{ kNm (OK)}$$

Sehingga untuk persyaratan *strong column weak beam* telah terpenuhi.

7.2.5 Perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement*

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2, panjang l_o daerah sendi plastis kolom, diambil tidak kurang dari :

- Tinggi komponen struktur pada muka hubungan balok kolom,
 $h = 750 \text{ mm}$

- $\frac{1}{6}$ dari bentang bersih komponen struktur

$$\frac{1}{6} \cdot l_n = \frac{1}{6} \cdot (3550) = 591,67 \text{ mm}$$

- 450 mm

maka panjang l_o diambil yang terkecil yaitu 750 mm

Penentuan luas tulangan transversal kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, untuk daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom total luas tulangan transversal tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \cdot \frac{s \cdot b_c \cdot f'c}{f_y} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right] \text{ dan } \frac{A_{sh}}{s} = 0,09 \cdot \frac{s \cdot b_c \cdot f'c}{f_y}$$

Dimana :

b_c = ukuran inti penampang diukur tegak lurus terhadap kaki sengkang.

A_{ch} = ukuran inti penampang diukur hingga sisi terluar sengkang tertutup

$$b_c = bw - 2 \cdot \text{decking} = 750 - 2 \cdot (50) = 650 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = 650 \text{ mm} \cdot 650 \text{ mm} = 422500 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 750 \text{ mm} \cdot 750 \text{ mm} = 562500 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \cdot \frac{b_c \cdot f'c}{f_y} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \cdot \frac{(650) \cdot (35)}{400} \left[\frac{(562500)}{(422500)} - 1 \right] = 5,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Atau,

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,09 \cdot \frac{b_c \cdot f'c}{f_y}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,09 \cdot \frac{(650) \cdot (35)}{400} = 5,12 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sehingga diambil nilai yang terbesar yaitu :

$$\frac{A_{sh}}{s} = 5,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Penentuan jarak tulangan transversal

Syarat jarak tulangan transversal berdasarkan SNI 2847-2013

Pasal 21.6.4.3:

- $\frac{1}{4} x$ dimensi terkecil komponen struktur

$$\frac{1}{4} \cdot 750 = 187,5 \text{ mm}$$

- $6 \cdot db = 6 \cdot (25) = 150 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \geq S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$

$$\text{Nilai } h_x = \frac{1}{3} \cdot bc = \frac{1}{3} \cdot (650) = 217 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \geq S_o = 100 + \left(\frac{350 - 217}{3} \right)$$

$$100 \text{ mm} \geq S_o = 144,4$$

Sehingga diambil jarak antar tulangan transversal yaitu 100 mm.

maka luas sengkang confinement yang dibutuhkan adalah :

$$A_{sh} = 5,654 \cdot s = 5,654 \cdot (100) = 565,4 \text{ mm}^2$$

Misal dipasang tulangan 4 kaki D16 didapatkan $A_{sh} (804,25 \text{ mm}^2 > 565,4 \text{ mm}^2)$.

Dipasang tulangan confinement 4D16-100 mm sepanjang 750 mm dari muka hubungan balok kolom.

Diluar daerah sendi plastis dipasang tulangan confinement dengan spasi tidak boleh melebihi (SNI-2847-2013.pasal 21.6.4.5:

- 150 mm
- $6 \cdot dL = 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm}$

Maka dipakai 4D16-150 mm

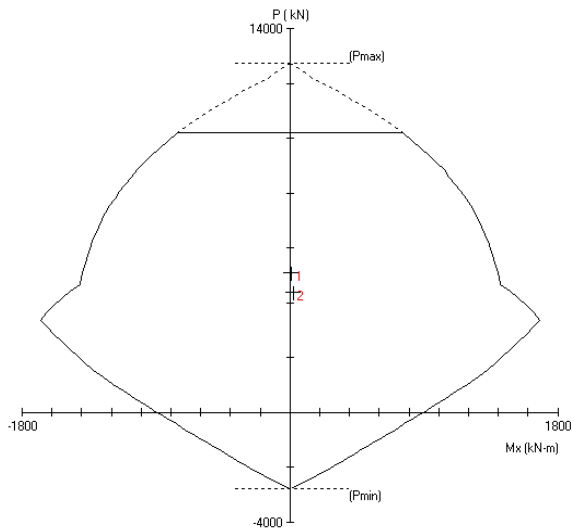
7.2.6 Perhitungan gaya geser desain V_e

Gaya geser V_e harus diambil sebagai berikut :

a. Gaya geser yang berhubungan dengan sendi plastis di kedua ujung kolom :

$$V_e = \frac{M_{prc\ atas} + M_{prc\ bawah}}{l_u}$$

Nilai M_{prc} ujung kolom ditentukan dengan menganggap kuat tarik pada tulangan memanjang sebesar minimum $1,25f_y$ dan faktor reduksi $\phi = 1$, dengan l_u adalah tinggi kolom. Dari arah x dan y diambil nilai ϕM_n yang terbesar. Dalam hal ini, diperoleh arah x yang terbesar. Dari diagram interaksi di bawah diperoleh M_{prc} kolom lantai bawah dan disamakan dengan kolom lantai atas:



Gambar 7.24 Diagram interaksi P-M menggunakan mutu tulangan $1,25f_y$

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kN-m	fMnx kN-m	fMn/Mu
1	5086.0	8.5	1394.9	163.347
2	4387.4	19.9	1485.5	74.782

*** Program completed as requested! ***

Gambar 7.25 Output diagram interaksi akibat menggunakan mutu tulangan 1,25fy

b. Hasil langkah a diatas tidak perlu melebihi dari

$$V_e = \frac{\sum M_{prb atas} \cdot DF_{atas} + \sum M_{prb bawah} \cdot DF_{bawah}}{l_u}$$

M_{prb} adalah kuat lentur maksimum dari balok yang merangka pada hubungan balok kolom, dengan l_u adalah tinggi bersih kolom. Nilai M_{pr} ini diambil dari perhitungan geser balok. Dan nilai DF dapat diambil sama besar 0,5

Tabel 7.8 Momen M_{pr} yang terjadi pada balok

Lokasi	Arah Goyangan	M_{pr} (kN-m)
Tumpuan Kanan	Kiri	1018.148
Tumpuan Kanan	Kanan	1018.148
Tumpuan Kiri	Kiri	416.325
Tumpuan Kiri	Kanan	416.325

$$V_{sway} = \frac{(1018,2 + 416,3) \cdot (0,5) + (1018,2 + 416,3) \cdot (0,5)}{4,2}$$

$$V_{sway} = 341,54 \text{ kN}$$

c. Namun hasil V_e dari langkah diatas tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor hasil analisis aplikasi SAP2000

$$V_{uanalisis} = 188,86 \text{ kN}$$

Maka dari ketiga langkah diatas digunakan nilai $V_e=341,54$ kN
 Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c Berdasarkan
 SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2, kontribusi beton akan
 diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila:

- Apabila nilai $V_e > \frac{1}{2} V_u$
 $341,54$ kN $> \frac{1}{2} \cdot 188,86$ kN
 $341,54$ kN $> 94,4$ kN (OK)

- Apabila $P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$
 $5085,98$ kg $< \frac{750 \cdot 750 \cdot 35}{10}$
 $5085,98$ kN $> 1968,75$ kN (Tidak Ok)

Karena terdapat nilai yang tidak memenuhi, maka kontribusi V_c
 dapat diperhitungkan, sehingga:

$$d = 750 - 50 - 16 - \frac{25}{2} = 671,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{35} \cdot 750 \cdot 671,5$$

$$V_c = 496,58 \text{ kN}$$

Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser
 rencana :

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{341,54}{0,75} = 427,3 \text{ kN}$$

$$\frac{V_c}{2} = \frac{496,58}{2} = 248,3 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2} = 427,3 > 248,3$$

Tidak perlu tulangan geser tambahan

Cek apakah hanya butuh tulangan geser minimum :

$$V_c + \frac{1}{3} \cdot b \cdot w \cdot d = 496,58 + \frac{1}{3} \cdot 750 \cdot 671,5 \cdot 10^{-3} = 664,5 \text{ kN}$$

$\frac{V_u}{\phi} < V_c + \frac{1}{3} \cdot b \cdot w \cdot d = 62,5 < 664,5$ maka hanya diperlukan
 tulangan geser minimum. Karena pada perhitungan sebelumnya

sudah dipasang tulangan confinement 4D16-150 (804,25 mm²) maka untuk perhitungan kebutuhan tulangan geser minimum sebagai berikut :

$$A_{vmin} = \frac{bw \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{750 \cdot 150}{3 \cdot 400} = 93,75 \text{ mm}^2$$

Karena pada perhitungan sebelumnya telah dipasang tulangan confinement 4D16 dengan Ash (804,25 mm²) maka :

Ash > Av min, sudah tidak perlu tulangan geser tambahan.

Untuk daerah di luar l_o , SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.2 memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja, yakni:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{5085980}{14(750 \cdot 750)} \right) (1) \sqrt{35} \cdot (750) \cdot (671,5)$$

$$V_c = 833638 \text{ N} = 833,6 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_c > V_u$, maka pada daerah l_o dapat dipasang tulangan sengkang dengan jarak $\frac{d}{2}$.

$$\frac{d}{2} = \frac{671,5}{2} = 335,75 \text{ mm}$$

Namun persyaratan jarak tulangan transversal di luar daerah l_o menyatakan bahwa jarak antara tulangan tidak boleh melebihi 150 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5), sehingga tetap harus dipasang tulangan dengan jarak maksimal 150 mm. Sehingga dipasang 4D16- 150 mm. Jadi, berdasarkan perencanaan penulangan digunakan:

Tulangan lentur: 16D25

Tulangan geser:

4D16 – 100 (sepanjang 0,75 meter dari masing tumpuan) dan
4D16 – 150 di luar 0,75 meter tersebut.

7.2.7 Perhitungan sambungan lewatan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3, panjang lewatan tulangan dari kolom ditentukan sebagai berikut :

$$ld = \left[\left(\frac{fy}{1,1\lambda\sqrt{f'c}} \right) \cdot \left(\frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{Cb + Ktr} \right) \right] \cdot db$$

Dimana parameter yang dibutuhkan diatas ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.4 :

$\psi_t = 1$ (situasi lainnya)

$\psi_e = 1$ (tulangan tanpa pelapis)

$\psi_s = 1$ (tulangan lebih besar dari D22)

$Db = 25$ mm

$\frac{Cb + Ktr}{db} =$ tidak boleh diambil lebih dari 2,5

Maka :

$$ld = \left[\left(\frac{400}{1,1(1)\sqrt{35}} \right) \cdot \left(\frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{2,5} \right) \right] \cdot 25 = 614,7mm$$

Berdasarkan SNI Pasal 12.7.2.2 digunakan class B lap splice jika semua tulangan di salurkan dilokasi yang sama maka dapat dihitung :

$$1,3 \cdot ld = 1,3 \cdot 614,7 = 799,054 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI Pasal 12.7.2.4 1,3 ld dapat direduksi dengan cara dikalikan 0,83 jika confinement sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari 0,0015h.s

$$0,0015(750)(150) = 168,75 \text{ mm}^2 < Av = 804 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan lap splices

$$799,054 \times 0,83 = 663,22 = 700 \text{ mm}$$

Maka digunakan sambungan lewatan 700 mm

7.3. Perencanaan HBK

Pada penulangan perhitungan desain dan detail penulangan hubungan balok-kolom, yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom yang telah di desain sebelumnya.

- a. Cek syarat panjang joint

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.7.2.3 dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar, sehingga :

$$b = h = 750 \text{ mm}$$

$$20 \cdot d_b = 20 \cdot 22 \text{ mm} = 440 \text{ mm} < 750 \text{ mm (OK)}$$

- b. Luas efektif joint (A_j)

A_j merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1:

Lebar balok, $b = 450 \text{ mm}$

Tinggi kolom, $h = 750 \text{ mm}$

$$x = (750\text{mm} - 450 \text{ mm})/2 = 150 \text{ mm}$$

Tinggi joint = tinggi keseluruhan kolom, $h = 750 \text{ mm}$

Lebar joint efektif merupakan nilai yang terkecil dari:

$$b + h = 750 + 450 = 1200 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 450 + 2 \cdot 150 = 750 \text{ mm}$$

Maka lebar efektif joint dipakai $b = 750 \text{ mm}$

$$\text{Maka } A_j = b \cdot h = 750 \cdot 750 = 562500 \text{ mm}^2$$

- c. Penulangan transversal untuk confinement

balok ($= 450 \text{ mm}$) tidak menutupi $\frac{3}{4}$ lebar kolom ($= \frac{3}{4} \times 750 = 562,5 \text{ mm}$), maka kondisi ini dianggap terkekang (SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1). Maka dapat digunakan tulangan transversal HBK ini dapat diambil $\frac{1}{2}$ dari kebutuhan tulangan transversal pada daerah sendi plastis.

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,5 \cdot 5,65 = 2,83 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dapat digunakan jarak maksimum yaitu 150 mm , sehingga :

$$Ash = 2,83 \text{ mm}^2/\text{mm} \cdot (150) = 424 \text{ mm}^2$$

Dipasang sengkang 4 kaki D16-150 (804 mm²)

- d. Perhitungan geser dan kontrol kuat geser

Dari hasil perhitungan geser balok, balok yang merangka pada HBK memiliki $M_{pr} = -1018,15$ kNm dan $+416,33$ kNm. Pada HBK, kekakuan kolom atas dan kekakuan kolom bawah sama, sehingga faktor distribusi (DF) diambil sebesar 0,5 untuk setiap kolom. Maka:

$$M_c = 0,5 \cdot (1018,15 + 416,33) = 717,24 \text{ kNm}$$

Gaya geser kolom atas :

$$V_h = \frac{M_c + M_c}{l_u} = \frac{717,24 + 717,24}{4,2} = 341,54 \text{ kN}$$

Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada tulangan balok longitudinal :

Luas tulangan atas adalah 12D22 ($A_s = 4561,6$ mm²), sehingga gaya tarik yang bekerja pada tulangan atas pada sebelah kiri HBK adalah:

$$T_1 = 1,25 A_s f_y = 1,25 (4561,6) (400) \times 10^{-3} = 2280,8 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada beton di sisi kiri HBK, sebesar:

$$C_1 = T_1 = 2280,8 \text{ kN}$$

Luas tulangan atas adalah 6D22 ($A_s = 2280,8$ mm²), sehingga gaya tarik yang bekerja pada tulangan atas pada sebelah kanan HBK adalah:

$$T_2 = 1,25 A_s f_y = 1,25 (2280,8) (400) \times 10^{-3} = 1140,4 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada beton di sisi kanan HBK, sebesar:

$$C_2 = T_2 = 1140,4 \text{ kN}$$

Gaya geser pada joint :

$$V_j = v_h - T_1 - C_2 = 341,54 - 2280,8 - 1140,4 \\ = 3079,65 \text{ kN searah dengan } T_1$$

e. Cek kuat geser joint

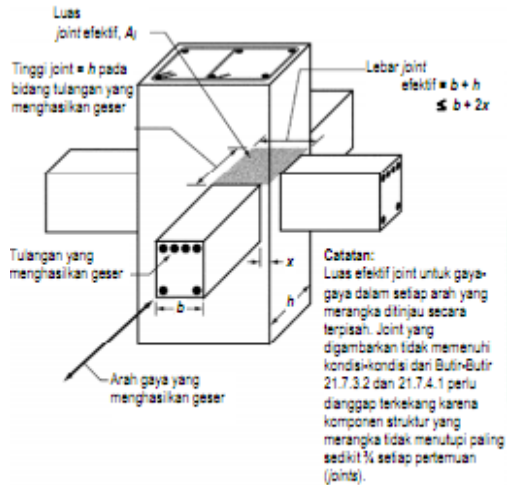
Untuk HBK yang terkekang pada keempat sisinya berlaku kuat geser nominal (SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1):

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A_j = 1,7 \cdot \sqrt{35} \cdot 562500 = 5657251,3 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,85 \cdot 5657251,3 \text{ N} = 4808663,6 \text{ N} = 4808,66 \text{ kN}$$

Kontrol kekuatan joint

$$\phi V_n > V_j = 4808,66 > 3079,65 \text{ kN (OK)}$$



Gambar S21.7.4 - Luas joint efektif

Gambar 7. 26 Hubungan Balok-Kolom

BAB VIII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

8.1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (*non topping*) seperti *mechanical connection* dan *welding connection* yang cukup rumit. Untuk sambungan basah dalam daerah *joint*, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*.

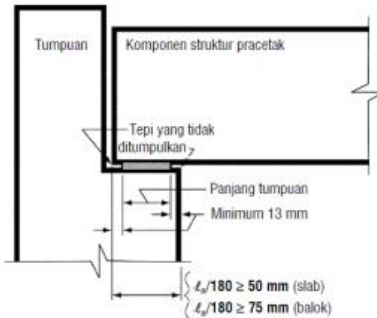
Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat *topping* agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Dalam pelaksanaan kontruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu juga ditinjau *service ability*, kekuatan dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gayagaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan kombinasi dari beban-beban tersebut. Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan.

Baik sambungan cor setempat maupun sambungan *grouting* sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*cast in situ*).

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 16.6.2.2, adalah

- $D = \frac{1}{180} l_n$
- Untuk slab masif atau inti berongga (*hollow-core*) 50 mm
- Untuk balok atau komponen struktur bertangkai (*stemmed*) 75 mm

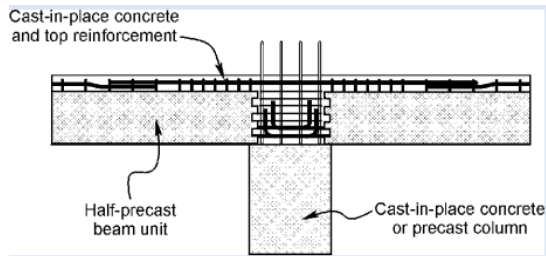


Gambar 8. 1 Lebar tumpuan minimal menurut SNI

Lebar tumpuan minimal menurut SNI Pada tugas akhir ini direncanakan sambungan balok dengan kolom, sambungan balok induk dengan balok anak, sambungan balok dengan pelat, sambungan pelat dengan pelat.

8.2 Sambungan kolom dengan balok

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom direncanakan sambungan penyaluran tulangan di mana tulangan memanjang pada balok diteruskan atau dikaitkan pada kolom berikut merupakan ilustrasi dari sambungan

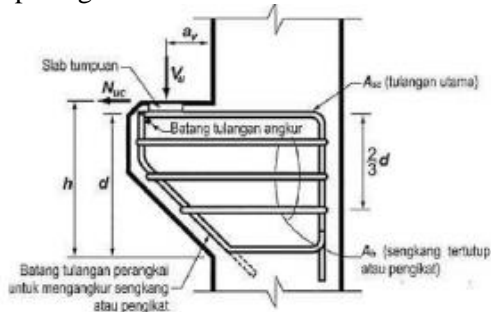


Gambar 8. 2 Sambungan panjang penyaluran (Jaya, 2016)

Dimana sambungan ini disarankan untuk digunakan pada daerah yang memiliki resiko gempa tinggi. Namun untuk memudahkan perletakan balok pada kolom digunakan konsol pendek dimana nantinya balok menumpu pada konsol pendek yang direncanakan.

8.2.1 Perencanaan konsol pada kolom

Perencanaan konsol pada kolom tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 8. 3 Bentuk Konsol Pada Kolom

8.2.1.1 Data perencanaan

Dimensi balok	: 450x650 mm ²
Dimensi kolom	: 750x750 mm ²
Lebar konsol (bw)	: 450 mm

Tinggi konsol (h)	: 500 mm
Diameter tulangan	: 25 mm
Diameter sengkang	: 16 mm
Decking	: 50 mm
Tinggi efektif (d)	: $500 - 50 - 25/2 = 437,5$ mm
A_v	: 150 mm

Untuk perhitungan konsol pada kolom digunakan nilai V_u akibat Mpr di ujung balok pada perencanaan geser balok induk, yaitu :
 $V_u = 197,86$ kN

8.2.1.2 Perhitungan konsol

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

a. Kontrol Dimensi

- $\frac{A_v}{d} = \frac{150}{437,5} = 0,343 < 1$ (OK)

- $N_{uc} \leq V_u$
 $0,2 \cdot 197,86 \leq 197,86$
 $39,57 \text{ kN} \leq 197,86 \text{ kN}$ (OK)

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah :

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{197,86 \text{ kN}}{0,75} = 263,81 \text{ kN}$$

Dan nilai kuat geser V_n tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

- $V_n < 0,2 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot d$
 $263,81 \text{ kN} < 0,2 \cdot (35) \cdot (450) \cdot (437,5)$
 $263811,17 \text{ N} < 1378125 \text{ N}$ (OK)
- $V_n < (3,3 + 0,08 \cdot f'_c) \cdot b_w \cdot d$
 $263811,17 \text{ N} < (3,3 + 0,08 \cdot (35)) \cdot (450) \cdot (437,5)$
 $263811,17 \text{ N} < 1200937,5 \text{ N}$

- $Vn < 11 \cdot bw \cdot d$
 $263811,17 \text{ N} < 11 \cdot (450) \cdot (437,5)$
 $263811,17 \text{ N} < 2165625 \text{ N (OK)}$

b. Menentukan tulangan geser friksi

Digunakan $\mu = 1,4$ untuk beton yang dicor monolit (SNI 2847:2013 Pasal 11.6.4.3)

$$Avf = \frac{Vn}{fy \cdot \mu} = \frac{263811,17 \text{ N}}{(400) \cdot (1,4)} = 471,1 \text{ mm}^2$$

c. Hitung tulangan untuk momen A_f

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan Nuc minimum.

$$Mu = Vu \cdot a + Nuc \cdot (h - d)$$

$$Mu = 197,86.0,15 + 39,57 \cdot (0,5 - 0,438)$$

$$Mu = 32,15 \text{ kNm}$$

$$Af = \frac{Mu}{0,85 \cdot \phi \cdot fy \cdot d}$$

$$= \frac{3251985,95 \text{ Nmm}}{0,85 \cdot (0,75) \cdot (400) \cdot (437,5)} = 288,2 \text{ mm}^2$$

Diambil yang terkecil $288,2 \text{ mm}^2$

d. Hitung tulangan tarik langsung A_n

$$An = \frac{Nuc}{\phi \cdot fy} = \frac{39571,67}{0,75 \cdot 400} = 131,91 \text{ mm}^2$$

e. Hitung tulangan tarik utama A_{sc}

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5, luas tulangan tarik utama (A_{sc}) tidak boleh kurang dari yang paling besar dari :

$$Asc = (Af + An) = (288,2 + 131,9) = 420,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 \cdot Avf}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \cdot (471,1)}{3} + 131,9 \right) = 445,97 \text{ mm}^2$$

$$A_{min} = 0,04 \cdot \left(\frac{f'c}{f_y} \right) \cdot b \cdot d$$

$$= 0,04 \cdot \left(\frac{35}{400} \right) \cdot 450 \cdot 437,5 = 689,06 \text{ mm}^2$$

Dari nilai diatas diambil nilai yang terbesar yaitu :

$$A_{sc} = 689,06 \text{ mm}^2$$

Bila dipakai tulangan 3D25 maka A_s yang terpasang :

$$A_s > A_{sc} = 1472,62 \text{ mm}^2 > 689,06 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Periksa jarak bersih antar tulangan :

$$s = \frac{450 - (2 \cdot 50) - (3 \cdot 25)}{3 - 1} = 137,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.8.2 untuk join pada metode pracetak sebagai penahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut :

$$V_n > 2 \cdot V_e$$

$$(A_s \cdot f_y) > 2 \cdot V_e$$

$$(1472,62 \cdot 400 \cdot 10^{-3}) > 2 \cdot (197,9)$$

$$(589,05 \text{ kN}) > 395,7 \text{ kN (OK)}$$

f. Hitung tulangan geser A_h

Berdasarkan dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.8.3.4 :

$$A_h = 0,5 \cdot (A_{sc} - A_n) = 0,5 \cdot (689,06 - 131,9) = 278,58 \text{ mm}^2$$

Bila dipakai sengkang 3D16 maka A_s yang terpasang :

$$A_s > A_h = 603,185 \text{ mm}^2 > 339,3 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan sengkang dipasang merata sepanjang :

$$\frac{2}{3} \cdot d = \frac{2}{3} \cdot (437,5) = 292 \text{ mm}$$

Periksa jarak bersih antar tulangan :

$$s = \frac{292 - 16 - 25 - (3 \cdot 16)}{3} = 67,56 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Dipanjang sepanjang $s = 100 \text{ mm}$

g. Hitung luas pelat landasan.

Luas bidang tumpuan (landasan) di bawah beban terpusat juga harus diperiksa dan direncanakan agar gaya luar rencana V_u tidak mengakibatkan tegangan melebihi $\phi(0,85) (f_c/AL)$ dimana AL adalah luas landasan.

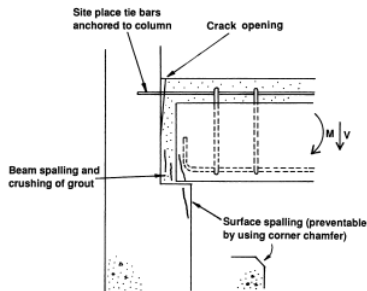
$$V_u = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot AL$$

$$AL = \frac{197858,38 \text{ N}}{0,75 \cdot 0,85 \cdot 35} = 8868 \text{ mm}^2$$

Dipakai pelat landasan seluas penampang konsol untuk menghindari kehancuran di ujung balok :

100 x 100 mm² dengan tebal 15 mm (10000 mm²)

menurut “Multi-storey Precast Concrete Framed Structures (Kim S. Elliot dan Colin K. Jolly)” memberikan gambaran kemungkinan kehancuran pada korbek dan balok akibar dari gaya-gaya yang terjadi pada perletakan.



Gambar 8. 4 *Spalling* di perletakan pada sambungan penahan momen

Oleh karena itu pada ujung konsol digunakan *corner chamfer* berukuran 50x50 mm²

8.2.2 Panjang penyaluran sambungan balok kolom

Sistem sambungan antara balok dengan kolom pada perencanaan memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan

balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke atas.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan

a. Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan

Perhitungan panjang penyaluran ini berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.3, diambil yang terbesar dari:

$$l_{dc} = \left(\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) \cdot db = \left(\frac{0,24 \cdot (400)}{1\sqrt{35}} \right) \cdot 22 = 357 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = (0,043 \cdot f_y) \cdot db = (0,043 \cdot 400) \cdot 22 = 378 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran 400 mm

b. Panjang penyaluran tulangan tarik

Perhitungan panjang penyaluran tulangan tarik berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2

$$ld = \left[\left(\frac{f_y}{1,7\lambda} \right) \cdot \left(\frac{\psi_t \cdot \psi_e}{\sqrt{f'_c}} \right) \right] \cdot db$$

Dimana parameter yang dibutuhkan diatas ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.4 :

$\psi_t = 1,3$ (beton segar dicor dibawah sambungan)

$\psi_e = 1$ (tulangan tanpa pelapis)

$Db = 22 \text{ mm}$

$$ld = \left[\left(\frac{400}{1,7(1)} \right) \cdot \left(\frac{(1,3) \cdot (1)}{\sqrt{35}} \right) \right] \cdot 22 = 1137 > 300 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tarik $ld = 1200 \text{ mm}$

c. Panjang penyaluran kait standar dalam tarik

Perhitungan panjang penyaluran kait standar dalam tarik berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.5 :

$$l_{dn} = \left(\frac{0,24 \cdot \psi_e \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) \cdot db$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \cdot (1) \cdot (400)}{(1)\sqrt{35}} \right) \cdot 22 = 357 \text{ mm}$$

Dimana nilai diatas tidak boleh kurang dari :

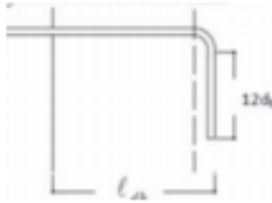
$$8 \cdot db = 8 \cdot (22) = 176 \text{ mm dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 357 \text{ mm} > 176 \text{ mm (OK)}$$

$$l_{dh} = 357 \text{ mm} > 150 \text{ mm (OK)}$$

Maka digunakan panjang penyaluran 400 mm dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar :

$$12 \cdot db = 12 \cdot (22) = 264 \text{ mm} \approx 270 \text{ mm}$$



Gambar 8. 5 Penyaluran tulangan dengan kait standar

8.2.3 Pelat siku ujung balok

Untuk menghindari atau mengantisipasi kemungkinan retak vertikal dan horizontal pada ujung balok direncanakan pelat siku dan tulangan tarik untuk mengantisipasi kemungkinan retak yang terjadi , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$F_c' \quad \quad \quad : 35 \text{ Mpa}$$

$$F_y \quad \quad \quad : 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan} \quad : 16 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan konsol pada kolom digunakan nilai V_u akibat M_{pr} di ujung balok pada perencanaan geser balok induk, yaitu :

$$V_u = 197,86 \text{ kN}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah :

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{197,86 \text{ kN}}{0,75} = 263,81 \text{ kN} = 263811,17 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.3, nilai Nuc:

$$Nuc \leq Vu$$

$$0,2.197,86 \leq 197,86$$

$$39,57 \text{ kN} \leq 197,86 \text{ kN (OK)}$$

Kebutuhan tulangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$Asc = (Avf + An)$$

Dimana nilai Avf dapat ditentukan sesuai dengan SNI 2847-2013

Pasal 11.6.4 sebagai berikut :

$$Avf = \frac{Vn}{fy \cdot (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)}$$

Direncanakan sudut tulangan $\alpha = 20^\circ$

$$Avf = \frac{Vn}{fy \cdot (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)} = \frac{263811,17}{400 \cdot (1,4 \sin(20) + \cos(20))}$$

$$Avf = 464,9 \text{ mm}^2$$

Dan nilai An dapat ditentukan sesuai dengan SNI 2847-2013

Pasal 11.6.4 sebagai berikut :

$$An = \frac{Nuc}{\phi \cdot fy} = \frac{39571,68}{(0,75) \cdot (400)} = 131,91 \text{ mm}^2$$

$$Asc = (Avf + An) = (464,9 + 131,91) = 596,8 \text{ mm}^2$$

Bila dipakai tulangan 3D16 maka As yang terpasang :

$$As > Asc = 603,19 \text{ mm}^2 > 596,8 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Untuk panjang penyaluran tulangan dapat dihitung berdasarkan berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2

$$ld = \left[\left(\frac{fy}{1,7\lambda} \right) \cdot \left(\frac{\psi t \cdot \psi e}{\sqrt{f'c}} \right) \right] \cdot db$$

Dimana parameter yang dibutuhkan diatas ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.4 :

$$\psi t = 1,3 \text{ (beton segar dicor dibawah sambungan)}$$

$$\psi e = 1 \text{ (tulangan tanpa pelapis)}$$

$$Db = 16 \text{ mm}$$

$$l_d = \left[\left(\frac{400}{1,7(1)} \right) \cdot \left(\frac{(1,3) \cdot (1)}{\sqrt{35}} \right) \right] \cdot 16 = 1137 > 300 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tarik $l_d \approx 830 \text{ mm}$

Untuk pelat siku direncanakan menggunakan profil siku 40x40 dengan penjang :

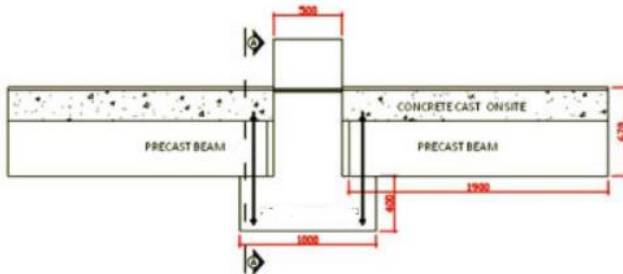
panjang pelat = $450 - (50.2) = 350 \text{ mm}$

sehingga digunakan pelat siku 40x40x350 mm

8.3 Sambungan balok induk dengan balok anak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan balok anak tidak diperlukan sambungan penahan momen karena pada tugas akhir ini direncanakan balok anak tertumpu sederhana pada balok induk

Namun untuk menahan gaya geser dan daya tarik yang terjadi di sambungan antara balok induk dan balok anak maka digunakan sambungan angkur baut *single* dowel di ujung balok anak dan diangkurkan pada balok anak dan pada konsol balok induk. Berikut merupakan ilustrasi sambungan yang digunakan :



Gambar 8.6 Sambungan balok induk dengan balok anak

8.3.1 Perencanaan konsol pada balok induk

Perencanaan konsol pada balok induk tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek.

8.3.1.1 Data perencanaan

Dimensi balok induk	: 450x650 mm ²
Dimensi balok anak	: 350x450 mm ²
Lebar konsol (bw)	: 200 mm
Tinggi konsol (h)	: 200 mm
Diameter tulangan	: 22 mm
Diameter sengkang	: 13 mm
Decking	: 50 mm
Tinggi efektif (d)	: 200 – 50-22/2 = 139 mm
Av	: 100 mm

Untuk perhitungan konsol pada balok induk digunakan nilai V_u pada perencanaan geser balok anak, yaitu :

$$V_u = 118,5 \text{ kN}$$

8.3.1.2 Perhitungan konsol

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

a. Kontrol Dimensi

- $\frac{A_v}{d} = \frac{100}{139} = 0,72 < 1 \text{ (OK)}$

- $N_{uc} \leq V_u$

$$0,2 \cdot 118,5 \leq 118,5$$

$$24 \text{ kN} \leq 118,5 \text{ kN (OK)}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah :

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{118,5 \text{ kN}}{0,75} = 158 \text{ kN}$$

Dan nilai kuat geser V_n tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

- $V_n < 0,2 \cdot f'c \cdot bw \cdot d$

$$158 \text{ kN} < 0,2 \cdot (35) \cdot (200) \cdot (139)$$

$$157997,2 \text{ N} < 340550 \text{ N (OK)}$$

- $Vn < (3,3 + 0,08 \cdot f'c) \cdot bw \cdot d$
 $157997,2 \text{ N} < (3,3 + 0,08 \cdot (35)) \cdot (200) \cdot (139)$
 $157997,21 \text{ N} < 296765 \text{ N}$
- $Vn < 11 \cdot bw \cdot d$
 $157997,2 \text{ N} < 11 \cdot (4) \cdot (142)$
 $157997,2 \text{ N} < 535150 \text{ N (OK)}$

b. Menentukan tulangan geser friksi

Digunakan $\mu = 1,4$ untuk beton yang dicor monolit (SNI 2847:2013 Pasal 11.6.4.3)

$$Avf = \frac{Vn}{fy \cdot \mu} = \frac{157997,2 \text{ N}}{(400) \cdot (1,4)} = 282,14 \text{ mm}^2$$

c. Hitung tulangan untuk momen A_f

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan Nuc minimum.

$$Mu = Vu \cdot a + Nuc \cdot (h - d)$$

$$Mu = 118,5 \cdot 0,1 + 23,7 \cdot (0,2 - 0,139)$$

$$Mu = 13,29 \text{ kNm}$$

$$Af = \frac{Mu}{0,85 \cdot \phi \cdot fy \cdot d} = \frac{13295466,25 \text{ Nmm}}{0,85 \cdot (0,75) \cdot (400) \cdot (139)} = 375 \text{ mm}^2$$

d. Hitung tulangan tarik langsung A_n

$$An = \frac{Nuc}{\phi \cdot fy} = \frac{23699,58 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 400} = 79 \text{ mm}^2$$

e. Hitung tulangan tarik utama A_{sc}

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5, luas tulangan tarik utama (A_{sc}) tidak boleh kurang dari yang paling besar dari :

$$Asc = (Af + An) = (375 + 79) = 454,1 \text{ mm}^2$$

$$Asc = \left(\frac{2 \cdot Avf}{3} + An \right) = \left(\frac{2 \cdot (282)}{3} + 79 \right) = 267 \text{ mm}^2$$

$$Asc = 0,04 \cdot \left(\frac{f'c}{fy} \right) \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot \left(\frac{35}{400} \right) \cdot 350 \cdot 139 = 170,3 \text{ mm}^2$$

Dari nilai diatas diambil nilai yang terbesar yaitu :

$$Asc = 454,1 \text{ mm}^2$$

Bila dipakai tulangan 2D22 maka As yang terpasang :

$$As > Asc = 760,27 \text{ mm}^2 > 454,1 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Periksa jarak bersih antar tulangan :

$$s = \frac{350 - (2 \cdot 50) - (2 \cdot 22)}{2 - 1} = 206 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.8.2 untuk join pada metode pracetak sebagai penahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut :

$$Vn > 2 \cdot Ve$$

$$(As \cdot fy) > 2 \cdot (118,5)$$

$$(760,27 \cdot 400 \cdot 10^{-3}) > 2 \cdot (130)$$

$$(304 \text{ kN}) > 237 \text{ kN (OK)}$$

f. Hitung tulangan tarik utama A_h

Berdasarkan dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.8.3.4 :

$$Ah = 0,5 \cdot (Asc - An) = 0,5 \cdot (454 - 79) = 187,55 \text{ mm}^2$$

Bila dipakai sengkang 2D13 maka as yang terpasang :

$$As > Ah = 265,5 \text{ mm}^2 > 187,55 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan sengkang dipasang merata sepanjang :

$$\frac{2}{3} \cdot d = \frac{2}{3} \cdot (139) = 92,67 \text{ mm, dipakai } 100 \text{ mm}$$

Periksa jarak bersih antar tulangan :

$$s = \frac{100 - 13 - 22 - (2 \cdot 13)}{1} = 39 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

g. Hitung luas pelat landasan.

Luas bidang tumpuan (landasan) di bawah beban terpusat juga harus diperiksa dan direncanakan agar gaya luar rencana V_u tidak

mengakibatkan tegangan melebihi $\phi(0,85)$ (f_c/AL) dimana AL adalah luas landasan.

$$Vu = \emptyset.0,85.f'c.A_l$$

$$A_l = \frac{118497,92 N}{0,75.0,85.35} = 5311 \text{ mm}^2$$

Dipakai pelat landasan seluas penampang konsol untuk menghindari kehancuran di ujung balok :

100 x 100 mm² dengan tebal 5 mm (10000 mm²)

8.3.2 Panjang penyaluran sambungan balok kolom

Sistem sambungan antara balok dengan kolom pada perencanaan memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian atas karena pada tulangan bagian bawah tidak dapat digunakan tulangan panjang penyaluran.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan

a. Panjang penyaluran tulangan tarik

Perhitungan panjang penyaluran tulangan tarik berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2

$$l_d = \left[\left(\frac{f_y}{2,1\lambda} \right) \cdot \left(\frac{\psi_t \cdot \psi_e}{\sqrt{f'_c}} \right) \right] \cdot d_b$$

Dimana parameter yang dibutuhkan diatas ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.4 :

$\psi_t = 1,3$ (beton segar dicor dibawah sambungan)

$\psi_e = 1$ (tulangan tanpa pelapis)

$d_b = 19 \text{ mm}$

$$l_d = \left[\left(\frac{400}{2,1(1)} \right) \cdot \left(\frac{(1,3) \cdot (1)}{\sqrt{35}} \right) \right] \cdot 19 = 795,2 > 300 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tarik $l_d = 800 \text{ mm}$

8.3.3 Perencanaan angkur baut (dowel)

Untuk menambah kekuatan sambungan dan mengantisipasi gaya geser yang diterima pada sambungan balok anak dan balok induk dipasang angkur baut pada konsol balok induk.

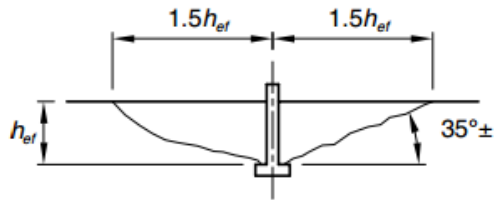
Perencanaan angkur baut harus memenuhi persyaratan dari SNI 2847-2013 Lampiran D

a. Data perencanaan

Direnakan angkur baut dipasang 1 baut di setiap ujung balok

- Pada perhitungan konsol sebelumnya didapatkan nilai $V_u = 118,5 \text{ kN} = 118498 \text{ N}$
- Pada perhitungan pembebanan balok anak didapatkan nilai $N_{ua} = \frac{Q_u}{n} = \frac{3057,8 \text{ Kg/m} \cdot 7,2 \cdot 10}{2} = 108551,64 \text{ N}$
- Diameter baut (da) = 19 mm (A325M22)
- As = 283,53 mm²
- F_{nt} = 620 Mpa
- F_{ya} = 372 Mpa
- F_{'c} = 35 Mpa
- F_{uta} = 1,9 f_{ya} ≤ 860 Mpa
= 1,9 (372) ≤ 860 Mpa
= 706,8 Mpa ≤ 860 Mpa (Ok)
- K_c = 10 (angkur di cor)
- H_{eff} = $\sqrt[3]{\left(\frac{N_n}{k_c \sqrt{f'_c}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{117133,7 N_n}{10 \sqrt{35}}\right)^2}$
= 149,9 mm ≈ 150 mm

Menurut PCI edisi ke 7 tipe kehancuran sambungan baut angkur pada beton adalah sebagai berikut :



Gambar 8.7 Kehancuran pada sambungan baut ankur

Sehingga letak baut ankur diambil sejarak :

$$Ca = 1,5 \cdot h_{ef} = 1,5 \cdot (150) = 225 \text{ mm}$$

$$Ca = 225 \text{ mm} < \frac{1}{2} \cdot b_{balok} = 240 \text{ mm} < \frac{1}{2} \cdot 350 \\ = 175 \text{ (No ok)}$$

Maka digunakan nilai

$$Ca_1 = 200 \text{ mm}$$

$$Ca_2 = 200 \text{ mm}$$

- b. Kekuatan baja ankur dalam kondisi tarik

Berdasarkan SNI 2847-2013 Lampuran D.5.1, kekuatan ankur baja harus dievaluasi dengan persamaan dibawah ini :

$$\phi N_{sa} \geq N_{ua}$$

$$\phi N_{sa} = 0,75 \cdot n \cdot A_{se} \cdot f_{uta} = 0,75 \cdot 1 \cdot 283,53 \cdot 706,8$$

$$\phi N_{sa} = 150298,58 \text{ N} > 108551,64 \text{ N (OK)}$$

- c. Kekuatan jebol (*breakout*) beton ankur dalam kondisi tarik

Berdasarkan SNI 2847-2013 Lampuran D.5.2, kekuatan jebol beton nominal dapat ditentukan sebagai berikut :

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot \psi_{ed} \cdot \psi_c \cdot \psi_{cp} \cdot N_b$$

Dimana :

$$A_{Nco} = \text{luas kegagalan beton terproyeksi angkurtunggal}$$

$9 \cdot h_{ef}^2$ dimana menurut SNI 2847-2013 Lampiran D.5.2.3 jika $Ca < 1,5 \cdot h_{ef}$ maka untuk perhitungan digunakan :

$$hef' = \frac{Ca}{1,5} = \frac{200}{1,5} = 133,33 \text{ mm}$$

$$A_{Nco} = 9 \cdot hef'^2 = 9 \cdot 133,33^2 = 160000 \text{ mm}^2$$

A_{Nc} = luas kegagalan beton terproyeksi angkur tunggal atau kelompok, dapat ditentukan sebagai berikut :

$$A_{Nc} = A_{Nco} \cdot n = 160000 \cdot 1 = 160000 \text{ mm}^2$$

Ψ_{ed} = faktor modifikasi untuk pengaruh tepi untuk angkur tunggal yang dibebani dalam kondisi tarik untuk $ca, \min \geq 1,5hef$:

$$\Psi_{ed} = 0,7 + 0,3 \frac{Ca, \min}{1,5hef} = 0,7 + 0,3 \frac{200}{1,5(133)} = 1$$

Ψ_c = faktor modifikasi untuk angkur yang terletak pada struktur beton yang tidak retak
1,25 (untuk angkur dicor di dalam)

Ψ_{cp} = faktor modifikasi untuk angkur pasca pasang
1 (untuk beton yang tidak mengalami retak)

$$N_b = kc \cdot \lambda_a \sqrt{f'c} \cdot hef'^{1,5} = (10) \cdot (1) \sqrt{35} \cdot 133^{1,5} = 108685,33$$

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot \Psi_{ed} \cdot \Psi_c \cdot \Psi_{cp} \cdot N_b$$

$$\emptyset N_{cb} = 0,75 \cdot \frac{160000}{160000} \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 108685,33 = 135856,7 \text{ N}$$

$$\emptyset N_{cb} = 135856,7 \text{ N} > N_{ua} = 108551,64 \text{ N (OK)}$$

d. Kekuatan jebol (*breakout*) beton angkur dalam kondisi tarik

Berdasarkan SNI 2847-2013 Lampiran D6.1 Kekuatan nominal angkur dalam kondisi geser seperti dikendalikan oleh baja, V_{sa} , harus dievaluasi dengan perhitungan berdasarkan pada properti bahan angkur dan dimensi fisik angkur. Bila jebol beton merupakan mode kegagalan potensial, kekuatan geser baja yang disyaratkan harus konsisten dengan permukaan jebol asumsi. Kekuatan nominal angkur dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\emptyset V_{sa} \geq V_{ua}$$

$$0,65 \cdot A_{se} \cdot F_{uta} \geq 130148,5 \text{ N}$$

$$0,65 \cdot 283,53 \cdot 706,8 \geq 122311,71 \text{ N}$$

$$130259 \text{ N} \geq 122311,71 \text{ N (OK)}$$

e. Kekuatan jebol (*breakout*) beton angkur dalam kondisi geser Berdasarkan SNI 2847-2013 Lampiran D6.2 kekuatan jebol beton nominal dalam kondisi geser dapat ditentukan sebagai berikut :

$$V_{cb} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \cdot \Psi_{ed} \cdot \Psi_c \cdot \Psi_{cp} \cdot V_b$$

Dimana :

A_{Vco} = luas kegagalan beton terproyeksi angkurtunggal
 $A_{Vc} = 4,5 \cdot Ca1^2 = 4,5 \cdot 200^2 = 180000 \text{ mm}^2$

A_{Vc} = luas kegagalan beton terproyeksi angkur tunggal atau kelompok, dapat ditentukan sebagai berikut :
 $A_{Nc} = A_{Vco} \cdot n = 180000 \cdot 1 = 180000 \text{ mm}^2$

Ψ_{ed} = faktor modifikasi untuk pengaruh tepi untuk angkur tunggal yang dibebani dalam kondisi geser untuk $ca,2 < 1,5 \cdot ca,1$:

$$\Psi_{ed} = 0,7 + 0,3 \frac{Ca,2}{1,5 Ca,1} = 0,7 + 0,3 \frac{200}{1,5(200)} = 0,9$$

Ψ_c = faktor modifikasi untuk angkur yang terletak pada struktur beton yang tidak retak
 1,4

Ψ_{cp} = faktor modifikasi untuk angkur pasca pasang
 1 (untuk beton yang tidak mengalami retak)

V_b = diambil nilai terkecil dari :

$$3,7 \cdot \lambda_a \sqrt{f'c} \cdot ca1^{1,5}$$

$$= (3,7) \cdot (1) \sqrt{35} \cdot 200^{1,5} = 92352,78 \text{ N}$$

$$\left(0,6 \cdot \left(\frac{le}{da}\right)^{0,2} \cdot \sqrt{da}\right) \cdot \lambda_a \sqrt{f'c} \cdot ca1^{1,5}$$

$$\left(0,6 \cdot \left(\frac{2,22}{22}\right)^{0,2} \cdot \sqrt{22}\right) \cdot 1 \sqrt{35} \cdot 200^{1,5} = 113741,15 \text{ N}$$

$$\emptyset N_{cb} = 0,65 \cdot \frac{180000}{180000} \cdot 0,9 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 109478 = 157881,5 \text{ N}$$

$$\emptyset N_{cb} = 157881,5 \text{ N} > 130148,5 \text{ N (OK)}$$

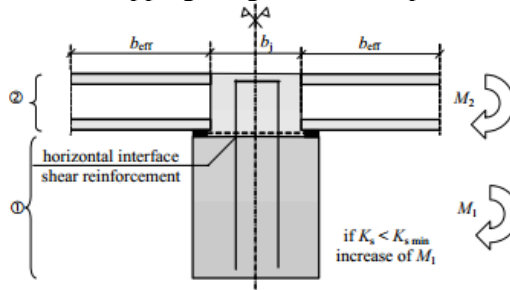
f. Kekuatan rompal (*pryout*) beton angkur dalam kondisi geser Berdasarkan SNI 2847:2013 Laampiran D.6.3.1, kekuatan rompal (*pryout*) nominal, dalam kondisi geser pada angkur tunggal:

$$V_{cp} = K_{cp} \cdot N_{cp}$$

$$V_{cp} = (2) \cdot 135857 = 271713,31 \text{ N} > 108551,64 \text{ N} \text{ (OK)}$$

8.4 Sambungan pelat dan balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan tumpuan yang dipasang memanjang melintang tegak lurus diatas balok. Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan tersebut diberi overtopping dengan cor setempat.



Gambar 8.8 Ilustrasi sambungan pelat dan balok anak

8.4.1 Panjang penyaluran sambungan pelat dan balok

Perhitungan panjang penyaluran pelat berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.2 seperti berikut :

$$l_d = \left[\left(\frac{f_y}{2,1\lambda} \right) \cdot \left(\frac{\psi_t \cdot \psi_e}{\sqrt{f'_c}} \right) \right] \cdot d_b$$

Dimana parameter yang dibutuhkan diatas ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.4 :

$\psi_t = 1,3$ (beton segar dicor dibawah sambungan)

$\psi_e = 1$ (tulangan tanpa pelapis)

$d_b = 10 \text{ mm}$

$$ld = \left[\left(\frac{400}{2,1(1)} \right) \cdot \left(\frac{(1,3) \cdot (1)}{\sqrt{35}} \right) \right] \cdot 10 = 418 > 300 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tarik $ld = 500 \text{ mm}$

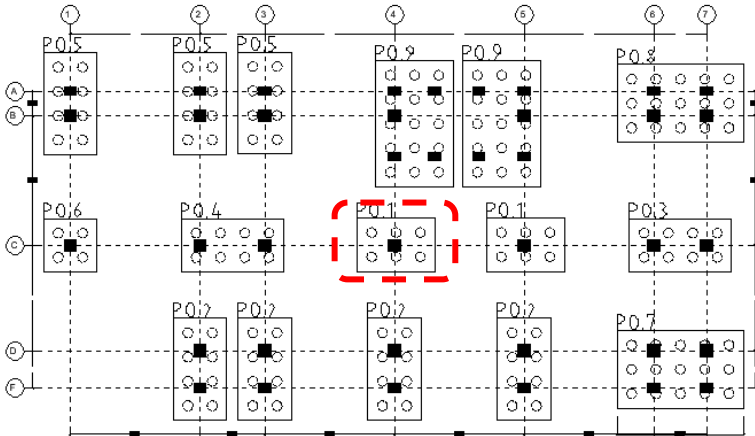
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX PERENCANAAN STRUKTUR PONDASI

9.1 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan komponen struktur pendukung bangunan yang terletak di bagian terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan struktur bangunan, pondasi dapat direncanakan sebagai pondasi dangkal ataupun pondasi dalam, dimana penentuan jenis perencanaan pondasi ini tergantung pada beban yang ditumpu oleh pondasi dan juga daya dukung tanah pada lokasi bangunan yang akan dibangun.

Pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan pondasi dalam tiang pancang jenis *spun pile* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya). Perencanaan pada bab ini meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, perencanaan poer (*pile cap*) dan perencanaan sloof (*tie beam*).



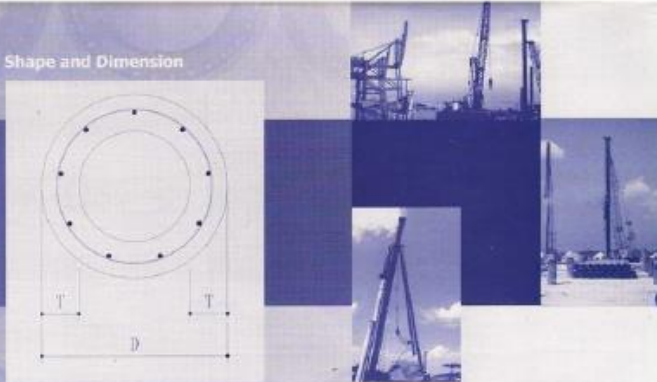
Gambar 9. 1 Denah Pondasi Tiang Pancang

9.1.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *spun pile* dan mutu beton tiang pancang K-600 produk dari PT. Wijaya Karya Beton. Untuk spesifikasi lengkap dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 9.1 Brosur tiang pancang

Shape and Dimension



Classification

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (Kg/m)	Length (m)	Bending Moment Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	Allowable Axial Load (Ton)
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.00
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 15	6.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.80
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 15	7.50	11.25	140.50
		A2				8.30	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 18	10.00	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.50
		B				15.00	27.00	174.50
		C				17.00	34.00	169.00
		A1				17.00	25.50	252.70
A2	19.00	28.50	249.00					
A3	22.00	33.00	243.20					
B	25.00	45.00	238.10					
C	29.00	58.00	229.50					

Berikut merupakan spesifikasi tiang pancang yang digunakan pada tugas akhir ini :

- Diameter (D) : 600 mm
- *Wall thickness* : 100 mm
- Kelas : C
- *Concrete cross section* : 1570,8 cm²
- *Unit weight* : 393 Kg/m
- *Bending Moment Crack* : 29 tm
- *Bending moment ultimate* : 58 tm
- *Allowable axial load* : 229,5 ton

Dari data spesifikasi tiang pancang diatas dapat ditentukan data-data lain yang dibutuhkan sebagai berikut :

- Luas tiang (A_p) : $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,6m)^2 = 0,283 m^2$
- Keliling tiang (A_{st}) : $\pi \cdot 0,6m = 1,88 m$
- Safety factor 1 (SF1) : 3
- Safety factor 2 (SF2) : 5

9.1.2 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu tahanan ujung tiang (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana nilai Q_u diatas dapat ditentukan dengan menggunakan formula dari Myerhoff dan berdasarkan data N SPT

$$Q_u = \frac{q_c \cdot A_p}{SF1} + \frac{\sum l_i \cdot f_i \cdot A_{st}}{SF2}$$

Dimana :

- q_c : 20 N (untuk *slit/clay*) dan 40 N (untuk *sand*)
- N : Nilai N SPT
- A_p : Luas penampang tiang
- A_{st} : Keliling penampang tiang

l_i : Panjang segmen tiang yang ditinjau

f_i : Gaya geser pada selimut tiang
: sesuai nilai N, maksimum 12 Ton/m², untuk slit/clay
: sesuai nilai N/5, maksimum 10 Ton/m², untuk sand

SF1 : 3

SF2 : 5

Berikut merupakan perhitungan daya dukung ijin tekan tiang dengan melihat data N SPT yang terlampir pada kedalaman 1,5 m dengan nilai N = 12 dan nilai $q_c = 20$ N karena jenis tanah pada kedalaman yang ditinjau adalah *slit/clay*

$$Pa = \frac{qc \cdot Ap}{SF1} + \frac{\sum l_i \cdot f_i \cdot A_{st}}{SF2}$$

$$Pa = \frac{440.0,283}{3} + \frac{206,62 \cdot 1,88}{5} = 119.196 \text{ Ton}$$

Untuk perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal pada setiap kedalaman tanah disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 9.2 Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal

Tebal Lapisan	Kedalaman Kumulatif	N SPT	f_i	$\Sigma l_i \cdot f_i$	Q_s (Ton)	20 N	Q_p (Ton)	$P_a = Q_p + Q_s$ (Ton)	CEK
0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.0	OK
2 m	2	0	0	0	0.00	0	0.00	0.0	OK
3 m	5	8	8	24	9.05	160	15.08	24.1	OK
4 m	9	11	11	68	25.64	220	20.73	46.4	OK
3 m	12	3	3	77	29.03	60	5.65	34.7	OK
14 m	26	5.83	5.83	158.62	59.80	116.6	10.99	70.8	OK
4 m	30	22	12	206.62	77.89	440	41.47	119.4	OK

Dari perhitungan diatas dapat diketahui jika kedalaman tiang pancang dapat direncanakan sedalam 30 meter. Dan didapatkan daya dukung ijin tekan P ijin = 119,4 Ton. Karena P ijin lebih kecil dari P ijin bahan maka daya dukung ijin tekan tiang = 119,4 Ton.

9.1.3 Perhitungan Pondasi Tipe PO.1

9.1.3.1 Gaya reaksi yang bekerja pada titik rencana pondasi

Gaya reaksi yang bekerja pada titik pondasi yang ditinjau pada titik (Joint 35) dihasilkan dari output aplikasi SAP2000 adalah sebagai berikut :

a. Akibat beban layan (1D+1L)

Beban Tetap			
Komb : 1D + 1L			
P	=	430929.8	kg
M _x	=	69441.7	kg.m
M _y	=	71570.168	kg.m

b. Akibat beban sementara kombinasi 1,2D+1L+1Ex

Beban Sementara			
Komb : 1,2D + 1L + 1Ex			
P	=	483681.9	kg
M _x	=	60301.058	kg.m
M _y	=	22207.02	kg.m

c. Akibat beban sementara kombinasi 1,2D+1L+1Ey

Beban Sementara			
Komb : 1,2D + 1L + 1Ey			
P	=	472384.4	kg
M _x	=	20591.179	kg.m
M _y	=	64023.7	kg.m

9.1.3.2 Jumlah tiang pancang rencana

Penentuan jumlah tiang pancang dapat ditentukan dari beban P_u akibat kombinasi beban layan (1D+1L) sebagai berikut :

$$N = \frac{Pu}{Pijin} = \frac{430929,8 \text{ Kg}}{119362,93 \text{ Kg}} = 4,61 \approx 6$$

Maka pada pondasi tipe PO.1 direncanakan menggunakan 6 buah tiang pancang.

9.1.3.3 Perencanaan dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan ralph B.Peck)” menyebutkan bahwa :

- Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$2,5 D \leq S \leq 3D$$

$$2,5(0,6 \text{ m}) \leq S \leq 3(0,6 \text{ m})$$

$$1,5 \text{ m} \leq S \leq 1,8 \text{ m}$$

Maka yang digunakan adalah dengan jarak $S = 1,5 \text{ m}$

- Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \cdot 0,6 \text{ m}$$

$$S' \geq 0,9 \text{ m}$$

Maka yang digunakan adalah dengan jarak $S' = 0,9 \text{ m}$

Sehingga total lebar poer dengan jumlah tiang pancang 6 buah adalah

$$B \text{ poer} = 2.S' + 2.S = 2 \cdot 0,9 + 1,6 = 3,3 \text{ m}$$

$$L \text{ poer} = 2.S' + S = 2 \cdot 0,9 + 2.1,5 = 4,8 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal (h) 80 cm = 0,8 meter.

9.1.3.4 Perhitungan efisiensi tiang pancang kelompok

Cek Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse-Labbarre dari Uniform Building Code AASHTO adalah:

$$\text{Efisiensi (Eg)} = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1).m + (m-1).n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$

Dimana :

$$m = \text{banyaknya tiang dalam kolom} = 2$$

$$n = \text{banyaknya tiang dalam baris} = 3$$

D = diameter tiang pancang = 0,6 m
 S = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,5 mc

Sehingga :

$$\text{Efisiensi (Eg)} = 1 - \arctan \frac{0,6}{1,5} \left[\frac{(3-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 3}{90 \cdot 2 \cdot 3} \right] = 0,72$$

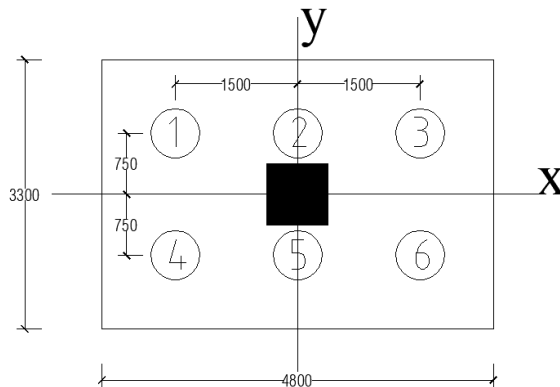
Maka daya dukung vertikal kelompok tiang adalah :

$$Q_{ijingrup} = E_g \cdot Q_{ijintiang} \cdot n = 0,72 \cdot 119,4 \cdot 6 = 513,778 \text{ Ton}$$

$$513,78 \text{ Ton} > P_u = 430,93 \text{ Ton (OK)}$$

9.1.3.5 Perhitungan beban maksimum tiang pada kelompok tiang

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah tiang pancang dan dimensi poer maka konfigurasi letak tiang pancang pada poer pondasi PO.1 adalah sebagai berikut :



Gambar 9.2 Pondasi tipe PO1

Berdasarkan gambar didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti yang diperlihatkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 9.3 Perhitungan jarak tiang pancang ke titik berat

No	x	y	x ²	y ²
1	-1.50	0.75	2.25	0.563
2	0	0.75	0	0.563
3	1.50	0.75	2.25	0.563
4	-1.50	-0.75	2.25	0.563
5	0	-0.75	0	0.563
6	1.50	-0.75	2.25	0.563
jmlh			9	3.375

Setelah mengetahui gaya-gaya reaksi diperletakkan pada joint yang ditinjau, maka selanjutnya harus dicari Pmax dan Pmin yang bekerja pada satu tiang untuk memastikan gaya yang bekerja pada titik pondasi tidak menyebabkan pile cap melengkung atau deformasi. Dan pengecekan ini dilakukan terhadap kombinasi beban tetap dan beban sementara.

- a. Perhitungan akibat beban tetap (1D+1L) :

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My \cdot x \max}{ny \cdot \sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot y \max}{nx \cdot \sum y^2}$$

$$P_{maks} = \frac{\sum P}{n} + \frac{My \cdot x \max}{ny \cdot \sum x^2} + \frac{Mx \cdot y \max}{nx \cdot \sum y^2}$$

$$P_{maks} = \frac{430929,8 \text{ Kg}}{6} + \frac{71570,2 \cdot (1,5)}{2 \cdot 9} + \frac{69441,7 \cdot 0,75}{3,3,38}$$

$$P_{maks} = 112161,341 \text{ Kg} = 143,6 \text{ Ton}$$

$$P_{maks} = 82,93 \text{ Ton} < P_u \text{ ijin tiang} = 119,4 \text{ Ton (OK)}$$

- b. Perhitungan akibat beban sementara arah X

(1,2D+1L+1Ex) :

$$P_{maks} = \frac{\sum P}{n} + \frac{My \cdot x \max}{ny \cdot \sum x^2} + \frac{Mx \cdot y \max}{nx \cdot \sum y^2}$$

$$P_{maks} = \frac{849590,7 \text{ Kg}}{6} + \frac{22207,1 \cdot 1,5}{2 \cdot 9} + \frac{60301,1 \cdot 0,75}{3,3,38}$$

$$P_{maks} = 86930,98 \text{ Kg} = 86,93 \text{ Ton}$$

$$P_{maks} = 86,93 \text{ Ton} < P_u \text{ ijin tiang} = 119,4 \text{ Ton (OK)}$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y

(1,2D+1L+1Ey) :

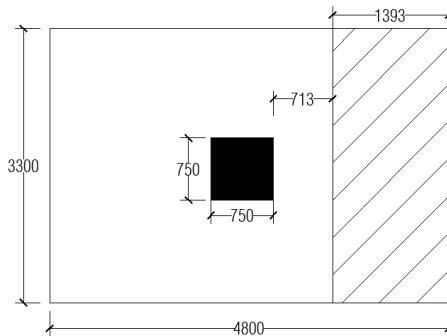
$$P_{maks} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y \cdot x \max}{n y \cdot \sum x^2} + \frac{M_x \cdot y \max}{n x \cdot \sum y^2}$$

$$P_{maks} = \frac{472384,4 \text{ Kg}}{6} + \frac{64023,7 \cdot 1,5}{2 \cdot 12,96} + \frac{20591,18 \cdot 0,75}{3,3,38}$$

$$P_{maks} = 85591,31 \text{ Kg} = 85,59 \text{ Ton}$$

$$P_{maks} = 85,59 \text{ Ton} < P_u \text{ ijin tiang} = 119,4 \text{ Ton (OK)}$$

9.1.3.6 Cek perhitungan geser satu arah pada poer akibat kolom



Gambar 9.3 Bidang kritis geser satu arah akibat kolom

Cek Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur :

$$\begin{aligned} d &= t_{\text{poer}} - \text{tebal decking} - D \text{ tulangan poer} - D \text{ tulangan} / 2 \\ d &= 800 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 \\ &= 712,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14 beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2DL + 1 LL + 1Ex) adalah $P_u = 483682 \text{ Kg}$

$$Q_u = \frac{P_u}{B.L} = \frac{483682 \text{ kg}}{4,8 \times 3,3} = 30535,5 \text{ kg/m}^2 = 30,53 \text{ Ton/m}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer

G' = Daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser penulangan satu arah untuk panjang pondasi (L) ditinjau pada panjang pondasi pile cap yang terbesar yaitu 4,8 m

$$G' = L \text{ poer} - (L \text{ poer} / 2 + b \text{ kolom} / 2 + d)$$

$$G' = 4800 \text{ mm} - \left(\frac{4800 \text{ mm}}{2} + \frac{750 \text{ mm}}{2} + 712,5 \text{ mm} \right)$$

$$G' = 562,5 \text{ mm}$$

$$V_u = \sigma.L.G'$$

$$V_u = 30,54 \text{ Ton/m}^2 \cdot 3,6 \text{ m} \cdot 0,5625 \text{ m}$$

$$V_u = 56,68 \text{ Ton}$$

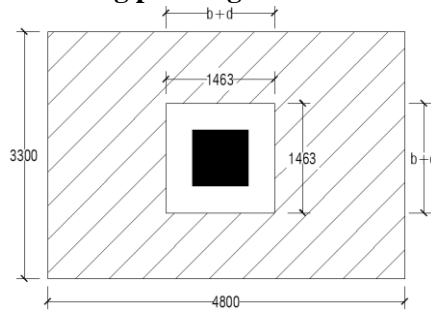
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \text{ poer} \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}} \cdot 4800 \text{ mm} \cdot 712,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_c = 2318363,76 \text{ N}$$

$$V_c = 232 \text{ Ton} > V_u = 56,68 \text{ Ton} \text{ (OK)}$$

9.1.3.7 Cek perhitungan geser dua arah pada poer akibat kolom dan tiang pancang



Gambar 9.4 Bidang kritis geser dua arah akibat kolom

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (B_{\text{poer}} \cdot L_{\text{poer}}) - (b_{\text{kolom}} + d) (h_{\text{kolom}} + d) \\ &= (4,8 \text{ m} \cdot 3,3 \text{ m}) - (0,75 \text{ m} + 0,7125 \text{ m})^2 \\ &= 13,7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 30,54 \text{ Ton/m}^2 \cdot 13,7 \text{ m}^2 \\ &= 418 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terbesar :

- $V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana

$$\begin{aligned} \beta &= \text{rasio sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom} \\ &= 750 \text{ mm} / 750 \text{ mm} = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= \text{keliling penampang kritis} \\
 &= 2 (b_{\text{kolom}} + h_{\text{kolom}}) + 4 \cdot d \\
 &= 2 (750 \text{ mm} + 750 \text{ mm}) + 4 \cdot 712,5 \text{ mm} \\
 &= 5850 \text{ mm} \\
 \lambda &= 1 \text{ (untuk beton)} \\
 V_c &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}} \cdot 5850 \text{ mm} \cdot 712,5 \text{ mm} \\
 &= 12576069,62 \text{ N} = 1258 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana

$$\alpha_s = 40 \text{ (untuk kolom tengah)}$$

$$\alpha_s = 30 \text{ (untuk kolom tepi)}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (untuk kolom sudut)}$$

$$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \times 712,5}{6050} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}} \cdot 5850 \cdot 712,5$$

$$V_c = 14064459,16 \text{ N} = 1406 \text{ Ton}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}} \cdot 5850 \cdot 712,5$$

$$V_c = 8137456,82 \text{ N} = 813,7 \text{ Ton}$$

Dari ketiga persamaan diatas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil, $V_c = 813,75 \text{ Ton}$

$$V_u = 418,37 \text{ Ton} < V_c = 813,75 \text{ Ton (OK)}$$

9.1.3.8 Perencanaan tulangan lentur poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap

a. Data Perencanaan

$$B \text{ poer} = 4800 \text{ mm}$$

$$L \text{ poer} = 3300 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 800 \text{ mm}$$

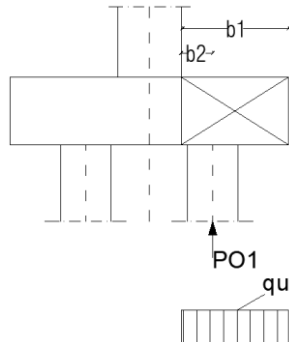
$$\text{decking} = 50 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$dx = 800 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 737,5 \text{ mm}$$

$$dy = 800 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 25 - \frac{25 \text{ mm}}{2} = 712,5 \text{ mm}$$

b. Penulangan poer arah x



Gambar 9.5 Mekanika gaya pada poer arah x

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom}$$

$$= 3,3 \text{ m} - (0,5 \cdot 3,3 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,75 \text{ m}) = 1,275 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom}$$

$$= \frac{1,5}{2} - \left(\frac{0,75}{2}\right) = 0,375 \text{ m}$$

$$qu = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau}$$

$$= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot L_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}$$

$$= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,8 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}$$

$$= 9216 \text{ kg/m}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang

$$Pu = 483681,9 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$Mu = Mp - Mq$$

$$= 3 \cdot \left(\frac{Pu}{n} \cdot b_2\right) - (0,5 \cdot qu \cdot b_1^2)$$

$$= 3 \cdot \left(\frac{483681,9}{6} \cdot 0,375\right) - (0,5 \cdot 9216 \cdot 1,275^2)$$

$$= 83199,48 \text{ kg.m} = 831994762,5 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{831994762,5 \text{ N.mm}}{0,9} = 924438625 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{924438625 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (737,5 \text{ mm})^2} = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fcr} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa}} = 13,4$$

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

$$= \frac{1}{13,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 0,52 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ MPa}}} \right)$$

$$= 0,0013$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fcr}{fy} \cdot \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,80 \cdot 35}{400} \cdot \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,0357$$

$$\rho_{\max} = 0,625 \cdot \rho_b = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

maka :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}, \text{ sehingga digunakan } \rho_{\text{perlu}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 3300 \text{ mm} \cdot 737,5 \text{ mm} \\ &= 8518,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$(s) = \frac{bxAsD25}{As \text{ perlu}} = \frac{3300 \times 490,8}{8518,13} = 276,61 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan D25-250 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot B}{\text{jarak tulangan}} \\ &= \frac{0,25 \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 3300 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = 9424,8 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} \\
 &= \frac{9424,8 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 3300 \text{ mm}} \\
 &= 26,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi Mn &= \phi As \cdot fy \cdot (d - 0,5 a) \\
 &= 0,9 \cdot 9424,8 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} (737,5 - 0,5 \cdot 26,4) \\
 &= 168953^4 \text{ N.mm} \\
 &= 168953 \text{ kg.m} > Mu = 83199,48 \text{ kg.m (OK)}
 \end{aligned}$$

Untuk tulangan tekan bagian atas, bisa diberikan sebesar 20% tulangan utama.

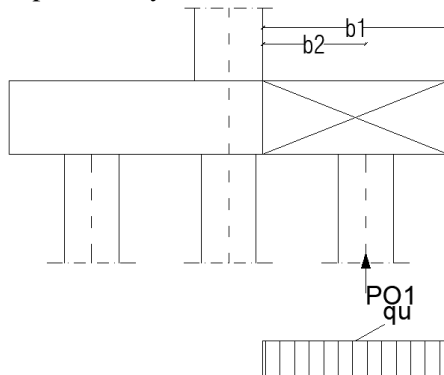
Tulangan Utama D25 – 250 mm → $As = 9424,8 \text{ mm}^2$

Bila dipasang tulangan atas D 16 – 250 mm

$$\begin{aligned}
 As' \text{ pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot L}{\text{jarak tulangan}} \\
 &= \frac{0,25 \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 3300 \text{ mm}}{250 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$As' \text{ pakai} = 2654,02 \text{ mm}^2 > 20\% As = 1884,96 \text{ mm}^2$$

c. Penulangan poer arah y



Gambar 9.6 Mekanika gaya pada poer arah y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\
 &= 0,5 \cdot 4,8\text{m} - 0,5 \cdot 0,75\text{m} = 2,025 \text{ m} \\
 b_2 &= \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\
 &= \left(\frac{1}{2}(1,5)\right) - \left(\frac{1}{2}(0,75)\right) = 1,125 \text{ m} \\
 qu &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\
 &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot L_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}} \\
 &= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,3 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m} \\
 &= 6336 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang

$$Pu = 483681,9 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer

$$\begin{aligned}
 Mu &= Mp - Mq \\
 &= 2\left(\frac{Pu}{n} \cdot b_2\right) - (0,5 \cdot qu \cdot b_1^2) \\
 &= 2(145028,4 \cdot 0,375) - (0,5 \cdot 6336 \cdot 2,025^2) \\
 &= 168389,93 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{16838993 \text{ N.mm}}{0,9} = 1870999250 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{1870999250 \text{ N.mm}}{4800 \text{ mm} \cdot (712,5 \text{ mm})^2} \\
 &= 0,77 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fct} = \frac{400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 35 \text{ MPa}} = 13,4$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}\right) \\
 &= \frac{1}{113,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,4 \cdot 0,77 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ MPa}}}\right) \\
 &= 0,003
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fct}{fy} \cdot \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,80 \cdot 35}{400} \cdot \frac{600}{(600 + 410)}$$

$$\rho_b = 0,0357$$

$$\rho_{\max} = 0,625 \cdot \rho_b = 0,625 \cdot 0,0357 = 0,0223$$

maka :

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min} < \rho_{\max}, \text{ sehingga digunakan } \rho = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 4800 \text{ mm} \cdot 712,5 \text{ mm} \\ &= 11970 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$(s) = \frac{b \times \text{As} D25}{\text{As perlu}} = \frac{4800 \times 490,8}{11970} = 196,84 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan D25-250 mm

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot B}{\text{jarak tulangan}} \\ &= \frac{0,25 \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 3300 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\text{As pakai} = 6479,5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\text{As} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \\ &= \frac{6479,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 4800 \text{ mm}} \\ &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \text{ As} \cdot f_y \cdot (d - 0,5 a) \\ &= 0,9 \cdot 6479,5 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} (712,5 - 0,5 \cdot 18) \\ &= 238666 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm} \\ &= 238666 \text{ kg} \cdot \text{m} > M_u = 168389,93 \text{ kg} \cdot \text{m} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Untuk tulangan tekan bagian atas, bias diberikan sebesar 20% tulangan utama.

$$\text{Tulangan Utama D25 - 250 mm} \rightarrow \text{As} = 6479,5 \text{ mm}^2$$

Bila dipasang tulangan atas D 16 - 250 mm

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pakai} &= \frac{\text{luas tulangan} \cdot L}{\text{jarak sengkang}} \\ &= \frac{0,25 \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 3300 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\text{As}' \text{ pakai} = 2654,02 \text{ mm}^2 > 20\% \text{ As} = 1295,91 \text{ mm}^2$$

9.1.3.9 Transfer beban kolom ke pondasi

Kuat tekan rencana beton berdasarkan tegangan ultimit beton sebesar $0,85 \cdot f'_c$ adalah :

$$\phi P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f'_c) \cdot A_g = \phi \cdot (0,85 \cdot 35) \cdot 750^2 = 10877344 \text{ N}$$

$$P_u = 4723844 \text{ N} < \phi P_n = 12376000 \text{ N (OK)}$$

Maka tidak diperlukan tulangan steak, namun SNI 2847-2013

Pasal 15.8.2.1 mensyaratkan tulangan minimum sebesar :

$$A_{smin} = 0,005 A_g = 0,005 (750)(750) = 2812,5 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan stek 6D25 ($A_s = 2945,24 \text{ mm}^2$)

9.1.3.10 Panjang penyaluran tulangan pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2 untuk Panjang penyaluran tekan diambil dari yang terbesar diantara :

- $L_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \cdot db = \frac{0,24 \cdot 400 \text{ MPa}}{1 \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}}} \cdot 25 = 405,7 \text{ mm}$

- $L_{dc2} = 0,043 \cdot db \cdot f_y$
 $= 0,043 \cdot 25 \text{ mm} \cdot 400 \text{ MPa} = 430 \text{ mm}$

L_{dc} yang digunakan adalah $430 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2 untuk Panjang penyaluran Tarik diambil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_d &= \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot db \\ &= \left(\frac{400 \text{ MPa} \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \cdot 25 \\ &= 994,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

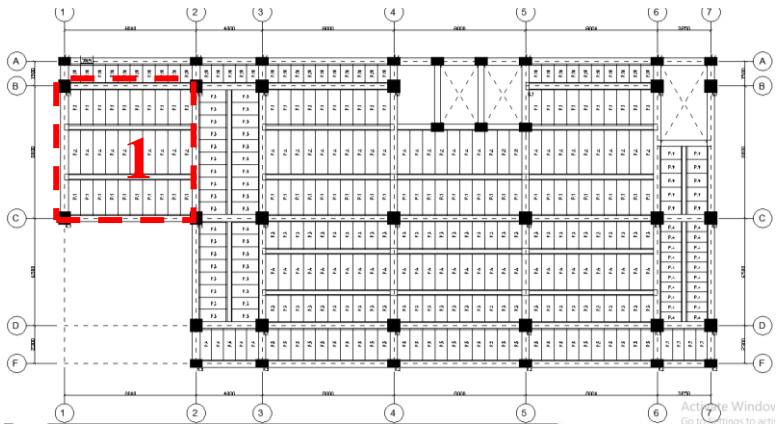
Maka Panjang penyaluran tarik yang digunakan adalah 1000 mm

BAB X

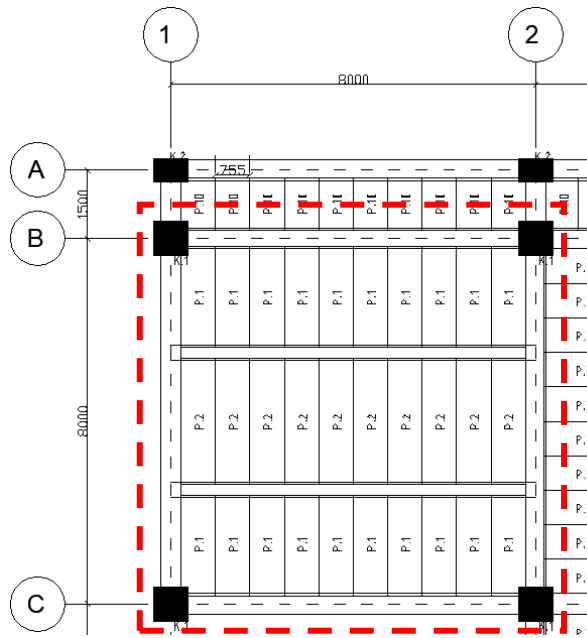
METODE PELAKSANAAN

10.1 Umum

Dalam tahap pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item-item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material-material beton pracetak. Metode pelaksanaan yang akan ditinjau adalah 1 *section*, dalam kasus ini adalah *section 1*.



Gambar 10. 1 *Section* yang Ditinjau untuk Metode Pelaksanaan

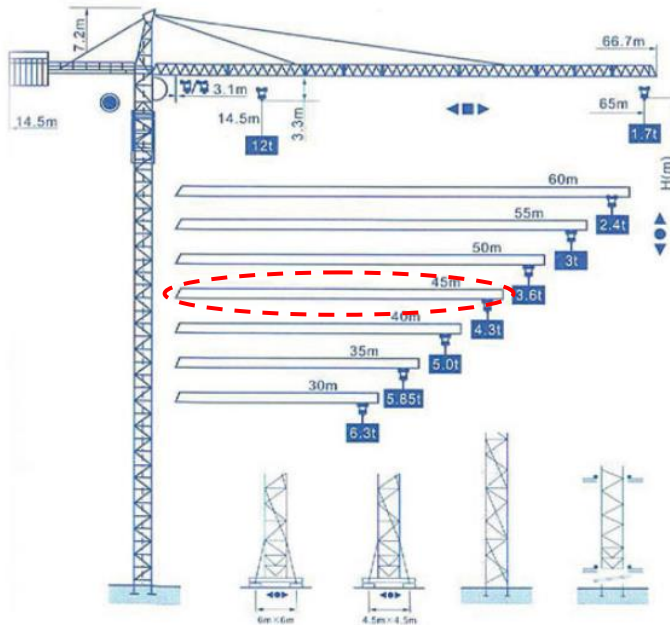


Gambar 10. 2 Detail Section 1

10.2 Produksi Elemen-elemen Pracetak

Pencetakan Item – item pekerjaan yang harus dimonitor pada proses produksi adalah kelengkapan dari dari perintah kerja dan gambar elemen pracetak, dimensi elemen, mutu bahan, mutu cetakan, mutu (kekuatan) beton, mutu baja tulangan, pengecoran, penyimpanan, perawatan.

10.3 Pengangkatan Elemen Pracetak



Gambar 10. 3 Kapasitas Angkat dan Radius Tower Crane Q6517

- Kontrol Kapasitas *Crane*
 - Balok Induk (BI.1)

$$= 0,45 \times 0,52 \times 7,25 \times 2400$$

$$= 4071,6 \text{ kg}$$

$$= 4,1 \text{ ton}$$
 - Balok Anak (BA.1)

$$= 0,35 \times 0,32 \times 7,55 \times 2400$$

$$= 2029,44 \text{ kg}$$

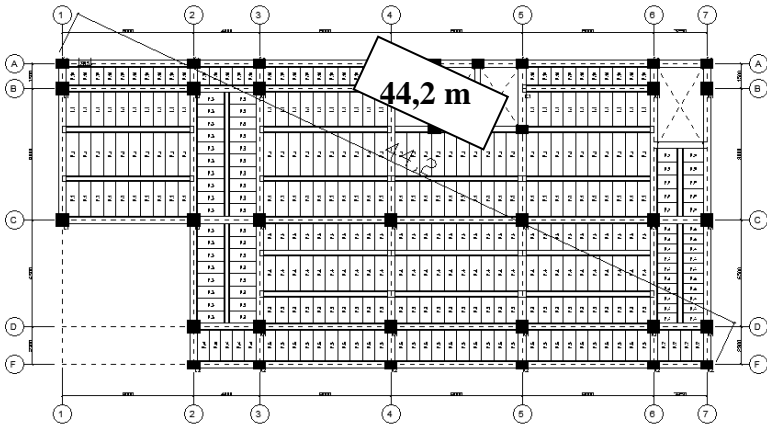
$$= 2,03 \text{ ton}$$
 - Pelat (P.2)

$$= 0,08 \times 2,75 \times 0,755 \times 2400$$

$$= 398,65 \text{ kg}$$

$$= 0,4 \text{ ton}$$

Beban maksimum yang mampu diangkat oleh crane adalah 4,3 ton dengan bentang lengan maksimum untuk beban tersebut adalah 45 m. Sedangkan bentang terjauh dari bangunan adalah



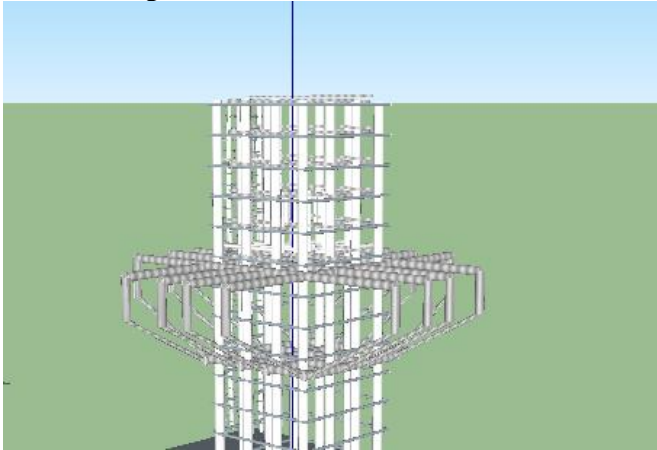
Gambar 10. 4 Bentang Terjauh Bangunan

44,2 m, maka kemampuan tower crane untuk mengangkat beban elemen-elemen pracetak memenuhi.

10.4 Pekerjaan Kolom

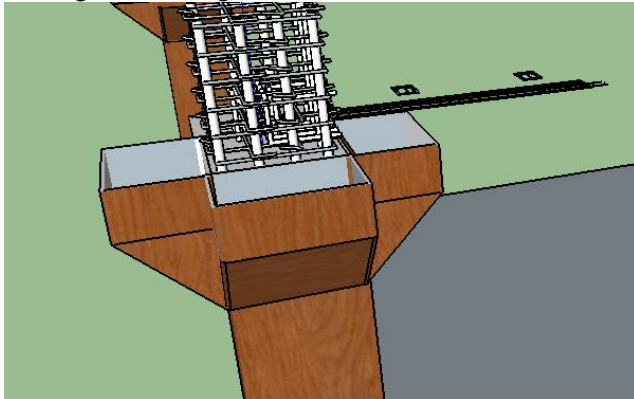
Pekerjaan kolom dimulai dengan pemasangan tulangan lentur dan sengkang nya, kemudian dengan dengan pemasangan bekisting untuk persiapan pengecoran kolom. Kolom dicor sampai batas dimana balok induk pracetak akan ditumpangkan ke atas konsol pendek kolom. Penempatan kolom sangat penting karena akan mempengaruhi bentang balok yang akan ditumpu. Sebelum dicor, bekisting kolom dipasang agar bentuk kolom terbentuk sempurna sesuai dimensi yang direncanakan. Setelah beton kolom mengeras, bekisting dilepas dan kolom siap ditumpu balok pracetak. Berikut pekerjaan kolom akan dijelaskan dengan gambar dibawah ini:

- Instalasi tulangan kolom dan konsol kolom



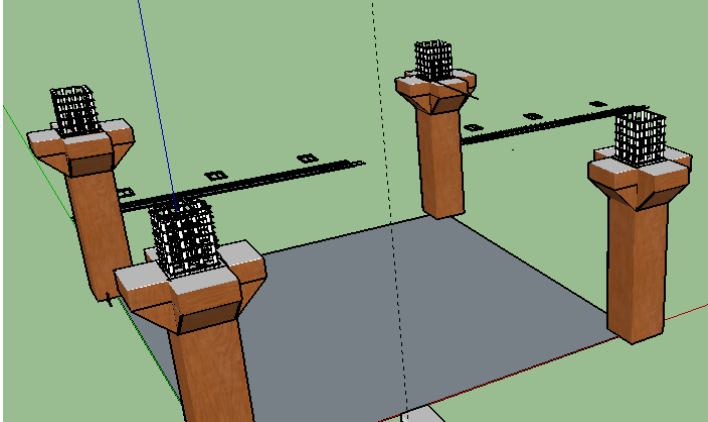
Gambar 10. 5 Instalasi Tulangan Kolom

- Pemasangan bekisting kolom



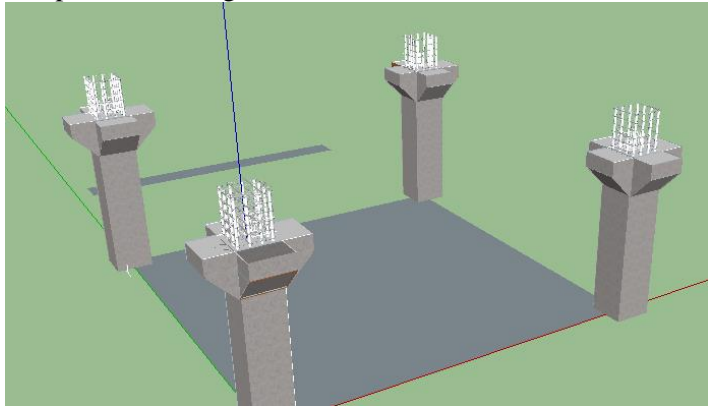
Gambar 10. 6 Bekisting Kolom

- Pengecoran kolom



Gambar 10. 7 Pengecoran Kolom

- Pelepasan bekisting kolom



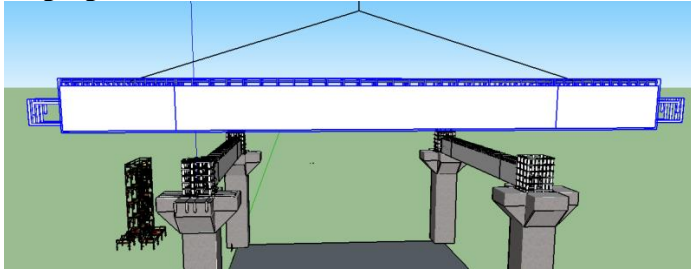
Gambar 10. 8 Pelepasan Bekisting Kolom

10.5 Pekerjaan Balok Pracetak

Setelah balok induk selesai dipabrikasi dan berumur 7 hari dan dikirim dari pabrik, maka balok akan dipasang keatas konsol pendek. Balok yang dipasang ke atas konsol akan diangkat menggunakan crane dengan mengkaitkan slink baja ke tulangan

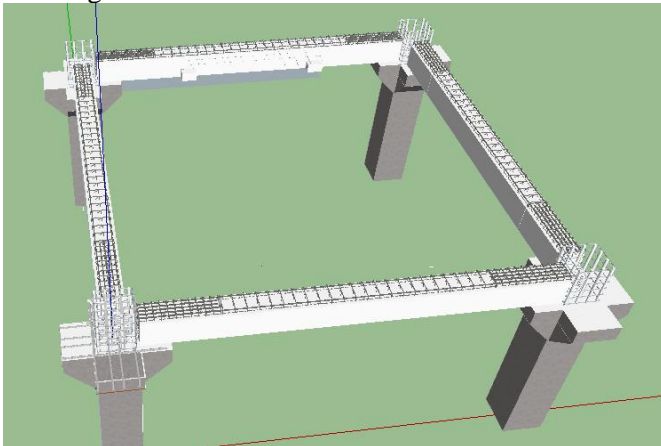
penggantung yang telah disediakan Kemudian disambungan tersebut akan dibuat sambungan basah dengan cara mengecor beton ke HBK tersebut. Demikian pula dengan balok anak, balok anak diletakan ke tumpuan berupa konsol pendek yang sudah terpasang di balok induk.

- Pengangkatan Balok Induk



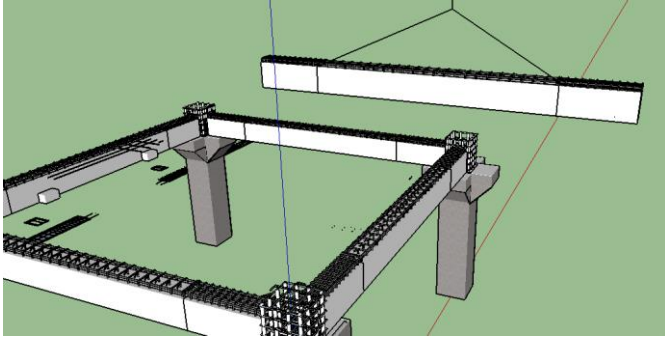
Gambar 10. 9 Pengangkatan Balok Induk

- Pemasangan Balok Induk



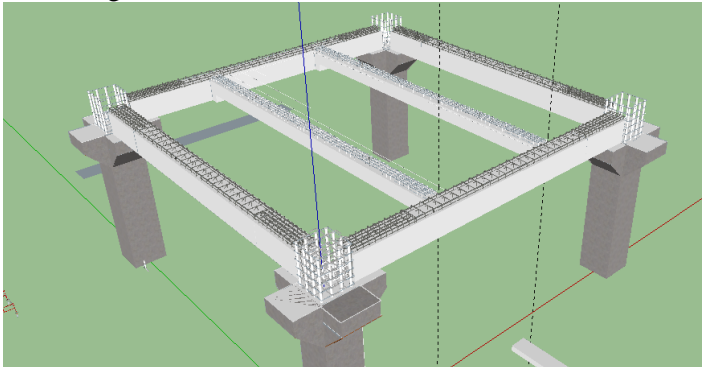
Gambar 10. 10 Pemasangan Balok Induk

- Pengangkatan Balok Anak



Gambar 10. 11 Pengangkatan Balok Anak

- Pemasangan Balok Anak

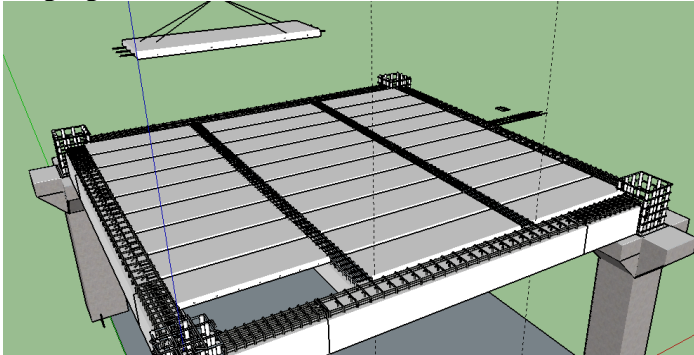


Gambar 10. 12 Pemasangan Balok Anak

10.6 Pekerjaan Pelat Pracetak

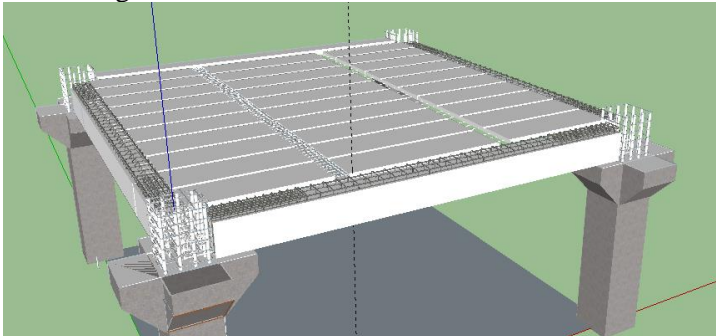
Pelat pracetak yang sudah dipabrikasi diangkat dengan mengkaitkan slink baja dari crane ke tulangan angkat yang sudah terpasang di tiap elemen pelat. Pelat pracetak diletakan dengan ditumpu ke decking balok anak/induk yang sudah terpasang.

- Pengangkatan Pelat Pracetak



Gambar 10. 13 Pengangkatan Pelat Pracetak

- Pemasangan Pelat Pracetak

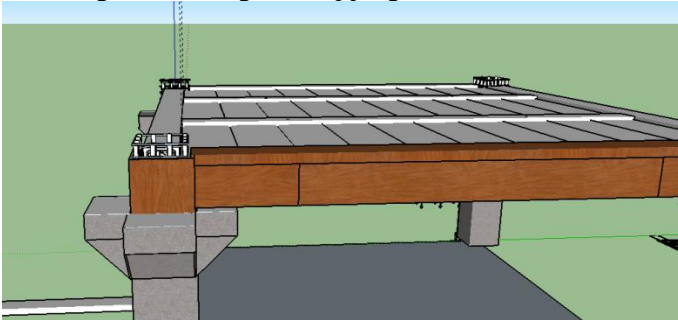


Gambar 10. 14 Pemasangan Pelat Pracetak

10.7 Pekerjaan Pelat Overtopping

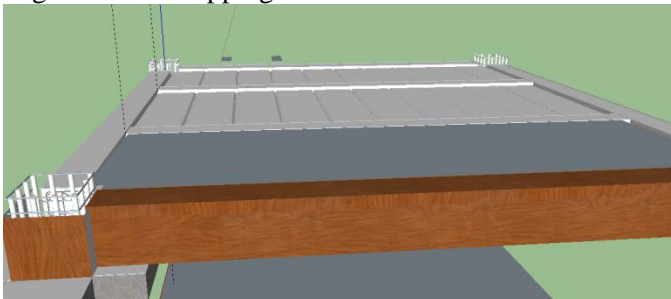
Setelah memasang semua elemen pracetak, kemudian sisa-sisa pelat dan balok yang masih terlihat ditutup dengan beton overtopping. Sebelum pengecoran pelat overtopping, sebelumnya diberi bekisting agar overtopping merata keseluruhan permukaan lantai. Setelah mengeras barulah bekisting dilepas dan pekerjaan Section 1 pun selesai.

- Pemasangan bekisting overtopping



Gambar 10. 15 Pemasangan Bekisting Overtopping

- Pengecoran overtopping



Gambar 10. 16 Pengecoran overtopping

BAB XI PENUTUP

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan perencanaan struktur yang dilakukan dalam penyusunan proyek akhir terapan ini maka dapat ditarik beberapa poin kesimpulan sebagai berikut :

1. Gedung Medis Rumah Sakit Siti Khodijah Sepanjang dibangun pada kondisi tanah dengan tipe SE (Tanah Lunak) dengan kategori resiko fungsi bangunan kategori IV. Sehingga dapat disimpulkan bangunan tersebut termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D. Dengan pertimbangan tersebut, bangunan dihitung dengan persyaratan sistem struktur SRPMK.

2. Analisa Struktur

- Periode

Periode terbesar yang didapat dari analisis SAP telah memenuhi batas atas periode yaitu :

$$T_{bawah} \leq T \leq T_{atas}$$
$$1,066 \text{ detik} \leq 1,40945 \leq 1,493 \text{ detik}$$

- Gaya Geser Dasar Gempa

Gempa X = 5554,89 kN > 2269,6 kN (OK) (*Memenuhi*)

Gempa Y = 5261,99 kN > 2269,6 kN (OK) (*Memenuhi*)

- Partisipasi Massa

Partisipasi massa arah X sebesar 99,8% pada moda ke 4 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,7% pada moda ke 6. Maka disimpulkan bahwa analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.91 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%.

- *Drift*

Hasil simpangan lantai dan antar lantai pada arah sumbu X maupun Y sudah memenuhi syarat simpangan ijin sesuai SNI 1726-2012.

3. Hasil Perhitungan Struktur

A. Pelat

Tebal pelat pracetak = 8 cm

Tebal pelat overtopping = 5 cm

Tebal pelat total = 13 cm

B. Balok Anak

Dimensi sebelum komposit : 35 x 32 cm

Dimensi setelah komposit : 35 x 45 cm

C. Balok Induk

Dimensi sebelum komposit : 45 x 54 cm

Dimensi setelah komposit : 45 x 65 cm

D. Kolom

Dimensi = 75 x 75 cm

4. Sambungan

a. Balok induk dengan kolom

Menggunakan konsol pendek pada kolom 450 × 500 mm

b. Balok induk dengan balok anak

Menggunakan balok induk T terbalik dengan sayap (konsol) berukuran 200 x 350 mm

c. Pelat dengan Balok

Sambungan pelat dengan balok yaitu meletakkan pelat diatas decking balok sebesar 50 mm dan telah memenuhi persyaratan control retak.

d. Pelat dengan Pelat

Direncanakan menggunakan tulangan overtopping menerus Ø10-300 mm

10.2 Saran

Berdasarkan analisa selama proses penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, beberapa saran yang dapat penulis sampaikan antara lain :

1. Pekerjaan sambungan adalah pekerjaan paling krusial dalam perencanaan beton pracetak. Sehingga perlu pengawasan dengan baik supaya struktur bisa benar benar menahan beban terutama beban gempa dan pekerjaan di lapangan sama dengan perencanaan yang dilakukan.
2. Inovasi berikutnya yang bisa dicoba adalah dengan menerapkan beton pracetak pada kolom, balok, dan pelat secara utuh dengan memperhatikan detail-detail sambungan.
3. Masih perlu pengembangan teknologi agar penggunaan pracetak lebih efisien dalam penggunaannya dan lebih mudah dalam pengaplikasiannya.
4. Penggunaan elemen pracetak diusahakan harus dengan denah yang tipikal agar perencanaannya bisa lebih efisien berhubung adanya aturan efisiensi kubikasi elemen pracetak.
5. Untuk perhitungan momen retak (M_{CR}) pada balok anak BA.1 penulis melakukan kesalahan. Rumus yang digunakan oleh penulis adalah

$$M_{CR} = \frac{f_r \cdot I_g}{c}$$

Dengan keterangan:

f_y : kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, MPa, Pasal 3, 7, 9-12, 14, 17-19, 21 Lampiran A-C

I_g : momen inersia penampang beton bruto terhadap sumbu pusat, yang mengabaikan tulangan, mm^4 , pasal 9,10,14.

c : jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral, mm, Pasal 9,10,14,21.

Tapi sebenarnya rumus yang benar menurut SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3 adalah

$$M_{CR} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$$

Dengan keterangan:

f_y : kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, MPa, Pasal 3, 7, 9-12, 14, 17-19, 21 Lampiran A-C

I_g : momen inersia penampang beton bruto terhadap sumbu pusat, yang mengabaikan tulangan, mm^4 , pasal 9,10,14.

y_t : jarak dari sumbu pusat penampang bruto, yang mengabaikan tulangan, ke muka tarik, mm, Pasal 9,11.

Berhubung perhitungan tersebut mempengaruhi ke seluruh desain permodelan di SAP2000 dan keterbatasan waktu untuk pengumpulan proyek tugas akhir ini, maka penulis hanya menjelaskan dalam saran rumus yang sebenarnya harus dipakai adalah

$$M_{CR} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$$

DAFTAR PUSTAKA

Anugrah pamungkas dan Erny harianti. (2010). *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta:Andi.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 2847:2013. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 1727:2013 *Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan tandardisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional.2012. SNI 7833:2012 *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan standardisasi Nasional.

Elliot, Kim S. 2002. *Precast Concrete structures*.

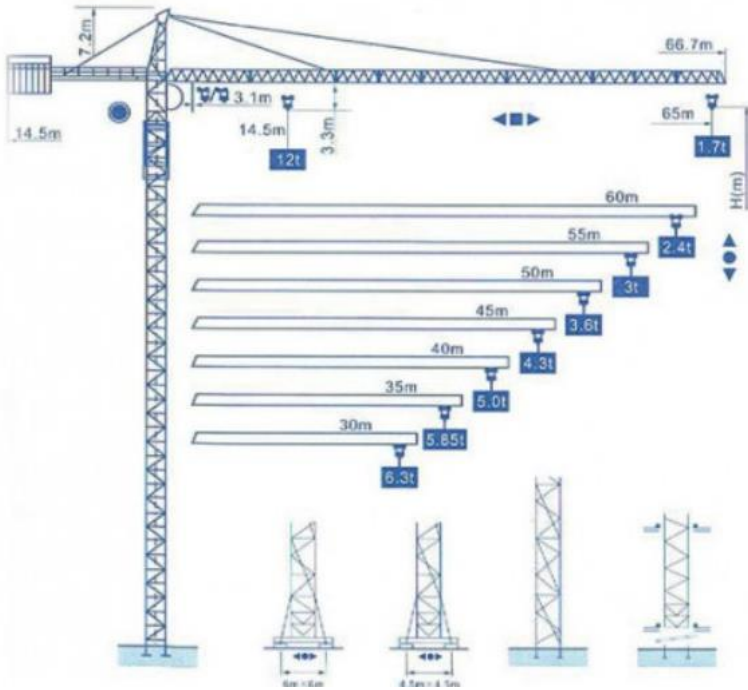
Kim. S Elliott dan Colin Jolly. 2013. *Multi-storey Precast Concrete Framed structures*. Willey-Blackwell.

Precast/Prestressed Concrete Institute. 2004. *PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete Seventh Edition*. Chicago : Precast/Prestressed Concrete Institute.

Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga

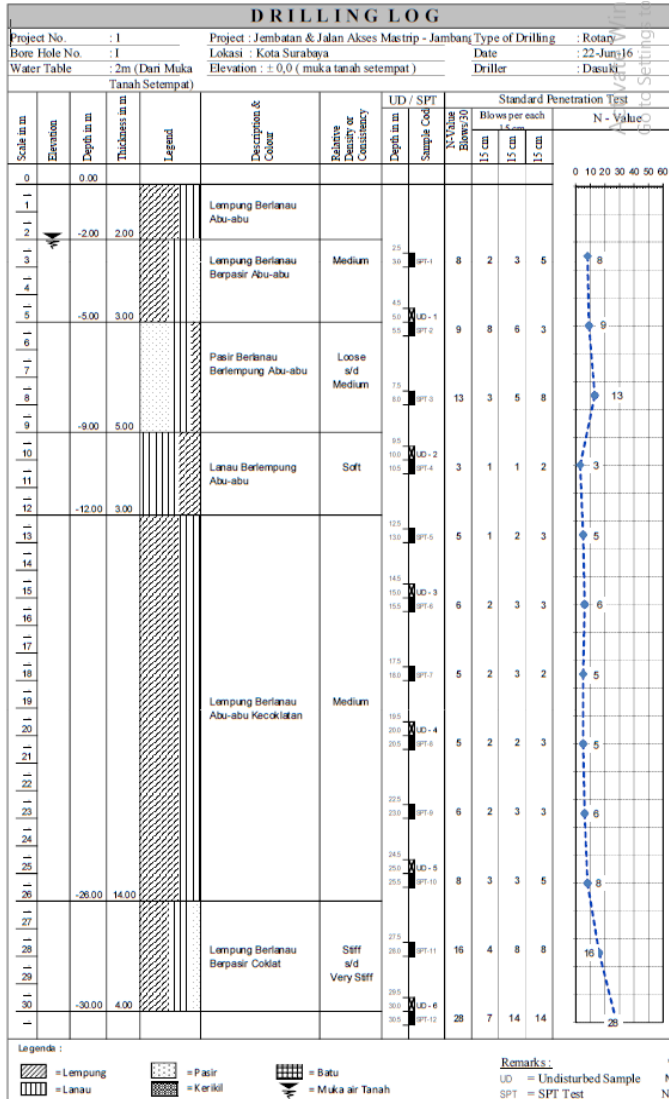
LAMPIRAN TOWER CRANE

- Brosur tower crane tipe Q6517 Tower Crane



LAMPIRAN DATA TANAH

- Data N-SPT tanah Jambangan (sumber: Laboratorium Uji Tanah ITS)



LAMPIRAN DATA ELEVATOR

● **Brosur HYUNDAI ELEVATOR General Type (2S, 2SD)**

PLANNING GUIDE

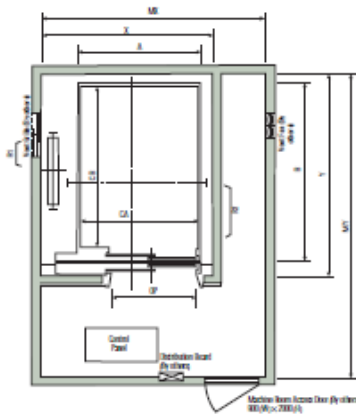
Moving solutions with safety, reliability and efficiency



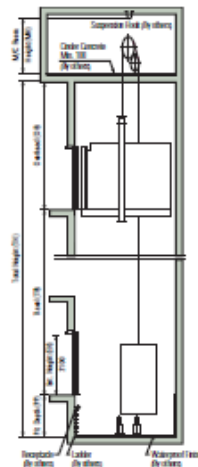
BED ELEVATORS

General Type (2S, 2SD)

■ Plan of Hoistway & Machine Room



■ Section of Hoistway



■ Overhead & Pit Depth

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PF)	M/C Room Height (MH)
0.75	4300	1300	2400
1.0	4400	1400	
1.5	4400	1600	
1.75	4700	1800	

(Unit: mm)

- ▲ Note: 1. Machine Room temperature should be maintained below 40°C with ventilation fan under air condition, if necessary, and humidity below 95%.
 2. In case of special hoistway, machine room height may be higher than above data.
 3. Allow a minimum gap.
 4. The minimum machine room height should be 2000mm in case of the traction machine with double isolation part.

■ Standard Dimensions & Reactions

Type	Model	Clear Opening OP	Car		Hoistway X×Y	M/C Room MX×MY	Hitch Beam Reaction (kg)	
			Internal CA×CB	External A×B			R1	R2
Standard Type	B1350-2S	1100	1300×2300	1400×2507	2200×2850	2300×3500	10500	8500
	B1600-2S	1200	1500×2300	1600×2507	2400×2850	2750×4000	11500	9500
	B1750-2S	1200	1600×2300	1700×2507	2500×2850	2850×4000		
Double Entrance Type	B1350-2SD	1100	1300×2300	1400×2434	2300×3000	2300×3500	10500	8500
	B1600-2SD	1200	1500×2300	1600×2434	2500×3000	2750×4000	11500	9500
	B1750-2SD	1200	1600×2300	1700×2434	2600×3000	2850×4000		

(Unit: mm)

BIODATA PENULIS



Yosia Suwadi S., lahir di Pasuruan, 05 Oktober 1995, merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pelita Kasih Bandung, SDN Suko II Sidoarjo, SMPN 4 Sidoarjo, SMAN 3 Sidoarjo. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil regular Institut Sepuluh Nopember angkatan 2014 sehingga terdaftar dengan NRP 10111410000045. Penulis mengambil konsentrasi Bidang Struktur Bangunan

Gedung di bangku perkuliahaan dan menulis buku ini untk mendapatkan gelar Sarjan Terapan. Penulis sempat mengikuti Kerja Praktek di PT. PEMBANGUNAN PERUMAHAN. Tbk pada Proyek Pembangunan Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya

Narahubung:

email : yosiasuwadi@gmail.com



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI SEPANJANG MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DAN METODE PELAKSANAAN BALOK DAN PELAT

YOSIA SUWADI SIRINGORINGO
NRP. 10111410000045

DOSEN PEMBIMBING
ir. SRIE SUBEKTI, MT.
NIP. 19560520 198903 2 001

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



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI SEPANJANG MENGGUNAKAN BETON PRACETAK DAN METODE PELAKSANAAN BALOK DAN PELAT

YOSIA SUWADI SIRINGORINGO
NRP. 10111410000045

DOSEN PEMBIMBING
ir. SRIE SUBEKTI, MT.
NIP. 19560520 198903 2 001

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

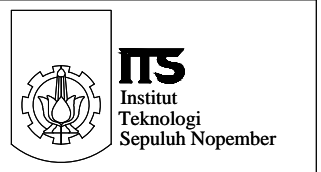
DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
TAMPAK		
ARS	Tampak Depan	1
ARS	Tampak Selatan	2
ARS	Tampak Utara	3
POTONGAN		
ARS	Potongan Memanjang A - A	4
ARS	Potongan Melintang B - B	5
STRUKTUR PELAT		
STR	Denah Pelat Lt.1-7	6
STR	Denah Pelat Lt.8 (ATTIC)	7
STR	Denah Pelat R. Mesin	8
STR	Penulangan Pelat Precast P.1 dan P.2	9
STR	Penulangan Pelat Precast P.3 dan P.4	10
STR	Penulangan Pelat Precast P.5 dan P.6	11
STR	Penulangan Pelat Precast P.7 dan P.8	12
STR	Penulangan Pelat Precast P.9,P.10 dan P.11	13
STRUKTUR BALOK		
STR	Denah Pembalokan Lt.2-8	14
STR	Denah Pembalokan Lt.Atap	15
STR	Denah Pembalokan R.Mesin	16
STR	Penulangan Balok BI.1 (sebelum komposit)	17
STR	Penulangan Balok BI.1 (setelah komposit)	18
STR	Penulangan Balok BI.2 (sebelum komposit)	19

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	Penulangan Balok BI.2 (setelah komposit)	20
STR	Penulangan Balok BI.3 (sebelum komposit)	21
STR	Penulangan Balok BI.3 (setelah komposit)	22
STR	Penulangan Balok BI.4 (sebelum komposit)	23
STR	Penulangan Balok BI.4 (setelah komposit)	24
STR	Penulangan Balok BA.1 (sebelum komposit)	25
STR	Penulangan Balok BA.1 (setelah komposit)	26
STR	Penulangan Balok BA.2 (sebelum komposit)	27
STR	Penulangan Balok BA.2 (setelah komposit)	28
STRUKTUR KOLOM		
STR	Denah Rencana Kolom Lt.2-8	29
STR	Denah Rencana Kolom Lt. Atap	30
STR	Penulangan Kolom K.1	31
STR	Penulangan Kolom K.2	32
TANGGA		
STR	Detail Penulangan Tangga	33
STR	Detail Penulangan Tangga Pot. AA	34
SAMBUNGAN		
STR	Denah Sambungan Yang Ditinjau	35
STR	Detail Pot A-A Samb.Blk Induk-Plt	36
STR	Detail Pot B-B Samb B.Idk-B.Ank	37
STR	Detail Pot C-C Samb.Blk Ank- Plat	38
STR	Detail Pot. D-D (Sambungan Kolom-Balok)	39

DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STRUKTUR PONDASI		
STR	Denah Pondasi Tiang Pancang	40
STR	Detail Poer PO.1	41
STR	Detail Poer PO.2	42
STR	Detail Poer PO.3	43
STR	Detail Poer PO.4	44
STR	Detail Poer PO.5	45
STR	Detail Poer PO.6	46
STR	Detail Poer PO.7	47
STR	Detail Poer PO.8	48
STR	Detail Poer PO.9	49
PNULANGAN PORTAL		
STR	Detail Portal Melintang Pot B-B	50
STR	Detail Portal Memanjang Pot A-A	51
STR	Portal Detail A.1	52



JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Tampak Depan

SKALA

1:200

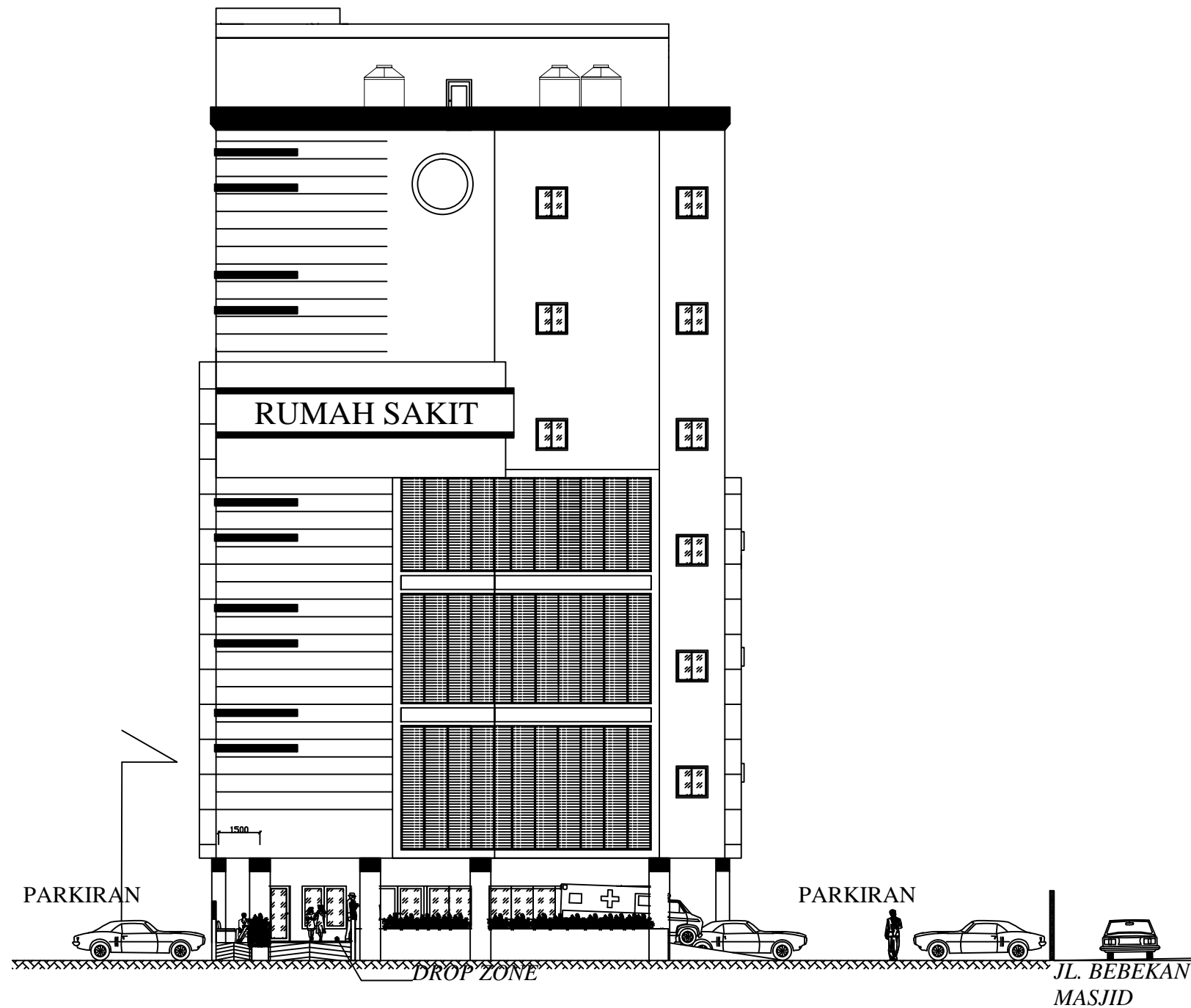
KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
ARS	1	52

ARS

1

52



Tampak Depan

SKALA 1 : 200



JURUSAN
 DIPLOMA IV TEKNIK
 INFRASTRUKTUR SIPIL
 JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
 SEPANJANG MENGGUNAKAN
 BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
 NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
 1011141000045

JUDUL GAMBAR

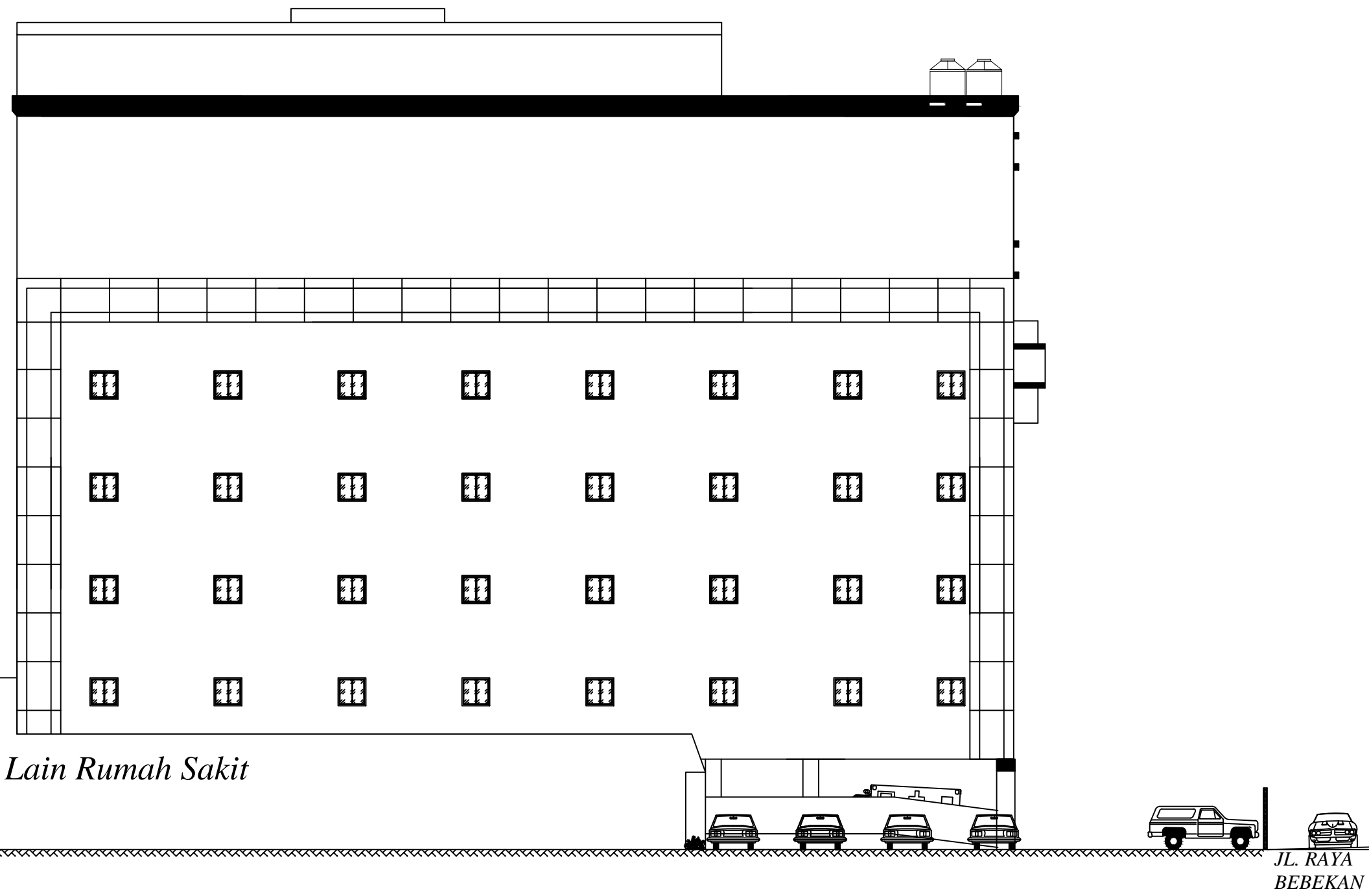
Tampak Bangunan
 Sisi Selatan

SKALA

1:200

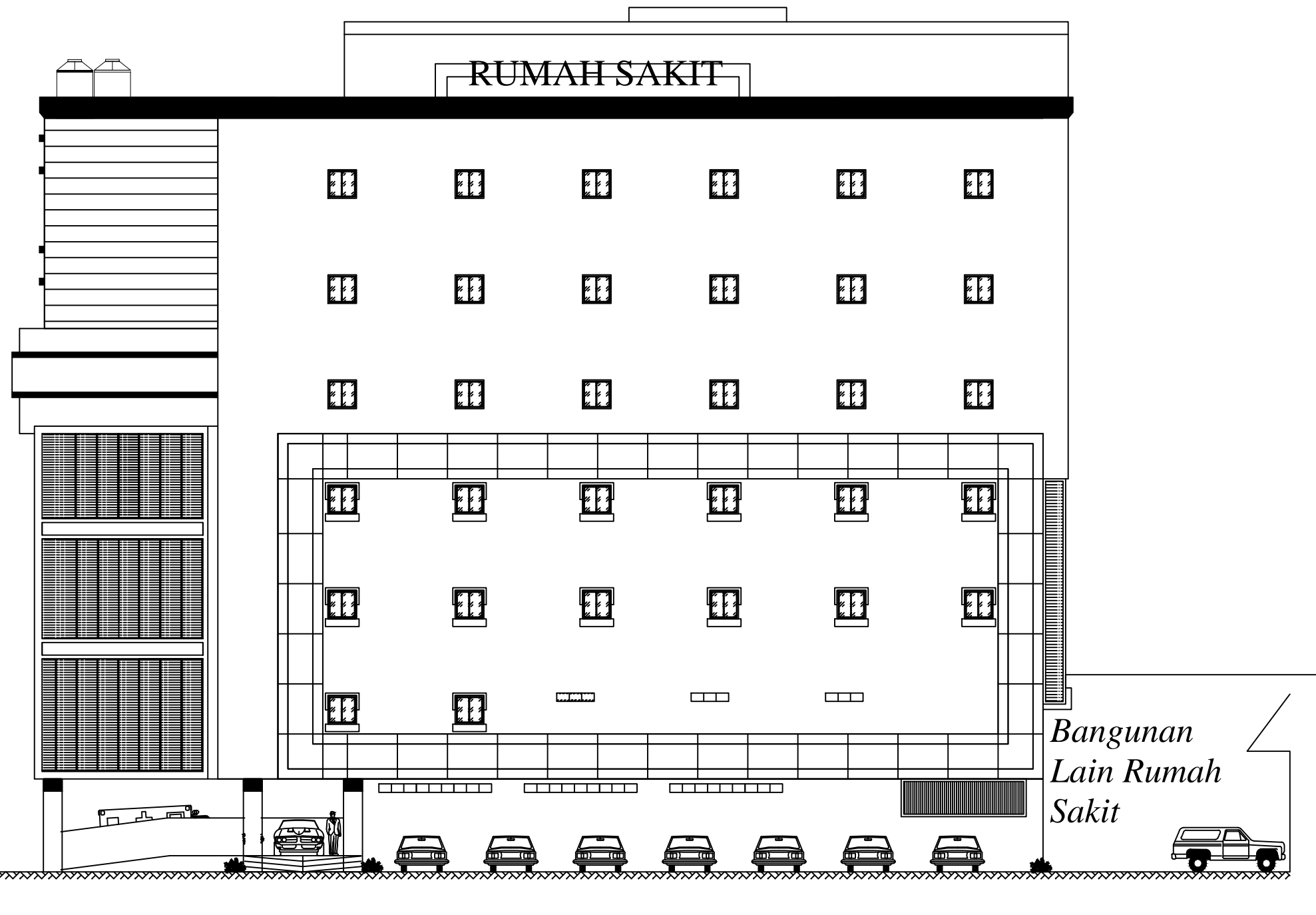
KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
ARS	2	52



Bangunan Lain Rumah Sakit

Tampak Sisi Selatan
 SKALA 1 : 200



JL. RAYA
BEBEKAN

Tampak Sisi Utara

SKALA 1 : 200

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Tampak Bangunan
Sisi Utara

SKALA

1:200

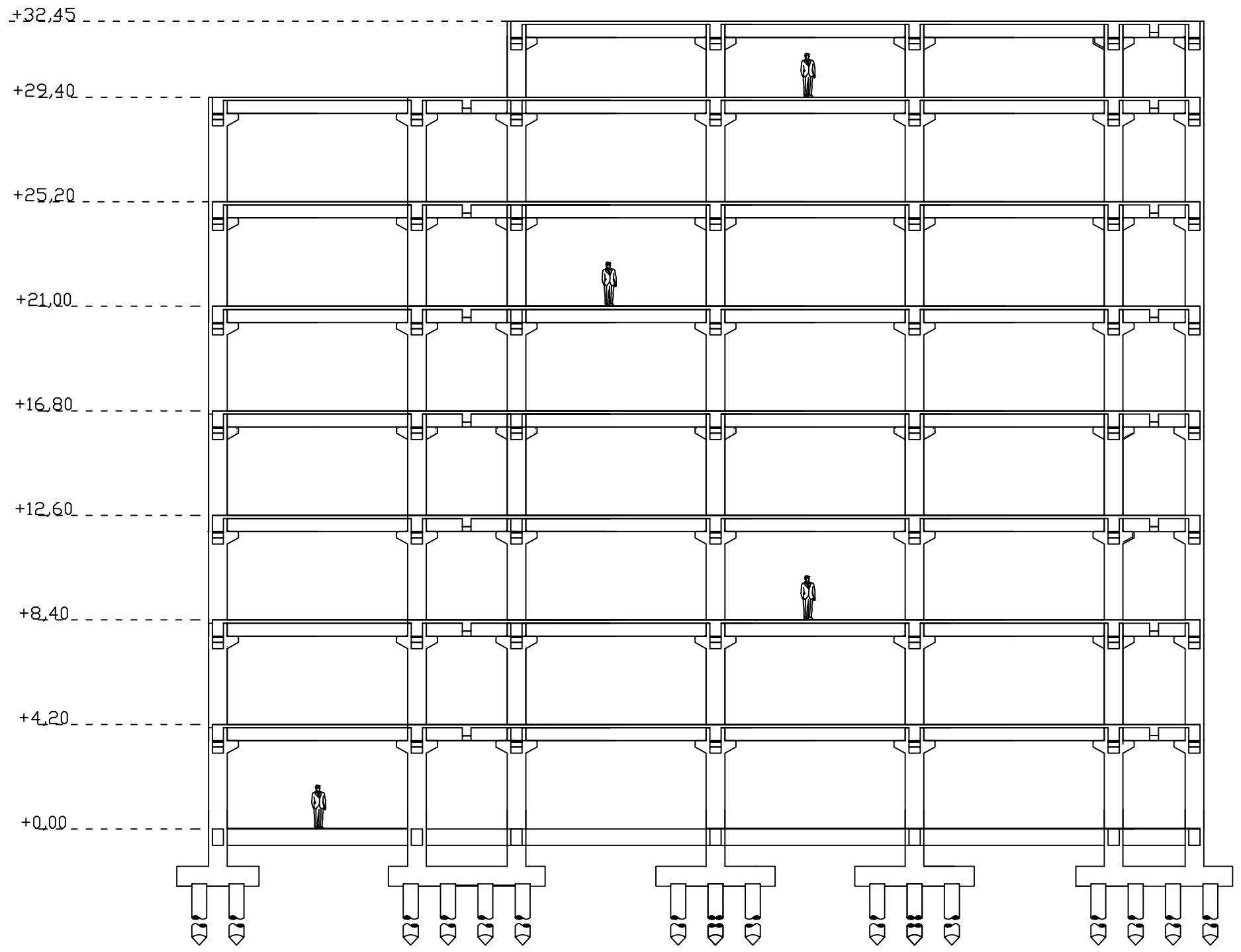
KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
ARS	3	52

ARS

3

52



Pot Memanjang A-A
 SKALA 1 : 200

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

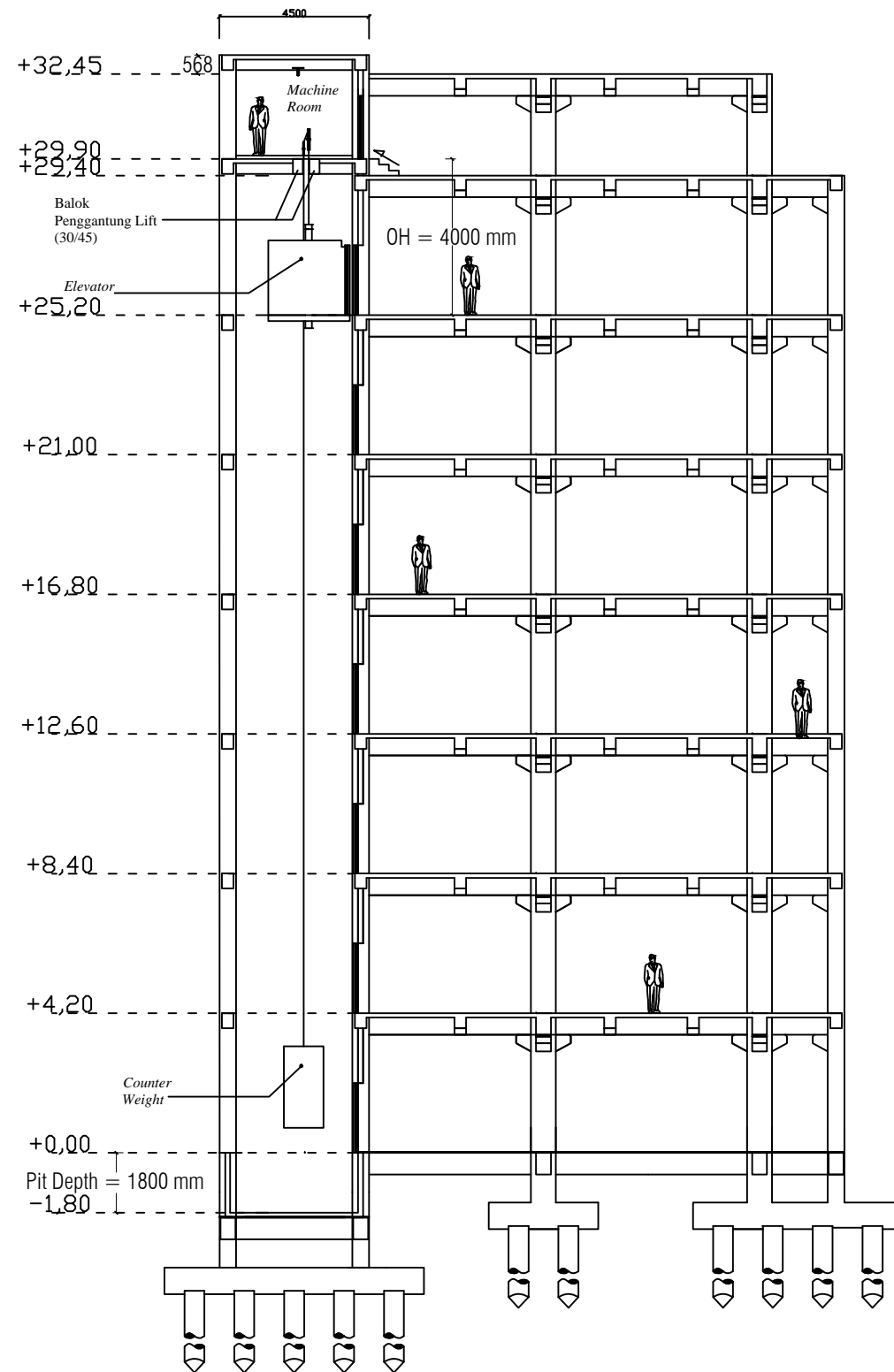
MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR	SKALA
Pot. Memanjang	1:200

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
ARS	4	52



Pot Melintang B-B
SKALA 1 : 200

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

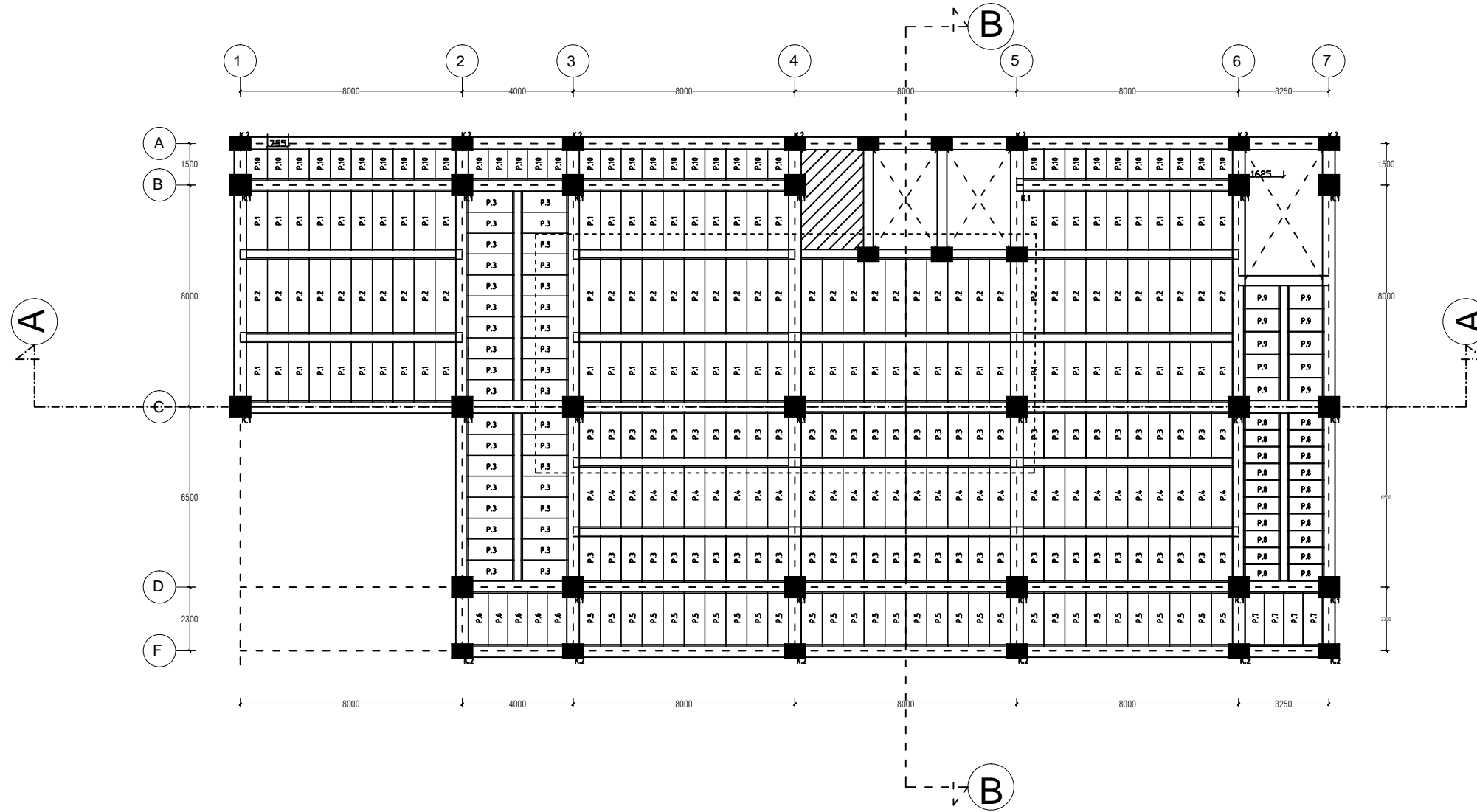
JUDUL GAMBAR SKALA

Pot. Melintang 1:200

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
ARS	5	52

ARS 5 52



JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Denah Rencana Plat
Lt 2-8

SKALA

1:200

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	6	52

Denah Rencana Pelat Lt. 2- Lt. 7

SKALA 1 : 200

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Denah Rencana Plat
Lantai Atap

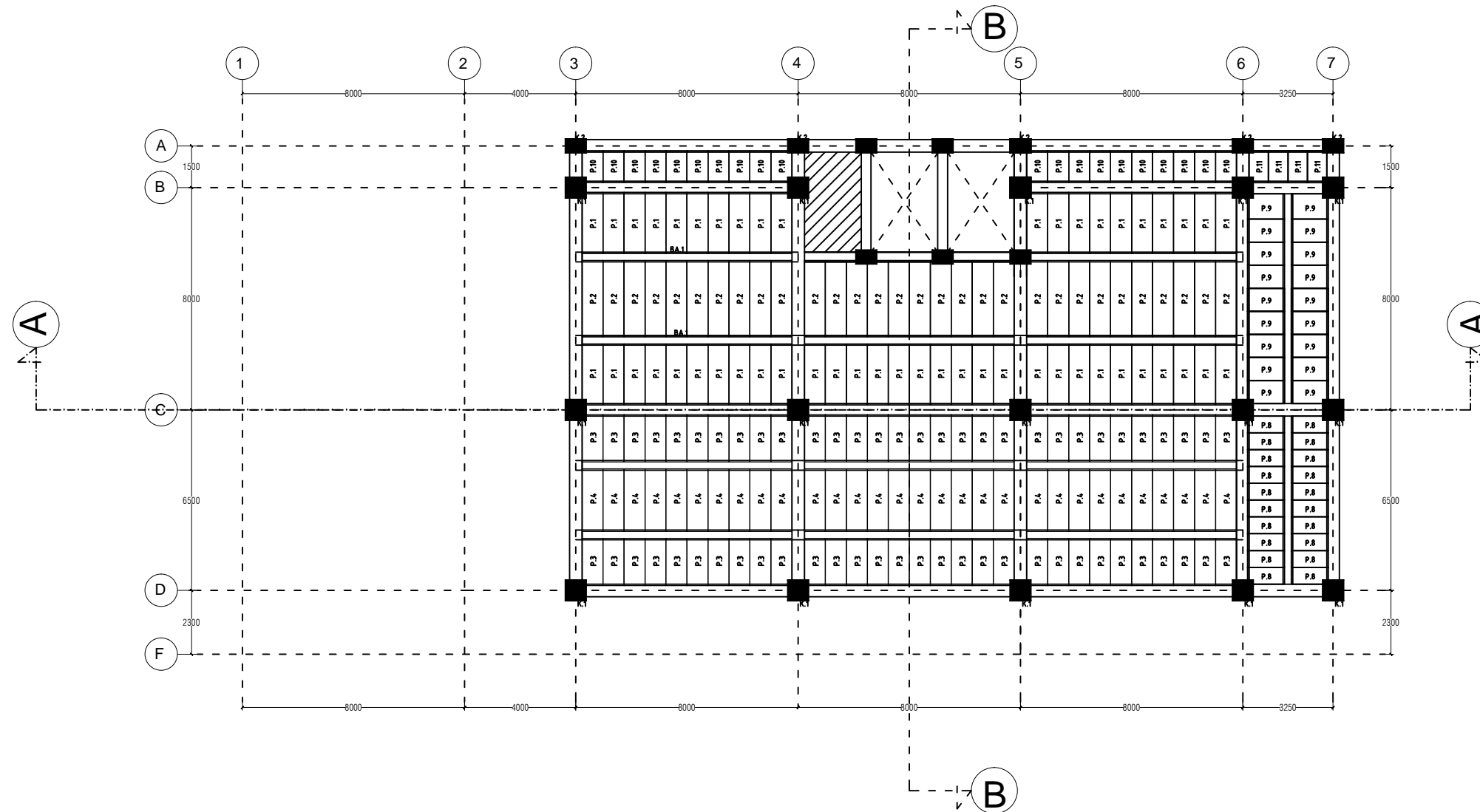
SKALA

1:200

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
----------	--------	---------

STR	7	52
-----	---	----



Denah Rencana Pelat Lt.8 (ATTIC)

SKALA 1 : 200

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi. S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

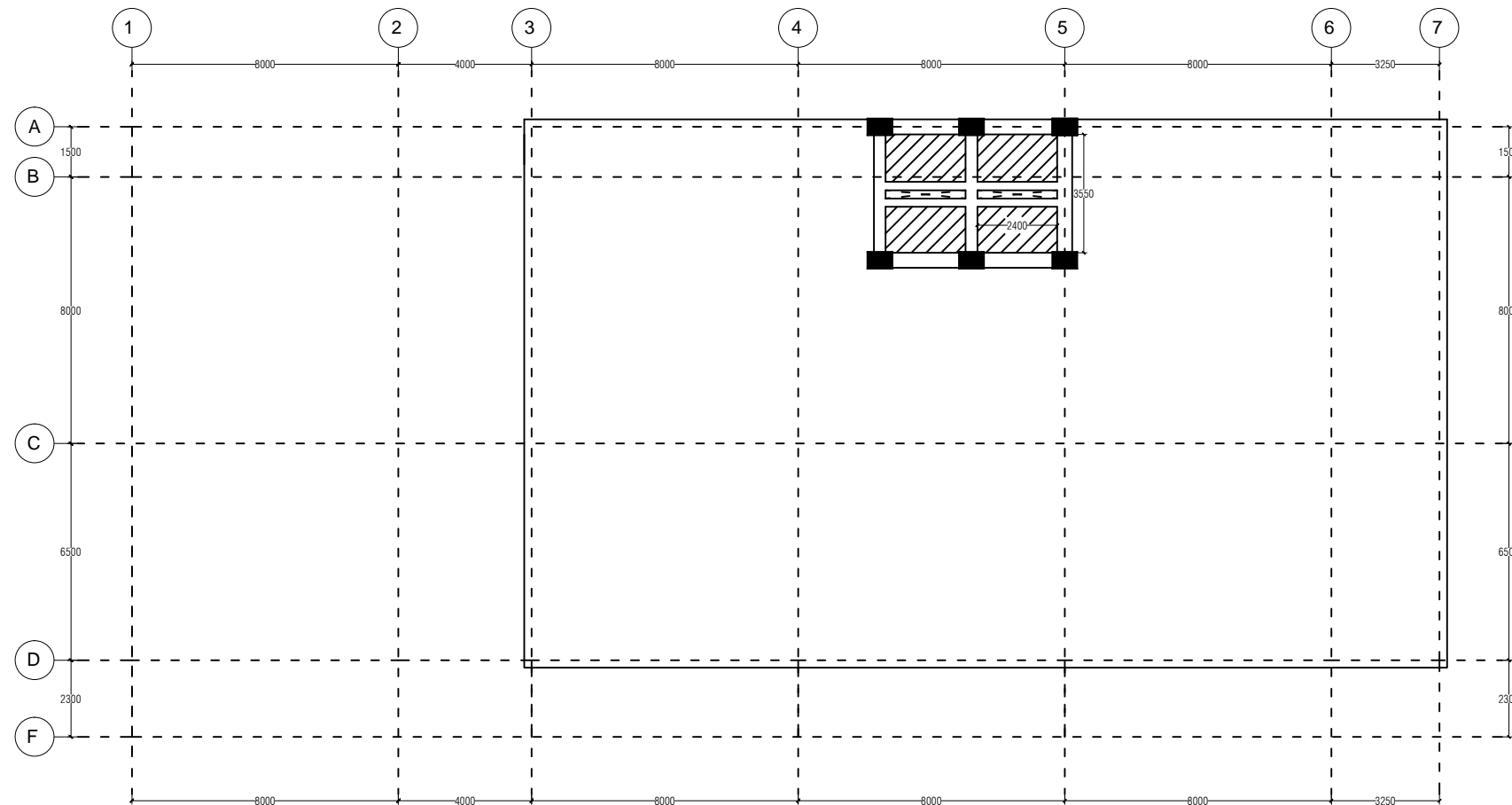
SKALA

Denah Pembalokan
Atap

1:200

KETERANGAN

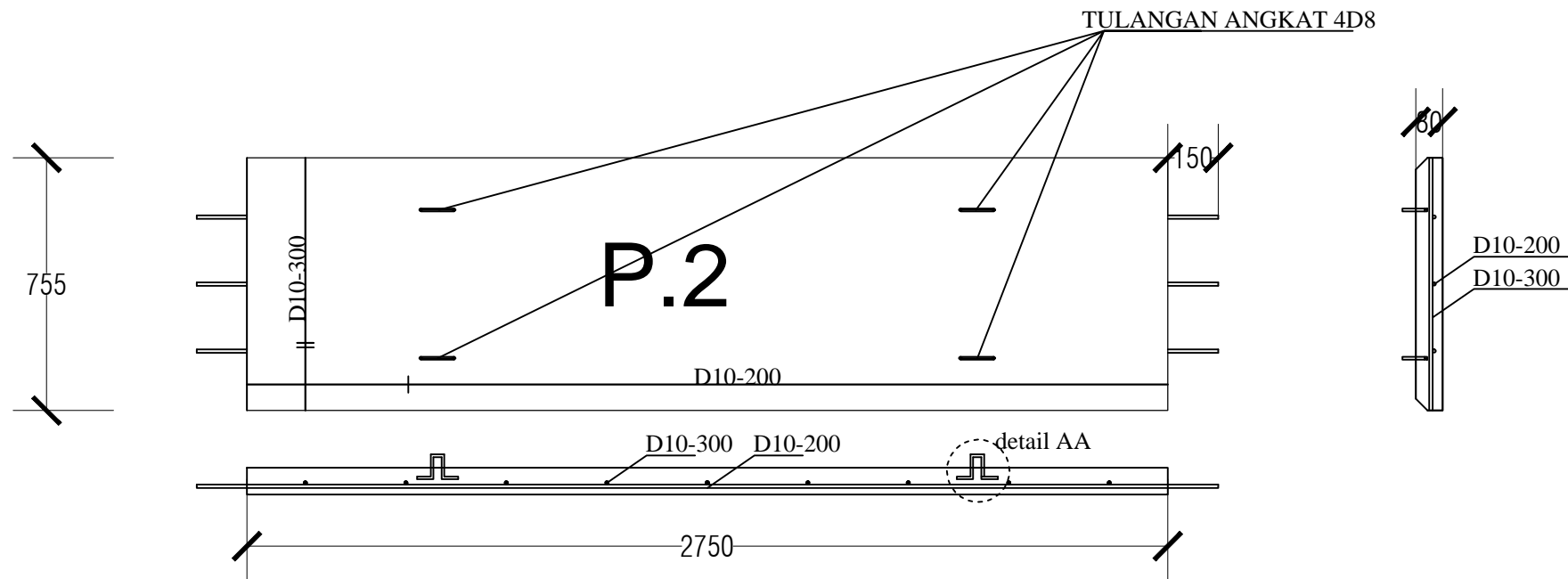
KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	8	52



Denah Pelat Ruang Mesin

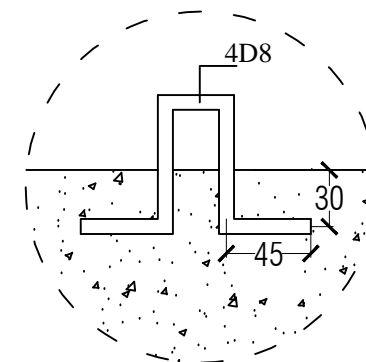
SKALA 1 : 200





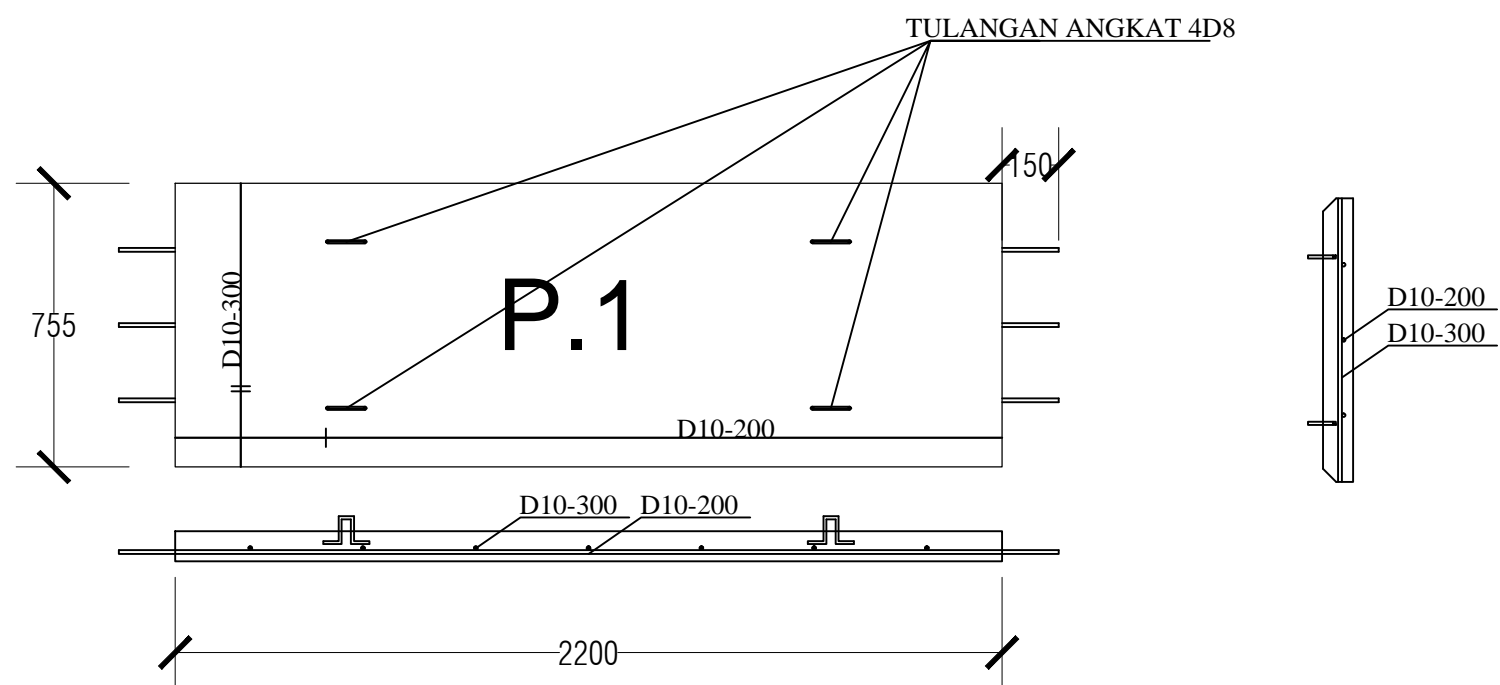
Penulangan Pelat Precast P.2

SKALA 1 : 20



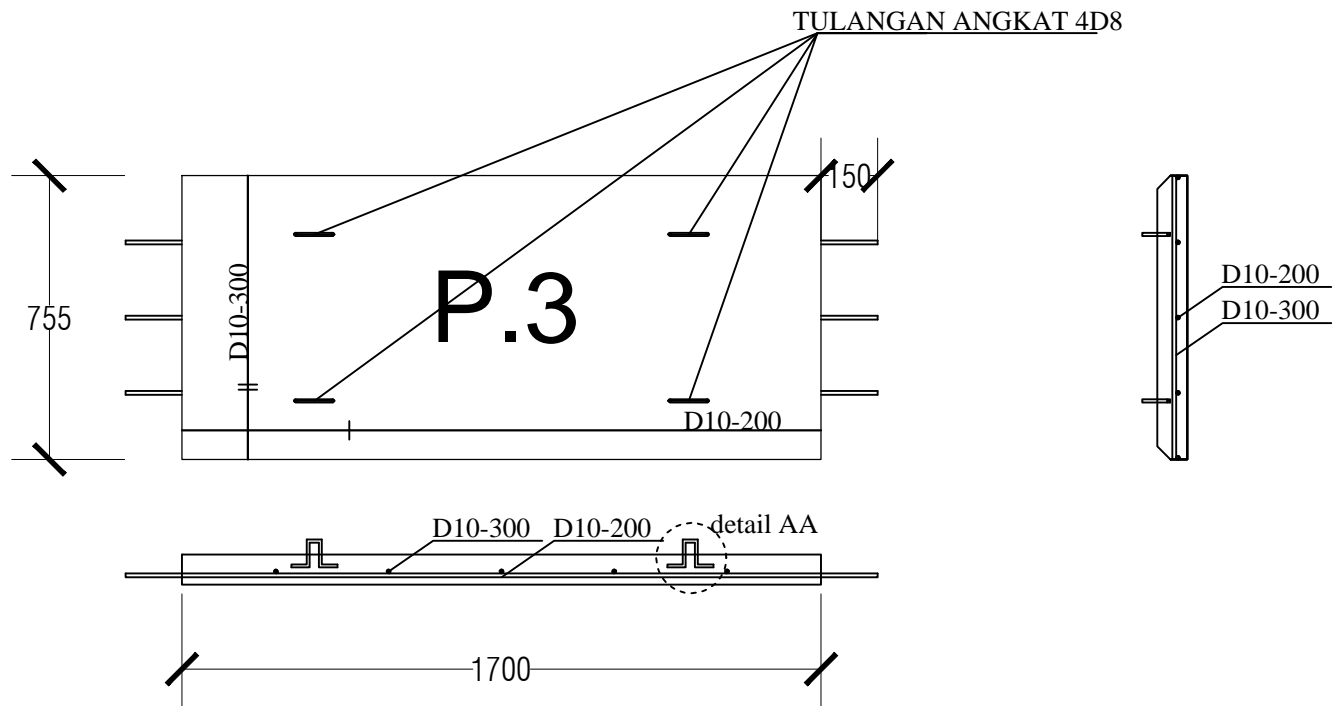
Detail AA Tul. Angkat

SKALA 1 : 4



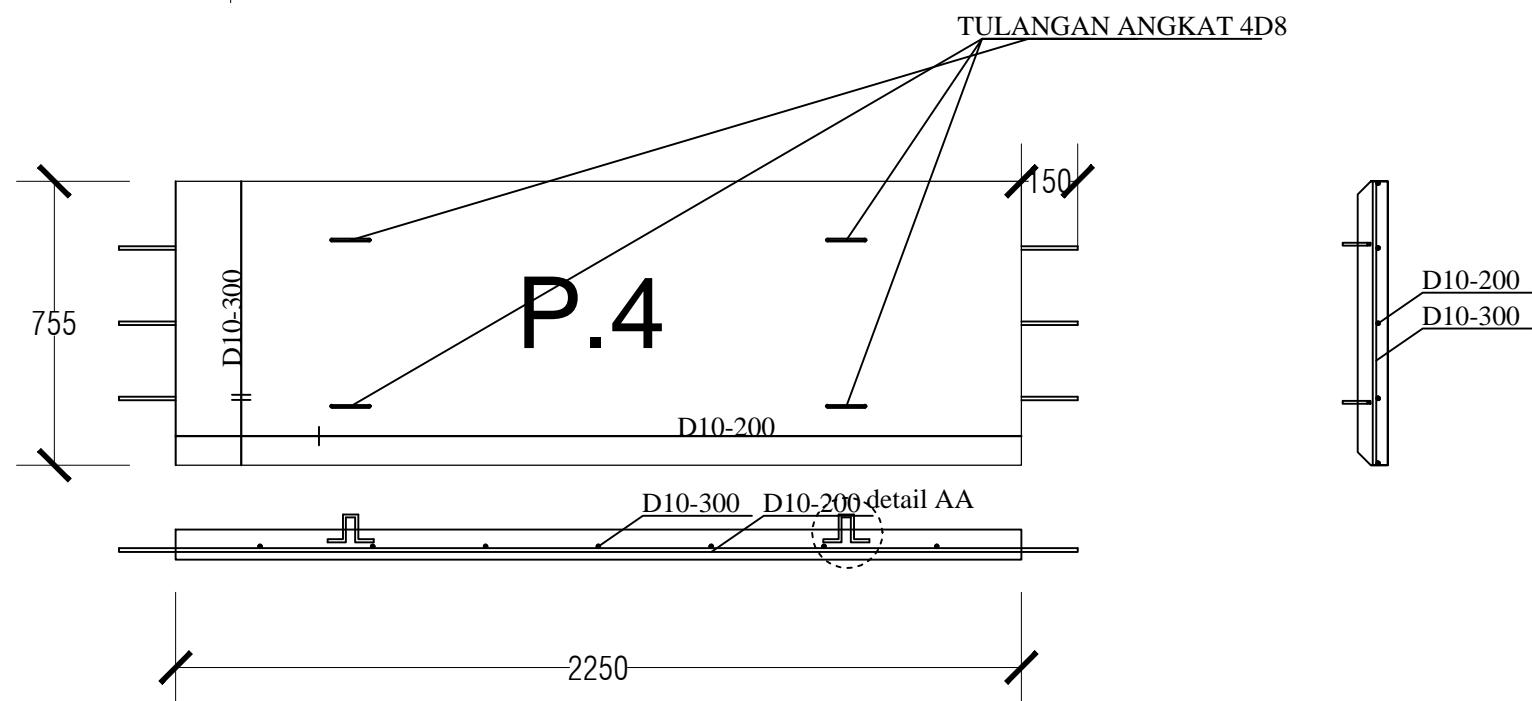
Penulangan Pelat Precast P.1

SKALA 1 : 20



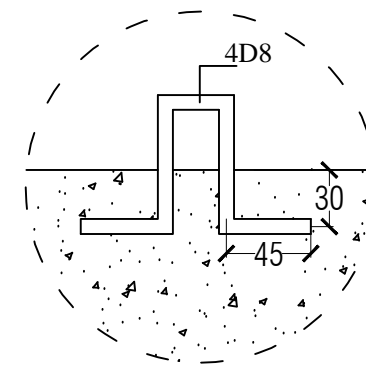
Penulangan Pelat Precast P.3

SKALA 1 : 20



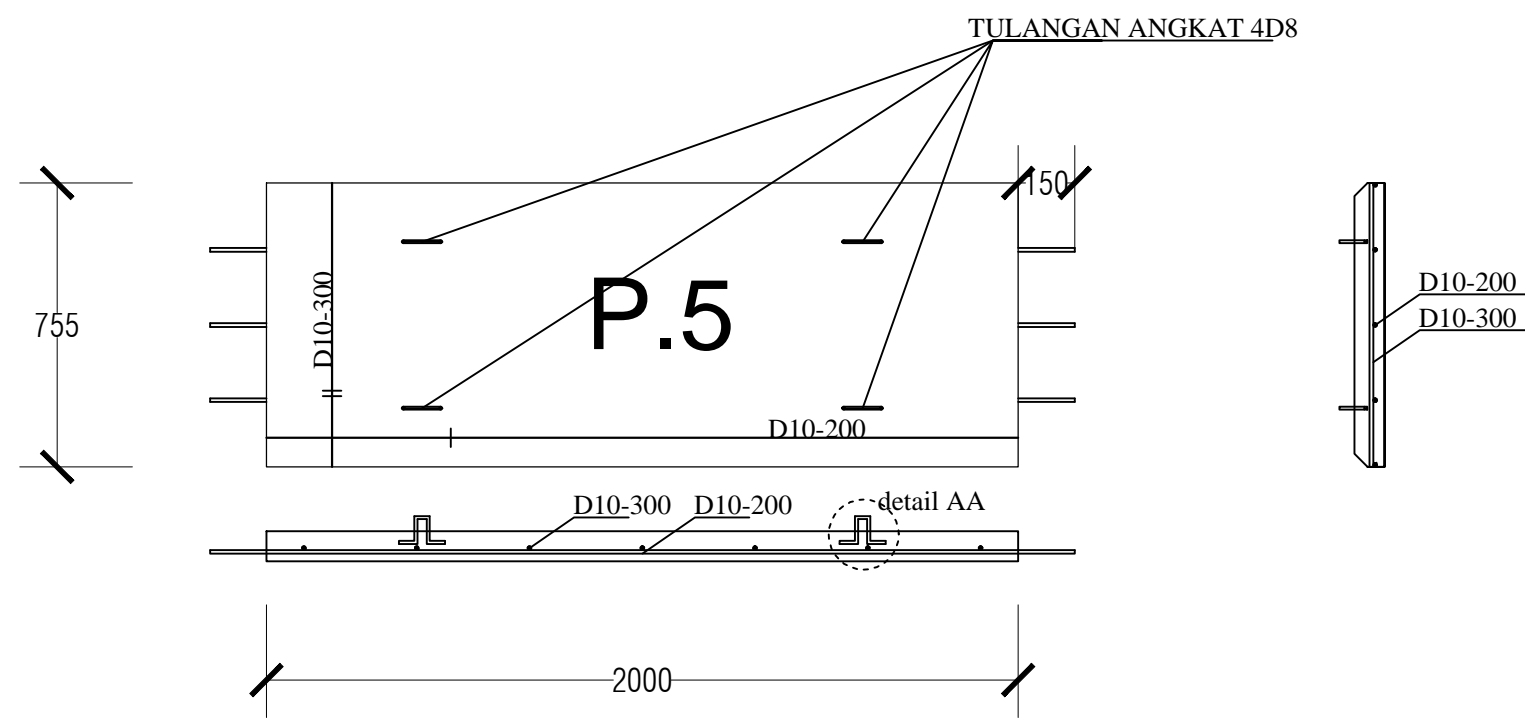
Penulangan Pelat Precast P.4

SKALA 1 : 10

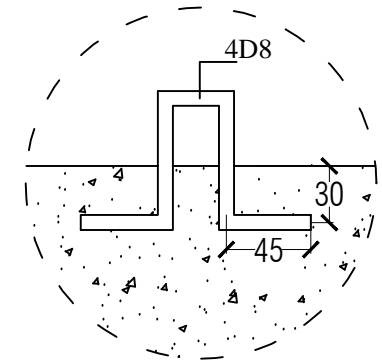


Detail AA Tul. Angkat

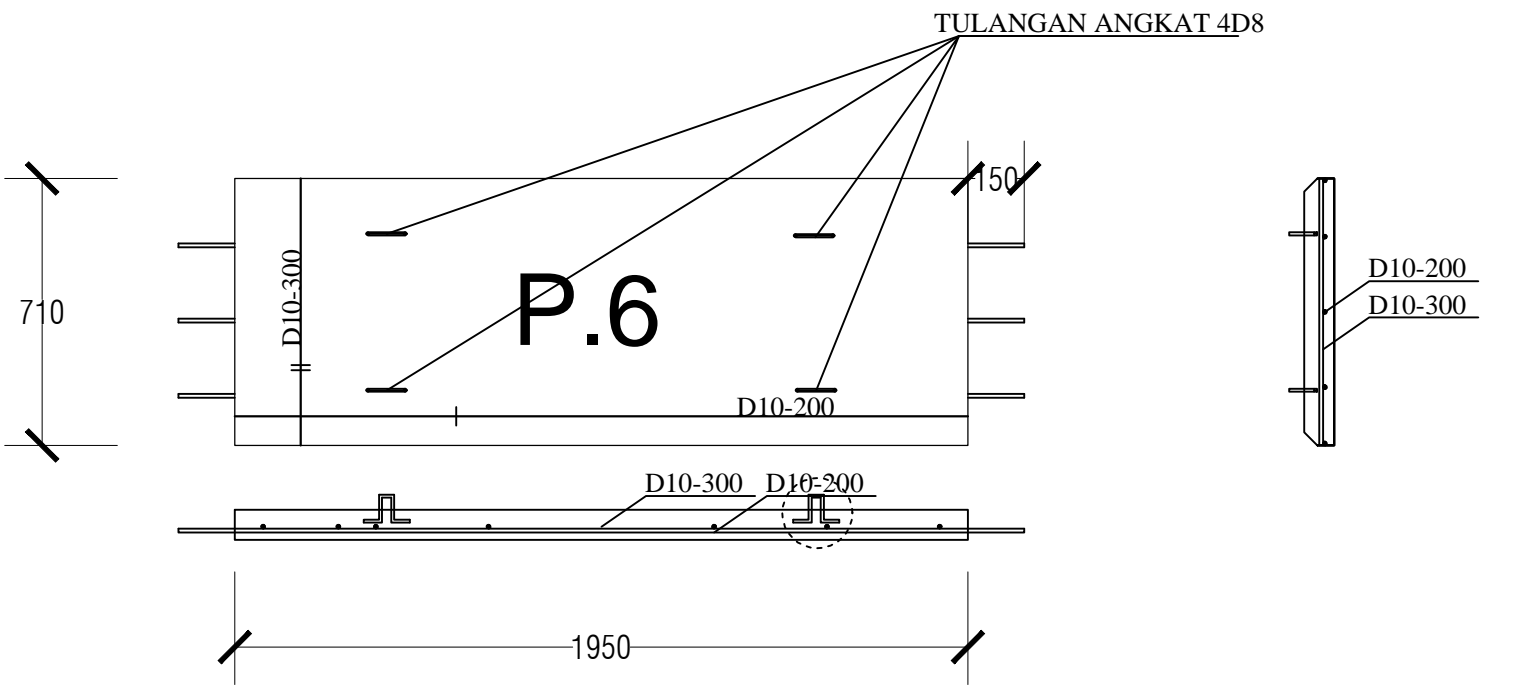
SKALA 1 : 4



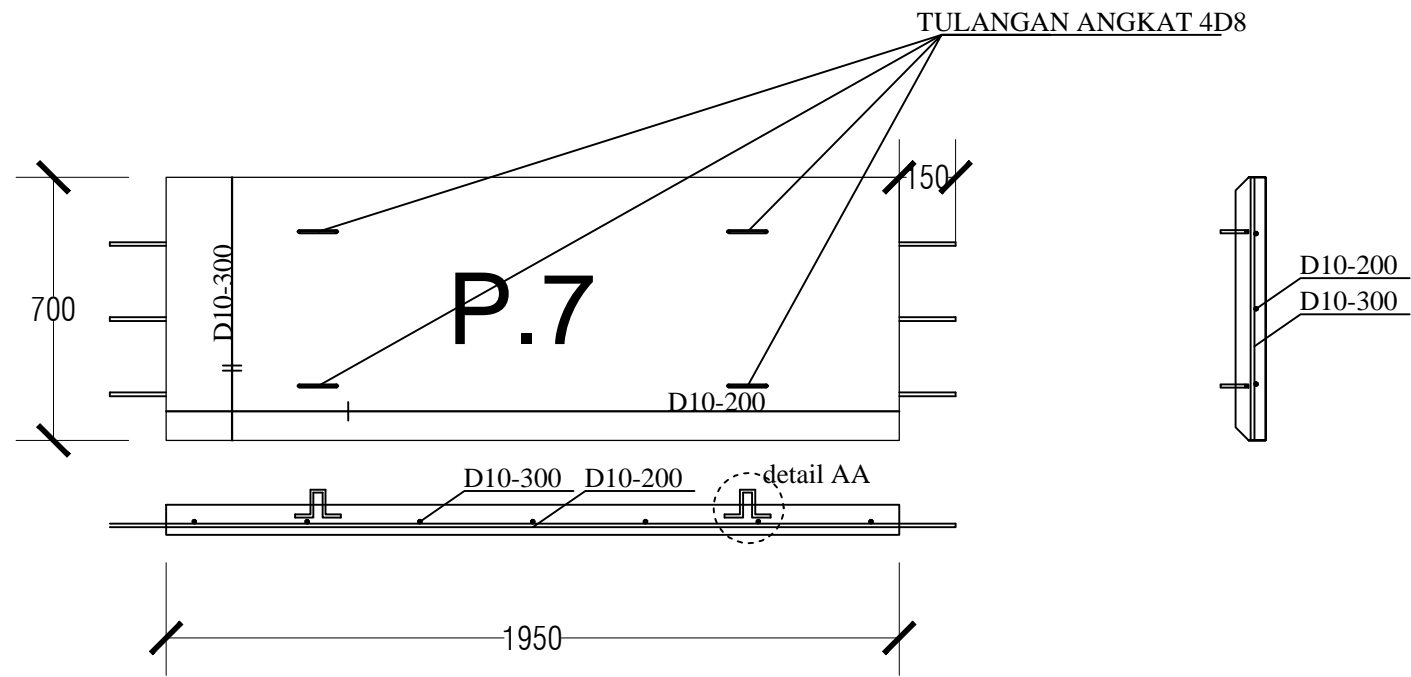
Penulangan Pelat Precast P.5
SKALA 1 : 20



Detail AA Tul.Angkat
SKALA 1 : 4

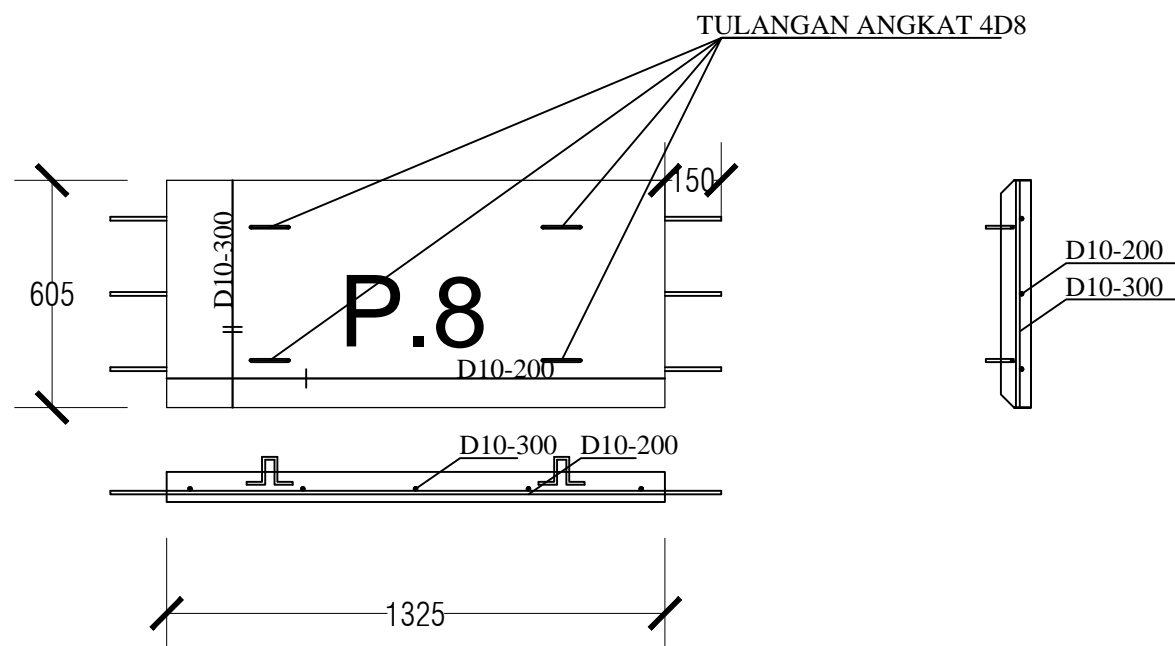


Penulangan Pelat Precast P.6
SKALA 1 : 10



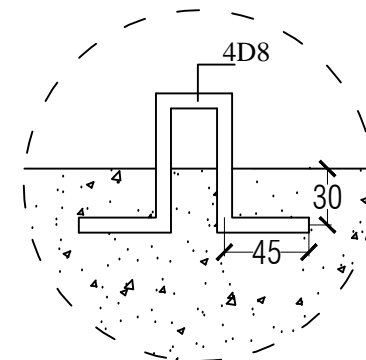
Penulangan Pelat Precast P.7

SKALA 1 : 20



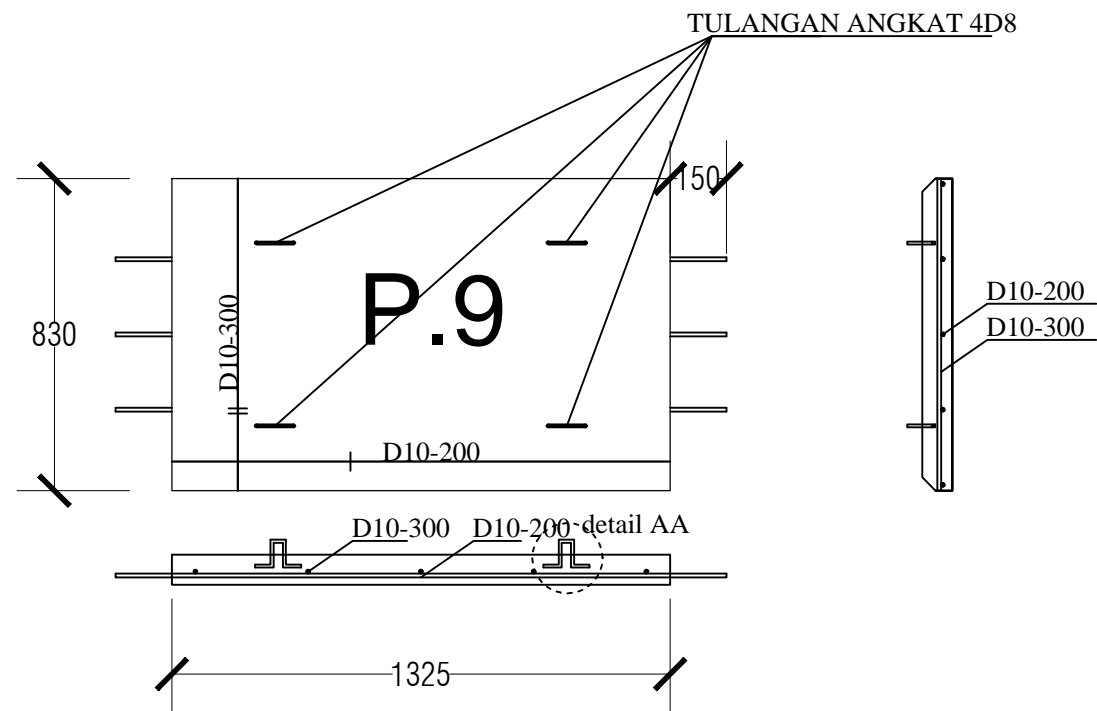
Penulangan Pelat Precast P.8

SKALA 1 : 10



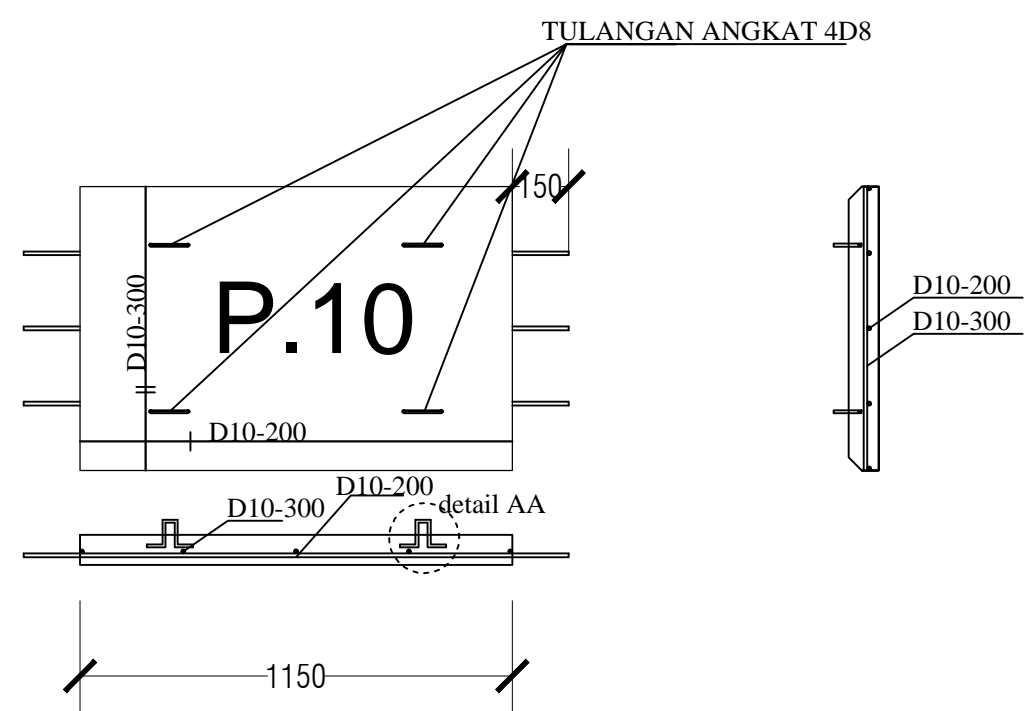
Detail AA Tul.Angkat

SKALA 1 : 4



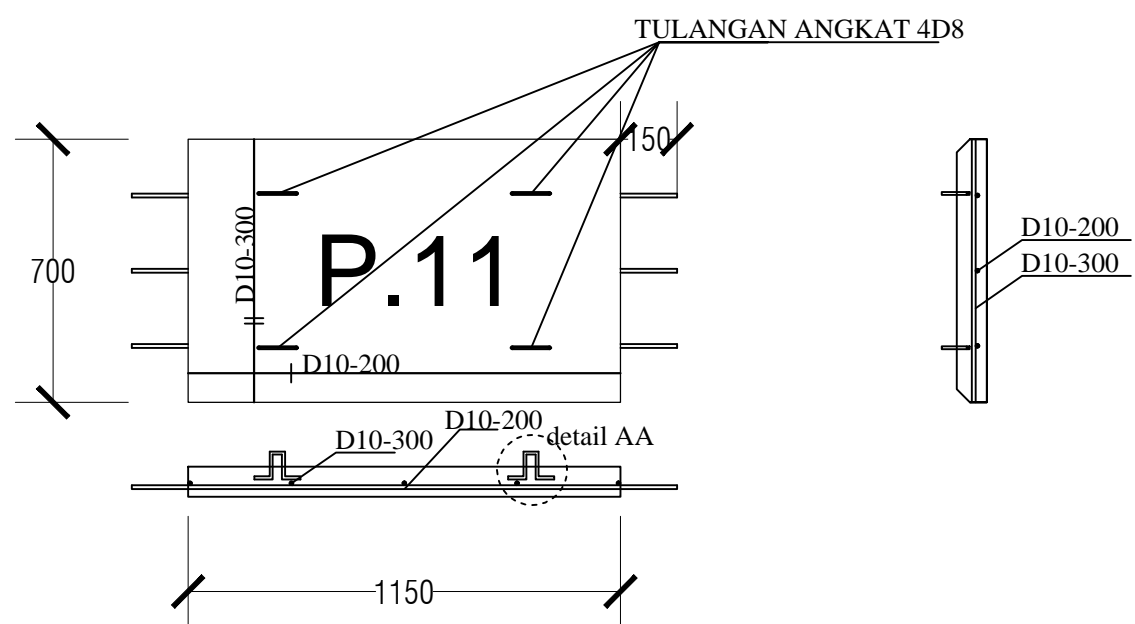
Penulangan Pelat Precast P.9

SKALA 1 : 20



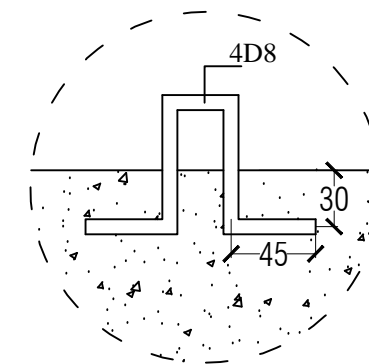
Penulangan Pelat Precast P.10

SKALA 1 : 20



Penulangan Pelat Precast P.11

SKALA 1 : 10



Detail AA Tul. Angkat

SKALA 1 : 4

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

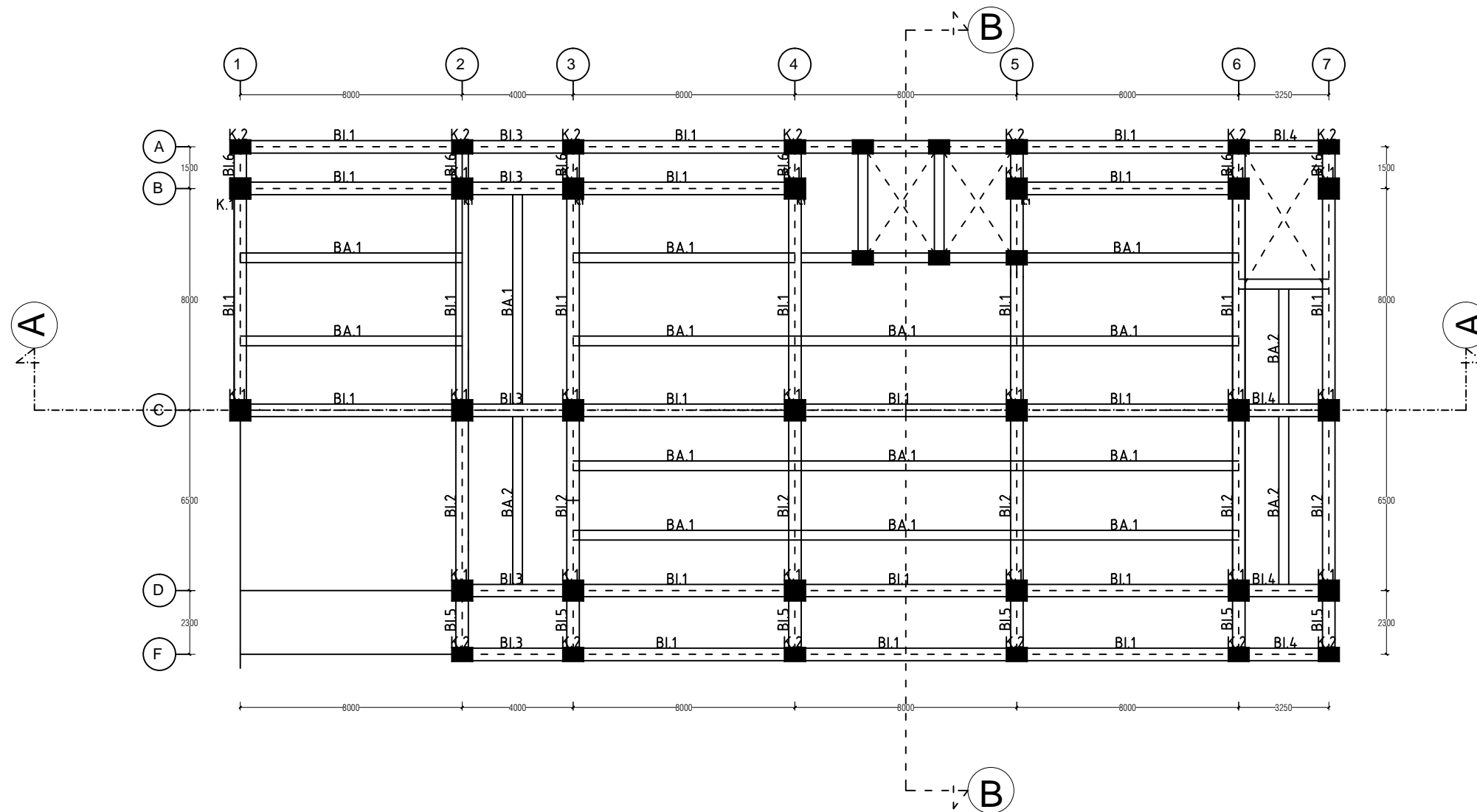
Denah Pembalokan
Lt 2-8

SKALA

1:200

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	14	52



 Denah Pembalokan Lt.2-8
SKALA 1 : 200

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

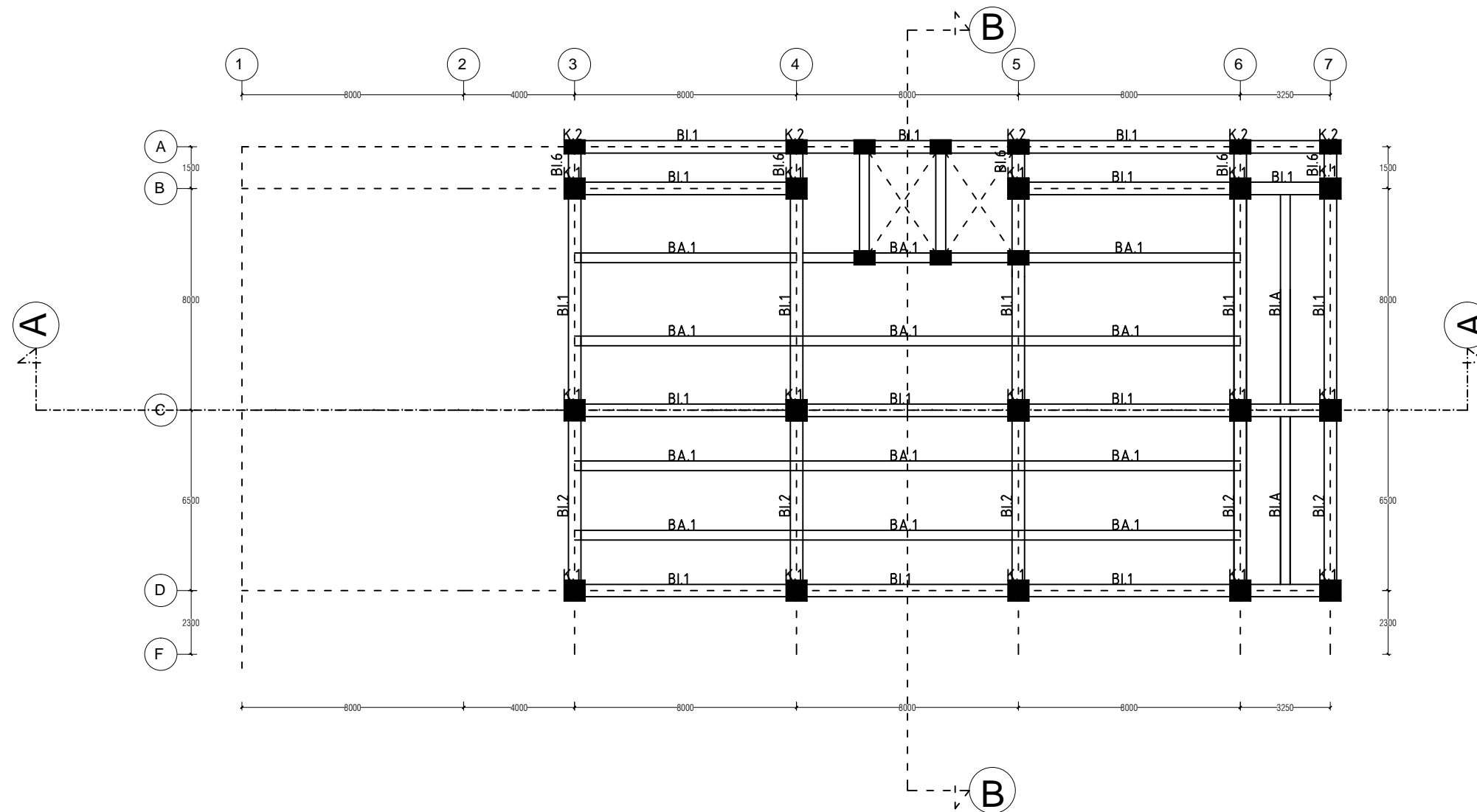
Denah Pembalokan
Atap

SKALA

1:200

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	15	52



Denah Pembalokan Atap

SKALA 1 : 200



JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi. S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

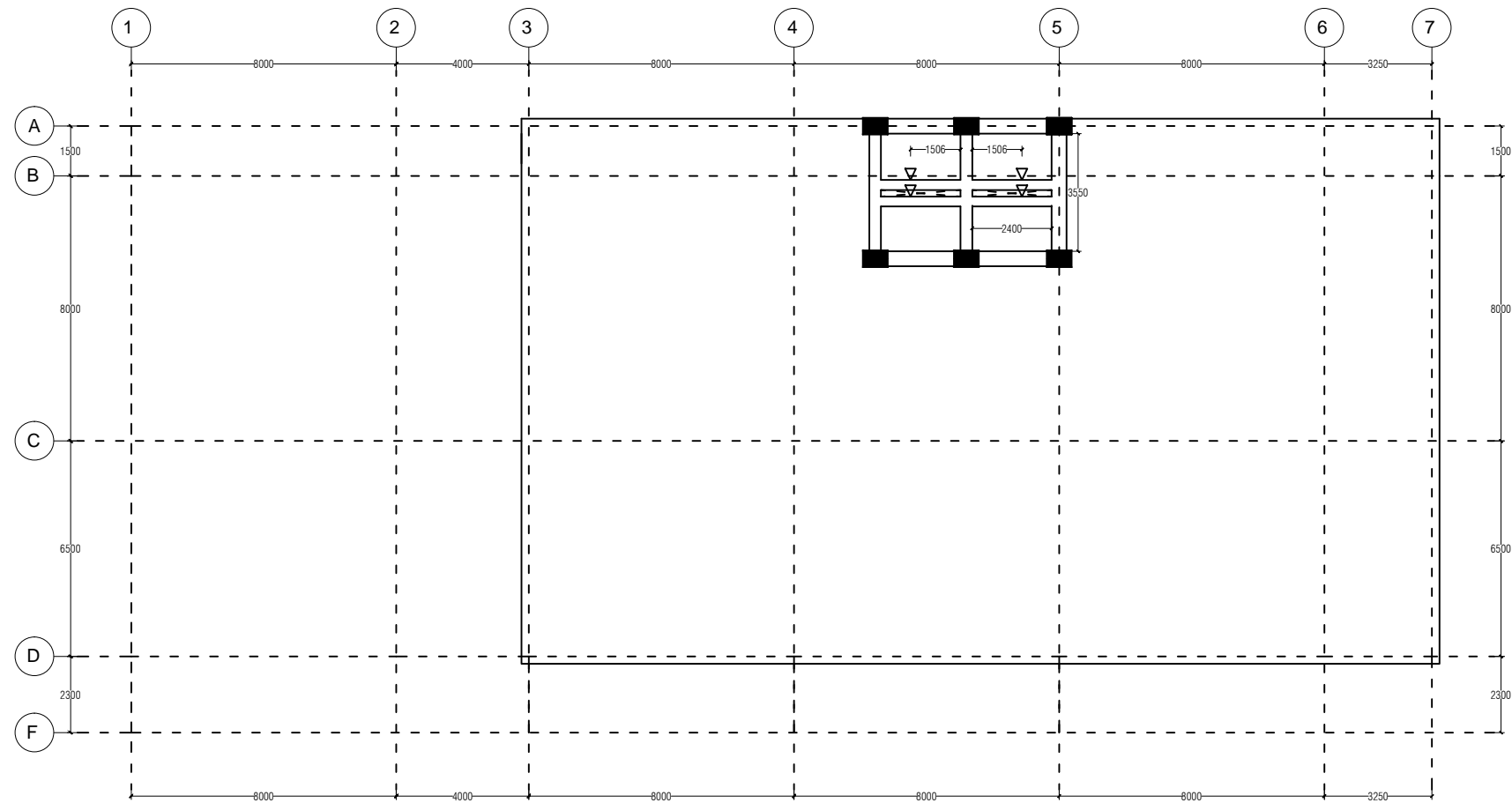
SKALA

Denah Pembalokan
Atap

1:200

KETERANGAN

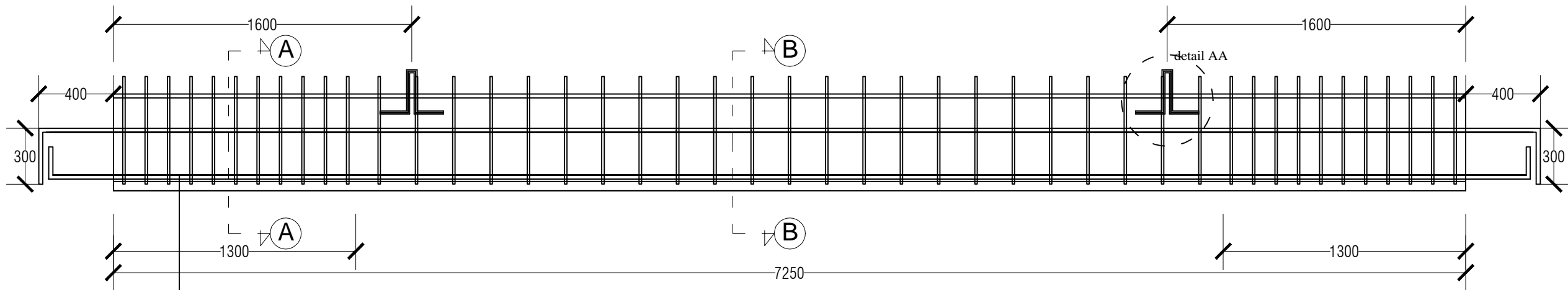
KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	16	52



Denah Pembalokan Ruang Mesin

SKALA 1 : 200

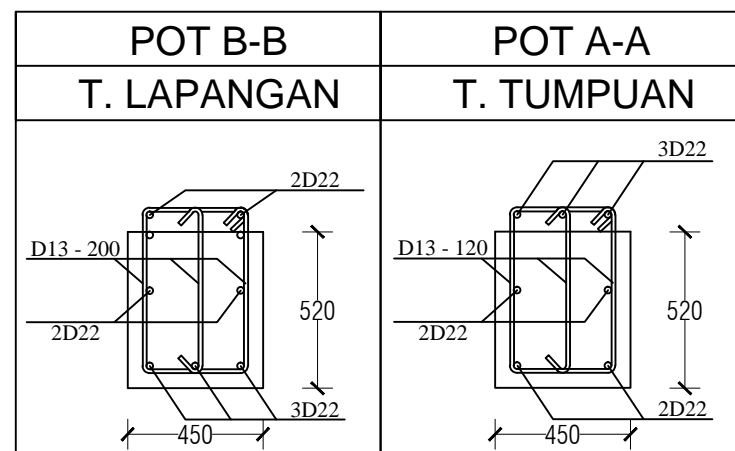




Plat Siku 40 x 40 x 350
Tul 3D16 ; l = 830 mm

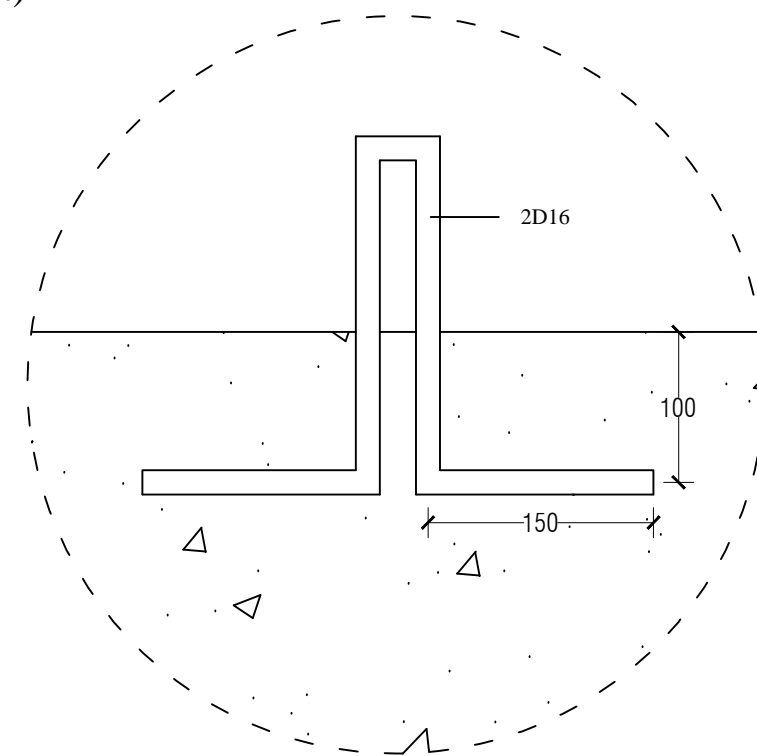
BALOK INDUK 1 (sebelum Komposit)

SKALA 1 : 25



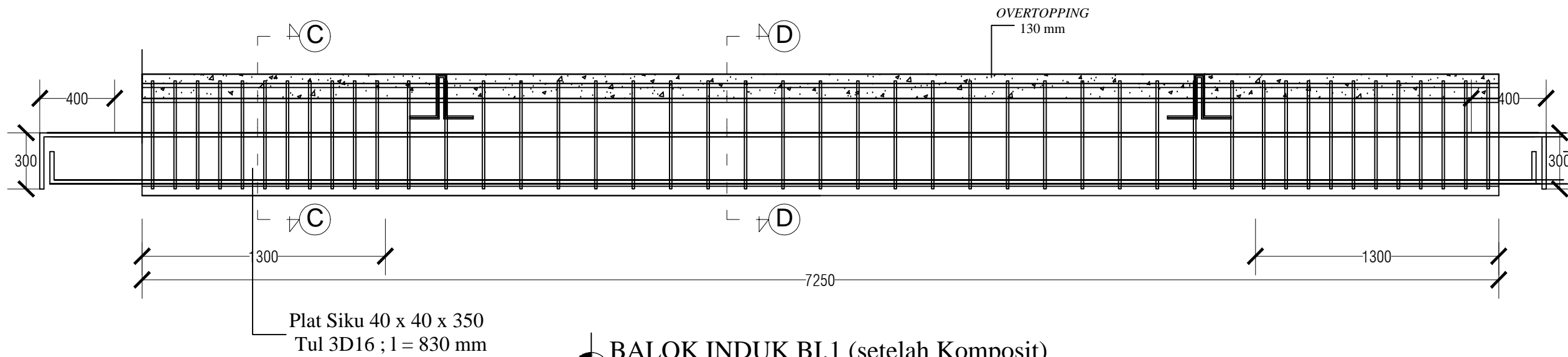
BALOK INDUK 1 (sebelum Komposit)

SKALA 1 : 25

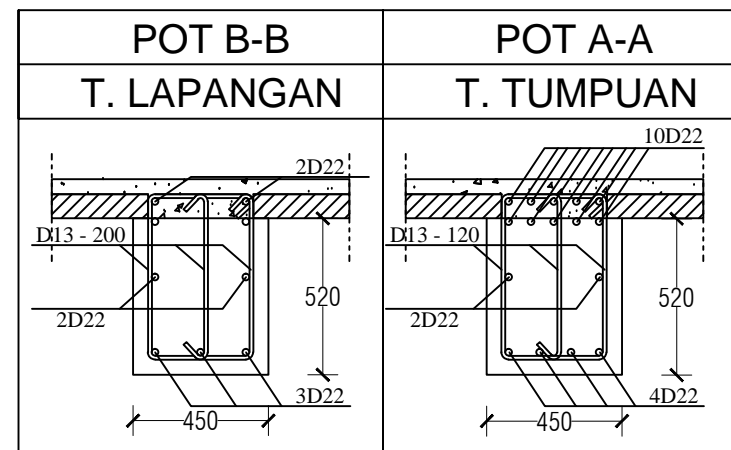


DETAIL AA TUL.ANGKAT

SKALA 1 : 5



BALOK INDUK BI.1 (setelah Komposit)
SKALA 1 : 25



POT. BALOK INDUK BI.1 (setelah Komposit)
SKALA 1 : 25

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR SKALA

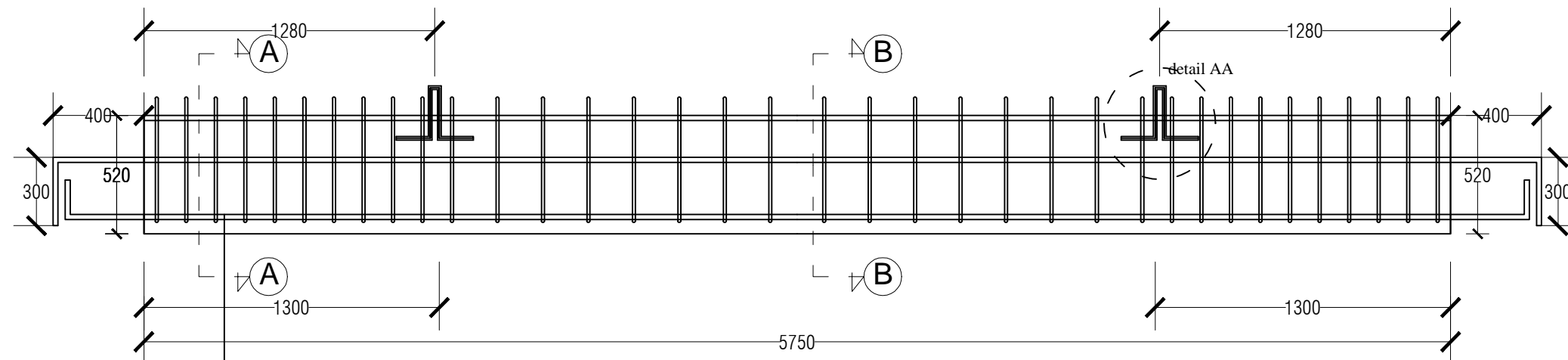
Balok Induk 1 (sebelum
Komposit) 1:25

Balok Induk 1 (setelah
Komposit) 1:25

KETERANGAN

KODE GBR NO GBR JML GBR

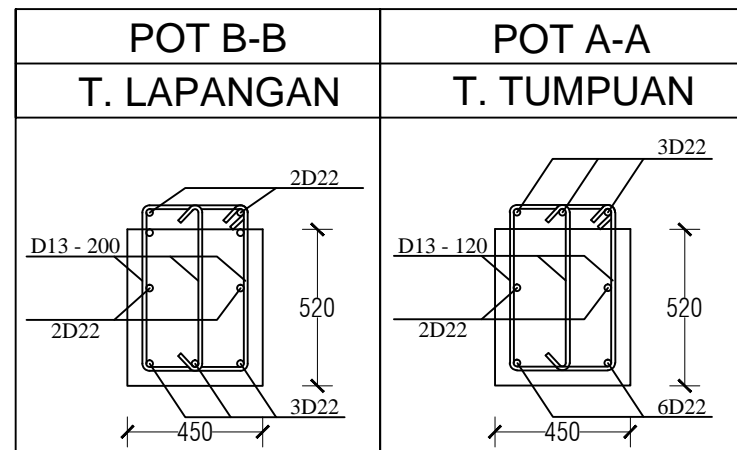
STR 18 52



Plat Siku 40 x 40 x 350
Tul 3D16 ; l = 830 mm

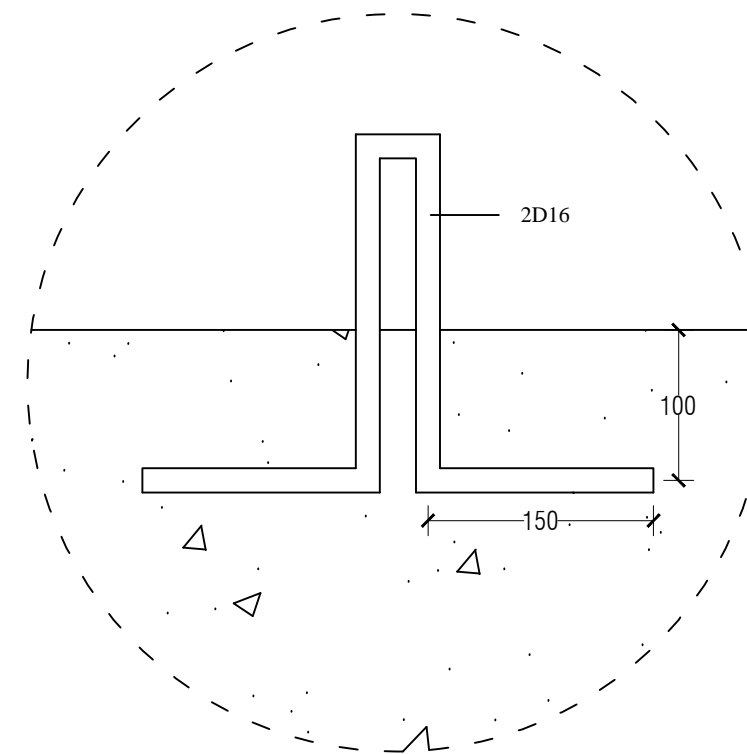
BALOK INDUK BI.2 (sebelum Komposit)

SKALA 1 : 25



POT. BALOK INDUK BI. 2 (sebelum Komposit)

SKALA 1 : 25



DETAIL AA TUL. ANGKAT

SKALA 1 : 5

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Balok Induk 2 (sebelum
Komposit)

SKALA

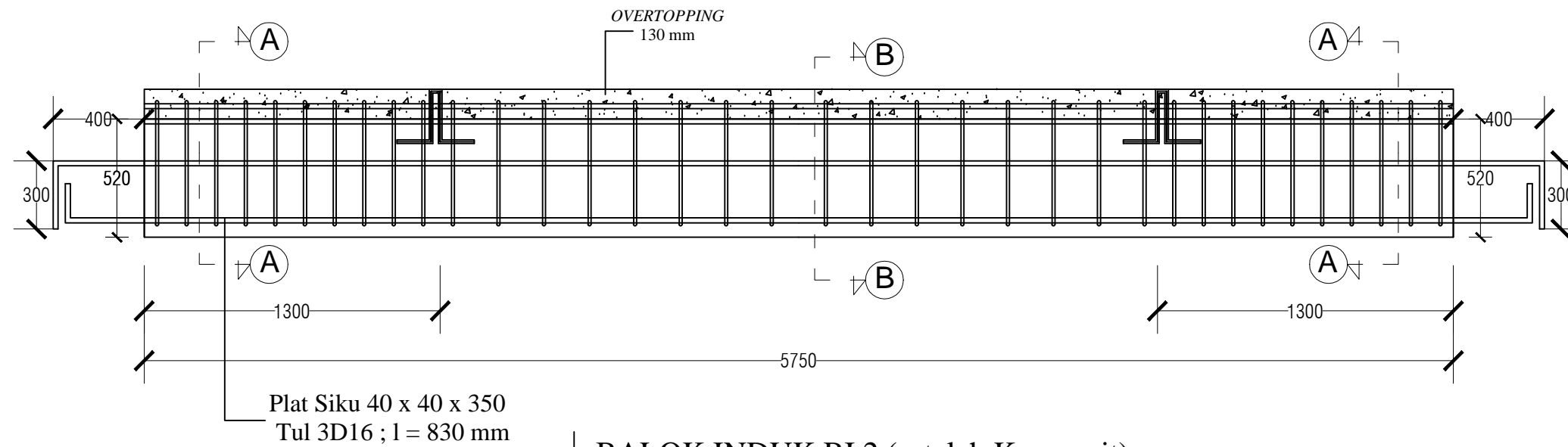
Balok Induk 2 (setelah
Komposit)

1:25
1:25

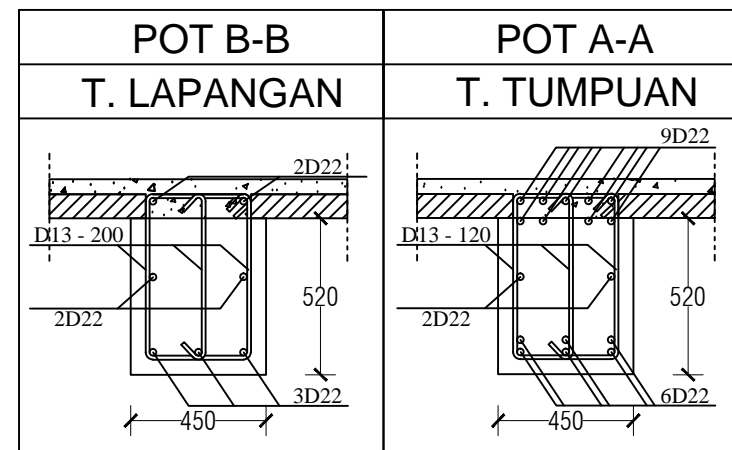
KETERANGAN

KODE GBR NO GBR JML GBR

STR 19 52



BALOK INDUK BI.2 (setelah Komposit)
SKALA 1 : 25



POT BALOK INDUK BI.2 (setelah Komposit)
SKALA 1 : 25

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

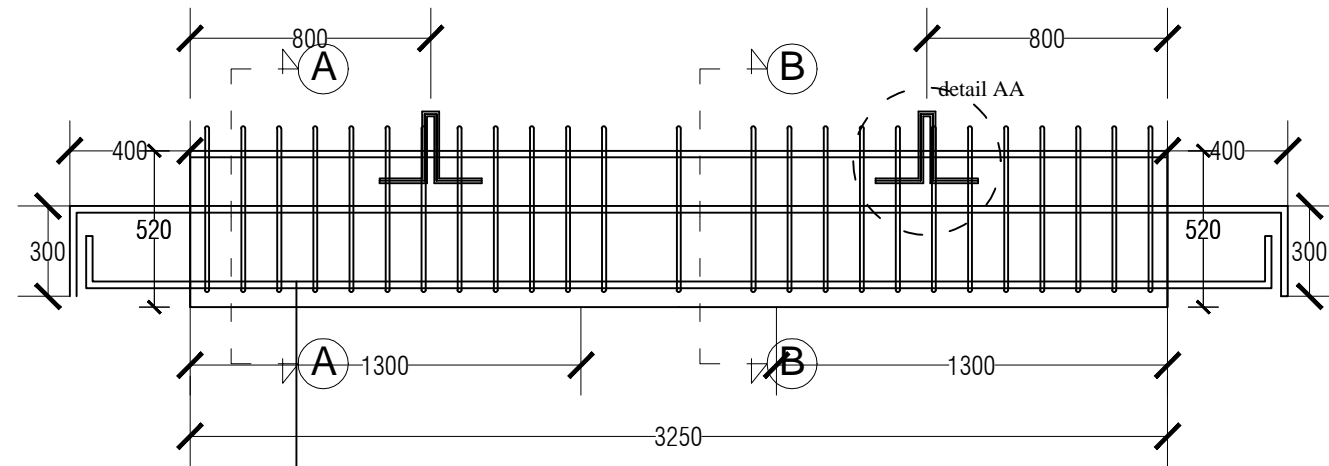
JUDUL GAMBAR

JUDUL GAMBAR	SKALA
Balok Anak 1 (sebelum Komposit)	1:25
Balok Anak 1 (setelah Komposit)	1:25

KETERANGAN

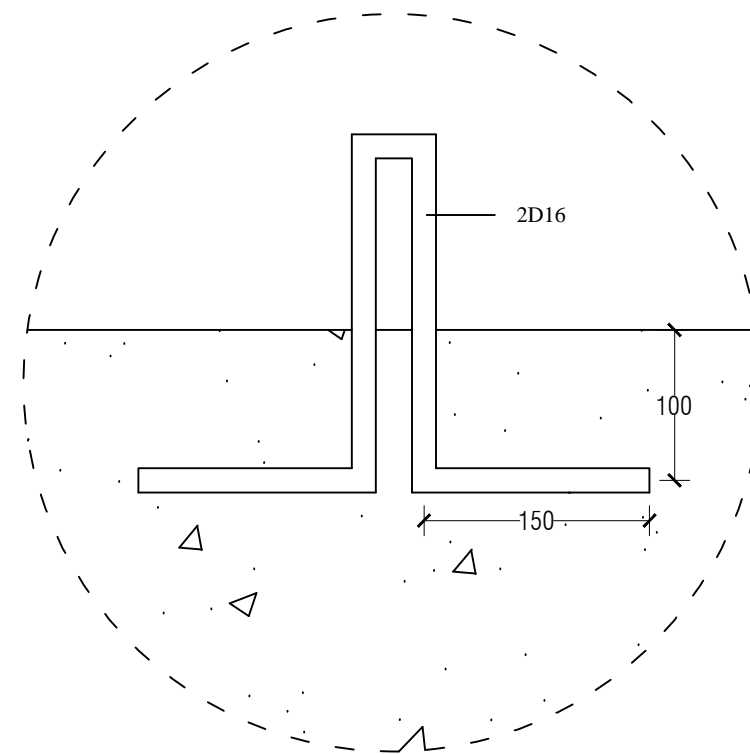
KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	20	52

STR 20 52

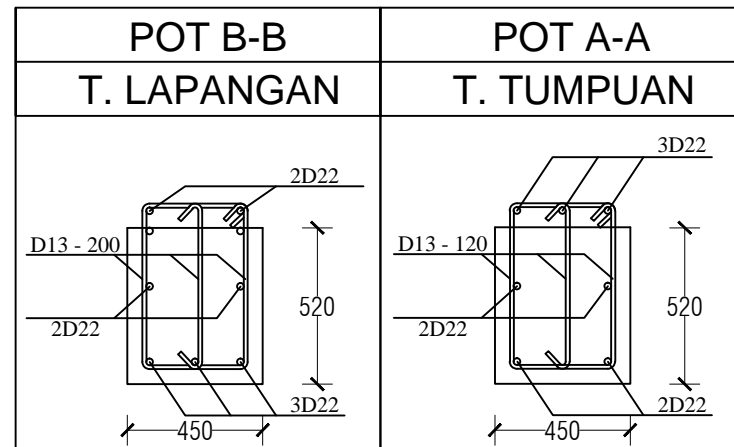


Plat Siku 40 x 40 x 350
Tul 3D16 ; l = 830 mm

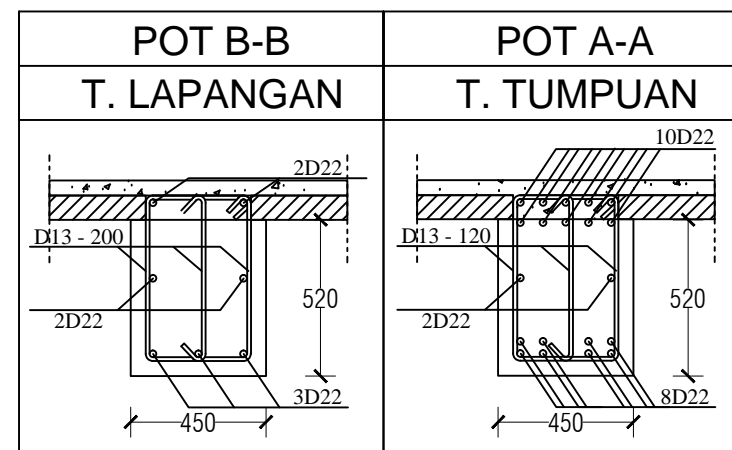
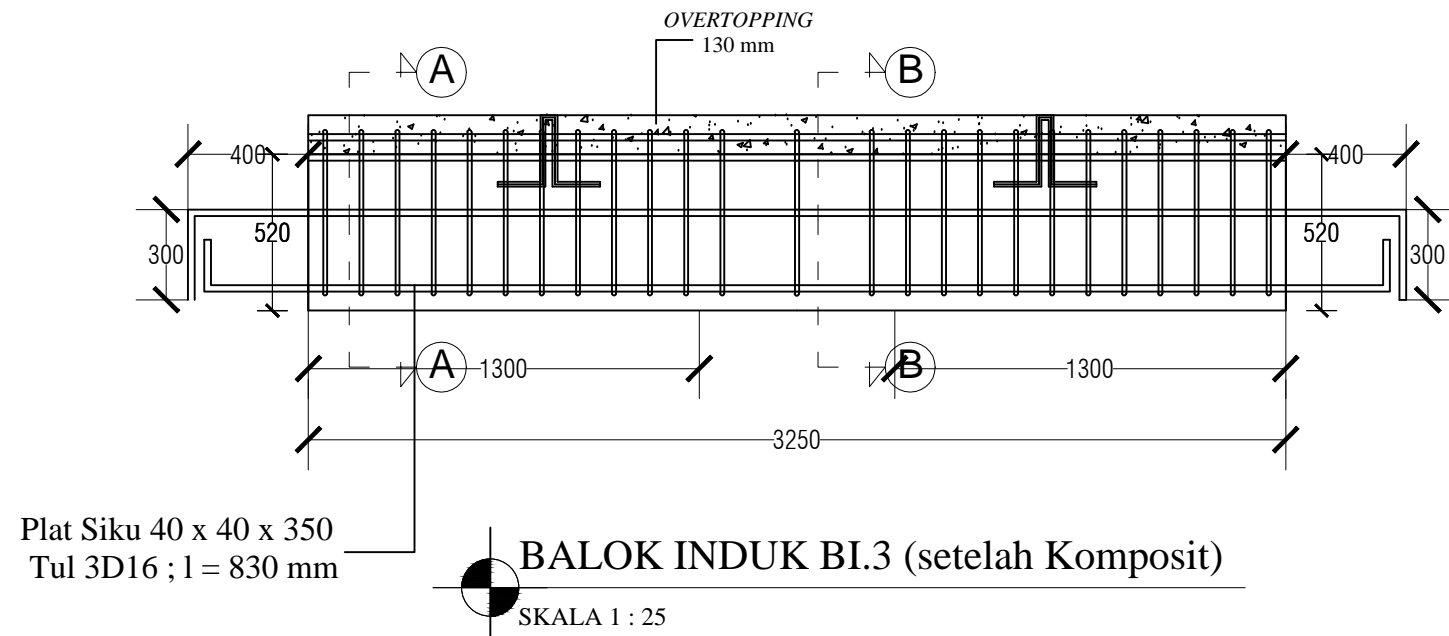
BALOK INDUK BI. 3 (sebelum Komposit)
SKALA 1 : 25



DETAIL AA TUL. ANGKAT
SKALA 1 : 5



BALOK INDUK 3 (sebelum Komposit)
SKALA 1 : 25



POT BALOK INDUK BI.3 (setelah Komposit)
SKALA 1 : 25

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR SKALA

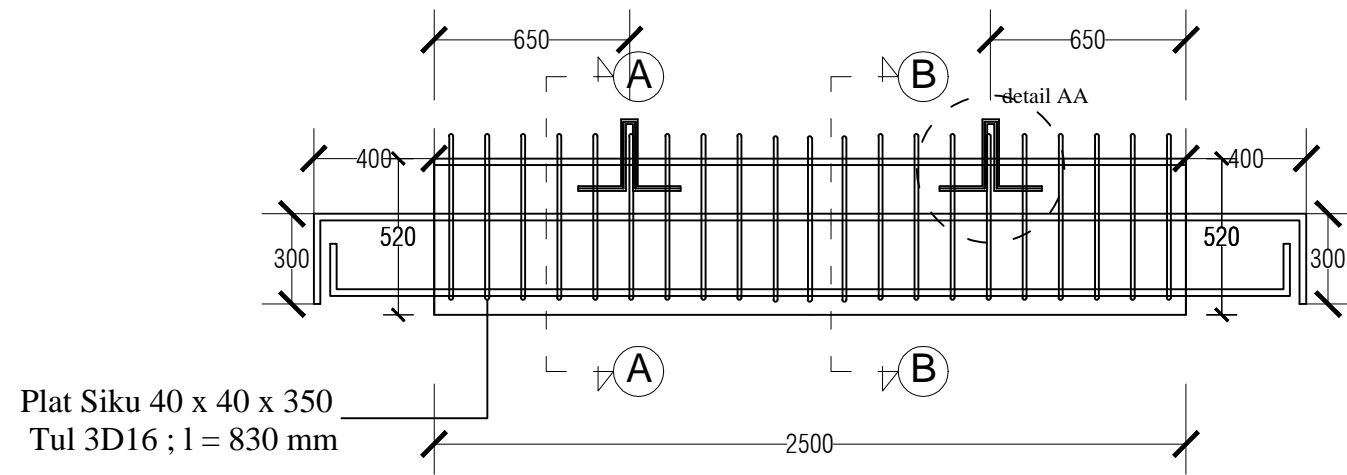
Balok Induk 3 (sebelum
Komposit) 1:25

Balok Induk 3 (setelah
Komposit) 1:25

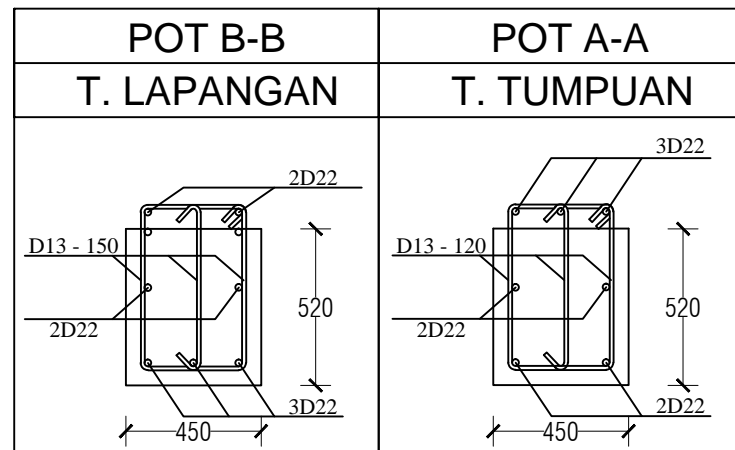
KETERANGAN

KODE GBR NO GBR JML GBR

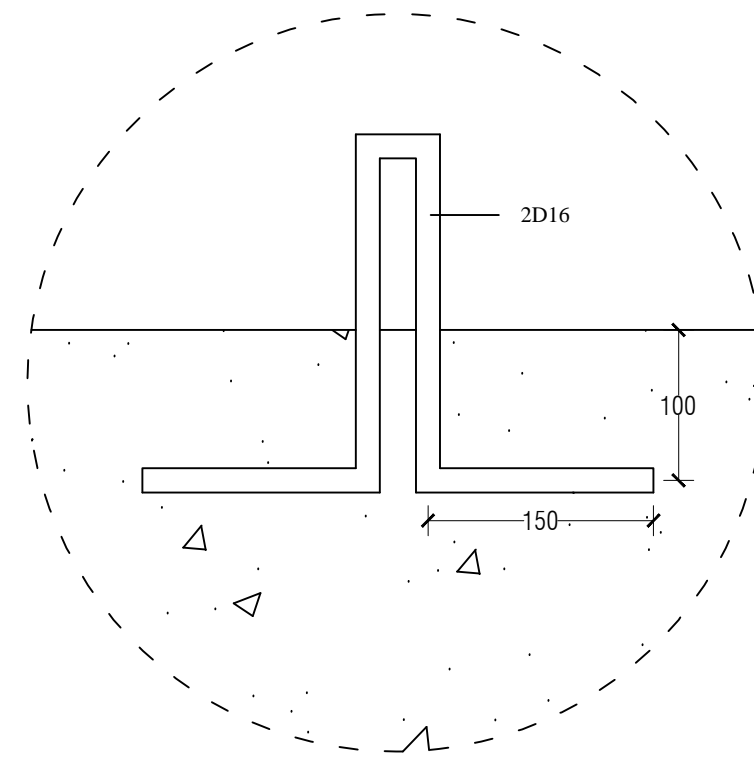
STR 22 52



BALOK INDUK BI. 4 (sebelum Komposit)
SKALA 1 : 25



POT BALOK INDUK BI.4 (sebelum Komposit)
SKALA 1 : 25



DETAIL AA TUL. ANGKAT
SKALA 1 : 5

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR SKALA

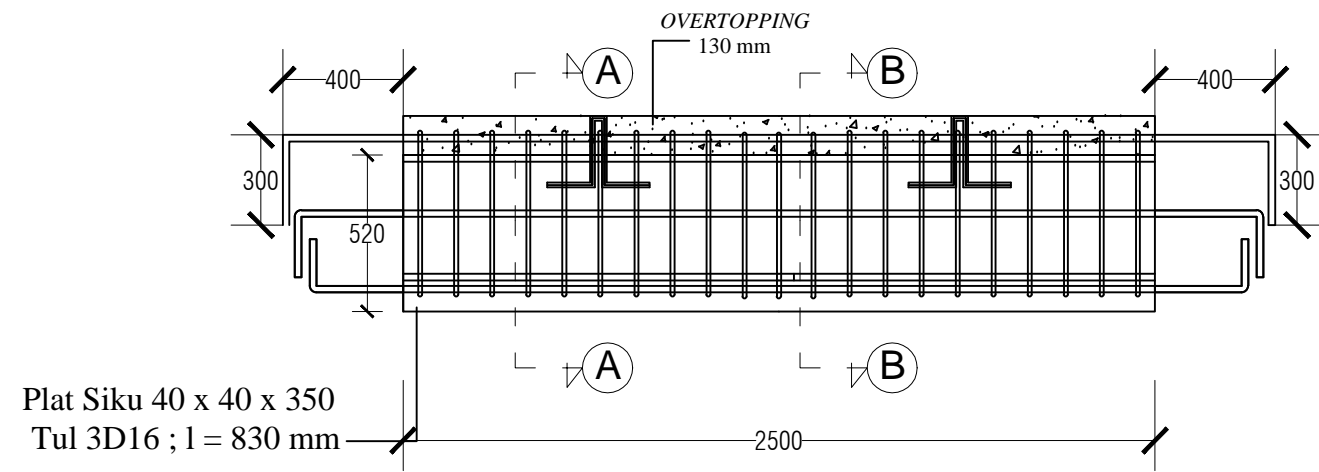
Balok Induk 4 (sebelum
Komposit) 1:25

Balok Induk 4 (setelah
Komposit) 1:25

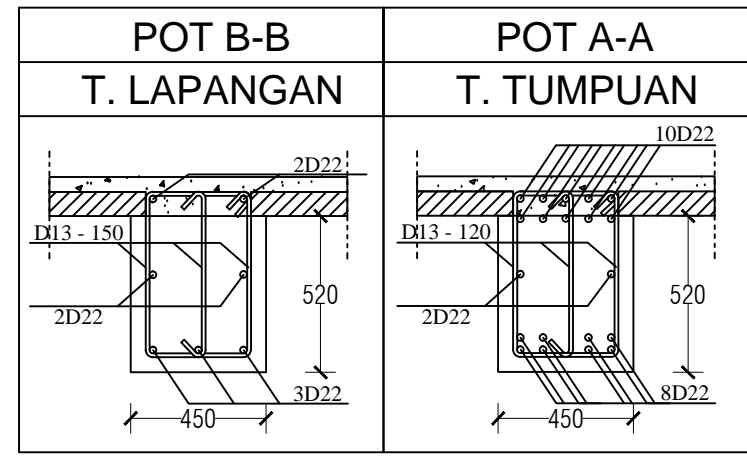
KETERANGAN

KODE GBR NO GBR JML GBR

STR 23 52



BALOK INDUK BI. 4 (setelah Komposit)
SKALA 1 : 25



POT BALOK INDUK BI. 4 (setelah Komposit)
SKALA 1 : 25

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi. S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Balok Induk 4 (sebelum Komposit)

SKALA 1:25

Balok Induk 4 (setelah Komposit)

SKALA 1:25

KETERANGAN

KODE GBR

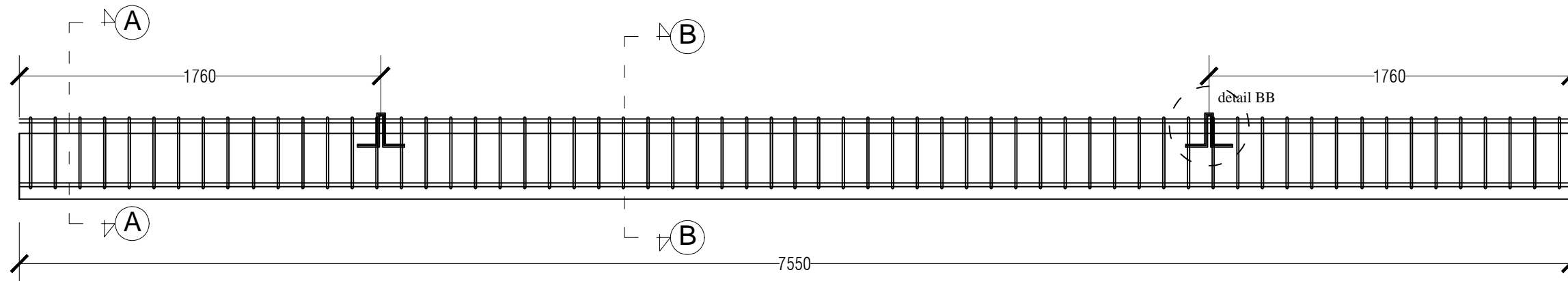
STR

NO GBR

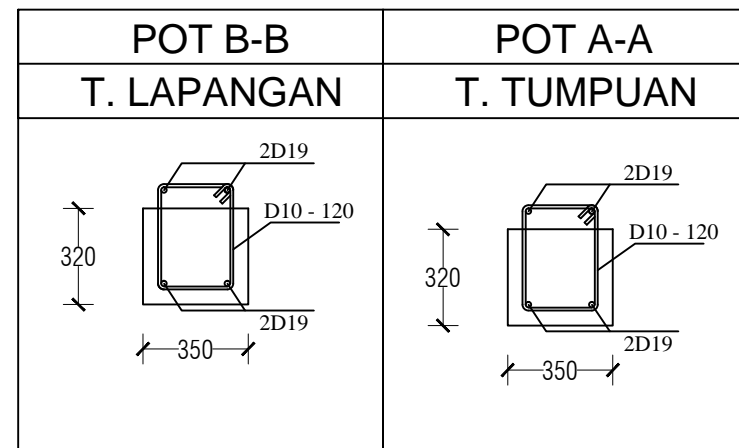
24

JML GBR

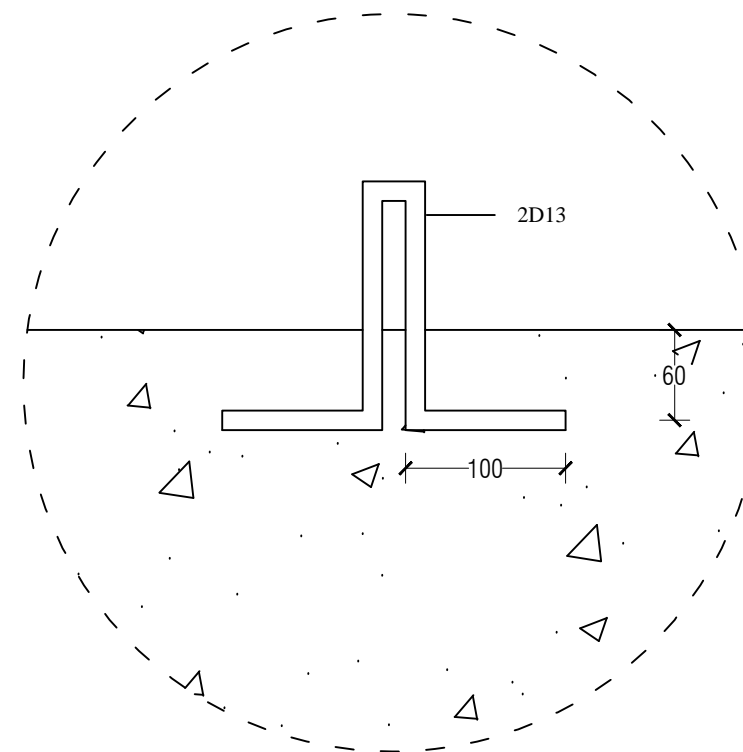
52



BALOK ANAK BA.1 (sebelum komposit)
SKALA 1 : 25



POT BALOK ANAK BA.1 (sebelum komposit)
SKALA 1 : 25



DETAIL BB TUL. ANGKAT
SKALA 1 : 5

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

SKALA

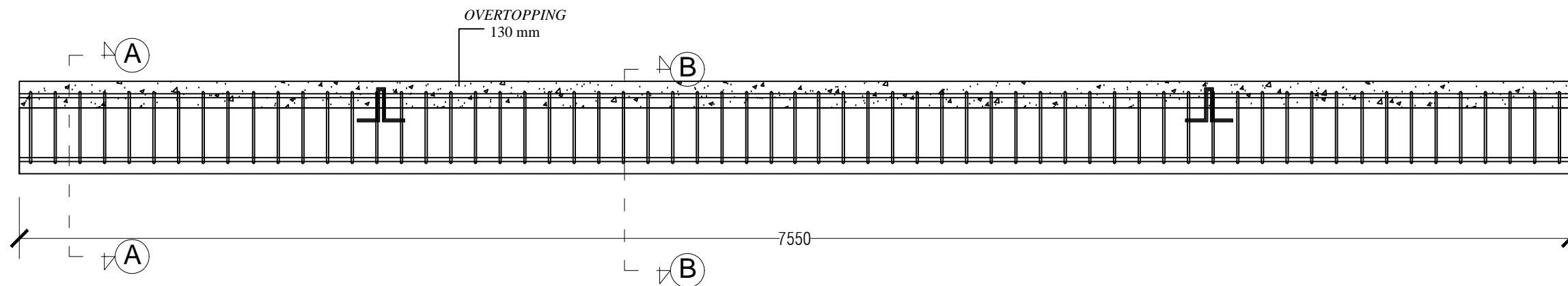
Balok Anak 1 (sebelum
Komposit) 1:25

Balok Anak 1 (setelah
Komposit) 1:25

KETERANGAN

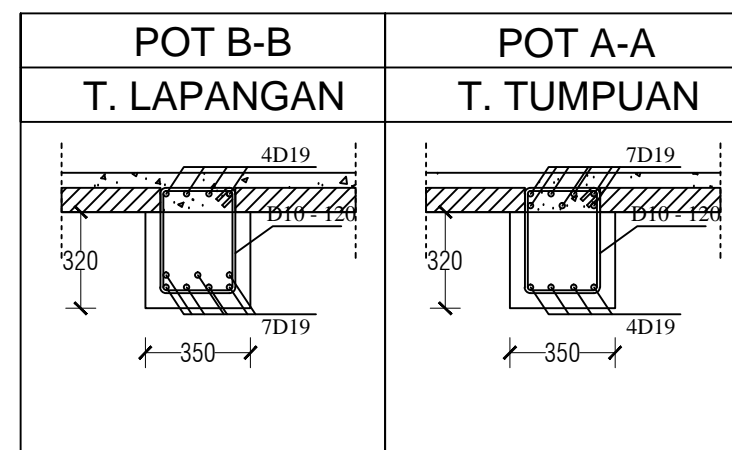
KODE GBR NO GBR JML GBR

STR 26 52



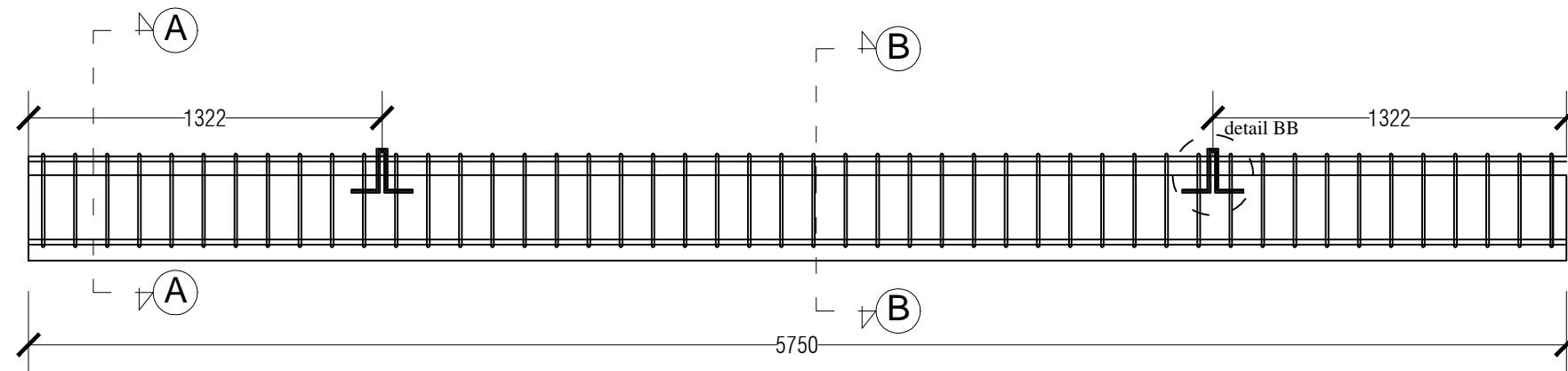
BALOK ANAK BA.1 (setelah Komposit)

SKALA 1 : 25

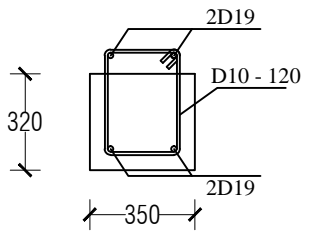
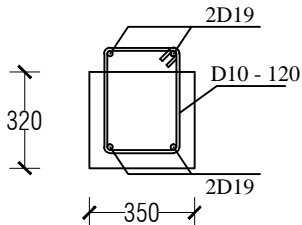


POT BALOK ANAK 1 (setelah Komposit)

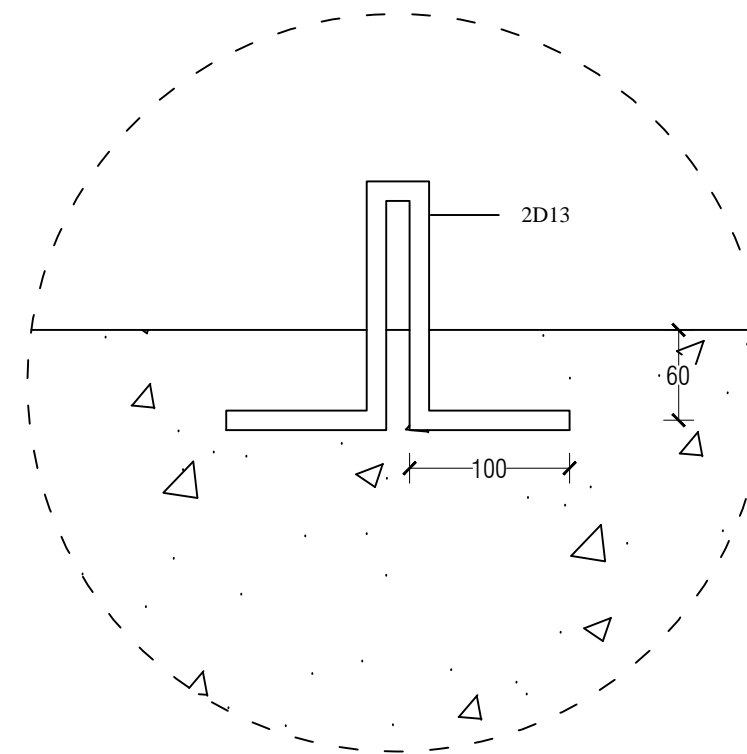
SKALA 1 : 25



BALOK ANAK BA.2 (sebelum komposit)
SKALA 1 : 25

POT B-B T. LAPANGAN	POT A-A T. TUMPUAN
	

POT BALOK ANAK BA.2 (sebelum komposit)
SKALA 1 : 25



DETAIL BB TUL. ANGKAT
SKALA 1 : 5

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR SKALA

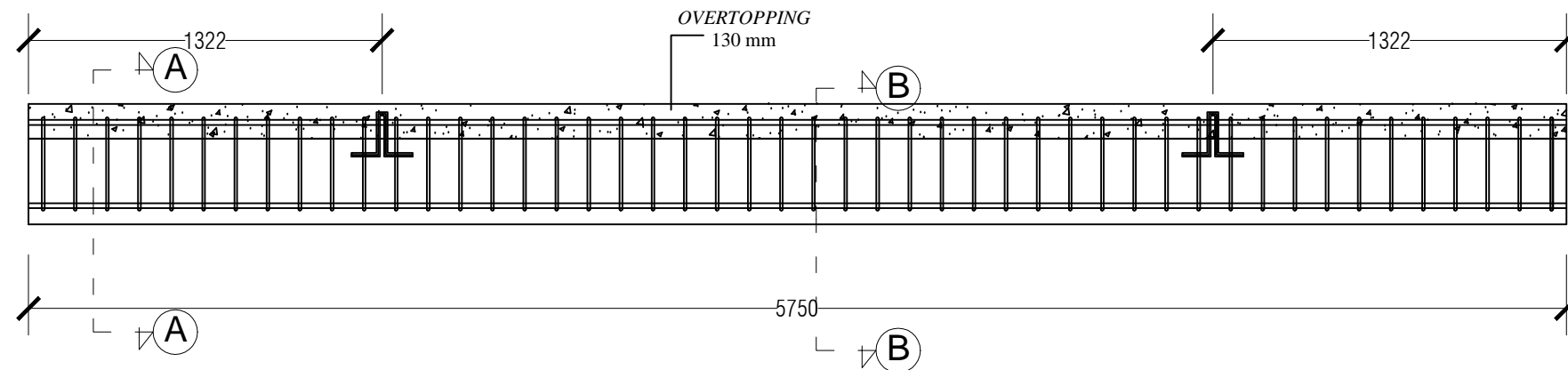
Balok Anak 2 (sebelum
Komposit) 1:25

Balok Anak 2 (setelah
Komposit) 1:25

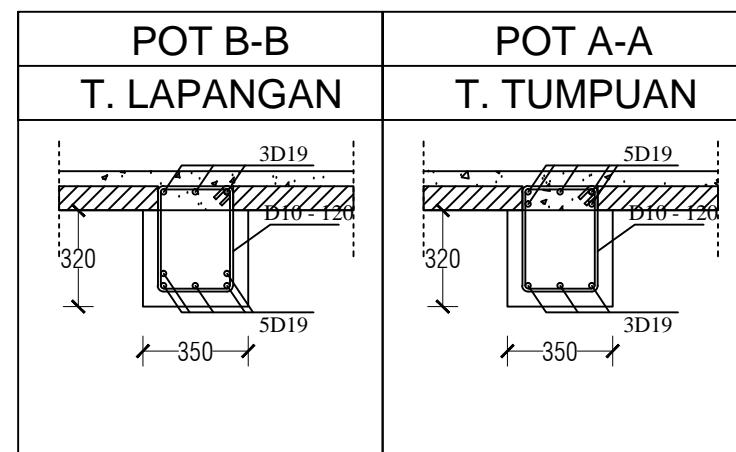
KETERANGAN

KODE GBR NO GBR JML GBR

STR 27 52



BALOK ANAK BA.2 (setelah Komposit)
SKALA 1 : 25



BALOK ANAK BA.2 (setelah Komposit)
SKALA 1 : 25

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

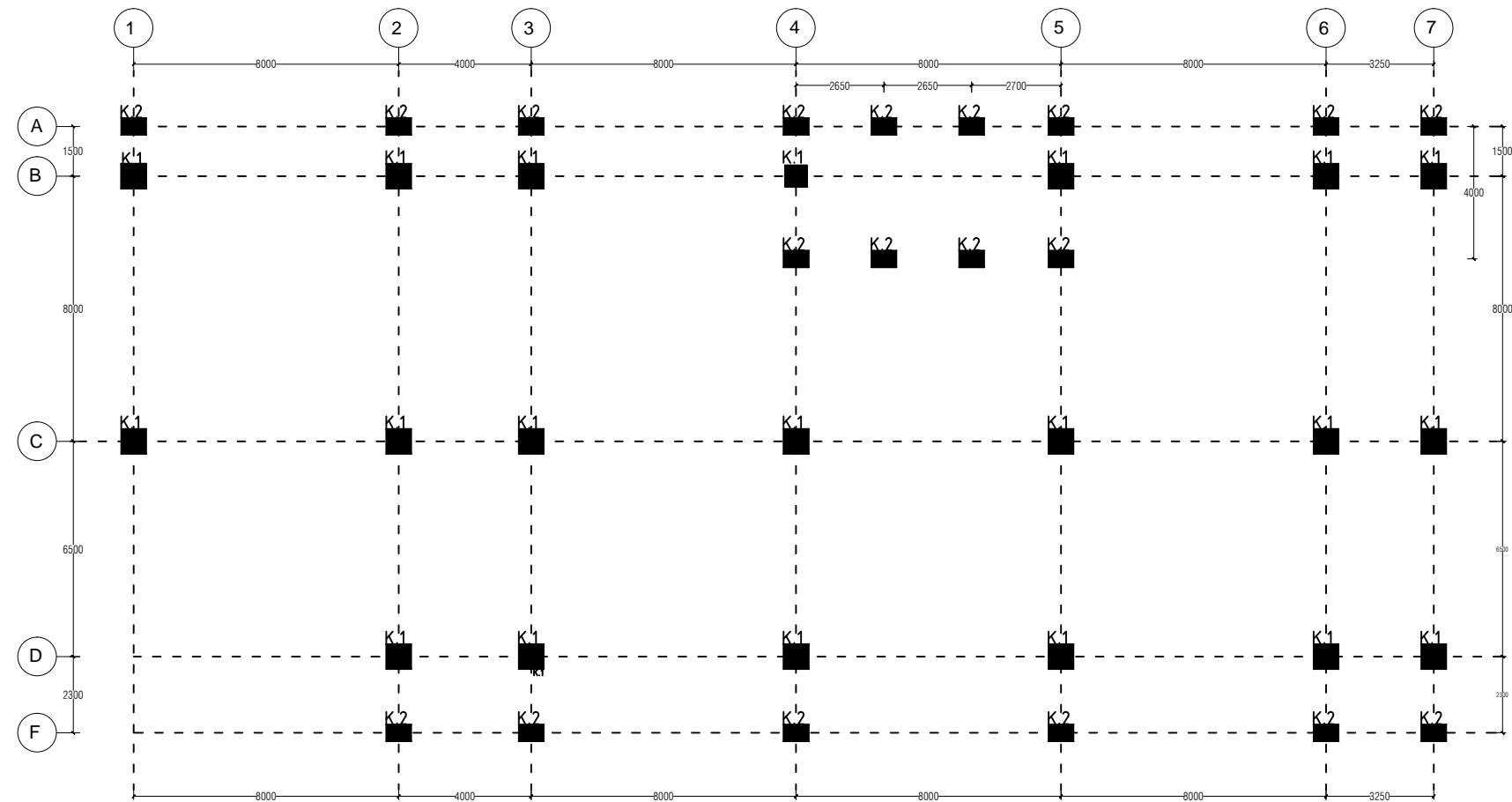
JUDUL GAMBAR

JUDUL GAMBAR	SKALA
Balok Anak 2 (sebelum Komposit)	1:25
Balok Anak 2 (setelah Komposit)	1:25

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	28	52

STR 28 52



JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

SKALA

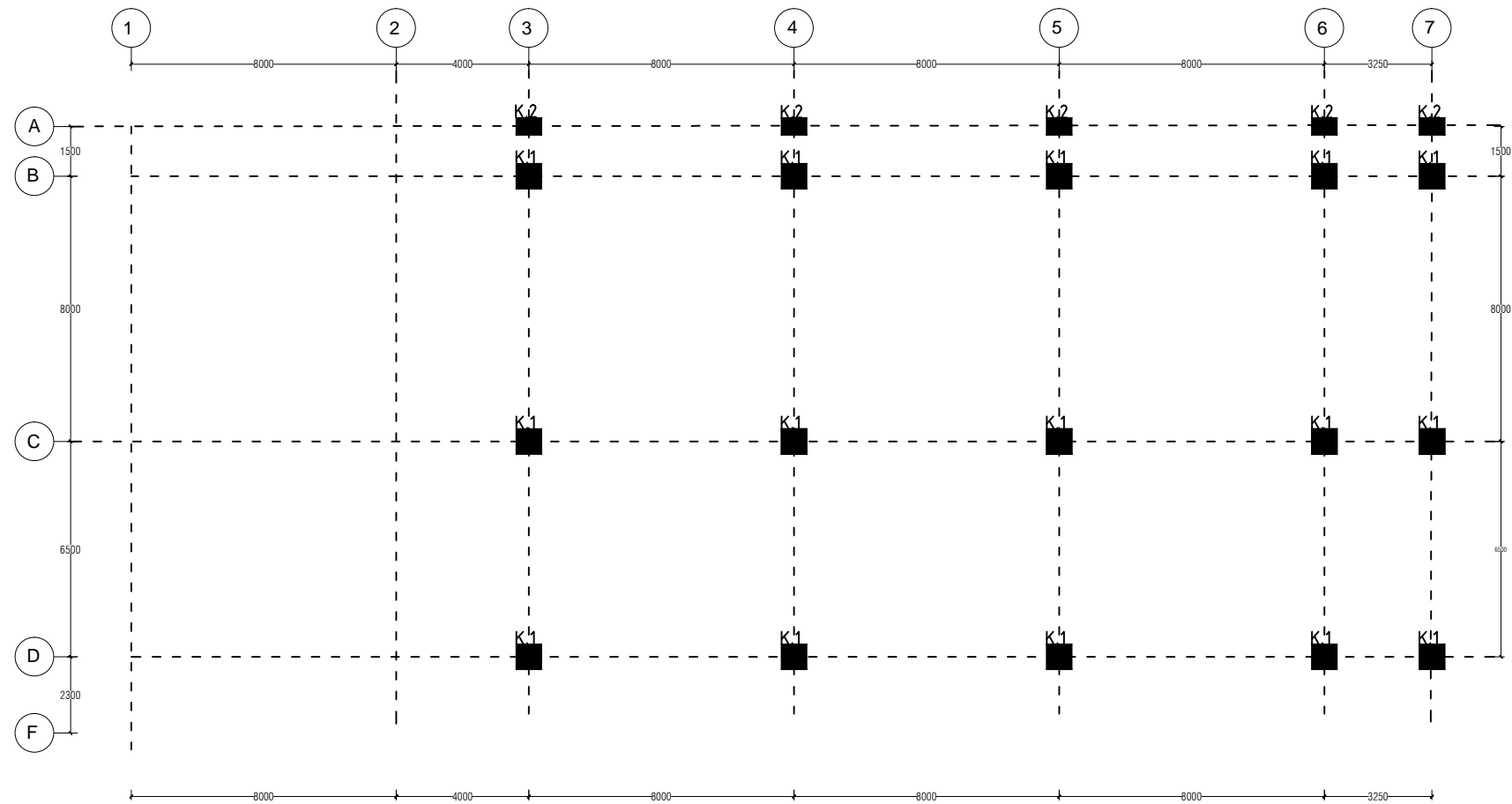
Denah Rencana Plat
Lt 2-8

1:200

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	29	52

 Denah Rencana Kolom Lt. 2- Lt. 8
SKALA 1 : 200



Denah Kolom Lt. Atap

SKALA 1 : 200

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Denah Pembalokan
Atap

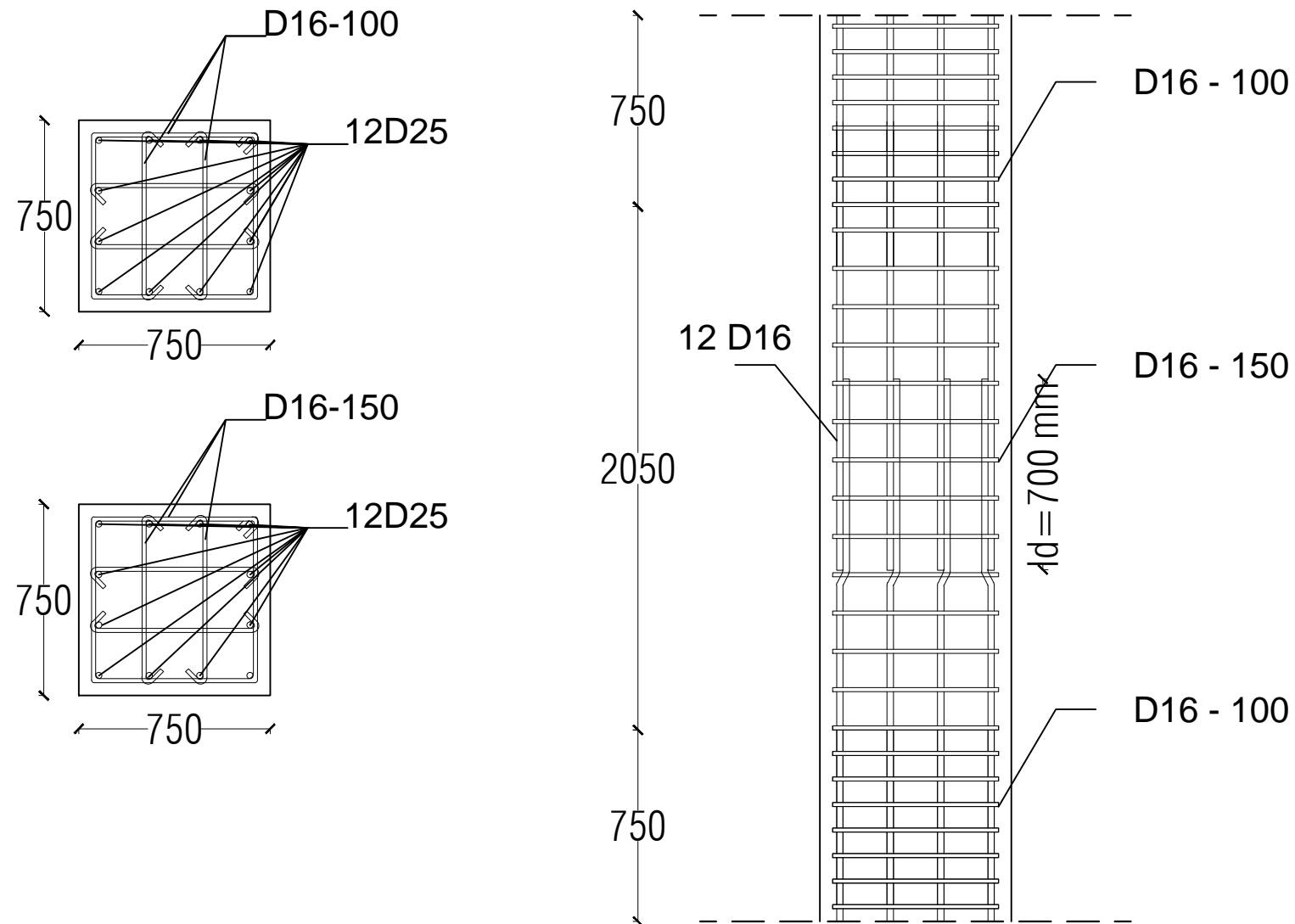
SKALA

1:200

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
----------	--------	---------

STR	30	52
-----	----	----



Penulangan Kolom K.1
SKALA 1 : 25

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

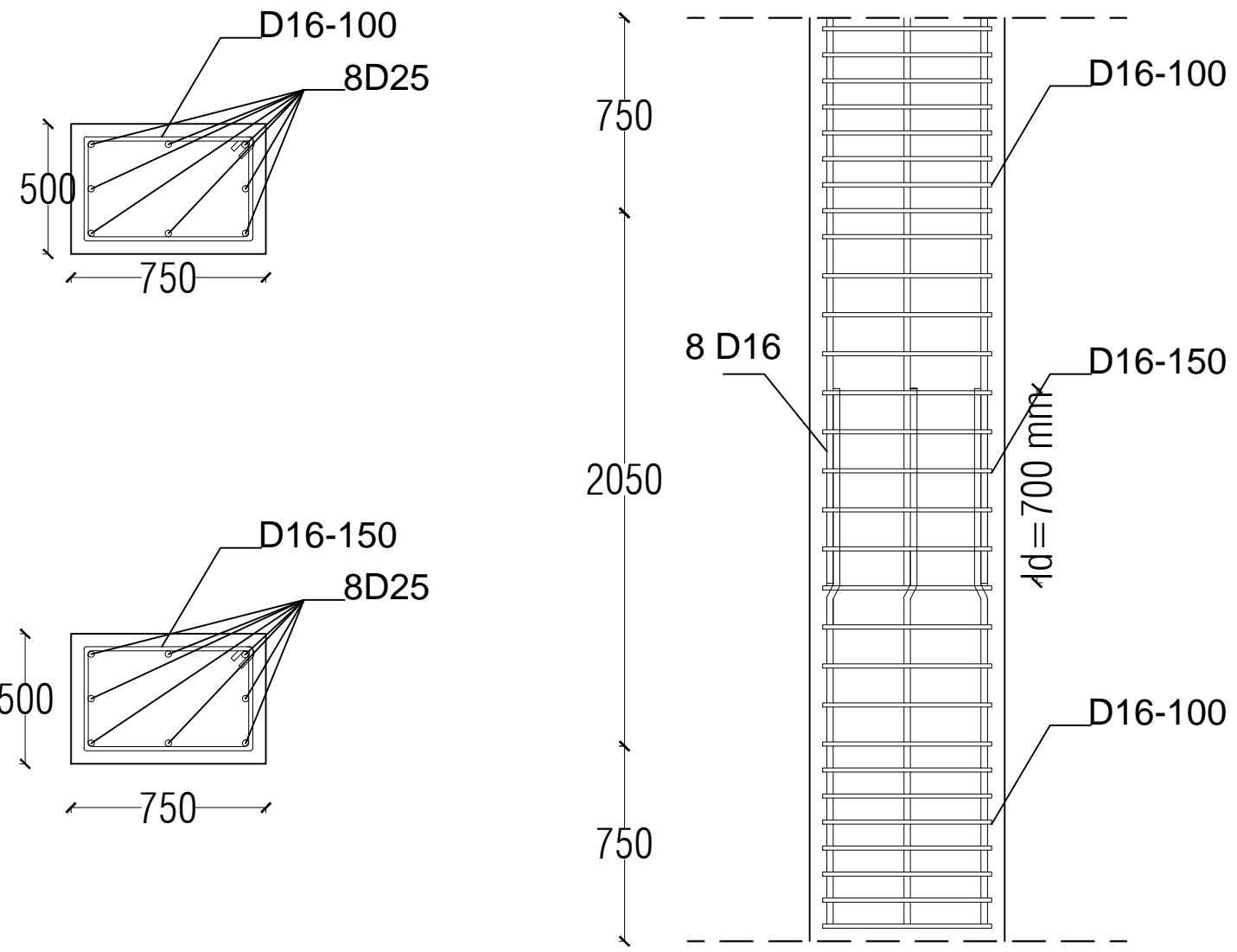
JUDUL GAMBAR SKALA

Kolom K.1 1:25

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
----------	--------	---------

STR	31	52
-----	----	----



Penulangan Kolom K.2
SKALA 1 : 25

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR SKALA

Kolom K.2 1:25

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	32	52

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

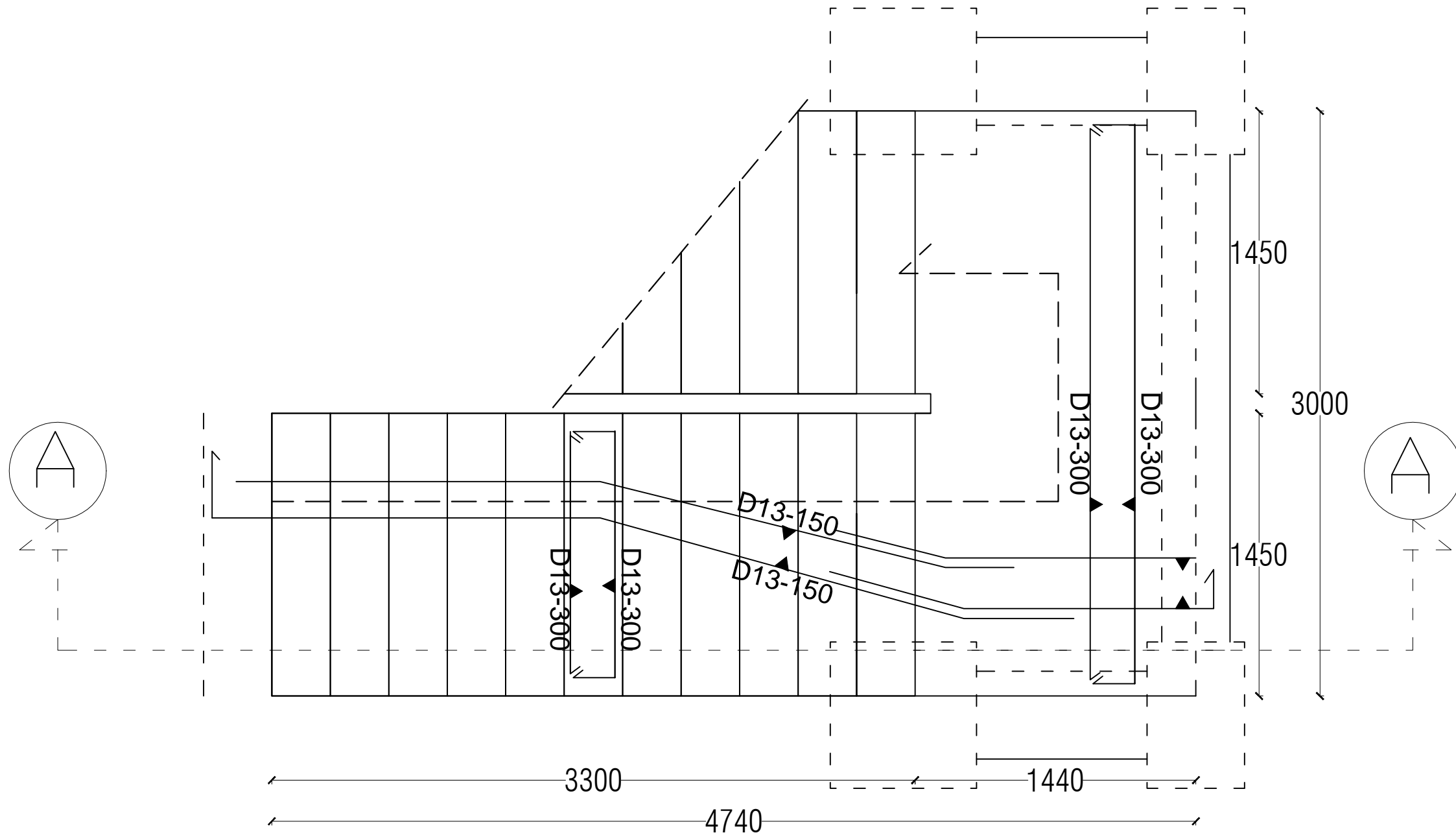
Detail Penulangan
Tangga

SKALA

1:25

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	33	52



Detail Tul. Tangga

SKALA 1 : 25

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan
Tangga

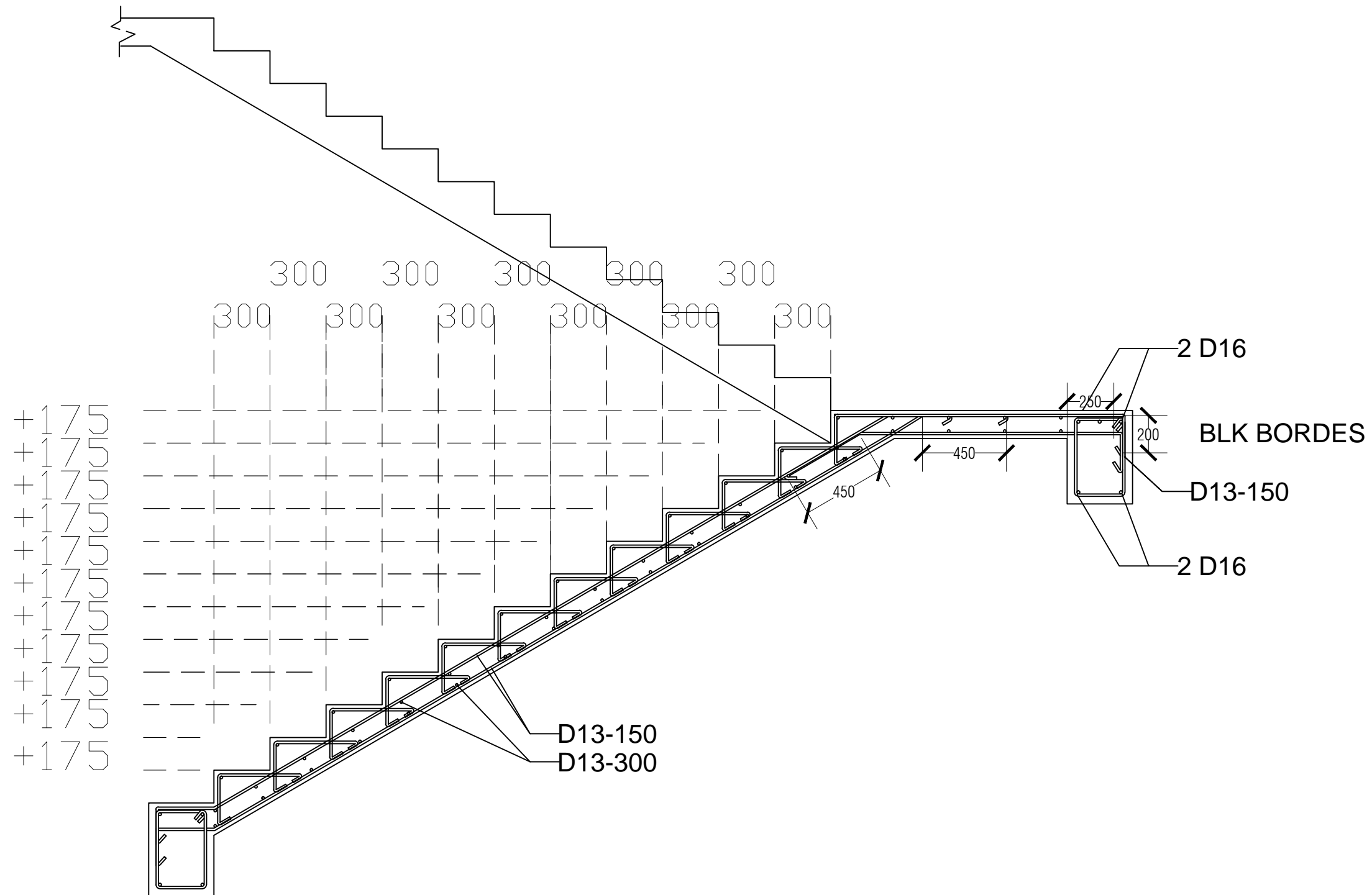
SKALA

1:25

KETERANGAN

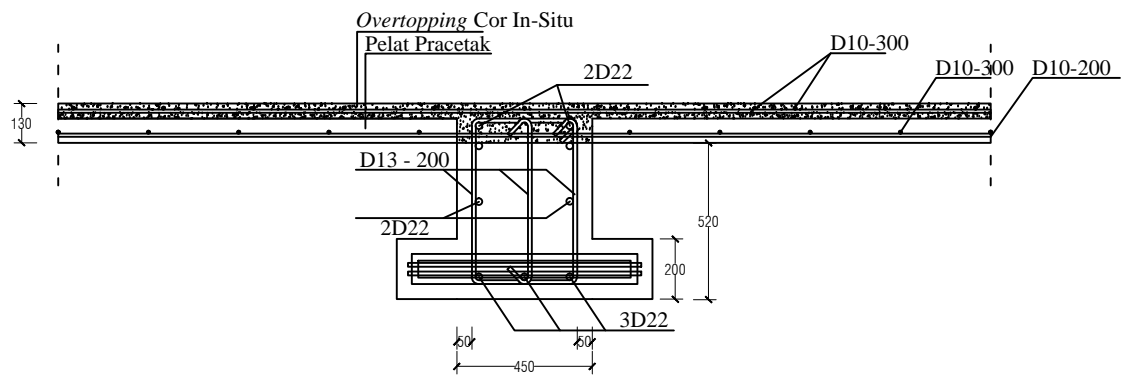
KODE GBR NO GBR JML GBR

STR 34 52



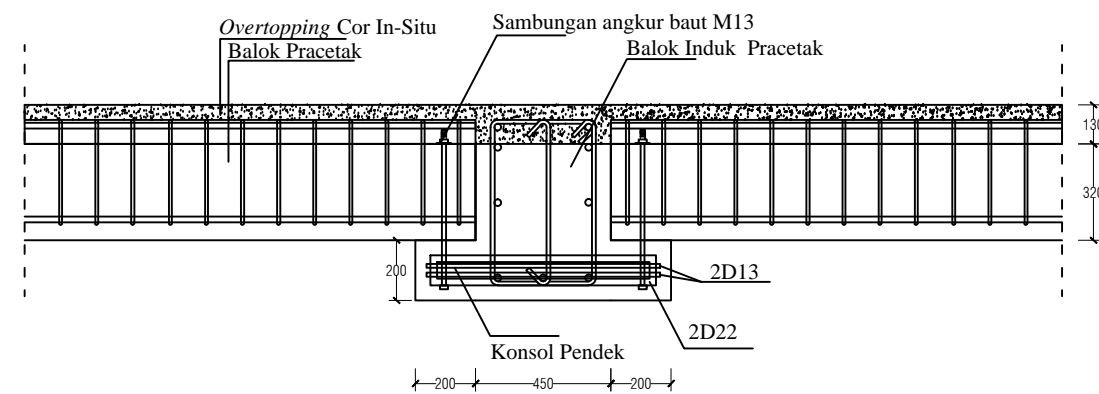
Detail Pot AA Tul.Tangga

SKALA 1 : 25



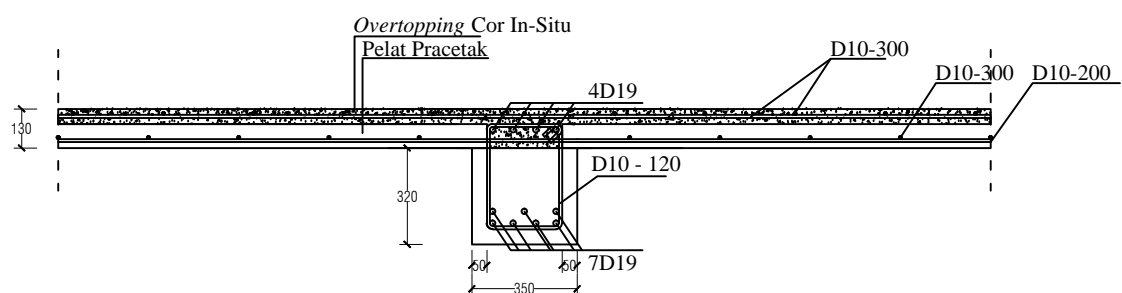
Detail Potongan A-A Sambungan Balok Induk - Pelat

SKALA 1 : 25



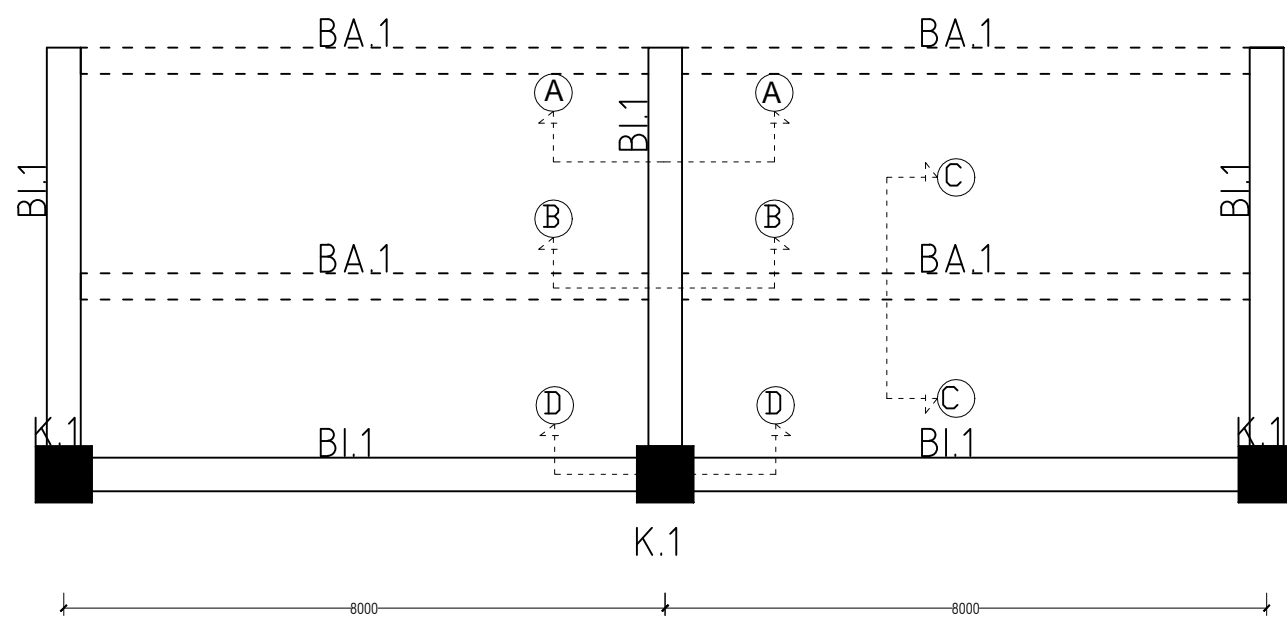
Detail Potongan B-B Sambungan B.Induk - B.Anak

SKALA 1 : 25



Detail Potongan A-A Sambungan Balok Anak - Pelat

SKALA 1 : 25

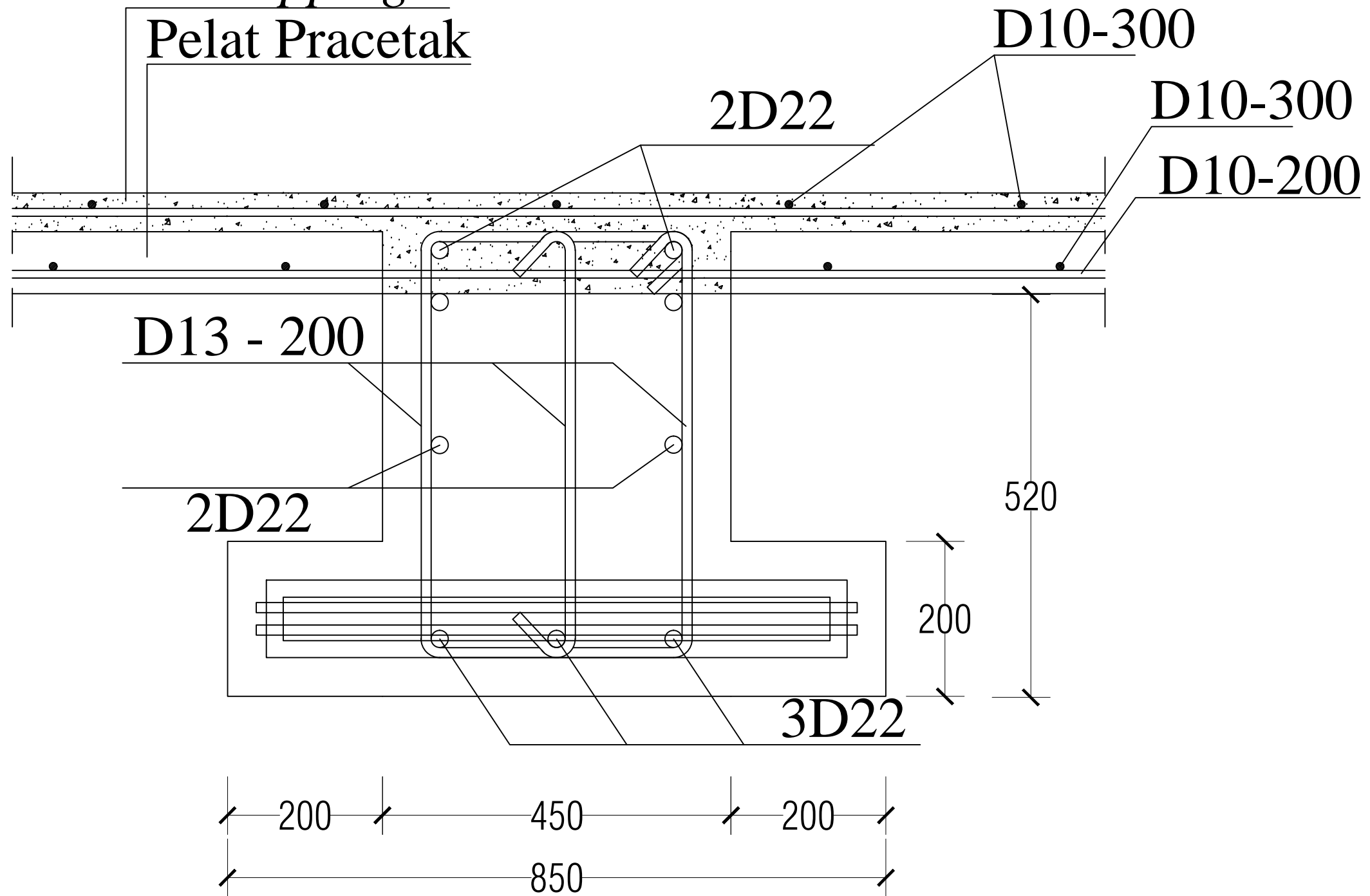


Denah Sambungan Yang Ditinjau

SKALA 1 : 100

Overtopping Cor In-Situ

Pelat Pracetak



Detail Pot A-A Samb. Blk Induk-Plt

SKALA 1 : 25



JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI SEPANJANG MENGGUNAKAN BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

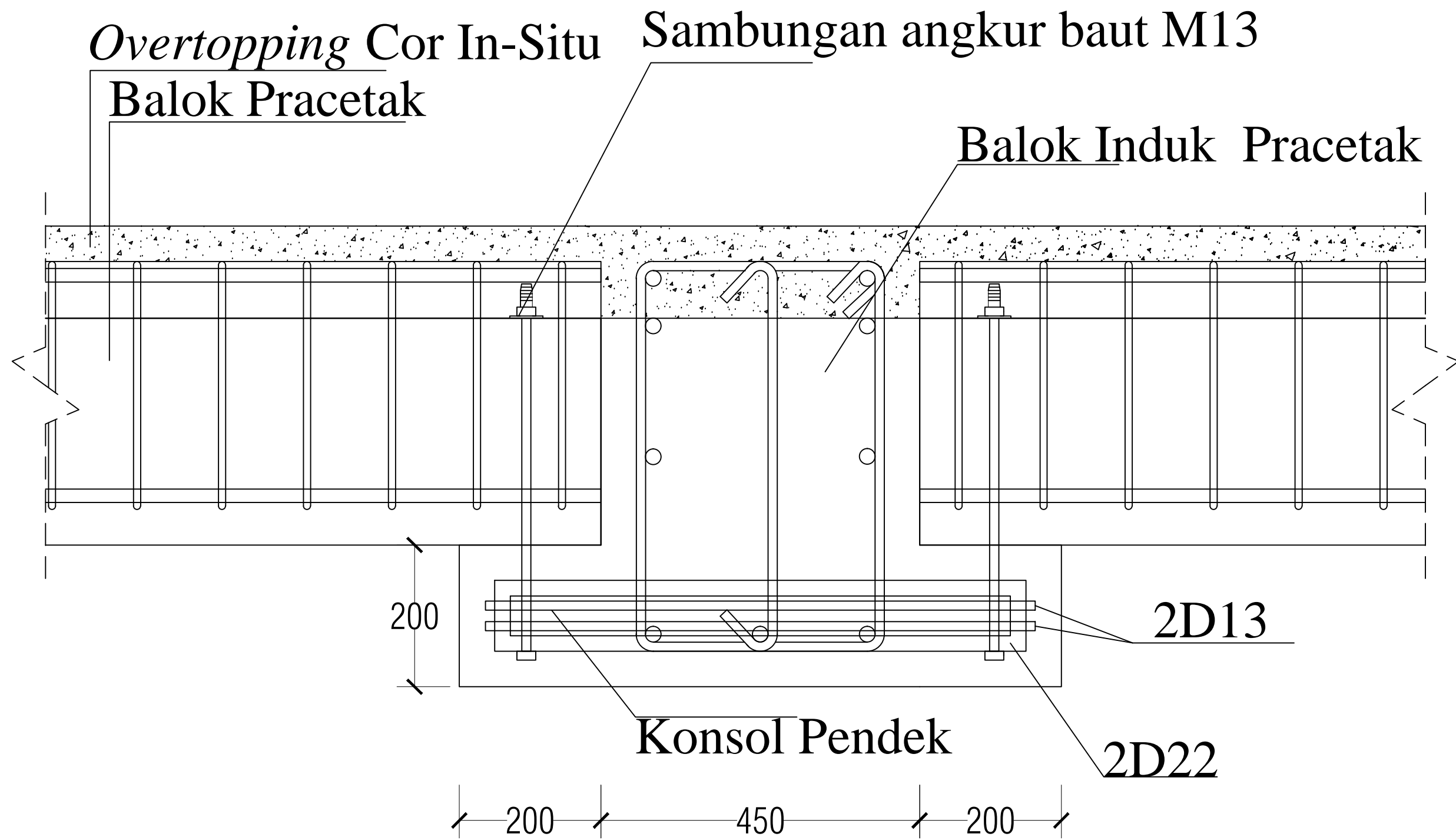
JUDUL GAMBAR SKALA

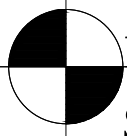
--	--

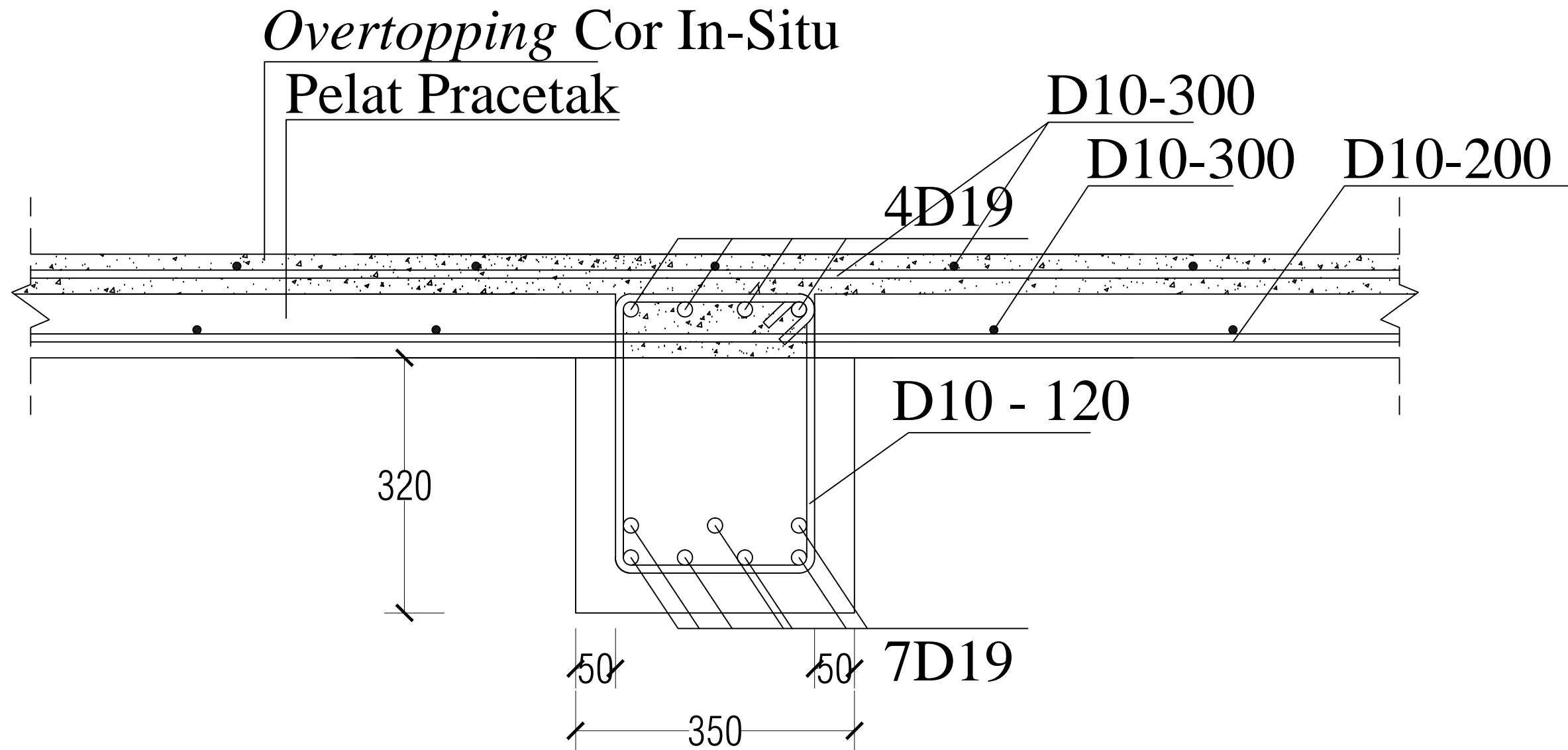
KETERANGAN

--	--

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	36	52



 **Detail Pot B-B samb B.Idk-B.Ank**
SKALA 1 : 25



 **Detail Pot C-C Samb.Blk Ank- Plat**
SKALA 1 : 25

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

SKALA

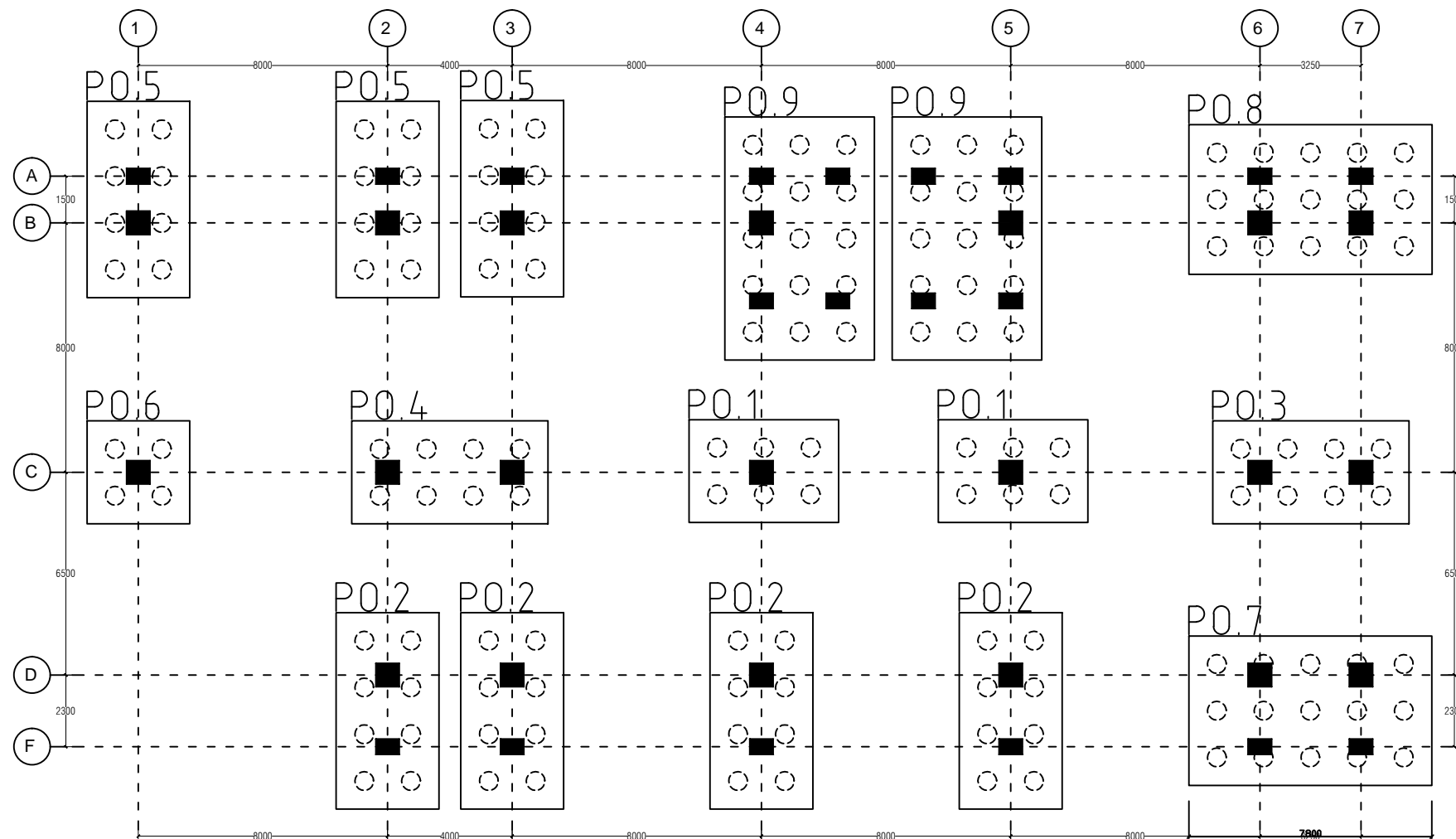
Denah Pondasi


1:200

KETERANGAN

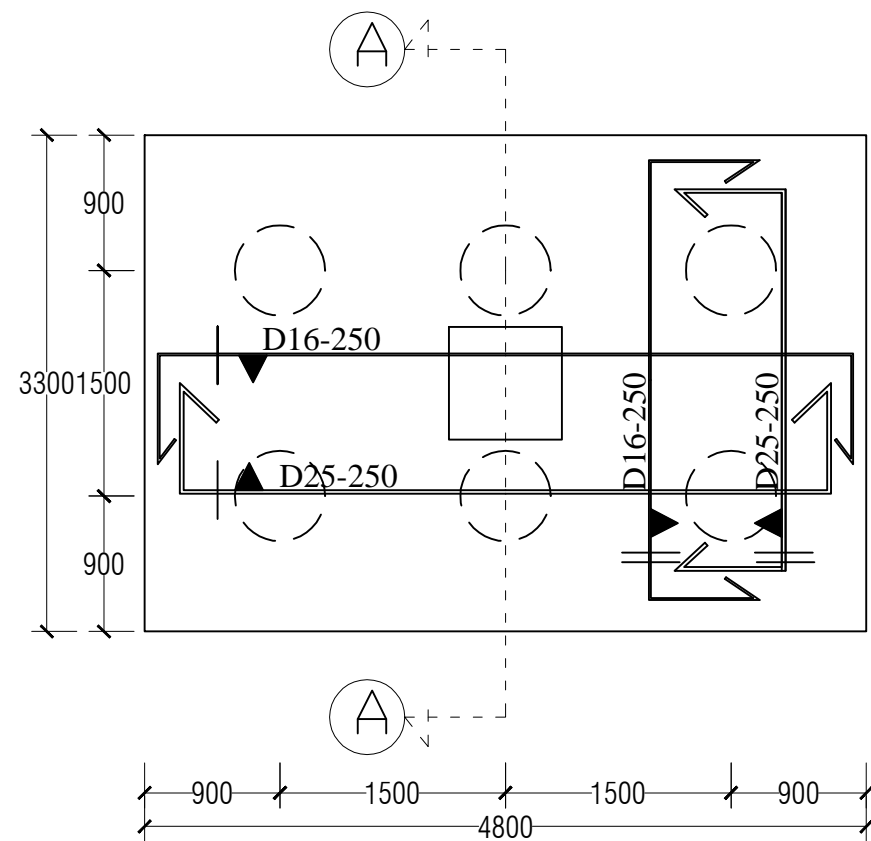
KODE GBR NO GBR JML GBR

STR 40 52

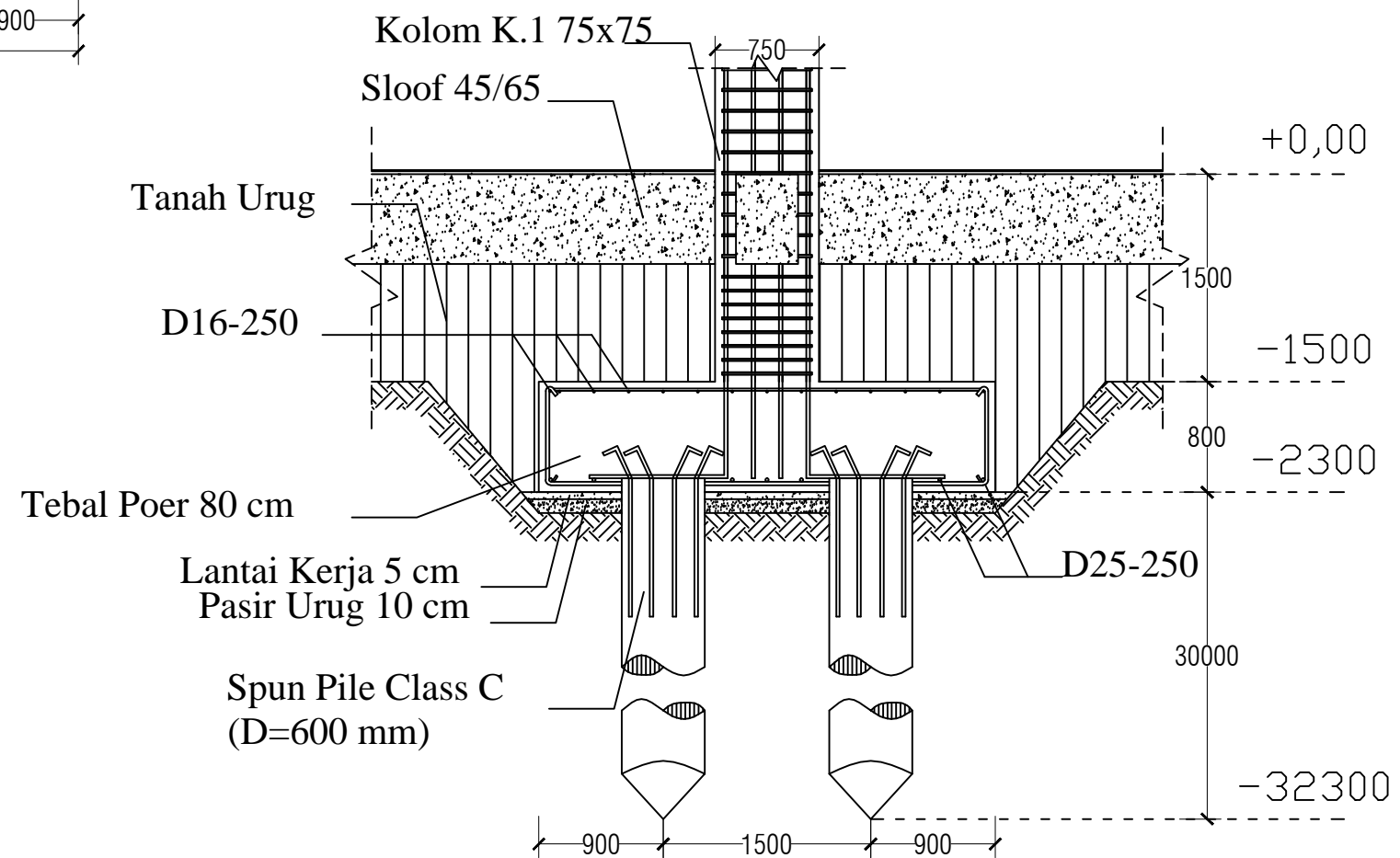


 **Denah Pondasi Tiang Pancang**
SKALA 1 : 200

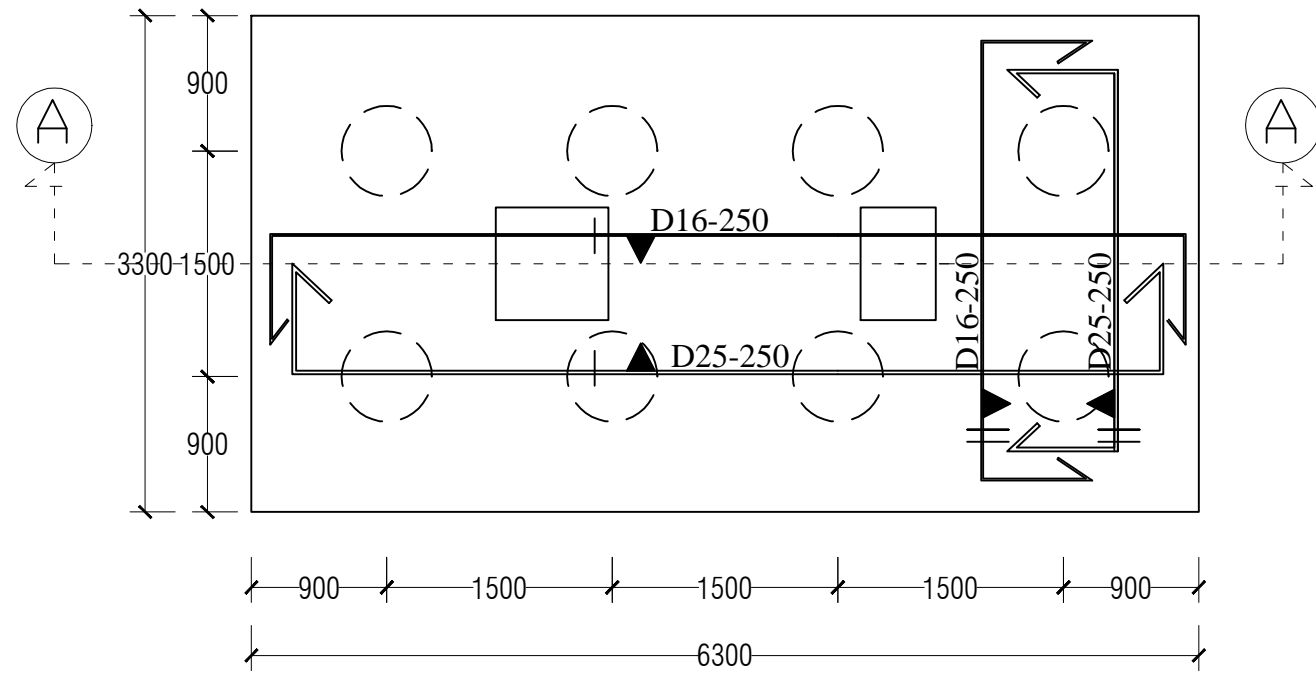
TIPE	JUMLAH TIANG PANCANG	DIMENSI (mm)	TEBAL (mm)
PO.1	6D600	4800 x 3300	800
PO.2	8D600	6300 x 3300	800
PO.3	8D600	6300 x 3300	800
PO.4	8D600	6300 x 3300	800
PO.5	8D600	6300 x 3300	800
PO.6	4D600	3300 x 3300	800
PO.7	12D600	7800 x 4800	800
PO.8	12D600	7800 x 4800	800
PO.9	15D600	7800 x 4800	800



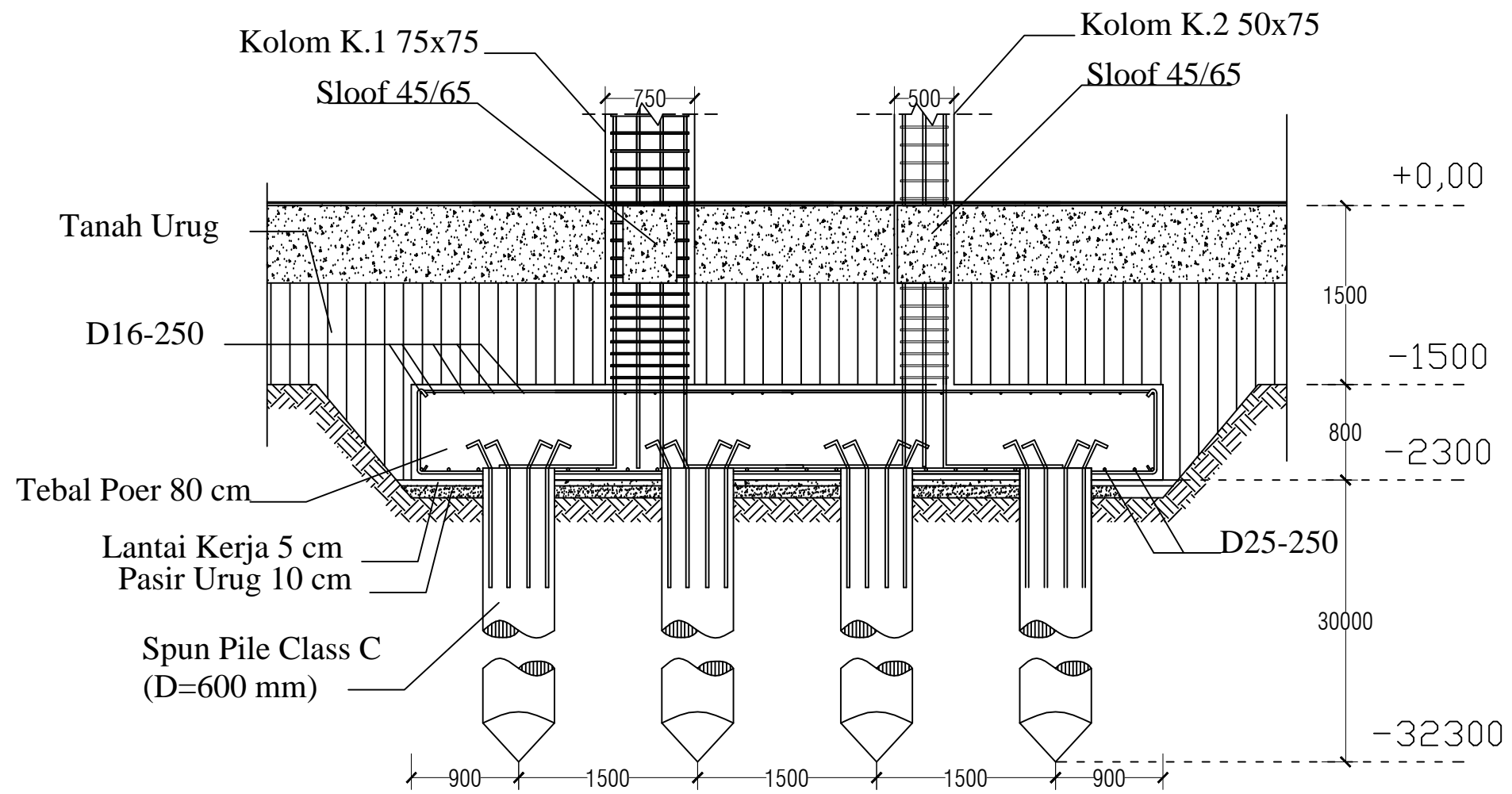
Detail Poer PO.1
SKALA 1 : 50



Detail Pot.AA
SKALA 1 : 50



Detail Poer PO.2
SKALA 1 : 50



Detail Pot.AA
SKALA 1 : 50

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Detail Pondasi

SKALA

1:50

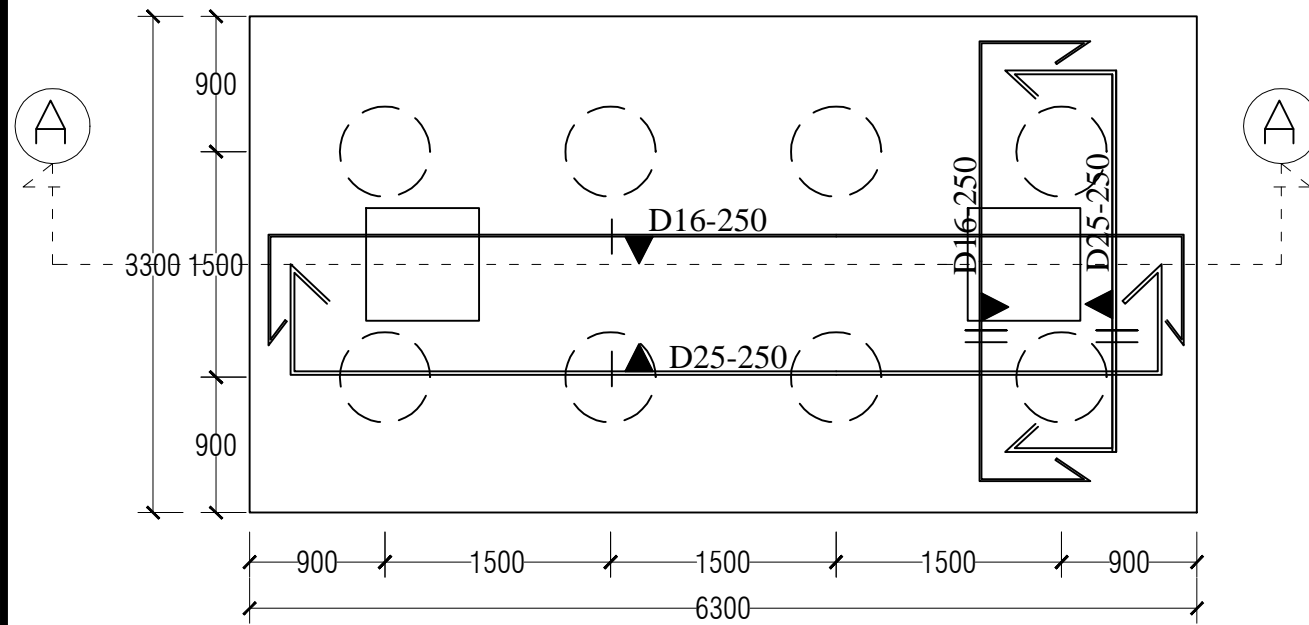
KETERANGAN

KODE GBR NO GBR JML GBR

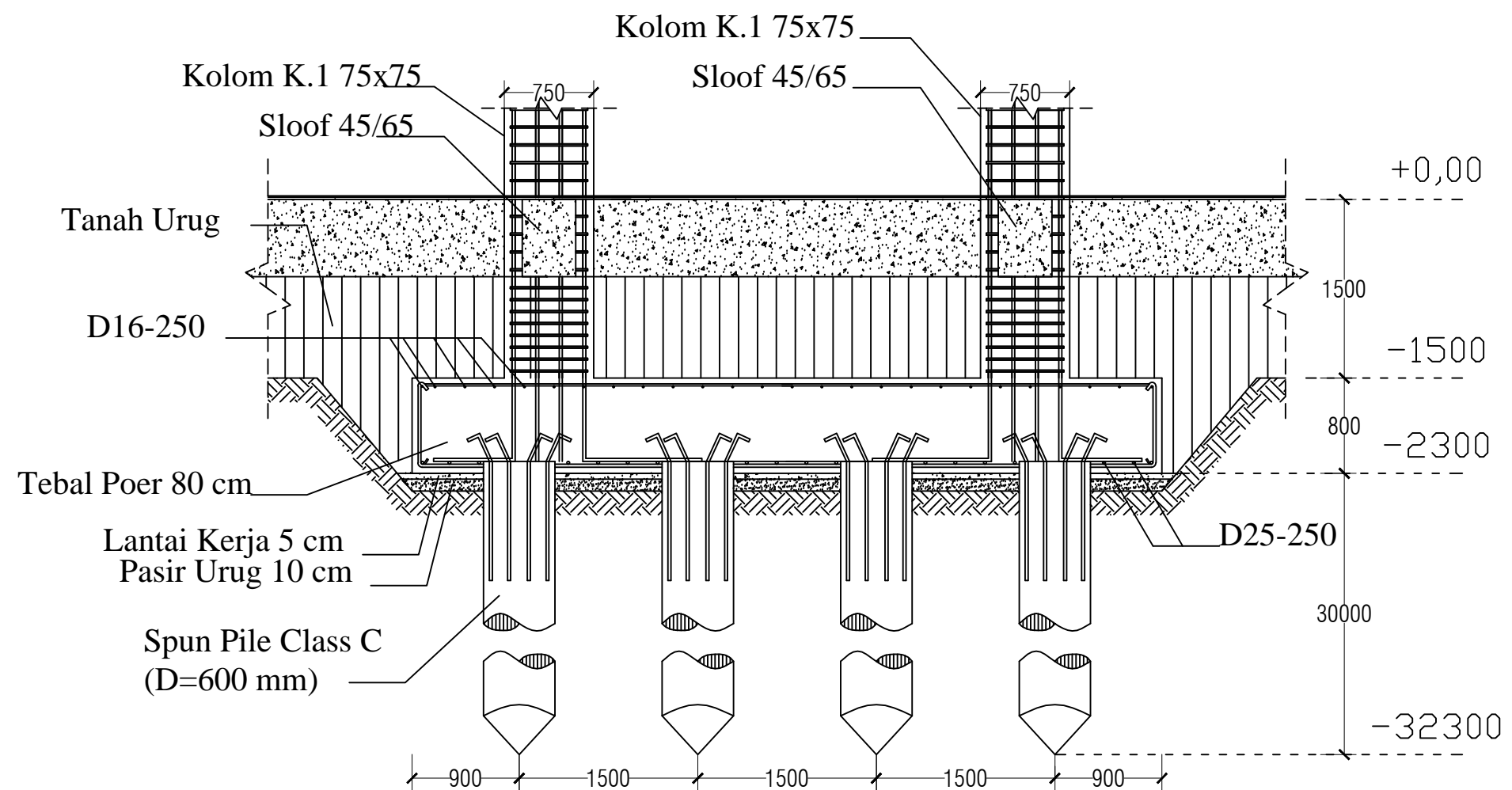
STR

44

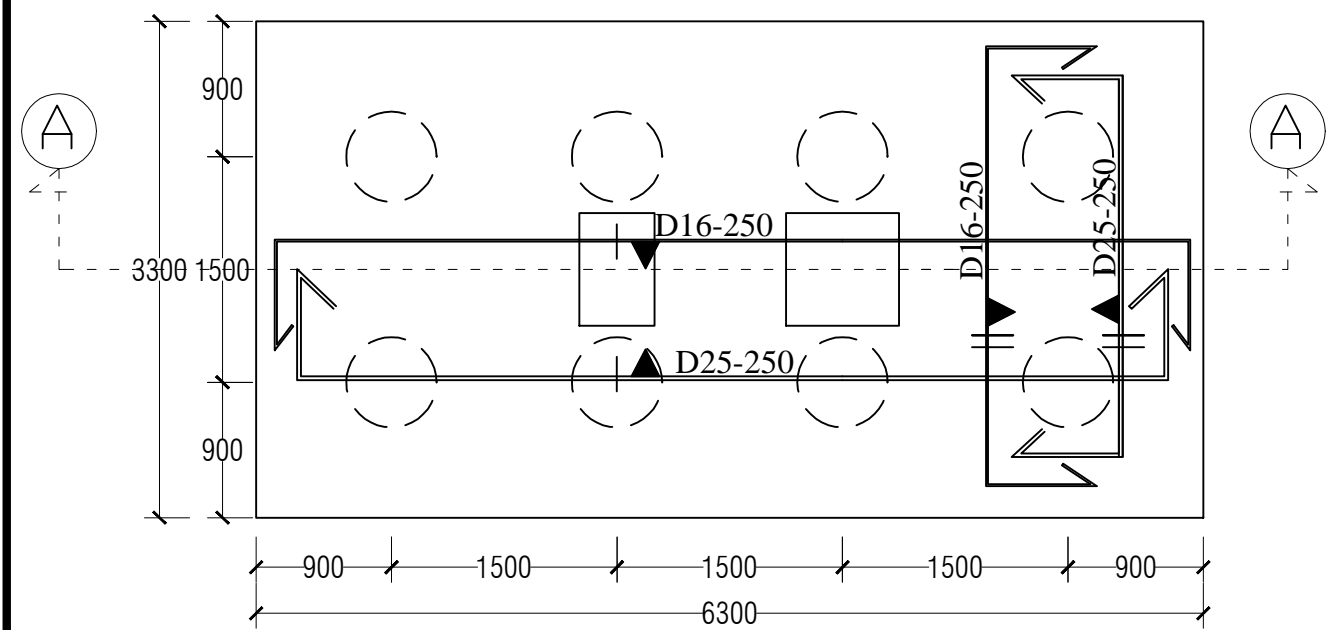
52



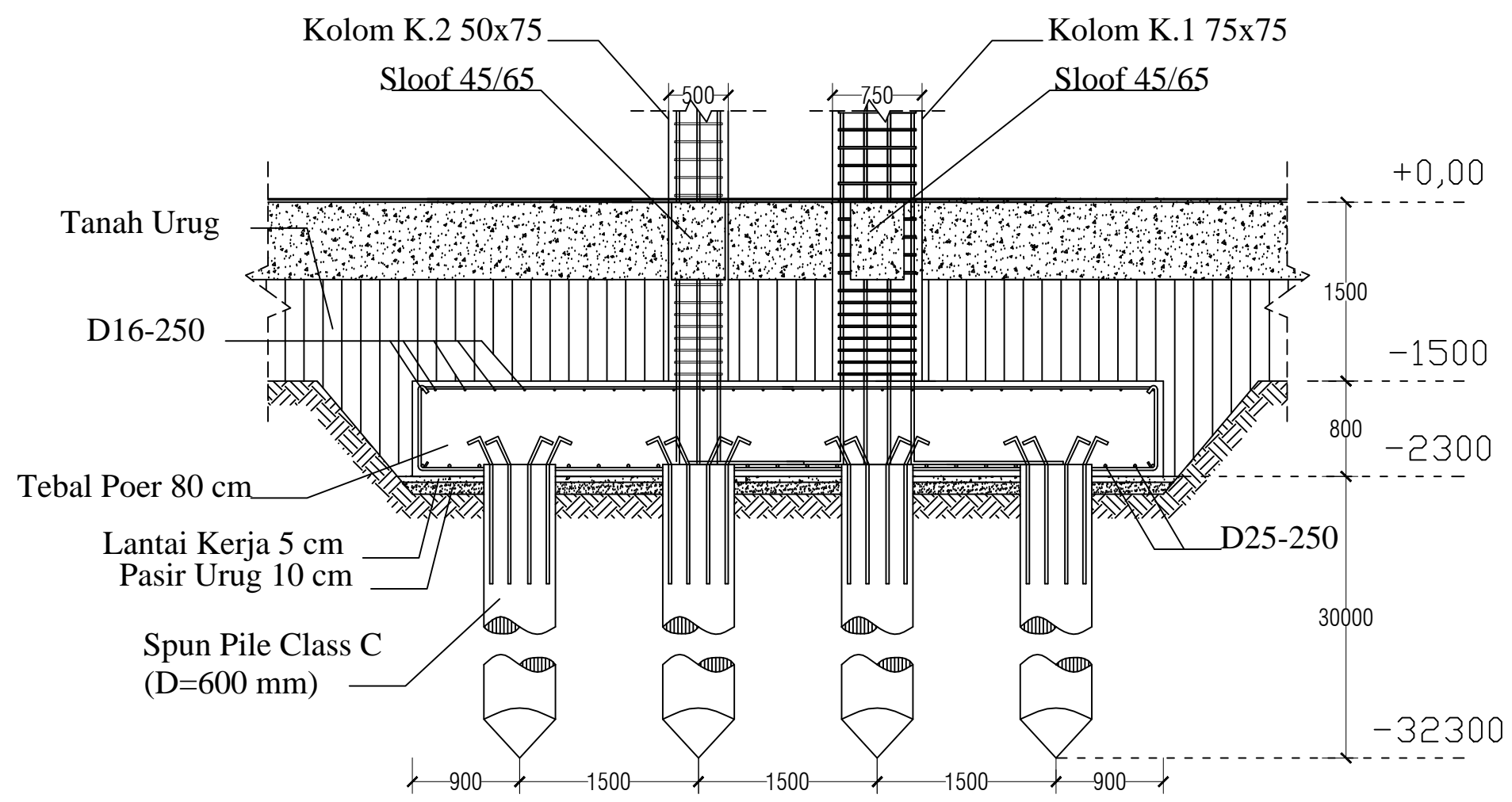
Detail Poer PO.4
SKALA 1 : 50



Detail Pot.AA
SKALA 1 : 50



Detail Poer PO.5
SKALA 1 : 50



Detail Pot.AA
SKALA 1 : 50

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Detail Pondasi

SKALA

1:50

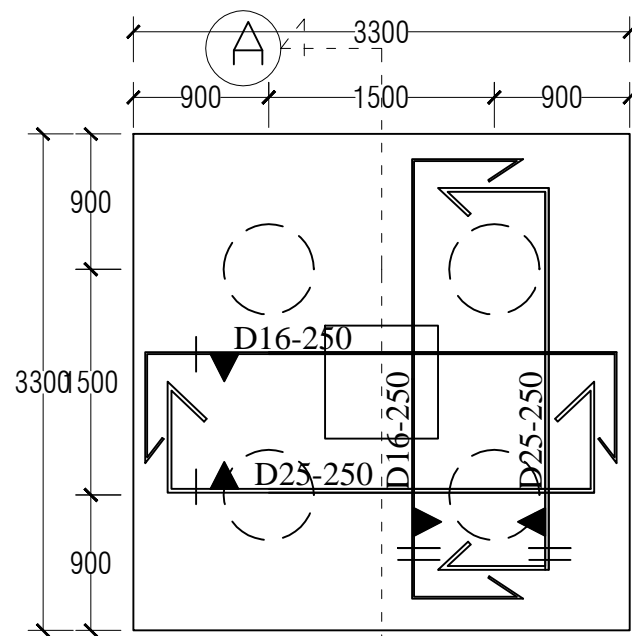
KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	46	52

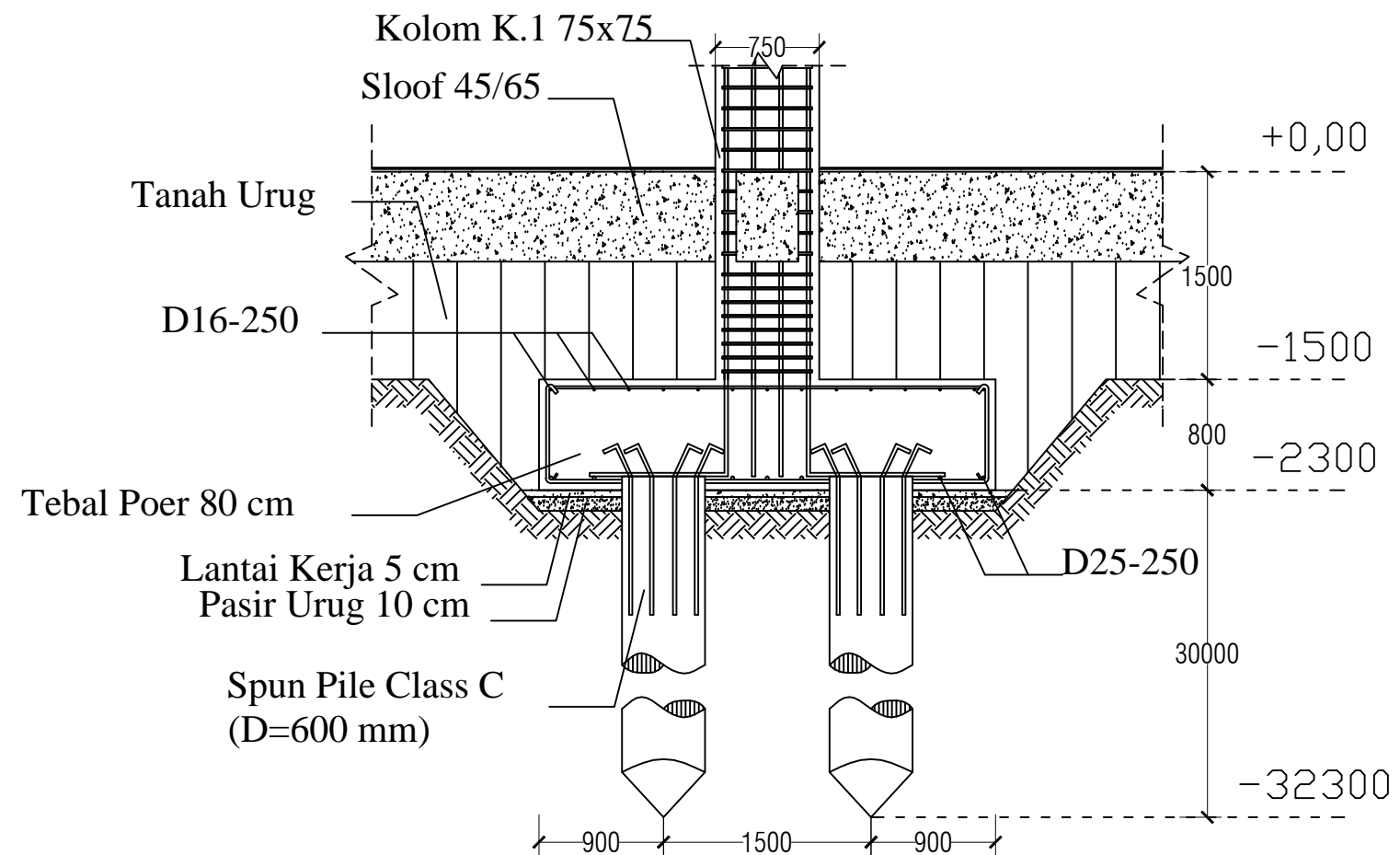
STR

46

52



Detail Poer PO.6
SKALA 1 : 50



Detail Pot.AA
SKALA 1 : 50

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Detail Pondasi

SKALA

1:50

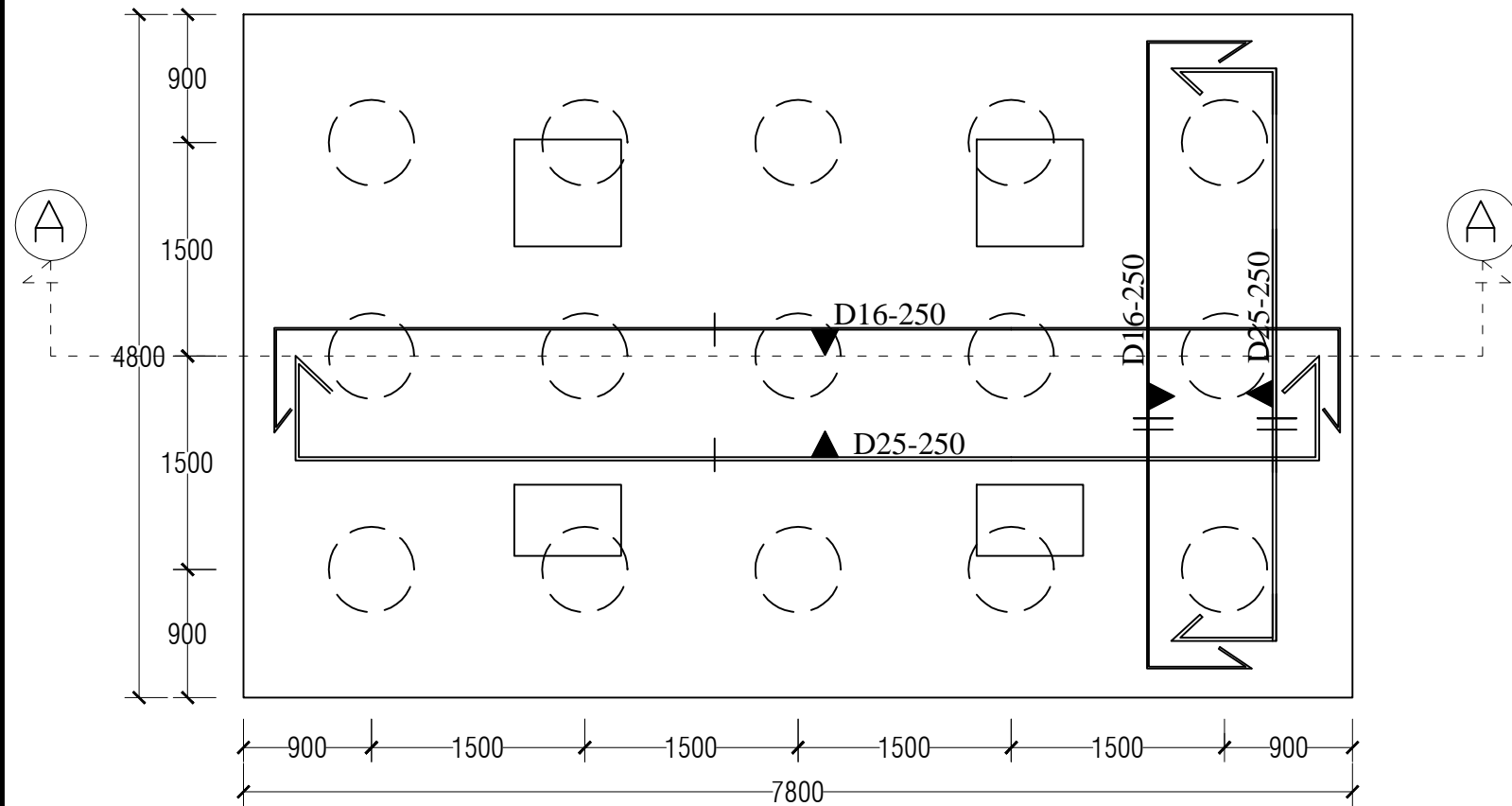
KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	47	52

STR

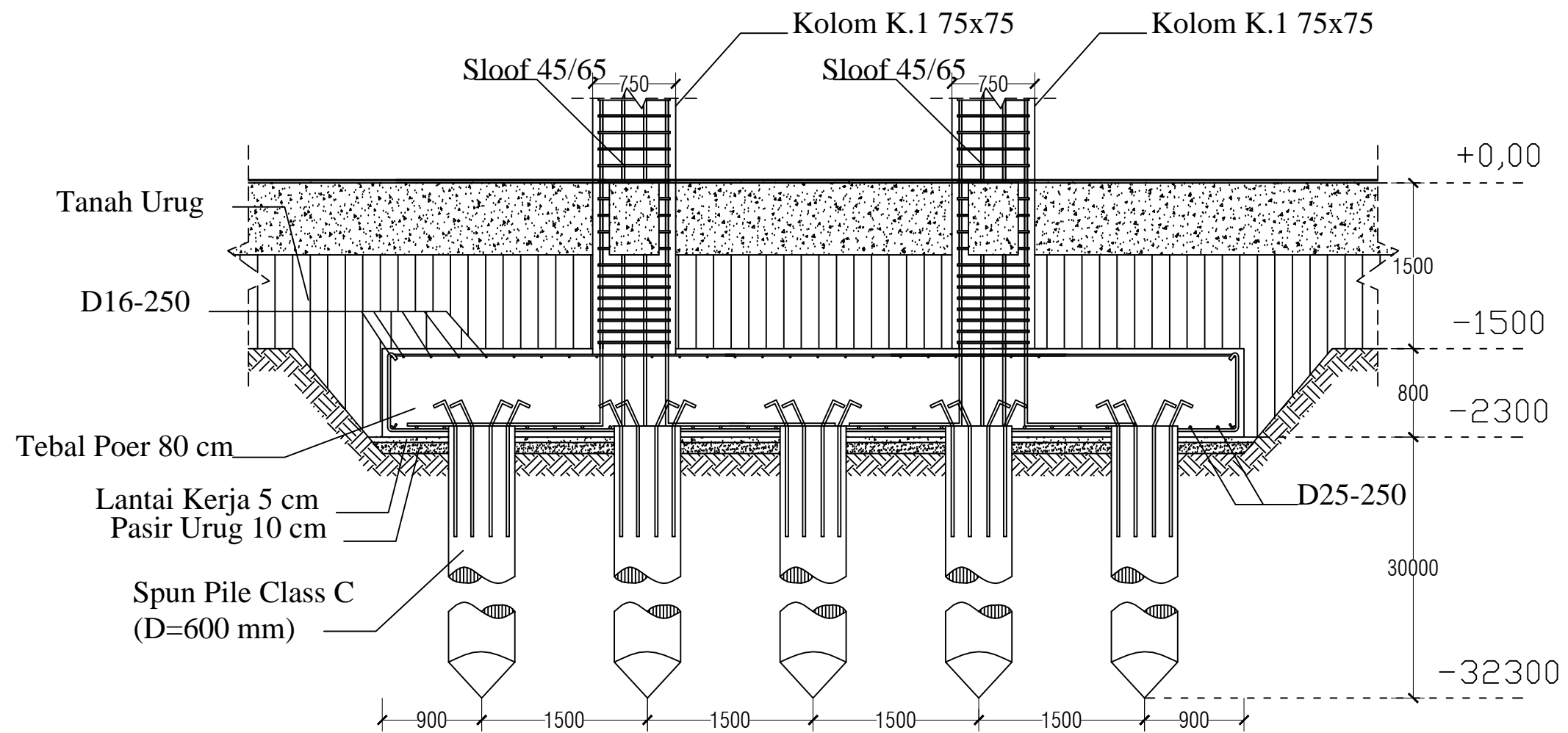
47

52



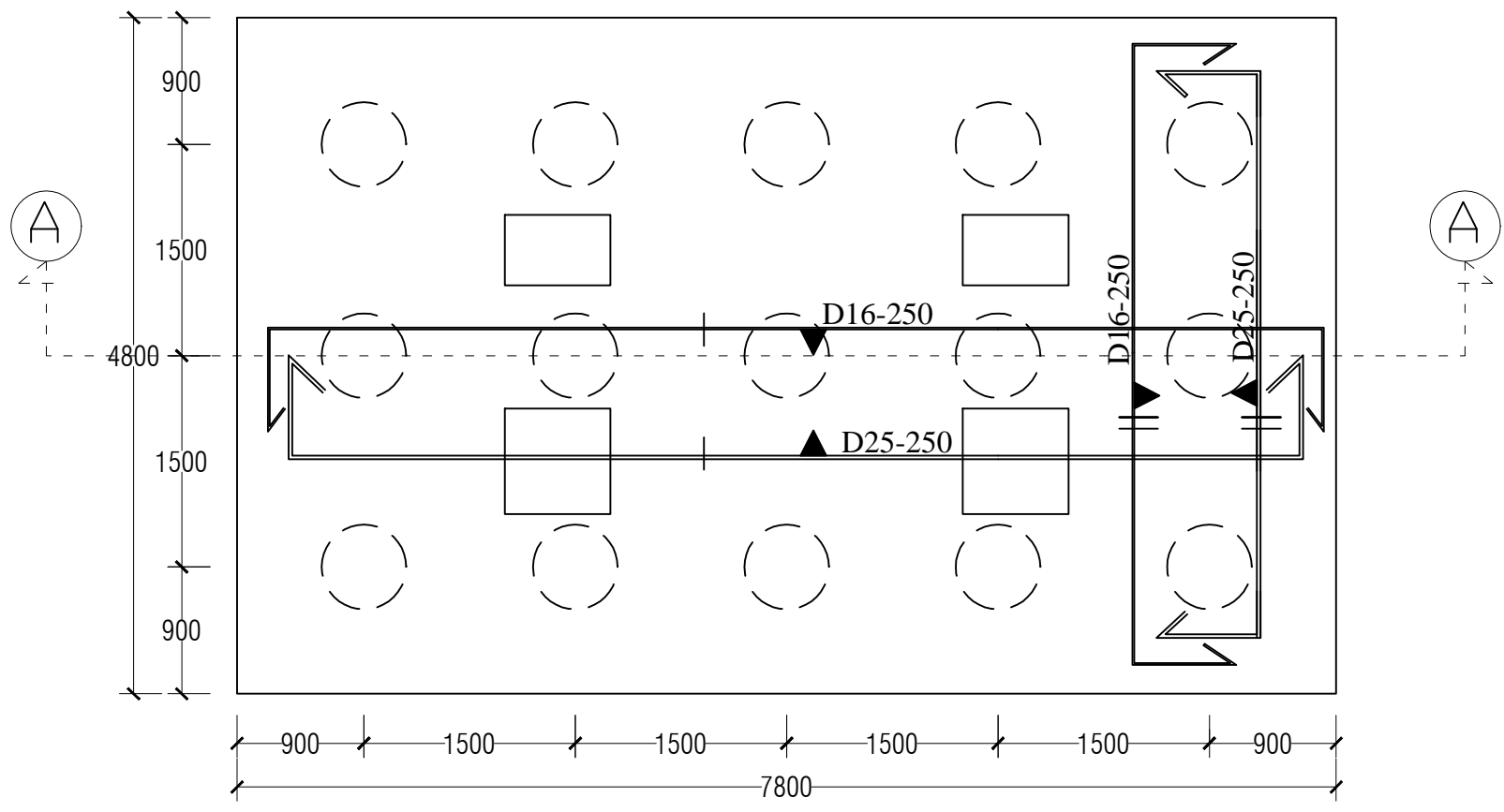
Detail Poer PO.7

SKALA 1 : 50

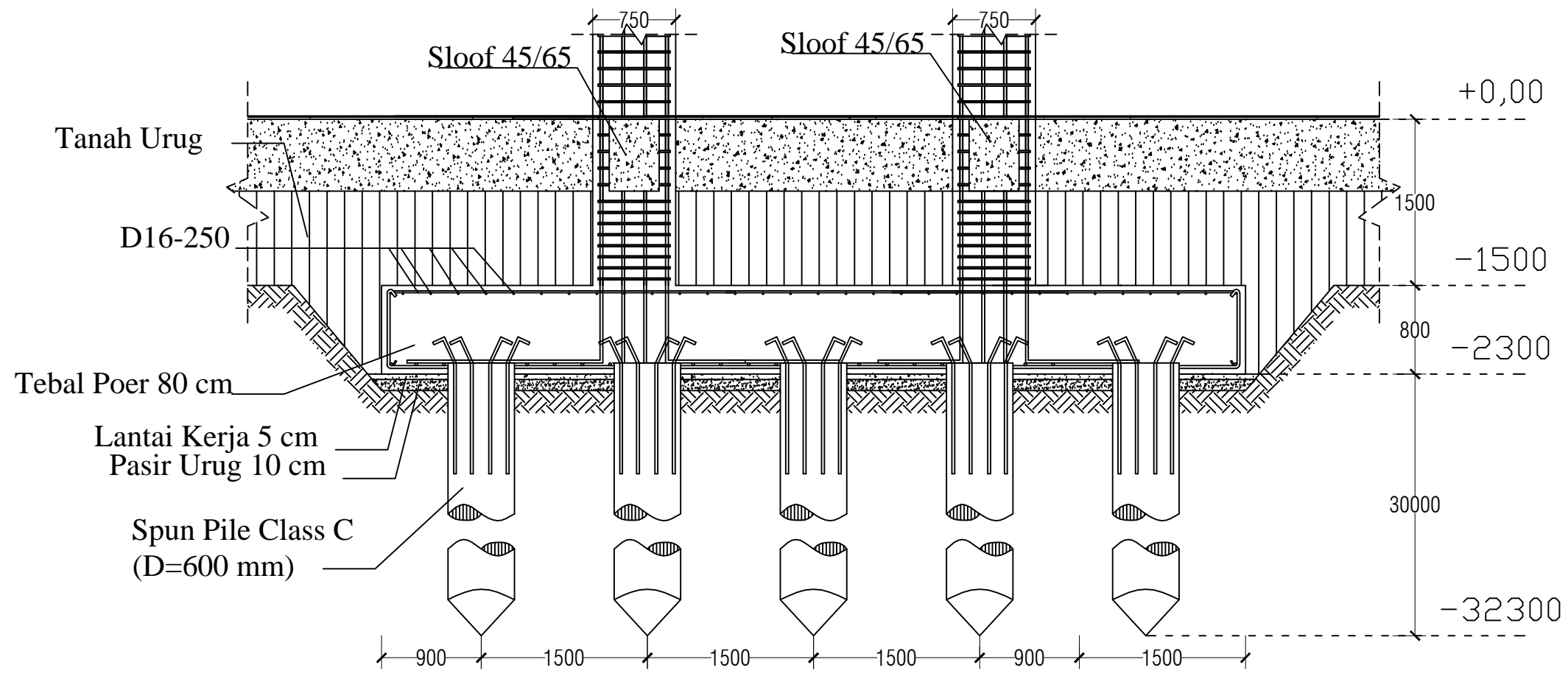


Detail Pot.AA

SKALA 1 : 50



Detail Poer PO.8
SKALA 1 : 50



Detail Pot.AA
SKALA 1 : 50

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Detail Pondasi

SKALA

1:50

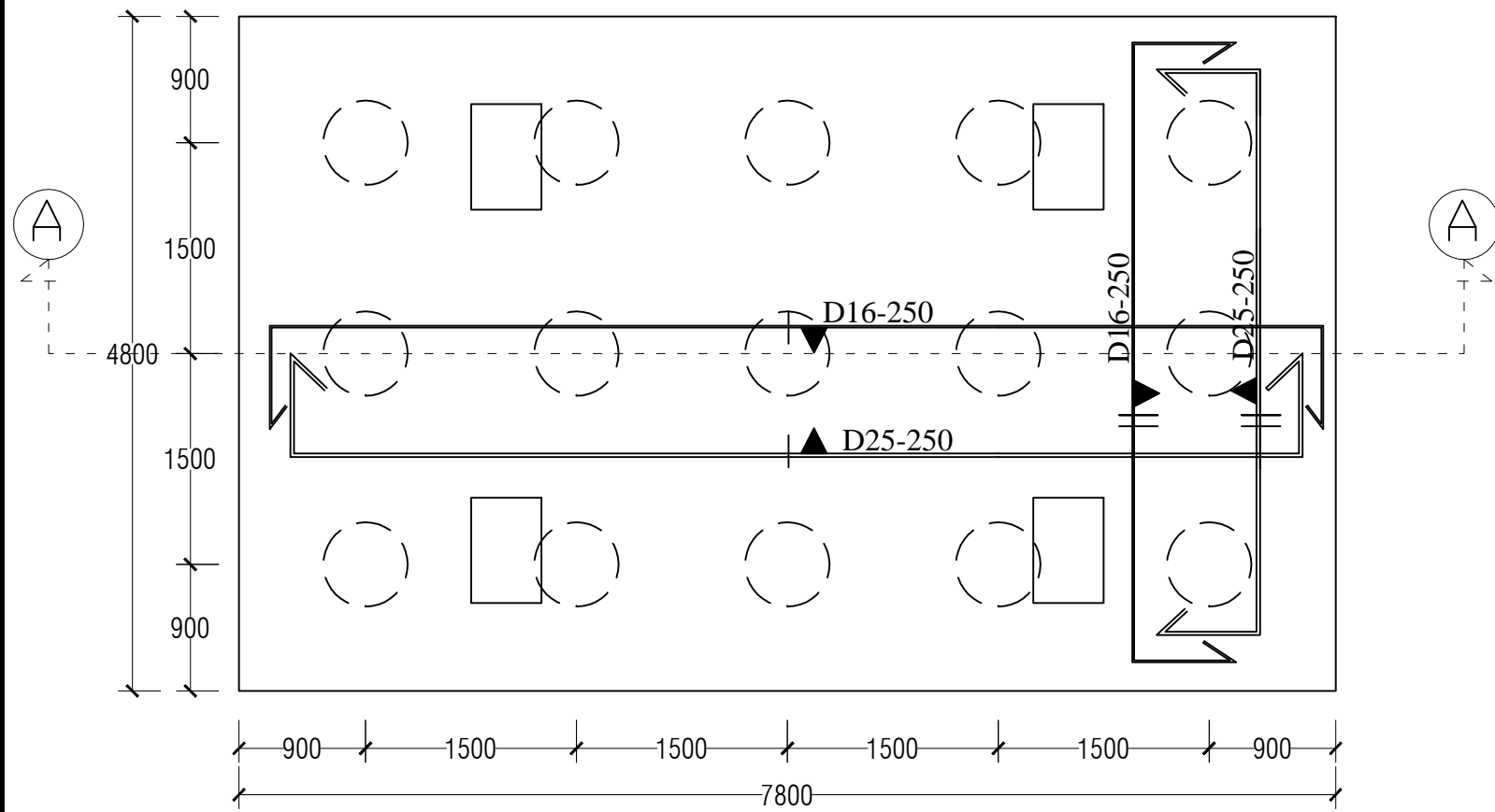
KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
STR	49	52

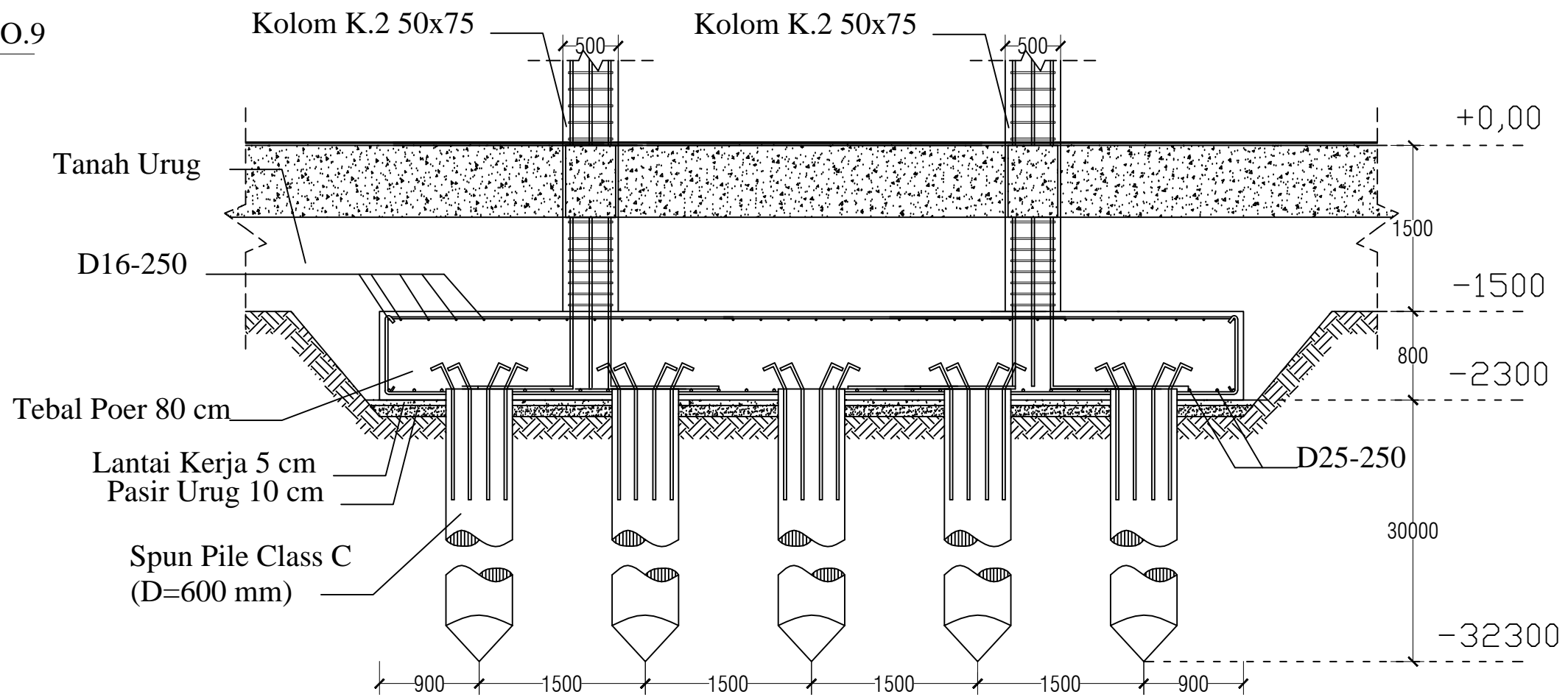
STR

49

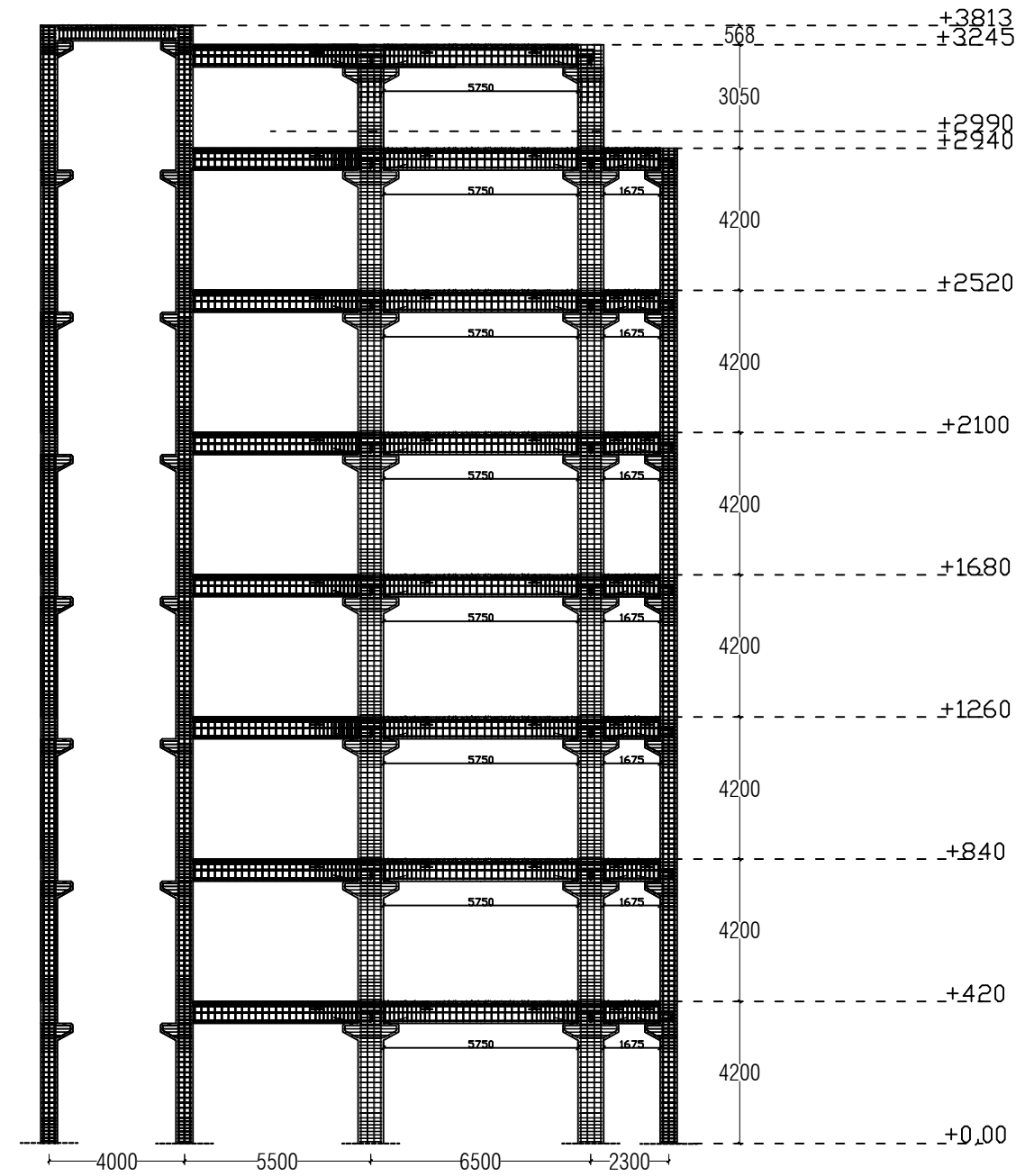
52



Detail Poer PO.9
SKALA 1 : 50



Detail Pot.AA
SKALA 1 : 50



JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi. S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Potongan

SKALA

1:200

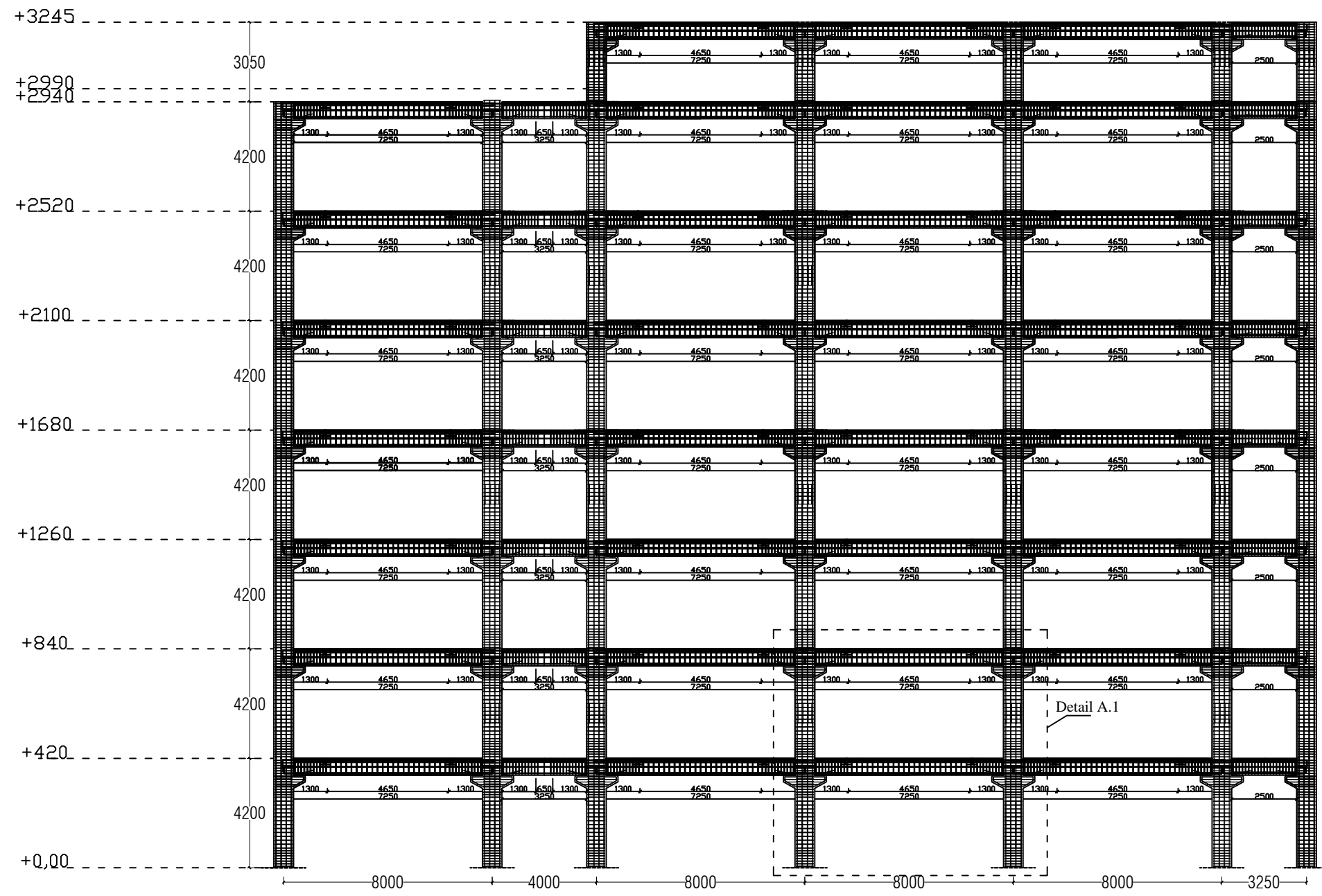
KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
----------	--------	---------

STR	50	52
-----	----	----

Detail Portal Melintang Pot B-B

SKALA 1 : 200



 **Detail Portal Memanjang Pot A-A**
SKALA 1 : 200

JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

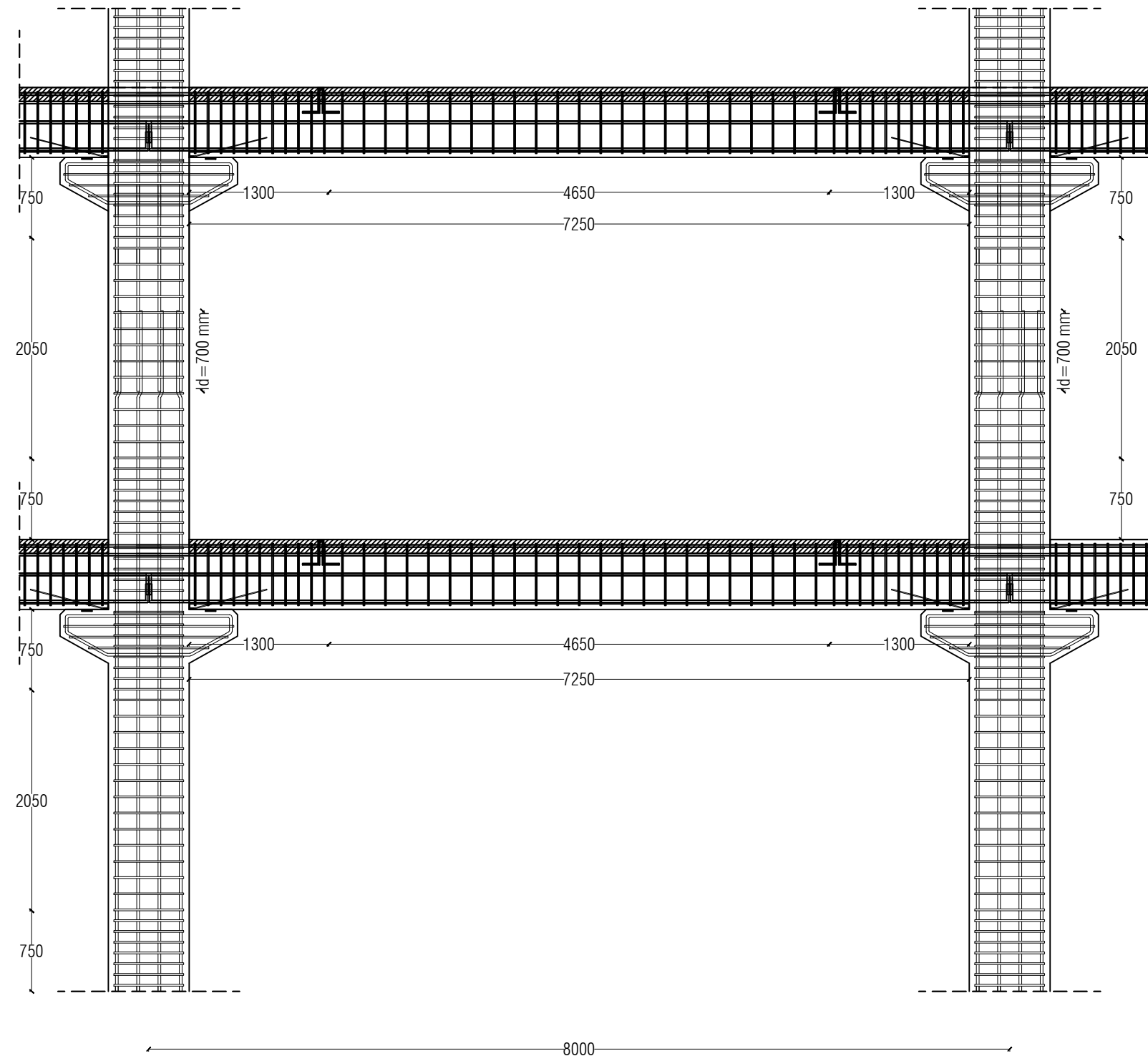
JUDUL GAMBAR

SKALA

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
ARS	51	52

ARS	51	52
-----	----	----



JURUSAN

DIPLOMA IV TEKNIK
INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG MEDIS RUMAH SAKIT DI
SEPANJANG MENGGUNAKAN
BETON PRACETAK

FUNGSI BANGUNAN

RUMAH SAKIT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

MAHASISWA

Yosia Suwadi, S
1011141000045

JUDUL GAMBAR

Detail Portal

SKALA

1:50

KETERANGAN

KODE GBR	NO GBR	JML GBR
----------	--------	---------

STR

52

52